

労働安全衛生総合研究所年報

Annual Report

of

National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

2019

令和元年度



目次

本編

I.	令和元年度の業務概要	1
1.	労働現場のニーズの把握と業務への積極的な反映	1
2.	労働現場のニーズ及び行政ニーズに沿った調査及び研究の実施	1
3.	研究評価の実施	2
1)	内部評価	2
2)	外部評価・厚生労働省の評価	2
4.	成果の積極的な普及・活用	2
1)	労働安全衛生に関する法令、国内外の基準制定・改定への科学技術的貢献	2
5.	原著論文、学会発表等の促進	2
6.	インターネット等による研究成果情報の発信	2
1)	ホームページ	2
2)	刊行物、メールマガジン、報道等	3
7.	講演会等の開催	3
1)	安全衛生技術講演会	3
2)	民間機関等との共催	3
3)	研究所一般公開	3
8.	知的財産の活用促進	3
9.	労働災害の原因調査等の実施	3
1)	労働災害の原因調査等の実施	3
2)	原因調査結果等の報告	4
3)	鑑定・照会等への対応	4
4)	調査内容の公表	4
10.	労働安全衛生分野の研究の振興	4
1)	国内外の技術・制度等に関する調査	4
2)	最先端研究情報の収集	4
3)	国際学術誌及び和文学術誌の発行と配布	4
11.	若手研究者等の育成への貢献	4
1)	連携大学院制度の推進	4
2)	大学客員教授等の派遣	5
3)	若手研究者等の受入れ	5
4)	行政・労働安全衛生機関等への支援	5
5)	研究職員の海外派遣制度の活用等	5
12.	研究協力の促進	5

1)	研究協力協定等	5
2)	研究交流会等	5
3)	共同研究	5
4)	世界保健機関(WHO)労働衛生協力センター	5
13.	機動的効率的な業務運営体制の確立	5
14.	運営交付金以外の収入の確保	6
1)	競争的研究資金、受託研究の獲得と活用	6
2)	自己収入の確保	6
15.	人事に関する計画	6
1)	方針	6
2)	人員の指標	7
3)	職員の人事・給与制度	7
16.	公正で的確な業務の運営	7
1)	研究不正の予防	7
2)	情報の公開	7
3)	競争的資金に係る内部監査等	7
4)	研究倫理審査	7
5)	遵守状況等の把握	7
6)	セキュリティの確保	7
II.	業務運営体制	8
1.	名称及び所在地	8
2.	設立目的	8
3.	沿革	8
4.	組織	11
1)	組織図	11
2)	部、センター、研究グループの主な業務内容	11
3)	内部進行管理のための会議・委員会及び法定管理者	13
III.	職員等	15
1.	職員	15
2.	フェロー研究員、客員研究員等	17
1)	フェロー研究員	17
2)	客員研究員	17
IV.	予算・決算等	18
1.	経費の節減	18
1)	施設経費の節減	18
2)	研究経費の節減	18
2.	運営費交付金、労災疾病臨床研究事業費補助金(厚生労働省)	18

3.	受託収入	18
4.	外部研究資金	18
5.	謝金収入等	19
V.	敷地建物、施設設備等	20
1.	敷地、建物	20
2.	大型施設・設備（令和元年度購入分）	20
3.	外部貸与対象の研究施設・設備	20
4.	図書室蔵書数	21
VI.	独立行政法人評価に関する有識者会議による評価(抄)	22

資料編

I.	調査研究業務等の実施に関する資料	24
1.	研究課題一覧	24
2.	協働研究成果概要	28
3.	プロジェクト研究成果概要	43
4.	基盤的研究成果概要	140
II.	調査研究成果の普及・活用に関する資料	178
1.	国内外の労働安全衛生の基準制定・改定への科学技術的貢献	178
2.	研究調査の成果一覧	184
1)	刊行物・出版物	184
2)	学会・研究会における発表・講演	197
3.	学会活動等	213
4.	インターネット等による調査・研究成果情報の発信	221
5.	講演会・一般公開等	222
1)	安全衛生技術講演会	222
2)	研究所の一般公開	223
3)	研究所見学の受入状況	227
6.	知的財産の活用、特許	227
1)	登録特許等	227
2)	特許等出願	228
3)	TLO(ヒューマンサイエンス技術移転センター)へ特許業務を委託した発明	229
III.	国内・国外の労働安全衛生関係機関等との協力の推進に関する資料	230
1.	交流会の概要	230
2.	研究振興のための国際学術誌の発行と配布	231
1)	「INDUSTRIAL HEALTH」誌の発行・配布	231
3.	若手研究者等の育成	232
1)	大学との連携	232
2)	若手研究者等の受入れ	234

3) 行政・労働安全衛生機関等への支援	235
4) 海外協力	239
4. 研究協力	239

附属表一覧

表 1-1 協働研究課題(3課題)	24
表 1-2 プロジェクト研究課題(15課題)	24
表 1-3 基盤的研究課題(27課題)	24
表 1-4 外部研究資金による研究課題(研究員等が研究代表者を務めた23課題)	25
表 1-5 外部研究資金による研究課題(研究員等が分担研究者あるいは共同研究者を 務めるもの7課題)	26
表 2-1 国内の行政・公的機関に設置された委員会等への委員等としての参画	178
表 2-2 国際機関に設置された委員会等への出席	182
表 2-3 労働安全衛生の国内外基準の制定にかかわる委員会等への委員としての参画	182
表 2-4 原著論文として国際誌(英文等)に公表された成果	184
表 2-5 原著論文として国内誌(和文)に公表された成果	186
表 2-6 原著論文に準ずるものとして国際誌(英文等)に公表された成果	188
表 2-7 原著論文に準ずるものとして国内誌に公表された成果	189
表 2-8 査読付き報告等として学会誌等に公表された成果	189
表 2-9 査読なし総説論文又は解説等として公表された成果	190
表 2-10 著書又は単行本として公表された成果	193
表 2-11 研究調査報告書一覧(競争的資金及び委員会等)	194
表 2-12 その他の専門家・実務家向け出版物に公表された成果(国際誌及び国内誌)	196
表 2-13 研究所出版物として公表された成果	196
表 2-14 国際学術集会にて発表・講演された成果(特別講演, シンポジウム, ワークショップ等)	197
表 2-15 国内の学術集会にて発表・講演された成果(特別講演, シンポジウム, ワークショップ等)	198
表 2-16 国際学術集会にて発表・講演された成果(一般口演, ポスター等)	199
表 2-17 国内の学術集会にて発表・講演された成果(一般口演, ポスター等)	202
表 2-18 国際学会の活動への協力	213
表 2-19 国内学会の活動への協力	214
表 2-20 国際誌編集委員等(INDUSTRIAL HEALTH誌を除く)	219
表 2-21 国内誌編集委員等(労働安全衛生研究誌を除く)	219
表 2-22 職員が授与された表彰及び学位等(令和元年度)	220
表 2-23 研究所刊行物の発行状況	221

表 2-24	テレビ・ラジオ放送による報道.....	221
表 2-25	新聞・雑誌等による報道.....	221
表 2-26	安全衛生技術講演会プログラム.....	222
表 2-27	研究所一般公開の概要(清瀬地区).....	223
表 2-28	研究所一般公開の概要(登戸地区).....	225
表 2-29	研究所見学の受入状況.....	227
表 2-30	登録特許(令和元年度登録特許0件).....	227
表 2-31	登録商標.....	228
表 2-32	特許出願.....	228
表 2-33	意匠登録願.....	229
表 2-34	登録特許等(TLO特許業務委託分).....	229
表 2-35	登録意匠(TLO特許業務委託分).....	229
表 3-1	労働安全衛生総合研究所、産業医科大学産業生態科学研究所、韓国カトリック大学との研究交流会概要.....	230
表 3-2	INDUSTRIAL HEALTHにおける論文の種類別投稿数の推移(2012年～2019年).....	231
表 3-3	INDUSTRIAL HEALTH Vol.57(2019)における論文の種類別及び号別の掲載数.....	231
表 3-4	INDUSTRIAL HEALTHにおける論文の種類別の掲載数推移(2010～2019年).....	232
表 3-5	INDUSTRIAL HEALTH Vol.57(2019)における筆頭著者の所属地域ごとにみた論文掲載状況.....	232
表 3-6	連携大学院制度に基づく協定先一覧.....	232
表 3-7	非常勤講師等の実績(連携大学院制度によるものを除く).....	233
表 3-8	大学等からの実習生・研修生の受入と指導実績.....	234
表 3-9	行政・労働安全衛生機関等への支援実績.....	235
表 3-10	海外協力実績.....	239
表 3-11	研究協力協定の締結状況(～令和元年度).....	239

本編

I. 令和元年度の業務概要

独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所（以下「研究所」という。）は、平成28年4月1日をもって独立行政法人労働者健康福祉機構と独立行政法人労働安全衛生総合研究所の統合により発足した。本報は研究所発足4年目の業務報告書である。

年度当初の職員数は87名（うち研究職員74名）であり、管理部、研究推進・国際センター、労働災害調査分析センター、リスク管理研究センター、過労死等防止調査研究センター及び9研究グループの体制である。

予算（決算）額は厚生労働省からの運営費交付金21億640万9千円（20億9,072万8千円）、施設整備費補助金1億4,516万1千円（1億225万1千円）、労災疾病臨床研究事業費補助金7億5,711万8千円（5億5,006万2千円）のほか、外部研究資金の獲得として競争的研究資金2,574万4千円、受託研究3,793万6千円がある。

以下に令和元年度の業務実績を示す。

1. 労働現場のニーズの把握と業務への積極的な反映

研究所主催による「安全衛生技術講演会」や企業、団体等による研究所見学、業界・事業者団体が開催する講演会、シンポジウム及び研究会への参加、研究員が個別事業場を訪問するなどあらゆる機会を利用して調査研究に係る労働現場のニーズや関係者の意見を把握した。

労働現場で把握した実態を基に政府からの受託研究として「過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究」を引き続き実施した。

また、厚生労働省から要請され、平成29年度に研究所が実施した高純度結晶性シリカ取扱事業場の災害調査結果により、厚生労働省から平成30年9月に「高純度結晶性シリカの微小粒子を取り扱う事業場における健康障害防止対策等の徹底について」が発出されたが、極めて短期間に発症・進行するけい肺の原因、臨床病像、労働現場での予防対策、経過観察の方法等さらに検討すべき課題があったため、これらを明確化することを目的に令和2年1月より新たな協働研究を実施することとした。

労働安全衛生施策の企画・立案に貢献できるよう厚生労働省等との意見・情報交換会を通じて、労働安全衛生に関するニーズの把握に努め、プロジェクト研究については、研究員と厚生労働省の政策担当部門との調整を図り、意見交換をのべ11回実施した。

2. 労働現場のニーズ及び行政ニーズに沿った調査及び研究業務の実施（関連資料 表1-1～表1-5）

過労死等防止対策推進法（平成26年6月27日公布、同年11月1日施行）の制定を踏まえ、平成26年11月1日に設置した過労死等防止調査研究センターにおいて、「過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究」（第二期の二年度目）に取り組んだ。平成30年度の研究結果を研究報告書に取りまとめ、厚生労働省に提出した。研究報告書の内容については、厚生労働省ホームページに公表され、10月に厚生労働省が取りまとめる過労死等防止対策白書に盛り込まれるとともに、厚生労働省関係部局や関係省庁などで活用された。また、過労死等としての精神障害の労災認定の基準に関する専門検討会に委員として参加した。

東京電力福島第一原子力発電所事故収拾作業における緊急作業従事者約2万人の健康管理や放射線影響の有無などについての疫学研究が国の政策として平成26年度から行われている。今般、令和元年度から5年間実施される研究に応募し、厚生労働省から採択され、補助金を得て研究所において放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究を開始した。

厚生労働省の政策担当部門との意見交換を踏まえ、過労死等の防止等に関する研究、脊髄損傷等の予防及び生活支援策に関する研究、化学物質による健康障害の予防及びばく露評価に関する研究等、労働災害の減少及び被災労働者の社会復帰の促進に結びつく研究課題・テーマを設定し、準備が整ったものから実施した。

令和元年度計画に基づいて、プロジェクト研究15課題を実施した。基盤的研究については、年度途中から開始した課題を含め、27課題を実施した。

行政からの要請を受けて、「第三次産業における行政施策推進方策等に関する研究」をはじめ 10 課題についての調査研究を実施した。

3. 研究評価の実施

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」(平成 28 年 12 月 21 日内閣総理大臣決定)に基づき規定されている研究所の内部評価委員会及び業績評価委員会労働安全衛生研究評価部会(以下、「安衛研究部会」という。)において評価を実施した。研究評価は、他の研究機関等の行う研究との重複の排除及び大学等との共同研究における研究所の貢献度を研究計画作成時に明確にさせた上で実施した。

1) 内部評価

令和元年度計画に基づき、すべての研究課題を対象として 4 回(令和元年 5 月、9 月、11 月、12 月)の内部評価委員会を開催した。研究課題について、公平性、透明性、中立性の高い評価を実施するため、事前評価では、目標設定、研究計画、研究成果の活用・公表、学術的視点等 5 項目、中間評価では研究の進捗及び今後の計画、行政的・社会的貢献度、研究成果の公表、学術的貢献度等 5 項目、終了評価では目標達成度、行政的・社会的貢献度、研究成果の公表、学術的貢献度等 5 項目について、それぞれ 5 段階の評価を行い、その結果を研究計画や予算配分等に反映した。

2) 外部評価・厚生労働省の評価

プロジェクト研究、重点研究、行政要請研究の合計 8 課題については、安衛研究部会の外部評価(事後評価)を受け、評価結果の目標値である平均点 3.25 以上を全ての課題で上回るとともに、その平均点は 3.81 であった。また、平成 30 年度の評価結果及びその研究業務への反映内容は報告書として取りまとめ、ホームページで公表した。

厚生労働省から「政策効果が期待できる」との評価については、プロジェクト研究、重点研究、行政要請研究で合計 8 課題の評価を受け、1(非常に政策効果が期待できる)が 4 課題、2(政策効果が期待できる)が 4 課題の判定だった。評価点が 2 以上の判定が 100%であり、目標の 80%を大きく上回った。

4. 成果の積極的な普及・活用 (関連資料 表 2-1～表 2-3)

1) 労働安全衛生に関する法令、国内外の基準制定・改定への科学技術的貢献

「建設作業の安全性」、「機械類の安全性」、「静電気安全」等の分野をはじめとして研究所の職員が、ISO、IEC、JIS 等国内外の基準の制定・改定等を行う検討会等へ委員長等として参画し、知見、研究所の研究成果等を提供するとともに、国際会議に研究員が日本の技術代表等として出席した。

出席した国際機関委員会等に研究成果を提供する等の貢献をするとともに、研究成果が労働安全衛生法施行令の一部を改正する省令(特定の有機粉じんによる健康障害の防止対策の徹底について(平成 31 年 4 月 15 日付け基安労発 0415 第 1 号、基安化発 0415 第 1 号、基補発 0415 第 1 号)、情報機器作業における労働衛生管理のためのガイドライン(令和元年 7 月 12 日付け基 0712 第 3 号)、つり足場用のつりチェーン及びつりわくの規格(令和 2 年厚生労働省告示第 34 号))等の労働安全衛生法関係通達等 15 件及び国際・国内規格等 3 件に、それぞれ反映された。

5. 原著論文、学会発表等の促進 (関連資料 表 2-4～表 2-23)

国内外の学会、研究会、事業者団体における講演会等での発表、原著論文等の論文発表件数について、研究員ごとに目標を設定する等により積極的に推進した。

また、14 件、21 名の研究員が、電気安全部門学術発表会、第 26 回日本行動医学会、第 4 回日本産業衛生学会等の論文賞等を受賞した。

6. インターネット等による研究成果情報の発信 (関連資料 表 2-23～表 2-25)

1) ホームページ

和文学術誌「労働安全衛生研究」と「Industrial Health」を、J-STAGE(科学技術情報発信・流通統合システム/ (独)科学技術振興機構)で公開した。研究所が刊行する国際学術誌「Industrial Health」(年 6 回発行)、和文学術誌「労働安全衛生研究」(年 2 回発行)、特別研究報告等の掲載論文、技術資料等の研究成果の全文をホームペ

ページ上に公開するとともに、閲覧者の利便性向上の観点から、必要に応じて日本語及び英語による要約を併せて公開した。

東日本大震災の復旧・復興工事の労働災害防止に資するため、研究所ホームページの震災関連情報コーナーを令和元年度も継続した。YouTube に JNOSH チャンネルを登録し、実験動画等を公開した。

イベント等は開催告知だけでなく、終了後の結果報告についても早期のタイミングでホームページに掲載した。

研究所ホームページ上の「研究業績・成果」、「刊行物」（「Industrial Health」、「労働安全衛生研究」等）へのアクセス件数は 180 万回となり、機構全体としては 296 万件で目標の 240 万回を上回った。

2) 刊行物、メールマガジン、報道等

平成 30 年度労働安全衛生総合研究所年報を発行するとともに、メールマガジン（安衛研ニュース）は、月1回配信し、内外における労働安全衛生研究の動向、研究所主催行事、刊行物等の情報提供を行った。なお、メールマガジンの配信数は月約 1,864 件であった。

また、特別研究報告 SRR-No.49 を刊行し、平成 30 年度に終了した 2 件のプロジェクト研究について、その研究成果を広報するとともに、研究所のホームページに掲載した。

その他、一般誌等に 116 件の論文・記事を寄稿し、研究成果の普及等を行うとともに、国内のテレビ・ラジオ局から高齢者、静電気、睡眠、熱中症等の取材10件のほか、テールゲートリフタによる荷役作業、外国人の安全教育等について新聞・雑誌等からの取材 10 件に協力した。

7. 講演会等の開催（関連資料 表 2-26～表 2-29）

1) 安全衛生技術講演会

安全衛生技術講演会を令和元年9月に東京都（参加者：200 名）及び同年 10 月に大阪市（参加者：141 名）の 2 都市において開催した。同講演会は、「新たな時代の労働安全衛生」をテーマとし、4名の研究員及び1名の外部講師による講演を行った。参加者は、企業の管理者・安全衛生担当者を中心に全体で 341 名であった。参加者へのアンケート調査によれば、全員が「良かった」または「とても良かった」であり、好評であった。

2) 民間機関等との共催

一般社団法人日本粉体工業技術協会との共催で「粉じん・火災安全研修（初級）」、四国地区電力需用者協会との共催で「電気関係災害防止対策講習会」をそれぞれ開催した。また、中央労働災害防止協会が実施した令和元年度全国産業安全衛生大会（京都大会）で、研究所の研究員が労働安全確保対策に係る講演を行った。

3) 研究所一般公開

清瀬地区で平成 31 年 4 月 17 日に、登戸地区で同年 4 月 21 日に、それぞれ一般公開を実施し、研究成果の紹介及び研究施設の公開を行った。参加者数は、清瀬地区 458 名、登戸地区 127 名で合計 585 名であった。

8. 知的財産の活用促進（関連資料 表 2-30～表 2-35）

研究所が保有する特許は、登録総数は 32 件、登録商標 2 件、特許出願総数は 10 件、意匠登録願総数は 1 件、特許実施総数は 6 件であった。また、特許を含めた TLO 委託総件数は 8 件である。これら知的財産の活用促進を図るため、32 件の登録特許について、研究所のホームページにその名称、概要等を公表している。

特許権の取得を進めるため、年度末に行う研究員の業績評価において「特許の出願等」を評価材料の一つとして評価を行うとともに、特許権の取得に精通した清瀬・登戸両地区の研究員を業務担当者として選任し、特許取得に関する研究員の相談に対応した。

9. 労働災害の原因調査等の実施

1) 労働災害の原因調査等の実施

労働災害の原因の調査等は、新規に大阪府大阪市で発生した鉄骨架構の倒壊災害等 5 件の労働災害調査を実施した。

災害調査、鑑定等の報告書を送付した労働基準監督署及び都道府県労働局に対するアンケートを実施し、「災害現場で見るべき視点がわかった」や「当該災害の理解が深まった」とする回答が多く寄せられた。

災害調査の結果が、架橋型アクリル酸系水溶性高分子化合物の吸入性粉じんの製造事業場で発生した肺障害の業務上外に関する検討会報告書「呼吸器疾患と架橋型アクリル酸系水溶性高分子化合物の吸入性粉じん

のばく露に関する医学的知見」及びこれを踏まえた労災補償の考え方について(平成31年4月15日付け労災発0415第1号)の発出の参考とされるとともに、特定の有機粉じんによる健康障害の防止対策の徹底について(平成31年4月15日付け基安労発0415第1号, 基安化発0415第1号, 基補発0415第1号)の発出の参考とされた。

2) 原因調査結果等の報告

高度な実験や解析を必要とするため時間を要するもの等を除き、鹿児島県南九州市の養鶏場で発生した陥没災害等14件の災害調査について、依頼元である労働基準監督機関等に調査結果等を報告した。

3) 鑑定・照会等への対応

労働基準監督署、警察署等の捜査機関からの依頼に基づき令和元年度に開始した鑑定等は7件であった。

4) 調査内容の公表

「OAリサイクル工場における粉じん爆発災害」、「化学工場で発生した呼吸器疾患に関する災害調査」など計4件について、特定の企業名等は削除する等、企業の秘密や個人情報の保護に留意しつつ災害調査報告書を研究所のホームページで公表した。

10. 労働安全衛生分野の研究の振興

1) 国内外の技術・制度等に関する調査(関連資料表2-1~表2-3)

国際会議への職員派遣、ISOやOECDの国際会議等の機会を利用し、国内外の研究所・諸機関が有する知見等の調査、情報収集を行い、国内関係機関等に提供した。

2) 最先端研究情報の収集(関連資料表3-1)

最先端研究情報の収集のため以下の活動を行った。

- ・産業医科大学との研究交流会、研究協力協定を締結した大学・研究機関との共同研究、研究員の国際学会への派遣等を通じて、内外の最先端研究情報の収集を行った。
- ・スイス・ジュネーブで開催された第37、38回化学品の分類及び表示に関する世界調和システム専門家小委員会に参加し、GHS分類に係る最近の動向や諸外国の取組状況等の情報収集を行った。
- ・フィンランド・ヘルシンキで開催された経済協力開発機構・ばく露評価ワーキングパーティー(OECD/WPEA)に参加し、化学物質の経皮吸収によるばく露状態の把握方法について最新の知見の情報収集を行った

3) 国際学術誌及び和文学術誌の発行と配布

a. Industrial Health(関連資料表3-2~表3-5)

国際学術誌「Industrial Health」を年6回刊行し、国内504件、国外271件の大学・研究機関等に配布した。

Industrial Health誌への投稿論文数は239編で、そのうちの掲載論文数は68編であった。また、掲載論文の国別/地域別内訳は、欧米33.8%、アジア・オセアニア23.6%、日本(当研究所を除く)33.8%、当研究所2.9%となっており、広く国内外からの投稿論文を集めた。

Industrial Health誌のインパクトファクターは、1.471となった。

J-STAGE(科学技術情報発信・流通統合システム/独)科学技術振興機構)を通じIndustrial Health誌の創刊号からの全掲載論文が閲覧可能であること、受理論文の刊行前早期公開(Advance Publications)、更には海外の著名データベースサービス(PubMed, PubMed Central (PMC), CrossRef, EBSCO, INSPEC, ProQuest等)との相互リンクが毎年増加していることから、令和元年度は世界各国から書誌事項に26万件を超えるアクセス、並びにおよそ16.4万件の全文ダウンロードが行われるなど、幅広く活用された。

b. 和文学術誌「労働安全衛生研究」

和文学術誌「労働安全衛生研究」を年2回刊行し、国内約900の大学・研究機関等に配布した。

J-STAGE(科学技術情報発信・流通統合システム/独)科学技術振興機構)に掲載し、全論文を検索し、閲覧できるようにしている。

11. 若手研究者等の育成への貢献(関連資料表3-6~表3-9)

1) 連携大学院制度の推進

連携大学院協定を締結している 9 大学のうち、長岡技術科学大学、日本大学、北里大学、東京電機大学、東京都市大学において、研究員が客員教授等として 7 名、客員准教授等として 4 名が任命され、教育研究活動を支援した。

2) 大学客員教授等の派遣

東京大学大学院、青山学院大学大学院等大学及び大学院に対して延べ 43 名の研究員が非常勤講師等として支援を行った(連携大学院制度に基づく派遣を除く。)

3) 若手研究者等の受入れ

連携大学院制度に基づく研修生 9 名を始め、内外の大学・研究機関から延べ 35 名の若手研究者等を受け入れ、修士論文、卒業論文等の研究指導を行った。

4) 行政・労働安全衛生機関等への支援

労働政策研究・研修機構労働大学校の産業安全専門官研修、労働衛生専門官研修等外部機関が行う研修の研修生を受け入れ、最新の労働災害防止技術等について講義等を行った。

このほか、都道府県労働局が実施する技術研修、中央労働災害防止協会等が行う研修会等に対し、講師として多くの研究員を派遣した。

5) 研究職員の海外派遣制度の活用等

研究職員の資質・能力の向上等を図るため、研究職員を外国の大学若しくは試験研究機関等に派遣する制度について検討し、在外研究員派遣規程を制定(平成 27 年1月)しており、研究職員の海外派遣制度を導入し、1 名の研究員を客員研究員としてフィンランド労働衛生研究所(Finnish Institute of Occupational Health)へ派遣した。

12. 研究協力の促進

1) 研究協力協定等(関連資料 表 3-10~表 3-11)

現在も協定期間中の 6 か国 6 機関の研究機関と労働安全衛生関係の幅広い分野において研究協力協定に基づく共同研究、情報交換、研究協力を進めた。

また、ソウル科学技術大学を訪問し、静電気爆発の防止等の安全対策に係る研究を発表した。

2) 研究交流会等(関連資料 表 3-1, 表 3-11)

フェロー研究員として 39 名、客員研究員として 4 名を委嘱した。

この他、研究協力協定を締結した大学・研究機関との共同研究、研究員の国際学会への派遣等を通じて、内外の最先端研究情報の収集に努めた。

3) 共同研究(関連資料 表 1-1~表 1-5, 表 3-8 等)

労働安全衛生分野の広い範囲で研究協力協定締結研究機関や連携大学院、民間企業等との共同研究を推進した。また、共同研究等の実施に伴い、研究員を他機関へ派遣するとともに、他機関から若手研究者等を受け入れた。

4) 世界保健機関(WHO)労働衛生協力センター

2019 年 8 月 13 日に WHO 西太平洋地域事務局長より、WHO 協力センターとしての再指定の承認が下りたとの通知があった。指定期間は 2019 年 7 月 13 日から 2023 年 7 月 13 日の 4 年間である。

令和元年度における WHO からの Terms of reference は、西太平洋地域諸国における過重労働関連健康議会要因に関するツールキットとファクトシートの国際的用途推進、及び西太平洋地域諸国における職業性熱中症の予防策とツールキットの国際応用と推進である。

13. 機動的効率的な業務運営体制の確立

令和元年度計画に基づき所長のリーダーシップの下で業務運営体制の確立を図った。内部統制の確立及び研究所内における情報伝達の円滑化を図る観点から、研究所の重要な意思決定に関する議論や業務の進捗管理を行う場として所長・管理部長・研究推進・国際センター長等を構成員とする「幹部会」を原則として月 2 回、業務執行状況の報告及び検証を行う場として所長・管理部長・研究推進・国際センター長及び 3 研究領域長等が出席する「拡大幹部会」を年 4 回、それぞれ開催した。また、TV 会議システムを活用し両地区合同の部長等会議を原則として週 1 回開催した。

令和元年度計画に基づく業務運営を適正かつ的確に遂行するため、前年度に引き続き、清瀬・登戸両地区に

年度計画の主な項目ごとの業務担当者を適材適所に配置し、両地区が一体となって業務を推進した。

また、研究開発力強化法に基づき、平成30年12月21日付けで策定した「独立行政法人労働者健康安全機構における研究者等の人材活用等に関する方針」を独立行政法人労働者健康安全機構のホームページに公表して当該方針に基づく取組みを推進している。

効率的な研究業務を推進するため、各研究グループにおける日常的な研究の進捗管理、内部評価委員会・安衛研究部会(外部評価)の開催による厳正な研究課題評価、研究討論会、情報交換会及び労働災害調査報告会等の各研究管理手法を組み合わせ、調査研究の質の維持・向上を図った。併せてこれらの進行状況を定期的に部長等会議や拡大幹部会、幹部会等に報告し、検証することを徹底し、調査研究の的確な内部進行管理を行った。

一方、研究員の業績評価については、部長等管理職に着目した評価項目を業績評価基準に設け評価を行った。研究員については①研究業績、②対外貢献、③所内貢献(研究業務以外の業務を含む貢献)の観点からの個人業績評価を引き続き行った。当該業績評価は、公平かつ適正に行うため、研究員の所属部長等、領域長及び所長による総合的な評価の仕組みの下で実施した。

清瀬・登戸両地区における研究員の個人業績評価システムを引き続き活用し、評価結果については、人事管理等に適切に反映させるとともに、評価結果に基づく総合業績優秀研究員(7名)、研究業績優秀研究員(4名)及び若手総合業績優秀研究員(2名)を表彰し、研究員のモチベーションの維持・向上に役立てた。

14. 運営交付金以外の収入の確保

1) 競争的研究資金、受託研究の獲得と活用(関連資料 表1-4, 表1-5)

競争的研究資金等の外部研究資金の獲得について、公募情報の共有・提供や、組織的に若手研究員に対する申請支援を行い、厚生労働科学研究費補助金、日本学術振興会科学研究費補助金等27件の競争的研究資金を獲得した。

受託研究については、国から1件、その他3件の合計4件で3,793万6千円を獲得した。また、労災疾病臨床研究事業費補助金事業による「過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究」(2億4,837万4千円)、「放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究」(3億168万8千円)がある。

そのほか、外部研究資金獲得のため公益団体、業界団体、企業等に訪問し、受託研究資金獲得の活動を行った。

2) 自己収入の確保

貸与可能研究施設・設備リストを見直し、施設・設備の減価償却等に伴う貸与料の適正化を図るとともに、利用者の目的施設の把握を容易にするために類似施設のグルーピングを行った。また、施設・設備の有償貸与の促進を図るためホームページの内容を分かり易くするなど、周知を図った。大学等の研究機関や民間企業との間で共同研究により施設の共同利用を進めた。さらに、特許権の実施許諾、成果物の有償頒布化による自己収入の確保を図っている。

15. 人事に関する計画

1) 方針

a. 研究員の採用

研究者人材データベース(JREC-IN)への登録、学会誌への公募掲載等により、産業安全と労働衛生の研究を担う資質の高い任期付き研究員の採用活動を行った。

新規研究員の採用に際しては、全て公募を行い、原則、3年間の任期付研究員として採用し、3年後、それまでの研究成果等を評価した上で、任期を付さない研究職員として採用した。

なお、任期を付さない研究職員を採用する場合は、研究経験等を踏まえ、慎重に採用決定することとしている。

b. 若手研究員等の資質向上と環境整備

新規採用者研修、研究討論会等を実施するとともに新たに採用した若手研究員については、研究員をメンターとして付けて研究活動を支援した。

フレックスタイム制に関する協定に基づき、柔軟な勤務時間体系の運用を図ることにより、育児・介護と仕事の両立ができるような環境整備に努めている。

専門型裁量労働制により、一定の研究員に対し労働時間の自己管理を図り、調査研究成果の一層の向上を期待するとともに、さらに育児・介護と仕事の両立ができるような環境整備に努めている。

採用に当たって個々の事情に応じた勤務時間等に配慮するとともに、車椅子の方に対しては、勤務がしやすいように職場のレイアウトを工夫するなど、環境の整備に努めている。フレックスタイム制に関する協定に基づき、柔軟な勤務時間体系の運用を図ることにより、育児と仕事の両立ができるような環境整備に努めた。

2) 人員の指標

年度当初の常勤職員数は 87 名であり、年度末の常勤職員数は 86 名となった。

3) 職員の人事・給与制度

研究所の研究・技能労働職員の期末・勤勉手当については、職員の勤務成績を考慮した国家公務員の給与制度に準じ、適正な給与水準を維持した。

16. 公正で的確な業務の運営

1) 研究不正の予防

「研究活動における不正行為の取扱いに関する規程」及び「科研費補助金等取扱規程」等に基づき研究不正の防止に取り組んだ。

2) 情報の公開

個人情報保護規程に基づき、個人情報保護管理者及び保護担当者を選任し、研究所が保有する個人情報の適切な利用及び保護を推進した。

令和元年度における情報公開開示請求は 0 件であった。情報の公開については、独立行政法人通則法等に基づく公表資料(財務諸表等)のみならず、公正かつ的確な業務を行う観点から、調達関係情報、特許情報、施設・設備利用規程等を研究所のホームページ上で積極的に公開した。

3) 競争的資金に係る内部監査等

科学研究費補助金取扱規程に基づき、科学研究費研究課題に対する内部監査を実施した。

4) 研究倫理審査

研究倫理審査委員会(登戸地区)では、研究倫理審査委員会規程に基づき、学識経験者、一般の立場を代表する者等の外部委員 7 名及び内部委員 10 名からなる研究倫理審査委員会を 3 回開催し、36 件の研究計画について厳正な審査を行い、議事要旨を研究所ホームページに公開した。また、安全分野では、外部委員 5 名、内部委員 7 名からなる安全分野研究倫理審査委員会を 1 回開催し、迅速審査 3 件の審査結果を承認するとともに、1 件の研究計画について厳正な審査を行い、議事要旨を研究所ホームページに公開した。

利益相反審査・管理委員会規程に基づき、利益相反審査・管理委員会において科学研究費補助金及び厚生労働科学研究費補助金などの外部資金による研究について審査を実施した。また、全研究員を対象に、研究倫理教育・研究不正防止説明会を実施した。

令和元年度は、動物実験委員会を 1 回開催し、実験計画書の承認申請等に対して厳正な審査を行った。また「動物実験の適正な実施に関する自己点検・評価報告書」をホームページに公開した。次に山海直氏(医薬基盤研・霊長類医科学センター)を招き動物実験に携わる職員を対象として我が国の法制度、外部検証の現状、実験動物の苦痛軽減法、監視機構の重要性についての教育訓練を行った。さらに公益財団法人ヒューマンサイエンス振興財団による実験動物施設の外部検証を受け「厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針」に適合しているとの評価を受けその認定証をホームページに公開した。

5) 遵守状況等の把握

内部統制の確立及び研究所内における情報伝達の円滑化を図る観点から、研究所の重要な意思決定に関する議論や業務の進捗管理を行う場として所長・管理部長・研究推進・国際センター長等を構成員とする「幹部会」を原則として月 2 回、業務執行状況の報告及び検証を行う場として所長・管理部長・研究推進・国際センター長及び 3 研究領域長等が出席する「拡大幹部会」を年 4 回、それぞれ開催した。また、TV 会議システムを活用し両地区合同の部長等会議を原則として週 1 回開催した。

6) セキュリティの確保

厚生労働省の指示に基づき、情報の物理的な遮断措置(情報を情報系と業務系に分離)を継続して実施した。また、全職員に対しては、情報セキュリティを含む研修を実施し、遵守の徹底を図った。

II. 業務運営体制

1. 名称及び所在地

名称：独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所

所在地：清瀬地区 〒204-0024 東京都清瀬市梅園一丁目4番6号

登戸地区 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾六丁目21番1号

2. 設立目的

事業場における災害の予防並びに労働者の健康の保持増進及び職業性疾病の病因、診断、予防その他の職業性疾病に係る事項に関する総合的な調査及び研究を行うことにより、職場における労働者の安全及び健康の確保に資することを目的とする。

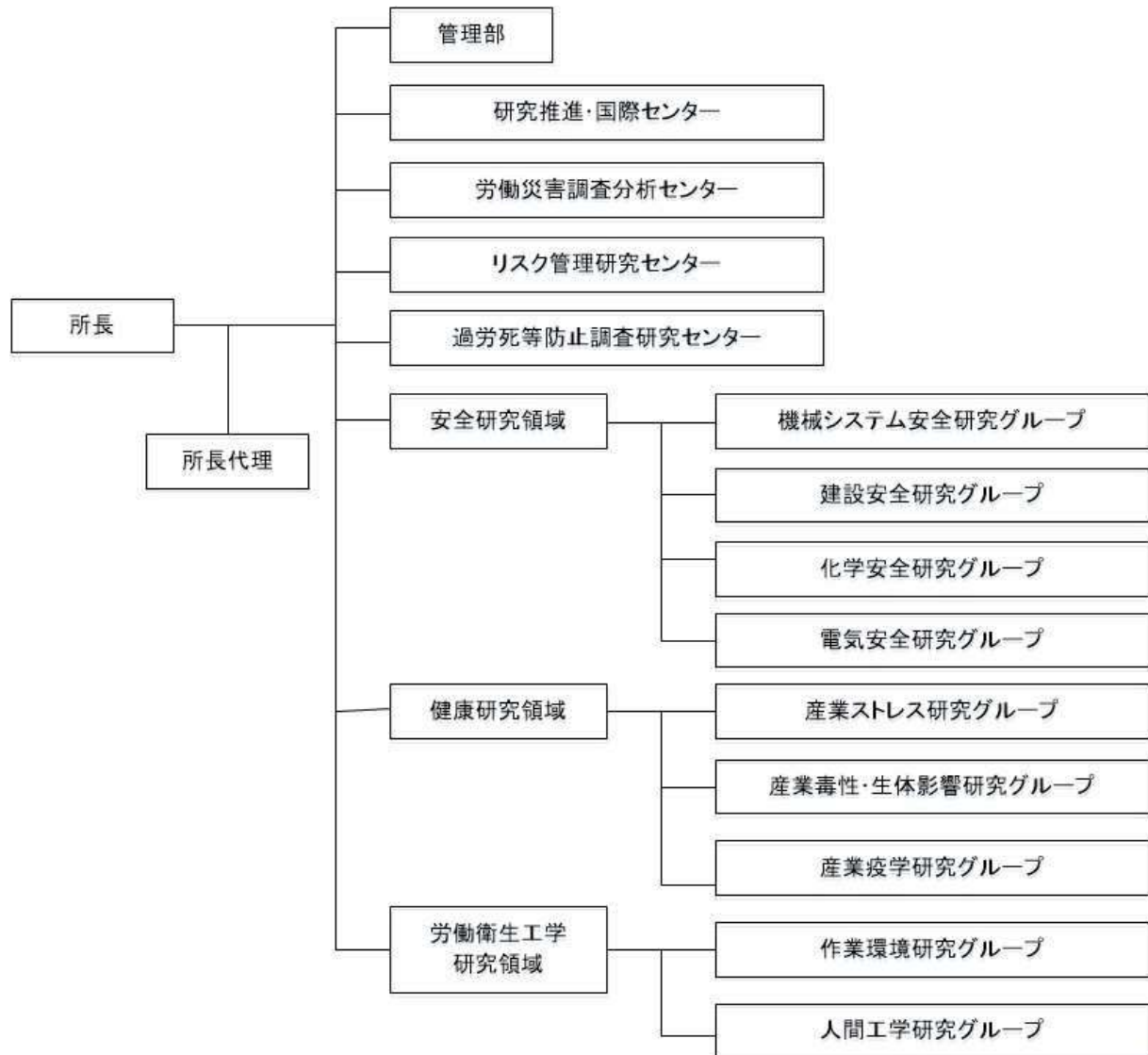
3. 沿革

日付	産業安全研究所	産業医学総合研究所
昭和17年(1942)	東京市芝区(現 東京都港区)に厚生省産業安全研究所として設立。初代所長に武田晴爾 就任。	
昭和18年(1943)	産業安全参考館(昭和29年3月産業安全博物館と改称)を開設。	
昭和22年(1947)	労働省の発足とともに、労働省産業安全研究所となる。	
昭和24年(1949)	2代所長に中島誠一 就任。	栃木県鬼怒川のけい肺労災病院と同一敷地内に労働省労働基準局労働衛生課分室として「けい肺試験室」が設立される。
昭和27年(1952)	3代所長に高梨湛 就任。	
昭和31年(1956)		労働省設置法により労働衛生研究所が設立され、川崎市中原区に新庁舎が建設される。 庶務課、職業病部第1課、第2課、労働環境部第1課、第2課の2部5課となる。 初代所長に山口正義 就任。
昭和32年(1957)		労働衛生研究所が開所される。 職業病部に第3課、第4課、労働環境部に第3課が新設され、2部8課となる。
昭和35年(1960)		労働生理部第1課、第2課、環境部に第4課が新設され、3部11課となる。
昭和36年(1961)	大阪市森之宮東之町に大阪産業安全博物館を開設、一般に公開。	
昭和38年(1963)		国際学術誌「INDUSTRIAL HEALTH」創刊。
昭和39年(1964)	4代所長に山口武雄 就任。	
昭和40年(1965)		実験中毒部第1課、第2課が新設され、4部13課となる。
昭和41年(1966)	東京都清瀬市に屋外実験場を設置。	
昭和42年(1967)	庁舎改築のため、屋外実験場の一部を仮庁舎として移転。	

昭和43年(1968)	5代所長に住谷自省 就任。	「働く人の健康を守る座談会」において、産業医学総合研究所の設立が要望される。労働省は産業医学に関する総合研究所の創設を提唱する。
昭和45年(1970)	2部7課を廃し、4部に再編成。 6代所長に上月三郎 就任。	研究部門の課制を廃止して主任研究官制とし、4部1課となる。 第63回国会において産業医学総合研究所の創設について附帯決議がなされる。
昭和46年(1971)	新庁舎落成。産業安全博物館を産業安全技術館と改称。 産業安全会館開館。	
昭和47年(1972)	労働安全衛生法制定。	
昭和49年(1974)	7代所長に秋山英司 就任。	
昭和51年(1976)		産業医学総合研究所が川崎市多摩区において開所される。 初代所長に山口正義 就任。 組織は庶務課、労働保健研究部、職業病研究部、実験中毒研究部、労働環境研究部の4部1課となる。 10月に労働疫学研究部が新設されて5部1課となる。
昭和52年(1977)	8代所長に川口邦供 就任。	2代所長に坂部弘之 就任。 人間環境工学研究部が新設され、6部1課となる。皇太子殿下 行啓。 「WHO労働衛生協力センター」に指定される。
昭和58年(1983)	9代所長に森宣制 就任。	
昭和59年(1984)	機械安全システム実験棟が清瀬実験場に竣工。	
昭和60年(1985)	化学安全実験棟が清瀬実験場に竣工。 10代所長に前郁夫 就任。	
昭和61年(1986)	皇太子殿下 行啓。	3代所長に輿 重治 就任。
昭和63年(1988)	建設安全実験棟が清瀬実験場に竣工。	
平成 2年(1990)	電気安全実験棟及び環境安全実験棟が清瀬実験場に竣工。 11代所長に田中隆二 就任。	天皇陛下 行幸。
平成 3年(1991)	12代所長に木下鈞一 就任。	4代所長に山本宗平 就任。
平成 4年(1992)	清瀬実験場に総合研究棟及び材料・新技術実験棟が竣工、新庁舎が完成。 田町庁舎より移転。	
平成 6年(1994)	13代所長に森崎繁 就任。	
平成 7年(1995)	機械研究部を機械システム安全研究部、土木建設研究部を建設安全研究部、化学研究部を化学安全研究部、電気研究部を物理工学安全研究部と改称。	

平成 8年(1996)		産業医学総合研究所20周年記念講演会開催。
平成 9年(1997)	14代所長に田嶋泰幸 就任。	5代所長に櫻井治彦 就任。 企画調整部と5研究部に研究組織を改編。
平成10年(1998)	共同実験棟竣工。	
平成12年(2000)	15代所長に尾添博 就任。	6代所長に荒記俊一 就任。「21世紀の労働衛生研究戦略協議会最終報告書」刊行(12月)
平成13年(2001)	厚生労働省の発足とともに、厚生労働省産業安全研究所となる。 独立行政法人通則法の施行に伴い、独立行政法人産業安全研究所となる。 初代理事長に尾添博 就任。	厚生労働省の発足とともに、厚生労働省産業医学総合研究所となる。 独立行政法人通則法の施行に伴い、独立行政法人産業医学総合研究所となる。 初代理事長に荒記俊一 就任。
平成17年(2005)	2代理事長に鈴木芳美 就任。	
平成18年(2006)	独立行政法人産業安全研究所法の一部改正に伴い、両研究所が統合され、独立行政法人労働安全衛生総合研究所となる。 理事長に荒記俊一 就任。	
平成21年(2009)	2代理事長に前田豊 就任。	
平成26年(2014)	3代理事長に小川康恭 就任。 11月1日「過労死等調査研究センター」設置。	
平成27年(2015)	4月1日「内部監査室」設置。	
平成28年(2016)	独立行政法人労働者健康福祉機構と統合し、独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所となる。初代所長に豊澤康男 就任。	
平成31年(2019)	2代所長に梅崎重夫 就任。	

4. 組織
1) 組織図



2) 部、センター、研究グループの主な業務内容

部、センター、 研究グループ	所掌業務
管理部	<ul style="list-style-type: none"> • 所長及び所長代理の秘書業務に関すること。 • 職員の人事(研究推進・国際センターの所掌に属するものを除く。)、給与、公印の管守、文書、会計、物品及び営繕に関すること。 • 前各号に掲げるもののほか、労働安全衛生総合研究所の所掌事務で他の所掌に属さないもの。

部、センター、 研究グループ	所掌業務
研究推進・国際センター	<ul style="list-style-type: none"> ・労働安全衛生総合研究所の所掌に係る調査及び研究の企画、立案、調整並びに業務管理に関すること。 ・労働安全衛生総合研究所の研究予算の配分及び執行管理に関すること。 ・労働安全衛生総合研究所の所掌に係る共同研究、受託研究、科学研究費助成事業、厚生労働科学研究費補助金による研究事業、競争的資金その他外部資金に関すること(契約の締結に関する事項を含む。) ・労働安全衛生総合研究所の所掌に係る調査及び研究に係る事項に関する実施、指導、援助、普及広報等に関すること。 ・労働安全衛生総合研究所の所掌に係る調査及び研究の評価に関すること。 ・研究員の人事、業績評価、能力開発及び研修に関すること。 ・労働安全衛生総合研究所における学術専門書等の図書資料の収集、管理に関すること。 ・労働安全衛生研究の振興に関すること。 ・国内外における労働安全衛生関連情報の収集、分析及び提供に関すること。 ・国際的な研究交流及び共同研究に関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。
労働災害調査分析センター	<ul style="list-style-type: none"> ・労働安全衛生法(昭和47年法律第57号)第96条の2第1項の調査及び同条第2項の立入検査を含む行政からの労働災害の原因調査等の実施依頼等に係る調整に関すること。 ・労働災害に係る資料の整理、保管、データベース化に関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。
リスク管理研究センター	<ul style="list-style-type: none"> ・労働安全衛生管理及びリスク管理に係る調査及び研究に関すること。 ・ヒューマンファクター、人間工学等に基づく労働災害防止対策に係る調査及び研究に関すること。 ・労働災害の統計的解析に関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、労働安全衛生総合研究所の所掌に係る調査及び研究に関することで他のセンター又は研究領域の所掌に属しないもの。
過労死等防止調査研究センター	<ul style="list-style-type: none"> ・過労死等の予防のための調査及び研究に関すること。 ・前号に関し、関連する外部の機関との連絡及び調整に関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。
機械システム安全研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> ・産業災害の予防のための機械、器具、その他の設備及びその取扱いに関すること。 ・機械、器具、その他の設備の設計、製造の安全に関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、安全研究領域の調査及び研究に関することで他の研究グループの所掌に属さないもの。
建設安全研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> ・産業災害の予防のための建設工事で使用する機械、器具、その他の設備及びその取扱いに関すること。 ・建設物の設計、建設工事の施工の安全に関すること。各種仮設構造物の安全性の評価と倒壊防止技術の開発に関すること。

部、センター、研究グループ	所掌業務
化学安全研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> 産業災害の予防のための化学的危険性を有する物質及びその取扱いに関すること。 化学的危険性を有する物質、プロセス反応による産業災害の予防のための機械、器具、その他の設備及びその取扱いに関すること。
電気安全研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> 産業災害の予防のための電氣的危険性を有する機械、器具、その他の設備及びその取扱いに関すること。 電磁氣的現象及び電気エネルギーに係る災害防止に関すること。
産業ストレス研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> 社会心理的環境や作業条件が労働者の健康に及ぼす影響に関すること。 職業性ストレスの評価と対策に関すること。 労働者のメンタルヘルスに関すること。 前各号に掲げるもののほか、健康研究領域の調査及び研究に関することで他の研究グループの所掌に属しないもの。
産業毒性・生体影響研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> 産業中毒の原因解明、発生機序及び早期発見のための指標開発等の予防対策に関すること。 産業有害因子の生体影響の評価、評価系の開発及びその応用に関すること。 実験動物の飼育その他の管理に関すること。
産業疫学研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> 職業性疾病あるいは作業関連疾病の発症・増悪に影響を与える要因及び予防対策に関すること。 労働者の健康保持増進に関連する要因に関すること。
作業環境研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> リスクアセスメントに資するばく露の推定・測定及びばく露評価に関すること。 リスクを低減するための作業環境の改善及び管理に関すること。 前各号に掲げるもののほか、労働衛生工学研究領域の調査及び研究に関することで他の研究グループの所掌に属さないもの。
人間工学研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> 労働者が使用する機械、器具、その他の設備の人間工学的な見地からの評価及び標準化に関すること。 作業環境中の有害因子を除去する工学技術に関すること。 労働衛生上必要な保護具の改善に関すること。

3) 内部進行管理のための会議・委員会及び法定管理者

a. 所内会議

会議名称	出席者
1) 拡大幹部会	所長、所長代理、管理部長/管理部課長、研究推進・国際センター長/研究推進・国際センター首席研究員、労働災害調査分析センター長、過労死等防止調査研究センター長、研究領域長
2) 幹部会	所長、所長代理、管理部長/管理部課長、研究推進・国際センター長/研究推進・国際センター首席研究員
3) 部長等会議	所長、所長代理、研究推進・国際センター長/研究推進・国際センター首席研究員、労働災害調査分析センター長、リスク管理研究センター長、過労死等防止調査研究センター長、部長/首席研究員/部長代理

b. 各種委員会等

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| 1) 研究倫理審査委員会 | 9) 組換え DNA 実験安全委員会 |
| 2) 「Industrial Health」編集委員会 | 10) 特許審査会 |
| 3) 「労働安全衛生研究」編集委員会 | 11) LAN 運営/電算機運用委員会 |
| 4) 内部評価委員会 | 12) 動物実験委員会 |
| 5) 防火管理委員会 | 13) 図書運用委員会 |
| 6) 健康安全委員会 | 14) TM/研究員情報交換会 |
| 7) 安全衛生委員会 | 15) 情報セキュリティ委員会 |
| 8) 放射線安全委員会 | 16) 保有個人情報管理委員会 |
-

c. 法定管理者等一覧

- | | |
|--------------------|--------------|
| 1) 放射線取扱主任者 | 6) 防火管理者 |
| 2) 組換え DNA 実験安全主任者 | 7) ハラスメント相談員 |
| 3) RI 実験施設運営管理者 | 8) 個人情報管理者 |
| 4) 産業医 | 9) 電気主任技術者 |
| 5) 衛生管理者 | |
-

Ⅲ. 職員等

1. 職員

(平成31年4月1日現在)

職名	研究職									事務職					合計
	所長	所長代理	部長 首席研究員 センター長	室長	統括研究員 上席研究員	主任研究員 企画専門員	研究員	任期付研究員	計	部長	課長	係長	一般職員	計	
人数	1	1	15	0	27	18	5	7	74	1	1	2	9	13	87

所長		梅崎重夫							リスク管理研究センター						
所長代理		甲田茂樹							センター長			島田行恭			
									上席研究員			大西明宏			
管理部									主任研究員			呂健			
部長				畠中	荘一郎				〃			高橋明子			
課長				坂本	直樹				〃			菅間敦			
管理係				係長	櫻井夏樹										
				係員	井尻紘志										
				係員	寺門裕直				過労死等防止調査研究センター						
									センター長			高橋正也			
契約係				係長	小日向裕一				統括研究員			吉川徹			
				主任	大石恭大										
				係員	今村啓之										
				係員	石橋怜										
管理第二係				主任	池田成平				機械システム安全研究グループ						
				主任	鈴木伸太郎				部長			佐々木哲也			
				係員	木村洋一				部長代理			清水尚憲			
				技能職員	鈴木貴行				上席研究員			本田尚剛			
									〃			齋藤京子			
研究推進・国際センター									〃			濱島謙太			
センター長					大嶋勝利				〃			山際理恵子			
首席研究員					外山みどり				主任研究員			北條篤志			
〃					崔光石				〃			山口康平			
上席研究員					三木圭一				〃			岡部			
〃					田井鉄男										
主任研究員					佐藤嘉彦				建設安全研究グループ						
研究員					古瀬三也				部長			高木元也			
企画専門員					中島淳二				部長代理			高梨成次			
特任統括研究員					大久保利晃				上席研究員			日野泰道			
									〃			高橋弘樹			
									〃			吉川直孝			
									主任研究員			堀智仁			
労働災害調査分析センター									化学安全研究グループ						
センター長					玉手聡				部長			板垣晴彦			
研究員					平岡伸隆				部長代理			八島正明			
									上席研究員			大塚輝人			
									主任研究員			水谷高彰			

電気安全研究グループ

部長	池田博康
統括研究員	大澤敦
主任研究員	三浦崇
研究員	遠藤雄大

産業ストレス研究グループ

部長	佐々木毅
上席研究員	久保智英
〃	井澤修平
任期付研究員	池田大樹
〃	松元俊

産業毒性・生体影響研究グループ

部長	王瑞生
統括研究員	大谷勝己
〃	須田恵一
上席研究員	小林健一
主任研究員	柳場由絵
研究員	豊岡達士

産業疫学研究グループ

部長	岩切一幸
上席研究員	劉欣欣
主任研究員	松尾知明
任期付研究員	蘇りナキ
〃	佐藤ゆき
〃	小山冬樹

作業環境研究グループ

部長	鷹屋光俊
上席研究員	小嶋純
主任研究員	萩原正義
〃	安彦泰進
〃	中村憲司
〃	山田丸子
研究員	井上直子
任期付研究員	高谷一成

人間工学研究グループ

部長	柴田延幸
部長代理	高橋幸雄
上席研究員	齊藤宏之
〃	上野哲
〃	山口さち子
主任研究員	時澤健

2. フェロー研究員、客員研究員等

労働安全衛生分野に優れた知識及び経験を有する所外の専門家・有識者又は研究者等との連携を深め、研究所が実施する調査・研究内容の質的向上及び効率的遂行を図ることを目的として、フェロー研究員の称号の付与及び客員研究員の委嘱を行っている。

1) フェロー研究員

令和元年度末現在、以下の39名にフェロー研究員の称号を付与している。

- | | | |
|-----------|-----------|------------|
| 1) 前田 豊 | 17) 関根 和喜 | 33) 平田 衛 |
| 2) 浅野 和俊 | 18) 武林 亨 | 34) 宮川 宗之 |
| 3) 安達 洋 | 19) 永田 久雄 | 35) 小川 康恭 |
| 4) 有藤 平八郎 | 20) 久永 直見 | 36) 松村 芳美 |
| 5) 池田 正之 | 21) 堀井 宣幸 | 37) 茅嶋 康太郎 |
| 6) 市川 健二 | 22) 本間 健資 | 38) 山隈 瑞樹 |
| 7) 岩崎 毅 | 23) 松井 英憲 | 39) 豊澤 康男 |
| 8) 臼井 伸之介 | 24) 本山 建雄 | |
| 9) 内山 巖雄 | 25) 柳澤 信夫 | |
| 10) 河尻 義正 | 26) 新村 和哉 | |
| 11) 岸 玲子 | 27) 櫻井 治彦 | |
| 12) 日下 幸則 | 28) 森永 謙二 | |
| 13) 小泉 昭夫 | 29) 鶴田 寛 | |
| 14) 神代 雅晴 | 30) 斉藤 進 | |
| 15) 輿 貴美子 | 31) 神山 宣彦 | |
| 16) 鈴木 芳美 | 32) 三枝 順三 | |

2) 客員研究員

令和元年度末現在、以下の4名を客員研究員に委嘱している。

- | | |
|----------|----------|
| 1) 高田 琢弘 | 3) 斎藤 寛泰 |
| 2) 澤田 晋一 | 4) 伊藤 和也 |

IV. 予算・決算等

1. 経費の節減

1) 施設経費の節減

平成 28 年度から、研究所においても労災病院とテレビ会議を実施できるように整備し、研究所、労災病院、本部でテレビ会議を開催した。研究所において、平成 28 年度から電子決裁システムを導入し、業務の効率化を図っている。

2) 研究経費の節減

契約については、平成 27 年5月 25 日総務大臣決定の「独立行政法人における調達等合理化計画の取り組みの推進について」に基づき、事務・事業の特性を踏まえ、PDCAサイクルにより、公正性・透明性を確保しつつ、自立的かつ継続的に調達等の合理化に取り組むため、「調達等合理化計画」を策定し、一般競争入札等を原則とした、適切な調達手続の実現に取り組んだ。

2. 運営費交付金、労災疾病臨床研究事業費補助金（厚生労働省）

令和元年度における運営費交付金(決算)は 20 億 9,072 万 8 千円、2 件の労災疾病臨床研究事業費補助金(決算)は 5 億 5,006 万 2 千円であった。

種類	研究課題名	配分額
労災疾病臨床研究事業費補助金	1) 過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究	2 億 4,837 万 4 千円
	2) 放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究	3 億 168 万 8 千円

3. 受託収入

国から 1 件、その他から 3 件の合計 4 件で 3,793 万 6 千円を獲得した。

4. 外部研究資金

種類	研究課題名	配分額(円)
厚生労働科学研究費補助金	1) 製造現場における IoT を活用した安全管理システムに関する研究	2,265,000
	2) オルトトールイジン等芳香族アミンによる膀胱がんの原因解明と予防に係る包括的研究	3,400,000
	3) 職場における酸欠リスクの実態把握と酸欠災害の防止対策についての研究	2,289,000
労災疾病臨床研究	1) 過重労働を背景とする事故関連事例の分析	1,000,000
	2) 事務所衛生基準規則に関する研究 — 妥当性と国際基準との調和	170,000
日本学術振興会	1) 化学物質による事故・災害防止のための教育・訓練支援システム開発に関する学際的研究	800,000
	2) 余震による木造建築物の倒壊危険性に屋根の重量が及ぼす影響に関する研究	900,000
	3) 高所作業中の身体動揺と認知ギャップによる転落リスク評価	700,000
	4) 静電気災害防止を目的とした噴霧帯電の基礎的特性に関する研究	800,000
	5) 労働者の疲労は悪なのか？ 一疲労の多様性、多義性の検討とセルフケアツールの開発	0
	6) 化学物質の多様性に応じた雄性生殖毒性試験法の開発	0
	7) 「職場を健康増進の拠点」とするための労働体力科学研究	0
	8) 毛髪及び爪の試料を利用した慢性ストレス指標の確立：妥当性の検証	3,000,000
	9) 精神作業による心血管系負担を軽減するための休息の仕方に関する生理心理学的検討	1,100,000
	10) 薬物代謝酵素 CYP2E1 による産業化学物質毒性評価システムの確立	1,000,000
	11) 人の振動感受方向依存性と伝達位相遅れ特性を応用した乗り心地快適性の向上	600,000
	12) 医療従事者の曝露後サーベイランスツール開発と労務管理支援手法に関する研究	1,100,000
	13) 夜勤時間制限と休日配置が看護師の安全、健康、生活の質に及ぼす影響の検討	1,000,000
	14) 日勤労働者の勤務間インターバルの規則性：その実態と問題の把握、および対応策の検討	700,000

種類	研究課題名	配分額(円)
	15) 医療被曝と脳腫瘍 MOBI-Kids Study における国際比較	100,000
	16) 強度と勾配を統制した磁場条件による造骨細胞系への影響評価	800,000
	17) 労働者の体力と座位行動に着目した疫学研究：職域コホート研究創立と介入策確立	2,500,000
	18) 星間分子の光異性化と化学組成への影響：低温イオンモビリティ実験による探求	200,000
	19) 健康維持増進と知的生産活動向上に寄与する室内空気環境の解明	100,000
	20) 働く人々の幸福感・肯定感情の免疫・遺伝子発現機序の解明と産業保健現場での応用	100,000
	21) 夜勤によるパフォーマンス低下と自己評価に関する研究	1,100,000
	22) 環境因子が運動時の持久性能力と体温調節に及ぼす影響：日射量と気流の複合的作用	20,000
政府受託	1) 労働環境におけるドローンの対人衝突安全性の検討	10,450,000
	2) ロボット介護機器開発・標準化のための安全評価基準	13,582,000
	3) 地方公務員の過労死等に係る公務災害認定事業に関する調査研究事業 その3	6,037,021

注) 配分額は研究に使用できる直接経費金額

5. 謝金収入等

種類	金額(千円)
1) 謝金収入	13,375
2) 施設貸与収入	297
3) 知的財産使用料	1,300
4) その他	6,797
(合計)	21,769

V. 敷地建物、施設設備等

1. 敷地、建物

種別	清瀬地区	登戸地区
土地	34,533 m ²	22,945 m ²
建物	(1) 本部棟 3,934 m ² (2) 機械安全システム実験棟 1,770 m ² (3) 建設安全実験棟 1,431 m ² (4) 化学安全実験棟 1,079 m ² (5) 電気安全実験棟 1,444 m ² (6) 環境安全実験棟 1,090 m ² (7) 材料・新技術実験棟 2,903 m ² (8) 共同研究実験棟 1,478 m ² (9) その他 2,774 m ² (小計) (17,903 m ²)	(1) 管理棟 1,282 m ² (2) 研究本館 9,277 m ² (3) 動物実験施設 2,525 m ² (4) 音響振動実験施設 391 m ² (5) 工学実験施設 919 m ² (6) その他 412 m ² (小計) (14,806 m ²)

2. 大型施設・設備 (令和元年度購入分)

清瀬地区	登戸地区
(1) 卓上走査電子顕微鏡 (2) 視線計測装置 (3) 自然発火試験装置本体部 (4) 自然発火性測定解析装置 (5) コムソルマルチフィジックス	(1) 放射線疫学システム及びデータベース等サーバー機器 (2) IBM SPSS メディカルモデル 10 式 (3) ケミルミイメーシステム (4) エレクトロスプレー式粒子発生装置 (5) エアロゾルスペクトロメーター

3. 外部貸与対象の研究施設・設備

清瀬地区	登戸地区
(1) 高温箱型電気炉 (2) 超深度カラー3D 形状測定顕微鏡 (3) 簡易無響室 (4) 風洞実験装置 (5) 高速度ビデオカメラ (6) 共焦点レーザー顕微鏡 (7) 粒度分布測定装置 (8) 高速度現像デジタル直視装置 (9) 100トン構造物疲労試験機 (10) 3000kN 垂直荷重試験機 (11) 250kN 水平荷重試験機 (12) 曲げ・圧縮試験機 (13) 建材試験装置 (14) 構造物振動試験機 (15) 100kN 荷重載荷試験機 (16) 遠心力載荷実験装置 (17) 施工シミュレーション施設 (18) ひずみデータ収録システム (19) 汎用小型旋盤 (20) フライス盤 (21) 模擬人体接触モデル (22) フルハーネスの落下試験装置	(1) 低周波音実験室 (2) 半無響室 (3) 手腕振動実験施設 (4) 局所排気装置実験施設 (5) 低温(生化学)実験室 (6) ISO7096 に準拠した座席振動伝達測定システム (7) 12 軸全身振動時系列分析システム (8) モーションシミュレータ (9) 振動サンプリング装置 (10) 溶接ロボット (11) 汎用水銀分析装置 (12) レーザーアブレーション(LA) 付き誘導結合プラズマ質量分析計(ICP-MS) (13) イオンクロマトグラフ (14) 原子吸光度分析装置 (15) X線分析室(X線回折装置・蛍光X線装置・ビード試料作製装置) (16) FTIR (17) PID ガスモニタ (18) 粒度測定及びゼータ電位測定装置 (19) 2 電圧ポテンシオスタット (20) 電子顕微鏡(装置名:走査型分析電子顕微鏡)

清瀬地区	登戸地区
(23) 靴すべり試験機	透過型分析電子顕微鏡
(24) 吹上げ式粉じん爆発試験装置（ハートマン式試験装置）	(21) 脳内神経伝達物質測定装置
(25) タグ密閉式自動引火点試験器	(22) フローサイトメーター
(26) ペンスキーマルテンス密閉式自動引火点試験器	(23) CASA(コンピュータ画像解析精子分析器)
(27) セタ密閉式引火点試験器	(24) 小動物脳血流測定装置
(28) 高精度潜熱顕熱分離型示差走査熱量計	(25) 動物血球計数装置
(29) 熱流束式自動熱量計	(26) 紫外線処理システム付き凍結マイクローム
(30) 反応熱量計	(27) 画像解析装置
(31) 加速速度熱量計	(28) 自動核酸抽出装置
(32) ハートマン式粉じん最小着火エネルギー試験装置	(29) リアルタイムPCR装置
(33) ガスクロマトグラフ	(30) 紫外線細胞照射装置
(34) ガスクロマトグラフ質量分析計	
(35) 紫外可視分光光度計	
(36) FT-IR ガス分析装置	
(37) エネルギー分散型蛍光X線分析装置	
(38) 大型熱風循環式高温恒温器	
(39) 中規模爆発実験室	
(40) 人工気象室	
(41) 環境試験室	
(42) 導電率測定装置	
(43) 煙火薬着火エネルギー測定装置	

貸与対象の研究施設・設備の詳細は研究所ホームページで紹介している

(<https://www.jniosh.johas.go.jp/announce/guidance.html#rental>)

4. 図書室蔵書数

区 分		清瀬地区	登戸地区	合 計
単行本 ()内は令和元年度受入 数(内数)	和書	19,249冊 (109冊)	8,293冊 (252冊)	27,542冊 (361冊)
	洋書	3,595冊 (11冊)	4,868冊 (41冊)	8,463冊 (52冊)
	(計)	22,844冊 (120冊)	13,161冊 (293冊)	36,005冊 (413冊)
製本雑誌(うち令和元年度分)		23,208冊 (250冊)	21,543冊 (68冊)	44,751冊 (318冊)
購入雑誌	和雑誌	50誌	2誌	52誌
	洋雑誌	52誌	19誌	71誌
	(計)	102誌	21誌	123誌
寄贈交換誌	和雑誌	185誌	195誌	380誌
	洋雑誌	1誌	40誌	41誌
	(計)	186誌	235誌	421誌

研究所の各種研究業務を支援するため両地区に図書室を設置している。

VI. 独立行政法人評価に関する有識者会議による評価(抄)

令和元年7月、独立行政法人評価に関する有識者会議第33回労働WGにおいて、平成30年度における機構の業務実績の評価が行われた。

機構全体の評定としては、おおむね中期計画における所期の目標を達成していると認められた。

研究所に関わる評定は次の通りである。

統合による効果を最大限に発揮するための研究の推進については次の理由等によってAとされた。

労働安全衛生総合研究所と労災病院が一体となって、労働災害防止、職業性疾病の早期発見、治療、職場復帰支援等の研究を実施する体制の構築という国内初のチャレンジな取組について、引き続き尽力し、工程表に沿って研究を行っている。

平成30年度は、高分子ポリマー取扱者の適切な健康管理の確立について、研究所と労災病院に加え、日本バイオアッセイ研究センター（以下「バイオ」という。）も含めた3者が研究班会議を定期的に行うことで互いの研究成果を共有し、それぞれの研究に活かすことで、さらなる相乗効果を発揮している。せき損等（職業性外傷）では、東京、埼玉及び愛知の産保センターと連携を図り、日本医師会認定産業医制度研修会で本研究成果等に基づく研修を行い、労働災害防止に関する知見を提供することで産業医の育成にも貢献し、研究内容を活かした産業医活動を展開していることが認められる。

また、研究を円滑に進めるため、各分野において研究者会議の開催や、研究内容の相互理解を深めることを目的に開催している調査・研究発表会では、研究所、労災病院及びバイオの研究者に加え、産保センター職員が新たに参加し、意見交換を行うなど、さらなる相乗効果の発揮に向けた取組を行っている。

目標の達成に加え、より高度な相乗効果を発揮する体制を構築した上で、労働者健康安全機構が一体となって迅速に対応し研究が開始できたことは、中期目標策定時より、より高い水準の相乗効果が発揮されたと考えられる。

労働災害調査事業については次の事項などが評価されてAとされた。

厚生労働省からの依頼に基づく労働災害の原因の調査については、労働災害調査分析センターの下で調整を行い、迅速かつ適切に実施している。

実施体制については、あらゆる事案に対応できるよう、建設分野、機械分野、化学分野等の複数の専門家によるチームを編成し、研究所がもつ高度な科学的知見が必要とされる災害調査等を実施している。

平成30年度は、機構が行った災害調査結果により、高純度結晶性シリカの微小粒子を取り扱う事業場において、数年でじん肺を発症させることが判明した。これを受け、高純度結晶性シリカを取り扱っている可能性のある事業場や業界団体に対し、発散抑制措置や防護性の高いマスクの着用、健康診断実施等の指導・要請が速やかに行われる契機となった。

また、同年度においては、「フッ化水素回収ライン修理中に発生した爆発災害」、「医薬品原薬製造工場における遠心分離機の爆発災害」等の8件の災害調査報告書を研究所のホームページにおいて公表している。

加えて、災害調査、鑑定等の報告書が、労働基準監督署等において、当該報告書が捜査等において「非常に役立った」「ある程度役立った」とする割合は100%であった。労働基準監督署、警察署等の捜査機関からの依頼に基づき平成30年度に開始した鑑定等は17件（うち11件報告済）、労働基準監督署等からの依頼による石綿繊維の有無等の労災保険給付に係る鑑別、鑑定等は5件（全件報告済）、行政機関からの依頼による調査は2件（全件報告済）であった。

平成30年度業務実績報告書 労働者健康安全機構 評価項目(抄)

事項	評価項目	平成30年度 (主務大臣評価)	重要度	難易度
国民に対して提供するサービス	統合による効果を最大限に発揮するための研究の推進	A	高	高

事項	評価項目	平成 30 年度 (主務大臣評価)	重要度	難易度
その他の業務の 質の向上に関する 事項	労働者の健康・安全に係る重点的な研究 の実施	B	高	—
	労働災害調査事業	A	—	—
総合評定	—	B	—	—

資料編

I. 調査研究業務等の実施に関する資料

1. 研究課題一覧

表 1-1 協働研究課題 (3 課題)

研究課題
(1) せき損等の職業性外傷の予防と生活支援に関する協働研究
(2) 架橋型アクリル酸系水溶性ポリマーエアロゾルのばく露評価法の開発
(3) 高純度結晶性シリカにばく露して発症した呼吸器疾病に関する労働衛生学的研究

表 1-2 プロジェクト研究課題(15 課題)

研究課題
(1) 数値解析を活用した破損事故解析の高度化[H28～R1]
(2) 山岳及びシールドトンネル建設工事中の労働災害防止に関する研究[H28～R1]
(3) テールゲートリフターからの転落防止設備の開発と検証[H28～R1]
(4) 大規模生産システムへの適用を目的とした高機能安全装置の開発に関する研究[H29～R2]
(5) 建築物の解体工事における躯体の不安定性に起因する災害防止に関する研究[H30～R3]
(6) トラブル対処作業における爆発・火災の予測及び防止に関する研究[H30～R3]
(7) 化学物質リスクアセスメント等実施支援策に関する研究[H30～R3]
(8) 帯電防止技術の高度化による静電気着火危険性低減に関する研究[R1～R4]
(9) 化学物質のばく露評価への個人ばく露測定の利用に関する研究[H28～R1]
(10) 医療施設における非電離放射線ばく露の調査研究[H29～R1]
(11) 陸上貨物運送従事者の勤務体制と疲労リスク管理に関する研究[H30～R2]
(12) 介護者における労働生活の質の評価とその向上に関する研究[H30～R2]
(13) 個別粒子分析法による気中粒子状物質測定の信頼性の向上に関する研究[H30～R2]
(14) 産業化学物質の皮膚透過性評価法の確立とリスク評価への応用に関する研究[R1～R4]
(15) 高齢労働者に対する物理的因子の影響に関する研究[R1～R4]

表 1-3 基盤的研究課題(27 課題)

研究課題
a. リスク管理研究センター
(1) 脚立上での作業行動と転落リスクの関係性評価
(2) 労働災害データベースから災害原因に関する重要情報を自動的に抽出する方法の開発
(3) 建設現場のハザードに関する概念の整理
b. 安全研究領域
(1) 次世代型の昇降・搬送用機械の安全防護の基礎検討
(2) 建築用タワークレーンマストの繰り返し荷重に対する力学的特性に関する研究
(3) 小規模な溝工事で使用する簡易土止めの開発
(4) 長期的にみた建設業の労働災害減少要因の分析と今後の労働災害防止方策の提案
(5) 大型建設機械を対象とした安定設置に必要な地盤要件の検討
(6) 自然地山の掘削勾配と斜面安定性の検討
(7) 静電気着火リスク分析手法の確立
c. 健康研究領域
(1) 芳香族アミン類の生体影響と活性化経路の解明
(2) 吸入性粒子状物質の生体影響における予備的検討
(3) 産業化学物質の DNA 損傷性スクリーニングに関する研究: γ -H2AX システムの高度化と応用
(4) 芳香族アミン類の経皮吸収についての実験的検討
(5) 産業化学物質による生殖影響評価に関する実験的研究

研究課題	
(6) MOCA ばく露による膀胱がん発症に関する疫学的調査研究	
(7) 時間知覚パフォーマンスを用いた精神的疲労評価法の検討と開発	
(8) 若年労働者の健康リテラシー評価尺度の検討	
d. 労働衛生工学研究領域	
(1) キャピラリー電気泳動及び液体クロマトグラフィー、質量分析法による作業環境測定のための芳香族アミン分析法の開発	
(2) 3軸振動測定に基づいた防振手袋の振動伝達特性の測定と実工具振動に対する振動軽減効果の予測への応用	
(3) 作業環境中の低周波音の特性・影響・認知度に関する基礎的フィールド調査	
(4) 熱中症予防のための WBGT 指数とバイタルデータの基準値の検討	
(5) 作業環境測定用捕集剤および呼吸保護具除毒剤の効果的な利用に向けた研究	
(6) トンネル建設工事における粉じんばく露防止のための濃度測定方法に関する研究	
(7) パッチ型センサによる深部体温推定の妥当性評価	
(8) 熱中症救急搬送データと労災病院のデータを用いた熱中症の分析	
(9) 作業環境中の測定のためのイオン移動度分析装置の開発	

表 1-4 外部研究資金による研究課題(研究員等が研究代表者を務めた 23 課題)

資金の種類	研究課題名	研究代表者	分担・共同研究者※	研究期間	
厚生労働省厚生労働科学研究費補助金	(1) 製造現場における IoT を活用した安全管理システムに関する研究	梅崎 重夫	清水 尚憲, 齋藤 剛, 濱島京子, 北條理恵子, (長岡技術科学大学)	R1~R2	
	(2) 職場における酸欠リスクの実態把握と酸欠災害の防止対策についての研究	齊藤 宏之	板垣 晴彦, 萩原 正義, 中村 憲司	H30~R1	
労災疾病臨床研究補助金事業	(1) 過重労働を背景とする事故関連事例の分析	梅崎 重夫	平岡 伸隆	H30~R1	
文部科学省科学研究費補助金	基盤研究(B)一般	(1) 労働者の体力と座位行動に着目した疫学研究:職域コホート研究創立と介入策確立	松尾 知明	蘇 リナ, 田中喜代次(筑波大学), 甲斐裕子(明治安田厚生事業団体力医学研究所)	R1~R5
		(2) 「職場を健康増進の拠点」とするための労働体力科学研究	松尾 知明	田中 喜代次(筑波大学), 蘇 リナ	H28~R1
		(3) 毛髪および爪の試料を利用した慢性ストレス指標の確立:妥当性の検証	井澤 修平 三木 圭一	野村 収作(長岡技術科学大学), 菅谷 渚(横浜市立大学), 小川奈美子(文教大学)	H29~R1
	基盤研究(C)一般	(1) 化学物質による事故・災害防止のための教育・訓練支援システム開発に関する学際的研究	島田 行恭	高橋 明子	H29~R1
		(2) 余震による木造建築物の倒壊危険性に屋根の重量が及ぼす影響に関する研究	高梨 成次	大幢 勝利, 高橋 弘樹	H29~R1
		(3) 強度と勾配を統制した磁場条件による造骨細胞系への影響評価	山口さち子	赤羽 学(奈良県立医科大学)	R1~R3
		(4) 精神作業による心血管系負担を軽減するための休息の仕方に関する生理心理学的検討	劉 欣欣	岩切 一幸, 外山 みどり	H29~R1
		(5) 医療従事者の曝露後サーベイランスツール開発と労務管理支援手法に関する研究	吉川 徹	木戸内 清(名古屋市), 網中 眞由美(日本看護大学校), 佐野 友美(大原労研)	H29~R1

資金の種類	研究課題名	研究代表者	分担・共同研究者※	研究期間
	する研究), 竹内由利子(大原労研), 細見由美子(国際安全センター日本事務局)	
	(6) 夜勤時間制限と休日配置が看護師の安全, 健康, 生活の質に及ぼす影響の検討	松元 俊		H29～R1
	(7) 人の振動感受方向依存性と伝達位相遅れ特性を応用した乗り心地快適性の向上	柴田 延幸		H29～R1
	(8) 化学物質の多様性に応じた雄性生殖毒性試験法の開発	大谷 勝己	小林 健一	H27～R1
若手研究(B)	(1) 高所作業中の身体動揺と認知ギャップによる転落リスク評価	菅間 敦		H29～R1
	(2) 静電気災害防止を目的とした噴霧帯電の基礎的特性に関する研究	遠藤 雄大		H30～R2
	(3) 労働者の疲労は悪なのか? - 疲労の多様性, 多義性の検討とセルフケアツールの開発	久保 智英	城 憲秀(中部大学), 劉欣欣	H27～R1
	(4) 薬物代謝酵素 CYP2E1 による産業化学物質毒性評価システムの確立	柳場 由絵		H29～R1
	(5) 日勤労働者の勤務間インターバルの規則性: その実態と問題の把握, および対応策の検討	池田 大樹		H29～R1
研究活動スタート支援	(1) 夜勤によるパフォーマンス低下と自己評価に関する研究	西村 悠貴		R1～R2
政府受託(NEDO)	(1) 労働環境におけるドローンの対人衝突安全性の検討	岡部 康平	玉手聡, 清水尚憲, 堀智仁, 山口篤志	H30～R1
政府受託	(2) 地方公務員の過労死等に係る公務災害認定事業に関する調査研究事業その3	吉川 徹	佐々木毅, 久保智英, 松元俊, 高橋正也, 山内貴史(東京慈恵会医科大学), 高田琢弘(東海学園大学)	R1
政府受託(日本医療研究開発機構)	(3) ロボット介護機器開発・標準化のための安全評価基準	池田 博康	齋藤剛, 岡部康平, 岩切一幸	H30～R1

※連携研究者は含めない

表 1-5 外部研究資金による研究課題(研究員等が分担研究者あるいは共同研究者を務めるもの7課題)

資金の種類	研究課題	研究代表者	分担・共同研究者	研究期間
厚生労働省 厚生労働科学 研究費補助金	(1) オルト-トルイジン等芳香族アミンによる膀胱がんの原因解明と予防に係る包括的研究	武林 亨 (慶應義塾大学)	鱈渕英機(大阪市立大学), 祖父江友孝(大阪大学), 中野真規子(慶應義塾大学) 甲田 茂樹, 王 瑞生, 柳場 由絵, 豊岡達士, 小林 健一, 小野 真理子, 須田 恵	H29～R1

資金の種類	研究課題	研究代表者	分担・共同研究者	研究期間	
労災疾病臨床研究補助金事業	(1) 事務所衛生基準規則に関する研究 — 妥当性と国際基準との調和	武藤 剛 (北里大学)	花里真道(千葉大学), 橋本晴夫(東京工業大学), 中村裕之(金沢大学), 松平 浩(東京大学), 横山和仁, 遠藤源樹(順天堂大学), 齊藤宏之	R1~R3	
文部科学省科学研究費補助金	基盤研究(B)一般	(1) 働く人々の幸福感・肯定感情の免疫・遺伝子発現機序の解明と産業保健現場での応用	中田 光紀 (国際医療福祉大学)	永田智久(産業医科大学), 内田由紀子(京都大学), 島津明人(慶應義塾大学), 阿久津 聡(一橋大学), 井澤 修平	R1~R3
	基盤研究(C)一般	(1) 医療被曝と脳腫瘍 MOBI-Kids Study における国際比較	小島原典子 (東京女子医科大学)	山口さち子	H30~R2
		(2) 環境因子が運動時の持久性能力と体温調節に及ぼす影響: 日射量と気流の複合的作用	大谷 秀憲 (姫路獨協大学)	後藤平太(九州共立大学), 時澤 健	R1~R3
		(3) 健康維持増進と知的生産活動向上に寄与する室内空気環境の解明	中山 誠健 (千葉大学)	中岡宏子, 戸高恵美子, 森千里, 鈴木 規道(千葉大学), 高谷一成	R1~R3
挑戦的萌芽研究	(1) 星間分子の光異性化と化学組成への影響: 低温イオンモビリティ実験	中野 裕司 (立教大学)	植田寛和(立教大学), 高谷 一成	H30~R1	

2. 協働研究成果概要

(1) せき損等の職業性外傷の予防と生活支援に関する総合的研究【4年計画の1年目】

高木 元也(建設安全研究 G), 北條理恵子(機械システム安全研究 G), 齋藤 剛(同), 岡部 康平(同), 小山 秀紀(同), 池田 博康(電気安全研究 G), 梅崎 重夫(所長), 三上 容司(横浜労災病院), 岡崎 裕司(関東労災病院), 古澤 一成(吉備高原医療リハビリテーションセンター), 谷本 義雄(同), 武田 正則(同), 山田 義範(同), 井口 浩一(埼玉医科大学総合医療センター), 石井 桂輔(帝京大学医学部付属病院)

【研究期間】 令和元～令和4年度

【実行予算】 10,298 千円 (令和元年度)

【研究概要】

(1) 背景

厚生労働省第13次労働災害防止計画(2018～2022年度)では、疾病を抱える労働者の健康確保対策の推進が重点事項に掲げられている。その中では、脊髄損傷を負った労働者等の職場復帰支援のため、労災病院等において、職場復帰を見据えた入院時からの医療機関の継続的な支援方法等に関する研究を推進すること、職場で職務に適應できるためのリハビリテーション技術及び機器の開発を推進することが掲げられている。これまで職業性外傷の予防に関わる研究は、労働災害の未然防止を主に行われてきたが、それに加えて、現状の労働災害の実態を踏まえ、医療データの活用により、重症度の低減という新たな視点での研究が求められている。

一方、日本では毎年5,000人近くの脊髄損傷者が発生している。脊髄損傷による麻痺、疼痛等は完治が困難な場合もあり、脊髄損傷者の社会復帰には本人はもとより介護者にとっても大きな負担となっている。近年では、このような脊髄損傷等の対象者に、リハビリテーション治療を目的とした歩行支援機器(Powered exoskeletonとも呼ばれる)が、国内の臨床現場でも活用され始めている。これまでの臨床報告によれば、歩行支援機器は脊髄損傷者の歩行再建に有用となる可能性が示されており、様々な機種での成果が報告されている。しかしながら、歩行中の不安定性や転倒、皮膚トラブルなどのリスクが報告されており、一定の講習と実施訓練を受けた同伴者を配置することが求められている。このように安全の一部が人的支援に依存しているにもかかわらず、介助者のサポートを前提とする安全性に関するガイドラインは存在せず、標準化も進んでいないのが現状である。歩行支援機器の中には、病院外での利用を想定した個人用も実在することを踏まえると、介助者を含めた利用者を保護するための諸要件について検討し、機器の更なる改善や、安全対策に繋げることが必要と考えられる。また、歩行支援機器は、

海外製のものが多く、日本人の身長や体形を考慮すると実際の使用に際しては不具合が生じる部分が想定され、日本人の身体的特徴に見合った仕様・設計が将来的に求められると考えられる。

また、歩行支援機器での訓練により、運動量の増加、消化器症状の改善、免疫機能の改善等の歩行訓練以外の報告もあり、前年度までの報告でも認められている。引き続き自立歩行支援以外の医学的所見の変化等も把握する必要があると思われる。

以上のことから、本協働研究においては、以下の3テーマを重点的に研究する。

サブテーマ1:医療データ分析に基づく工学的対策の検討

職業性外傷の医療データの分析を行い、労働災害における受傷機転、受傷部位、受傷程度、障害等を踏まえた受傷程度低減策等を提案する。

サブテーマ2:歩行支援機器使用者及び介助者の安全性及び臨床効果に関する検討

利用者に対する歩行支援以外の身体・精神的な影響の解明及び介助側からの各歩行支援機器に対する安全性の確認手順の提案を行う。

サブテーマ3:せき損等へのリハビリに利用される歩行支援機器の安全性と使用性評価

新たな歩行支援機器を試作することも視野に入れ、現状の歩行支援機器の安全性及び使用性向上の方策の提案を行う。

(2) 目的

せき損等職業性外傷の予防策と生活支援策の推進を図る。そのため、既存の歩行支援機器の安全性と使用性の向上を図るための対策、および新たな支援機器の開発を念頭に日本人にとってより安全かつ使い勝手の良い歩行支援機器の在るべき姿を模索する。

(3) 方法

これまで、当研究所(JNIOOSH)と吉備高原医療リハビリテーションセンター(KRC)では、脊髄損傷患者が使用する支援機器の実態調査を行い、安全上の問題点や臨床的効果を明らかにしてきた経緯がある。これらの蓄積情報も利用しながら、以下の3つのサブテーマ

を設けて、JNIOOSHとKRCの協働研究を推進する。

1) サブテーマ 1: 医療データ分析に基づく工学的対策の検討

運動器外傷データである Rosai Orthopaedic trauma Database for Exploratory Outcome Study (RODEO study) 及び日本外傷学会のデータバンク等、医療データを用いた労働災害における受傷機転、受傷部位、受傷程度、障害等の分析を行う予定である。加えて、医学及び工学に関する有識者から構成される合同の専門家委員会を組織し、受傷程度低減策を両側面から討議したうえで、受傷低減策を提案する。

2) サブテーマ 2: 歩行支援機器の安全性及び臨床効果に関する検討

サブテーマ 1 での分析結果を参照し、せき損の現状とニーズを把握しながら、以下の 2 つに大別して研究を行う。

i) 歩行支援機器の臨床効果の検討: 脊髄損傷者の医学・心理的データを随時採取し、歩行支援機器の短期・長期使用における利用者の身体・精神的影響を調べる。

ii) 歩行支援機器使用者及び介助者の安全性評価の検討: 既存機及び新たに開発の新機種も含めた、歩行支援機器の介助者のための装着・介助手順及び留意事項等を記載したチェックリストを作成し、各機種についてのリストの妥当性検証を行い、介助リストの標準化・ガイドライン化を目指す。上記の 1) と 2) の結果は、随時サブテーマ 3 の改造機種または新規機種の開発に反映させる。

3) テーマ 3: 歩行支援機器モデル構想の提案

これまでに行った、特に ReWalk を対象にした安全上の問題点や臨床的効果の把握の蓄積データを利用しながら、さらなる調査・分析を加え、現状の歩行支援機器の安全性と使用性を向上させる対策を提案する。既存歩行支援機器を対象に安全性と使用性に関する問題点を抽出し、機器側の安全性と人を含めた協調安全システムの安全性の観点で方策を検討する。この段階では、リハビリ現場での歩行支援機器使用の分析から得られる安全性に関するチェックリストの内容を反映するとともに、サブテーマ 2 の分析結果をもとに、新たな歩行支援機器を試作することも視野に入れ、歩行支援機器のモデル(プロトタイプ)を試作し、これを利用して同様の実験的評価を試みる。試作については、外部公募による企画競争入札方式で実施する。試作した歩行支援機器プロトタイプの有効性評価を評価委員会により実施し、安全性と使用性を両立する歩行支援機器の機能や仕様標準を提案する。なお、既存機器の改造が困難な場合は新たな歩行支援機器を試作することも

視野に入れる。

(4) 研究の特色・独創性

これまでの安全研究は、「事故の型」と「起因物」に着目した研究が基本であり、「障害」に着目した研究は少ない。また、労働災害の未然防止だけでなく、受傷程度低減や被災した労働者の治療から、退院後の生活支援まで考慮した研究報告は不足している。リハビリテーション科医や理学療法士などの医学に関わる専門家と、安全に関わる専門家が連携し、脊髄損傷者を対象とした歩行支援機器について研究する点は、両施設の共同でしか実現できないものである。また、歩行支援機器を装着する患者だけではなく、介助者の安全性について考慮した臨床調査や安全チェックリストの作成は、従来の臨床研究とは異なるものであり、介助者を含めた利用者の安全性という新たな視点を提供する。さらに、当研究所が保有する機能安全等の安全技術や、本研究を通して得られた調査結果を機器の仕様検討に活かすことは、使用性を損なわず安全性を考慮した新たな機器設計に寄与することが期待できる。

【研究成果】

(1) サブテーマ1: 医療データ分析に基づく工学的対策の検討

本サブテーマで利用する 2 つのデータバンクは、外傷患者に関わるデータの収集、収集データの解析、解析したデータを医療現場にフィードバックし、外傷診療の質の向上につなげることを目的に作成されたものである。厚生労働省の統計によると、外傷は 1 才から 24 才までの死因の第一位となっている。このような背景から医療現場にとっては、「外傷診療の質の向上」は非常に重要である。サブテーマ 1 では、これらのデータバンクの中から、職業性のせき損事例に焦点を当て、医学的見地とは異なる工学的視点からのデータ解析を試みる。本年度は、データの収集法、解析法、解釈等を、有意義に進めるために医学的にまとめられたデータを工学的に再構築する糸口として、各データベースの内容についての理解を深めた。また、解析に沿う統計手法の的確な選択や解釈等が重要となるため、解析後に医療従事者である専門医師の知見を仰ぐことも重要である。そのため、本年度は、有識者の専門委員会を構成するための委員会構築の準備活動を行った。

主に以下の 2 つのデータベースである、①RODEO Study (運動器外傷データ)、②日本外傷データバンク等の医療データについて内容を予備精査し、本研究で活用する際に必要な情報を獲得した。次に、データ項目の整理及び分析方法の検討を行い、今後始まる調査研究のための基盤づくりを行った。

以下に、データベースに関する予備調査の結果を

述べる。

①RODEO study を解説する。RODEO study とは、日本における四肢長管骨骨折・骨盤骨折の初療から手術、リハビリテーション、社会復帰までの情報を登録し、集計・分析する研究である。本研究の分担者である、横浜労災病院運動器センター所属の三上容司副院長が代表を務める。RODEO study では、収集・分析したデータを活用し、運動器外傷診療の現状把握、その質の向上をはかり、社会に向かってよりよい運動器外傷診療体制の構築への提言を行うことを目的とする。RODEO study は、日本骨折治療学会が中心となって行う Database of Orthopaedic Trauma by JSFR (DOTJ) にも深く関わり、緊密な連携を取りながら研究を進めている。RODEO study には、労災病院の中でも特に外傷を多数取り扱う病院を中心に、多くの施設が参加している。労災病院は労働災害への対応を目的に設立された経緯があることから、長年月にわたる運動器外傷診療の実績がある。特に社会復帰まで視野に入れた運動器外傷レジストリーは国内外を見渡しても類をみないものであり、携帯型端末を利用して患者情報を登録することも RODDEO study の特徴のひとつである。RODDEO study により運動器外傷診療に関する網羅的データを収集・解析することで、様々な着眼点から世界に向けての情報発信がなされることが期待される。運動器外傷における機能再建の重要性、専門性をアピールし、結果として、運動器外傷診療のレベルアップ、運動器外傷患者の早期社会復帰につながる。また、必ずしも効率的に運用されているとは言えないわが国の運動器外傷診療システムの再構築に向けて、重要な手がかりを見出すことも期待される。

サブテーマ1では、RODEO study で収集されたデータを活用して研究を進めていく予定であるが、その基盤づくりのために、分析に必要なデータ項目の調査及び整理を行い、適切な分析のための統計解析手法及び分析結果のまとめ方等の検討を行った。

②日本外傷データバンクは、日本外傷学会が運営するデータベースである。医療機関向けに、AIS が 3 以上の外傷をもつ患者を対象とする。AIS とは、1971 年に米国自動車医学振興協会 (The Association for the Advancement of Automotive Medicine AAAM) から発表された「外傷の種類と解剖学的重症度を表すコード体系」で、現在、最新のものは AIS 90 update 98 となる。AIS コードは 6 桁の整数と 1 桁の小数からなる数値コードで、整数部分は各外傷を定め、小数部分はその外傷

の重症度を表す。例えば、両側大脳に多発性に存在する脳挫傷(表在性で挫傷部周囲の浮腫を含めた大きさが 30ml 以下)の場合、AIS コードは 140622.3 となる。この場合、1 桁目の 1 は頭部損傷区分を、2 桁目の 4 は解剖学上の内蔵構造を、3-4 桁目の 06 は解剖学上の部位もしくは損傷の種類を、5-6 桁目の 22 は損傷状態を表す。重症度は 1~6 の整数で表され、数値が大きくなるにつれ重症度が増す。重症度 6 は現在の医療では救命することができない、脳幹離断、断頭、肝血管系完全分離等の限られた外傷に割り当てられており、単に救命できなかったという理由のみで 6 となることはない。外傷患者の解剖学的重症度の指標である injury severity score (ISS) は、AIS を用いて算出する。したがって、正しく ISS を算出するためには、正しい AIS コードの選択が重要であり、コード選択の規則を正しく理解していなければならない。AIS 手引書には外傷を 9 つの身体区分に分けて記載しているが、その身体区分と ISS の 6 部位は必ずしも一致しないので注意する必要がある。データバンクへの参加にあたっては、外傷事例の登録が通常であり、手続きに関しては、施設単位での日本外傷学会への登録と日本外傷データバンク参加申請書の提出等の手続きが必要である。

(2) サブテーマ2: 歩行支援機器の安全性及び臨床効果に関する検討

①目的

臨床場面において、歩行支援機器を利用する際の安全上の問題点や使用性等を把握するため、歩行支援機器の利用状況について行動観察を行った。さらに、使用者と介助者の動作をまとめ、チェックシートのひな型を作成した。

②方法

吉備高原医療リハビリテーションセンターにおいて、理学療法士 3 名と、腰髄損傷による対麻痺患者(神経学的レベルは L5、上肢の機能は十分にあり、歩行支援機器の操作には習熟している)を対象に実験を行なった。対象の歩行支援機器として、ReWalk™ (Argo Medical Technologies Ltd) と、FreeWalk (FREE Bionics Taiwan Inc.) を用いた。通常の歩行訓練の様子をビデオ録画し、録画映像を動画編集ソフトに取り込み、30 秒間隔で装着者と介助者の行動、姿勢・動作、発話を記述した。

安全チェックシートは、上記録画をもとに、使用者及び介助者 2 名の相互動作に着目して、シートの原型を検討するために作成された。

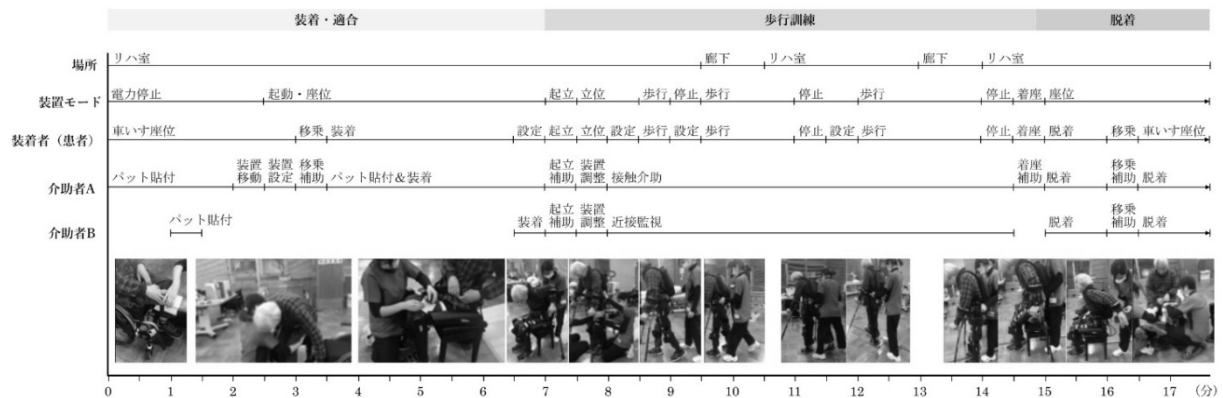


図1 リハビリテーション施設における歩行支援機器を用いた訓練の一例

②結果

1) ReWalk™を用いた歩行訓練

リハビリ室と廊下で行われた、ReWalk™を用いた歩行訓練の大きな流れは以下のとおりである(図1)。a) 車いすから椅子に移乗した装着の大腿と骨盤部に、外骨格の固定具を装着する。b) 腕時計型のワイヤレスリモートコントローラで、装着者が「起立」、「歩行」、「座位」の各モードを選択・変更する。駆動前には音と振動で駆動が開始された。c) 体幹を前方に傾けると、モータのトリガが入り、下肢の振り出しが行われる。d) 両側のロフトランドクラッチ(前腕部支持型杖)を同時に前方へ突いた後に片側の下肢が振り出され、再び両側のクラッチを突いた後に対側の下肢が振り出される。e) 体幹を前傾させることで、自動的に起立と着座が行われる。着座時に、ロフトランドクラッチを体幹より後方に突くため、肩が上がった特有の姿勢となる。

2名の理学療法士のうち、Aは接触介助、Bは近接監視を担当した。介助者Aは、歩行時に訓練の進捗に合わせて、装着者の骨盤フレームを手で掴む、触れる、手を離すことを繰り返した。例えば、訓練の初期には、装着者の体幹が前傾した際に、地面に垂直になるように骨盤フレームを掴んで引き戻し、装着者自身がバランスをコントロールできるようになった段階では、徐々に手を離す等、調整しながら介助を行っていた。訓練初期の段階では、動きに応じて、介助者のつま先が床面を擦る現象が頻繁に見られ、つまずきへの対策が必要と考えられた。また、介助者が手を離れた瞬間に、装着者がバランスを崩し後方に倒れそうになるのを両手で支える場面や、装着者の両側の足が平行となり、介助者が踏みとどまり停止する場面が見られた。さらに、介助者においては、装着者を腹部で押し付けながらの方向転換、車いす-椅子間の移乗補助の際に、低く屈みながら装着者を抱える場面、準備・撤収の際に、前屈姿勢のまま装置が置かれた椅子を擦りながら

移動させる場面も見られ、身体的な負担を軽減する対策を講じる必要性が示唆された。

近接監視は、装着者の転倒等の危険性が生じたときに迅速に補助可能なように、装着者を観察しながら前方あるいは側方から歩く役割であった。装置が度々エラーを起こし、「座位」モードに移行するため、椅子を迅速に用意可能な役割も担っていた。近接監視からは、接触介助者が装着者から手を離れた瞬間はヒヤヒヤするという意見も聞かれた。

外骨格の装脱着は主に介助者Aが行った。装着時は足、下腿、大腿の順にストラップベルトで固定具を固定した。ストラップベルトの留め具(バックル)でも長時間圧迫すれば擦過傷の原因になりうるため、皮膚トラブル防止には留意が必要とのことで、固定具下には軟質パッドを直接貼付し、脱着時に発赤や傷の有無を目視で確認していた。介助者Aは、座位から起立後に再度、ストラップベルトの長さや、ロフトランドクラッチの長さを調整した。これにより、ベルトの固定不足等の装着ミス予防も可能となる。介助者Bは適宜サポートする体制であった。

外骨格の装着は、予め採寸した値に基づき、各部を調整する。はじめに、5種類の骨盤ベルトから患者の骨盤幅に近似のものが選択され、仰臥位での大転子-裂隙(膝関節)、裂隙-外果(足関節)の長さが巻き尺で測定された。

2) FreeWalkを用いた歩行訓練

訓練の内容は、ReWalk™とはほぼ同様であったが、ロフトランドクラッチが交互に利用され、同側の手足が同方向に動くという点がReWalk™とは異なり、ReWalk™に比べて、歩行時の体幹が横に振れる特徴がある。

FreeWalkの訓練では、介助者Bが接触介助、介助者Cが近接監視であった。介助者Bは、装置に取り付けられたグリップを握り、歩行の補助を行っていたが、

ReWalk™と同様に、介助時に足つま先を擦る歩行が度々見られた。FreeWalk では、タブレットで、歩行速度や関節角度などの歩行パラメータの設定が行われた。装着者の歩行特性に合わせて、パラメータを適宜調節できる点は利便性が高いといえるが、担当者からは、いくつかの問題点が指摘された。一つは、段階表示の1~7のパラメータ設定には迷いが生じる点である。直感的操作を考慮した設計概念と、関節角度の実測値の入力に慣れている療法士のメンタルモデルとの不一致が、迷いの原因になっていると考えられる。また、最初に訓練現場に導入された機種は ReWalk™であり、設定は実数値を入力するため、機種間のインターフェースの相違が、後発機種の使いこくさに影響した可能性もある。二つ目は、ソフトウェアのバージョンアップ後に角度調整を行うと、歩行速度が微妙に変化するため、歩行介助が思うようにならず、装着者との一体感も得られない、という点である。このようなプログラム変更は取扱説明書には記載がなく、療法士が実際に経験して気づいたものである。歩行パラメータは担当者間で共有する必要もあり、共有や慣れに約一か月を要したとのことであった。ソフトウェアのプログラム変更や、機種間の操作方法の相違は、医療従事者のみならず装着者やその家族まで拡大することを考慮すると、再学習や作業負担の増加につながる事が想定される。そのため、将来的には標準的なユーザインターフェースが必要と考えられる。メーカーからの担当者への利用方法の説明や、分かり易い取扱説明書も必要である。また、装置の使用方法についての施設間での情報共有を図る研究会ができれば、メーカーにとっても有益ではない

かという意見も聞かれた。

その他、外骨格の利用はほぼ初めてである実験者の一人が、FreeWalk を装着したところ、起立や歩行開始の際に恐怖感が生じた。歩行は下肢に対して体幹が前傾し、つま先が浮いた状態であったが、介助者の指導とバランス調整、歩行パラメータの調整によって、徐々に体幹が地面に直角に保持された歩行となった。歩行介助終盤に頭がボーっとする、という意見が介助者よりあった。装着者の歩行が安定してくるにつれて、単調作業が反復し、集中力が低下し、疲弊すると考えられ、バランス消失時のサポート不足、自身のつまずきに繋がる可能性が懸念された。





装置の調整も観察した。介助者は、固定具の位置を調整し、レンチを用いてボルトで固定した。この固定具をストラップベルトで固定する際には、骨盤や胸郭の側面とフレームとの干渉による違和感や痛みについて装着者に確認しながら調整を行っていた。隙間がある場合には、タオルを入れる等の対策で密着させることもあったとのことであった。装置には調節機能や固定具が付与されているが、身体形状により合うように改良が必要と考えられた。

以上の観察研究の結果から、既存の歩行支援機器の安全上の問題点が抽出された。実際のスムーズな使用が介助者の支援行動にかなり依存している様子がかがえた。歩行支援機器を用いた訓練は、装着者に対して理学療法士が2名配置され、接触介助と近接監視が行われていた。介助者を含む利用者の不安定な歩行、心理的・身体的な負担を示唆する行動特性が見いだされ、今後何らかの対策が必要であると思われる。



図2 安全チェックリスト草案(抜粋)

表 1 動力付外骨格型機器の比較表

	ReWalk™ Personal 6.0 ReWalk Robotics (イスラエル)	Indego® Parker Hannifin (米国)	Ekso™ Ekso Bionics (米国)	FREE Walk FREE Bionics (台湾)
				
患者身長	160-190 cm	155-191 cm	152-193 cm	150-190 cm
患者体重	100 kg 以下	113 kg 以下	100 kg 以下	100 kg 以下
適応	SCI only: T4-T6 in clinic; T7-L5 in home	SCI only: T4-L5 in clinic; T7-L5 in home	SCI levels: C7-L5; CVA Clinic use only	SCI levels: T4以下
対象動作	歩行, 起立, 着座, 階段昇降	歩行, 起立, 着座	歩行, 起立, 着座	歩行, 起立, 着座, スロープ
装置重量	25 kg	11.3 kg	25 kg	20 kg
支持部位	骨盤, 大腿, 下腿	骨盤, 大腿, 下腿	骨盤, 大腿, 下腿	骨盤, 大腿, 下腿
駆動軸	A: 股・膝関節, P: 足関節	A: 股・膝関節, P: 足関節	A: 股・膝関節, P: 足関節	A: 股・膝関節, P: 足関節
駆動トリガ	傾斜角	加速度, 重心位置	加速度, 足底圧	傾斜角
立位自律制御	無: ロフストランドクラッチ	無: ロフストランドクラッチ	無: ロフストランドクラッチ	無: ロフストランドクラッチ
価格	\$ 95,000 (約600-1000万)	\$ 98,000 (約1000万)	家庭用利用不可	約400-500万
URL	https://rewalk.com	http://indego.com	http://eksobionics.com	http://www.freebionics.com.tw

略語: SCI: Spinal Cord Injury (脊髄損傷), CVA: Cerebrovascular Accident (脳血管障害), 駆動軸A: Active (能動), P: Passive (受動)

さらに、機器の適合方法や、ユーザインタフェースなどについては、改善の余地が残されていることが分かった。今後、症例数を増加し、利用者の習熟度や機種種の相違による歩行支援機器の安全性・使用性について更に調べ、安全チェックリスト(図 2)の作成を進める予定である。

(3)サブテーマ3:歩行支援機器モデル構想の提案

①目的

脊髄損傷者を対象とした歩行支援機器の現状を把握するため、現行機器の特性と、そのリスクについて文献調査を行った。また、歩行支援機器が機器として具備すべき安全上の要件を整理するため、リスクアセスメントを行い、各危険源のリスクの大きさをランク付けして重要危険源を確認し、リスク低減方策について検討した。

②方法

WEB および症例報告を含む学術論文を検索し、現行機器を調査し、仕様比較表を作成した。また、オンラインの臨床試験登録データベース(ClinicalTrials.gov)、医療機器不具合データベース(Manufacturer and User Facility Device Experience : MAUDE)より、これまで報告されている外骨格型歩行支援機器の有害事象ならびに、リスクと緩和措置について確認、整理した。

リスクアセスメントについては、機械類の安全規格 JIS B 9700¹⁾を踏襲し、重要危険源リストは JIS B 8445²⁾を参照した。リスク分析の方法として、ロボット介護機器の開発者が安全仕様を決定するための事前評価手段として開発されたリスクアセスメントひな形シート³⁾を利用した。

④結果

1)脊髄損傷者を対象とした歩行支援機器

代表的な歩行支援機器の概要を表 1 に示す。ReWalk™(Argo Medical Technologies Ltd., イスラエル)、Indego®(Parker Hannifin Corp., 米国)、Ekso™(Ekso Bionics Holdings, Inc., 米国)は、米国食品医薬品局(Food and Drug Administration: FDA)の医療機器認証を取得した商用外骨格である。いずれも歩行を補助するものであるが、起立や着座、階段昇降が可能なものもある。外骨格デザインは、骨盤帯付長下肢装具に類似した外側系構造にセンサ、アクチュエータが取り付けられており、両側股関節と膝関節に屈曲/伸展の能動的な自由度がある。一方、足関節部の自由度はバネ要素を取り入れた受動的なものとなる。駆動トリガには、傾斜角や重心位置、足底圧が用いられている。自律して立位を保持する機能はないため、装着者自身がロフストランドクラッチや歩行器によって部分的に体重を支え、バランスを維持する必要がある。制御方式は、例えば、ReWalk™では、装着者の動きを検知し、閉ループ制御アルゴリズムにより、外部から歩行を制御する。「歩行」モードでは、下肢に対する体幹・骨盤の前傾をトリガとして、モータが駆動し、下肢の振り出しが誘発される。

各機種は、転倒リスクを軽減するためにそれぞれ独自の対策を講じている。Indego®は、前方・後方・側方への能動的な転倒検出・軽減機能を備えた唯一の機種であり、怪我のリスクを最小限に抑えるという。安全機能については、ReWalk™は、障害物に下肢が接触した場合や、駆動閾値よりも過剰なトルクが発生した場合に、

対象機器名称	型式	基本仕様
	外骨格型歩行支援機器	機器タイプ：脚部に装着することにより、股関節および膝関節の動作をアクティブに補助して歩行動作を支援する機器
		外寸：500W × 350D × 900H (バックパック除く) 質量：8 kg
		駆動源：DC24Vリチウムバッテリー5Ah
		機構：股関節屈伸、膝関節屈伸 (足首はフリー)
		アクチュエータ：DCサーボモータ(40W)×4によるベルトドライブ (外骨格内に内蔵) モータ駆動方式：PWM制御
		想定する装着者：手摺等に掴まって立ち上がり自立歩行が可能な要介助者 (対麻痺患者で歩行リハビリ実施可能な人)、身長140～180cm、体重100kg以下
		アシスト能力：股関節30Nm, 90deg, 膝関節20Nm, 90 deg.
		アシストモード：立ち座り、立位、歩行、マニュアル (各モードはリモコンで切替)
		制御方式：力制御モード、ハイブリット制御モード
		装着方法：バック付ベルト (腰部、大腿部、膝下、足首、足甲)、制御部とバッテリー入りバックパック 監視機能：トルクセンサ+エンコーダによる関節角度とトルク監視 (股、膝)、エンコーダによる関節角度監視 (足首)、接触センサによる足裏接地確認、各機能の機能時は動作停止

図3 リスクアセスメントひな形シートを利用した外骨格型歩行支援機器の仕様

音と振動で報知し、下肢が立位の位置に戻る。万が一、電力が停止し、転倒が避けられない場合には、自重がモータ内のロータを回転させて、外骨格の股・膝関節がゆっくりと折り曲がり、座位の位置に移行する。しかし、その際、座るための椅子が装着者のすぐ後ろにあることが前提となる。椅子がない場合には、倒れることになり、安全とは言えない場面も想定される。Indego®とEkso™については、電力が停止した際に、膝関節をロックし、股関節が自由に動く。これは、立位姿勢の場合には、有効な解決策であるが、スイング段階で膝関節がロックした場合はリスクを伴う。使用上の注意として、訓練を受けた同伴者が常に装着者のそばに立ち、監督するという点は共通しているが、同伴者の要件が機種間で異なる。ReWalk™とIndego®は、訓練を受けた者に監督権を与えるための訓練プログラムと証明書を提供するが、Ekso™では、リハビリテーション施設で訓練を受けた理学療法士のみが監督できる。

その他、FreeWalk (FREE Bionics Taiwan Inc., 台湾) は、ReWalk™とほぼ同様の外側系構造であるが、自分の靴を履いて利用することができ、受動的で柔軟な足関節を有している。股関節が90°開閉するため、車いすからの移乗が容易である。リモートコントローラは、ロフトランドクラッチのグリップに内蔵されており、ボタン操作で、モード切り替え、運動開始を行う。胸部、骨盤、下肢に固定具を備えており、身体の各部位との接触による擦過傷や褥瘡の予防に配慮されている。

2) 歩行支援機器のリスク

MAUDE や、いくつかの症例報告によれば、歩行支援機器のリスクとして、装置の不具合、皮膚トラブル、骨折に関わる装置の調整不足、転倒、痙縮、血圧異常、靴のサイズの間違いに関わるユーザーの報告があった。また、FDA は、ReWalk™の市販前申請の際に、9つの健康リスク(不安定性・転倒、皮膚トラブル、血圧異常、有害な生体組織反応、バッテリー故障、他の電気機器/装置との干渉、火傷や感電、装置の不具合、ユーザー)を特定し、その緩和措置を挙げてい

る³⁾。Heら⁴⁾は、同様のリスクはReWalk™と実質的に同等の外骨格にも当てはまる可能性が高いとし、FDAによるリスクに、骨折と長期間の二次的影響を追加している。

3) リスクアセスメント

機器は新規に設計するという想定で、図3に示す外観と基本仕様を有するとした。初期分析結果で特に高リスクとなった危険源に対して、リスク低減方策とその低減効果の再評価したところ、アシスト量の誤入力、誤操作による不適切な動作(モード無視)、バッテリー低下による急停止、足底の引っかかり(不安定な歩行)の4点については、依然として要リスク低減レベルであり、工学的な保護方策は本質的安全設計(適用順位 1)か暴露頻度低減(適用順位 2)を適用しない限り、これ以上の低減が難しい。一般的に、これらの方策を合理的なコストで準備することは困難であり、結果的に機器使用段階での使用者側によるリスク低減に頼るしかない。そのため、装着者自身による危害回避行動(杖や手摺の利用を含む)や、場合によっては介助者の付き添いによる補助行為が求められることになる。

以上のリスクアセスメント結果から、外骨格型歩行支援機器の開発者は重要危険源に対する工学的保護方策の採用を指向しつつも、機器使用時の人に依存する方策との包括的なリスク低減を考慮した設計(例えば機器使用性を損なわない構造・機能設計)が必要となることが明らかとなった。今後、リスクアセスメントの実施を通して機器の改善や新規設計を進める予定である。

【参考文献】

- 1) JIS B 9700, 機械類の安全性-設計のための一般原則-リスクアセスメント及びリスク低減. 2013; 日本規格協会.
- 2) JIS B 8455, ロボット及びロボティックデバイス-生活支援ロボットの安全要求事項. 2016; 日本規格協会.
- 3) 池田博康, 他. ロボット介護機器開発のための安全ハンドブック-リスクアセスメントひな形シート. 2018;

- AMED ロボット介護機器開発・導入促進事業基準策
定評価コンソーシアム.
- 4) Food and Drug Administration. Evaluation of automatic
class III designation (De Novo) for Argo Rewalk™.
2014.
[https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf13/DEN
130034.pdf](https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/pdf13/DEN130034.pdf).
- 5) He Y, Eguren D, Luu TP, Contreras-Vidal JL. Risk
management and regulations for lower limb medical
exoskeletons: a review. *Med Devices (Auckl)*. 2017;
10: 89-107.

(2) 高純度結晶性シリカにばく露して発症した呼吸器疾病に関する労働衛生学的研究【4年計画の1年目】

甲田茂樹(所長代理), 鷹屋光俊(作業環境研究 G), 山田 丸(同), 中村憲司(同), 篠原也寸志(同), 王瑞生(産業毒性研究 G), 小林健一(同), 柳場由絵(同), 豊岡達士(同), 西村泰光(川崎医科大学), 加藤勝也(同), 岸本卓巳(岡山労災病院), 三浦元彦(東北労災病院), 岡本賢三(北海道中央労災病院)

【研究期間】令和元～4年度

【実行予算】277 千円 (令和元年度)

【研究概要】

(1) 背景

この協働研究は令和元年度から開始する。

岐阜労働局からの災害調査要請をきっかけに平成29年6月に「高純度結晶性シリカの微小粒子を取り扱う事業場における健康障害防止対策等の徹底について」が発出された。高純度結晶性シリカ(99.9%以上)の微小粒子(平均粒径 $1\mu\text{m}$ 程度)を製造していた工場で極めて短期間(3～7年程度)でけい肺6名(うち2名は既に死亡)が集団発症した案件である。

(2) 目的

この協働研究の目的は①極めて短期間に発症・進行するけい肺の原因はなにか? ②極めて短期間で発症・進行するけい肺はどのような臨床病像なのか? ③極めて短期間で発症・進行するけい肺を労働現場で予防するためにはどのようにすれば良いのか? ④極めて短期間で発症・進行するけい肺をどのように経過観察していけば良いのか? の四つである。

(3) 方法

具体的な研究内容としては、以下のごとくになる。

1. 災害が発生した事業所、高純度シリカのメーカー及びユーザー事業場からリスクに関する情報と健康障害に関する情報を正確に収集する(R1～3)。

①労働現場においてリスク評価を行う(個人ばく露評

価、作業環境測定、粒度分布の評価、XRD等を含むシリカ純度計測評価と電顕分析による形状の評価等)。

②ばく露する労働者(ミルの点検、清掃等の非定常作業者等も含む)のばく露状況と健康状態の評価(作業内容及びばく露歴の調査、じん肺検診、CT 検査等その他必要と思われる臨床検査)

2. 高純度結晶性シリカがどのような呼吸器疾患を引き起こすのか、発症メカニズムや毒性・生体影響等について医学的に検証する(R2～4)。

③動物を用いた経気道ばく露試験を通じてどのような障害が発症するか確認する(ばく露量や粒子の形状や大きさ等の違いに応じた動物実験を実施する)

④発がん性や免疫応答等への影響を確認する実験

3. 有効な保護具の実証実験(PAPR 等を含めた効果的な呼吸保護具の検証) (R2～3)

1-①と3は作業環境研究 G と必要に応じて保護具のメーカー、2-③と④は産業毒性研究 G、1-②は労災病院の呼吸器内科チームが担当する。上記の研究計画を持って令和元年12月25日に開始に先立つ外部評価を受け、高評価で研究をスタートすることとなった。

(3) 架橋型アクリル酸系水溶性ポリマーエアロゾルのばく露評価法の開発【3年計画の3年目】

—架橋型アクリル酸ポリマーの作業ばく露評価—

小野真理子(作業環境研究 G), 山田 丸(同)韓 書平(同), 鷹屋光俊(同),
萩原正義(同), 中村憲司(同), 高谷一成(同), 甲田茂樹(所長代理)

【研究期間】 平成 29～令和元年度
【実行予算】 3,688 千円(令和元年度)
【研究概要】

(1)背景

平成 28 年度に架橋型アクリル酸系水溶性ポリマー(以下、ポリマー)を取り扱う事業所から職業ばく露による肺疾患について労災申請がなされたため、当研究所では複数回の災害調査を実施した。本ポリマーは粉体であることから、ばく露調査においては過捕集による質量濃度測定を実施したが、空気中に飛散した粒子の粒径分布が不明であること、有害性の機序が不明であることから、測定対象とする粒子径に関する情報が必要である。また、本ポリマーは水溶性であり、空気中の水分で質量や状態が変化することが容易に想像される。今後、管理濃度が定められれば、同様の物質を取り扱う作業場においてばく露測定を実施することになるため、測定法を提案する必要がある。

本研究は当初、2 年(実際は 1 年 4 ヶ月)計画で実施していたが、今回、これまでの事例と異なる別種のポリマーを取り扱う企業の協力が得られたことから、ばく露測定を実施するため研究期間を 1 年延長した。

(2)目的

本研究の目的は次の 3 点である。①ばく露評価に必要な測定法の開発: 肺疾患が主たる障害であることから、対象粒子をレスピラブル粒子(おおそ空気力学径が 4 μm 以下で肺胞まで侵入する可能性が高い粒子)について、適切なばく露評価ができる方法を開発する。質量濃度測定以外の方法や環境測定のみならず個人ばく露測定を視野に入れて検討する。

②ポリマーエアロゾルの飛散状態の把握: エアロゾルの粒子径は、吸入時に粒子が到達する部位に影響するため、ばく露評価のために重要な情報となる。粒径別に粒子を捕集して化学分析することにより質量粒径分布の情報を得る。リアルタイム測定装置を使用して、個数粒径分布の情報を得る。

③前年度までに得られた方法を用いて、ばく露濃度の測定を実施し、ばく露評価およびばく露対策について検討する。

(3)方法

1. ポリマーの炭素分析による測定: ポリマーはその分子量や架橋の程度によるが、ポリマーの質量のおよそ 50%が炭素であることから、ポリマーに含まれる炭素量

から質量を推定する方法を検討した。測定には大気エアロゾルの炭素成分を測定するために広く用いられている熱光学式炭素分析法を用いた。フィルターに捕集した粒子の質量を天秤で測る秤量値と炭素分析により求めた値を比較して、この方法の実用性を現場で確認した。

2. ポリマーエアロゾルの飛散状態の把握: 粒径別に粒子を捕集して、炭素分析によりポリマーを測定し、ポリマーの質量粒径分布を把握した。また、リアルタイムで個数濃度の粒子径の分布を測定できるパーティクルカウンター等の装置を使用して、作業現場において簡便にばく露状況を把握する方法を検討する。

3. 湿度が測定に及ぼす影響: 本ポリマーは吸湿性があるため、作業場所の湿度やポリマーの種類により質量濃度測定時に水分の影響がある。吸湿試料の分析を炭素分析で行う可能性と、湿度の影響が粒子に及ぼす影響を、電子顕微鏡観察により調べた。高湿度下で測定する場合の制限について情報をまとめ、実効性のあるばく露測定法を提案する。

以上の検討を考慮して、実際の作業現場において、ばく露実態を把握した。

(4)研究の特色・独創性

本研究で対象としたポリマーは、一般消費用の化粧品などで使用されており、安全性試験では有害性を認めないものであった。しかしながら、本研究の端緒となった災害事案で、吸入ばく露による影響が国内で初めて明らかになった。気道および肺内での沈着挙動や有害性発現の機序について、当機構のアスベスト疾患研究・研修センターや日本バイオアッセイ研究センターにおいて研究を進めている。我々の研究の成果は厚生労働行政に資するばかりでなく、それらの研究に対してもばく露濃度に関する情報を提供する。

【研究内容・成果】

今年度は過去の測定例と異なるタイプのポリマーを取り扱う事業場の包装場で 2019 年 7 月に現場測定を行った。個人ばく露測定を、包装作業を行う 2 名の作業員について、NWPS-254 サンプラー(柴田科学製)を用いてガラス繊維フィルター(TX40HI20WW, Pall)上に 2.5 L/min でレスピラブル粒子の捕集を行った。捕集したフィルターは研究室に持ち帰って秤量し、8 時間の時間加重平均値 8h-TWA を算出した。

リアルタイム測定にはポータブル型の OPC(光散乱

式パーティクルカウンター、TSI 製)を使用した。また、ポリカーボネートフィルターを使用して SEM 観察用の試料を捕集して顕微鏡観察を行った。

結果 1. 現場調査: 包装作業を担当する2名の作業者の個人ばく露測定を実施した。この作業では、これまで測定を実施した事業場とは異なる種類のアクリル酸ポリマーの包装作業を実施していた。作業時間の2時間に渡って粒子を捕集した。捕集後、フィルターを秤量し、作業者のレスピラブル粒子へのばく露濃度を求めた(表1)。表1のc列の粒子濃度の値は捕集した約2時間の平均値である。個人ばく露測定の結果は8h-TWAで評価するが、d列の値は捕集した時間以外は作業がなく、ばく露濃度を0と仮定してレスピラブル粒子濃度の8h-TWAを計算した値である。同様の作業が午後も続き同程度のばく露が継続すると仮定すると、8h-TWAは表2のc列の値に近い数値となる。この作業で取り扱っていたポリマーは実際には、秤量中も吸湿により質量が増えたため、秤量が難しかった。捕集翌日の秤量値のみを使用した。

作業が行われている時間帯に、研究員が OPC を持って作業近傍を歩きながら測定した粒子の個数濃度の時間変化を図1にまとめた。作業員 A、B ともに一つの袋を処理するのに要する時間は 1~1.5 分程度であった。OPC 測定では 2.0 μm より大きい粒子のピークの繰り返しが 1~1.5 分の間隔で認められたことから、作業に伴って 2.0 μm 以上の粒子が発生していたことが分かる。微小粒子ではピークが観察されず、発生量が少ないと考えられる。通常、一般環境中にはサブミクロン粒子が浮遊しているため、図中の「外気」や「作業後」でも一定濃度の粒子が観察されることを確認した。袋の口閉じ作業を担当する作業員の背中側から作業側に向かってエアコンの空気が吹き出していたため、粒子が作業員上方にある局所排気に吸引されずに流れていく様子が、目視により観察できた。

図2には湿度20%のデシケーターで保管していた

a	b	c	d
作業員	捕集時間 (h:m)	レスピラブル 質量濃度 R (mg/m ³)	8h-TWA (mg/m ³)
A	1:55	0.36	0.087
B	1:59	0.32	0.082

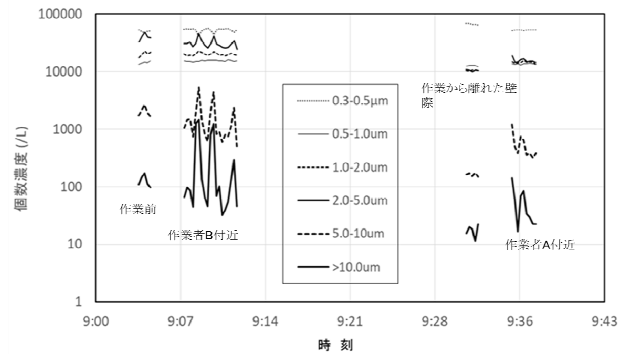


図1 個数濃度の時間変化(休憩後~作業終了)

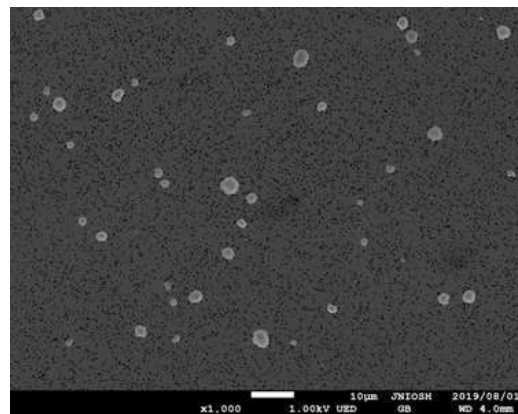


図2 フィルターに捕集した試料をデシケーターで保存した試料の SEM 観察像(x1000)

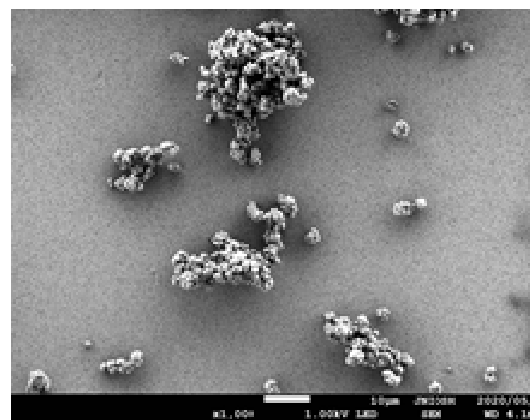


図3 模擬発生試料の SEM 観察像(x 1000)

現場試料の表面を Pt で前処理してすぐに SEM で観察したものである。粒子は吸湿のためか、丸くなっているのが観察される。製品粉体を容器に入れて、実験室の空气中で1分間攪拌して捕集した試料では図3のような状態であり、短時間の吸湿では粒子形状を保っていたが、湿度により状態が変わることが観察された。元のポリマーの性質により、吸湿後の形状変化は大きく異なる可能性がある。なお、この二つの図の試料はサンプリング法が異なるため、粒径が違う。

表2 炭素分析のプロトコル

		オープンガス	オープン温度(°C)
有機性	OC1	He	120
炭素 (OC)	OC2	He	250
	OC3	He	400
	OC4	He	550
	OC4	He	550
元素状	EC1	O ₂ 2%/He	550
炭素 (EC)	EC2	O ₂ 2%/He	750
	EC3	O ₂ 2%/He	920
	EC3	O ₂ 2%/He	920

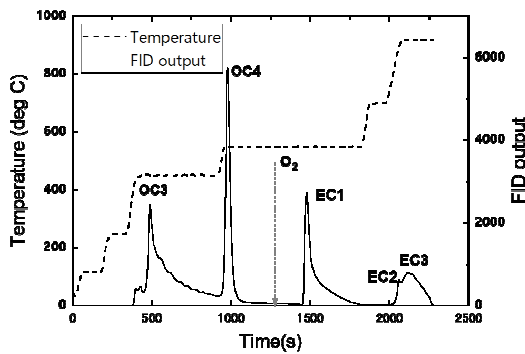


図4 B 事業場で取り扱っていたポリマーの炭素分析のサーモグラム。横軸は測定時間。この試料では、左から OC3, OC4, EC1, EC2 が観察された。

2.炭素分析: 本測定の事業場では、これまでに測定した事業場とは異なるタイプのポリマーを使用していたため、炭素分析で測定が可能か、確認を行った。分析の条件は表 2 に、測定した炭素分析サーモグラムを図 4 に示す。炭素分析の概要は次のとおりである。熱光学炭素分析装置である Sunset Laboratory 製のカーボンエアロゾルモニターを使用して表 2 のプロトコルで粒子中の炭素を定量した。アクリル酸系ポリマーはこの条件で分析すると OC3、OC4、EC1、EC2、EC3 に炭素の

ピークが認められることをこれまでの研究で示したが、今回のポリマーについても、既報の結果と同様に、OC3、OC4、EC1、EC2、EC3 に炭素のピークが観察され、この炭素量の総和はポリマーの質量とおおよそ比例関係にあることが認められた。しかしながら、このポリマーは吸湿性が高く、秤量値の誤差が大きいため、これまでに分析した架橋型アクリル酸系ポリマーに比べると炭素分析による定量性は低くなるが、吸湿時でも測定できる利点がある。

【まとめと今後の研究】

本研究では、これまでの知見を応用して、現場調査を実施した。今回取り扱っていたポリマーはこれまでの研究で扱っていたポリマーに比べてかさ密度が大きく、吸湿性が高いため飛散性は低い傾向があったが、一定量のばく露が観察された。また、吸湿性が高いため秤量中も値が増加し、サンプリングした後デシケターに保存しても、質量が増加する状態であった。そのために現場測定の結果は正の誤差を含んでいるが、ばく露は管理されていると思われる。包装作業では現在も呼吸用保護具を使用しているが、今後も同様に着用・教育することが必要である。

今回は午前中約 2 時間の包装作業について個人ばく露濃度を測定した。1 日のうちにこれ以外にはばく露がないと仮定すると、個人ばく露濃度の 8 時間の時間加重平均値は、0.1 mg/m³ を下回ったが、終日同様の作業が実施される場合には、0.3 mg/m³ を超える値となる。また、異なるタイプのポリマーを扱う場合には、それぞれに飛散の程度が異なると推測される。大気中には PM2.5 を始めとして微小粒子が存在するため、作業に由来しないレスピラブル粒子が秤量する際に正の誤差を与える可能性がある。今後、管理濃度が設定される際には、健康影響を考慮することはもちろんであるが、実行可能性も考慮する必要がある。

(4) 架橋型アクリル酸系水溶性ポリマーエアロゾルのばく露評価法の開発【3年計画の3年目】

—環境改善によるばく露低減効果の検証—

小野真理子(作業環境研究 G), 山田 丸(同), 韓 書平(同), 鷹屋光俊(同),
萩原正義(同), 中村憲司(同), 高谷一成(同), 甲田茂樹(所長代理)

【研究期間】 平成 29～令和元年度

【実行予算】 3,688 千円(令和元年度)

【研究概要】

(1)背景

平成 28 年度に架橋型アクリル酸系水溶性ポリマー(以下、ポリマー)を取り扱う事業所から職業ばく露による肺疾患について労災申請がなされたため、当研究所では複数回の災害調査を実施した。本ポリマーは粉体であることから、災害調査においてはろ過捕集による質量濃度測定を実施したが、空気中に飛散した粒子の粒径分布が不明であること、有害性の機序が不明であることから、測定対象とする粒子径に関する情報が必要である。また、本ポリマーは水溶性であり、空気中の水分で質量や状態が変化することが容易に想像される。今後、管理濃度が定められれば、同様の物質を取り扱う作業場においてばく露測定を実施することになるため、測定法を提案する必要がある。

本研究は当初2年(実際は1年4ヶ月)計画で実施していたが、当該事業場の包装場は大規模な改良・新設による環境改善がなされたことから、ばく露測定を実施するため研究期間を1年延長した。

(2)目的

以上の点を考慮し、本研究の目的は次の3点とする。

①ばく露評価に必要な測定法の開発:肺疾患が主たる障害であることから、対象粒子をレスピラブル粉じん(おおよそ空気力学径が4 μm以下で肺胞まで侵入する可能性が高い粒子)について、適切なばく露評価ができる方法を開発する。質量濃度測定以外の方法や環境測定のみならず個人ばく露測定を視野に入れて検討する。

②ポリマーエアロゾルの飛散状態の把握:エアロゾルの粒子径は、吸入時に粒子が到達する部位に影響するため、ばく露評価のために重要な情報となる。粒径別に粒子を捕集して化学分析することにより質量粒径分布の情報を得る。リアルタイム測定装置を使用して、個数粒径分布の情報を得る。

③前年度までに得られた方法を用いて、環境改善された事業場における測定を実施する。

(3)方法

1. ポリマーの炭素分析による測定:ポリマーはその分子量や架橋の程度によるが、ポリマーの質量のおよそ

50%が炭素であることから、ポリマーに含まれる炭素から質量を推定する方法を検討した。測定には大気エアロゾルの炭素成分を測定するために広く用いられている熱光学式炭素分析法を用いた。フィルターに捕集した粒子の質量を天秤で測る秤量値と炭素分析により求めた値を比較して、この方法の実用性を現場で確認した。

2. ポリマーエアロゾルの飛散状態の把握:粒径別に粒子を捕集して、炭素分析によりポリマーを測定して、ポリマーの質量粒径分布を把握した。また、リアルタイムで個数濃度の粒子径の分布を測定できるパーティクルカウンター等の装置を使用して、作業現場において簡便にばく露状況を把握する方法を検討する。

3. 湿度が測定に及ぼす影響:本ポリマーは吸湿性があるため、作業場所の湿度やポリマーの種類により質量濃度測定時に水分の影響がある。吸湿試料の分析を炭素分析で行う可能性と、湿度の影響が粒子に及ぼす影響を、電子顕微鏡観察により調べた。高湿度下で測定する場合の制限について情報をまとめ、実効性のあるばく露測定法を提案する。

(4)研究の特色・独創性

本研究で対象としたポリマーは、一般消費用の化粧品などで使用されており、安全試験では有害性を認めないものであった。しかしながら、本研究の端緒となった災害事案で、2年以上かつ相当量の吸入ばく露による影響が国内で初めて明らかになった。気道および肺内での沈着挙動や有害性発現の機序について、当機構のアスベスト疾患研究・研修センターや日本バイオアッセイ研究センターにおいて研究を進めている。我々の研究の成果は厚生労働行政に資するばかりでなく、それらの研究に対してもばく露濃度に関する情報を提供する。

【研究内容・成果】

新設された包装作業場と、これまで測定していなかった製造作業について2019年5月に現場測定を実施した。粉体取扱い作業のある作業員について、個人ばく露測定を実施した。包装場においては環境測定も同時に実施し、走査電子顕微鏡(SEM)観察用試料も捕集した。同地点でリアルタイム測定装置 OPSI(光散乱式パーティクルサイザー、TSI 製)による連続測定も実施した。

個人ばく露測定は包装作業と製造作業の2名

表1 レスピラブル粒子の個人ばく露濃度

	作業者	捕集時間 (h:m)	粒子濃度 (mg/m ³)	8h-TWA (mg/m ³)
製 造	A	0:59	0.202	0.025
	B	1:19	0.094	0.016
包 装	C	4:22	0.108	0.059
	D	4:22	0.256	0.14

表2 作業環境中の粒子濃度

	レスピラブル粒子		粗大粒子	
	捕集時 間(h:m)	粒子濃度 (mg/m ³)	捕集時 間(h:m)	粒子濃度 (mg/m ³)
AM	3:06	0.10	3:05	0.24
PM	1:42	0.093	1:42	0.21

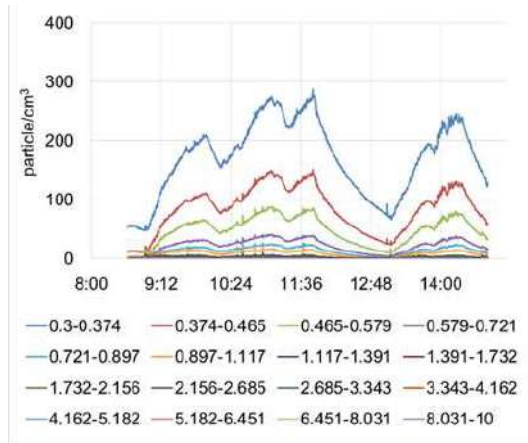


図1 OPSで測定した個数濃度の時間変化

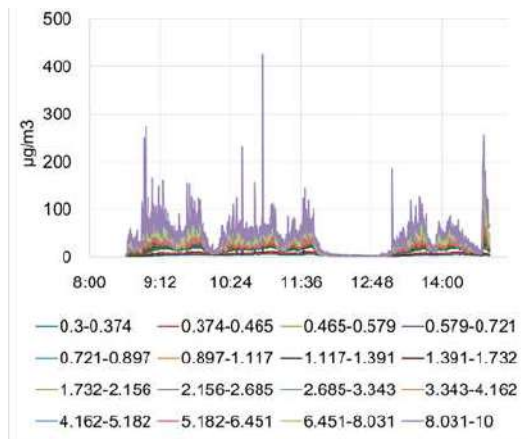


図2 OPSで測定した個数濃度について密度を1 g/cm³と仮定して計算した質量濃度の時間変化

ずつ計4名について行った。NWPS-254 サンプラーを用いてガラス繊維フィルター上に2.5 L/minでレスピラブル粒子の捕集を行った。精度は落ちるが、同サンプ

ラーのグリス上に捕集される粗大粒子の測定も行った。製造作業の作業者は粉体取扱い作業の時間だけサンプリングした。捕集したフィルターは研究室に持ち帰って秤量し、8時間の時間加重平均値(8h-TWA)を算出した。環境測定では過去のデータと比較ができるよう、IOM サンプラー(SKC製)を使用して、インハラブル粒子濃度を測定した。

結果:新設された包装場では個人ばく露濃度が大きく低減された(表1)。個人ばく露測定の結果は、1日の労働時間を8時間として8時間の平均値、すなわち8h-TWAで評価する。日本産業衛生学会が示すレスピラブル粒子の一般的な有機粉じんの許容濃度2 mg/m³に比べると、一桁以上低い値であった。旧包装場において高濃度ばく露が見られた投入作業が新包装場ではなくなったために、8h-TWA値は一桁以上低減されたが、作業者により値が異なった。また、作業環境濃度についても、粒径によらず低減された(表2)。作業環境中の濃度は、旧施設の環境濃度が1.8~3.9 mg/m³であったことを考えると、10分の1程度の濃度に低減されていた。なお、午後の作業はメンテナンスのため通常より早く切り上げられたことから、作業時間が短かった。

新包装場におけるリアルタイム測定の個数濃度の時間変化を図1に、密度を1 g/cm³と仮定した質量濃度の時間変化を図2に示す。個数濃度では、青、赤、緑の線で示される0.3~0.579 µmのサブミクロン粒子が顕著であった。いずれの粒径でも増減のパターンは連動しており、同一の作業で発生していると考えられる。作業の継続と共に室内の粒子濃度が増加し、昼休みで作業のない時間では徐々に濃度が低下する傾向が見られたが、サブミクロン粒子は1時間程度では作業開始前の値まで低下しないことが確認された。図2では、紫色の線で示される8-10 µmの粒子の質量濃度が高かった。質量濃度で評価すると微小粒子を過小評価する可能性がある。

図3に作業環境で捕集した粒子のSEM観察像を示す。一次粒子が凝集しているのが観察された。参考として、実験室で模擬発生した粒子をフィルターに捕集した後、フィルターごと実験室で密閉していないシャーレ内で2週間程度保管した試料のSEM観察写真は図4の様であった。複数の凝集体が水分を含んで繋がったと思われるものが、フィルターに張り付いたような状態であるのが観察された。吸湿性がポリマー粉体の飛散性や粒径、呼吸器内での挙動に影響を与えると推測される。

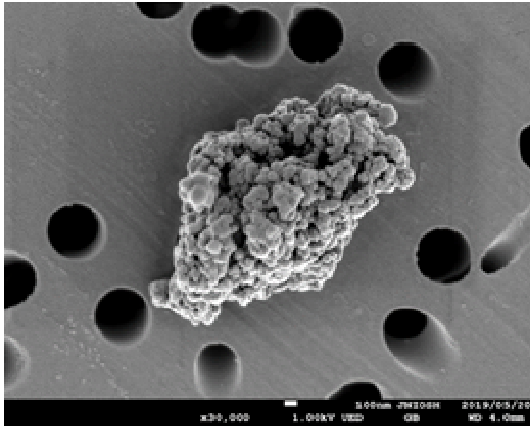


図3 包装場で捕集した粒子のSEM観察像(1万倍)

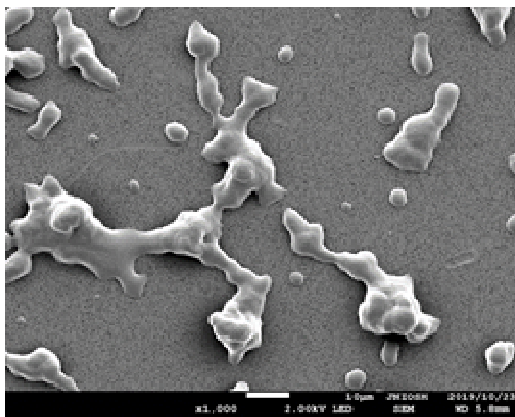


図4 模擬発生粒子を捕集後、室内で保管した試料の走査電子顕微鏡観察像(1000倍)

【まとめと今後の研究】

本研究が開始される端緒となった事業場では、以前の調査時に使用されていた包装場を閉鎖し、新規の作業場での作業を開始したため、その施設における個人ばく露濃度と作業場の環境濃度の測定を実施した。前年までに測定した結果と比較すると、ばく露濃度は概ね 1/10 に低減された。この包装場で取り扱っている粉体はかさ密度の低い粒子で飛散しやすいため、完全な封じ込めには至っていないが、相当の改善がなされていることが明らかとなった。ただ、この製品は吸湿しやすいことから、装置のつまりに対処するなど作業中にも装置のメンテナンスが必須であることが予想されるため、その際にはばく露量が増加する可能性がある。今回の調査でも追加作業の有無により個人ばく露濃度に違いが見られた。定常的な作業以外にばく露の可能性が高い作業が発生する可能性があるため、呼吸用

保護具の装着や作業着の着脱の仕方のルール作りと教育は今後も継続する必要がある。また、サブミクロン粒子は1時間程度作業場の空間に残ることが、リアルタイム測定により示されたことから、メンテナンスや清掃で立ち入る際には、リアルタイム測定で濃度を確認し、必要な防護具を、現在と同様に使用することが推奨される。なお、一般的な粉じん計ではサブミクロン粒子に対する感度がOPCより低いいため、粉じん計をOPCの代用とする際は注意が必要である。製造作業においても粒子へのばく露作業があったが、8h-TWA は包装作業の1/2より低かった。突発的なばく露が生じることを想定して、短時間のばく露作業時には現在と同様に防護具の着用が必要であろう。

測定件数が少ないことに注意が必要であるが、包装場での個人ばく露濃度は、0.059, 0.14 mg/m³であった。十分な対策を取ることによって、このレベルの濃度での管理が可能であると言える。大気中には作業に起因しない粒子が存在するため、バックグラウンドの濃度として0.01 mg/m³程度粒子が存在し、レスピラブル粒子濃度測定時に正の妨害となり得る。今後、管理濃度を設定する際には、健康影響を考慮することはもちろんであるが、実効性のある現場管理のレベルとして、今回の測定結果も考慮すべきである。

【研究業績・成果物】

〔国内学術集会〕

- 1) 韓 書平, 小野真理子, 山田 丸, 鷹屋光俊, 甲田茂樹(2019) アクリル酸系水溶性ポリマーエアロゾルの測定法. 第92回日本産業衛生学会, 講演集, p.327.
- 2) 小野真理子, 韓 書平, 山田 丸, 鷹屋光俊, 甲田茂樹(2019) 水溶性アクリル酸系ポリマーエアロゾルの挙動について. 第36回エアロゾル科学・技術討論会講演要旨集, C104.
- 3) 小野真理子, 鷹屋光俊, 篠原也寸志, 菅野誠一郎, 小嶋 純, 山田 丸, 加藤伸之, 中村憲司, 甲田茂樹(2019) 架橋型アクリル酸系水溶性ポリマー 取扱い事業場の災害調査報告. 現場報告, 第59回日本労働衛生工学会, 抄録集, pp.230-231.
- 4) 小野真理子, 鷹屋光俊, 中村憲司, 山田 丸, 小嶋 純, 萩原正義, 加藤伸之, 甲田茂樹(2020) アクリル酸系ポリマー取扱い事業場におけるばく露状況について. 第93回日本産業衛生学会講演集, O32-5, p.423.

3. プロジェクト研究成果概要

(1) テールゲートリフターからの転落防止設備の開発と検証【4年計画の4年目】

大西 明宏(リスク管理研究 C), 清水 尚憲(機械システム安全研究 G), 山際 謙太(同), 山口 篤志(同), 吉田 武(日本物流機器株式会社), 山口 勲(有限会社山口製作所)

【研究期間】 平成 28～令和元年度

【実行予算】 2,700 千円(令和元年度)

【研究概要】

(1)背景

テールゲートリフター(以下、TGL)はトラックの荷台後端に袈装される荷役省力装置である。この TGL は荷台と地面の間の荷を移動するには欠かせない装置だが、TGL 使用に起因する休業4日以上の労働災害(以下、TGL 起因災害)は年間で約 600 件(全体の約 0.5%)が発生し、その 7 割近くが作業者や荷の転倒・転落であることが確認されている。そのため既に欧州では導入されている TGL のプラットフォーム(昇降板)端部に転落防止柵を設置するのが妥当と考えられることから、本研究では既存のプラットフォームに加工を要するタイプと加工なしで着脱可能な転落防止柵の開発と検証に取り組んでいる。

また、作業者や荷の転倒・転落には、プラットフォームが地面に降りているのを確認せずに荷台の作業者が後退りして転落した事例、傾いた場所で TGL を使用したことによりキャスターストッパーを掛けていなかったロールボックスパレット(以下、RBP)が動き出し、地上にいた作業員が下敷きになった事例なども散見されており、荷台の最後部からの転落防止対策として、荷台上部に設置した扉式安全バーが閉じた時のみプラットフォームが動作可能なインターロックシステムの開発を進めている。

(2)目的

本年度はプラットフォームに加工を要する据付け型の柵の改良版試作および着脱可能な後付け柵の実用化に向け、某陸運業事業者を対象とした現場検証を進め、運用上の課題を整理することにした。また、インターロックシステムに関しては、扉式安全バーのユーザビリティ向上に加え、フラップ(渡し板)をプラットフォームに移設し、荷の転落防止および挟まれ防止機能を持たせる改良を進めることにした。そしてこれらの最終的な成果を包括し、TGL 使用における作業標準について検討することにした。

【改良版の据付け型柵】

欧州では TGL(現地名 Tail Lift)の BS EN 規格が存在し、その中には安全手すり(柵)に関しても

規定されている。内容を抜粋すると、柵の高さがプラットフォーム床面から 110cm 以上あること、50cm 以上の開口が生じないこと、柵上さん中央部への水平方向引っ張り試験にて 300N 以上の加力にてその変位が 3cm 以内でなければならないと示されている。この仕様にて試作した結果、上記の BS EN の基準を満たすことはできたのだが、日本のトラック(4 トン以上バン型タイプ)に合わせたプラットフォームの左右端部に 110cm の柵を設置すると、図 1 のように折り畳んだ際に両者が重なり合うため収納に不都合が生じること、柵の強度を優先したために 2 本の支柱が芯々で 90cm 離れており、作業者が展開・収納時に両支柱にある床面ロック用のピンの開錠・施錠がし難い構造である等の問題点が明らかになった。

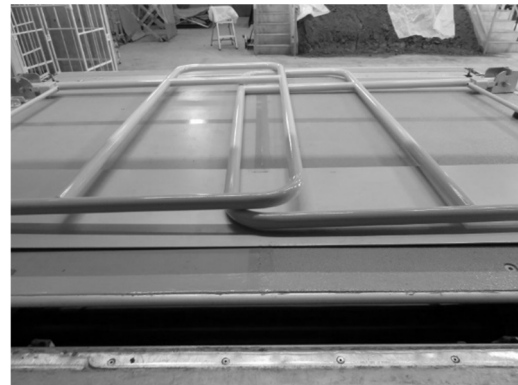


図 1 据付け型柵の収納時(改良前)

そこで改良版の試作においては、柵上さんの高さを 90cm に短縮することで左右の柵が重なり合わないようにし、柵支柱部を荷台側および荷台端部側の 2 ヶ所に寄せ、支柱間が芯々で 20cm となる形状にした(図 2)。この改良による柵の強度には影響なく、作業者が柵の展開・収納時に床面ロックピンの開錠・施錠に十分なスペースを確保できると共に、作業者が立ち位置を変えずにピンの開錠・施錠をすることが可能になった。なお、支柱部を伸縮可能な構造にすれば BS EN 規格が示す 110cm を満たすことができるが、本改良版では強度面および作業者の使い勝手の面から更なる検証が必要なこともあり、現時点で妥当かつ信頼性のある据付け型柵としては図 2 の形状および構造であると

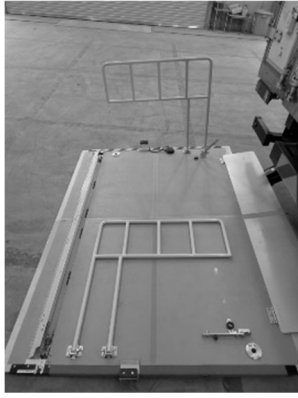


図2 改良版の据付け型柵

結論付け、今後は社会的な認知を得るための普及活動を進めることにした。

【後付け柵の現場検証】

昨年度に特許出願した昇降板用後付け柵を用いた現場検証に関して複数の陸運事業者と協議をした結果、東京都に本社を置く某陸運事業者と研究協力協定書を交わし、神奈川県内の拠点間輸送を対象に実施することになった。現場検証においては、プラットホームに装着する際のフットレバーが外れないよう二重ロック構造(図3の左)にすること、庫内のレールと後付け柵を高強度かつ伸縮性のある脱着防止用ベルトで連結し(図3の右)、左右両側に装着して実施することを条件に合意した。複数のドライバーを対象に使い勝手および使用上の問題点等をヒアリングにて抽出する検証を進めたが、対象事業場の通常業務を優先しなければならない事情等もあり、年度内に完了できなかった。十分な結果を得る必要があるため、令和2年度も継続している。

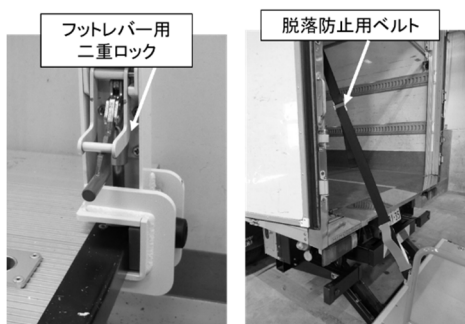


図3 現場検証用の後付け柵

【インターロックシステム】

荷台からの荷の落下等の防止を目的としたインターロックシステム(図3)は、以下の①~②に示す装備を連動させることで機能するものである。本年

度はこれまでの試作で確認された不具合や新たな提案を踏まえた改良を進めた。

① 荷台扉式安全バー

昨年度までの検証により、扉式バーが閉まったまま頭部を潜って通過する様子が確認された。これはバーが閉じた際の高さが150cmであり、バー内部が空洞(図4の左)であったこと等、作業者がバーの存在を意識しにくい視認性の不良が影響していたと考えられたことから、バー内部を埋め、全体を黄色で塗装した(図4の右)。この改良について意見聴取を行ったが、バー高さは150cmのままであり、避けながら通過しやすい状況には変わりなく、改良による効果を感じられないとのことであった。したがって適切なバーの位置としては、人が通過しにくい100cm程度まで低くするのが望ましいと推察された。なお、バーを荷台上部ではなく下部ないしは側部への移設も検討したが、荷台床面あるいはボディ側面に大規模な改造が必要となるため、バーは現状の荷台上部が現実的と考えられた。



図4 改良版の扉式安全バーとの比較

② フラップ(渡し板)のプラットホームへの移設

通常のTGLは荷台に上がると荷台床面とプラットホームが連結されるが、TGLの後付けなどの理由によりボディ部観音扉の取手がある場合、これに干渉しないよう10cm程度の隙間を作らなければならない。このような時は荷台後端部にプラットホームへのフラップ(渡し板)を設置するのだが、作業員乗降による作業員の足の挟まれや荷の転落防止にも適用させることを想定し、フラップをプラットホーム側に移設した(図5)。本フラップは位置を固定する装置により、①挟まれ・転落防止(図5)、②渡し板、③収納(TGLの展開・格納時)の3モードを備えており、手動で切替ができる仕組みとした。

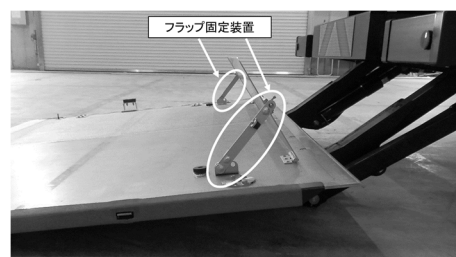


図5 プラットホーム移設のフラップ(渡し板)

③ プラットホームの上昇・下降制御の改良

本インターロックシステムは、上述した①の扉式バーの開閉および②のフラップ位置の組み合わせによってプラットホームの動作の可否を制御できるようになっている。①および②の改良により目的を達成することができたのだが、国内では大半のメーカーが禁止しているものの、実際には作業員搭乗による昇降がほとんどであることを踏まえ、本インターロックシステムを発展させる形で、作業員搭乗による危険リスクを低減した昇降方法として、立ち位置をプラットホームの助手席側中間部に限定したフットスイッチを設け、このスイッチを踏んでいる時のみリモコンでプラットホームが操作可能となるデッドマン方式の昇降制御機能を追加試作した(図6)。ただしこの機能についてはメーカー等と十分な議論が必要であることや本機能の検証も必要となることから、あくまで今後の参考資料として活用するための試作と考えている。



図6 デッドマン方式の昇降制御フットスイッチ

(3)まとめと今後の課題

これまで進めてきたTGLプラットホーム用の2種類の転落防止柵の開発、荷台からの荷の落下等の防止を目的としたインターロックシステムのプロトタイプ試作については、当初の目標どおりの成果を得ることができた。しかし前述のとおり、昇降板用後付け柵の現場検証に関しては、本プロジェクト研究の終了後も継続する必要があることから、使い勝手や問題点を整理した結果は今後の後付け柵の改良および運用ルール等に反映させたいと考えている。

また、当初予定していた本研究の成果をまとめたTGL使用における作業標準の作成に関しては、転落防止柵やインターロックシステムが完成してから日が浅いこともあり、社会的認知が進んでいない

状況でこれらを含んだ作業標準を示すのは適当ではないと判断した。そのためこれから2年間を目安に状況等を見極め、令和4年度以降に専門家委員会の設置等を視野に入れた基盤的研究を立ち上げ、改めてTGL作業標準の作成を目指す予定である。

【研究業績・成果物】

[その他の専門家向け出版物]

- 1)大西明宏(2019)トラックにおける安全な荷役作業と人間工学. 労働の科学, Vol.74, No.1, pp. 14-17.
- 2)大西明宏(2019)安全なテールゲートリフター取扱い作業ルールのチェックリスト付リーフレット. 日本人間工学会, 人間工学 グッドプラクティスデータベース, https://www.ergonomics.jp/gpdb/gpdb-list.html?gddb_id=103.
- 3)大西明宏(2019)ロールボックスパレット(カゴ車)使用時の災害防止. 人間生活工学, Vol.20, No.2, pp.9-12.
- 4)大西明宏(2020)ロールボックスパレット(カゴ車)を安全に使うために. 流通ネットワークキング, No.317, pp. 29-32.

[国内外の研究集会発表]

- 1)清水尚憲, 大西明宏(2019)テールゲートリフター使用時の荷台からの転落防止対策 (1) 転落防止用インターロックシステムの概要. 安全工学シンポジウム2019, pp. 350-351.
- 2)大西明宏, 清水尚憲(2019)テールゲートリフター使用時の荷台からの転落防止対策 (2) システム実用化に向けた課題の整理. 安全工学シンポジウム2019, 講演予稿集, pp. 352-353.

[特別講演等]

- 1)大西明宏(2019)公益社団法人神奈川県労働安全衛生協会厚木支部, 荷役作業中の労働災害防止研修会「ロールボックスパレット(カゴ車)・テールゲートリフターに起因する災害の特徴と主な対策」

[取材等]

- 1)大西明宏(2019)物流ニッポン「陸災防全国大会 特集・座談会 テールゲートリフターによる荷役作業の労働災害防止対策」

(2) 化学物質リスクアセスメント等実施支援策に関する研究【4年計画の2年目】

島田行恭(リスク管理研究 C), 佐藤嘉彦(研究推進・国際 C), 高橋明子(リスク管理研究 C), 板垣晴彦(化学安全研究 G), 梅崎重夫(所長), 小野真理子(作業環境研究 G), 高木元也(建設安全研究 G)

【研究期間】 平成 30～令和 3 年度

【実行予算】 7,880 千円(令和元年度)

【研究概要】

(1) 背景

① 平成 25 年度から平成 28 年度にかけて実施したプロジェクト研究の成果と普及活動

化学物質を取り扱う事業場でのプロセス災害(火災・爆発など)発生を防止するためのリスクアセスメント(Risk Assessment; RA)等の進め方の“あるべき姿”を示すことを目的とし、有識者委員会での議論を中心に検討した結果、技術資料「プロセスプラントのプロセス災害防止のためのリスクアセスメント等の進め方、JNIOOSH-TD-No.5(2016)」をまとめた。この技術資料を活用し、災害防止団体、業界団体などの研修会にて、RA 等の正しい理解と実施を促進する活動を行った。

② 化学物質 RA の義務化への対応

平成 26 年 6 月 25 日に「労働安全衛生法の一部を改正する法律」(平成 26 年法律第 82 号)が公布され、SDS(安全データシート)の交付が義務付けられている物質については、RA 等を実施することが義務化された(平成 28 年 6 月 1 日から施行)。中小規模事業場においても、該当する化学物質を取り扱っている事業場では、その取扱量や設備規模の大小にかかわらず、RA 等を実施しなければならない。しかしながら、平成 27 年労働安全衛生調査結果や平成 29 年度に基盤的研究として行った RA 等実施状況に関するヒアリング調査などによると、多くの事業場では、以下のような理由により、事故・災害防止に結びつきの確かな RA 等を実施しているとは言い難い。

- ・危険有害性のある化学物質を取り扱っているという認識がなく、RA 等実施の義務化の対象となっていることを知らない。
- ・化学物質 RA 等は有害性についてのみ実施すればよいと考えており、火災・爆発などの防止を目的とした危険性に対する RA 等についても実施しなければならないことを知らない。
- ・現場で行っている危険予知(KY)活動などを RA 等の実施と見なしている。このため、“過去に経験したことがない危険源も抽出し、リスク低減措置を検討する”という RA 等実施の本来の目的を達成することができていない。

・化学物質 RA 等実施には化学に関する専門的知識・情報を必要とし、難しいとされる。

・危険性に対する RA 等実施のために提供されているツールはその使用法が分かりにくい(導入が難しい)という理由から利用率は低く、より実用的な(簡単に実施できる)ツールの提供が望まれている。

③ 化学物質の異常反応を考慮した RA 実施の難しさ

・平成 23 年以降、大手化学工場を含む事業場において、火災・爆発などによる重大災害が連続して発生している。これらの事故の原因・背景に係る共通点として、事前にリスク低減対策を検討し、実装するための RA 等の実施が不十分であること、化学プロセス運転の原理原則となる化学反応等に対する理解不足などが指摘されている。

・化学物質単体の危険性(爆発性、引火性など)については GHS 分類や SDS での表記により把握することが可能であるが、化学反応の危険性(誤操作等による異常反応や化学物質同士の意図しない混触による反応を含む、以下、異常反応とまとめる)については GHS 分類や SDS での表記だけでは把握することが難しい。また、化学反応等に対する理解は、化学物質 RA 等の実施に必要な不可欠な情報の一つであり、これを推進する必要がある。

・異常反応が事故の原因となることは、リスクアセスメント・ガイドラインなどでも指摘されているが、以下の項目等については現場の技術力に委ねられており、企業ごとにばらつきがある。

— 異常反応の危険性を把握するのに必要なデータ(反応熱量、反応による発生ガス量、最大の反応速度に達するまでの時間等)が十分に入手できるか？

— 異常反応が起因となる重大シナリオを如何に抽出するか？

— 異常反応が起因となる重大シナリオに対するリスク低減措置をどのように選択するか？

・上記データの獲得に加え、関連する災害事例の情報も必要になるが、これらの情報を入手することは十分なリソース(作業者、試験設備、調査・分析時間等)が無ければ困難である。

(2) 目的

(1)の背景に示した課題や行政的・社会的ニーズ

に対応するための研究を次の2つのサブテーマに分けて実施する。

- (サブテーマ 1) 化学物質取扱い作業における災害防止のためのリスク管理支援策に関する研究
(サブテーマ 2) 化学物質の異常反応が起因となる災害防止のための RA 等実施支援策に関する研究

サブテーマ 1 では、定常業務において主に化学反応を伴わない作業・業種を対象とし、RA 等実施支援のための情報・資料の整理と提供、RA 等実施結果を活用した現場安全管理活動の進め方の提案、RA 等実施支援ツールの開発などを行う。

サブテーマ 2 では、化学物質の異常反応を対象とし、化学物質取扱い作業において異常反応が生じるときの的確な RA 等の実施を支援するための情報・資料の整理と提供、取り扱っている化学物質及びその反応の危険性を把握することを支援するツールの開発などを行う。

(3)方法

以下のような調査・分析・検討を行い、目的とする研究成果を得る。

- ・既存の RA 手法・ツールの調査
- ・RA 等実施の参考になる情報・資料の文献調査等による収集
- ・事業場や労働安全衛生コンサルタントなどへのヒアリング調査
- ・事故・災害事例などの分析に基づく化学物質取扱い作業のヒューマンエラー分析
- ・国内、海外における異常反応に関する RA 等の事例調査(国内:ヒアリング等、海外:文献調査等)及びその知見の取り込み
- ・反応熱量、反応による発生ガス量、最大の反応速度に達するまでの時間等の反応の危険性を把握するのに必要なデータの収集(文献調査)
- ・異常反応に起因する災害事例及び共通する要因の分析
- ・有識者委員会の設立による検討及び情報提供、普及活動への協力依頼

【研究成果】

今年度の各サブテーマにおける研究成果は以下の通りである。

(1)サブテーマ 1:

化学物質の危険性に対する RA 等の実施を支援するための情報及び資料提供を目的とし、以下のような調査、資料・情報等のとりまとめ、及び手法の検討を行っている。

① 事業場及びコンサルタントなどへのヒアリング調査

化学物質の危険性に対する RA 等実施状況や課題を明らかにするために、様々な業種の事業場(アクリル酸・精製アクリル酸の製造、合成樹脂の製造・加工及び販売、二硫化炭素・不溶性硫黄製造、塗料製造、医療用医薬品・農薬・動物薬など製造、各種工業塗装など)を訪問し、調査を行った。以下に示す特徴的な取り組みについて把握するとともに、それらに対する課題などが明らかになった。

- ・親会社作成のチェックリストを基に RA を実施している。この場合、事業所独自の危険性を見逃す可能性があるため注意が必要となる。
- ・規制毎に対応してきたため、数種類の RA を別々に実施している。担当者の負担を軽減させるためにも、各 RA 等実施の視点・目的を整理し、重複する事務処理作業等を省く仕組みが必要となる。
- ・事故・トラブル事例を基にしたヒューマンエラー対策を実施している。
- ・協力会社向けに「(GHS 絵表示)化学物質取扱いマニュアル」を掲示している(元は神奈川産業保険総合支援センターが提案)
- ・化学物質 RA は有害性を対象としている。危険性については静電気対策、局所排気装置の設置、保護具の着用を実施している。
- ・有害性・危険性を同一シートで実施しているが、化学物質の特性のみで判定している。装置・道具の不具合や作業・操作の不具合をきっかけとした火災・爆発事故についても考慮する必要がある。
- ・使用する溶剤等の種類により、異なる作業着着用の注意書きを表示している。
- ・塗装作業専用の工程管理 IoT システムを導入することで、作業者による仕込みミスなどを防止している。

② 化学物質の危険性に対する RA 手法・ツールの特徴の整理

平成 28 年 6 月からの化学物質に対する RA 等実施の義務化に合わせ、爆発・火災等の防止を目的とする危険性に対する RA 等実施ツールとして、スクリーニング支援ツール及び CREATE-SIMPLE が厚生労働省より提供されている。その他にも、旧労働省時代に策定された化学プラントにかかるセーフティ・アセスメントに関する指針は化学プラントの新設・変更等の際に安全性の事前評価を行う手法であり、「労働省方式」とも呼ばれている。また、中央労働災害防止協会(中災防)からも、JISHA 方式として提供されている。これらの手法と安衛研

で提案している手法について、それぞれの特徴を、化学物質のRA指針に記載された進め方に沿って整理した。

厚生労働省から提供されている化学物質の危険性に対する2種類のRA支援ツールは、中小規模事業場においても容易に取り組むことができるものとして、できる限り簡単に、予め用意された質問に回答するまたは選択肢の中から選ぶだけでRA等を実施することができるツールとして提供されている。いずれのツールも危険性が潜在していることを事業者気付かせることと、リスクを大まかに見積ることを目的としているが、具体的なシナリオ検討までは行われなため、リスク低減措置の検討・実施にはつながらない。一方、詳細な解析を目的とした手法(労働省方式、JISHA方式、安衛研手法等)はリスク低減措置の検討・実施を行うことを求めているが、危険源を漏れなく抽出して爆発・火災等に至るシナリオを同定し、リスク低減措置を検討・実施するためには、化学や計装に関する専門的な知識などを必要とし、また、多大な労力と時間が掛かるという点も課題となっている。

③ 化学物質の危険性に対するRA等実施を支援するための方法の提案と資料・情報の整理

化学物質の危険性に対するRA等実施を支援するための方法として、以下のような方法を提案している。

1) 燃焼の3要素(酸素、可燃物、着火源)の確認をベースとしたシナリオ検討の模式図

燃焼の3要素を確認することを基本とした火災・爆発等発生シナリオを検討するための模式図をまとめた(図1)。通常の作業の中で既に着火源発現及び爆発性雰囲気形成の可能性がある場合と、これらへの対策を実施していても、(i)作業・操作の不具合(ヒューマンエラー)及び(ii)設備や装置(道具)の不具合などの引き金事象が発生することにより、燃焼の3要素が揃う場合があり、これらの組合せを確認することで火災・爆発等発生に至るシナリオを同定することができる。さらに、火災・爆発等の発生から労働災害や周辺地域への被害の拡大についても含めている(図2)。

2) 「引き金事象チェックシート」(表1)作成の提案
化学物質の危険性に対するRA等の実施では、「引き金事象」を網羅的に抽出し、これらの事象の発生をきっかけとした着火源の発現、爆発性雰囲気の形成などを確認することで、通常の作業場を確認するだけでは想定する(気付く)ことが難しい

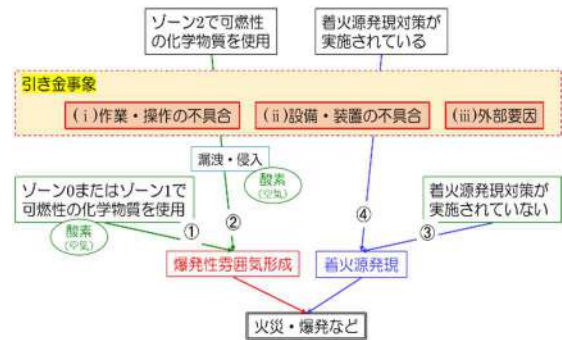


図1 火災・爆発等発生に至るシナリオパターン



図2 火災・爆発発生のパターンと労働災害・事業場周辺地域への被害の拡大

様々なシナリオを同定することができる。

今年度は、作業手順書に記載されたとおりの作業を実施することを基本として、それぞれの作業毎にどのような化学物質を用いているか、どのような装置や道具を用いているかを確認するとともに、「引き金事象」を網羅的に抽出することを目的としたチェックシートの作成を提案している。

「引き金事象チェックシート」を活用することにより、以下のような利点がある。

- RA等を実施する前に作成することで、作業内容(手順)、作業に用いる化学物質の特性(危険性)や取扱状況の把握、作業に用いる設備や装置(道具)の確認を促すことができる。
- それぞれの作業で取り扱う化学物質には何らかの危険性が潜在することを前提とし、それを顕在化させる事象(引き金事象)として、(i)作業・操作の不具合(ヒューマンエラー)及び(ii)設備・装置(道具)の不具合を網羅的に抽出(特定)することができる。
- 作業手順書の書き換えや作業手順書を逸脱した不安全行動(これまで想定していなかった作業を行っている)などを発見することもできる。

表 1 引き金事象チェックシート(様式)

【A】作業手順・内容	【B】取扱い化学物質に関する調査			【C】装置・道具に関する引き金事象		【D】作業・操作に関する引き金事象 (ヒューマンエラー)						
	取扱物質名	当該化学物質の危険性に関する情報	取扱状況	作業に用いられる装置又は道具	装置・道具の不具合(故障モード)	Omission Error (やり漏し、やり遅)	Commission Error (やり間違い)					Unexpected Error (想定外のエラー)
							Selection Error (選択エラー)	Sequential Error (手順エラー)	Time Error (タイミングエラー)	Qualitative Error (質的エラー)	Quantitative Error (量的エラー)	
1												
2												
・												
・												
・												

表 2 シナリオ検討シート(様式)

【A】作業手順・内容	引き金事象	中間事象(プロセス異常)			結果事象(プロセス災害)
	引き金事象チェックシートにより 想定された不具合事象 (【C】装置・道具に関する引き金事象) (【D】作業・操作に関する引き金事象)	酸素(空気)の有無	爆発性雰囲気形成(条件)	着火源の発現(条件)	(火災・爆発?その他の影響?)
1					
2					
・					
・					
・					

3) 燃焼の 3 要素の確認を基本とした「シナリオ検討シート」(表 2)作成の提案

燃焼の 3 要素の有無を確認することで、火災・爆発等発生に至るシナリオを同定する。「引き金事象チェックシート」の作成により抽出された「設備・装置(道具)に関する引き金事象」と「作業・操作に関する引き金事象(ヒューマンエラー)」のそれぞれに対して、酸素(空気)の有無、爆発性雰囲気形成(条件)、着火源の発現(条件)を確認する。3 つの要素が揃う場合には、火災・爆発等発生に至るシナリオとして同定される。

4) リスク見積り及びリスクレベル決定のための基準設定の考え方の提案

従来のリスク見積り・評価においてよくある問題点(不適切な例)を示すとともに、火災・爆発等発生シナリオに対して、事業場独自のリスク見積り及びリスクレベル決定のための基準を設定するための考え方についてまとめた。

火災・爆発等発生シナリオに対するリスク見積りは、以下の 2 つに対して行う。

- a) 火災・爆発等に至るシナリオ発生の頻度(可能性)
- b) 火災・爆発等発生による重篤度(影響の大きさ)
 - a)、b)それぞれについて、考慮すべき事項と基準設定で考慮すべき点について、列挙している。

リスクレベル決定のための基準設定において考慮すべき点についてもまとめている。

5) ヒューマンエラー分析と対策立案方法の検討

人間工学分野では、人間をシステムの一部ととらえ、人間の行動や決定がシステムの働きを阻害する場合にヒューマンエラーだと定義している。そのため、この定義では意図しないうっかりミスも意図的なルール違反もヒューマンエラーに含まれる。しかし、意図しないうっかりミスと意図的なルール違反は、心理的要因やプロセスが大きく異なり、対策も異なるため、本研究ではこれらを分けて分析と対策を検討した。

【4M4E を用いたうっかりミスの背後要因と対策】

引き金事象として特定されたヒューマンエラーについて、作業手順書通りに実施しようとしているにもかかわらず、失敗してしまううっかりミスを想定する。うっかりミスの背後要因と対策は、4M4E 分析により多角的に考える。まず、4M4E 表(表 3)の上部に特定した引き金事象を 1 つ記述する。次に、この引き金事象を引き起こす背後要因を 4M(Man、Machine、Media、Management)を参考に抽出し、4M4E 表へ記述する。このとき、複数の背後要因が抽出されるが、どの背後要因の対策を優先させるべきかを定めるため、抽出された背後要因のうっかりミス発生の影響度を 3 段階(高・中・低)で評価する。最後に、影響度が高いと評価された背後要因を中心に、4E(Education、Engineering、Enforcement、Example)を参考にして様々な対策を検討し、4M4E 表に記述する。これらの結果を基に、うっかりミスの対策を決定する。

表 3 4M4E 表

特定された引き金事象	人 (MAN)		もの (MACHINE)		環境 (MEDIA)		管理 (MANAGEMENT)	
	背後要因	影響度	背後要因	影響度	背後要因	影響度	背後要因	影響度
教育訓練 (EDUCATION)								
技術的対策 (ENGINEERING)								
規程化・徹底 (ENFORCEMENT)								
事例紹介 (EXAMPLE)								

【意図的なルール違反の要因(理由)と対策】

引き金事象として特定されたヒューマンエラーについて、作業手順書があっても作業者がそれを守らない意図的なルール違反を想定する。図 3 に示すように、作業者が意図的なルール違反をおかす要因(理由)には、①ルールについての知識・理解不足、②ルールの故意の不遵守、③職場風土の要因の 3 つが挙げられ、それぞれの背後要因と対策を考える。一方、リスクアセスメントにおいて意図的なルール違反を想定する場合、すべての要因(理由)が想定される。そのため、リスク低減措置の対象となった作業工程や現場において意図的な違反に関するすべての対策、すなわち、図 3 の 5 種類の対策(a. から e.)が十分に実施できているかどうかについて検討する。表 4 に a. から e. のルール違反防止対策に対応したチェックリストを示す。このチェックリストを用い、リスク低減措置の対象となった作業工程や現場において意図的な違反防止対策の実施状況を確認する。

6) 化学物質の危険性に対する RA 等実施を支援するための情報・資料の整理

表 4 意図的なルール違反防止対策のチェックリスト

<p>a. 知識教育を中心とした安全教育</p> <p><input type="checkbox"/> 作業者は、ルールについて正しい知識を持っているか。</p> <p><input type="checkbox"/> 作業者は、なぜそのルールが必要なのか、ルールを守らなかったらどのような結果となるかを理解しているか。</p> <p>b. マニュアルと現場の実情</p> <p><input type="checkbox"/> 作業者と一緒に、マニュアルが現場の実情に合っているか確認できているか。</p> <p><input type="checkbox"/> 現場の実情に合っていない場合、作業者に改善案を提案してもらい一緒に検討しているか。</p> <p>c. 作業計画</p> <p><input type="checkbox"/> 配置される人数や使用される道具・装置等は十分検討され適正か。</p> <p><input type="checkbox"/> 守りづらいルールがある場合、そのルールが不要になるような作業計画の改善は検討されているか。</p> <p>d. ルールを守る動機づけを高める教育や施策</p> <p><input type="checkbox"/> 安全へのモチベーションを高める教育は実施しているか。</p> <p><input type="checkbox"/> 会社や職場に対する愛着・コミットメントを高める施策は実施しているか。</p> <p><input type="checkbox"/> 作業者に、ルールの必要性、違反のリスクなどを説明して納得してもらっているか。</p> <p>e. 業務や現場の監督管理とコミュニケーション</p> <p><input type="checkbox"/> 作業者の業務や現場が適正かどうかを監督管理する仕組みがあるか。</p> <p><input type="checkbox"/> 現場において、職制に関係なく安全に関する指摘をし合う仕組みがあるか。</p> <p><input type="checkbox"/> 作業者が職場内で違反を発見した場合に、違反を告発しやすい環境になっているか。</p> <p><input type="checkbox"/> 管理者どうし、作業者どうし、作業者と管理者の間で積極的なコミュニケーションは取られているか。</p>

化学物質の危険性に対する RA 等の実施の参考にすることができる具体的な情報・資料として、次のようなものを収集し、整理している。

- a) 化学物質の危険性把握のための情報
- b) 燃焼の 3 要素の確認をベースとしたシナリオ検討のための情報・資料(着火源となる要因と対策の例など)
- c) 火災・爆発等発生シナリオに対するリスク見積りとリスクレベル決定の基準
- d) リスク低減措置の具体例
- e) その他

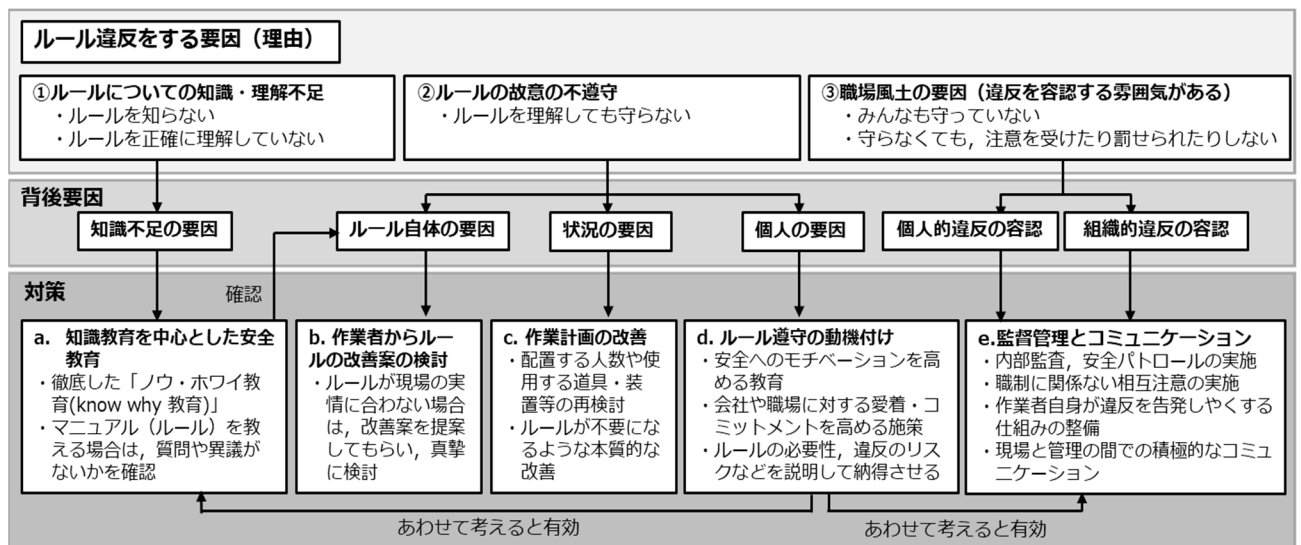


図 3 意図的なルール違反の要因(理由)と対策

④ 化学物質の危険性に対する RA 等実施に係る チェックポイント集及び Excel 版ツール

爆発・火災等発生の防止を目的とした化学物質の危険性に対する RA 等実施に関する基本的な事項を的確に実施しているかどうかを確認・点検することを目的としたチェックポイント集を作成し、令和元年5月より、安衛研ホームページで公開している（図4）。

チェックポイント集は次のような方々に利用してもらうことを想定しており、それぞれの活動の推進を支援する。

- ・事業場の安全担当者(RA等実施の責任者)など
自社の化学物質の危険性に対する RA 等の実施内容(結果だけでなく、RA等の進め方なども含む)を確認する。その結果、解析漏れが見つかる、あるいは考え方の間違いに気づいた場合には、それらの点に着目しながら、再度、RA等を実施し、より有効なリスク低減措置の検討・実施につなげる。
- ・労働安全衛生コンサルタントや監督署監督官など

指導する事業場における化学物質の危険性に対する RA 等の実施状況について確認する。このとき、実施結果を確認するだけでなく、RAの進め方やリスク低減措置検討の考え方に間違いがないかなどもチェックし、何か問題があれば、それらの点を指摘・指導することで、事業場における取り組みを支援する。

チェックポイント集は以下のような特徴を有する。

- ・全部で37項目あり、厚生労働省の化学物質 RA 指針に示された手順を基本とし、これに準拠した労働安全衛生総合研究所技術資料(JNIOSH-TD-No.5)に示された RA 等の進め方を確実に実施していることを確認するための項目を挙げている。

- ・各チェック項目には「Yes」または「No」で回答し、「Yes」と明確に回答することができない(回答に自信が無い)項目や「No」と回答された項目については、再度見直しを行い、早急に対応する必要がある。

さらに、チェックポイント集活用の利便性を高めるために Excel 版ツールを作成し、公開している(令和2年5月)(図5)。Excel 版ツールでは以下のことが実施可能である。

- ・各質問に対するチェック結果(Yes/No 回答結果)だけでなく、回答した理由や今後の対応計画について記載する欄を設け、記入することで、今後の RA の見直し実施やリスク低減措置の検討・実施などに関する計画作成を促す。

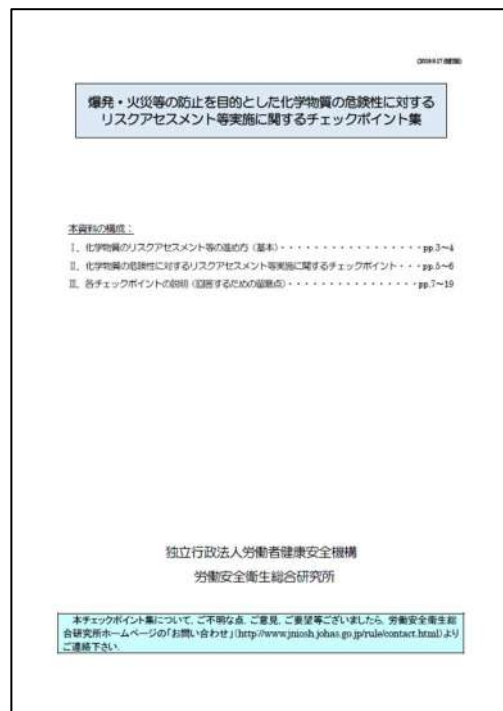


図4 爆発・火災等の防止を目的とした化学物質の危険性に対する RA 等実施に関するチェックポイント集

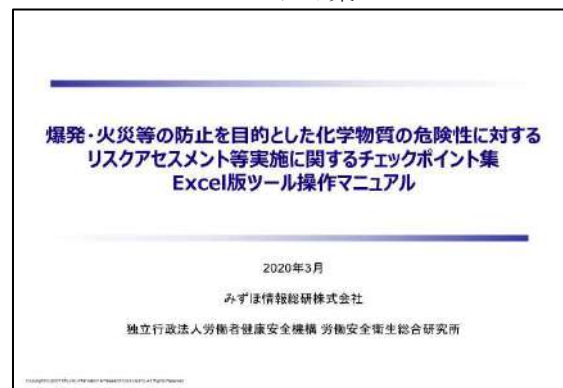


図5 爆発・火災等の防止を目的とした化学物質の危険性に対する RA 等実施に関するチェックポイント集 (Excel 版ツール)

- ・各質問は関連する説明文とリンクしており、質問の意図を確認することができる。
- ・回答結果の保存・更新・印刷等を容易に行うことができる(Excel ファイルでの入出力、pdf ファイルで保存など)。

(2)サブテーマ 2:

GHS 分類や SDS での表記だけでは把握するのが難しい異常反応が起因となる火災・爆発等のプロセス災害防止を目的として、以下の課題に取り組んでいる。

- ・反応の危険性を把握するのに必要なデータ、関

連災害事例の提示

- ・シナリオ抽出時に異常反応に関して注意すべき事項の提示
- ・異常反応が起因となるシナリオに対するリスク低減措置の例示

今年度は、既存の異常反応に関するRA等に関する調査、異常反応に関して注意すべき事項及びリスク低減措置の検討、反応の危険性を把握するために必要なデータの検討・収集、異常反応に起因する災害事例の収集及び要因分析を行っている。以下、項目ごとの実施内容を示す。

① 既存の異常反応に関するRA等に関する調査

暴走反応について代表的なシナリオとシナリオに対するリスク低減措置をまとめるために、各種文献情報データベースにより、異常反応のうち暴走反応について考慮したボウタイダイアグラム、フォールトツリー分析、イベントツリー分析の結果を調査した。また、既存の文献で、バッチ運転で反応を起こすプロセスのHAZOP(Hazard and Operability Study)で分析した結果を調査した。

混合反応については、混合するシナリオや混合の結果生じる影響の多様性などにより、代表的なシナリオをまとめることが困難であることから、既存の文献で、化学物質の混合時の反応による異常事象のシナリオを検討する際の着眼点を調査した。また、そのシナリオに対するリスク低減措置の例を調査した。これらの調査結果を、異常反応に関して注意すべき事項及びリスク低減措置の検討に反映させた。

取り扱っている物質の化学反応の危険性を把握することを支援する情報を得るため、反応により放出されるエネルギーの算出方法及び計算ツールの調査を行った。さらに、物質が混合した際に危険な状態となる組み合わせの例や、組み合わせを把握するための方法及び評価ツールの調査を行った。これらの調査結果を、反応の危険性を把握するために必要なデータの検討・収集に反映させた。

② 異常反応に関して注意すべき事項及びリスク低減措置の検討

有識者委員会(学識経験者、企業有識者等による8名)において、前年度から継続して、暴走反応についてその原因から災害に至るまでの複数の典型的なシナリオをボウタイ形式のシナリオモデルとして検討し、構築した。①で調査し、収集したバッチ・セミバッチプロセスにおける暴走反応に関する

ボウタイダイアグラムやフォールトツリー、イベントツリー、さらにバッチ運転に対するHAZOP事例などを参考にして、典型的な複数のシナリオを1つのシナリオモデルとして構築した。構築したシナリオモデルの一部を図6に示す。なお、想定している現象は、反応の発熱と系からの放熱のバランスが崩れることによって発生する暴走反応である(図6中では「熱平衡破綻」と記載)。また、発熱と放熱のバランスが崩れる原因については省略されているが、不具合(図中の「反応物温度高」など)の原因は、作業・操作に関する不具合や、設備・装置に関する不具合などまで展開した。さらに、シナリオの進行を防止するための防止策(リスク低減措置)の例を記載しているが、これについてはまだ系統的な検討まで至っていない。そのため今後それぞれのシナリオについて多重防護の考え方にに基づき、以下の3種類のリスク低減措置の事例を検討し、構築したシナリオモデルに組み込む予定である。

- ・異常発生防止対策:特定された異常の発生を防ぐ、または正常状態に戻す。
- ・事故発生防止対策:同定されたシナリオにおける異常伝播を防ぐ。
- ・被害の局限化対策:爆発・火災等が発生した場合の被害をなるべく小さくする。
- ・以上のリスク低減措置を実施し、機能させるために、異常発生を検知するためのセンサーや異常発生を知らせるための警報システムなどの異常発生検知手段をセットで検討する。

混合反応については、混合反応に関する災害シナリオやリスク低減措置を検討する際に参考とする情報として、①で調査した化学物質の混合時の反応による異常反応のシナリオを検討する際の着眼点や、その着眼点に対するリスク低減措置の例を整理した。さらに有効な情報とするために、整理したリスク低減措置の例の種類や目的について検討を行っている。また、シナリオを検討する際の着眼点やその着眼点に対するリスク低減措置の例と、プロセスや機器との関係を示すための図示化を検討している。

③ 反応の危険性を把握するために必要なデータの検討

①の調査結果から、取り扱っている物質の化学反応により放出されるエネルギーの算出方法として、生成物として構成元素が原子状態になったとき、どの生成物が先に生成するかという順位に沿って生成物を与える方法(非平衡計算法)と、ギブス自由エネルギーを最小にするような反応の予想

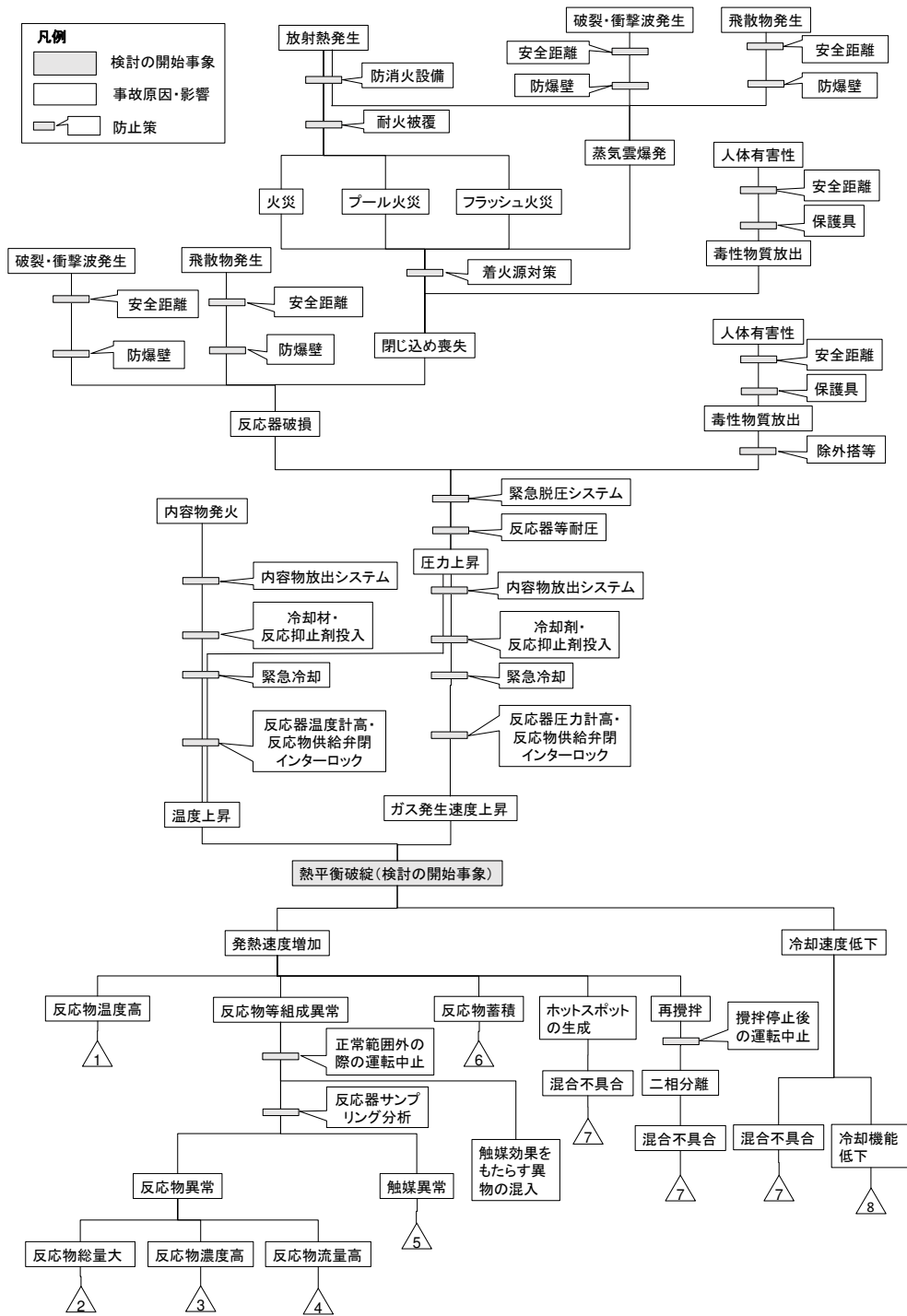


図 6 構築したシナリオモデル (抜粋)

生成物を計算する方法 (平衡計算法) があり、支援方法としては非平衡計算法による放出エネルギー算出の方が簡易で望ましいと考えられた。また、放出エネルギーを計算する際に必要となる、物質単独及び Benson グループの生成エンタルピーの寄与値を文献により調査し、Excel のデータシートとして整理した。今後、このデータシートを利用した放出エネルギー計算支援ツールの作成を検討する。

物質が混合した際に危険な状態となる組み合わせの調査結果を基に、物質が混合した時に火災する可能性がある組み合わせを把握するためのデータを文献から Excel データシートとして整理した。また、物質が混合した際に危険な状態となる組み合わせを把握するための評価ツールのうち、米国で開発され、実績のある評価ツール CRW (Chemical Reactivity Worksheet、図 7) について、

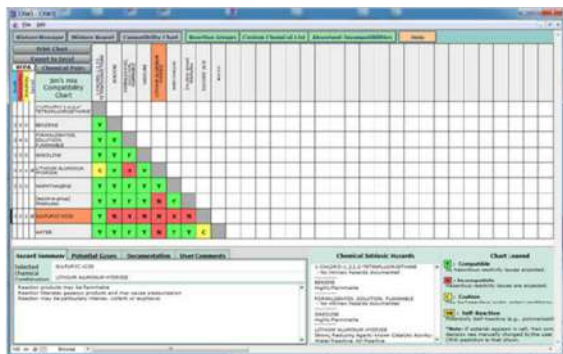


図7 評価ツールCRWの外観

使用マニュアル及び評価事例を作成している。

④ 異常反応に起因する災害事例の収集及び要因分析

②で構築したシナリオモデルに、過去の災害事例の中で、既に災害シナリオが解析されているものをトレースした。トレースする災害事例は、RISCAD(リレーショナル化学災害データベース)に掲載されていたバッチプロセスでの事例を抽出し、PFA(Progress Flow Analysis)解析結果が記載されている事例とした。全事例の数は9件であった。ただし、1つの事例で複数の原因が考えられる場合には、そのそれぞれのシナリオをトレースした。そのため原因から発熱と放熱のバランスが崩れるまでのシナリオの総数、及び発熱と放熱のバランスが崩れてから災害に至るシナリオの総数は11件であった。

上記でトレースされた、発熱と放熱のバランスが崩れる原因についてのシナリオと、発熱と放熱のバランスが崩れた後の災害に至るシナリオを、それぞれ表5および表6に示す。原因についてのシナリオは多様なシナリオがみられたが、その中でも攪拌機の誤操作(攪拌機を止めた、攪拌機を稼働するのが遅れたなど)によって十分に反応器内の物質が攪拌されないことで冷却速度が低下するシナリオ(No.1)の件数が多かった。攪拌機の故障や誤操作が原因となったシナリオ(No.1、5)は6件あり、全シナリオ11件の半分以上を占めた。このシナリオについては、過去に多く出現していることから、今後も起こる可能性のある災害シナリオとして優先的にリスク低減措置を検討する必要がある。

一方、災害に至るシナリオは、反応が暴走することで反応器内物質の温度や反応器内の圧力が上昇することで反応器が破損し、放出した可燃物に着火したことによる爆発・火災や、反応器の破損自体による衝撃波や飛散物の発生が生じたものがほとんどであった(No.1、2、4、6、7、全シナリオ11件中9件)。これは、書籍等でよく示されている反応暴走の過程と同じであり、その過程へのリスク低減措置は確実に検討する必要がある。

今後、それぞれのシナリオについて上記の考え方に基づきリスク低減措置の事例を検討し、構築したシナリオモデルに組み込むことにより、災害に至るシナリオやそれに対するリスク低減措置を検討する際に参考となるシナリオモデルに改良する。

表5 発熱と放熱のバランスが崩れる原因についてのシナリオ

No.	シナリオ	件数
1	攪拌機誤操作→攪拌不良→混合不具合→冷却速度低下→熱平衡破綻	5
2	冷媒供給弁/ポンプ誤操作→冷媒停止/流量低→冷却機能低下→冷却速度低下→熱平衡破綻	2
3	触媒供給量高/低→触媒異常→反応物等組成異常→発熱速度増加→熱平衡破綻	1
4	触媒劣化→反応速度低→反応物蓄積→発熱速度増加→熱平衡破綻	1
5	攪拌機故障→攪拌不良→混合不具合→反応物蓄積→発熱速度増加→熱平衡破綻	1
6	熱媒供給弁誤操作→熱媒供給弁誤閉→内容物加温不足→反応温度低→反応速度低→反応物蓄積→発熱速度増加→熱平衡破綻	1

表6 発熱と放熱のバランスが崩れた後の災害に至るシナリオ

No.	シナリオ	件数
1	熱平衡破綻→温度上昇・ガス発生速度上昇→圧力上昇→反応器破壊→閉じ込め喪失→蒸気雲爆発→放射熱発生・破裂・衝撃波発生・飛散物発生	3
2	熱平衡破綻→温度上昇・ガス発生速度上昇→圧力上昇→反応器破壊→閉じ込め喪失→火災 or フラッシュ火災→放射熱発生	3
3	熱平衡破綻→温度上昇→内容物発火	1
4	熱平衡破綻→温度上昇・ガス発生速度上昇→圧力上昇→反応器破壊→閉じ込め喪失	1
5	熱平衡破綻→温度上昇・ガス発生速度上昇→圧力上昇→毒性物質放出→人体有害性	1
6	熱平衡破綻→温度上昇・ガス発生速度上昇→圧力上昇→反応器破壊→破裂・衝撃波発生・飛散物発生	1
7	熱平衡破綻→温度上昇・ガス発生速度上昇→圧力上昇→反応器破壊→飛散物発生	1

【研究業績・成果物】

[原著論文(国際誌、和文誌)]

- 1) Yukiyasu Shimada, Yoshihiko Sato, Haruhiko Itagaki, and Tetsuo Fuchino(2019) Risk Assessment for Process Accident Prevention Using Screening Questionnaire. Chemical Engineering Transactions, 77, pp.469-474.
- 2) 高橋明子, 島田行恭, 佐藤嘉彦(2019) 現場作業者の GHS 絵表示の理解度と文字情報の確認行動. 労働科学, 95, 3, pp.77-90.

[その他の専門家向け出版物(英文、和文)]

- 1) 島田行恭(2019) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施状況と課題. 安全衛生コンサルタント, 39-132, pp.23-33.
- 2) 島田行恭(2019) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施に関するチェックポイント集. 安全衛生コンサルタント, 39-132, pp.34-46.

[総説他(英文、和文)]

- 1) 島田行恭(2019) 労働安全衛生総合研究所における化学物質管理に関する研究活動の紹介. 化学物質管理, 4-2, pp.4-14.
- 2) 島田行恭(2020) 化学物質取扱い事業所における火災爆発に係るリスクアセスメントの実情, 火災, 70-1, 364, pp.8-13.

[国際学術集会]

- 1) Yukiyasu Shimada, Yoshihiko Sato, Haruhiko Itagaki, and Tetsuo Fuchino(2019) Risk Assessment for Process Accident Prevention Using Screening Questionnaire. Loss Prevention Symposium 2019, p.20.
- 2) Akiko Takahashi, Yukiyasu Shimada, Yoshihiko Sato(2019) Workers' comprehensibility of pictograms on chemical labels. 50th Nordic Ergonomics and Human Factors Society Conference 2019, NES2019, pp.59-61.
- 3) Yoshihiko Sato, Haruhiko Itagaki, Yukiyasu Shimada, and Tetsuo Fuchino(2019) Consideration of incident scenarios related to unintended reactions using logic trees. Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering 2019, APCCHE 2019, PO245.

[国内学術集会]

- 1) 佐藤嘉彦, 島田行恭, 板垣晴彦, 瀧野哲郎(2019) 異常反応が関係する災害シナリオのボ

ウタイ分析による検討. 安全工学シンポジウム 2019, 1-1, pp.214-215.

- 2) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子(2019) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント手法・ツールに関する考察. 安全工学シンポジウム 2019, 5-2, pp.276-279.
- 3) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子(2019) 化学物質の危険性リスクアセスメント等実施のための引き金事象チェックシートの提案. 第 52 回安全工学研究発表会, 69, pp.211-214.
- 4) 島田行恭(2019) 安衛法におけるリスク評価について(爆発・火災等防止). 2019 年度第 32 回日本リスク学会年次大会, O5-3.
- 5) 島田行恭(2019) プロセス災害防止のための化学物質リスクアセスメント. 2019 年第 6 回冷凍部会(公開)例会/環境・安全委員会合同ワーキング.

[書籍]

- 1) 島田行恭(2019) プロセスプラントのプロセス災害防止のためのリスクアセスメント, 粉じん爆発・粉体火災の安全対策—基礎から実務まで—(実務編)第 5 章 リスクアセスメント, 5.3.1 節. (一社)日本粉体工業技術協会粉じん爆発委員会(編), pp.399-404, オーム社.

[その他]

- 1) 島田行恭(2019) 安全性評価手法(HAZOP, FTA, FMEA など)の比較と利用. 中央労働災害防止協会平成 31 年度中災防安全・衛生管理士研修.
- 2) 島田行恭(2019) 化学物質における火災・爆発防止のためのリスクアセスメント等の進め方. 中央労働災害防止協会 化学物質リスクアセスメント専門研修(爆発・火災防止).
- 3) 島田行恭(2019) プラント安全設計. 第 41 回安全工学セミナー2019.
- 4) 島田行恭(2019) 危険性に対するリスクアセスメントツール・手法. 厚生労働省委託事業令和元年度ラベル・SDS 活用促進事業, 職場における化学物質管理に関する講習会(東京, 大阪など全 12 回)
- 5) 島田行恭, 佐藤嘉彦(2020) プロセス災害防止リスクアセスメント(講義と演習). 神奈川労務安全衛生協会令和元年度第 1 回火災爆発災害防止講習会.

(3) トラブル対処作業における爆発・火災の予測と防止に関する研究 【4年計画の2年目】

八島 正明(化学安全研究 G), 大塚 輝人(同), 水谷 高彰(同),
佐藤 嘉彦(同), 板垣 晴彦(同), 斎藤 寛泰(芝浦工業大学)

【研究期間】 平成 30～令和 3 年度

【実行予算】 15,000 千円(令和元年度)

【研究概要】

(1)背景

可燃性物質を扱う貯蔵施設において、自然発火などを原因とする火災がたびたび発生している。近年では、三重県ごみ固形燃料発電所での爆発・火災(2003 年)[1]のほか、民間や公的な廃棄物リサイクル施設での爆発・火災、大豆サイロでの爆発(2013 年)、石炭貯蔵施設での火災・爆発(2013 年)などが発生している。火災が発生した後、消火と拡大防止のため作業員がかき出し作業中に小規模爆発や急に火炎が形成して被災する事例もある。

近年、化学工業を中心として、非定常作業に該当するスタートアップやシャットダウンなどの移行作業やトラブル対処の際に爆発や火災が連続して発生している。それらの事故の原因・背景に係る共通点として、化学プロセスの運転の原理原則となる化学反応等に対する理解不足が指摘されている[2]。

中央労働災害防止協会では、「関係省庁連絡会議報告書」も踏まえ、見直しの重点項目として、爆発・火災等の重大災害の防止対策の観点からも非定常作業における安全衛生対策を見直し、報告書にまとめた[3]。取りまとめには、「労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針及び危険性又は有害性の調査に関する指針」と、同指針に示されているリスクアセスメントの手順を参考とした。同指針とリスクアセスメントの手順に示されるように、非定常作業における安全衛生対策を積極的に推進していくことは極めて重要である。リスク低減措置としては、「異常発生防止」、「異常検知手段」、「事故発生防止」、「被害の局限化」がある。

化学設備の爆発・火災の防止においては、発火を予防することが第一であり、化学物質の詳細な発熱特性を把握することが必要である。また、何らかの原因で発火した場合に、火災の進展を予測し、拡大防止の措置を講じることも必要である。この際、火災などの異常発生を検知し、事象を把握し、予測するため、温度計やガス検知器などの適切なセンサーの設置が不可欠である。さらに、異常発生時には現場作業員が緊急排出や消火等のトラブル対処作業を行うことがあるが、事象の進展を把握し、退避することを常に考えておく必要がある。

【参考文献】

[1] 産業安全研究所:ごみ固形化燃料(RDF)の爆発・火災の危険性と安全な取扱いについて、安全ガイド NIIS-SG-No.3(2004)

[2] 内閣官房、総務省消防庁、厚生労働省、経済産業省、石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議報告書(2014)

[3] 中央労働災害防止協会編「化学設備等における非定常作業の安全」-「化学設備の非定常作業における安全衛生対策のためのガイドライン」の見直しに関する調査研究報告書-(2015年3月)

(2)目的

本プロジェクト研究においては、非定常作業のうち移行作業とトラブル対処作業におけるリスク低減の具体的な措置、安全方策を講じるためのデータを収集し、リスクアセスメントに資する情報を提供することを目的とする。そのため、a)化学物質の熱特性を的確に測定するための技術の開発、b)センサーによる異常発生の検出方法の開発、c)くん焼・燃え拡がり特性、さらに遷移した爆発特性の測定、d)災害事例の分析、爆風や飛しょう物による被害予測・トラブル対処の方法の提示、などに関する項目を調べる。

(3)方法

上述 a)~d)の項目をサブテーマ 1~3 とし、以下のように実施する。

(サブテーマ 1)「粉粒体堆積層の火災・爆発の危険性」

試料の大きさ(5~50 mm 程度までの粉~粒体)から実現象を検証できる最小堆積量を検討し、実験室で燃え拡がり実験を行う。また、燃え拡がり速度は危険性評価上重要な指標となる。堆積層の熱伝達は燃え拡がり速度に密接な関係があるため、実験と理論解析により、熱伝達率などを求め、燃え拡がり速度を見積もる。

(サブテーマ 2)「化学設備等の移行・トラブル対処作業における異常検出、モニタリング手法に関する研究開発」

実際に発生した災害事例を参考として爆発・火災初期に発生するガス種・濃度を調査する。併せてガス検知器を中心として化学設備等で多用されているセンサーを設置し、災害の進展(異常反応の開始、拡大)に伴うセンサーの挙動を確認する。これら

の知見から、労働災害の予測・防止に有効なセンサーの機種選択・設置位置のガイドラインを策定する。また 1m³ 程度の規模で再現実験を行い、ガイドラインの有用性を検証する。

(サブテーマ 3) 「化学設備等における爆発・火災等の拡大防止策の提示」

発熱・発火防止策、発火した場合の対処方法、避難のための時間と安全な距離、爆風や飛しょう物による被害予測・対策などの検討、災害事例調査と本研究で得られた知見をもとに総合的に考察し、拡大防止策としてまとめる。リスクアセスメントに資する情報の提供、文献調査や現地調査を行い、解説記事を執筆し、研究所刊行物(技術資料)にまとめる。また、災害情報を提示するツールを提供する。さらに、SDS 等で安全に運転するのに十分なデータを得ることが難しい化学物質について、発熱性に関するデータを的確に測定する手法を開発する。

(4)研究の特色・独創性

化学物質の安定性・反応性等に関する的確なデータを的確に測定する手法を開発、普及することによって、公知の情報がない化学物質の安定性・反応性等に関する的確なデータが得られるようになり、発火等の異常な事象が起こり得るかを把握する一助となる。いわゆる粉体と呼ばれる範ちゅうを超える大粒径の固体試料の燃え拡がりや爆発への進展を対象とする本研究は、産業現場で実際に見られる爆発・火災を対象としており、成果は具体的で独創性がある。災害が進展している途中でのモニタリング手法については原子力災害対策指針(原子力規制庁、東日本大震災を踏まえた指針)など既往の情報があるが、爆発・火災を想定した実用的かつ総括的な研究例は見当たらない。

以上、本プロジェクト研究では、単に各サブテーマをまとめるだけでなく、災害事例と関連づけて考察し、具体的な防止対策を提案することに特色があり、独創性がある。

【研究成果】

今年度、本研究の各サブテーマにおける成果は以下の通りである。

(1)サブテーマ 1:

サブテーマ 1 では、以下の項目について調査研究を実施した。

① 堆積層の燃え拡がりに及ぼす粉粒体の寸法・形状の影響

円筒形の燃焼容器は昨年度と同じもので、断熱材(内径 160 mm、高さ 350 mm、厚さ 50 mm)を円筒形に丸めて固定し、外側にアルミ箔を巻いた。試料の堆積高さは 300 mm である。試温度測定には保護管入りの K 型熱電対(直径 1.6 mm)を使用し、側面から一定間隔で、層の隙間の均一性を確保するため対向するように交互に差し込んだ。大豆(約 6 mm)を使った燃え拡がり実験の結果、上方燃え拡がりの場合は、いずれの試料も燃え拡がらなかった。試料径が小さくなると、流体抵抗(圧力損失)が大きくなり、新鮮な空気が堆積層内を拡散流入できなくなるためと考えられる。小径の木材ペレットや木質ペレット(直径約 6 mm)の実験結果より、粉粒体の直径 5 mm 程度が堆積層内の燃え拡がり限界であると推測される。

② 可燃性の熱分解ガスの発生と爆発危険性

貯槽内での発火から火災や爆発に到る現象解明のための知見を得る目的で、プラスチック(PMMA)、木材ペレットなどを試料とし、燃え拡がりに際して堆積層から排出されるガス・蒸気の着火性を簡易な方法で調べた。ガス・蒸気の着火性にはニクロム線加熱とガス炎を使った。実験の結果、木材ペレットの場合は、堆積層表面から離れると着火しにくく、80~100 mm まで近づくと着火した(図 1)。小径 PMMA ペレットでは上方に燃え拡がらず、堆積層表面上では着火しなかった。

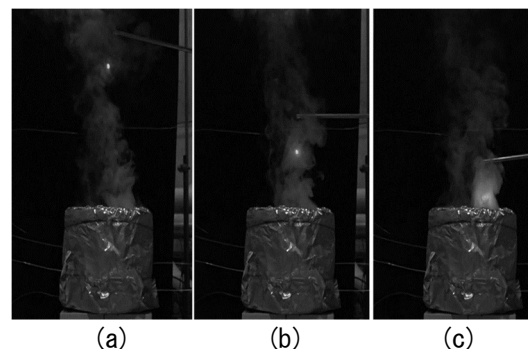


図 1 木材ペレット堆積層におけるニクロム線による着火の様子(実験開始から 40 分後) [(a)350mm (不着火) (b)150mm (不着火) (c)80mm (着火)]

小径ペレットの上方燃え拡がりにおける堆積層表面での熱分解ガスの着火性に関して、燃え拡がり途中で水消火し、堆積層を石こうで固化して調べた。堆積層を鉛直方向に切断した断面の様子を図 2 に示す。底面から 4 から 5 mm までは完全に熔融して液体となり、それよりも上方 36~55 mm まで部分的に熔融して固化していることがわかる。その上の層は軽く固まっている。このことから、発生した熱分解ガス

が堆積層内を上方に向かって流ることができないのは、PMMA の熔融によって堆積層の隙間が小さくなるためと考えられる。堆積層の隙間が小さくなると、堆積層から排出するガス・蒸気と流入する空気の流動を阻害する。すなわち、堆積層の特性が燃え拡がり熱分解ガス・蒸気の発生、そして着火性に影響を及ぼしている。

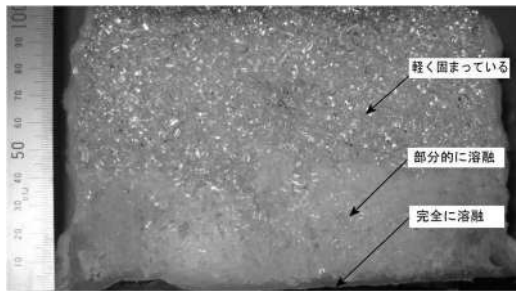


図2 消火後の堆積層断面の様子 (小径 PMMA ペレット)

(2)サブテーマ 2:

サブテーマ 2 では、主に以下の 3 つの項目について調査検討を実施した。

①検知装置の調査

ガスセンサーの選定方法についてセンサーメーカーに聞き取り調査を行った。その結果、センサーメーカーではセンサーユーザー(化学メーカー)が用意した試料についてのみ検出可能か調査を行い、その結果を提供していることが分かった。また、センサー周りの設備(ガス吸引装置や警報装置など)は開発・販売しているが、ユーザーからの情報提供が限定的な場合もあり、全ての異常事態を想定してセンサーを提供することは困難である場合も多いとのことであった。なお、化学メーカーが用意した試料とは、異常時に発生するガスや、加熱によってガスを発生する固体・液体試料である。

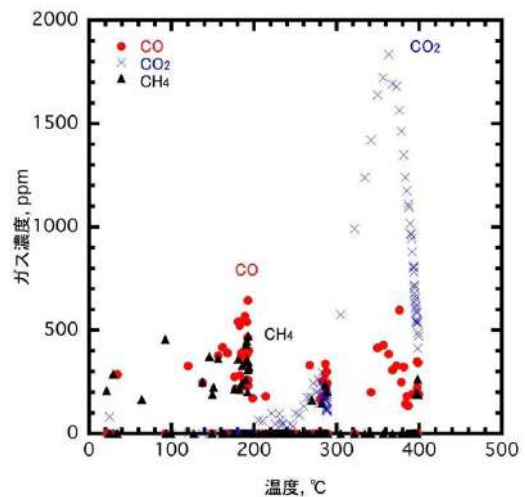
また、センサーユーザーにも聞き取り調査を行った。センサーユーザーではプラントのリスクアセスメントの結果、想定される異常事態に応じてセンサーを設置することとしているが、センサーの選定や設置位置、運用方法等については過去の経験や試験プラントから得られた情報などを参考にして定め、基準などは特に無いことが分かった。また、熱的に不安定な物質を取り扱っていない場合、保管倉庫などで煙や火災の検知、散水設備のみで、粉の発熱を早期に検知するような設備は設置していないユーザーもあった。

粉体サイロや廃棄物処理施設のピットなどでの火

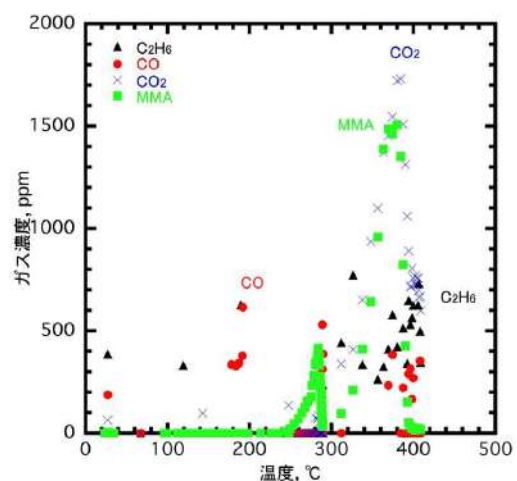
災用に使われている、市販のガスや温度のセンサーの種類と仕様を調査した。一般的なくすぶり燃焼の初期段階では CO(一酸化炭素)が優位に生成しやすいので、CO センサーが有用であることが考えられた。堆積層内の温度モニタリングには、太いスチールワイヤに複数点の熱電対を取り付けたものが一般的に使われ、層表面の温度上昇を検知するために赤外線カメラが使われていることがわかった。最近では、広範囲の火災検知のため、ファイバー式温度測定装置も使われている。

②模擬検知試験装置での検知装置の調査・検討

サイロなどの貯蔵物のモデル物質として、燃焼特性がよく知られている天然素材である木材(ベイツガ)と合成素材であるプラスチック(PMMA)を選び、くん焼ガスの分析を行った。TG-DTA で分析するとともに、模擬検知試験装置で0.1g程度の試料片を空気



(a)ベイツガ



(b)PMMA

図3 ベイツガおよび PMMA の空気中での熱分解ガスの加温温度依存性

中および窒素中で200~400℃に加熱し、くん焼などにより発生したガス(メタン、一酸化炭素、二酸化炭素、水など)を FTIR ガス分析装置で確認した。また、微量成分の検出(メタン以外の炭化水素ガスなど)を試みると共に、試料の種類(木材やプラスチック)や加熱温度を変えて、ガス発生状況にどのような影響を与えるかデータを収集した。ガスの発生濃度を試料の温度でまとめた結果を図3に示す。有機材料から発生する有毒ガスの有無に関する既往の研究例を参考に、発生ガスの経時変化を分析し、以下の結果を得た。a)ベイツガ、PMMA 共に TG-DTA 分析結果である分解開始温度(約280℃)を超えた300℃付近からガスの発生が認められた。b)二酸化炭素、一酸化炭素の他にベイツガではメタン、PMMA ではモノマー(MMA)の発生が確認された。c)加熱設定温度の上昇と共に、ガスの発生量が増えた。d)雰囲気ガスを窒素に換えた実験結果との比較で、発生したガスが空気により酸化されていることが確認された。

③市販のガスセンサーの性能確認

粉体サイロや廃棄物処理施設のピットなどの調査結果と JIS K 7228「プラスチックの煙濃度及び燃焼ガスの測定方法」を参考に、CO とにおいのガスセンサーを使った燃焼箱による評価実験装置を試作した。装置の概要を図4に示す。加熱直後にニオイセンサーが反応することを確認した。

(3)サブテーマ3:

サブテーマ3では、主に以下の4つの項目について調査検討を実施した。

① 貯槽等の化学設備における過去の事故事例の調査と解析

反応系の復帰不能時間、すなわち冷却システムが回復したとしても冷却が不可能となる時間(TNR: Time of no return)や、TNRでの温度・発熱速度などは、安全対策を検討する上での重要な情報であると考えられる。そこで、暴走反応が関係した事故事例において、異常が検知されてから爆発するまでの時間(Δt_{rec})と臨界温度(発熱速度と系の冷却速度が唯一共通点を持つときの温度)から爆発するまでの時間(Δt_{crit})等を比較した。それぞれの温度や時間の関係を図5に示す。その結果、以下のことを明らかにした。

- Δt_{rec} は 20~75 分に分布しており、その時の発熱速度は、0.2~0.5 °C/min であった。このことから、人の五感で認知できるような状況では発熱速度が大きく、冷却が追い付かない可能性が高いと考えられた。
- Δt_{crit} は Δt_{rec} より長く、その時の発熱速度は 0.04

~0.30 °C/min であった。この発熱速度は人の五感で認知できない場合があり、取り扱っている反応の詳細挙動、除熱能力との関係の理解が必要と考えられた。

- 今回推定したパラメータは、ラボスケールでの暴走までの残り時間の推測などの際に問題となるスケールの効果、温度勾配の効果などを内包した値となっていると思われる。よって、過去の事故事例から同様の解析事例を積み重ねることにより、暴走までの残り時間を検討し、トラブル対処戦略を策定する際の助けになると考えられる。

JNIOSH「爆発火災データベース」において、化学工業や石油製品製造業など主に化学プロセスを利用する業種での事例約1000件を抽出し、どのような工程であったかの再分類を表1により行った。

②主な事象に対する影響度評価

粉じん爆発における被害、周辺影響について、安衛研の爆発火災データベースをもとに粉じん爆発のクラス St に対する死傷者数/件数を算出した。表2に1980年から2007年までの粉じん爆発災害における St クラスと人的被害の関係を示す。St 1 は弱い爆発であるが、件数は St 3 よりも多かった。一方、St 3 は件数こそは St 1 より少ないが、1件当たりの死傷者数



図4 模擬検知試験

[幅 0.708m×奥行き 0.708m×高さ 1.0m = 0.5m³]

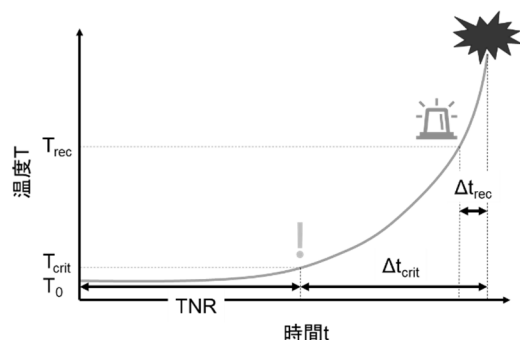


図5 TNR、 Δt_{rec} 、 Δt_{crit} 等の関係

表 1 工程の分類

大分類	小分類	細分類
連続運転	スタートアップ/定常運転/シャットダウン/試運転/再スタート/試験研究/その他	原料仕込み/原料追加/移送/払い出し/反応/分離/粉碎/混合/乾燥/加温/冷却/加圧/減圧/貯蔵・保存/蒸留・濃縮/清掃・洗浄/焼却・廃棄/サンプリング/なし/その他/不明
バッチ操作	正常操作/試験研究	
運転停止	定期検査/異常の点検/その他	
緊急操作	停電/緊急全停止/緊急部分停止/異常対処操作/その他	
建設修理	溶接溶断/塗装/資材運搬/解体/原料除去/組立/検査/交換修理/その他	
荷役作業	原料受入/製品払出/輸送中/その他	
その他/不明	その他/不明	

は多くなる傾向があり、1件当たりの死者数は顕著に多かった。

また、表 3 に 1980 年から 2007 年までの粉じん爆発災害における St 1 (弱い爆発) と St 3 (激しい爆発) を示す粉体での爆発装置等と件数を示す。激しい

表 2 粉じん爆発の St クラスと人的被害 (1980-2007)

St クラス	件数	死傷者数/件数	死者数/件数
1	95	2.09	0.311
3	37	3.56	0.875

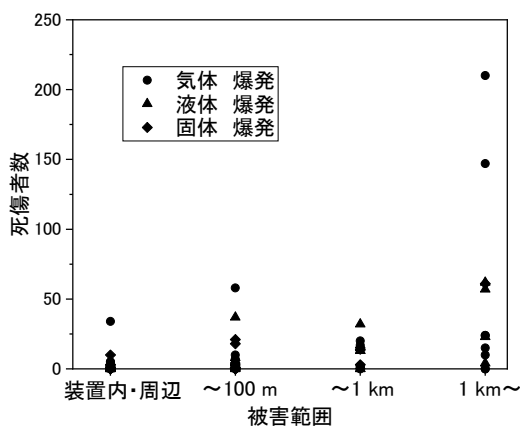


図 6 爆発の事例における被害範囲と死傷者数との関係

表 3 St 3 の粉体での爆発装置等と件数 (1980-2007)

装置等	件数	割合 (%)
集じん機、集じんダクト	21	50.0
破碎機、粉碎機	7	16.7
乾燥設備、混合器、反応槽	5	11.9
移送装置 (コンベヤなど)、輸送車両	2	4.8
研磨機	1	2.4
貯蔵容器など	3	7.1
室内	3	7.1
合計	46	100

爆発である St 3 クラスの粉じん (アルミニウムやマグネシウム) の爆発 46 件について、爆発した装置が集じん設備 50%、破碎機 16.7% であり、いずれも耐圧性のない装置であることから、開口発生時の初期圧力が低く、飛しょう物の初期速度も小さいため、被害が広範囲に及ばないことを推測した。

さらに、爆発拡大の主な要因が装置や工場での粉の堆積であることを、事例を挙げて考察した。

また、貯槽等の化学設備で発生した爆発・火災災害に着目し、災害の原因物質の性状 (気体、液体、固体) 及び生じた現象 (火災、爆発) と、被害状況 (爆発・火災が生じた箇所・装置内およびその箇所から 10 m 程度 (以下、装置内・周辺) の範囲、その箇所から 100 m までの範囲、1 km までの範囲、1 km 以上の範囲) を文献等により調査し、相関性の有無を検討した。図 6 に爆発の事例における被害範囲と

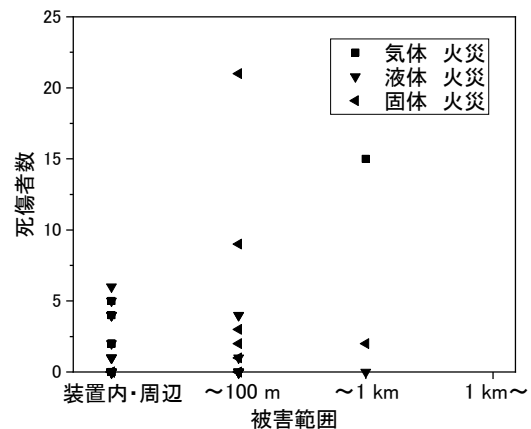


図 7 火災の事例における被害範囲と死傷者数との関係

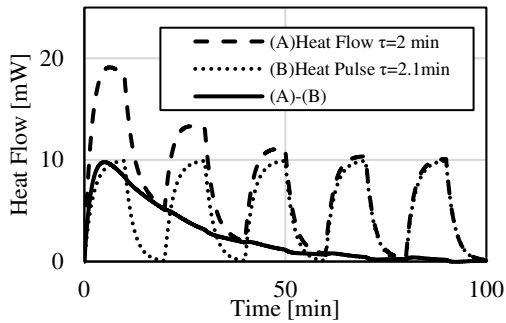


図8 伝熱遅れを考慮した熱流束の計算結果

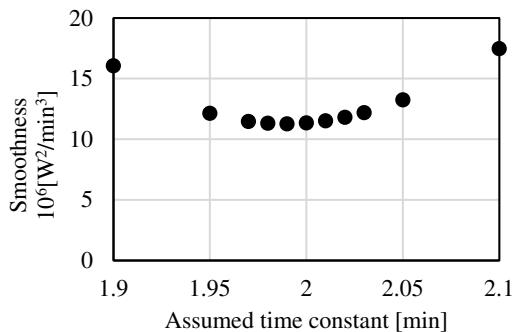


図9 仮定した時定数と滑らかさとの関係

死傷者数との関係、図7に火災の事例における被害範囲と死傷者数との関係を示す。

図6と7から、被害範囲が大きい事例ほど多数の死傷者数となる傾向が見られた一方、装置内・周辺で被害が留まる事例でも死傷者数はなくなっていなかった。これは、比較的小規模な爆発・火災でも作業員が受傷する可能性があることを示唆している。被害範囲が装置内・周辺に留まる事例での被災の原因を記載内容から調べた結果、爆発時に生じた火炎等や噴出した火炎等による火傷・熱傷によるものが多かった。それらによる被災を防止するためには、火炎が生じる可能性がある装置等の周辺に近づく際には、耐火・耐熱性の保護具を着用することが望ましいと考えられる。

③ 発熱性に関するデータ(比熱・熱流束)を的確に測定するための装置等の試作

反応が生じる系内物質の比熱を正確に測定する手法の開発を目的として、断熱熱量計の補償ヒーター電流値等を抽出するための回路、測定システムを改良し、補償ヒーター加熱パルスの測定を行った。その結果、試料側補償ヒーターと参照側補償ヒーターの間で、パルスカウントの差が明確に表れた。この差は、その温度上昇までの比熱積分値に相当する。同様の測定をブランク(試料のない状態)と、既知比熱物質について行い、データを得ることにより、ヒート

パルスと比熱の換算値を得られる。それらの測定を今後実施予定である。

また、熱量計による熱流束測定時において、伝熱遅れを補正した熱流束をその場で取得できる手法の検討を行い、反応中にヒートパルスを入れ、ヒートパルスによる熱流束が正しく除去できる時定数を解析することにより、その場補正ができる可能性を示した。その時定数は、熱流束のゆがみの大きさを関数の滑らかさとして扱い、その滑らかさが極小値となる点を求めることにより得ると考えられた。

その手法の理論的な妥当性を検討するために、仮想的な発熱反応にヒートパルスを入れた熱流束のシミュレーションを実施した。図8に、時定数2.1minを仮定して、伝熱遅れを考慮したヒートパルスの熱流束を点線で、計算した模擬的に計測された熱流束から、伝熱遅れを考慮した場合のヒートパルスの熱流束を引いたものを実線で、同時に示す。異なる時定数を用いたため、引き算した熱流束はヒートパルスの立ち上がり/下がり部分でゆがんでいる。

この熱流束を基にして、複数の時定数を仮定した計算を行い、その関数の滑らかさが最もよくなる時定数を探索した。その仮定した時定数と滑らかさとの関係を図9に示す。2.0minより若干小さい値で極小を持っているが、これは反応自体の熱流束が時定数を小さくすることで平滑化されたことを反映している。以上から図形的な取り扱いである滑らかさを指標とすることで、時定数を決定できることが分かった。

【研究業績・成果物】

【著書・単行本(英文、和文)】

- 1) 八島正明(2019) (一社)日本粉体工業技術協会 粉じん爆発委員会編粉じん爆発・粉体火災の安全対策(分担執筆). オーム社, pp.3-25, pp.3-25, 49-57, 174-183, 196-199, 292-296, 324-333.

【解説ほか】

- 1) 八島正明(2019) 産業現場における爆発・火災に関する一連の研究. 火災, Vol.69, No.4, pp.3-6.
- 2) 八島正明(2019) 粉じん爆発・火災とその防止策. エアロゾル研究, 34(3), pp. 159-166.

【国内学術集會】

- 1) 八島正明(2019) マグネシウム小片の燃焼性に及ぼす着火源の影響. 第136回春期大会講演概要集, 軽金属学会, pp.415-416.
- 2) 八島正明(2019) 水酸化マグネシウムを添加したマグネシウム粉体層に沿った燃え拡がり. 2019年度春季研究発表会講演要旨集,

- pp.102-105.
- 3) 西川慎太郎, 熊崎美枝子, 大塚輝人, 白川真一, 出雲充生(2019), 機械学習を用いたホットスポット予測手法の検討. 安全工学シンポジウム 2019, pp.332-333.
 - 4) 八島正明(2019) 粉じん雲中を対向伝ばする火災の挙動. 第 57 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp.P214-1 - P214-2.
 - 5) 八島正明, 大塚輝人(2019) 水素化マグネシウム粉じんの爆発・火災特性について. 第 52 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.163-166.
 - 6) 八島正明(2019) 粉体層の燃え拡がり時に発生するガス蒸気の着火性. 第 52 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.203-206.
 - 7) 西川慎太郎, 熊崎美枝子, 白川真一, 三角隆太, 今井俊之介, 大塚輝人(2019), CFD データを利用した機械学習による早期異常検知手法の検討. 第 52 回安全工学研究発表会, pp.59-60.
 - 8) 水谷高彰, 八島正明(2019) 産業現場での爆発・火災におけるモニタリング方法の問題点について. 安全工学シンポジウム 2019, pp.334-355.
 - 9) 水谷高彰, 斎藤寛泰, 八島正明(2019) 木材等有機物の爆発・火災初期におけるからガス発生特性. 第 52 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.199-202.
 - 10) 八島正明(2019) 粉体を扱う貯槽等での火災の検知, 産業・化学機械と安全部門 研究発表講演会 2019 冬ー安全・安心な産業・化学機械システムの構築ー. 日本機械学会, pp.10-14.
 - 11) 佐藤嘉彦(2019) 事故事例からの復帰不能時間(TNR)の試算. 安全工学シンポジウム 2019 講演予稿集, pp. 328-329.
 - 12) 大塚輝人, 佐藤嘉彦(2019) 熱流束測定時の伝熱遅れの補正法. 安全工学シンポジウム 2019 講演予稿集, pp. 336-337.
 - 13) 佐藤嘉彦(2019) 貯槽等で発生した爆発・火災における原因物質・現象と被害状況との関係の調査. 第 52 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 3-4.
 - 14) 八島正明(2019) 粉じん爆発における被害・周辺影響について. 第 52 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 187-190.

【講演】

- 1) 八島正明(2019) 先端産業における粉じん爆発危険性と安全対策. 粉体工業展大阪 2019, 粉じん爆発情報セミナー(10月16日, 大阪).

(4) 帯電防止技術の高度化による静電気着火危険性低減に関する研究【4年計画の1年目】

三浦 崇(電気安全研究 G), 崔 光石(同), 遠藤 雄大(同),
長田裕生(春日電機株式会社), 鈴木輝夫(同),
松永武士(産業安全技術協会), 吉原俊輔(同),
櫻井宣文(旭サナック株式会社), 白松憲一郎(同)

【研究期間】 令和元～4年度

【実行予算】 14,910千円(令和元年度)

【研究概要】

(1)背景(行政的・社会的ニーズなど)

静電気による「火災」「爆発」「高温・低温物との接触」などの静電気災害発生件数は、製造業(雇用者数は産業全体の18%)が全産業の76%(=25/33)を占めている。また、火災や爆発は死亡災害につながりやすい。可燃性物質や粉じんを取り扱う事業場、また管轄する監督署においても、このような災害の防止は重要な課題である。しかし、静電気は危険性の可視化が難しく、対処が困難でもあるため、事業場・監督署の両者からの災害防止に関する問合せがあり、行政的にも社会的にも当研究所発の情報のニーズが高い。静電気災害発生の傾向と課題について次に述べる。

近年(平成14-28年)では危険物施設火災の着火原因として静電気放電が2割弱で最多であり、出火原因物質の約半数が第4類危険物(可燃性液体)で占められていた(消防白書)。よって、静電気と可燃性液体の組み合わせの災害発生危険性は高い状況と言える。加えて、危険物施設の数減少傾向にあるが火災発生件数は微増傾向にあり(消防白書)、火災の発生率は増加傾向と言える。また季節性に関しても、静電気による障害・災害は季節とあまり関係なく(10-3月15件、4-9月17件:平成18-26年死傷病報告抽出データベースによる)年間を通して発生している。静電気災害は製造現場の環境(空調除湿環境、超高速運動、高絶縁物性、着火性液体・粉じん取扱業務)の影響が大きいと考えられる。

しかし、逆に言えば製造工程や環境を見直すことで危険性の低減(未然防止や再発防止)は十分に見込まれる。当研究グループのこれまでの成果である噴出帯電低減対策やガス制御による静電気抑制手法についてさらに研究を進め、低速輸送法、接地法、加湿法などの従来技術に新技術を加えることで、帯電防止技術を高度化することが必要である。

また製造業は世界的に激しい競争の中にあり、革新的な技術が生み出される一方で、危険性の高まりも注視しなければならない。静電塗装技術はその一例であり、表面処理において塗料の節約や仕上がり

の美しさから最も優れており、今後ますます広がる傾向にある一方で、同時に(静電気発生も含む)高電圧と可燃性溶剤の組み合わせから火災・爆発の労働災害も起きている。しかし現在、(特に海外製品の)静電塗装機に関する安全性を評価する手段(規格など)が国内では具体化されていないという問題がある。非接地・接地不良(静電気火災の7割にも及ぶ)の排除や高電圧放電による電磁ノイズ(EMC)障害も含めて検討しなければならない。

第13次労働災害防止計画では、計画の重点事項の第1番目として死亡災害の撲滅を目指した対策の推進(p10)をあげており、重篤な災害の防止対策(p13)が具体的取組としてあげられている。火災や爆発では、件数は相対的に少ないが、感電と並んで、死傷災害の中で死亡災害が占める割合が高い(火災:11%、感電11%、爆発9%、全体平均0.81%、平成29年労働災害統計確定値より算出)災害である。火気厳禁の中で起こる火災爆発災害の着火源は静電気の可能性が高く、これを抑制する技術の開発と普及は死亡災害の撲滅に寄与するものである。

また、技術の普及には効果の確実性(科学的根拠等)が得られていることが重要である。静電気発生の基礎的なメカニズムを解明し、静電気低減技術の信頼性を高めることで、技術的指針や関連規則への反映等が期待され、科学的根拠、国際動向を踏まえた施策推進にも寄与するものと期待される。また、静電塗装機に関する国外指針調査等により、国際動向を注視することも求められている。

(2)目的

本研究課題は、静電気着火危険性低減に直結する新技術の開発や既存技術の高度化を進め、それらの方法を科学的に検証し確定させることが目的である。これまでに電気安全研究グループでは液体帯電測定、摩擦帯電測定、粉体帯電測定の信頼性の高い基礎技術取得、電気防爆や静電気に関する指針の策定などに努めてきた。これらのポテンシャルを最大限に活用し、背景で述べた静電気災害防止における着火危険性低減という課題に対して、次の3つの目標掲げる。

- 可燃性液体の輸送に伴う帯電・放電特性の解明と液体帯電低減手法の開発

- 気体雰囲気静電気が与える影響の解明と固体帯電量低減手法の開発
- 静電気着火危険性のある機器に対する総合的に安全性を評価する手法の開発

(3)方法

先述の3つの目標に対し、対応するサブテーマを展開してプロジェクト研究を実施する。

- サブテーマ 1「可燃性液体の静電気災害防止に関する研究」(代表者:遠藤研究員)
- サブテーマ 2「雰囲気気体制御による静電気抑制技術の開発」(代表者:三浦研究員)
- サブテーマ 3「静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究」(代表者:崔研究員)

研究所と技術協会・民間業者・業界団体等と連携して共同で研究を推進する計画である。また、各サブテーマの研究結果のマッチングを行い、融合して生まれる新手法や新たな応用についても常に検討する。

(4)研究の特色・独創性

研究計画は、原因調査を担当した火災事故の発生状況、当研究所に寄せられた産業現場におけるヒヤリハット情報をもとに立案するため、その成果は産業現場の事故防止に直結したものとなる(サブテーマ 1)。従来の加湿による静電気除去とは違い、ガスを工夫すれば完全乾燥であるにも関わらず静電気を抑制できる技術は国内外でまだ知られていないため、当研究所が先んじて技術の確立を目指す(サブテーマ 2)。国内では具体化されていない可燃性溶剤を使用する静電塗装機の着火に関する安全性評価する手段(実験装置・方法、規格など)、接地不良の計測、電磁ノイズ耐性に関して技術の高度化を図ることで、総合的な安全性評価手法を開発する(サブテーマ 3)。

静電気着火危険性低減という課題に対し、従来手法の高度化と新手法の開発を織り交ぜた計画となっており、総合力を備えた戦略的研究である。

【研究成果】

本研究の各サブテーマにおける成果は以下の通りである。

(1)サブテーマ 1:

液体がノズル等から噴出し、液滴を形成するような場合、液体とノズルの双方が噴霧・噴出帯電という静電気帯電現象により数 kV の高電位になり、可燃性混合気に対して着火性の静電気放電(火花放電)を発生する危険性がある。また、常温では着火しない高引火点の液体が噴霧されてミスト状になった場合、引火点以下の環境でも着火することが知られている。

現在までに、噴霧帯電については、どのような液体が、どのような条件で、どの程度帯電するのか、十分に解明されていない状況にある。一方、ミストの着火性についても最小着火エネルギーは十分に調査されており、その着火危険性は十分に把握できていない。

本年度は、液体噴霧工程における静電気火災の危険性について検討するために、ノズル等からの液体噴霧時の帯電特性、噴霧されてミスト状になった高引火点の可燃性液体の着火性について実験により調査した。



図 1 噴霧帯電量測定用実験装置

図 1 の実験装置を用いて、各種液体を様々な条件で噴霧し、その時の帯電量を測定した結果、特に酢酸エチルが大きく帯電することが確認された。また、帯電量はノズルの材質にも依存し、ステンレス製よりも PTFE 製ノズル使用時に 10 倍程度大きく帯電した。これ以外にも、噴霧時のノズル内流速が大きいほど帯電量が大きくなることを確認できた。酢酸エチルの帯電量が大きくなる原因については、引き続き検討する。

ミストの着火性については、高引火点液体である灯油を超音波ミスト発生器でミスト化し、火花放電を着火源とした場合の着火エネルギーを測定した。その結果、ミスト濃度が一定以上になると、1 mJ 以下の小さなエネルギーの火花放電でも着火することが確認できた。労働現場において、1 mJ 程度の静電気放電は容易に発生するものであり、高引火点液体であっても噴霧時には十分な対策が必要である。

(2)サブテーマ 2:

静電気の除電方法として、接地と加湿が一般的である。しかし、これらの方法がどれも対応しにくい状況も存在する。これまでの研究により、摩擦の雰囲気(ガス種とその圧力)が帯電の緩和の大きさに影響することを突き止め、アルゴンガスの帯電緩和効果が乾燥した空気などと比べて桁違いに大きいことが明らかになった。

これまで電気安全研究グループで研究されてきたイオン照射法も有効であり、開発・普及の段階にあるが全ての対象に対して万能とは言えない。静電気対策では、多種多様な危険性低減手法が必要であり、雰囲気制御はその選択肢の一つとなりうる。

基礎的な実験は、ディスク形状の試料とピンとのすべり摩擦によって行った。実験装置を図 2 に示す。例えば、石英ディスクとステンレスピンのすべり摩擦によって発生したステンレスピンの帯電量の時間変化を測定した結果、ステンレスが正に帯電し、石英表面が負に帯電した。これを真空中で行うと、ディスクが 1 回転したときの電荷の分離量は+9.5 nC に達したが、大気圧の窒素 (N₂) では+2.8 nC であった。これは、静電気放電が発生しない真空中に対し、大気圧窒素中では摩擦とともに接点付近で微弱な静電気放電が発生し、帯電が緩和したためである。本来発生した静電気に対して、約 30%が残留したということになる。

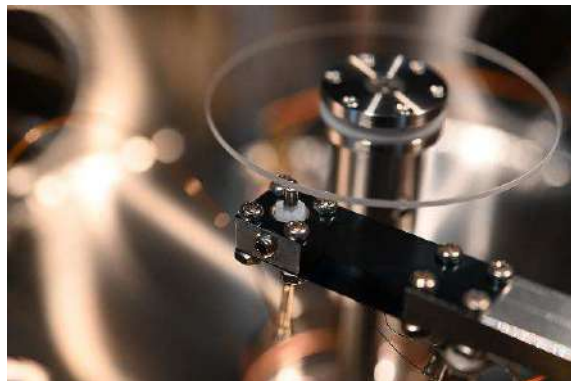


図 2 ディスクとピンの摩擦実験装置

放電による緩和がない真空中での帯電量を 100% とすると、アルゴン中では、帯電は 0.4~2%、窒素中では 25±10%となった。乾燥空気中では、40%程度、気温 27℃で相対湿度 66%の空気中では 30%程度となっており、アルゴンガスは初期の放電によって静電気を緩和する効果が高いことが明らかになった。

アルゴンと窒素の混合気体ではアルゴンの分圧比が高いほど帯電量が下がることが分かった。純度が低いアルゴンガスでも、その度合いに応じた摩擦帯電緩和が期待できる。

ネオンガスでも実験を行い、アルゴンガスと同様の大きな帯電緩和効果が確認された。真空中に対するネオン中での帯電残留率は約 2.5%であった。

この放電緩和が接点付近で起こっていることは明らかになっていたが、詳しい緩和のメカニズムが不明であった。顕微鏡により摩擦中の放電発光の分布を測定した結果、ステンレスと石英の間で発生する放

電に加え、石英の帯電面に沿って起こることが確認され、帯電緩和の特性が明らかになってきた。

接点の大きさを測定した結果、真空中における石英表面の摩擦帯電電荷密度は、 $7 \times 10^{-4} \text{ C/m}^2$ であった。これより、静電気による電界強度を推定すると、 $4 \sim 8 \times 10^7 \text{ V/m}$ となり、気体放電が発生する原因が確認された。

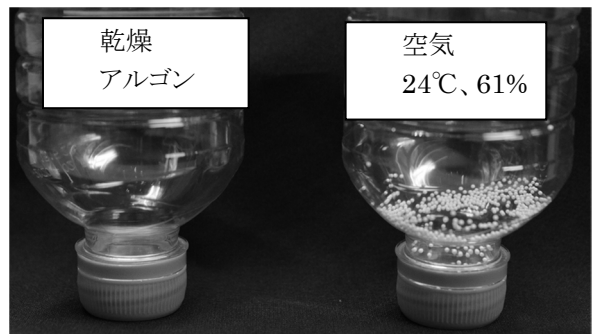


図 3 アルゴンと空気の帯電緩和の違い



図 4 乾燥空気を封入して攪拌した結果



図 5 アルゴンガスを封入して攪拌した結果

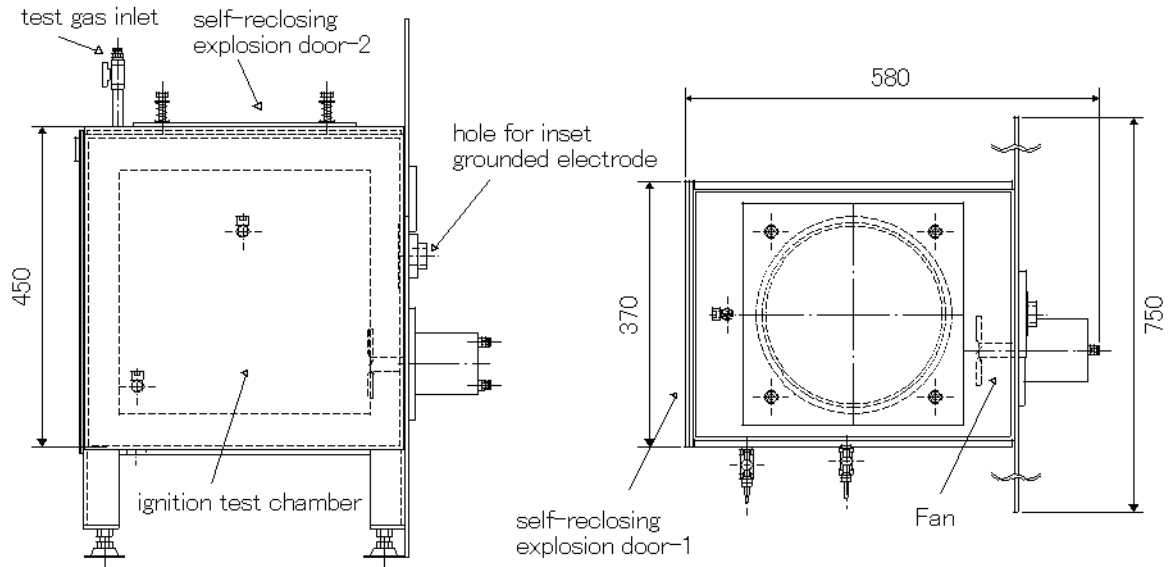


図 6 爆発容器の概略図

内部をよく乾燥したペットボトルにアルミナ球(直径 1 mm)と気体を封入し、激しく振った後の写真を図 3 に示す。24℃、湿度 61% の湿気のある空気を封入したボトル(右)では球がボトルの内壁に付着しているが、アルゴンで満たしたボトル(左)では付着せずに全て底部に落ちた。絶縁体間でもアルゴンの帯電緩和効果が認められた。

ペットボトルにアルミナ球と乾燥空気を封入し、攪拌機により回転数 56 RPM にて 1 分間連続で回転した結果を図 4 に示す。アルミナ球を取り出してファラデーケージで電荷量を測定した結果、 $+7 \mu\text{C/kg}$ であった。同様にアルゴンで封入した場合、図 5 のように、回転中でも球は内壁に張り付かない様子であった。電荷量は $+0.4 \mu\text{C/kg}$ であった。なお、封入する前のアルミナの電荷量は $-0.08 \mu\text{C/kg}$ であった。

アルゴンガスによる電荷量の低減は様々な条件に依存すると考えられるため、引き続き詳しく研究する予定である。

(3)サブテーマ 3:

静電塗装設備は高電圧の使用による着火性静電気放電、被塗装物体(導体)の接地不良、電磁ノイズ(EMC)による誤動作などによる火災・爆発の危険性がある。本研究においては、これらの危険性を防止するため、次の 4 つの研究項目の評価、新手法の開発などを行う。

項目 1: 「静電塗装機の着火に関する安全性評価」

静電塗装機における可燃性溶剤への着火性静電気放電の評価を行うと共に防爆構造化に関する試験方法を確立する。

項目 2: 「ハンディタイプ接地確認機器の開発」

静電塗装現場における被塗装物体(導体)などの接地状態を容易に確認できるようなハンディタイプ接地確認機器を開発する。

項目 3: 「安全機器・センサ用電気機器の電磁ノイズの影響評価」

静電塗装機で使用する安全コントローラ、静電気関連センサなどのイミュニティに関する測定を実施する。

項目 4: 「サイロ内での静電気放電の現象の解明とその危険性評価」

帯電した粉体をサイロ内に投入する際、発生する静電気放電を可視化、その危険性の定量的な分析を行う。

以下に研究成果を項目ごとに述べる。

項目 1: 本研究で製作した爆発容器(図 6)を用いて、静電塗装ガン(7 種類)の着火危険性を評価したところ、再現性に優れた結果が得られ、その妥当性が確認できた。静電塗装ガンにおける、定電流保護回路・過電流遮断回路の安全機能装置が着火爆発防止に有効であることも確認できた。

項目 2: ハンディタイプ接地確認装置を試作し、その基礎特性を調べた。本接地確認装置は、先端プローブを押し込んでコンデンサと接触することで、測定対象の接地状態が測定用コンデンサの端子間

電圧の変化(電荷分割法)によって簡単に確認できることがわかり、本装置の有効性が確認できた。

項目 3: IEC 規格のイミュニティ試験にクリアした市販用静電ハンドガン及び静電塗装コントローラを電波暗室内に設置し、規格外の強い電界強度・周波数を照射し誤作動の有無を確認した。結果によると、特定の周波数(90 MHz、170 MHz)における性能低下はみられるものの、全ての実験の条件で誤動作は見られなかった。このことから、今回使用した静電ハンドガン及び静電コントローラは、耐ノイズ性が非常に優れていることが確認された。

項目 4: サイロ内に粉面レベル測定器、センサ類が突起物として存在することを仮定し、直径が異なる接地金属球を取り付け、粉体を投入中(ポリプロピレン、約 400kg、循環式)の静電気放電分析実験を行った。突起物の直径が大きくなるほど、静電気(ブラシ)放電の発光が強くなり、突起物の直径が 3cm 以上ではサイロ中心に向かってストリーマ状に放電が進展していることが明確に確認された。

【研究業績・成果物】

[原著論文・総説(査読付き)]

- 1) Kwangseok Choi, Tomonori Kato and Wookyung Kim (2019) Experimental study on the electrostatic characteristics of L-isoleucine powder. Powder Technology, Volume 347, pp. 125-129.
- 2) Wookyung Kim, Takuya Soga, Tomoyuki Johzaki, Takuma Endo, Tomonori Kato and Kwangseok Choi (2019) Minimum Ignition Energy and Minimum Explosible Concentration of L-Isoleucine and Glycine Powder. Powder Technology, Vol.347, pp. 207-214.
- 3) Wookyung Kim, Takuma Endo, Tomonori Kato, Hitoshi Tsuchiya, Kwangseok Choi (2019) Ignition characteristics of amino acid powders. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 62, Article 103976.
- 4) 崔光石,遠藤雄大,鈴木輝夫 (2019) ポリプロピレン粉体充填時に貯蔵槽内で発生する静電気現象. 労働安全衛生研究, Vol. 12, No. 3, pp.181-187.
- 5) 長田裕生, 鈴木輝夫, 崔湖壽, 崔光石 (2019) 内圧防爆型静電界センサの開発. 静電気学会誌, Vol.43, No.2, pp. 90-91.

[解説等(査読なし)]

- 1) 遠藤雄大, 崔光石(2019) 液体・粉体取り扱い工程における静電気災害対策, 火災, vol.69 4, pp.29-34.

- 2) 崔光石, 遠藤雄大(2019) 粉体取り扱い時の静電気現象および着火防止. 静電気学会誌, vol.43, no.6, pp.244-248.

- 3) 長田裕生, 崔光石, 鈴木輝夫(2019) 静電気障災害防止のための除電技術. 日本火災学会誌, Vol. 69, No.4, pp. 35-39.

- 4) 三浦崇(2019) 高真空下での静電気現象-大気圧から真空に至るまでの摩擦帯電について. 静電気学会誌, Vol.43, pp. 56-58.

特別講演等

- 1) 遠藤雄大(2019) 静電気帯電防止用品の選定と使用方法(研究所訪問). 2019 年度安全衛生専門講座 第33回 静電気安全対策コース(中災防), 東京 (2019 年 9 月)

- 2) 遠藤雄大(2019) ワークショップ「安全工学と安全工学会の将来をデザインする」. 第52回安全工学研究発表会, 新潟 (2019 年 11 月).

- 3) 崔光石(2019) 中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター, 静電気安全対策コース「静電気災害・障害の実例と対策」(2019 年 9 月).

- 4) 崔光石(2019) 静電気学会講習会 静電気障災害の実例と対策「粉体輸送設備のサイロ内で発生する静電気帯電・放電現象」(2019 年 11 月)

[国内外の研究集会発表]

- 1) Yuta Endo (2019) Conductivity dependence on spray electrification. APSS 2019, Dalian.

- 2) Kwangseok Choi (2019) Experimental study on the effect of metal protrusions inside silos on electrostatic discharges. 9th International Granulation Workshop, Lausanne.

- 3) Kwangseok Choi (2019) Experimental study on the electrostatic characteristics of L-Isoleucine powder. 9th International Granulation Workshop, Lausanne.

- 4) Kwangseok Choi (2019) Charging behavior of glass beads using a spiral air type tribocharging apparatus that utilizes a Faraday cup. APSS2019, Dalian.

- 5) Kwangseok Choi (2019) Experimental study on the effect of metal protrusions inside silos on electrostatic discharges. APSS2019, Dalian.

- 6) Wookyung Kim, Takuya Soga, Tomoyuki Johzaki, Takuma Endo, Kwangseok Choi (2019) Pyrolysis, Ignition and Explosion of Amino Acid Powders. APSS2019, Dalian.

- 7) Takashi Miura (2019) Electrostatic Energy Dependence of Spectral Radiation Distribution of Spark Discharge in Air. 2019 Annual Meeting of

- the Electrostatics Society of America, . Rochester, NY.
- 8) 遠藤雄大(2019) 有機溶剤の噴霧帯電と導電率の関係. 安全工学シンポジウム 2019, 東京
 - 9) 遠藤雄大(2019) 有機溶剤噴霧による 2 流体ノズルの帯電. 第 43 回静電気学会全国大会, 熊本.
 - 10) 遠藤雄大(2019) 有機溶剤の噴霧帯電量と各種条件の関係. 第 52 回安全工学研究発表会, 新潟.
 - 11) 崔光石, 長田裕生, 遠藤雄太, 鈴木輝夫 (2019) 粉体用サイロ内の突起物から発生する静電気放電. 2019 年度火災学会研究発表会, 2019 年度研究発表会概要集, pp. 272-273.
 - 12) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2019) 粉体連続投入におけるサイロ内の突起物からの静電気放電. 第 43 回静電気学会全国大会, 予稿集, pp.217 -218 .
 - 13) 加藤智規, 土屋仁志, 崔光石, 金佑勁 (2019) アミノ酸粉体の静電気放電による着火性評価. 第 43 回静電気学会全国大会, 予稿集. pp. 215-216.
 - 14) 崔光石, 柳田健三, 白松憲一郎 (2019) 静電塗装ガンの着火安全性評価方法の試み. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集. pp.75-76.
 - 15) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫(2019) 粉体連続投入におけるサイロ内の突起物からの静電気放電. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp.177-178.
 - 16) 槇田英範, 松永武士, 吉原俊輔, 崔光石(2019) 漏電遮断器における放射イミュニティ試験. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp.155-158.
 - 17) 長田裕生, 鈴木輝夫, 崔光石(2019) ハンディータイプ接地確認装置の開発(その1). 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp.67-68.
 - 18) 安樂敏志, 金佑勁, 城崎知至, 遠藤琢磨, 崔光石 (2019) 分枝鎖アミノ酸/プロパン/空気のハイブリッド混合物の爆発限界. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集. pp.85-88.
 - 19) 三浦崇(2019) 発光スペクトル測定による静電気火花放電エネルギー推定の研究(11-4). 安全工学シンポジウム 2019 講演予稿集, pp362-363.
 - 20) 三浦崇(2019) 針-球面電極間の空气中静電気火花放電発光スペクトル分析(3-A-a1-1). 令和元年 電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 講演論文集, pp.36.
 - 21) 三浦崇(2019) 静電気火花放電の電位差・距離・分光の同時測定(13pD-2). 静電気学会, pp.225-226.
 - 22) 三浦崇(2019) アルゴン雰囲気での摩擦帯電緩和現象の観測(18p-C206-4). 第 80 回応物理学学会秋季学術講演会, 予稿集 pp.01-041.
- [特許]
- 1) 除電機構とその除電機構を用いた接地確認装置, 令和元年 9 月 26 日(特願 2019-175121).
 - 2) 静電容量測定装置, 令和元年 11 月 25 日(特願 2019-212138).

(5) 建築物の解体工事における躯体の不安定性に起因する災害防止に関する研究【4年計画の2年目】

高橋 弘樹(建設安全研究 G), 大幢 勝利(研究推進・国際 C), 高梨 成次(建設安全研究 G),
日野 泰道(同), 堀 智仁(同)

【研究期間】 平成 30～令和 3 年度

【実行予算】 19,000 千円(令和元年度)

【研究概要】

(1)背景

建築物の老朽化、都市の再開発、自然災害の復旧等により、各地で解体工事が行われている。解体工事に伴う労働災害も少なからず発生していると考えられ、建築物の解体工事における労働災害の調査を行った。その結果、平成 17 年から平成 26 年の建築物の解体工事における死亡災害は、建設業の死亡災害の約 7%を占めていることが分かった。建築物の解体工事における死亡災害のうち、最も件数が多かったのは、図 1 に示すように、墜落・転落であり、次いで崩壊・倒壊が多かった。この 2 つの災害で、建築物の解体工事における死亡災害の約 72%を占めていた。また、建築物の解体工事における死亡災害の多くは、小規模の事業場で発生していた。これらのことから、建築物の解体工事における死亡災害を減少させるためには、小規模の事業場における墜落・転落および崩壊・倒壊に関する災害の防止対策を検討する必要があると考えられる。

このような状況もあり、第 13 次労働災害防止計画において、墜落・転落災害防止対策の充実強化を実施すること、ならびに、解体工事における安全対策を推進することが示されているところである。(墜落・転落災害について)

解体を含めた建築工事において、死亡災害の多くは墜落に起因している。直近の厚生労働省の災害資料によると、その原因の 95%以上は「墜落制止用器具(安全帯)の不使用」である。墜落制止用器具の不使用の要因としては、墜落制止用器具の掛け替え作業の多さに伴う使用者の使用忘れ、省略作業のほか、そもそも適切な墜落制止用器具の取付設備が現場で計画・設置できていない等がある。解体工事においては、解体中に躯体が不安定になることもあり、不安定になった躯体に墜落制止用器具の取付設備を設置しても、躯体の強度が不明なため、安全に墜落阻止できるか分からない。

このような問題を解決するためには、墜落制止用器具の掛け替えを大幅に低減し、躯体が不安定な場合でも使用できる実用的な墜落制止用器

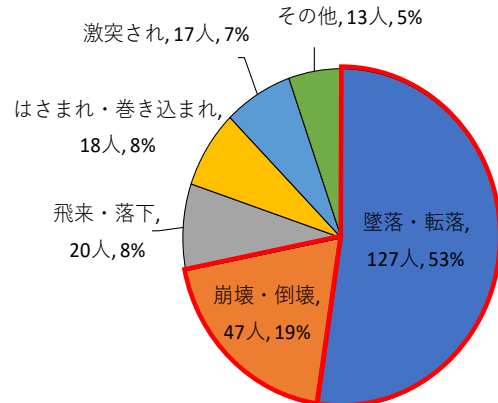


図 1 平成 17 年から平成 26 年の建築物の解体工事における死亡災害の発生状況(事故の型別)

の取付設備を考案すると共に、その工法の適切な使用方法について明らかにする必要がある。

(崩壊・倒壊災害について)

崩壊・倒壊災害においては、鉄筋コンクリート造や鉄鋼造の外壁の倒壊に起因する災害が多く見受けられた。解体工事現場において外壁を解体する場合、転倒工法と呼ばれる工法を用いることが多い。転倒工法とは、壁や柱の下端の一部を切削して、外壁を倒しやすくしてから、ワイヤーロープ等で引き倒す工法である。転倒工法において、壁や柱の一部を切削することを、縁切りと呼んでいるが、安全に作業を行うための縁切り量等の具体的な基準はなく、どの程度縁切りして良いのか分かっていない。このため、縁切り作業中に外壁が不安定になって倒壊し、作業員が下敷きになるという災害が発生している。縁切り作業においては、不安定になった外壁の倒壊範囲に作業員が立ち入ることも災害の原因と考えられる。

作業効率を考慮しながら災害を減らすためには、転倒工法において、縁切り量と外壁の安定性の関係を力学的に評価すると共に、不安定になった外壁の倒壊範囲に作業員が立ち入らない、安全な外壁の倒壊防止方法を確立することが必要と考えられる。

(2)目的

本研究では、建築物の解体工事における躯体の不安定性に起因する死亡災害を減少させるため、災害件数の多い、墜落・転落および崩壊・倒

壊に関する災害防止について、以下のようなサブテーマを設けて検討する。

(サブテーマ 1)

課題名: 建築解体工事における新しい墜落防止工法に関する検討

目的: 躯体が不安定な場合でも使用可能な、新しい墜落防止工法の安全性等について明らかにする。

(サブテーマ 2)

課題名: 外壁の倒壊災害防止に関する検討

目的: 外壁を転倒させる工法について安全性を評価すると共に、安全な外壁の倒壊防止方法を検討する。

(3)方法

(サブテーマ 1)

- ・当該工法で使用する適切な墜落制止用器具の構造等に関する検討を行う。具体的には、昨年度に引き続き、実物大実験による検討を行う。
- ・当該工法で使用する適切な安全ブロックと併用するショックアブソーバーの効果について実験的検討を行う。
- ・当該工法の総合評価と具体的な使用方法について検討し取りまとめる。

(サブテーマ 2)

- ・外壁の転倒工法における縁切りと外壁の安定性の関係性を評価する。外壁の構造は災害件数の多い、鉄筋コンクリート造等を対象とし、実験と計算により検討する。
- ・不安定になった外壁の転倒を防止するため、仮設部材を用いた安全対策等を実験により検討する。

(4)研究の特色・独創性

建築物の解体工事における墜落・転落および崩壊・倒壊に関する災害防止について、工学的に研究をすることに特色・独創性がある。

(サブテーマ 1)

墜落制止用器具の掛け替え作業を大幅に軽減する工法の提案を目指すものであり、独創性は高いと考える。

(サブテーマ 2)

明確になっていない外壁解体の安全性の評価を行い、安全な外壁の解体方法を示すことを目的としており、独創性は高いと考えられる。

【研究成果】

(1) サブテーマ 1:

今年度は、昨年度に引き続き、安全ブロックを用いた工法の可能性を検証するため実物大試験

を行うとともに、ショックアブソーバーの併用の方法やその効果などについて実験的検討を行った。

b) 実験概要(実物大実験)

安全ブロックを用いた工法の可能性を検証するため実物大試験を行った(なおこの試験は、建設業労働災害防止協会の事業の一環として、当研究所、安全帯メーカー、住宅メーカーが協同して実施した)。図 2 に実験の様子、図 3 に実験概要を示す。



図 2 実験の様子

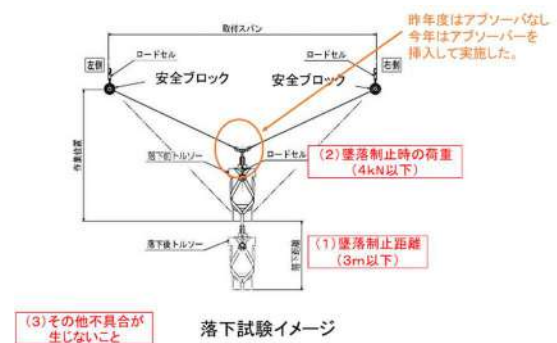


図 3 実験概要

実験は、四方に仮設足場を設置し、向かい合う足場両端に安全ブロックを取り付け、ハーネス型安全帯を着用させた人体ダミーと連結させて、落下させ、墜落阻止時の衝撃荷重と落下距離を測定した。

主な検証内容としては、衝撃荷重がいわゆるタイプ1と呼ばれるショックアブソーバの最大衝撃荷重である 4kN 以下にとどまるかどうかと、落下距離が 3m 以下(2 階床上と地面までの距離、あるいは小屋梁上から 2 階床上までの距離として、3m 程度と推測される)であるかに注目した。昨年度との違いは、ショックアブソーバーの有無、ショックアブソーバーの設計荷重(3kN, 4kN)、頭つなぎ(足場頂部に水平材を設けて水平剛性を高めるもの)の有無などである。

実験結果を図 4 に示す。墜落阻止時の衝撃荷

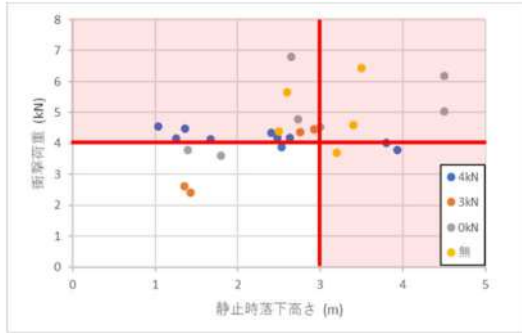


図4 実験結果

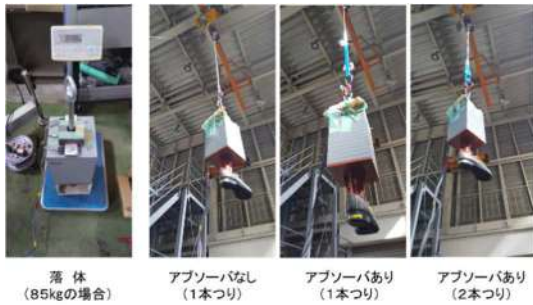


図5 実験で用いた落体と実験条件

重を 4kN 以下とし、かつ落下距離を 3m 未満とするためには、適切に設計された 3kN のショックアブソーバーを使用することや、墜落開始前の吊り角度(2つの安全ブロックと落体の D 環とのなす角度)が 120 度以内とすることが有効な手段となりうる事がわかった。

c) 実験概要(アブソーバーの設置位置の検討)

ショックアブソーバーの設置位置としては、2 対の安全ブロックそれぞれに取り付ける方法と、連結ベルト(安全ブロックのストラップと D 環を連結する

もの)に 1 つ設置する方法の 2 種類が考えられる。

そこで実物大実験に先立ち、ショックアブソーバー(設計荷重:4kN)を 1 つ用いた場合と 2 つ併用した場合の違いについて実験的検討を行った。実験に用いた落体と実験条件を図 5 に示す。また図 6 に実験結果を示す。

図 6 のとおり、ショックアブソーバーなしの場合(左の2つのグラフ)では、ショックアブソーバー有りの場合(中央および右のグラフ)と比較して、大きな加速度および衝撃荷重が人体に作用する。

つまり、ショックアブソーバーを用いることで、人体に作用する衝撃荷重や衝撃加速度が抑制されることがわかる。一方、ショックアブソーバーを 1 つ用いた場合(図 6 の中央の 2 つのグラフ)と 2 つ併用した場合(右のグラフ)を比較すると、2 つのショックアブソーバーを併用することによって、むしろ人体に作用する衝撃荷重および衝撃加速度が概ね 2 倍に増大したことがわかる。これは、2 つのショックアブソーバーが、それぞれ 4kN まで荷重を負担できるため、合計で最大 8kN の荷重が人体に作用してしまう余地が生じるためである。

以上の結果から、2 つのショックアブソーバーの併用は、むしろ不利に働くことがわかった。そこで実物大実験では、1 つのショックアブソーバーを連結ベルトに取り付けて実験を行った(図 3 参照)。

ちなみに図 6 の結果は、2 丁掛けランヤードを用いた場合のリスクそのものを示している。つまり 2 つのフックを同時に掛けた状態で墜落した場合、最大 4kN に荷重を抑制することを期待しても、その倍

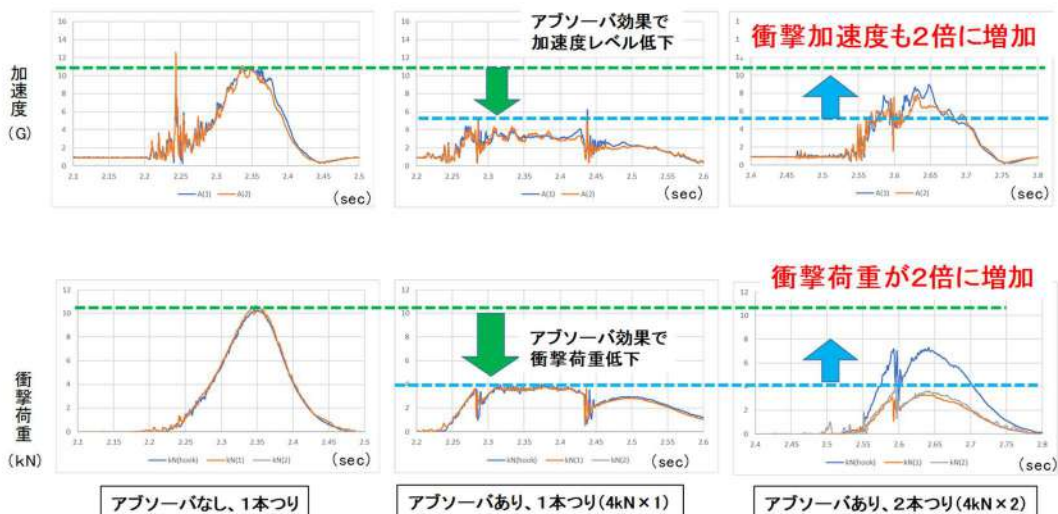


図6 実験結果

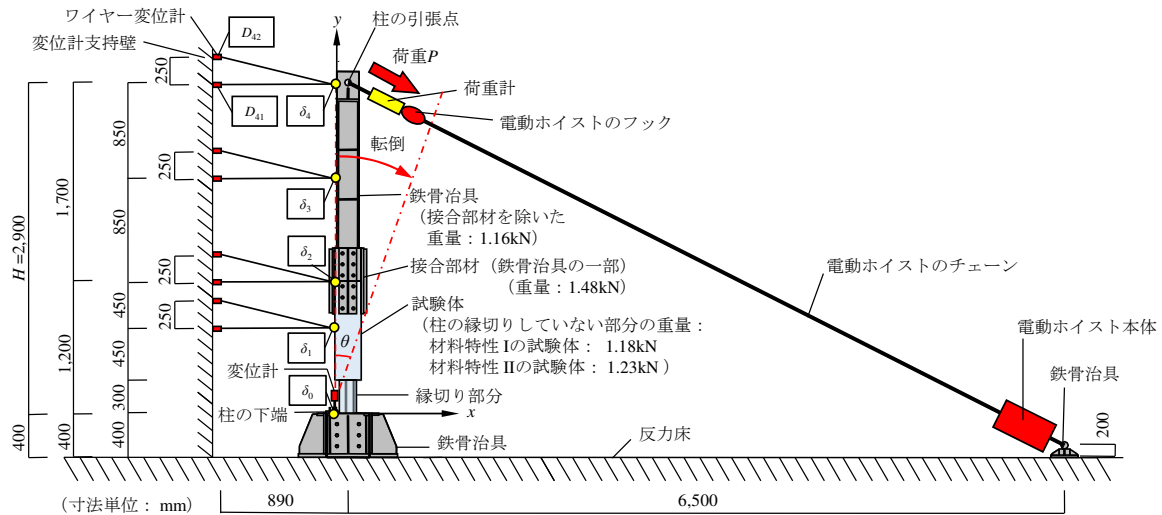


図7 試験体と計測器の設置状況及び加力方法

の 8kN が人体に作用する可能性を示している。その意味において、適切な 2 丁掛けランヤードの使用基準を定める必要性も明らかとなった。

(2) サブテーマ 2:

今年度は、解体工事の現状調査と、実験と計算により外壁の中の基本部材と考えられる柱の転倒工法に関する安全性の検討を行った。

1) 解体工事の現状調査

建築物の解体工事従事者にヒアリングを行い、解体工事の現状を調査した。調査結果は以下のとおりである。

- ・規模の小さな解体現場では、ワイヤーロープを用いるなどして、人力で転倒工法を行っている。
- ・人力で解体している現場は今も多い。
- ・転倒工法を人力で行う場合は、壁の外側を縁切りして、梁の鉄筋を転倒させる直前に切ることで、安全に転倒させることができる。
- ・転倒工法において、柱の下端を縁切りする際は、転倒後方の鉄筋と転倒前方のコンクリートを縁切りして、転倒前方の鉄筋を残すことが多い。
- ・三角倒しという転倒の方法もあるが、通常の転倒工法とどちらが安全かは、業者によって意見が異なる。
- ・建物の角等、柱が 1 本になった場合に、柱が不安定になりやすい。この場合は業者によって解体方法が異なる。柱を 1 本にしないように壁 2 スパンで転倒させる、または柱 1 本を屋外へ転倒させないように屋内側の斜め方向に転倒させる等して解体している。

- ・バルコニー等が付いて外壁の重心が建物の外にある場合は、建物の外に外壁が倒れないように注意する必要がある。

2) 柱の転倒工法の安全性に関する実験的検討

(a) 実験概要

鉄筋コンクリート造柱を対象にして、転倒工法を再現した実験を行った。縁切りと柱の安定性の関係の評価するため、実験のパラメータは柱下端の縁切り量とした。

実験における試験体と計測器の設置状況および加力方法を図 7 に示す。図 7 に示す試験体は柱と土台より構成され、柱は高さ 1.2m であり、断面寸法は 24cm×24cm である。この柱の下端から高さ 30cm の部分を縁切りした。図 8 に縁切り断面の代表例を示す。図中には次節で示す計算により求めた中立軸の位置も示す。縁切り型 1 は本実験の標準試験体であり、ヒアリング結果を参考にして、転倒後方の鉄筋と転倒前方のコンクリートを縁切りして、転倒前方の鉄筋を残した試験体である。縁切り型 2 は縁切り型 1 よりコンクリートの縁切り量が多い試験体であり、縁切り型 3 は縁切り型 1 より主筋の切断数が多い試験体である。縁切り型 4 は縁切り型 1 を 180 度回転させた縁切り型とほぼ同じ型である。

試験体は、図 7 に示すように、鉄骨治具を用いて反力床に固定した。更に、試験体の柱上部に鉄骨治具を設置し、柱の下端から柱の引張点までの高さを 2.9m となるように設定した。

試験体の引き倒しには電動ホイストを用いた。実験に用いた電動ホイストは、フックの付いたチェーン

ンを巻き取る形式のものである。試験体から水平に 6.5m 離れた地点に、電動ホイスト本体を、鉄骨治具を用いて設置した。電動ホイストの先端を、荷重計を介して、柱の引張点に設置した。柱の引張点と荷重計はピン接合である。

実験において、電動ホイストによりチェーンを巻き取って、試験体を転倒させ、その時のチェーンに作用する荷重を荷重計により計測した。また、試験体の変形性能を検討するため、転倒時の試験体の変位を、変位計により計測した。

(b) 実験結果

実験結果を図 9 に示す。図の縦軸は柱下端部の曲げモーメント M であり、横軸は柱の部材角 θ である。

実験結果より、縁切り型 1 のように転倒前方の主筋を残し、コンクリートが中立軸よりも転倒後方にある場合は、転倒前方の主筋の座屈により柱の強度が決まることが分かった。また、縁切り型 1 は屋外に柱が転倒するときにはコンクリートの圧縮強度により、屋内に柱が転倒するよりも転倒しにくいことが分かった。一方、前方鉄筋を転倒方向に対して 1 列残した縁切り型 3 のような場合は、前方鉄筋 1 列の曲げ強度で柱の転倒強度が決まるため、柱の転倒強度は低く、柱頂部に設置したワイヤーロープの張力等で柱が倒壊する可能性があることが分かった。

今後は、壁の転倒工法の安全性について検討する予定である。

3) 柱の転倒性能の計算

(a) 縁切り断面の曲げモーメントと曲率の計算

下端を縁切りした柱の転倒性能を検討するため、縁切り断面の曲げモーメントと曲率の関係を計算した。以下にその計算手順を示す。

- ① 図 10 に示すような柱断面において、図の y 方向に、コンクリートと主筋を微小要素に分割する。
- ② 平面保持の仮定の下に、柱断面に一定軸力を与える。
- ③ 曲げによる変形として、 $\Delta\varphi$ となるような微小量の曲率を増分させ、各微小要素に $\varphi + \Delta\varphi$ に対応するひずみ $\varepsilon_m(y)$ を与える。 ε_n と $\varepsilon_m(y)$ を足したものを、各微小要素におけるひずみ $\varepsilon(y)$ とする。
- ④ 実験に用いた試験体の材料特性を参考にして、コンクリートと主筋の応力 σ とひずみ ε の関係を用いて、各微小要素のひずみ $\varepsilon(y)$

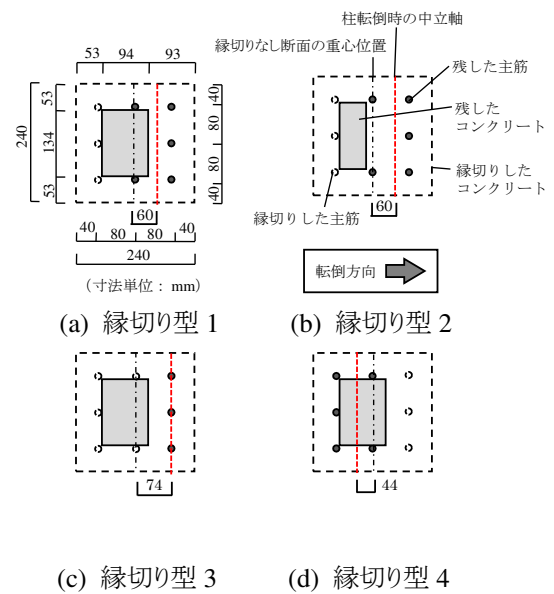


図 8 縁切り型

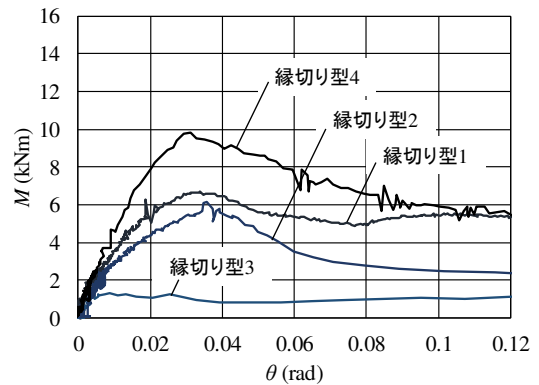


図 9 曲げモーメントと部材角の関係

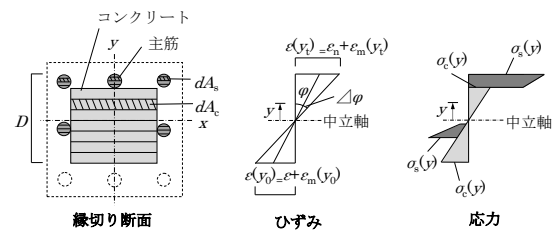


図 10 縁切り断面のひずみと応力の分布

- ⑤ 応力 σ の分布より、中立軸の位置を逐次近似的に計算する。
- ⑥ 計算された中立軸の位置を基にして、曲げモーメント M を次式により計算する。

$$M = \int \sigma_c(y) \cdot y \cdot dA_c + \int \sigma_s(y) \cdot y \cdot dA_s \quad (1)$$

y : 中立軸からの距離

dA_c : 微小要素の主筋の断面積

dA_s : 微小要素のコンクリートの断面積

⑦ $\Delta\varphi$ を新たに与え, ③以下の計算を行う。

計算は主筋の縁応力が σ_{su} に達するまで行う。

(b) 計算結果

図8に示す縁切り断面について、曲げモーメントと曲率の関係を計算した。その計算結果を図11に示す。今後、図11等を用いて、下端を縁切りした柱の転倒強度を検討する予定であるが、実験では主筋の座屈により柱の転倒強度が決まった試験体もあったため、図11の結果に加えて、主筋の座屈も考慮して検討する予定である。

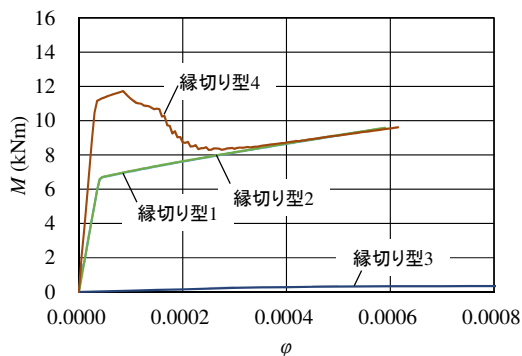


図11 曲げモーメントと曲率の関係

【研究業績・成果物】

[国内外の研究集会発表]

- 1) Hiroki Takahashi: An Investigation of Fatal Accidents in Demolition Work of Buildings, Proceedings of the Tenth International Structural Engineering and Construction Conference (ISEC-10), Chicago Illinois, United States, pp. CSA-03-1-CAS-03-6, CD-ROM, 2019.5.
- 2) 高橋弘樹, 高梨成次, 堀智仁, 大幢勝利, 日野泰道(2019) 下端部を切削した鉄筋コンクリート柱の転倒実験方法の検討. 安全工学シンポジウム 2019 講演予稿集, pp.242-243, 2019.7.
- 3) 高橋弘樹, 大幢勝利, 高梨成次(2019) 橋梁の解体工事における死亡災害の調査. 令和元年度土木学会第 74 回年次学術講演会講演概要集, VI-70, 2019.9.

- 4) 高梨成次, 高橋弘樹, 大幢勝利, 日野泰道(2019) 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 その 3 下端部を切削した柱の転倒実験の必要性と試験体. 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) 材料施工, 1301, pp.601-602, 2019.9.
- 5) 高橋弘樹, 高梨成次, 大幢勝利, 日野泰道(2019) 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 その 4 下端部を切削した柱の転倒実験の概要と結果. 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) 材料施工, 1302, pp.603-604, 2019.9.
- 6) 高橋弘樹, 高梨成次, 堀智仁, 大幢勝利, 日野泰道(2019) 下端部を切削した鉄筋コンクリート柱の曲げ耐力の計算方法の検討. 第52回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 229-232, 2019.11.

[特別講演, パネルディスカッション等]

- 1) 日野泰道(2019) 中災防, 「フルハーネス型墜落制止用器具使用特別教育インストラクターコース」, 2019.4.23
- 2) 日野泰道(2019)中災防, 「フルハーネス型墜落制止用器具使用特別教育インストラクターコース」, 2019.5.23
- 3) 日野泰道(2019)中災防, 「フルハーネス型墜落制止用器具使用特別教育インストラクターコース」, 2019.6.20
- 4) 日野泰道(2019)中災防, 「フルハーネス型墜落制止用器具使用特別教育インストラクターコース」, 2019.7.17
- 5) 日野泰道(2019)中災防, 「フルハーネス型墜落制止用器具使用特別教育インストラクターコース」, 2019.9.5
- 6) 日野泰道(2019)中災防, 「フルハーネス型墜落制止用器具使用特別教育インストラクターコース」, 2019.12.10
- 7) 日野泰道(2019)中災防, 「フルハーネス型墜落制止用器具使用特別教育インストラクターコース」, 2020.2.13
- 8) 日野泰道(2019)仮設工業会, 「厚生労働大臣が定める計画作成参画者研修」, 2019.8.30 (横浜会場)
- 9) 日野泰道(2019)仮設工業会, 「厚生労働大臣が定める計画作成参画者研修」, 2019.10.11 (大阪会場)

(6) 大規模生産システムへの適用を目的とした高機能安全装置の開発に関する研究【4年計画の3年目】

清水 尚憲(機械システム安全研究 G), 齋藤 剛(同),
濱島 京子(同), 北條 理恵子(同), 池田 博康(電気安全研究 G)

【研究期間】 平成 29～令和 3 年度

【実行予算】 7,500 千円(令和元年度)

【研究概要】

(1)背景

労働安全衛生規則第 150 条の 4 において、「産業用ロボット(定格出力 80W を超えるもの)に接触することにより危険が生ずるおそれがあるときは、さく又は囲い等をもうけること」と規定されている。これは、産業用ロボットと作業者は、さく又は囲いにより空間分離をすることで安全を確保するというを示している。現在、産業用ロボットを含む統合生産システムでは、様々な危険源が存在し、その危険源に対するリスクを低減するために2つの原則に沿った次のリスク低減方策が採用されている。

危険領域の外側に柵を設置することで作業者の安全を確保している(隔離の原則)。

作業者が柵の内側に侵入する場合に進入口に侵入検知センサやインターロック式ドアスイッチ等を設けて、柵の内側に作業者がいないことを条件に柵内の機械を稼働することを許可している(時間の分離)。

現在、複数の作業者が広大な領域で作業を行う大規模生産システムでは、人の資格と権限の未確認や作業者の作業位置が確認されないことによる災害が発生している。また今後、適切なリスクアセスメントの実施を条件として共存・協調作業を行うために安全柵を取り外して全方向からのアクセスを可能にする生産システムも提案されていることから、保護方策を適用した後に残る残留リスクに対する ICT 機器を利用したリスク低減方策の開発とともに事前の定性的なリスクアセスメント評価に対する有効性検証方法が求められている。

(2)目的

本研究では、ISO12100 の3ステップメソッドに従い、適切にリスクを低減した後に残留するリスクに対して、ICT 機器を組み合わせた高機能安全装置(支援的保護システム)を利用した技術的リスク低減方策と管理的リスク低減方策を組み合わせた方策の提案を行う。また、これらの方策について行政や各関連団体に情報提供を行うとともに、災害多発機械への適用の可能性を検討している。

本年度は、高機能安全装置としての有効性を検

証するために、可視光通信システムを利用して、リアルタイムな作業者の 3D 位置測位についての検討を行った。可視光通信システムは、カメラ可視光通信を使った屋内位置測位システムで、色変化パターン情報を表す LED を送信機、カメラを受信機として、ID 情報と位置情報を収集するシステムである。今回使用したカメラ可視光通信は、赤、緑、青の 3 色を一定間隔で変化させることで情報を伝達している。1 カ所の色の変化は約 106 万通りで情報を伝達することができるため、カメラから取った画像から信号を取り出すことにより、割り振られた ID をリアルタイムで追跡することが可能となる。

本研究の目的である ICT 機器を利用したリスク低減方策については、平成 29 年 8 月より ISO/199 WG3 にて、高機能安全装置として支援的保護システムという名称で、ISO の国際規格提案(ISO/TR22053:Safeguarding Supportive System: SSS)を行っている。また、この審議内容は、関連する国際安全規格 ISO11161 Safety of machinery - Integrated manufacturing systems -- Basic requirements に反映するための改正作業も同時に実施している。

(3)使用したセンサシステムの概要

実験で使用した可視光通信システムは、カメラと LED を用いて屋内での測位を行うシステムである。カメラの映像から LED の発光パターンにより ID を認識し、測位を行う。発信機として赤、緑、青の発色を 100msec 単位で制御できる LED を用いる。受信機には Gig-E カメラを用い、カメラ 1 台で射影変換方式による二次元測位が行え、複数台のカメラを用いることで三角測量方式による三次元測位を行える。電波を使わずに情報通信が行えるため、セキュリティや周囲の機器の都合により電波の利用が制限されている場所や、電波のノイズとなるものが多い環境においても、通信を行える。使用した可視光通信システムの主な仕様を表 1 に示す。

(4)実験方法

工場内に図 1 の実証実験エリアを設けた(写真 1 参照)。実験エリアの 4 ヶ所に作業台を設置し、その上部に可視光通信システムのカメラを取り付けた。被験者は 6 名で、可視光通信システムの

表 1 可視光通信システムの主な仕様

送信可能ID数	1,062,882 種
同時受信可能数	100
最小応答時間	2.6 sec
受信距離条件	カメラ映像内に信号が映ること
受信エラー率	7.5×10^{-7} ※規定環境条件下
変色周期	10 Hz
発光色波長範囲	赤：610～640 nm 緑：515～575 nm 青：460～480 nm
使用環境照度	1500 lx以下
使用カメラ	Gig-Eカメラ
パソコンOS	Windows 7/8.1/10
補足可能速度	15 km/h
測位精度	60cm以下 ※1

※検知エリア 50m 四方、10cm×φ10cm 送信機、HD 解像度カメラ、90 度画角レンズ仕様時

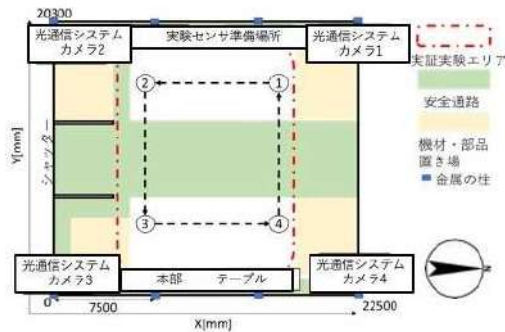


図 1 実験エリアのレイアウト



写真 1 実証実験の風景



写真 2 カメラと LED の設置状況

LED を保護帽上に装着して実験を行った。工場内には天井クレーンがあり、段ボールに可視光通信システムの LED を取り付けただものを吊り荷とした。写真 2 に、カメラと LED の設置状況を示す。

なお、被験者は、特別な指示のない限り実験エリア内を自由に歩き回る。また、クレーンは図 1 の①→②→③→④→①の順に動かした。

実証実験は以下の 2 項目について行った。

①可視光通信システムによる作業者の ID 認識
実験エリア内を作業者 6 名が接近や交差を繰り返しながら歩き回り、どの程度作業者 ID のロストが発生するか検証した。また、クレーンの吊り荷の死角や、カメラの画角外へ出入りを行い、作業者 ID のロストが発生するか検証した。更に、可視光通信システムの LED を意図的に隠すように動き、作業者 ID のロスト発生率が変化するか検証した。

②可視光通信システムを用いた作業者や危険源の三次元測位と接近検知

クレーンが保持する座標のログと可視光通信システム LED の測位結果を比較し、可視光通信システムの二次元測位精度を検証した。また、クレーンで吊り荷を吊り上げた際、可視光通信システムの LED の高さをレーザ距離計で計測し、可視光通信システムの測位結果と比較した。

また、作業者や危険源が接近した際に、可視光通信システムの測位結果と実際の映像を比較し、接近を検知できるかの検証を行った。

なお、今回実施した実証実験のタイムテーブルを表 2 に示す。

表 2 実証実験のタイムテーブル

実験	開始時刻	終了時刻	内容	可視光通信システム
1	9:47:00	9:49:00		
2	9:52:10	9:54:14	クレーンのログ無し	
3	9:54:40	9:56:25		
4	9:57:00	9:58:55		
5	10:10:30	10:13:30	クレーンに追従	露光調整前
6	10:13:55	10:15:25	人が激しく交差	
7	10:15:50	10:17:30	LEDを物の前に配置	
8	10:17:50	10:19:50	LEDを物の前に配置し、激しく交差	
可視光通信システムのカメラ露光調整				
9	10:51:00	10:54:02		露光調整後
工場のシャッターを閉める				
10	10:58:36	11:00:24		
11	11:10:45	11:12:21	高さ固定	
12	11:12:55	11:14:45	高さ固定	工場のシャッター閉
13	11:18:30	11:21:36	クレーン斜め移動	
14	11:24:00	11:26:00	クレーン斜め移動無し	
可視光通信システムをRGBモードからベイヤモードへ変更				
15	14:56:30	14:58:00	クレーン移動なし	
16	15:02:00	15:03:50		
17	15:06:20	15:08:10		ベイヤモード
18	15:10:30	15:14:50	クレーン斜め移動	

(6)実験結果と考察

①可視光通信システムによる作業者の ID 認識
各試行においてクレーンの吊り荷を可視光通信システムで測位した際のデータ欠損率を表 3 に示す。試行 8 までで 35.7%と、多くのデータ欠損が生じていた。これは、実験エリアの南側にシャッター

があり、工場全体に天窗があったため、日光などの外乱の影響を強く受けたためであると考えられる。そこで、これを改善する為に、カメラの露光を調整した。その結果、欠損率は 6.5%まで低下した。しかし、依然としてデータ欠損が見られたため、実験エリア南側のシャッターを閉めて再度測位を行った。その結果、欠損率は 5.1%まで低下した。更なる欠損率低下のために、カメラを RGB モードからベイヤーモードへ変更した。その結果、欠損率は 0.07%まで低下した。

表 3 吊り荷の可視光通信システムデータ欠損率 (%)

試行	データ欠損			状況	状況別の欠損率		
	データ数	欠損数	欠損率[%]		データ数	欠損数	欠損率[%]
2	399	243	60.9				
3	337	227	67.4				
4	369	150	40.7				
5	563	97	17.2	露光調整前	2634	940	35.7
6	286	96	33.7				
7	321	58	18.1				
8	359	69	19.2				
9	567	37	6.5	露光調整後	567	37	6.5
10	331	22	6.6				
11	272	28	10.3	シャッター閉	1806	93	5.1
12	307	24	7.8				
13	896	19	2.1				
16	353	0	0	ベイヤーモード	1530	1	0.07
17	353	0	0				
18	824	1	0.1				

次に、各試行において被験者 6 名を Picalico で測位した際のデータ欠損率を表 4 に示す。試行 7、8 では、ID ロストを意図的に発生させるため、6 名の被験者のうち 3 名(被験者 B、D、E)が LED を胸の前で持ち、実験を行った。その結果、LED を胸の前で持った 3 名の ID 欠損率は他の 3 名より大幅に大きくなった。この結果より、可視光通信システムの LED が死角に入ること、ID をロストすることが確認できた。ここで、被験者 C はクレーン誘導

表 4 被験者毎の光通信システムデータ欠損率

試行	被験者						合計	状況	合計
	A	B	C	D	E	F			
1	2.0	6.6	5.9	10.2	44.6	-	11.7		
2	0.5	3.5	1.0	0.3	24.9	-	5.0		
3	1.5	8.6	12.2	3.9	39.8	-	11.6		
4	0	0.8	4.6	1.1	13.8	1.1	3.6	露光調整前	7.3
5	1.1	6.2	6.7	5.7	37.8	8.2	11.0		
6	2.1	22.8	3.8	3.5	18.0	2.8	8.8		
9	1.1	0.2	1.6	0.8	10.8	1.9	2.7		
7	3.4	36.4	4.4	28.0	25.9	4.4	17.1	LED隠す	17.0
8	0	54.3	2.3	19.5	21.6	3.4	16.8	調整後	1.3
10	0	3.3	3.5	0.9	0	0	1.3		
11	0	0	2.6	4.8	2.2	0.4	1.7		
12	0	0.9	2.1	5.7	3.3	1.2	2.2	シャッター閉	5.6
13	0	0.2	5.4	32.5	5.2	4.9	8.0		
14	0	9.4	11.2	1.8	6.5	2.9	5.3		
16	0.8	-	0	2.0	0.3	0	8.5		
17	0.0	-	0	0	0	8.0	1.6	ベイヤーモード	5.9
18	0	-	1.3	0	0.1	20.6	6.9		

のため、常に吊り荷の近くにおり、死角に入りやすいと考えられるが、他の作業者に比べ、欠損率が高くなることはなかった。また、試行 6、8 では被験者が意図的に交差や接近を繰り返すように動いたが、試行 6 は他の試行と比べて、試行 8 は同じく LED を胸の前に持った試行 7 と比べて、データ欠

損が多くなることはなかった。また、接近や交差により、作業者同士の ID の入れ替わりや ID の変化は発生しなかった。以上の結果より、可視光通信システムでは、外乱と死角によって ID のロストが発生することが確認できた。

可視光通信システムは可視光通信によって ID 認識と測位を行っているため、LED が十分な輝度と大きさをカメラに写っていなければ、LED を認識できず、データの欠損が生じてしまう。実際に、カメラの露光を調整することで、データ欠損率の大幅な低下が確認できた。可視光通信システムの設定は、実証実験前日に調整し、動作確認も行ったが、実証実験当日には大きな誤差が生じてしまった。これは、日光による外乱が大きく影響していると考えられる。気象庁のデータによると、実証実験前日の実験場所の日照時間(直達日射量が 0.12 kW/m² 以上)は 0 であったのに対し、実証実験当日の実験を行った時間帯では、ほぼ全ての時間において、日照があった。このように、日照条件は日にちや時刻によって変化するため、窓などから日光が差し込む環境において十分な精度で可視光通信を使用する際は、外乱の影響を考慮し、外乱を完全に遮るか影響を低減させ、カメラの設定を動的に変化させなければならない。

一方、死角による ID のロストは、意図的に LED を隠さない限り、発生しにくいことが確認できた。但し、本研究ではカメラを 4 台使用したため、4 台すべての死角に入る可能性は低く、データの欠損率が低かったと考えられる。周囲に、死角となる障害物が存在する場合、欠損率も上昇すると考えられるため、測位したいエリアに応じて、死角がなくなるように障害物をなくすか、カメラの設置台数、設置位置を検討する必要がある。

②可視光通信システムを用いた作業や危険源の三次元測位と接近検知

可視光通信システムの二次元測位の精度を検証する為に、クレーンを移動させた際に、クレーンが保持している座標のログと可視光通信システムの測位結果を比較し、可視光通信システムの測位精度を検証する。表 5 に、各実験における可視光通信システムの測位誤差を示す。

可視光通信システムのデータ欠損率を低下させるために、カメラの調整などを行ったが、欠損率の低下に伴い測位誤差は大きくなっており、欠損率と測位誤差がトレードオフの関係にあることが確認できた。欠損が生じていた箇所には日光など外乱

表 5 可視光通信システムの測位誤差

実験	測位誤差の平均[mm]			状況毎の誤差平均	
	Max	Min	Average	状況	誤差[mm]
5	2508	10	304	霧光調整前	357
6	3865	18	531		
7	2351	22	398		
8	2288	48	271		
9	2846	10	415	調整後	415
10	2776	26	598	シャッター閉	700
11	2921	23	817		
12	2940	11	849		
13	7472	7	655		
16	2920	26	668	ペイヤーモード	964
17	2565	38	580		
18	9958	19	1256		

の影響があり、設定の調整により測位可能になっても、外乱の影響を完全には取り切れず、大きな誤差が生じていると考えられる。可視光通信システムの使用想定環境は照度 1500lx 以下だが、工場内は 1500lx~1800lx、また、シャッターの近くでは 3000lx あり、工場内が使用想定環境を超えていた。そのため、測位精度が低下したと考えられる。

次に、可視光通信システムの高さ方向の測位精度を検証した。まず、クレーンで吊り荷を吊り上げ、LED の高さを 2.4m に固定してクレーンを動かした。これを実験 11、12 で行った際の可視光通信システムの高さ(Z 軸)の測位誤差を表 6 に示す。

表 6 可視光通信システムの Z 軸測位結果(mm)

実験	Max	Min	Average
12	63	0	20.6
13	61	0	18.4

また、吊り荷の高さを変化させながらクレーンを移動させ(実験 14、18)、吊り荷の高さをレーザー距離計で計測して、可視光通信システムの測位結果と比較する。試行 14 での地面から吊り荷の底面まで



図 2 実験 14 の可視光通信システムの高さ測位結果

の高さは、開始時は 100mm、②では 1940mm、③では 185mm、④では 2460mm、終了時は 430mm

であった。吊り荷の高さは 980mm なので、LED の高さの遷移は ① 1080mm → ② 2920mm → ③ 1165mm → ④ 3440mm → ⑤ 1410mm となる。この時の LED の高さ測位結果を図 2 に示す。

また、この時の高さの測位誤差を表 7 に示す。高さを変動させても誤差の平均は 20mm 未満であり、高い精度で測位を行えることが確認できた。

二次元測位の結果と合わせて、光通信システムは作業者と危険源の接近検知に十分な精度で三次元測位を行えることが確認できた。

表 7 高さ変動時の可視光通信システムの Z 軸測位結果(mm)

実験	レーザー距離計	Max	Min	Average
12	①1080	62	3	39.9
	②2920	60	0	21.0
	③1165	51	0	16.5
	④3440	47	0	16.0
	⑤1410	42	0	16.4
	全体	62	0	18.5
13	①980	26	0	10.1
	②3154	58	11	27.8
	③1130	118	0	10.1
	④3216	67	0	19.3
	⑤1080	133	0	19.3
	⑥980	32	0	7.1
	全体	133	0	18.0

カメラを複数台使用する場合、意図的に隠そうとしない限り ID のロストは発生せず、測位誤差が小さいことから、可視光通信システムは人と危険源の接近検知を行えることが確認できた。

但し、今回使用した可視光通信システムの LED は大きく、作業者のヘルメットに固定して作業を行うのは現実的ではない。また、試作段階の小型の LED を使用した測位では、実用レベルの欠損率と誤差を実現できなかった。そのため、現状のシステムでフォークリフトなど機械の測位は行えるが、作業者の測位を行うためには、LED の小型化かつ高輝度化を実現しなければならない。

【研究業績・成果物】

[国内外の研究集会発表]

- 1) Shoken Shimizu, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Mizuho Nakamura and Rieko Hojo(2019) Location Identification of Workers by a newly established Safeguarding Supportive System (SSS) . 6th European Conference on standardization, testing and certification in the field of occupational safety and

- health (EuroSHnet 2019) , p. 4～5.
- 2) Katsumi Matsui, Rieko Hojo, Shoken Shimizu, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Mizuho Nakamura, Sei Takahashi(2019) Importance of graphical feedback under Safeguarding Supportive System (SSS) for safety and productivity- an approach of the behavioral analysis. 6th European Conference on standardization, testing and certification in the field of occupational safety and health (EuroSHnet 2019) , p. 6～7.
 - 3) Rieko Hojo, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Mizuho Nakamura and Shoken Shimizu(2019) Detection of dangerous points and behavioral modification from environmental change by behavior analysis procedure under the safeguarding supportive system (SSS) at a tunnel construction site. 6th European Conference on standardization, testing and certification in the field of occupational safety and health (EuroSHnet 2019) , p. 8～9.
 - 4) 北條理恵子, 清水尚憲, 濱島京子, 梅崎重夫(2018) モバイルロボット走行中の製造作業環境における支援的保護システム (Safeguarding Supportive System, SSS) の有効性検証. 日本心理学会, 第 82 回大会 発表論文集, p. 973.
 - 5) 濱島京子(2019)労働安全衛生管理における ICT/IoT システムの特徴の位置付けの考察. 日本機械学会 2019 年度年次大会, 講演論文集, S11504.
 - 6) 清水尚憲, 北條理恵子(2019) 3-ポジションイネーブル装置の非定常作業時の有効性検証. 河嶋研究会月例会, 発表資料 p. 1～12.
 - 7) 清水尚憲, 北條理恵子(2019) 非定常作業時における 3-ポジションイネーブル装置の有効性に関する研究. 第 93 回セーフティネットワークジャパン定例会, 発表資料 p. 1～15.
 - 8) 清水尚憲, 松井克海, 濱島京子, 梅崎重夫, 福田隆文, 高橋聖, 北條理恵子(2019) 支援的保護システムを用いた作業者の3次元位置計測に関する妥当性における追加検証. 日本機械学会 2019 年度年次大会, 総合プログラム, p31.
 - 9) 北條理恵子, 松井克海, 濱島京子, 梅崎重夫, 中村瑞穂, 高橋聖, 清水尚憲(2019) 統合生産システム現場におけるリスクアセスメントに活用可能な行動分析学という心理学. 日本機械学会 2019 年度年次大会, 総合プログラム, p31.
 - 10) 松井克海, 北條理恵子, 濱島京子, 清水尚憲, 福田隆文, 梅崎重夫, 高橋聖(2019) 統合生産システム現場における支援的保護システム導入と行動分析学的介入の妥当性及び有効性検証. 日本機械学会 2019 年度年次大会, 総合プログラム, p31.
 - 11) 齋藤剛, 池田博康(2019) 介助者の支援行動を考慮したロボット介護機器のリスク評価手法. 第 20 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演予稿集, pp.841-845.

(7) 山岳及びシールドトンネル建設工事中の労働災害の防止に関する研究【4年計画の4年目】

吉川 直孝(建設安全研究 G), 大塚 輝人(化学安全研究 G), 清水 尚憲(機械システム安全研究 G), 堀 智仁(建設安全研究 G), 山際 謙太(機械システム安全研究 G), 平岡 伸隆(建設安全研究 G), 板垣 晴彦(化学安全研究 G), 中村 憲司(環境計測研究 G), 濱島 京子(機械システム安全研究 G), 大幢 勝利(研究推進・国際 C), 北條 理恵子(機械システム安全研究 G), 伊藤 和也(東京都市大学)

【研究期間】 平成 28～令和元年度
 【実行予算】 16,370 千円(令和元年度)
 【研究概要】

(1)背景

平成 24 年から 27 年にかけて山岳トンネル落盤災害、シールドトンネル崩壊水没災害、山岳トンネル爆発災害等、トンネル建設工事中に社会的なインパクトの大きい重大災害が頻発した。落盤・崩壊災害では、施工中の切羽付近の準安定化、支保部材の耐力等を考慮する必要がある。また、爆発災害等では、トンネル坑内の可燃性ガス及び粉じん対策として、坑内の換気が義務づけられ、作業条件の改善も進められているが、最適な換気方式が明示されていないため、施工条件に応じた最適な換気方式を提案することが望まれる。

一方、近年のトンネル建設工事中の労働災害を調査分析(図 1～図 3 参照)すると、坑内に限られたスペースであることもあり、トンネル用建設機械と作業員との接触災害も多い現状にあり、建設機械等と作業員の位置を常にモニタリングするような技術も必要である。第 12 次労働災害防止計画では、製造業について「はさまれ・巻き込まれ」災害を低減させるように求めている。建設業、特にトンネル建設工事においても「はさまれ・巻き込まれ」災害

は多発しており、そのほとんどは建設機械等と作業員の接触災害である。したがって、このような災害を低減させることが重要である。

このような重大災害、多発災害等を防止するため、本プロジェクト研究では以下の 3 つのテーマを重点的に研究する。

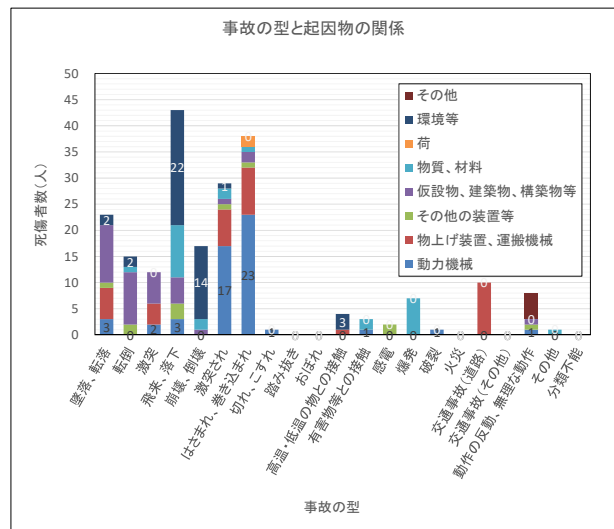


図 2 山岳工法における事故の型ごとの死傷者数 (2008 年～2012 年の合計)

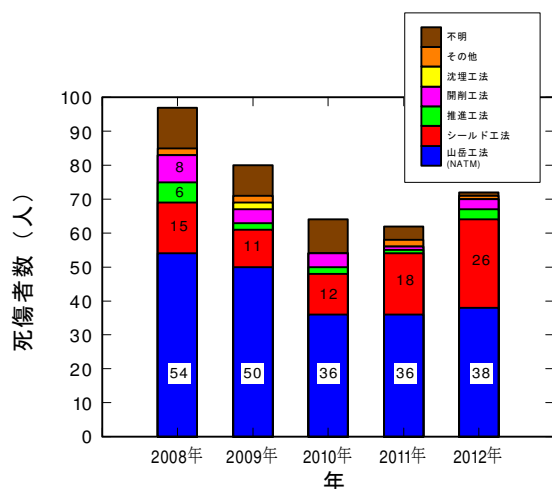


図 1 トンネル建設工事における死傷者数の推移

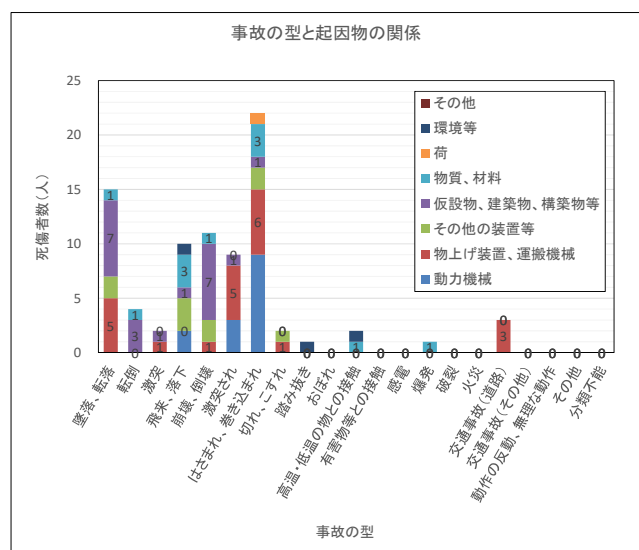


図 3 シールド工法における事故の型ごとの死傷者数 (2008 年～2012 年の合計)

(サブテーマ 1) 落盤・崩壊災害の防止に関する研究

(サブテーマ 2) 可燃性ガス及び粉じん対策に関する研究

(サブテーマ 3) トンネル用建設機械等による災害の防止に関する研究

(2)目的

本研究では、トンネル建設工事中の落盤・崩壊災害、爆発災害、粉じん障害、建設機械と作業員の接触災害を防止するための技術的な情報を行政や業界団体に提供することを目的としている。

以下、サブテーマごとにその目的を列挙する。

- ① サブテーマ 1『落盤・崩壊災害の防止に関する研究』では、山岳トンネル切羽に対しての鏡吹付けを検討し、適切な吹付け厚さを検討する。シールドセグメントでは、セグメントリングの安定に寄与する条件等について検討する。
- ② サブテーマ 2『可燃性ガス及び粉じん対策に関する研究』では、模擬実験、現場調査及び数値計算を基に、施工条件に応じた最適な換気方式を提案する。
- ③ サブテーマ 3『トンネル用建設機械等による災害の防止に関する研究』では、坑外の事務所から坑内の建設機械等と作業員の位置を把握できるモニタリングシステムを構築することを目的とする。

(3)方法

サブテーマ 1 に関連した実験では、2 つの種類の実験を実施した。1 つには、トンネルの切羽を模擬した基盤岩の中央に肌落ちを模擬した円盤岩を設置し、それら岩上に吹付けコンクリートを打設する。打設後、肌落ちを模擬した円盤岩により、吹付けコンクリートを押し抜く実験を実施した。今年度は、前年度までに実施した押し抜き実験を個別要素法(数値解析)によりシミュレートした。

もう 1 つには、シールドセグメントの模型を作製し、セグメント模型に対してセグメント単体曲げ試験を実施し、セグメント模型の M-N 破壊包絡線を求めた。また、同セグメント模型に対して等方圧及び偏圧を作用させ、曲げモーメント(M)と軸力(N)の M-N 破壊包絡線と実際に作用した M-N 曲線の関係性を評価した。

サブテーマ 2 では、幅 2m、高さ 1.8m、奥行き 3.3m のビニールハウスを利用して、簡易粉じんセ

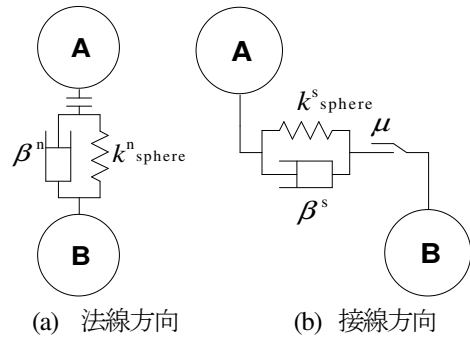


図4 球要素の接触モデル 1),2),3),4)

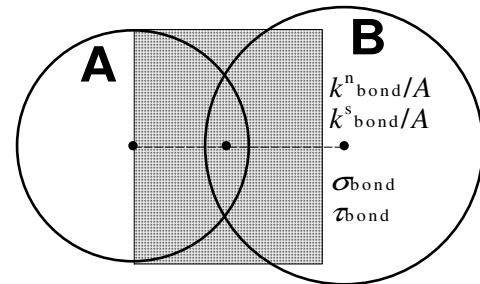


図5 球要素同士を固結させるボンド 2),3),4)

ンサでの計測を行い、多点計測の可能性を模索した。

サブテーマ 3 では、広大な作業領域でも計測可能な位置情報システムを導入し、条件の異なる作業員が、当該位置情報システムから得られる情報をどのように活用するかを調べた。この検証実験により、位置情報システムからの危険回避情報が最適に行われるための作業員スキルの必要要件を明確にすることが可能となる。具体的には、あらかじめ実験的に設けられた危険領域に対する行動様式に作業員による違いがあるか否かを検証した。

(4)研究の特色・独創性

トンネル建設工事中に遭遇する肌落ち、爆発、粉じん、接触等のリスクに対する低減策を総合的に検討する点に特色と独創性がある。

【研究成果】

今年度、本研究の各サブテーマにおける成果は以下の通りである。

(1)サブテーマ 1:

サブテーマ 1 では、主に以下の 2 つの課題につ

表 1 押し抜き実験シミュレーションで用いたパラメータ (最大球要素半径 $r_{max} = 6.66\text{mm}$, 球要素の最大最小半径比 $r_{max}/r_{min} = 2.0$)⁴⁾

DEM パラメータ	記号	値	単位
球要素の密度	ρ_{sphere}	2630	kg/m^3
球要素の平均半径	r_{mean}	5	mm
球要素の法線方向の剛性	k_{sphere}^n	1200	kN/m
球要素の接線方向の剛性	k_{sphere}^s	430	kN/m
球要素の摩擦係数	μ	0.5	-
球要素の減衰定数	$\beta^* \beta^s$	0.8	-
ボンドと球要素の半径比	$\bar{\lambda}$	1.0	-
ボンドの法線方向の剛性	k_{bond}^n/A	15	GN/m^3
ボンドの接線方向の剛性	k_{bond}^s/A	5.5	GN/m^3
ボンドの法線方向の引張強度	σ_{bond}	340	kN/m^2
ボンドの接線方向のせん断強度	τ_{bond}	340	kN/m^2

※ボンドの剛性は、ボンドの断面積 A で除した値である。

いて調査研究を実施した。

① 吹付けコンクリートの押し抜き破壊機構

1) 個別要素法 (Discrete Element Method; DEM) シミュレーション概要

本シミュレーションでは、球要素および球要素同士の接触面に付与したボンドにより、コンクリートを表現した。球要素の接触点における剛性、ダッシュポット、スライダーを図 4 に、球要素同士の接触面に付与したボンドを図 5 に模式的に示す^{1), 2), 3), 4)}。押し抜き実験時の荷重変位関係だけでなく、コンクリートの破壊機構を適切に把握するためには、同図に記載された各種パラメータを適切に求めることが重要になる。各種パラメータの決定方法は参考文献に詳しい⁴⁾。

本研究で用いた DEM パラメータの一覧を表 1

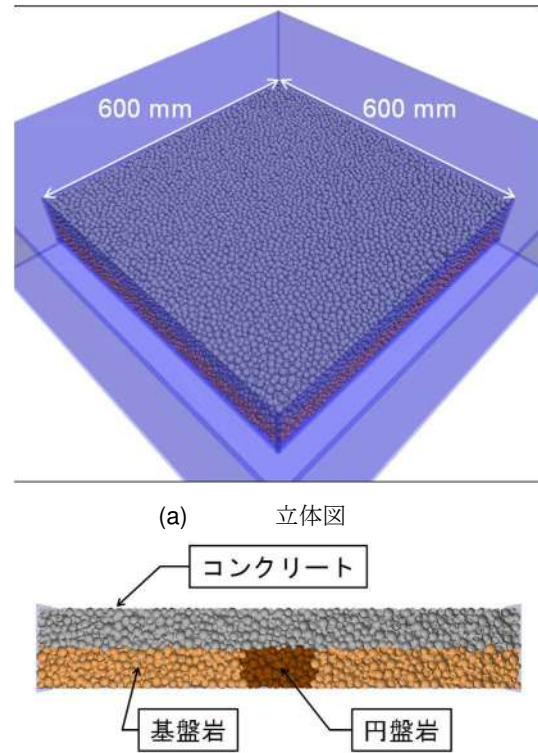


図 6 供試体作製状況⁴⁾

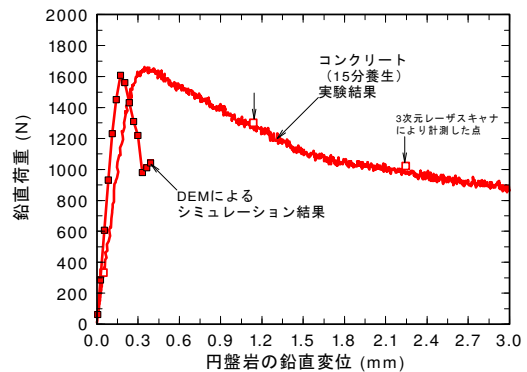
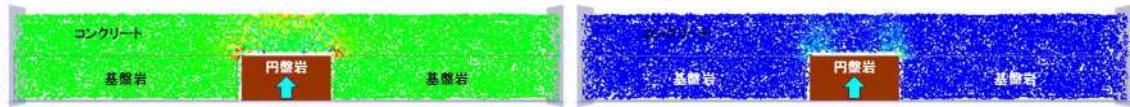


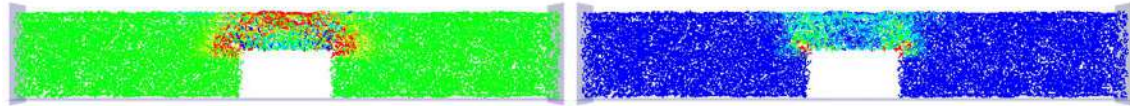
図 7 コンクリート(粉体急結剤, 養生 15 分)の押し抜き実験およびシミュレーションの荷重変位関係の比較⁴⁾

に示す。球要素の密度は、細骨材および粗骨材の表乾密度の質量平均として 2630 kg/m^3 とした。また、球要素の平均半径は 5 mm 、平均直径 10 mm であり、骨材の粒度分布と比較すると、通過質量百分率約 80% 通過粒径である。

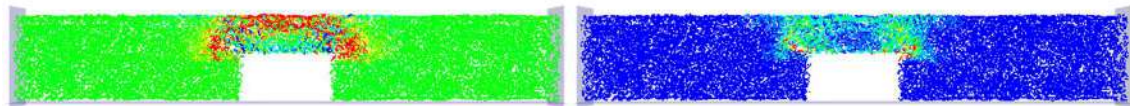
押し抜き実験のシミュレーション手順について示す。DEM 供試体作製方法として、 $600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ の直方体の壁要素の中に球要素を



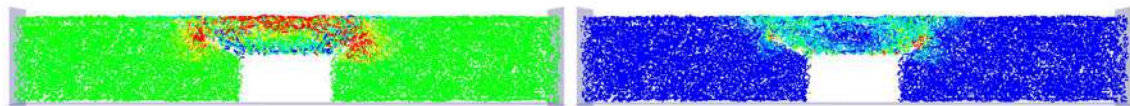
(a) 鉛直変位 0.05 mm, 荷重 607 N (左図:圧縮および引張応力の分布図, 右図:せん断応力の分布図)



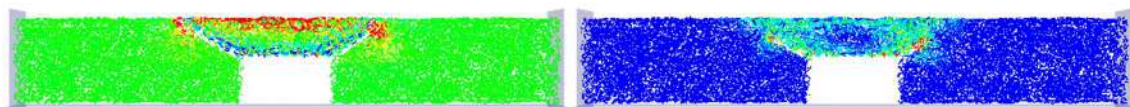
(b) 鉛直変位 0.17 mm, 最大荷重 1610 N (左図:圧縮および引張応力の分布図, 右図:せん断応力の分布図)



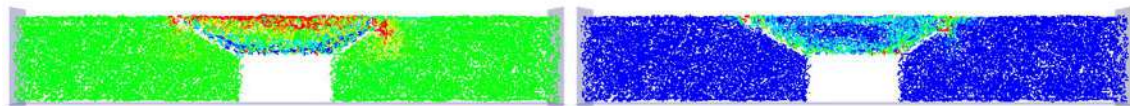
(c) 鉛直変位 0.20 mm, 最大荷重後 1560 N (左図:圧縮および引張応力の分布図, 右図:せん断応力の分布図)



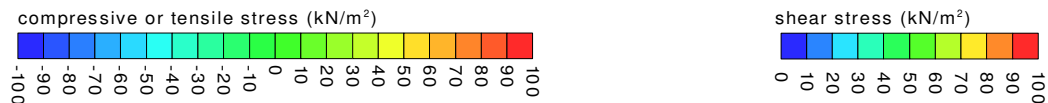
(d) 鉛直変位 0.27 mm, 押し抜き荷重 1310 N (左図:圧縮および引張応力の分布図, 右図:せん断応力の分布図)



(e) 鉛直変位 0.33 mm, 押し抜き荷重 979 N (左図:圧縮および引張応力の分布図, 右図:せん断応力の分布図)



(f) 鉛直変位 0.39 mm, 押し抜き荷重 1040 N (左図:圧縮および引張応力の分布図, 右図:せん断応力の分布図)



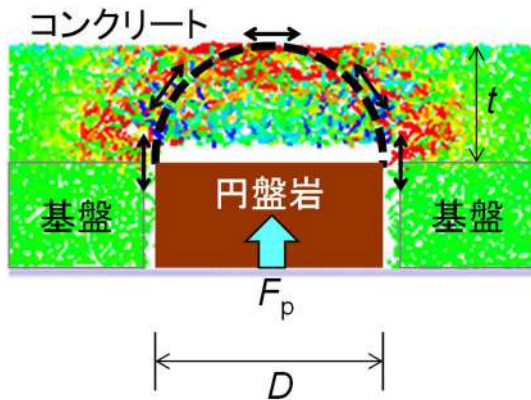
(g) 左図:圧縮および引張応力の凡例(-:圧縮応力, +:引張応力), 右図:せん断応力の凡例

図 8 3次元個別要素シミュレーションによるボンドに作用する応力の分布図(断面図)

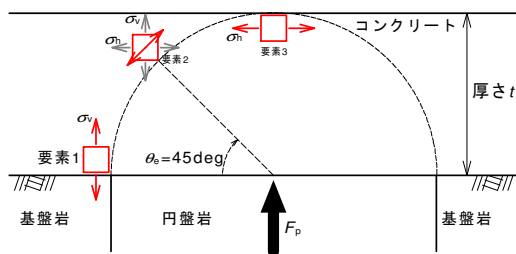
(コンクリート 15 分養生をシミュレート)⁴⁾

発生させる。球要素は、平均半径 $r_{\text{mean}} (= 5 \text{ mm})$ の球要素において単純立方格子構造となるよう発生させるが、その時、球要素の半径 r を最小半径 r_{min} から最大半径 r_{max} までランダムに変化させた。最大半径と最小半径の比は 2.0 とした。球要素発生後、球要素の動きが落ち着くまで計算させた。その時、 $600 \text{ mm} \times 600 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ の直方体の中の球要

素の集合体としてのかさ密度は、約 1530 kg/m^3 であった。これは、型枠内に占める骨材のかさ密度よりも著しく小さいが、シミュレーションでは球要素の骨格構造を優先させた。つまり、実際のコンクリート内の骨材の集合体のかさ密度は、最小かさ密度よりもわずかに小さいことから、骨材はセメント水和物中に浮遊するか、または最小の接点数にて骨



(a) DEM シミュレーションにおける押し抜き最大荷重直前のボンドに作用する引張応力の分布



(b) 押し抜き時のコンクリート内部の微小要素
 図 9 押し抜き荷重が最大荷重に達するときの引張および圧縮応力の分布とその時のコンクリート内部の微小要素⁴⁾

格を形成する骨材も存在するような状態にあると推察される。したがって、シミュレーションでは、最小の接点数となる単純立方格子構造⁵⁾となることを優先させた。この時、実際の集合体のかさ密度と差があるのは、球要素がほぼ均一な粒径で構成されていることと球要素の粒径が実際よりも大きいためである。

次に、球要素同士の接触面にボンドを付加した。その後、载荷治具の範囲外の供試体下部 600 mm × 600 mm × 50 mm の領域を岩石として、変位・回転しないよう速度・回転を 0 に固定した。つまり、岩石の厚さ 50 mm、コンクリートの厚さ 50 mm となる。载荷は、供試体中心部 D 100 mm × H 50 mm の範囲にある球要素を载荷治具とし、同範囲内の球要素を鉛直に 10 mm/sec の速度で上昇させることで行った。その際、载荷治具が鉛直方向 z のみに変位するよう同範囲内の球要素の水平面 (x, y) の速度を 0 に固定した。シミュレーションにおける立体図および断面図を図 6 に示す。

2) シミュレーション結果

コンクリート(養生 15 分)の押し抜き実験およびシミュレーションの荷重変位関係の比較を図 7 に示す。同図から、最大荷重については、ボンドのせん断および引張強度をパラメトリックに変化させ、実験値と一致させている。一方、最大荷重を示すまでの荷重変位関係の傾きについては、シミュレーション結果と実験結果がほぼ一致しており、一軸圧縮試験から計測される弾性係数等を用いて算出された球要素およびボンドの剛性の妥当性を示している^{4),6)}。

一方、最大荷重を示した後の荷重の低下については、シミュレーション結果の方が著しい。これは、骨材を模擬している球要素間のボンド(ここではセメント水和物を模擬している。)に作用するせん断または引張応力が、ボンドのせん断または引張強度を超えるとボンドが消失してしまうためと推察される。実際の実験では、セメント水和物が消失することなく、荷重が最大値を示した後もセメント水和物および骨材が押し抜きに対して抵抗し応力を受け持つ。そのため、実験時の荷重変位関係は最大荷重を示した後も緩やかに減少するものと推察される。

次に、シミュレーションにおいて、ボンドに作用する引張応力と圧縮応力およびせん断応力の分布を図 8 に示す。同図(a)から、载荷岩石の上昇に伴い、载荷岩石の左右端から引張応力が集中していることが見てとれる。次に、最大荷重を示す直前、同図(b)から、左右の引張応力が卓越している箇所から半球状にコンクリート表面にまで引張応力が分布していることが見てとれる。一方、せん断応力のコンターの絶対値は引張応力と一致させているが、コンターの分布を見ると、せん断応力は引張応力の値に比べて小さい。同図(c)の最大荷重を示した後を見ると、载荷岩石の左右端に卓越していた引張応力が少しだけ斜め上方に移動していることがわかる。また、最大荷重を示す前と比べ、半球状の引張応力の分布もその半球の半径を拡大しつつ、コンクリートの厚さがその半径よりも小さいため、途中でその半球が途切れた形となっている。その後、鉛直変位の増加とともに、同図(d)、(e)および(f)を見ると、引張応力の卓越している箇所が斜め上方に移動していき、終にはコンクリート表面に到達している。半球状の引張応力の分布もその半径を拡大しつつ、最後に表面でほぼ面となる。

これらのことから、以下の事項が考えられる。押

し抜き岩石の上昇に伴い、岩石の左右端から引張応力が卓越し、その引張応力がボンドの引張強度を超えるとボンドが消失、より上方のボンドがその引張応力を受け持つ。しかしながら、上方のボンドもその引張応力に耐え切れず、除々に亀裂が斜め上方に進展していくこととなり、終には亀裂が表面に到達すると推察される。

押し抜き荷重が最大荷重に達するときの引張および圧縮応力の分布(図 8(b)の左図)とその時のコンクリート内部の微小要素を図 9 に簡略化してみる。同図(a)に示すように、載荷岩石を直径とする半球の周面上に引張応力が卓越していることが見てとれる。次に、同図(b)に示すように、載荷岩石を直径とする半球状の周面に位置する微小なコンクリート要素を考える。例えば、載荷岩石の左端の要素を要素 1 とする。ここで、要素 1 について考えると、載荷岩石がコンクリートを押し抜こうと上方へ変位すると、要素 1 においては、要素下端が底盤の岩石と付着しているため基盤岩石が要素を下方に引っ張り、要素上端では押し抜き力のため上方に要素は引っ張られる。

Barrett and McCreath⁷⁾もその論文の中で述べているように、吹付けコンクリートの押し抜き実験においては、“Thus, the slab actually fails in tension rather than in shear”、結局のところ、吹付けコンクリートスラブはせん断よりもむしろ引張により破壊するという主張を本研究結果も支持する。

② シールドトンネルのセグメント模型における M-N 破壊包絡線を用いた強度変形特性の評価

1) 実験概要

本研究では外径 150 mm、内径 137.5 mm の 6 分割(K, A1, A2, A3, B1, B2)のセグメント模型を

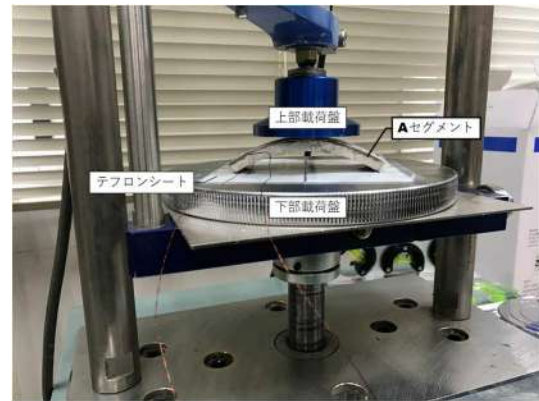


写真1 単体曲げ試験の様子

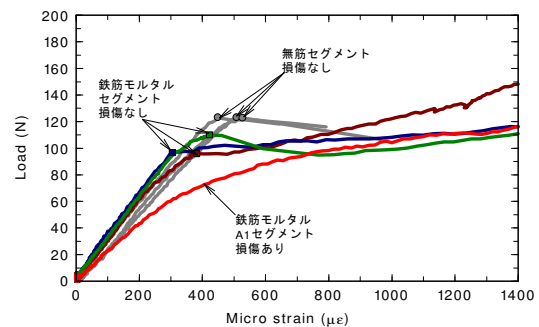
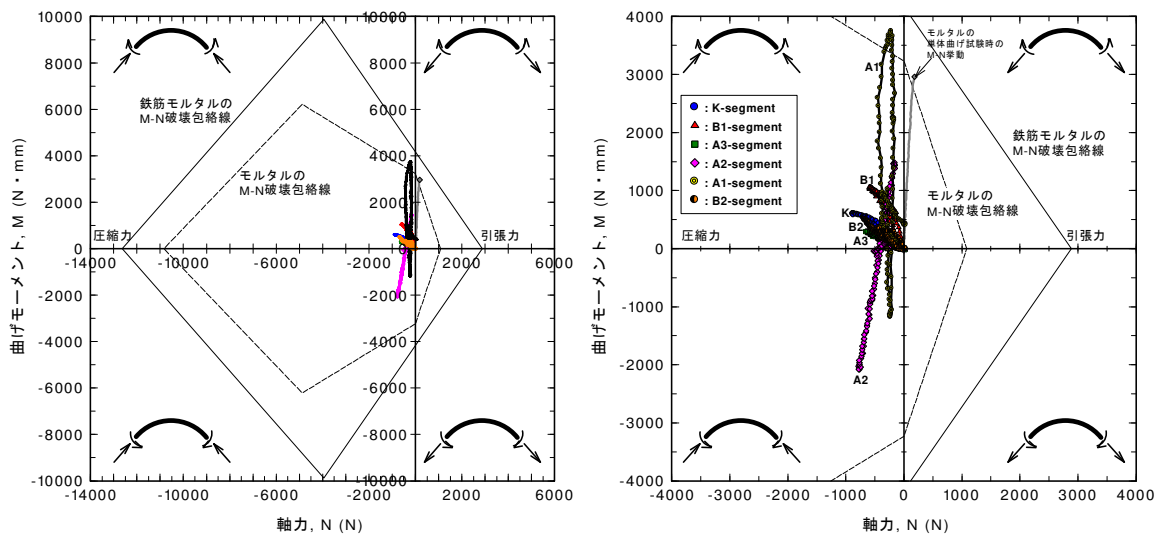


図10 単体曲げ試験時の荷重とひずみの関係



(a) 全体図

(b) 拡大図

図11 M-N 破壊包絡線と各セグメントの M-N 挙動

作製した。塩化ビニル製の型枠内に離型剤を塗布した後、セグメントの分割のため厚さ 0.15 ~ 0.2 mm の銅板を型枠内に挿入し、モルタル（豊浦砂：早強ポルトランドセメント：水=2：1：0.65）⁸⁾を打設した。この際、バイブレーターを用いた加振によりセグメント内の気泡の除去を行った。その後、離型剤を塗布したガラス板を型枠の上から被せ養生し、無筋セグメントを作製した。また、鉄筋モルタルセグメントの場合には、銅板を型枠内に挿入後、直径 0.55 mm、3 mm × 3 mm の格子状の金網（ここでは「鉄筋」とする。）を内外径側それぞれに 1 枚ずつ入れ、内外径の格子状鉄筋間に直径 3 mm、長さ 37.5 mm の針金を挟むことで内外径それぞれの鉄筋のかぶりを一定にした。その後、無筋セグメントの場合と同様に作業を行った。モルタル打設から数日後に型枠から脱型し、養生日数が合計 28 日となるよう水中養生した。セグメントの M-N 破壊包絡線を描くため、写真 1 に示す単体曲げ試験を A1、A2、A3 セグメントに対して実施した。セグメントに加わる曲げモーメントと軸力を算出するため、セグメント内外径側の中央には長さ 10 mm のひずみゲージを貼付した。セグメントの外径側及び試験装置の載荷面にはテフロンシートを敷設し摩擦低減を図った。また、上部載荷盤を固定端として下部底盤を一定速度 1mm/min にて上昇させ載荷を行った。単体曲げ試験によって得た無筋セグメント、鉄筋モルタルセグメントの荷重ひずみ関係を図 10 に示す。同図の荷重ひずみ関係から降伏時の荷重はどのセグメントも同様の値を示していることがわかる。無筋セグメントの場合は降伏後に荷重が減少する脆性的な挙動を呈している。一方、鉄筋モルタルセグメントの場合は、一度モルタル部分にひび割れが入るが、その後、鉄筋が耐えるため、荷重が緩やかに上昇しており延性的な挙動を呈している。

鋼製円筒の周囲に設置された計 12 個のジャッキより、写真 2 に示すように、セグメントリングに対して載荷除荷試験を実施した。載荷除荷ともに、圧力は最大約 320 kPa (0.32 N/mm²) まで毎分 25.6 kPa ずつ増加および減少させることが可能である。載荷除荷として、まず等方的に 160 kPa ほど載荷し、A1 セグメントに対する載荷除荷ジャッキ HJ8 および HJ9 のみ載荷を継続することで偏圧載荷とし、偏圧 320 kPa まで載荷した。その後、160 kPa の等方圧まで戻し、次に同ジャッキのみ偏圧 0 kPa まで除荷し、偏圧除荷とした。偏圧除荷後は、再度等方圧 160 kPa まで戻し、最後に等方的に 0 kPa ま

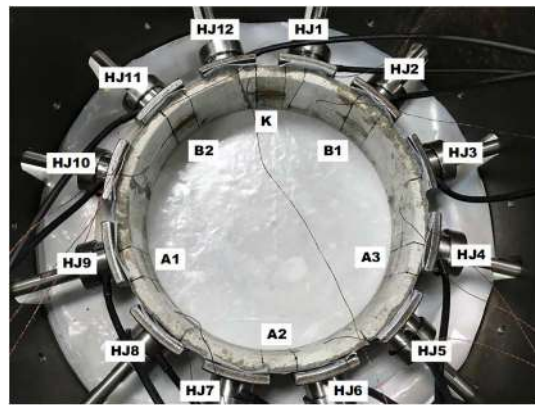


写真 2 M-N 破壊包絡線と各セグメントの M-N 挙動

で除荷した。

2) 実験結果

M-N 曲線の算出をおこなうために、単体曲げ試験および載荷除荷試験の結果から曲げモーメントと軸力を式(1)により算出した。

$$M = ((\sigma_{in} - \sigma_{out})/2) \cdot I_y, N = ((\sigma_{in} + \sigma_{out})/2) \cdot b \cdot h \quad (1)$$

ここで、曲げモーメントを M 、内径側の応力を σ_{in} 、外径側の応力を σ_{out} 、断面二次モーメントを I 、中立軸からの距離を y とした。また、軸力を N 、セグメントの厚さを b 、セグメントの幅を h とした。鉄筋モルタルセグメントの偏圧載荷時の M-N 挙動を図 11 に示す。また、セグメントの断面性能の把握を行うためにそれぞれモルタル及び鉄筋モルタルの M-N 破壊包絡線を図中に合わせて示す。モルタルの M-N 破壊包絡線は、純曲げ、釣り合い、圧縮力および引張力による破壊点を求め、それぞれの点を結んだ線とした。純曲げ破壊点は、モルタルセグメントに対する単体曲げ試験時の破壊点である。釣り合い破壊点は参考文献に詳しい⁹⁾。圧縮力による破壊点は別途実施したモルタル供試体の一軸圧縮強度 (46.2 N/mm²) から算出した。引張力による破壊点は圧縮力の 10 分の 1 と仮定した。一方、鉄筋モルタルセグメントの場合、単体曲げ試験の破壊点が明瞭でないため、釣り合い、圧縮力および引張力による破壊点を結んだものを破壊包絡線とした。同図から、A1 セグメントは偏圧載荷されると第三象限に向かって負の曲げモーメントを増加させるが、偏圧除荷すると第二象限に向かって正の曲げモーメントが増加し、純曲げに近い挙動を呈し、モルタルの破壊包絡線を超過することがわかる。したがって、A1 セグメントのモルタル部分は損傷している可能性があり、載荷除荷試験後、それを単体曲げ試験により確かめた。偏圧載荷・除

荷後の A1 セグメントの荷重ひずみ関係も合わせて図 10 中に赤線で示す。同図から、損傷がない場合の荷重ひずみ曲線に比べ、偏圧・除荷後の A1 セグメントの剛性の低下が確認され、降伏点も明瞭でないことがわかり、損傷していると考えられる。

③ サブテーマ 1 のまとめ

個別要素法による押し抜き実験のシミュレーション結果から、押し抜き荷初期には、コンクリートおよび繊維補強モルタル内に、載荷岩石の直径と同等の直径を有する半球状の周面に引張応力が発生していることが明らかとなった。載荷岩石の貫入に伴い、載荷岩石左右端のコンクリート要素の応力状態が引張側の破壊基準に順次到達し進行的に破壊するため、結局のところ載荷岩石上部のコンクリートがコーン破壊されることが考えられる。

セグメント模型に対する単体曲げ試験と載荷除荷試験から、曲げモーメントと軸力を求めることで各セグメントの M-N 挙動を評価できることが示唆さ

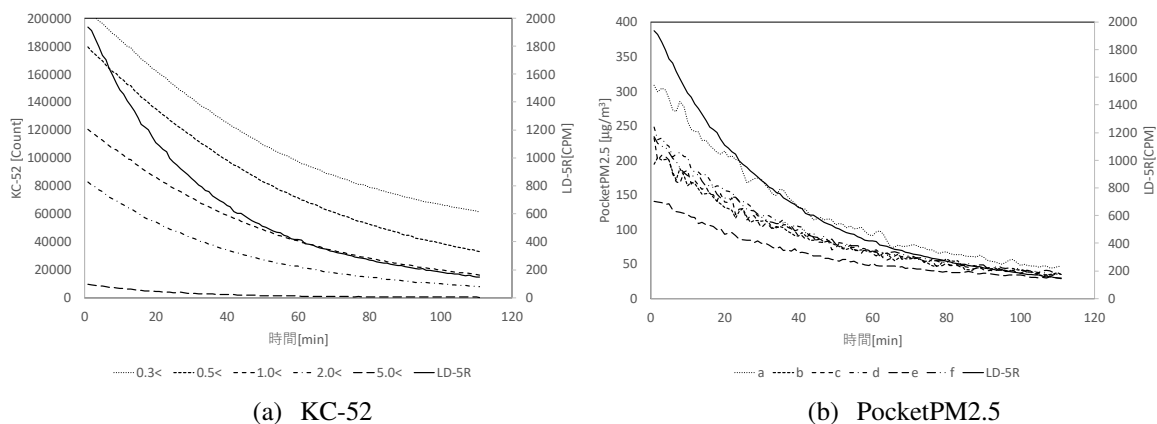
れた。単体曲げ試験では、鉄筋を入れたことにより延性的な破壊を呈し、また、載荷除荷試験からは、偏圧が除荷される場合の方が、セグメントに負荷がかかることがわかった。

(2) サブテーマ 2:

サブテーマ 2 では、粉じんの沈降速度が低いことから、発生した粉じんがトンネル工区のみならず坑口まで運ばれる可能性を鑑み、粉じん濃度を広範囲で同時計測するための手法として、比較的安価な粉じん計を利用するための実験を行った。利用した粉じん計はヤグチ電子製 PocketPM2.5 センサである。同粉じん計は、スマートフォンに接続することで、PM2.5 相当と、PM10 相当の粉じんを最短 1 秒ごとに計測記録ができる。

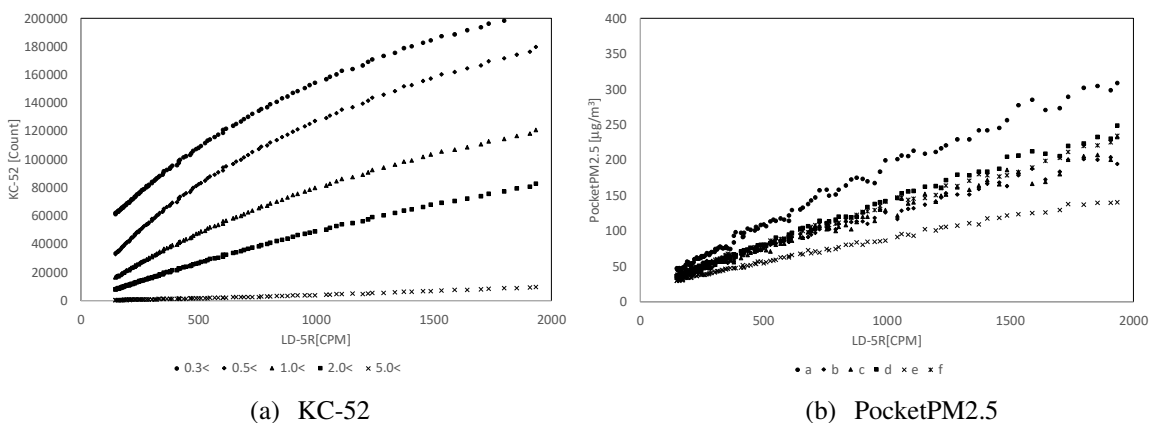
1) 実験方法

高さ 2.0m 幅 1.8m 奥行 3.3m のビニールハウス内で、自作の粉じん(ISO 12103-1 Arizona Test dust Fine)を毎時当たり定量吹き出すことが可能な装置から噴出させ、粉じん濃度の均一化を図るた



(a) KC-52 (b) PocketPM2.5

図 12 簡易センサ計測実験結果(時間経過に対する応答)



(a) KC-52 (b) PocketPM2.5

図 13 簡易センサ計測実験結果(LD-5R との相関)

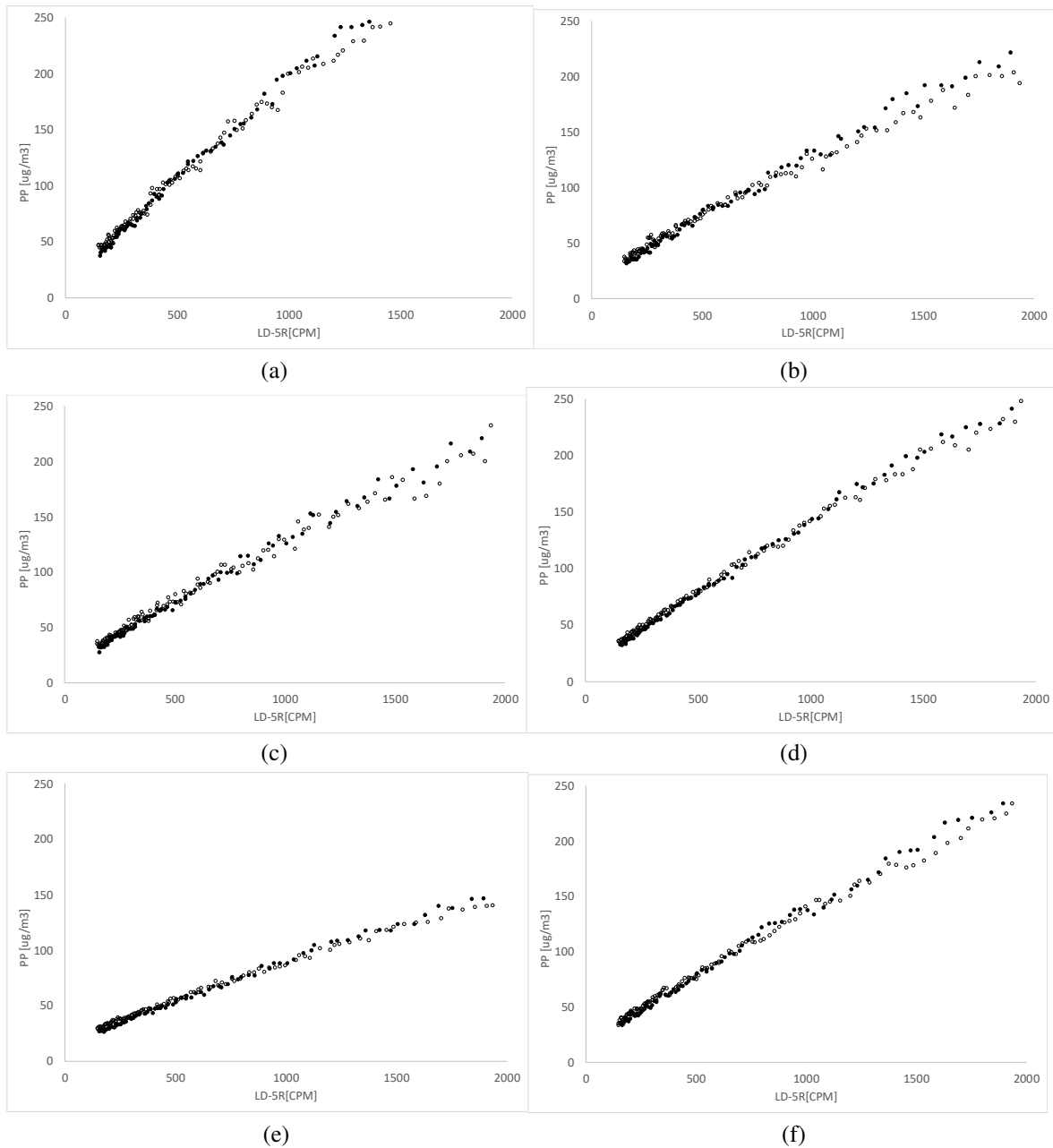


図 14 簡易センサ計測実験結果(再現性)

め扇風機によって内部を攪拌しつつ、標準的な粉じん計として柴田科学製 LD-5R によって計測を行った。LD-5R での計測値が2000CPM(標準粉じん 2 mg/m^3 相当)に達した後、粉じん分散装置を停止し、PocketPM2.5 での計測を開始した。PocketPM2.5 は、LD-5R の吸入位置と高さをそろえ、高さ1mの台に並べて設置して計測した。扇風機での攪拌は継続した。また、粒径の影響を見るためリオン社製パーティクルカウンタ KC-52 での計

測も同時に行った。

2) 実験結果

図 12、13 に、得られた結果を示した。LD-5R と KC-52 については、10 秒毎記録を行ったが、PocketPM2.5 センサは 1 秒ごとの記録に対して欠損データが発生したため、全てのデータを 30 秒ごとの平均値として算出してプロットしてある。KC-52 については、 2.83 L/min の吸引量に対する、各粒径についての累積値を 10 秒積算しているため、得

られた値に対して、 $2.83 \text{ L/min} \times 10 \text{ sec} = 0.471 \text{ L}$ 内の粒子数に相当する。したがって、得られた値を 0.471 で除し、1000 倍することで、 1 m^3 当たりの粒子個数濃度に換算することができる。KC-52 は $140,000,000 \text{ 個/m}^3$ が最大粒子個数濃度であることから、10 秒積算値としての上限は 66,000 程度になる。計測ではこの上限を超えている部分については、参考値として考えるべきであろう。同様に、LD-5R については、 1.7 L/min での吸引であることから CPM から 1 m^3 当たりの粒子個数濃度への変換には、1.7 で除して 1000 倍する必要がある。図 12(a) に示した KC-52 と LD-5R 相互の濃度を粒子個数濃度に変換することは前述のとおり可能であるものの、各々の機材の粒径に対する感度が異なることから、相互の値は整合しない。LD-5R については作業環境の標準的な計測方法として確立されていることから、ここでは換算は行わず、そのままの値として表示してある。

図 13(a)には横軸に LD-5R の値を、縦軸に KC-52 の値をプロットしてある。実験を行ったビニールハウスは、これまでも同様の実験を繰り返したものであり、KC-52 での計測を開始すると、粉じんの分散が無い状況でもサブ μm のサイズについてはバックグラウンドが計測される。また、先に述べたとおり、66000 以上の値は最大個数濃度を超過しており、あくまでも参考値であり、サブ μm については、必ずしも LD-5R との対応も直線的にはなっていない。しかしながら、吸入性の粉じん径としてしばしば参照される $2.5 \mu\text{m}$ に近い、 $2 \mu\text{m}$ 超の値は比較的 LD-5R との対応も良い。

図 12(b)に示した PocketPM2.5 については、スマートフォン上のアプリケーションに表示される単位のままプロットしており、単位上は計測時間の長さの影響は受けない。PocketPM2.5 は、ファンによって導入された雰囲気へ光を当てた際の散乱光強度を計測している。こちらの値も、LD-5R の標準粉じんによる換算値と整合しないものの、図 13(b)に示したとおり、ほぼ線形の相関を持っていることから、相対濃度計としての利用は十分に可能であると考えられる。

同様の実験を再度行った際の比較を図 14 に示した。図 13(b)に見られたとおり、各 PocketPM2.5 センサの感度は各々異なるものの、繰り返した場合の感度変動は小さく、実験における高濃度の時間が実際のトンネル掘削での高濃度暴露時間よりも長いことから考えれば、簡易センサとして利用することが十分可能であると考えられる。

(3)サブテーマ 3:

①研究概要

多くのトンネル建設現場では、重機等の移動機械と作業員とが同時に作業を行っている。この環境下で、作業工程の中にはマニュアルによる作業や非常に危険な作業が少なからず存在する。さらに、多くの移動機械が行きかう中、作業員の安全はほとんどが作業員の注意力に依存している現状がある。このような作業員の過酷な作業状態を緩和するためにも、ICT 機器を活用し、作業を支援するシステムの導入が望まれる。特に、作業員の安全管理システムの開発は急務である。しかしながら、坑内は高温多湿であることが多く、粉塵等で視界も良好とはいえない。何よりも、広大な建設領域においても移動機械と作業員との「はさまれ、巻き込まれ」事故を回避可能にする位置情報システムの導入は必須である。

サブテーマ 3 では、トンネル作業環境において、建設機械等と作業員との接触による労働災害を防止するために、建設機械等と作業員の位置をリアルタイムにモニタリングするためのセンサシステムの開発を目指している。昨年までの本テーマにおける先行実験では、位置情報システムのハードの開発に力を注いできたが、実際の現場に導入する際には、位置情報システムからの結果を危険回避情報に変換し、より有効に作業員に伝達することが最重要課題となる。加えて、「人-もの-環境」が調和し、生産性と安全性の両立を目指す昨今の新たな社会にあつては、ハードのみならず人の行動に対する知見も必要となる。

そこで、本年度は、ICT 機器による位置情報システムをより有効なものとするための検証を行った。トンネルの作業環境同様に、複数の移動機器と複数の作業員が混在する現場を想定し、某クレーン会社の作業現場で実証実験を行なった。

②広大な領域における移動機械と人との位置関係に関する行動分析学的実証実験

1) 実験方法

実験場所及び日時：2019 年 10 月 27 日に関東圏内の産業用クレーン総合メーカー A 社工場内に設置した $15 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ の実験エリアにおいて実験を行った（図 15）。

実験エリア中央には、2D の移動体として業務用ロボットクリーナー（RC200DZSP、株式会社マキタ、愛知県、写真 3）を設置した。

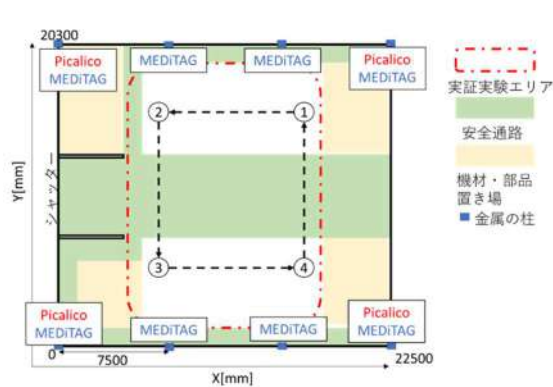


図 15 実験エリア

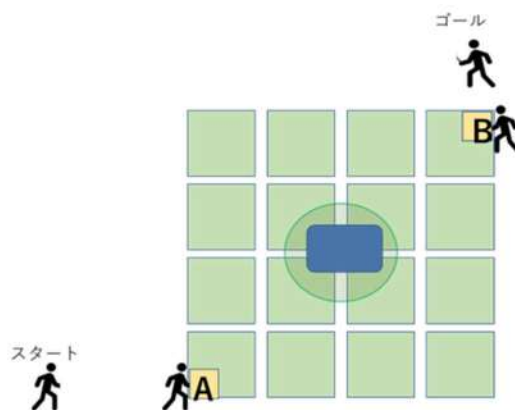


図 16 実験の人・移動体の配置



写真 3 実験で使用了業務用ロボットクリーナー



写真 4 危険(立ち入り禁止)区域. 緑の LED 照射部分

移動体中央より半径 2.0m 以内を「危険（立ち入り禁止）区域」とし（写真 4 の緑の LED 照射部分）、実験条件により危険区域の境界を移動体の上部に取り付けた緑色同心円のレーザーライトを合図刺激として照射した（写真 4）。また、移動体の移動範囲を制御するため、実験エリアの中心から 2.0m 四方をアルミテー

表 2 実験条件の概要

実験条件		実験協力者(人)		
移動体	ライト	経験あり		経験なし
1	静止	無し	3	6
2	静止	あり	3	6
3	動	無し	3	6
4	動	あり	3	6

プの正方形で囲み、移動体を内部に配置した。移動体は、実験条件によりアルミテープ内の移動エリアをランダムに移動した。実験協力者：20-50 歳代の成人男性 12 名を実験協力者とした。クレーン荷役作業のスキルの違いにより、クレーン荷役作業経験者を 3 名および未経験者を 9 名とした。実験手順：本実験は、実験協力者に段ボール（荷）を持たせ、危険区域への立ち入りを回避しつつ実験エリアの外側 A 地点から対角にある B 地点になるべく迅速に荷を運ぶこととした。A 地点と B 地点の床上にテープでラインを引き、目印とした。実験開始前に、実験協力者を A 地点に誘導し、荷を見せながら、次のような教示を行った。「この荷物を A 地点から、対角上の B 地点までなるべく早く運んでください。その際、中央地点にある移動体の中心から半径 2.0m は危険エリアなので立ち入らないようにして B 地点まで行ってください。“用意、スタート”と声を掛けます。B 地点まで到達した際には、“はい、ありがとうございます”と声を掛けます。この動作を 5 回続けて行います。また、休

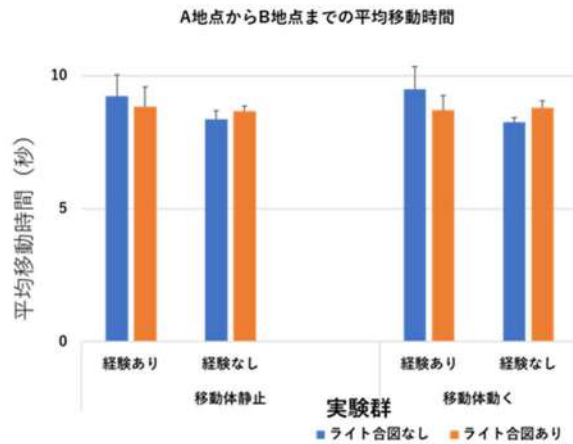


図 17 A 地点から B 地点までの平均移動時間

懇をはさんで条件の異なる移動実験を 4 種類行いますので、合計で 20 回横切り行動を行っていただきます。これから B 地点を確認しましょう。」実験者は研究協力者を誘導し、B 地点の位置を確認した後に再び A 地点に戻った。実験内容に関する質問があった場合は、相当する教示箇所を繰り返した。実験は、次の 4 条件とした (表 2) 移動体は実験エリア中央に静止しており、危険区域のレーザーライトの照射なし、2) 移動体は実験エリア中央に静止しており、危険区域のレーザーライトの照射あり、3) 移動体は実験エリアをランダムに動いており、危険区域のレーザーライトの照射なし、4) 移動体は実験エリアをランダムに動いており、危険区域のレーザーライトの照射あり。実験協力者全員が全 4 実験条件をそれぞれ 5 回ずつ繰り返し行った。実験条件は順序効果を避けるため、実験協力者ごとに順番をランダムに変更した。実験条件の概要を表 2 に示した。実験開始とともに A 地点から B 地点まで移動する時間を計測した (図 16)。

位置情報システムは、可視光通信システムを使用した。位置情報については本稿では扱わない。

2) 実験結果

クレーン荷役作業経験の有無による 1 回目から 5 回目の平均移動時間を実験条件別に図 17 に示す。移動体の静止条件及び動く条件ともに、経験者はライトの合図がない状態よりもライトがある条件において平均移動時間が短縮した。一方、経験のない群では、ライトがあるほうの移動時間が延長していた。

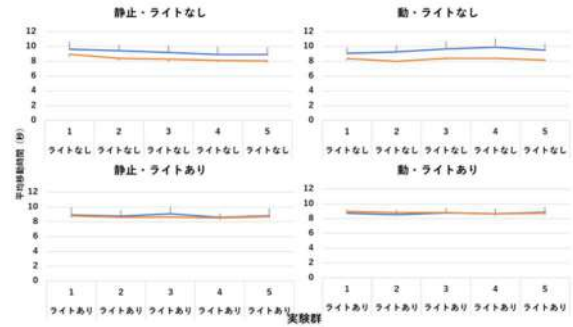


図 18 回数(1-5 回)別平均移動時間

また、ライトの合図がない条件では、移動体の動きの有無にかかわらず、経験者よりも経験のない群のほうが移動時間が短かった。ライトの合図がある場合は、経験ありの群と経験なしの群に差は見られなかった。

移動時間を 1 回目から 5 回目に分け、変化を見てみると (図 18)、移動体が動いているか否かにかかわらず、ライトの合図がない条件では、一貫して経験のない群が経験者に比べて、移動時間が短かった。ライトありの条件では、クレーン荷役作業経験の有無にかかわらず、移動時間はほぼ同じであった。移動体が静止している条件では、回を重ねるごとに、経験者及び未経験者の移動時間が短縮する傾向が認められた。しかしながら、移動体が動く条件下では、経験者は時間が延長する傾向がみられた。経験のない群では、回を重ねてもほとんど移動時間に変化は見られなかった。ライトの合図がある条件では、移動体が制しているあるいは動いていてもほとんど移動時間に繰り返しによる変化は認められなかった。

3) 考察

移動時間に関しては、ライトの合図がない条件下では、クレーン荷役作業経験者のほうが未経験者よりも短いと予測していたが、反して未経験者のほうが移動時間が短いことが判明した。この結果は、1 回目から 5 回目を分けて分析してみるとより明確となった。実験協力者には、あらかじめ半径 2m 内は危険区域だと告げているため、クレーン荷役作業に従事した経験のある者は、ライトの合図がない場合は、注意深く危険区域を回避していたために移動時間が長くなった可能性がある。移動体が動いている時に、回を重ねるごとに移動時間が延長したことからその傾向がうかがえる。一方、クレーン荷役作業経験がない群においては、ライトの合図がない場合は、移動体が静止している時には移

動時間の短縮が、動いている場合でも移動時間は変化がなかった。半径 2m の危険区域すれすれあるいは中に入って移動している可能性が高く、安全行動を取っているとは言えない。それとは反対に、ライトの合図がある場合には、移動体が静止していても動いていても、1 回目から 5 回目までほぼ同じ時間で移動しており、時間の増減がほとんど見られなかった。この現象は、経験者でも未経験者でも同様にみられており、両者間に時間の差もほとんどなかった。

以上のことから、未経験者でも安全な作業を行うためには、ライトによる危険区域の明示が重要であることが明確化された。本予備実験の結果は、支援的保護システムにおいて、作業者の位置情報とともに作業現場における危険領域の視覚情報の提示の重要性を示唆するものである。

【参考文献】

- 1) Cundall, P. A. and Strack, O. D. L.: A discrete numerical model for granular assemblies, *Geotechnique*, Vol. 29, No. 1, pp. 47-65, 1979.
- 2) Potyondy, D. O. and Cundall, P. A.: A bonded-particle model for rock, *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, Vol. 41, pp. 1329-1364, 2004.
- 3) 吉川直孝, 堀智仁, 伊藤和也, 三田地利之: 固結粒状材料における個別要素法パラメータの決定方法の検討, *地盤工学ジャーナル*, Vol. 8, No. 2, pp. 221-237, 2013.
- 4) Kikkawa, N., Ito, S., Hori, A., Sakai, K. and Hiraoka, N.: Punching fracture mechanism and its strength formulation of early-age shotcrete, *Tunnelling and Underground Space Technology*. (submitted)
- 5) 最上武雄編著, 土木学会監修: 土質力学, 技報堂出版, 1048p., 1969.
- 6) 吉川直孝, 平岡伸隆, 伊藤和也: 若材齢ベースコンクリートの押し抜き実験とその個別要素シミュレーション, *土木学会論文集 F1(トンネル工学)*, Vol. 75, No. 1, pp. 56-74, 2019.
- 7) Barrett, S. V. L. and McCreath, D. R.: Shotcrete support design in blocky ground: towards a deterministic approach, *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 10, No. 1, pp. 79-89, 1995.
- 8) 木村 亮, 足立紀尚, 小林秀人: 水平力を受ける鉄筋コンクリート群杭の終局挙動に関する遠

心模型実験, 京都大学防災研究所年報, 第 38 号 B-2, pp.1-16, 1995.

- 9) 吉川弘道: 鉄筋コンクリートの設計—限界状態設計法と許容応力度設計法—, 212p., 丸善出版株式会社, 1997.

【研究業績・成果物】

[原著論文]

- 1) 吉川直孝, 平岡伸隆, 伊藤和也 (2019) 若材齢ベースコンクリートの押し抜き実験とその個別要素シミュレーション. *土木学会論文集 F1(トンネル工学)*, Vol.75, No.1, pp.56-74, 2019.
- 2) 掛谷幸士朗, 林久資, 大塚輝人, 中村憲司, 進士正人 (2019) 簡易粉じん測定器のトンネル建設現場への適用に関する研究. *土木学会論文集*, Vol. 75, No. 2 (特集号), pp. I_12-I_19.
- 3) 清水尚憲, 米竹淳一郎, 菖蒲鷹彦, 今井諒, 山本信一, 三原泰司, 小島英郷, 梅崎重夫, 濱島京子, 北條理恵子 (2019) トンネル施工現場を対象とした支援的保護システムの適用に関する一考察. *土木学会論文集 F6(安全問題)*, Vol. 75, No. 2, pp. I_99-I_107.

[研究所出版物]

- 1) 吉川直孝, 大塚輝人, 清水尚憲, 堀智仁, 平岡伸隆, 山際謙太, 板垣晴彦, 中村憲司, 濱島京子, 大嶋勝利, 北條理恵子, 伊藤和也 (2019) 山岳及びシールドトンネル建設工事中の労働災害の防止に関する研究. *労働安全衛生総合研究所「2018 年度 年報」*.

[その他の専門家向け出版物]

- 1) 一般社団法人日本トンネル技術協会 (2019) 山岳トンネル工事に係るセーフティ・アセスメントに関する指針・同解説[解説改訂版]. 303p.
- 2) 一般社団法人日本トンネル技術協会 (2019) シールド工事に係るセーフティ・アセスメントに関する指針・同解説[解説改訂版]. 260p.
- 3) 公益社団法人土木学会トンネル工学委員会技術小委員会 山岳トンネルのリスク低減に関する検討部会 編 (2019) *トンネル・ライブラリー* 第 32 号 実務者のための山岳トンネルのリスク低減対策. 公益社団法人土木学会, pp.71-82.
- 4) JTA 国際委員会 ITA 統括ワーキング (2019) 第 45 回 ITA 総会および世界トンネル会議(ナポリ報告. *トンネルと地下*, Vol. 50, No. 10, 一般社団法人日本トンネル技術協会, p. 59, pp.66-67 (吉川担当箇所).

[国内外の研究集会発表]

- 1) Naotaka Kikkawa, Nobutka Hiraoka, Kazuya

- Itoh and Rolando P. Orense (2019) Study on strength and deformation characteristics of early age shotcrete in tunnel cutting face. *Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art – Peila, Viggiani & Celestino (Eds), World Tunnel Congress 2019 (WTC2019), Naples, Italy*, pp. 4882-4891.
- 2) Rieko Hojo, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Mizuho Nakamura and Shoken Shimizu (2019) Detection of dangerous points and behavioral modification from environmental change by behavior analysis procedure under the safeguarding supportive system (SSS) at a tunnel construction site. *6th European Conference on standardization, testing and certification in the field of occupational safety and health (EuroSHnet 2019)*, p. 4.
 - 3) Shoken Shimizu and Rieko Hojo (2019) Location estimation and classification of limit of positional identification of tunnel workers at a tunnel construction site using the Safeguarding Supportive System (SSS). *The 3rd International Conference on Telecommunications and Communication Engineering, Conference Abstracts*, p19.
 - 4) Shoken Shimizu, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Koichi Ono and Rieko Hojo (2019) Experimental trial of three-dimensional location detection of workers using the Safeguarding Supportive System (SSS) at a tunnel construction site. In #13 Symposium of Recent Developments in Behavioral Safety (10th International conference of Association for Behavior Analysis International), Program p. 23.
 - 5) Rieko Hojo, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Koichi Ono and Shoken Shimizu (2019) Detection of dangerous points and behavioral modification from environmental change by behavior analysis procedure under the safeguarding supportive system (SSS) at a tunnel construction site. In #13 Symposium of Recent Developments in Behavioral Safety (10th International conference of Association for Behavior Analysis International), Program p. 23.
 - 6) Rieko HOJO, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Koichi Ono and Shoken Shimizu (2019) Detection of Dangerous Points and Behavioral Modification from Environmental Change by Behavior Analysis Procedure Under the Safeguarding Supportive System at a Tunnel Construction Site. (10th International conference of Association for Behavior Analysis International), Program p. 37.
 - 7) 堀智仁, 吉川直孝, 平岡伸隆 (2019) 軟岩模擬試料の作製と弾性波速度計測. *安全工学シンポジウム 2019*, pp. 244-245 .
 - 8) 吉川直孝, 伊藤慎也, 酒井喜久雄, 平岡伸隆 (2019) 特殊繊維を混合したモルタル吹付けコンクリートと一般的な吹付けコンクリートの押し抜き強度変形の比較. *土木学会第 74 回年次学術講演会, V-126, CD-ROM*.
 - 9) 吉川直孝, 伊藤慎也, 酒井喜久雄, 平岡伸隆 (2019) 特殊繊維を混合した吹付けコンクリートの押し抜き強度変形特性に関する実験的検討. *第 54 回地盤工学研究発表会, 0706, M-06, pp.1441-1442*.
 - 10) 松井克海, 北條理恵子, 清水尚憲, 濱島京子, 梅崎重夫, 大塚 裕, 福田隆文, 高橋 聖 (2019) モバイルロボットが走行する仮想作業環境における支援的保護システムの有効性検証. *安全工学シンポジウム 2019, プログラム, p.6*.
 - 11) 北條理恵子, 松井克海, 濱島京子, 梅崎重夫, 中村瑞穂, 高橋 聖, 清水尚憲 (2019) モバイルロボットが走行する産業現場における行動分析学の活用. *安全工学シンポジウム 2019, プログラム, p.6*.
 - 12) 清水尚憲, 米竹淳一郎, 菖蒲鷹彦, 今井誠, 山本信一, 三原泰司, 小島英郷, 梅崎重夫, 濱島京子, 北條理恵子 (2019) トンネル施工現場における支援的保護システムの活用 -リスクポイント検出法に関する一考察. *電子通信情報学会安全性研究会*
 - 13) 松井克海, 北條理恵子, 清水尚憲, 濱島京子, 梅崎重夫, 高橋聖 (2019) トンネル作業環境における支援的保護システムの有効性検証. *第 20 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会*.
- [特許の出願取得]
- 1) 伊藤慎也, 保利彰宏, 岩崎昌浩, 三島俊一, 酒井喜久雄, 吉川直孝, 平岡伸隆 (2019) 切羽面吹付用モルタル材料, 切羽面監視システム, 及びトンネル掘削方法, 特願 2019-113651, 整

理番号: PU004427, 提出日令和元年 6 月 19 日.
[国外規格等の発行協力]
1) 清水尚憲 ISO/TR22053 発行予定, ISO11161
改正作業終了予定

[国内規格等の発行協力]
1) 清水尚憲, レーザー施工研究会, レーザー施工
安全標準 2019 (発行予定)

(8) 数値解析を活用した破損事故解析の高度化【4年計画の4年目】

山際謙太(機械システム安全研究 G), 山口篤志(同), 本田尚(同), 佐々木哲也(同)

【研究期間】 平成 28～令和元年度
 【実行予算】 22,920 千円(令和元年度)
 【研究概要】

(1)背景

近年の事故調査は、特に材料の破壊に起因する事故の場合(以下、破損事故)、事故の前に作用していた応力などの定量値を推定し、その上で再発防止策等を検討することが求められている。例えば第12次労働災害防止計画(以下、12次防)の中においても、重点施策の中で「科学的根拠、国際動向を踏まえた施策推進」と記載されているように、通達・法案等も科学的根拠を持って立案することが必要とされている。第13次労働災害防止計画の中では、8つの重点項目の中の「死亡災害の撲滅を目指した対策の推進」において「製造業における施設、設備、機械等に起因する災害等の防止」とか、「国民全体の安全・健康意識の高揚等」において「科学的根拠、国際動向を踏まえた施策推進等」という記載がなされている。

クレーンの災害に限れば、図1より平成14～25年の間に機体等の折損・倒壊・転倒を原因としては述べ122名(年平均10名)が死亡している。落下を原因としては、324名(年平均27名)が死亡している。これらの災害については減少していない。また、高度経済成長期に製造されたプラントで使用されている配管、圧力容器などは設置後30～40年というものも多い。こうした長期間使用している産業機器を経年機と呼ぶ。そして、経年機の数是国内では増加していることから、事故はクレーンに限らず増える可能性がある。このような新旧様々な産業機器の事故に対して行政側のニーズとして、科学的根拠に基づいた災害調査の実施が求められている。

また、製造業全般においては、当然のことながらより安全な機器の設計が求められている。そして、設計するには多くの数値解析が用いられる時代になってきた。しかし、その一方で、数値解析にはモデル化また境界条件設定などに多くのノウハウが必要となっている点と、実際に作用している応力との乖離が問題となっている。すなわち数値解析により設計は合理化したいが、解の妥当性評価が問題となっており、社会的にも安全設計のために数値応力解析の必要性は高まってきている。

こうした事故により発生する破壊、損傷に対する科学的根拠に基づいた説明が求められているという背景のもと、山際らは特定の破壊機構における破断面の数値解析手法により応力を推定する手法等の開

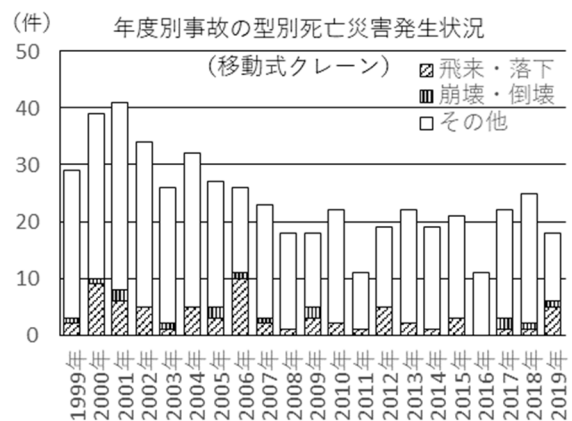
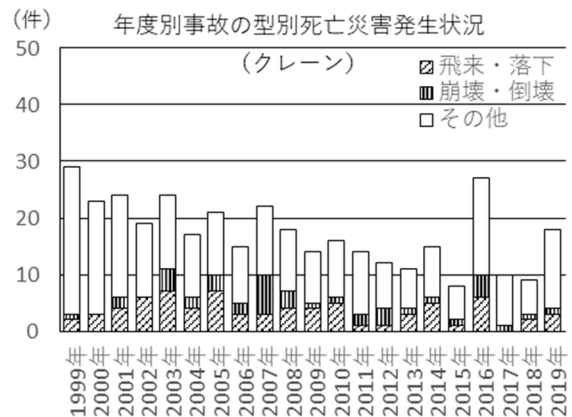


図1 クレーンによる年間死亡者数(横軸:西暦、縦軸:人数)

発[1,2]、配管に生じる減肉部の形状評価[3]など損傷部の評価についての研究を行ってきた。また、山口らは減肉配管の有限要素解析と破裂試験などを実施し、残存強度について評価[4]している。

しかしながら、現在でも破断面解析であれば、数値解析による応力推定には、その過程で未だ観察者の経験に依存するところがある点と、疲労試験等の実行により推定に時間を要する点が問題である。よって、より短期間に定量性を持った推定を可能にする手法の検討が求められている。また、事故を起こした機器の応力状態を把握するために実施する有限要素解析は1)モデル化に時間を必要とする、2)事故直前の状態が不明であるため、境界条件が限定しきれないが、有限要素法により得られる応力などは境界条件に強く依存している、などの問題点が残

っている。その一方で画像相関を利用した変位計測法(Digital Image Correlation: DIC)なども近年は盛んに行われている。

より定量性と信頼性を持った調査を実施するために、新しい数値解析手法の開発や新しい計測方法を導入する事で、破損事故解析をより高度にすることが期待できる。

(2)目的

数値解析を活用して、産業機械に作用する応力などの定量的な評価法を開発し、破損事故解析を高度化する。

(3)方法

破損事故解析を行う上で最もよく行われるのが、1)破断面解析と、2)応力解析である。従って、本プロジェクト研究ではこれらに焦点を当てた2本のサブテーマを持って実行する。2本のサブテーマはそれぞれ独立であるが、材料強度試験について試験片、結果などで共有できる場合は共有していく予定である。

サブテーマ 1:材料破断面の数値解析手法の開発

本テーマでは、破損事故の際に生じる破断面から、作用していた応力などの情報を破断面の電子顕微鏡像または三次元形状から数値解析により求める手法の開発を行う。

1) 試験片レベルの検討(H28～H29 半期)

実験:試験片レベルではCT試験片、丸棒試験片などを用いて疲労試験、引張試験などを行う。

手法の検討:得られた破断面の観察・三次元形状の計測などを実施し、破断面から 1)応力、2) 亀裂進展方向、3)温度、4)破面様相マップ、5)類似破面などを推定する手法を検討する。

精度の検証:実験結果と照らし合わせ、精度の検証を実施する。

2) 実構造物レベルの検討(H29 半期～R1 半期)

実験:実構造物レベルでは検討中であるがクレーンのブーム、配管などを用いて疲労試験、引張試験などを行うことを計画している。

手法の検討:得られた破断面の観察・三次元形状の計測などを実施し、試験片レベルで開発された破断面から応力などを推定する手法を適用する。

精度の検証:実験結果と照らし合わせ、精度の検証を実施する。

テーマの目標:破断面の数値解析手法を開発し、破断面数値解析のフレームワークを構築する。そして、フレームワークを実施するためのアプリケーションの開発

と、破断面のデータベースを構築する。

サブテーマ 2:実験力学・数値解析の援用による応力評価の高度化

本テーマでは、有限要素解析などの数値応力解析を行う際に、境界条件設定のために材料強度試験の結果などを援用することで、より信頼性の高い応力評価が可能な境界条件設定方法を開発する。

1) 試験片レベルの検討(H28～H29 半期)

実験:試験片レベルではCT試験片、丸棒試験片などを用いて疲労試験、引張試験などを行う。

手法の検討:試験片表面の変位計測(DIC など)と、境界条件設定法の検討を行う。

精度の検証:実験結果と照らし合わせ、精度の検証を実施する。

2) 実構造物レベルの検討(H29 半期～R1 半期)

実験:実構造物レベルでは検討中であるがクレーンのブーム、配管などを用いて疲労試験、引張試験などを行うことを計画している。

手法の検討:構造物表面の変位計測と、境界条件設定法の検討を行う。

精度の検証:実験結果と照らし合わせ、精度の検証を実施する。

テーマの目標:作用応力推定をするための数値解析に実験結果を援用し、信頼性の高い応力評価法を構築する。そして、実験力学を援用し、数値解析における境界条件設定方法のフレームワーク構築を行う。

(4)研究の特色・独創性

これまでの事故調査にはあまり活用されてこなかった、1)破断面の三次元形状、2)DICなどの最新の変位計測法などを積極的に活用することで事故調査を高度化するという点に特色がある。

【研究成果】

今年度、本研究の各サブテーマにおける成果は以下の通りである。

(1) サブテーマ 1:

破断面数値解析のフレームワークを構築する一環としてディープラーニングを活用した破断面の自動分類プログラムを開発した。また、破断面データベースに掲載するための材料強度試験を実施した。

1) ディープラーニングを応用した破断面の自動分類

破断面を調査する時に大切なこととして、類似破断面の検索がある。調査対象である破断面と類似している破断面をハンドブックで検索する、または実際にある破断面を観察して比較しながら調査対象を理解していくとい

うことはよく行われている。

また、破断面には複数の破断面の様相が混在していることが多い。例えば疲労亀裂進展の後に延性破壊を起こせば、ストライエーションである領域とディンプルである領域と分けることができる。このように、破断面の中に複数の様相がある場合、様相の分布を作成することは破断面解析において重要な解析事項である。

こうした類似破断面の検索または破断面の様相分類などに必要な技術は、破断面と破壊機構を結びつける技術である。現在は、前述のように人間の観察により行っているが、実機の破断面などは破断面の損傷または錆などの付着物が多く、判断には訓練を要し、また得られる結果は観察者の熟練度に依存してしまう欠点がある。

一方でディープラーニングは例えば筆記された数字を読み込んだ画像を数字ごとに分類するといったように、画像の認識と分類に活用されている。昨年度はこの技術を破断面の特に走査型電子顕微鏡(SEM)画像を分類させることができる可能性があることから、ディープラーニングを応用した破断面性状の自動分類(性状分類 AI)の開発を試みた。

昨年度は、脆性(劈開)、延性(ディンプル)、疲労(ストライエーション)の3種類の分類を行なった。今年度は、これに粒界破壊の破面を追加し、性状分類 AI を用いて4種類の分類を行なった(図2)。

応用したニューラルネットワークは、畳み込みニューラルネットワーク(Convolution Neural Network: CNN)である。また、ディープラーニングには教師付き学習と教師無し学習があるが、今回は教師付き学習を選択した。したがって、破断面には既に破壊機構が関連づけられている。そして、ニューラルネットワークが画像から判断した破壊機構の結果と、関連づけられている結果を比較し、等しければ正解、異なっていれば間違いとした。ディープラーニングのライブラリは Google が提供する Tensorflow を利用した。

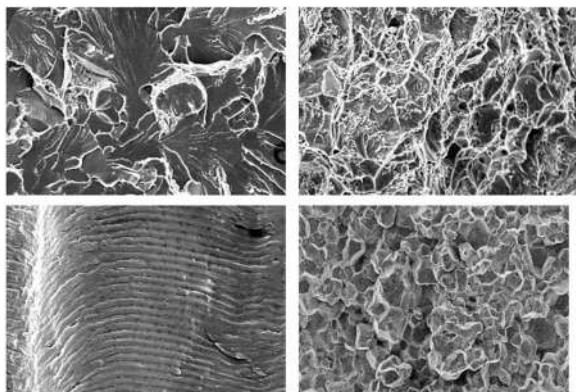


図2 分類した破断面の例

表1 破壊機構と画像枚数の関係

ラベル名	初期枚数	オーグメンテーション後の枚数(万枚)
ディンプル	416	12.2
擬劈開	400	12.5
疲労(低)	358	10.6
疲労(中)	638	21.3
ストライエーション	701	22.6
粒界割れ	240	6.1

用意した画像は全部で 85.3 万枚である。その中で 68.2 万枚を教師用画像、17.2 万枚をテスト用画像として学習させた。破壊機構ごとの枚数を表1に示す。分類した結果を図3に示す。横軸は学習したエポック数、縦軸は正答率(Accuracy)を示す。ここで正答率は評価用画像の中で正解した枚数を合計枚数で除した値である。

学習回数は 500 エポックで打ち切った。この時の正答率は 0.96 であった。したがって、今年度は4種類の破断面の分類を試みたが十分に分類可能であることを示すことができた。

次に、破断面に複数の様相がある場合、性状分類を応用して性状ごとの領域の分割を行なった。結果を図4に示す。

図4はシャルピー衝撃試験の破断面であり、脆性破壊と延性破壊の境界部である。この画像をメッシュ状に分割し、各領域で性状の判断を性状分類 AI に行わせ、

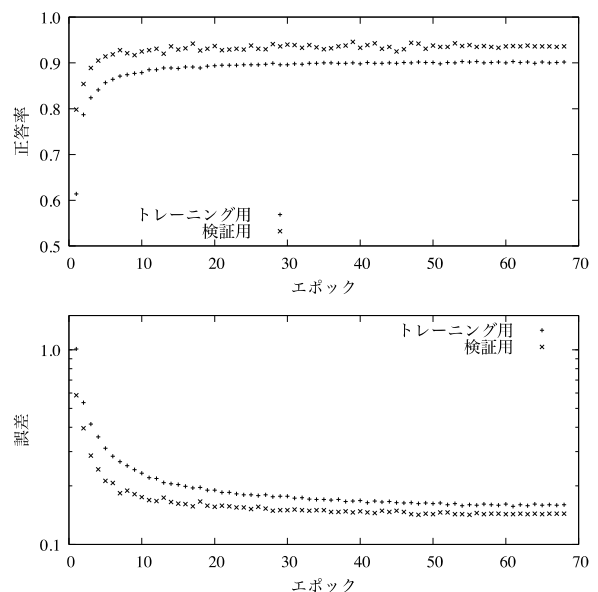


図3 分類結果

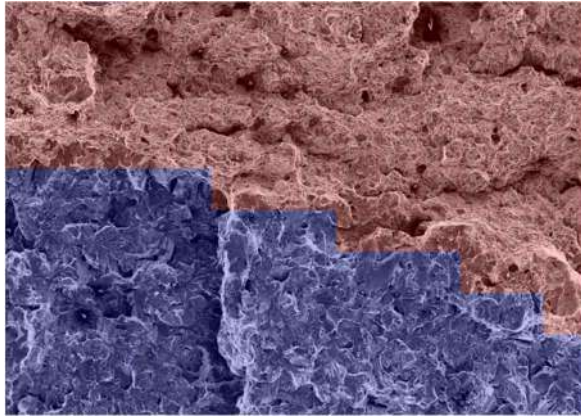


図4 領域分割の結果（上：延性破面、下：脆性破面）

その結果を性状ごとに色で塗り分けた結果である。目視で判断する領域分割の結果とほぼ同じ結果を得ることができている。これを拡張していくことで、例えば実機の破断面は疲労破壊と延性破壊の破断面が混在していることがあるが、こうした場合は疲労破壊の領域と延性破壊の領域を分割することができると考えられる。

ディープラーニングの計算を行い分類用のモデルファイルを作成した次は、これを活用してトレーニング用または検証用のデータに無い画像を実際に分類するための推論用ソフトウェアを作成する必要がある。

例としてウェブブラウザを介して画像を推論用プログラムに入力し、結果を表示するプログラムの例を図5に示す。プログラムはPythonのライブラリであるFlask等を活用して構築した。

ここでは、画像内からランダムに10領域を選択し、それぞれの領域において破断面の様態を推定する。その結果、最も数の多いラベルをその破断面の様態として決定した。上記の例では目視による判断では粒界破壊の破断面であるが、推定結果も粒界となっており、両者が一致している。

近年は学習用データに対する信頼性と、推論結果に対する説明責任も求められるようになってきた。

例えば本報で使用した画像データと分類結果については、事前に筆者が分類していることと、Google等の画像検索の結果を入れていることなどから、その分類結果の信頼性について客観性が高いとは言えない。また、それを学習した結果であるモデルファイルの性能は、筆者らの分類能力に影響を受けていると言える。

一方で、こうした技術者の分類能力を極力排除した学習データを作成しようと考えたとき、破壊試験により既知の破壊機構による破壊を行い、その破断面のみを観察し、学習用データとする方法が考えられる。こうした方法により、破壊試験と破断面画像のセットに技術者の主観を入

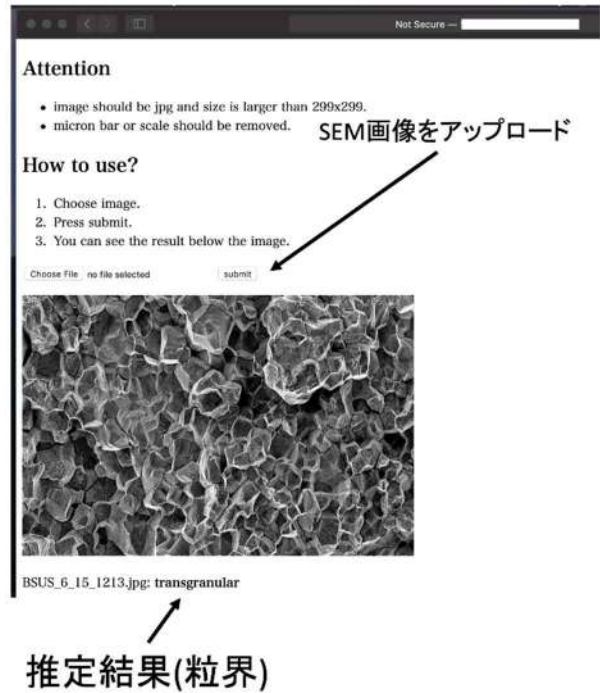


図5 破壊機構推論プログラムの例

れない、言わば客観性の高いデータを作ることは可能である。しかし、こうした言わば教科書のような破断面に対して、実機の破断面は潰れ、汚れまたは錆などが多い。従って、実験のみで作成した学習用データと、実機の破断面とには少なからず乖離がある。そのため、こうした破壊試験のみのデータで学習することは、学習用データとして客観性は高いが、十分な汎化性能があるモデルファイルが構築できる可能性については議論として残されていると考えられる。

また、推論結果に対するの説明責任については、図6に示したヒートマップなどが提案されている。これは推論する画像の中で判断に至った領域を赤く示している。ファセットは劈開面と、その中に広がるリバーパターンが特徴であるが、図6では、その部分が赤く強調されており、人間による判断と近い推論がなされていると言える。こうした画像を提示することで、推論に至った根拠を示すことができる。

また、これ以外では Inference function と呼ばれる手法もあり、学習用画像の中から最も推論用画像に近いと判断される画像を提示する手法である。こうした様々な手法が現在も推論結果の説明のために提案されているため、こうした手法を取り込みながら破断面の推論結果を説明していくことになる。

本研究は、並行して横浜国立大学内に研究コンソーシアムとして、“フラクトグラフィとディープラーニングの融合研究コンソーシアム(FraD)”を設立した。今後はコンソーシアム内で活動を継続していく予定である。

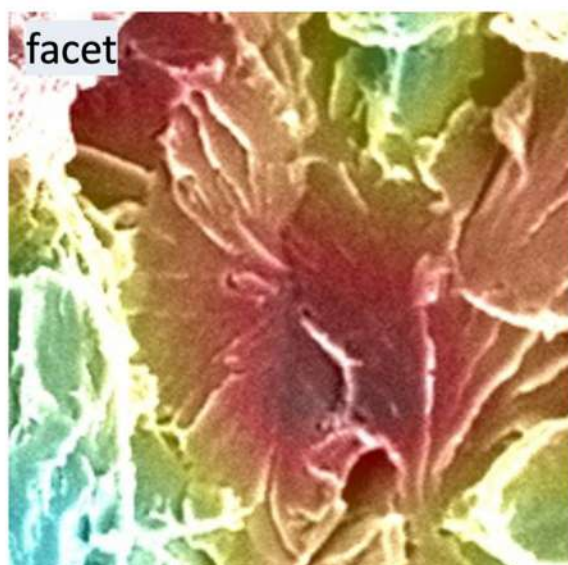


図6 破断面の推論結果に対するヒートマップ表示

2) 破断面データベースのプロトタイプ構築について破断面データベースは、破断面の画像を収集し、またその観察結果を記載することで、熟練解析者の知見などを保存していく仕組みである。このデータベースの構築については、日本材料学会フラクトグラフィ部門委員会と同学会疲労部門委員会との間に、フラクトグラフィデータベース小委員会(主査:山際謙太)を設立し、材料強度試験計画等を行なった。

令和元年度は疲労亀裂試験を S45C(熱処理有りの試験片)、SUS316、FCD400 の鋼種において実施した。また、破断面データベースの構築を実施した。以下の URL にて公開をしている。

<http://www.fractography-database.org/>

(2)サブテーマ 2:

産業機器における災害防止や災害原因究明を適切に行うために、実験力学により得られた変位測定結果を有限要素解析の変位境界条件として援用し、応力状態を取得できることを明らかにしている。

1) 実験力学結果を援用した応力解析

近年、実験力学における構造物の応力測定として、Digital Image Correlation (DIC:デジタル画像相関法) とよばれる変位計測装置が注目され、使用され始めている。DICは、基本的に2台以上の撮影機器を利用して行うが、構造物の形状にかかわらず、その変形を広範囲かつ3次元的に計測し、部材表面の変位やひずみを計測することが可能である。これまで、本サブテーマでは、試験条件や撮影条件による差異を検証するために、切欠きを有する試験片を用いて4点曲げ試験を実施するとともに、DICによる試験片全体の変位や切欠き先端近傍の変位情報を取得してきた。撮影条件によっては、変

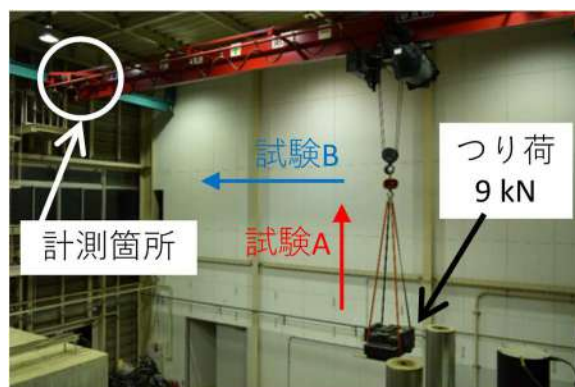


図7 測定対象とした天井クレーン



図8 天井クレーンにおける測定領域

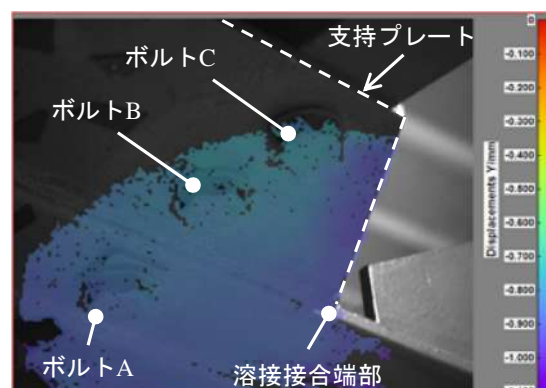


図9 鉛直方向の変位分布

位の測定が困難となる場合があることを示すとともに、適切に得られた変位測定結果をもとに、有限要素解析(以下、FE 解析)へ援用し、応力状態を取得できることを明らかにしている。

H30年度からは、実構造物を対象としたDICによる変位測定、ひいては応力評価を行ってきており、脚立を対象に一定の成果を得ている。今年度は、大型の実構造物を対象に、大型構造物を対象として、天井クレーンに発生する応力の評価を、DICおよびFE解析を利用して行った。図7に、本実験で使用した天井クレーンを示す。天井クレーンは、つり上げ荷重2.8tonfである。DICによる変位の計測箇所は走行レールの端部とした。試験は図7に示したように、900kgの荷をつり上げ(試験A)、そ

の後、図中左方向へ荷を走行させる(試験 B)。図 8 に、天井クレーンにおける DIC による測定箇所の写真を示す。測定箇所のランダムパターンは、水性塗料を含ませた水溶液を霧吹きによって塗布されている。

図 9 は、試験 B において、計測箇所に吊り荷が最も近づいたときの DIC により計測された鉛直方向の変位分布である。測定された範囲において、0.7 mm から 0.9 mm の変位が測定された。図 10 は、図 9 中における 4 箇所の変位量の変化を表したものである。試験 A において、吊り荷による荷重の増加に伴い、すべての計測点において変位量が増加していることが確認できる。最も変位量が小さいのはボルト C 部であった。計測された範囲における最大の変位量は約 0.9 mm であり、走行レールと走行レールの支持プレートとの溶接端部で発生した。DIC により得られた変位分布が FE 解析結果と一致するように、FE 解析において境界条件を設定し、応力解析を行った。FE モデルは簡易的に作成しており、走行レールの支持プレートおよび走行レールの要素は、それぞれシェル要素(SR4)、ソリッド要素(C3D4)とした。天井クレーンに使用されている材料は鉄鋼材料であるが、当該材料の応力-ひずみ関係が不明なことから、縦弾性係数を 200 GPa と仮定した。したがって、応力解析は弾性解析で計算される。図 11 に FE 解析結果として、Mises 応力の分布を示す。最も応力が高い箇所はボルト B 近傍であった。簡易モデルによる評価ではあるが、実際にクレーンを使用した際に生じる変位分布を利用して応力解析を行うことによって、妥当性のある応力分布の取得や危険部位の推定ができる。3 次元要素のみで FE モデルの作成を行うことにより、より詳細な応力分布や内部応力が得られると考えられ、これらは今後の課題である。以上のように、大型の構造物に対しても DIC による撮影条件を整えば、大型構造物の一部分の変形を非接触で測定することが可能である。同様の手法を用いれば、大型構造物の全体の変形から、FE 解析に援用することで、

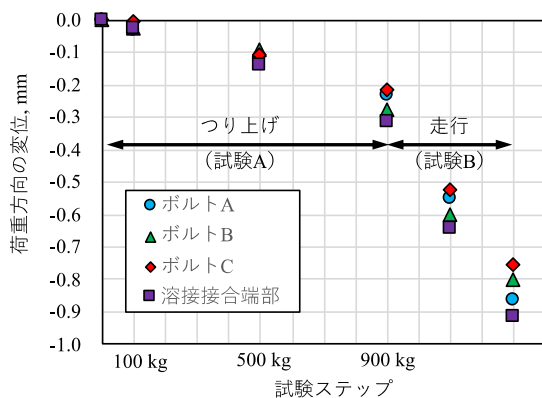


図 10 試験 A、B における荷重方向の変位挙動

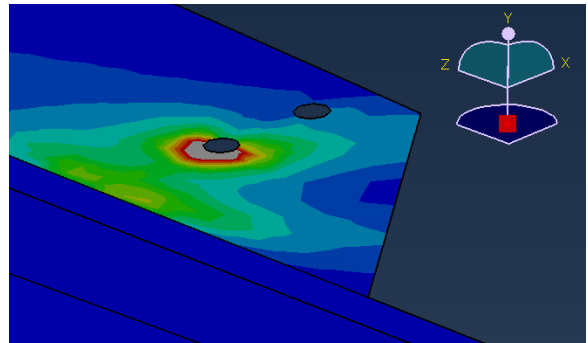


図 11 測定領域の応力分布

実際の変形を考慮した応力解析が行えると推察できる。構造物に対する DIC の活用においては、大型構造物として橋梁を対象としたものや、溶接構造物の溶接部からの疲労き裂の発生評価などがある。今後、大型構造物を対象に、DIC をはじめとする実験力学により得られた変位分布、および得られた変位分布を境界条件として援用した FEA を実施することで、設計時における応力評価の精度向上や実働荷重作用時の応力評価、さらには災害の予防や災害原因究明に伴う再発防止に貢献できると考えられる。

2) DIC によるき裂発生およびき裂進展評価

溶接構造物はクレーンや橋梁などをはじめ、社会で広く認められている一方、その溶接部は形状の変化による応力集中の発生や溶接による引張残留応力の影響により、疲労き裂の起点となることが多い。そのため、溶接部はしばしば破壊事故の原因となっており、これを未然に防止する一つの方法として、溶接部近傍の変位量やひずみ量を検出し、疲労の発生や進展を実験的に検出する手法が挙げられる。そこで、本テーマでは、DIC を利用して、溶接部のき裂の発生や進展の評価が可能であるか検討した。

図 12 に本テーマで使用した面外ガセット溶接試験片を示す。材料は SM490A である。試験片に繰返し荷重を負荷し、DIC により溶接止端部近傍における変位を測定するため、一定の繰返し数ごとに、溶接止端部近傍の画像を取得した。疲労試験は、最大荷重 120 kN として、応力比 $R=0.1$ 、繰返し速度 $f=1.5\sim 10$ Hz、室温大気中にて破断するまで行った。使用した試験機は、500 kN 電気サーボ油圧試験機である。

図 13 に DIC により測定された変位分布を示す。各繰返し数における変位の分布は、繰返し $n=1,000$ cycles では測定範囲全体にわたって変位の分布が同等である。一方、繰返し $n=300 \times 10^3$ cycles 以降は溶接止端部のみ変位が検出され、繰返し数が増えるに伴い、変位量が大きくなるとともに、検出される範囲も広がっていることが分かる。このことから、DIC により、き裂発生から



図12 溶接試験片における計測位置

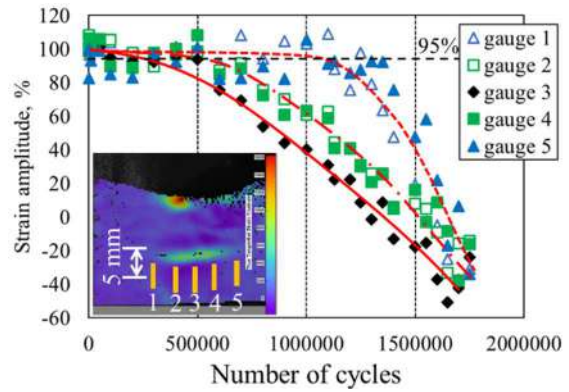


図14 測定領域の応力分布

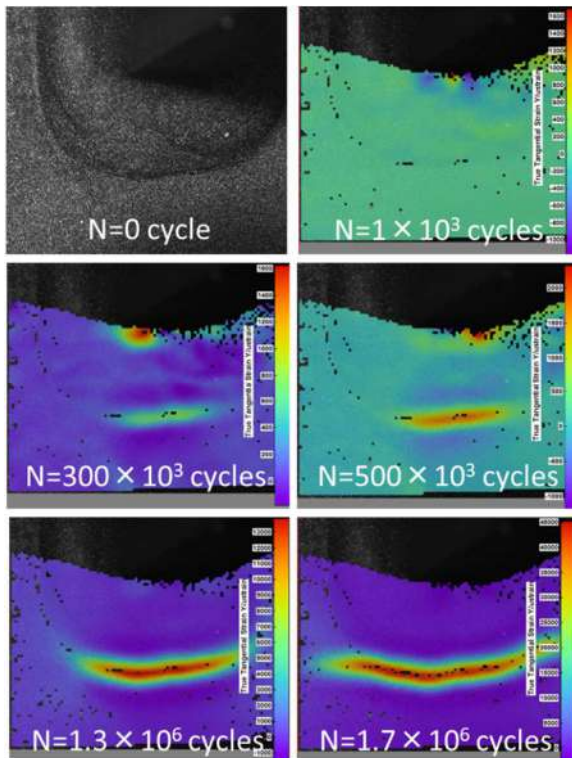


図13 測定領域の応力分布

き裂進展の様子が検出されている。そこで、き裂発生寿命を推定するために、図14中の左下に示すように、DIC上に gauge1 ~ gauge5 の疑似ひずみゲージを設定した。疑似ひずみゲージは、溶接止端から 5 mm 離れた位置に設定されており、ひずみ振幅が 5% 低下した時点なき裂発生寿命とした[5]。図14の各疑似ひずみゲージにより検出されたひずみ振幅を示す。溶接止端中央の gauge3 は繰り返し数が約 30 万回に到達したときに、ひずみ振幅が 5% 低下している。このことから、本試験において、繰り返し数が約 30 万回に到達したときに、き裂が発生したものと推定される。次に、gauge2、4 は繰り返し数が約 50 万回に到達したときに、gauge1、5 は繰り返し数が約 110 万回に到達したときに、それぞれひずみ振幅が 5% 低下している。き裂が進展したことによって、ひずみ振幅が低

下していく様子を得ることが出来た。以上のように、DICにより変位およびひずみを計測することで、き裂の発生および進展の挙動をとらえることができた。今後はビーチマーク試験を行い、DICにより計測されるき裂長さ、ビーチマークにより計測されるき裂長さを計測し、DICにより計測されるき裂長さの精度について検証していく。

【参考文献】

[1] Kenta Yamagiwa, Tetsuya Sasaki (2012) Estimation of Stress Ratio from Striation Observed on Fatigue Fracture Surface using Frequency Analysis, Fifth International Conference on Engineering Failure Analysis (ICEFAV)
 [2] 山際謙太, 高梨正祐, 泉聡志, 酒井信介, "二次元局所 Hurst 数を利用した破面特性化手法と、ストレッチゾーン幅の定量解析への応用", 日本機械学会論文集 A 編, Vol.71, No.705, pp.749-754, 2005
 [3] 山際謙太, フラクタルの概念に基づいた配管外部減肉部と減肉模擬材の三次元形状定量評価, ボイラ研究, No. 388, pp.16-24.
 [4] 山口篤志, 吉田展之, 戒田拓洋(2014) API579-1/A SME FFS-1 供用適性評価による模擬腐食配管の残存強度評価, 一般社団法人日本ボイラ協会, ボイラ研究, Vol.52, No.2, pp.72-80.
 [5] 町田 進, 的場 正明, 吉成 仁志, 林 忠宏, 牧野 寛之(1992) ブロック荷重を受ける溶接構造の疲労寿命推定法に関する一考察, 日本造船学会論文集, Vol.1992, No.172, pp.579-587.

【研究業績・成果物】

[国内誌(和文)]

1) 酒井信介, 岩崎篤, 佐々木哲也, 宮崎信弥, 石崎陽一, 戒田拓洋 (2019) 局部減肉信頼性管理のための部分安全係数表の作成. 圧力技術. Vol.57, No.2, pp.66-72.
 2) 山口篤志, 岡部康平, 池田博康 (2019) 有限要素解析を利用した人工前腕骨の曲げ強度評価の検討. 労働安全衛生研究, Vol.12, No.2, pp. 87-93.

- 3) 山際謙太 (2019) 平成 30 年台風 21 号におけるクレーン等に発生した被害の概要. クレーン, Vol. 57, No. 661, pp. 16-19.
- 4) 山際謙太 (2019) ワイヤロープ委員会委員長に就任して. クレーン, Vol. 57, No. 665, p. 1.
- 5) 山際謙太 (2019) 金属も疲労する予測できる疲労、できない疲労. 安全と健康, Vol. 20, No. 11, pp. 1063-1067.
- [国内外の研究集会発表]
- 1) 山口篤志 (2019) 外面減肉を有する T 継手配管への供用適性評価の適用. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, 講演番号 1059, p1-4.
- 2) 大口浩平, 山口篤志, 山際謙太, 佐々木哲也, 辻裕一(2019) デジタル画像相関法における変位測定に対する最適な校正枚数の検討. 計測自動制御学会システム情報部門学術講演会2019, 講演論文集, CD-ROM.
- 3) 大口浩平, 山口篤志, 山際謙太, 佐々木哲也, 辻裕一(2019) デジタル画像相関法による溶接継手の疲労 発生寿命の推定. 第 52 回安全工学研究発表会, pp115-118.
- 4) 山口篤志, 本田尚(2019) FE 解析による局所的な減肉を有する配管の破裂圧力評価. 計測自動制御学会システム情報部門学術講演会2019, 講演論文集, CD-ROM.
- 5) 山口篤志(2019) 有孔板の疲労強度に及ぼす split sleeve cold expansion の効果. 第 52 回安全工学研究発表会, pp. 113-114.

(9) 化学物質のばく露評価への個人ばく露測定の利用に関する研究【4年計画の4年目】

鷹屋光俊(作業環境研究 G), 萩原正義(同), 山田 丸(同),
井上直子(同), 岩切一幸(産業疫学研究 G),
韓 書平(作業環境研究 G)

【研究期間】 平成 28～令和元年度

【実行予算】 14,000 千円(令和元年度)

【研究概要】

(1) 背景

化学物質のリスクアセスメントが義務化され、関連して場の管理に加え、個人サンプラーの導入、即ち個人ばく露測定を用いるリスク評価について 12 次防で言及されている。その際、リスクアセスメントの推進には、(a)対象となる多数の化学物質の分析法の開発を効率よく行う必要がある。(b)個人サンプラーの装着が作業者に負担となる。(c)一人の労働者が様々な作業を行う現場、あるいは平均的なばく露濃度が低くても短時間の高濃度ばく露があった場合に問題となる物質について、ばく露測定の対象者・作業の選定について標準的な手順及び基本的なノウハウの蓄積がない、といった解決すべき問題がある。(以下文中の a,b,c は上記のどの問題に対応しているかを示す。)

(2) 目的

本研究の目的は上記 3 つの問題を解決することである。そのために各課題に対応して、以下の研究を行う。(a)分析法開発時に必要な標準試料の簡便な作成方法の検討。(b)高感度分析方法を利用した、サンプリング捕集量の削減とサンプラーの軽量化。並びに、サンプラー装着が作業者に与える負担の評価とより負担の少ない装着法の検討。(c)捕集量の削減に関する知見を生かして、サンプリング時間を作業毎に細分化し、作業毎のリスク判定を可能にする方法の検討。

(3) 方法

気中試料の粒子(非破壊)測定と化学分析結果を比較し、粒子測定による対象物質質量情報を持つフィルター捕集済試料の作成法を確立する(a)。この方法を用いて気中粒子サンプラーの捕集特性の評価を行い、サンプラーの開発(b,c)や短時間捕集の可能性の検討(c)を行う。

湿度・物質濃度を実際の作業現場により近い条件に制御した気体模擬試料で、アクティブ・パッシブの双方の捕集・分析を実施し、アクティブサンプリングによる短時間捕集の可否、パッシブサンプリング適用の可否や適切な使用方法を導く(b,c)。また、より高感度が得られる熱脱着 GC-MS の適用可能性についても同様の整理を行う。

形状・重量などが多岐にわたるサンプラー・ポンプの装着について、模擬作業や現場で、労働者による作業

のし易さや作業負担等の主観評価および動作解析により、使い勝手が良く負担の少ない形状・装着方法に関する知見を得る(b)。また 3 年目より呼吸以外のばく露の影響として表面汚染の評価のための模擬汗と粒子状物質の反応についての基礎的検討も行った(c)。

(4) 研究の特色・独創性

既研究による、粒子状・気体物質の空気中への発生・測定・分析についての知見の集積をより現場に近い条件で労働者のばく露リスクアセスメントに応用する。従来高感度が得られる装置は、より低濃度まで測定する目的で選択されていたが、捕集量を減らすために高感度装置を応用するところに独創性がある。捕集量の削減により実現できると予想される作業者の負担軽減について人間工学的な評価を併せて行う点についても独創性がある。

【研究実施内容と成果】

人間工学的な検証は昨年度までに終了した。今年度の実施内容は、粉じん・粒子状物質関連に関する実験的研究。ガス・蒸気状物質の昨年度までの実験結果を公表するために学術的論文作成である。

(1) 粉じん・粒子状化学物質関連

(1-1) 気中粒子分析法開発のための標準試料作成方法の検討(目的の(a))

蛍光 X 線分析や化学分析により気中粒子の化学物質濃度を測定する場合は、懸濁液を標準物質とし、既知量の懸濁液をフィルターに添加して検量線を作成するが、懸濁液をフィルターに滴下する方法と実際に気中粒子を捕集したフィルターでは、フィルター中の粒子の沈着分布に偏りが生じるおそれがある(フィルターの面方向および厚み方向の沈着分布の違い)。また、懸濁液中における粒子の化学的物理的変質の影響も排除できない。したがって、気中粒子中の化学物質濃度を前述の方法で測定する場合、理想的には、既知量の粉じんを捕集したフィルターを用いて検量線を作成するのが望ましい。そこで本研究では、気中粒子の分析法開発または評価に利用可能な標準試料の作成を目的として、対象物質の粒径分布・濃度情報を持つ気中粒子捕集フィルター(以下、標準気中粒子試料とする。)の作成方法を検討した。

標準気中粒子試料を作成するために、気中粒子発生

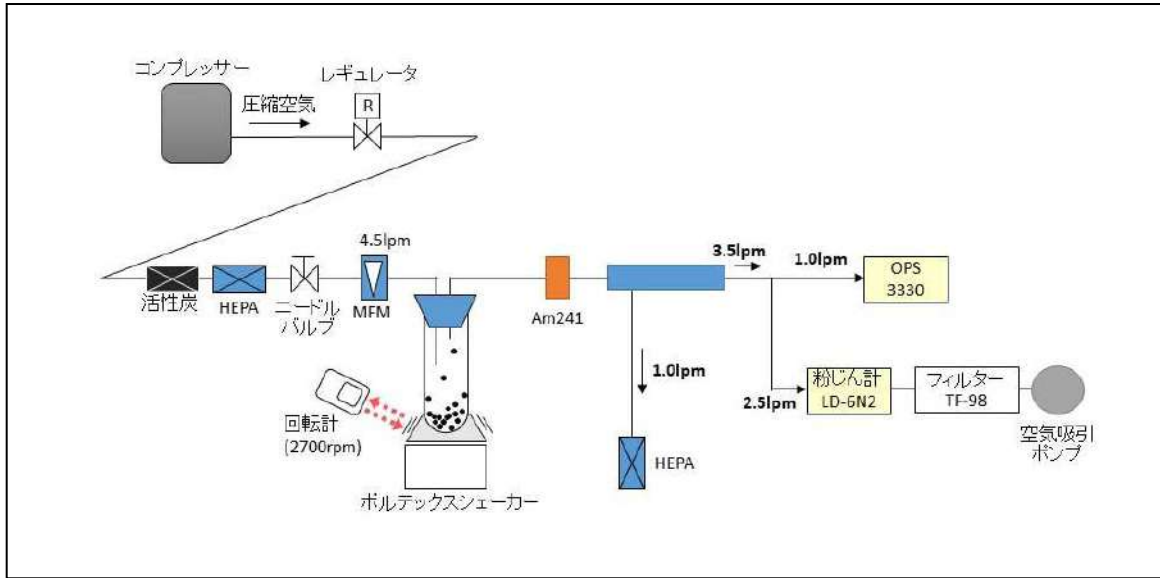


図1 粉体発生—粒子計測を利用した空中フィルター模擬試料調製システム

部、粒子濃度および粒径のモニタリング部、およびフィルター捕集部からなる実験システムを構築した(図1)。空中粒子の発生は、ボルテックスシェーカーを用いた乾式発生法(試験管に1 cm³の試験粉体、場合によって分散をよくするためにステンレスビーズを一緒に入れて、ボルテックスシェーカーで攪拌し、そこに空気を流すことで空中粒子を発生させる方法)を採用した。試験粉体にはナノ酸化亜鉛粒子を用いた。粒子のモニタリングは、2種類のリアルタイムエアロゾル測定装置を用いた。一つは、光散乱式エアロゾルスpektロメーター(OPS; Model 3300, TSI社)で、粒子数濃度及び粒径分布のモニタリングに使用した。もう一つは、光散乱式デジタル粉じん計(LD6N2, 柴田科学)で、相対濃度のモニタリングに使用した。空中粒子のフィルター捕集は、前述の粉じん計の後方に直径25 mmフィルターを取り付け、エアポンプにより一定流量で吸引することにより、粉じん計を通過した空中粒子を捕集した。

今回の実験システムでは、数時間のオペレーションにより、直径25 mmのフィルターに数十から数百 μgの空中粒子を捕集したフィルター試料(電子天秤による秤量値)を作成できることを確認した。フィルター上の亜鉛量を蛍光X線法で分析したところ、フィルター上の捕集粒子秤量値とX線測定値の間に非常によい直線関係が得られた(図2)。

この方法により非常に正確な空中フィルター模擬試料の作成が可能であることが示唆された。本法は、試料の酸分解などの前処理が不要な蛍光X線分析をばく露リスク管理に使用する際に有用であるとともに、作業環境測定においても、均質な粒子を定量的にフィルター上

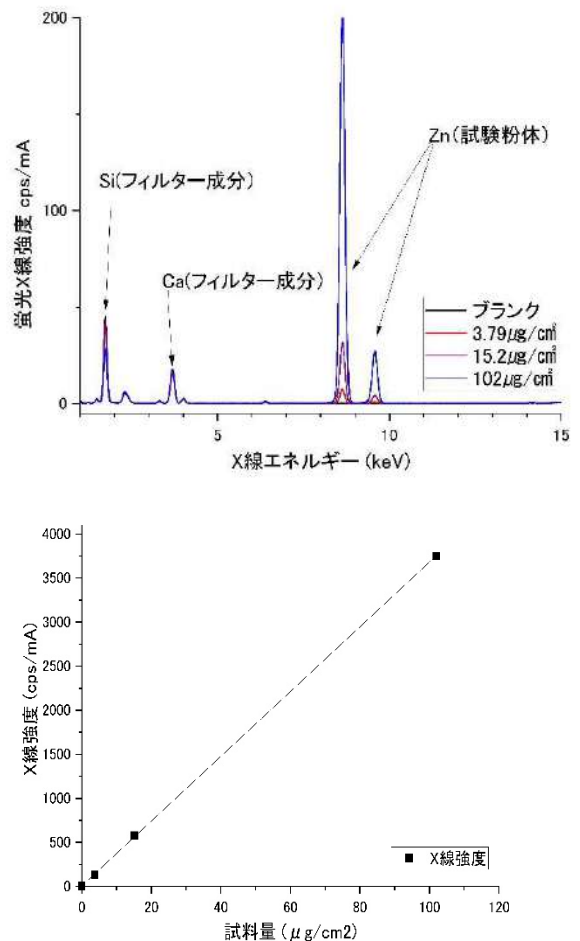


図2 模擬粉体試料の蛍光X線測定例
上図: 蛍光X線スペクトル, 下図: フィルター上の粒子秤量値と蛍光X線強度の関係

に捕集した標準試料を調製することが不可欠である。X線粉末回折法による粉じん中の遊離イオン酸濃度測定の精度向上にも資すると考えている。

(1)-2 各種前処理方法の違いによる金属分析定量下限の検証(目的の(b)および(c))

高リスク作業の抽出のためには作業毎に捕集を行う短時間サンプリングの実施が必要となる。また、個人ばく露測定とは異なるが、法定の作業環境測定における個人サンプラー法においても短時間測定(D測定)を行う必要がある。本研究では金属類について、どの程度の気中濃度まで実際に分析可能か、模擬試料を用いて検討を行った。

金属類は、フィルター等に捕集後、酸分解等の前処理により溶液化し、溶液試料を誘導結合プラズマ発光分析(ICP-AES)や誘導結合プラズマ質量分析(ICP-MS)などで分析を行う。これらの装置を用いた分析では、最終試料溶液の酸濃度等によって装置の測定下限が異なる。個人ばく露測定については、米国NOSHやISO規格(ISO15202)によりICP-AES/MSに適した前処理法が存在する。一方、D測定の場合は従来法による過去のデータと比較するため、「作業環境測定ガイドブック」に記載された、原子吸光分析用に開発された従来の作業環境測定に適した方法を使用する可能性もある。原子吸光法もICP-AES/MSも酸を含む水溶液試料を分析対象とするが、原理が異なるため、試料溶液の粘性や酸による干渉の大きさが異なり、原子吸光分析用の前処理ではICP-AES/MSの性能が十分発揮できない可能性がある。

そこで本研究では初めに、酸濃度が異なる各種金属溶液のICP-AESおよびICP-MSの定量下限を求めた。次にそれを、作業環境測定ガイドブックあるいは、米国労働安全衛生研究所(NIOSH)が公開しているNIOSH化学分析マニュアル(NMAM)のICP-AES用前処理法(NMAM 7301/7302)で試料を前処理した場合の気中濃度に換算し、実際に短時間サンプリングによる金属濃度測定が可能かどうか検証した。

対象物質としては、法定の作業環境測定対象となっている金属・金属類のうち、ベリリウム、バナジウム、クロム、マンガン、コバルト、ニッケル、カドミウム、鉛の8種類の金属を選択した。ヒ素と水銀はそれぞれに特殊な装置を用いて分析を行う必要があるため、対象から除いた。各物質について、管理濃度の1/10に相当する気中濃度を測定可能とするためには個人サンプラーで何分間の捕集が必要なのか検証を行った。実験を行った試料溶液は、ICP-

AESでは20%硝酸および2%硝酸、ICP-MS測定では2%硝酸、1%硝酸および1%硝酸+3%塩酸の最終試料溶液である。ICP-AESでは、個人サンプラーを用いた短時間サンプリングによる測定が困難であり、ICP-MSを用いた場合でも、短時間サンプリングを行う場合は、試料分解法や最終溶液の酸濃度の選択を予め最適化する必要があることが確認された。すべての結果をまとめたものを公表予定である。

(1)-3 粒子状化学物質の溶解特性(目的の(c))

有害物質のばく露については、その多くが呼吸に伴うものであるが、物質によっては経皮吸収が問題となるもの、また手指についた汚染物が皮膚に加え、口から消化器を通して体に入る可能性が知られている。経皮吸収については、労働安全衛生総合研究所が令和元年度より別の研究プロジェクトで実施するため、本プロジェクトは粒子状物質の表面汚染からのばく露リスク評価法に限り検討することとした。表面汚染からの体への取り込みに大きく影響すると考えられる粒子状物質の汗への溶解に関して基礎的知見を得ることを目的とした、模擬汗溶液への金属化合物の溶解速度評価システムの構築に着手した。最初の対象物質として、マンガン酸化物、溶接ヒュームなどを選択した。通常の金属分析の前処理条件では用いられない有機酸などの塩類を含む溶液での金属分析条件をマンガンについて確立し学術論文として投稿し掲載審査中である。さらに、マンガン酸化物、溶接ヒュームに関して溶解速度の評価実験を行い、模擬溶解液のpH等により、酸化物粉体がイオンとして完全に溶解する場合とコロイド粒子として溶液中に存在する場合に分かれる可能性を見いだした。この結果について、学術論文として公表の準備を行っている。

(2) ガス・蒸気関連

(2)-1 反応型サンプラーの特性評価(目的の(b))

ホルムアルデヒド捕集用2,4-dinitrophenylhydrazine(DNPH)パッシブサンプラーを用いて、ホルムアルデヒド以外の化合物をDNPHサンプラーにより捕集する場合の捕集の可能性及び捕集能の簡易的な評価法の開発のため、昨年度に引き続き、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド及びアセトンの反応量の違いについて、昨年度とは異なる濃度範囲について測定を行った。この濃度範囲において誘導体化量はホルムアルデヒド>アセトアルデヒド>アセトンの順であった。これらの研究成果については、成果の公表のため、論文の執筆に着手している。

【研究業績・成果物】

【原著論文(国際誌, 和文誌)】

- 1) Naoko Inoue, Mitsutoshi Takaya (2019) Reactivity and relative reaction rates of formaldehyde, acetaldehyde, and acetone coexisting with large quantities of acetone on 2,4-dinitrophenylhydrazine-impregnated filters. *Analytical Methods*, Vol.11, No.21, pp.2785-2789.
- 2) 山田 丸, 鷹屋光俊 (2019) 個人サンプラーNWPS-254 に用いるフッ素樹脂処理ガラス繊維フィルターの粒子捕集効率. *労働安全衛生研究*, Vol.12, pp.107-112.

【総説他(英文, 和文)】

- 1) 鷹屋光俊 (2019) 労働環境中の粒子状物質評価に使用する個人サンプラーについて. *エアロゾル研究*. Vol.34, No.3, pp.153-158.

【特別講演, パネルディスカッション等】

- 1) Mitsutoshi Takaya (2019) Risk Assessment of Exposure to Nanomaterial Dusts in Workplace, *Environment Measurement and Personal Exposure Measurement*. Keynote 6 "Assessment of Nano Particles & PM 2.5 Exposure". Asian Network of Occupational Hygiene Conference (ANOHC) 2019, Bangkok.

【国際学術集会】

- 1) Naoko Inoue, Mitsutoshi Takaya (2019) A simple test to check relative reactivity of formaldehyde, acetaldehyde, and acetone on 2,4-dinitrophenylhydrazine impregnated filters. *The 49th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques, HPLC 2019 Kyoto*.

【国内学術集会】

- 1) 山田 丸, 鷹屋光俊 (2019) 粉じん個人ばく露測定に用いるフッ素樹脂処理ガラス繊維フィルタ 5 種類の性能試験. 第 92 回日本産業衛生学会, *産業衛生学雑誌*, Vol.61(Suppl), p.446.
- 2) 井上直子, 鷹屋光俊 (2019) DNPH パッシブサンプラー用フィルター上での, 高濃度アセトン共存下におけるホルムアルデヒド及びアセトンの相対反応速度. 日本分析化学会第 68 年会, *日本分析化学会 第 68 年会講演要旨集*, p.637.
- 3) 韓 書平, 鷹屋光俊 (2019) 誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)および誘導結合プラズマ発光分析法(ICP-AES)による模擬汗中のマンガンおよびその化合物の測定. 第 68 回日本分析化学学会, *講演要旨集*, p.623.
- 4) 韓 書平, 鷹屋光俊 (2019) マンガンの経皮ばく露評価のための模擬汗への溶解実験. 第 59 回日本労働衛生工学会, *講演要旨集* pp.60-61.

(10) 医療施設における非電離放射線ばく露の調査研究【3年計画の3年目】

山口 さち子, 王 瑞生(産業毒性・生体影響研究 G), 井澤 修平(産業ストレス研究 G),
劉 欣欣(産業疫学研究 G), 岩切一幸(同), ソンスヨン(KNU),
中井 敏晴(長寿研), 今井 信也(大阪物療大学), 小林 宏一郎(岩手大学),
赤羽 学(奈良医大), Rianne Stam(RIVM), 関野 正樹(東大), 調査表・ガイダンス作成の WG

【研究期間】 平成 29～令和元年度

【実行予算】 5,000 千円(令和元年度)

【研究概要】

(1)背景

非電離放射線は普遍的な物理因子であり、波長では 0.3 THz 以下の電波や赤外線、可視光線、一部の紫外線などの呼称である。これらは周波数に応じた短期的影響として静磁界は力学的作用や神経刺激作用、低周波領域では神経刺激、高周波領域では発熱する。職業ばく露は国内では労働安全衛生法の対象外であるものの欧州においては欧州指令(Directive 2013/35/EU)が発令されるなど管理の潮流である。

医療施設では非電離放射線を積極的に利用した治療・診断装置が多数存在し、中でも磁気共鳴画像装置(MRI 装置)は放射線科における主要なイメージングモダリティで非電離放射線を多用する。このため、MRI 装置を取り扱う業者は他の集団と比較して非電離放射線ばく露が頻度・強度とも特異的に高い職業集団であり、体系的な防護手段について近年議論がなされている。

MRI 装置は短期的影響が発生しうる漏洩磁界が作業環境に常時存在し(3 T 装置で 1 T 以下)、操作者はこの漏洩磁界に検査のたびにばく露される。このため労働衛生上の課題としては、第一にこの短期的影響を防護する必要があるが、MRI 検査自体は既に日常的に運用されていることを鑑みると、漏洩磁界に長期的・継続的にばく露されることによる長期的影響(特に女性診療放射線技師が増加傾向であることを考慮した発生・生殖への影響)の懸念に対し、調査や情報発信を通じて対応する必要性も生じている。

(2)目的

本研究は非電離放射線が多用される MRI 検査とその就業者に注目し、体系的な防護手段を検討する。具体的には、生体影響調査など基礎的内容から情報発信のあり方の検討など実務上必要な対応まで多段階での対応を実施し、対策立てに資することを目的とする。下記に実施内容を示す。

- サブテーマ 1 『放射線科業務における妊娠

中の対応方針に関する研究』

- アンケート調査及び情報発信
- 妊娠中の MRI 検査業務のありかたを検討し、対応整備の基盤を確立する

- サブテーマ 2 『ヒトの磁界感知(磁界ばく露による生体応答)に関する研究』

- ばく露調査など作業環境面からの展開(サブテーマ 2-1)
- 高磁界中での生理指標測定など生体影響調査からの展開(サブテーマ 2-2)
- 基礎的知見を充足させ、高磁界中での作業に関する対策立てに資する

(3)方法

(サブテーマ 1)

妊娠就業者の MRI 検査業務配置について、国内 MRI 設置施設及び就業者に対し調査票を郵送する。結果から現状を把握し、続いて選択方針で重要視されている項目とその背景要因を調査することで、安全性情報や今後に期待される内容を明らかにする。また、MRI 検査施設の女性就業者の妊娠・出産に関する調査を実施する。

(サブテーマ 2-1)

磁界ばく露の中枢神経系の短期的影響については作業環境面からの防止策が不十分であるため、小型磁界計を利用した作業者のばく露調査や漏洩磁界マップの活用を検討する。

(サブテーマ 2-2)

高磁界環境下(in situ)でバランス機能や脳波等の中枢神経系の生体指標を取得し、基礎的知見を充足させるとともに高磁界中での作業に関する対策立てに役立つ。

(4)研究の特色・独創性

本研究は MRI 検査の作業者の非電離放射線への対策立てに資することが目的であるが、得られた内容は国内で対応が遅れている非電離放射線ばく露の管理のあり方の検討材料ともなりえる。

【研究成果】

(1)サブテーマ 1(アンケート調査)

「放射線科業務における妊娠中の対応方針に関する研究」

①はじめに

国内で主に画像診断業務を担当する診療放射線技師は女性割合が年々増加傾向である。一方、妊娠時にMRI検査業務が継続可能かについては議論を要する問題である。非電離放射線の発生・生殖への影響については、現在まで明確な影響報告はないものの研究継続が必要とされている側面もあり[1][2]、永らく疫学研究が欠落しているMRI検査施設の女性就業者の妊娠・出産など科学的エビデンスの収集が求められている。

他方、MRI装置は既に日常的検査業務に位置付けられていることから国外では指針等を設ける団体もあるが(主な方針はスキャン中に入室しないというもの)[3]、国内に明確な基準はない。このため、現場で対策を講じる機運が高まりつつあることを考慮すると、国内で何らかの情報発信が必要な段階であると考えられる。

しかしながら、これまで国内で安全性情報自体が体系的に提供されていない。そこで、第一に妊娠中のMRI検査業務配置に関する現状と背景要因を調査し、どのような情報提供が求められているかを明らかにする。続いて、疫学調査の長期欠落を補完し、今回の情報提供の材料となるような調査もあわせて実施する。

②実施内容

実施内容は下記のとおりである。
「MRI検査業務従事者の妊娠・出産に関する調査研究」

③実施内容詳細

磁気共鳴画像検査(MRI検査)は非電離放射線を多用した診断法であり日常的に利用されている。しかしながら、MRI装置から発生する非電離放射線、特に静磁界の生殖・発生へのリスク評価は十分ではない。MRI検査施設の女性就業者を対象とした妊娠・出産調査は1993年以降事例がないことから[1]、本研究では国内MRI検査施設の女性就業者を対象に自記式調査票に基づく妊娠・出産歴の調査を行い、MRI検査施設での勤務やMRI室内での業務有無が出産アウトカム(男児出生、早産、低体重児)に与える影響について検

討を行った。

MRI装置を有する1302施設の女性2241名に調査票を郵送し、回収された1193件のうち未記載原稿18件を除いた1175件を有効回答とした。単純回収率は52.4%であった。調査対象はMRI検査部門に關与する全ての人員(医師、診療放射線技師、放射線部門の看護師等)としたため、非電離放射線へのばく露がない対象者も含まれる。調査票は①現在の生活習慣、②MRI検査施設での勤務中の妊娠回数及び流産回数、子の数及び年齢・性別、③第1-3子の出産状況(母子手帳を参考に記入を依頼)及び就業状況の記入を依頼した。最終的に362名の回答者から妊娠795件、出産639件を解析に利用した。妊娠件数は単純集計にのみ利用し、非電離放射線の出産アウトカムへの影響は二項ロジスティック回帰分析にて検討した。目的変数は男児出生、早産(22週以上37週未満の出生)、低体重児(2500g未満)とし、事象の有無で二値化した。説明変数は、MRI装置からの妊娠前の非電離放射線ばく露(Non-Ionizing Radiation: NIR)の有無(①なし:NIR(-)、②あり(妊娠中(-)):NIR(+)、③あり(妊娠中(+)):NIR(++))の他、高齢出産(初産35歳以上、第二子以降40歳以上の出産)、母体のBMI、妊娠中の喫煙・飲酒の有無、既往症の有無とした。統計ソフトはSPSS statistics 25を使用し統計的有意差は $p<0.05$ とした。

自己報告による妊娠814件のうち、MRI施設での妊娠は555件、非MRI施設では259件であった。このうち流産は147件発生し、MRI施設で90件、非MRI施設では57件であった。単純集計に基づく流産率は全体で18.1%、MRI施設における妊娠時で16.2%、非MRI施設での妊娠が22.0%であった。

非電離放射線ばく露の有無が出産アウトカムに与える影響について検討した結果、男児出生の調整後ORはNIR(+):1.207(95%CI:0.701-2.078)、NIR(++):0.996(95%CI:0.667-1.486)とオッズ比に有意な変化はなかった(対照群:NIR(-))。早産の調整後ORは、NIR(+):1.865(95%CI:0.721-4.823)、NIR(++):0.531(95%CI:0.214-1.314)と非電離放射線ばく露の影響は観察されなかった。低体重児出生についても同様の結果であった。

④サブテーマ1 成果の活用

本研究は当該分野における疫学調査の長期欠

落を補完するものであり、今後の情報提供の材料となると考えられる。

(2)サブテーマ 2-1(現場調査)

「作業負荷を考慮に入れた個人磁界ばく露調査」

①はじめに

磁気共鳴画像検査(Magnetic Resonance Imaging: MRI、MR 検査)は、複数の非電離放射線の波源(静磁界、パルス磁界、高周波電磁界)を利用した画像診断手法である[1][2]。しかしながら、MRI 装置が利用する静磁界は数 T(地磁気の数万倍)相当の高強度であり、また、装置近傍に漏洩磁界(一約 1 T)が検査中だけでなく常時存在するという作業環境上の特性がある。このような高磁界下での作業では一時的な体調変化(めまい、頭痛等)が発生する[1]-[5]。

この MRI 検査実施中の一時的体調変化についての研究は一定数行われ、磁界ばく露と一時的体調変化の発生との関連が報告されている[6]-[8]。著者らは MRI 検査業務従事中の一時的体調変化の愁訴内容や発生度合いについて調査を続けており、これまでに従事歴中の経験率であれば全回答者の 3 割程度[9]、中-長期的記録(10-21 勤務日)においては全記録日の 16.8%で一時的体調変化が発生しているとの情報を得ている(MRI 検査業務以外では 3.3%、 $p<0.0001$ 、chi-square test)[10]。一般的に測定期間が長ければ事象(一時的体調変化)の発生を捕らえることは容易になるが、日常的な発生率を明らかにするためにはより短期間のデータも必要である。また、一時的体調変化が自覚症状に基づくものであることから、当日の体調や作業中の身体負荷の関与について考慮が必要であるが、国外においても現在までにそのような観点での調査はなされていない状況である。

そこでサブテーマ 2-1 では、MRI 検査業務従事中の一時的体調変化について、短期的な記録(5 就業日)による日常的な発生率の捕捉と、身体負荷を考慮した発生状況の検討を本調査の目的とした(図 1)。本研究では①身体負荷を考慮に入れた個人磁界ばく露調査を実施し 5 就業日中の磁界ばく露と作業記録の結果の解析を行った。また、事象の生じる可能性についてばく露状況からアプローチするため②個人磁界ばく露状況の評価を実施した。更に、③業務別の身体負荷程度の調査を実施し、様々な業務内容が含まれる放射線科の特徴を考慮した情報提供を試みた(図 1)。



図 1 使用装置及び装着例

シフト	1日目	2日目	3日目	-	4日目	5日目
日曜	日勤1	日勤2	日勤+当直	当直明け	日勤	日勤
作業内容	終日MRI検査	午前MRI 午後CT	終日一般撮影	-	終日MRI検査	午前マンモ 午後MRI検査
作業記録内容	MRI	MRI MRI以外 (日勤終了時)	MRI以外 (日勤終了時)	対象外	MRI	MRI以外 MRI
メモ	活動量計はMRI非対応です。同一日に複数の装置を装着する場合は十分ご注意ください。 例:5日目では午後にMRI検査に入る前に活動量計を外してください。					

- 日勤のみ対象
- 当直時は日勤終了時に記録終了
- 当直明けは対象外

大阪府1(予備調査) → 今回はデータに含めず
岐阜県1、宮城県1、労災病院6(横浜、新潟、関東、東京、千葉)

図 2 調査プロトコル

②実施内容

実施内容は下記のとおりである。

「作業負荷を考慮に入れた個人磁界ばく露調査」

③実施内容詳細

<実験手法>

1) 実施場所と対象者

調査は 2019 年 8 月から 12 月まで 1 施設当たり 2 週間の期間で実施した。本研究は東北地方 1、関東地方 4、甲信越地方 1、中部地方 1 の計 7 施設より 58 人が参加した。調査対象者の職種は全員診療放射線技師であった。参加者 58 名のうち、MRI 検査専任が 18 名、MRI 検査、他業務兼任が 11 名、その他業務専任が 29 名であった。MRI 検査の平均検査件数は 18.4 件/日であった。データは欠落データを除き 314 件(うち、①MRI 専任時:90 件、②MRI 兼任時(MRI 検査):30 件、③MRI 検査兼任時(その他業務):48 件、④その他業務専任時 146 件)取得した。データのうち、①、②をあわせて「MRI 検査実施群」、③、④を合わせて「非実施群」としてデータを取り扱った。

2) 使用装置

図 1 に使用装置及び装着例を示す。磁界計測器は改良型マグウォッチャープラス(MD-2010、デイド社製)、活動量計は Active style Pro(HJA-750C、オムロン社製)を使用した。

表 1 参加者の普段の体調(調査票 1 より)

	疲労感		不安感	
	MRI 検査実施群	非実施群	MRI 検査実施群	非実施群
平均値	5.2±1.7	5.4±1.8	5.7±2.1	5.4±1.4
度数	40	18	40	18

	抑うつ感		身体愁訴	
	MRI 検査実施群	非実施群	MRI 検査実施群	非実施群
平均値	9.0±3.4	8.9±2.2	17.5±4.6	17.7±3.7
度数	40	18	40	18

全て N.S, t-test

3) 調査票

調査票は 3 種類使用した。調査票 1 では勤務状況を問い、あわせて職業性ストレス簡易調査票より普段の体調を調査した。調査票 2 は労働者生活行動時間調査票(Worker's Living Activity-time Questionnaire) (JNIOOSH-WLAQ) [11]を使用し、就寝、起床時間、通勤に係る時間、座位時間、普段の運動状況を調査した。調査票 3 は勤務日誌であり、勤務内容(装置、検査件数、検査技法)、勤務前・後の体調、主観的疲労度、主観的座位時間、患者介助件数、息の弾む動作の発生度合い、業務中の体調変化について記録を依頼した。

4) 調査プロトコル

調査プロトコルは日勤のみを対象とし、当直時は日勤終了時に記録終了、当直明けは対象外とした(図 2)。実験開始より 2 週間の期間で 5 勤務日(連続でない場合もあり)のデータを取得した。実験日には勤務中は 2 種類の装置の常時携帯を依頼し、勤務終了後に調査票 3 の記入を依頼した。実験開始前には調査票 1 及び 2 の記入を依頼した。

5) データ解析及び統計解析

5)-1 身体負荷を考慮に入れた個人磁界ばく露調査

磁界ばく露や身体負荷と関連した一時的体調変化の発生率を明らかにするために、解析には普段の体調、勤務前の体調、身体負荷(患者介助の件数、息が弾む動作の発生度合い、主観的座位時間)に着目した。

普段の体調は職業性ストレス簡易調査票から「疲労感(Q7-Q9)」、「不安感(Q10-Q12)」、「抑うつ感(Q13-Q18)」、「身体愁訴(Q19-Q29)」の 4 項

目の点数を算出したのち、MRI 検査実施群/非実施群で対応のない t 検定を実施した。

身体負荷については、勤務前・後の体調、患者介助の件数、息が弾む動作の発生度合いと一時的体調変化の有無との関連についてカイ二乗検定を行った。主観的座位時間は、MRI 検査実施群/非実施群間で対応のない t 検定を実施した。続いて、一時的体調変化の有無を目的変数とした二項ロジスティック回帰分析を行った。説明変数には MR 検査実施の有無に加え勤務前の体調変化と身体負荷を選択し、①調整なし、②モデル 1:MR 検査実施の有無と身体負荷を考慮、③モデル 2:MR 検査実施の有無と勤務前の体調を考慮、3 パターンの解析を行った。

5)-2 ばく露状況の解析

ばく露状況の解析には MRI 検査実施群のデータのみ使用した。ばく露特性は勤務中の最大値(B_{max})、平均値($AveB_{max}$)、0.5 mT 以上の環境磁界がある場所での滞在時間比率、1 秒当たりの磁束密度変化(dB/dt)、3 秒間の磁束密度変化(ΔT)について算出した。

< 結果 >

1. 身体負荷を考慮に入れた個人磁界ばく露調査
調査票 1 より得られた職業性簡易ストレス調査票に基づく参加者の普段の体調について表 1 に示す。2 群間で普段の体調に差は観察されなかった。このため、二項ロジスティック回帰分析の説明変数には投入しなかった。

業務中に発生した一時的体調変化は「あり」と回答したのは 12 人(20.1%)であった。事象の件数は全記録データ(1 就業者、1 日あたり 1-2 件)314 件中 34 件(10.1%)であった。うち、MRI 検査実施時の記録では 8.4%が「あり」という回答で、非実施

時では 12.4 %が「あり」という回答であり、統計的有意差は観察されなかった(N.S., chi-square test)。一時的体調変化の内訳は、MRI 検査実施時では「疲労感」のみであった。的体調変化の訴えがあった(1-2 症状/人・日)。MRI 検査担当中は 9 件で、装置の差はなく内訳は疲労感のみであった。

続いて身体負荷に関連が予想される因子について 2 群間でカイ二乗検定を実施したところ、勤務前体調(df=3, $P=0.002$)で統計的有意差が検出されたが、患者介助の件数(df=5, $p=0.753$)、息の弾む動作の状況(df=4, $p=0.154$)では MRI 検査実施/非実施群間で統計的有意差が検出されなかった。主観的座位時間は、MRI 検査実施群で有意に低かった($p<0.0001$)。

MRI 検査実施有無が一時的体調変化に与える影響について、調整なし、調整 1(身体負荷)、調整 2(勤務前体調)のモデルについて二項ロジスティック回帰分析を実施した。その結果、調整なし(0.65, 95%CI: 0.30-1.39, $p=0.35$)、調整 1(0.65, 95%CI: 0.23-1.78, $p=0.40$)及び 2(0.75, 95%CI: 0.33-1.67, $p=0.48$)いずれにおいても一時的体調変化の発生について MRI 検査実施の有無に統計的有意差は検出されなかった。これらの結果から、業務中に発生した一時的体調変化の背景要因として予想した身体負荷は結果に影響していないことが示された。また、実験参加前の体調はそれ自体が業務の如何に関わらず単独で強く影響する要因であると示唆された。

2. ばく露状況の解析

ばく露状況の解析結果では、MRI 検査実施時の最大ばく露磁界(B_{max})は最大 1612 mT の記録があり(3 T 装置における値)、全ての使用装置における B_{max} の平均(Ave B_{max})は 1000 ± 338 mT であった。一方で、非実施時の磁界ばく露はほとんどが検出限界以下であった。1.5 T、3 T 装置間のばく露特性は、①Ave B_{max} 、②5 G ラインの内側の滞在時間の特性いずれについても差異があった。Ave B_{max} は 3 T のみと 1.5 T のみ、3 T のみと 1.5 T と 3 T 間で有意な装置間差異が観察された(1-way ANOVA: $P<0.001$ 、Bonferroni の多重比較: $P<0.01$ 及び 0.05)。5 G ラインの内側の滞在時間において、600 mT を超える場所に滞在する割合は 3 T 装置でのみ特徴的かつ高い磁界ばく露レベルを示した。これらの結果から、3 T 装置はばく露レベルが高いことに加え、ばく露特性が 1.5 T と異なる事を示すと考えられる。

一時的体調変化に注意が必要な MRI 装置近傍にいる割合は業務中で一定程度(10 分程度)あると予想されるが、1 秒あたりの磁束密度変化(dB/dt)、3 秒間の磁束密度変化(ΔT)はいずれも国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)ガイドライン値を下回るものであった。これらは調査票の結果より日常的な発生度合いがそれほど高くないことを支持するものである。

以上二つの結果より、MRI 検査実施日における一時的体調変化について下記の結論を得た。

- 5 就業日といった短期間では他業務と同等程度又はそれ以下の発生割合で、日常的に発生する事象ではない。
- 身体負荷は短期的記録期間においては MRI 検査業務従事時の一時的体調変化に影響を与える要因でない。
- 個人ばく露調査より、磁界ばく露の変化(dB/dt 又は ΔB)は ICNIRP のガイドライン値以下であるが、不意の動作で一時的体調変化が発生しないよう注意を払うことは肝要である。

④サブテーマ 2-1 成果の活用

これらの結果は、MRI 検査実施日における一時的体調変化の発生程度や内容について知見を提供するものであり、現場における初期教育や装置リプレース時の注意事項として活用可能である。

(3)サブテーマ 2-2(基礎研究)

「高磁界中における脳・運動機能測定」

①はじめに

高磁界中で一時的体調変化が生じることは以前より報告があり、バランス機能や手と目の協調のタスク(Pursuit aiming II)でパフォーマンスが低下するとの報告がある[13]-[15]。また、高磁界環境下(in situ)でバランス機能や脳波等の中枢神経系の生体指標を取得した研究はほとんどなく、実際の場で変化を観察する必要がある。

そこでサブテーマ 2-2 では、「高磁界中における脳・運動機能測定」として当該内容の調査を実施した。

②実施内容

実施内容は下記のとおりである。
「高磁界ばく露中のバランス機能変化の検討」

③実施内容詳細

男性

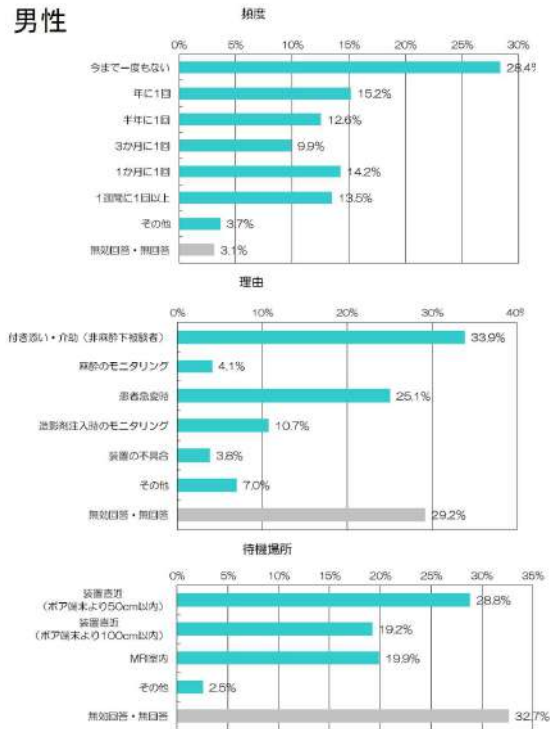


図3 スキャン中にMRI室内に入室する頻度、理由、及び待機場所

本年は、第一に2019年度の実施（高磁界ばく露中のバランス機能をモーションキャプチャで評価）について、解析を進め論文化を行った。

また、2017年度にMRI検査業務従事者を対象に実施した調査をもとに、MRI検査のスキャン中に検査室内に立ち入る割合及びその内容の回答について解析を行った。その結果、男性では13.5%の回答者がスキャン中の入室機会があることが明らかとなった（図3）。また、理由については付き添い、患者急変時という理由で69%を占めていた（図3）。付き添いについてはサブテーマ2-2で2019年度に実施した高磁界中で静止している状態に類似しており、かつスキャン中（10-20分程度）近傍に静止した状態であると考えられる。昨年の結果を考えると、付き添い中の身体動揺の変化及びその後の急激な動作の際に注意を払う必要があると類推される。

④ サブテーマ2-2 成果の活用

これまでの結果で高磁界中で限定的ではあるが身体動揺の変化は発生することを報告している。この状況は寝台送りボタンの操作で必ず発生するが、本年のスキャン中の入室頻度に関する調査から、スキャン中であっても付き添い等でボア近傍に静止する機会があることが明らかとなった。これらの

情報は具体的に注意喚起する状況の特定として有用である。

【研究全体に関する統括】

サブテーマ1では2017-18年度にかけて、妊娠就業者のMRI検査業務配置に関して実態調査と情報提供を行ってきた。2019年度はMRI検査施設に勤務する女性の過去の妊娠・出産歴を調査し、MRI検査業務の有無と男児出生比率、早産率、低体重児率に関連がないことを示した。本研究は当該分野における疫学調査の長期欠落を補完するものであり、今後の情報提供の材料となると考えられる。

サブテーマ2ではMRI検査業務に起因する一時的体調変化について現場調査（サブテーマ2-1）、基礎実験（サブテーマ2-2）で実験を行った。サブテーマ2-1では2017-18年度は作業状況に関する認知率が低い状況を鑑み[9]、関心惹起のために漏洩磁界マップの可しかに取組んだ。2019年度は現場調査として、7病院58名より調査協力を得、MRI検査業務に起因する一時的体調変化の発生度合いについて検討を行った。その結果、長期的には補足される事象ではあるものの、日常的に発生する事象ではないことが示され、また身体負荷とは関係ないことが示された。また、ばく露特性について解析した結果、3T MRI装置では1.5T装置のばく露状況と比較して、単に主磁場強度が2倍となっただけではないばく露状況であることが示された。これらの結果は現場において、どういった形、タイミングで状況提供（あるいは教育）を行うかについて検討材料となるものである。アンケートの結果からは安全性情報の入手先としてメーカーより（89.8%）に続いて勉強会（64.5%）があることから[9]、年に1度程度実施される勉強会や講演会で情報提供を行うことが望ましいと考えられる。

サブテーマ2-2では高磁界中でバランス機能や脳波計測に取り組んだ結果、2018年度にはバランス機能ではMRI装置から約80cm離れた位置での作業の場合、その磁界ばく露が作業者の身体動揺に大きく影響を及ぼすものではないことが示された。本年はスキャン中の入室頻度に関する調査から、スキャン中であっても付き添い等でボア近傍に静止する機会があることが明らかとなった。この結果は、注意を及ぼすエリアや、具体的に注意喚起する状況の特定として有用な情報であると考えられる。

【参考文献】

- [1] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields. *Health Phys.* 2009; 96(4):504-514.
- [2] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). ICNIRP Statement on Diagnostic Devices Using Non-Ionizing Radiation: Existing Regulations and Potential Health Risks. *Health Physics.* 2017, 112(3):305-321.
- [3] Expert Panel on MR Safety et al., ACR Guidance Document on MR Safe Practices: 2013. *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 2013; 37:501-530.
- [4] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). Guidelines for Limiting Exposure to Electric Fields Induced by Movement of the Human Body in a Static Magnetic Field and by Time-Varying Magnetic Fields below 1 Hz. *Health Physics.* 2014, 106(3):418-425.
- [5] World Health Organization, Environmental Health Criteria 232 Static Fields. 2006
- [6] de Vocht F, Muller F, Engels H, Kromhout H. Personal exposure to static and time-varying magnetic fields during MRI system test procedures. *J Magn Reson Imaging.* 2009 Nov;30(5):1223-8.
- [7] Schaap K, Christopher-de Vries Y, Mason CK, de Vocht F, Portengen L, Kromhout H. Occupational exposure of healthcare and research staff to static magnetic stray fields from 1.5-7 Tesla MRI scanners is associated with reporting of transient symptoms. *Occup Environ Med.* 2014 Jun;71(6):423-9.
- [8] 山口さち子、井沢修平、原谷隆史、今井信也、奥野勉. MR 検査室での作業に関するアンケート調査. *JNIOOSH SRR-No.44-2-7*
- [9] 山口さち子、井澤修平、前谷津文雄、土井司、引地健生、藤田秀樹、今井信也、赤羽学、王 瑞生. 本邦における妊娠中のMRI検査業務担当の現況と非電離放射線(静磁場ばく露)の意識状況調査 概要報告, *日本磁気共鳴医学会誌* 2018; 38:103-119.
- [10] 山口さち子, 今井信也, 前谷津文雄, 引地健男. 小型磁界計測器を用いた放射線科業務における中一長期磁界ばく露の計測と業務中の体調変化の調査研究. 第 89 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 2016; 58 (Suppl.), p219.
- [11] 松尾知明、蘇 リナ、笹井浩行、大河原一憲. 座位行動の評価を主な目的とした質問紙「労働者生活行動時間調査票 (JNIOOSH-WLAQ)」の開発, 産業衛生学雑誌 2017; 59:219-228.
- [12] Yamaguchi-Sekino S, Nakai T, Imai S, Izawa S, Okuno T. Occupational exposure levels of static magnetic field during routine MRI examination in 3T MR system. *Bioelectromagnetics.* 2014 Jan;35(1):70-5
- [13] Vocht F et al., Cognitive Effects of Head-Movements in Stray Fields Generated by a 7 Tesla Whole-Body MRI Magnet. *Bioelectromagnetics* 2007; 28:247-255.
- [14] Nierop LE et al., MRI-Related Static Magnetic Stray Fields and Postural Body Sway: A Double-Blind Randomized Crossover Study. *Magnetic Resonance in Medicine* 2013; 70:232-240/
- [15] Theysohn JM et al., Vestibular Effects of a 7 Tesla MRI Examination Compared to 1.5 T and 0 T in Healthy Volunteers. *ProsOne* 2014; 9(3):1-8.

【研究業績・成果物】

[原著論文]

- 1) 前谷津文雄, 山口さや香, 山口さち子, 引地健生 (2020) 妊娠就業者の MRI 検査業務配置に関する対応, 意識状況に関するアンケート調査分析—配置決定プロセスに関する他の代替業務との要因比較. *日本放射線技師会誌*, Vol. 67, No.809, pp. 14-23.

[その他の専門家向け出版物]

- 1) 山口さち子 (2019) 非電離放射線と労働衛生に関する研究紹介—医療現場における非電離放射線—. *安全衛生コンサルタント*. Vol. 131, pp.52-58.

[特別講演, パネルディスカッション等 (英文, 和文)]

- 1) 山口さち子 (2019) 一般社団法人 電気学会「電磁界の健康リスク分析の動向」講習会「静磁

界の健康リスクに関わる研究動向」

- 2) 山口さち子 (2019) 社団法人日本磁気共鳴医学会 基礎講座「MR の安全性」(2019 年 8 月)

[国際学術集会]

- 1) Sachiko Yamaguchi-Sekino, Humio Maeyatsu, Tsukasa Doi, Takeo Hikichi, Hideki Fujita, Shinya Imai, Manabu Akahane, Shuhei Izawa, Rui-Sheng Wang (2019) Analyses of background factors on allocating MRI scan duties to pregnant employees. BioEM2019, Abstract book, p.95

[国内学術集会]

- 1) 山口さち子, 前谷津文雄, 土井 司, 引地健生, 藤田秀樹, 今井信也, 赤羽 学, 井澤修平, 王瑞生 (2019) MRI 検査業務における妊娠就業者の配置方針の背景要因の検討. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 61, (Suppl.), p.366.
- 2) 山口さち子, 岩切一幸, 関野正樹, 中井敏晴 (2019) 身体動揺を指標にした磁界ばく露の影響評価. 電磁環境研究会, 電磁環境研究会資料, pp.19-24.

(11) 陸上貨物運送従事者の勤務体制と疲労リスク管理に関する研究【3年計画の2年目】

高橋 正也(過労死等防止調査研究 C),
松元 俊(産業ストレス研究 G), 久保 智英(同), 井澤 修平, 池田 大樹(同),
中田 光紀(国際医療福祉大学), 黒谷 一郎(陸上貨物運送事業労働災害防止協会)

【研究期間】 平成 30～令和 2 年度
【実行予算】 9,316 千円(令和元年度)
【研究概要】

(1)背景

物流の主役と言える陸上貨物運送は過重労働の一途をたどっている。平成 28 年の死傷災害(1.4 万人)は製造業(2.6 万人)、建設業(1.5 万人)に続いて多い。さらに過労死等も多発している。こうした安全衛生上の課題を解決するには、陸上貨物運送従事者(トラックドライバー)における働き方・休み方と疲労との関連を実証し、対策の考案につなげることが切に求められている。

(2)目的

トラックドライバーのなかでも毎日の深夜・早朝勤務を伴う地場の配送運転者の勤務体制、疲労、睡眠、健康と運転中外の事故との関連を検証し、疲労リスク管理という枠組みから改善策を提案する。

(3)方法

数ヶ月間程に渡る諸資料(タコグラフ、乗務記録、運転・荷役時イベント、睡眠)や健康度(健診結果、主観評価)を収集して関連を分析する。また調査開始前・中・後に神経行動機能、ストレスホルモンを複数回測定する。運転者の疲労、睡眠、精神的負荷などは日誌で測定する。事業場の安全文化は専門の尺度を用いて測定する。地場配送運転者の比較対象として、長距離運転者、非運転労働者においても同様の調査を行う。

(4)研究の特色・独創性

配送運転者を対象に疲労リスク管理*という観点から取り組んだ研究は乏しく、当該職種の安全衛生の充実に役立つ知見が得られることが期待できる。なお過労死等調査研究センターで現在進行中である運輸業に関する調査研究は主に長距離トラック運転者が対象であり、本研究と差別化できる。

*疲労に伴う生産性低下や事故を防ぐために、経営者と労働者が一体となって、労働現場の実測データに基づいて労働環境・条件を評価し改善する仕組み。我が国では航空機操縦士について平

成 31 年 3 月末に国土交通省航空局「操縦士の疲労管理について」と題する報告書がまとめられ、それに基づいた疲労管理基準が令和元年 7 月に公布され、同年 10 月より施行されている。また、航空管制官についても疲労管理の導入が見込まれている。

【研究成果】

①はじめに

労働者の疲労が生産性低下や事故発生に寄与することは航空業界では周知の事実となっている。同様の影響が、過労死や健康起因事故という形でトラックドライバーにも多く見られるものの、その効果的な対策について示唆を与える知見は少ない。そこで、トラックドライバーの働き方・休み方の影響を受ける疲労に注目し、その表れである事故や危険運転に関連する要因を明らかにするための調査を計画した。

②方法

研究目的に沿う運送事業場 1 社に協力を求め、客観的な運転記録となるデジタルタコグラフ(以下、デジタコ)データを用いて追跡調査を行った。

協力事業場に導入されているデジタコ(DTG7、矢崎エナジーシステム社製)のデータ収集は専用ソフト(ESTRA、中央矢崎サービス社製)を用いて 2019 年 6 月から開始した。調査開始に先立ち、トラックドライバーに対して属性、安全、健康、生活、負担・疲労、ストレス、睡眠に関する質問紙調査を 2019 年 6 月に行った。質問紙調査と 6 月 1 日～30 日の 1 か月間の運転記録を用いて、働き方・休み方、運転・作業中の事故、危険運転指標(速度オーバー、急発進数、急加速数、急減速数、急ブレーキ数)の関連性を検討した。

③結果

1) 調査対象トラックドライバーの特徴

調査協力事業場は食品配送を行っており、質問紙調査を行った時点で 7 カ所の拠点に所属するトラックドライバー全 174 人のうち、158 人から回答を得た。そのうち、6 月のデジタコ記録において月就業時間が 140 時間(週 35 時間×4 週)未満の

者を除いた、112 人(女性 2 人)を対象として解析を行った。

表 1 に、質問紙調査による解析対象ドライバーの基本属性を示した。ドライバーの平均年齢は 49.2 歳、今の会社での運転経験は 9.2 年であった。今の会社における事故について、運転中ではドライバーの 73%が経験しており、全体の平均回数は 2.0 回、運転以外の作業中ではドライバーの 40%が経験しており、全体の平均回数は 1.2 回であった。それに対して過去 1 か月間での事故について、運転中ではドライバーの 6%が経験しており、全体の平均回数は 0.1 回、運転以外の作業中ではドライバーの 3%が経験しており、全体の平均回数は 0.1 回であった。

表 1 解析対象トラックドライバーの基本属性

		n (%)	mean (SD)
性別	男性	110 (98%)	
年齢			49.2 (11.6)
BMI			23.8 (3.9)
通勤_片道分			25.8 (16.1)
運転経験_今会社			9.2 (6.3)
運転経験_通算_年			17.6 (11.8)
喫煙習慣_有無	なし	38 (34%)	
飲酒習慣_有無	なし	49 (44%)	
今の会社_運転中_事故の有無	なし	30 (27%)	
	あり	82 (73%)	
今の会社_作業中_事故の有無	なし	58 (60%)	
	あり	38 (40%)	
過去1ヶ月_運転中_事故の有無	なし	103 (94%)	
	あり	6 (6%)	
過去1ヶ月_作業中_事故の有無	なし	103 (97%)	
	あり	3 (3%)	
事故_今会社_運転中_数			2.0 (3.3)
事故_今会社_作業中_数			1.2 (3.5)
事故_1ヶ月_運転中_数			0.14 (0.99)
事故_1ヶ月_作業中_数			0.13 (1.03)
全速度超過時間/走行時間			0.01 (0.04)
急発進加速合計数/走行時間			0.59 (1.08)
急減速合計数/走行時間			0.03 (0.07)
急ブレーキ合計数/走行時間			0.02 (0.07)

2) 事故数・危険運転に関連する要因の検討

・危険運転と事故の関連

質問紙での事故数とデジタコの危険運転指標との関連は、今の会社における作業中の事故と急ブレーキ数の間にのみ有意な相関($r=0.217, p<0.05$)がみられた。

・荷役の負担と事故の関連

荷積み・荷下ろしによる荷役の負担と、運転中・作業中の事故数やデジタコ危険運転指標との間には有意な関連は示されなかった。

・睡眠と事故の関連

普段の睡眠の量・質と、運転中・作業中の事故数の間には、関連は弱いがある有意な相関がみられた(表 2)。しかしデジタコ危険運転指標との間には有意な関連は示されなかった。また、睡眠時間は 5 時間未満の場合に急ブレーキ数が有意に多く、睡眠の質が悪いと急減速数と急ブレーキ数が有意に多かった。

表 2 睡眠の量・質と事故数・危険運転指標の相関

	睡眠時間	PSQI 得点
事故_今会社_運転中_数	-.209*	.290**
事故_今会社_作業中_数	-0.18	.297**
事故_1ヶ月_運転中_数	-0.12	.259*
事故_1ヶ月_作業中_数	-0.10	.259*
全速度超過時間/走行時間	-0.10	-0.11
急発進加速合計数/走行時間	0.16	-0.03
急減速合計数/走行時間	-0.15	0.17
急ブレーキ合計数/走行時間	-0.18	0.15

Pearson の相関係数 * $p<0.05$ ** $p<0.01$

PSQI: Pittsburgh Sleep Quality Index

・健康度と事故の関連

既往および治療中の疾病(高血圧症、高脂血症、糖尿病、肥満、脳血管疾患、心臓疾患、腰痛、睡眠障害、うつ病、ぜんそく、睡眠時無呼吸、その他)が無し(不健康項目数 0)の場合に比して、有り(不健康項目数 1)では運転中・作業中の事故リスクが高いことが示された(表 3)。しかしデジタコ危険運転指標との間には有意な関連は示されなかった。

・健康安全文化と事故数・危険運転指標の関連

健康安全文化指標は、「安全と健康に関する組織レベルの関与」、「不安全行動に対する社内(上司、同僚)の態度」、「事故とニアミスの報告」、「荷主の要求に対する会社の態度」、「休憩や仮眠に対する会社の態度」の 5 つの成分で構成されており、それぞれの得点を三分位で良群、中群、悪群に分けた。「不安全行動に対する社内態度」と「事故ニアミスの報告」の良群に比して中群または悪群で運転・作業中の事故リスクが高いことが示された(表 4、表 5)。しかしどちらの成分においても、デ

表3 不健康項目数と事故数・危険運転指標の関連

オッズ比(年齢と性別を調整)			
	不健康項目数		
	0	1	>=2
今会社運転中	1	3.4(1.2, 9.5)	1.4(0.4, 4.5)
今会社作業中	1	3.2(1.2, 8.2)	2.7(0.8, 9.1)
1ヶ月運転中	1	-	-
1ヶ月作業中	1	-	-
速度超過	1	-	-
急発進加速	1	-	-
急減速	1	-	-
急ブレーキ	1	-	-

ロジスティック回帰分析によるオッズ比(95%信頼区間)

表 4 「不安全行動に対する社内態度」と事故数・危険運転指標の関連

不安全行動に対する社内(上司, 同僚)の態度			
事故	良群	中群	悪群
今会社_運転中	1	1.8(0.61-5.2)	4.3(1.1-16.1)
今会社_作業中	1	3.8(1.1-12.8)	6.1(1.6-22.2)
1ヶ月_運転中	1	-	-
1ヶ月_作業中	1	-	-
速度超過時間	1	-	-
急発進加速数	1	-	-
急減速数	1	-	-
急ブレーキ数	1	-	-

ロジスティック回帰分析によるオッズ比(95%信頼区間)

表 5 「事故ニアミスの報告」と事故数・危険運転指標の関連

事故とニアミスの報告			
事故	良群	中群	悪群
今会社_運転中	1	4.1(1.2, 14.4)	3.4(1.2, 9.9)
今会社_作業中	1	3.4(1.0, 11.7)	5.7(1.8, 18.1)
1ヶ月_運転中	1	-	-
1ヶ月_作業中	1	-	-
速度超過時間	1	-	-
急発進加速数	1	-	-
急減速数	1	-	-
急ブレーキ数	1	-	-

ロジスティック回帰分析によるオッズ比(95%信頼区間)

ジタコ危険運転指標との間には有意な関連は示されなかった。

④考察

1 事業場、7 拠点のトラックドライバー112 人の質問紙調査結果とデジタコ記録より、今の会社での作業中の事故数と急ブレーキ数の間に関連が見られた。この結果は、普段の危険運転の改善が業務中の事故を減少させる可能性を示したものである。

同時に、睡眠量・質や既往歴のような健康状態と今の会社における事故数に関連が見られたことから、疲労の発現と進展にかかわる働き方だけでなく、回復過程にかかわる休み方が安全リスクにとって重要であることが確認された。本年度の調査より、最終的に疲労リスク管理の考え方を中心とした安全・健康への予防策の提案に向けて、あらためて現場実測データに基づく労働環境・条件の評価が求められる。

⑤成果の活用および次年度の予定

質問紙による横断的な検討では、個人の睡眠や健康だけでなく、組織の健康安全文化の状態が事故数と関連することが明らかになった。次年度では、長期間のデジタコ記録による客観的な危険運転指標と同一期間に発生した事故の関連について、労働時間や時刻といった量的・質的な影響に注目した検証を行う。また、短期間の血圧、睡眠、疲労等の生理・心理測定によりトラックドライバーの安全衛生対策となるような疲労リスク管理の要点を明らかにする。

【研究業績・成果物】

[著書・単行本]

- 1) 高橋正也(2020) 運転. 長谷川博, 村木里志, 小川景子編集, 人間の許容限界事典. 東京, 朝倉書店.
- 2) 高橋正也(2020) 交通事故と産業事故. 本多和樹, 塩見利明, 上野太郎, 内山真, 大川匡子, 勢井宏義, 土井由利子, 中山秀章, 林光緒, 福田一彦, 本多真, 三島和夫編集, 睡眠学 第2版. 東京, 朝倉書店.

[その他の専門家向け出版物]

- 1) 高橋正也(2019) 自動車にはガソリン, 運転者にはスイミン. 陸運と安全衛生 No.601 令和元年7月, pp.12-13.

(12) 介護者における労働生活の質の評価とその向上に関する研究【3年計画の2年目】

岩切一幸(産業疫学研究 G), 外山みどり(人間工学研究 G), 高橋正也(過労死等防止調査研究 C), 劉 欣欣(産業疫学研究 G), 小山冬樹(同), 市川 洸(福祉技術研究所株式会社)

【研究期間】 平成 30～令和 2 年度

【実行予算】 3,230 千円(令和元年度)

【研究概要】

(1) 背景

厚生労働省「福祉・介護人材確保対策等について」の資料[1]によると、介護職員(以下、介護者と記載)は、2020年に約25万人、2025年に約38万人不足すると推計されている。これに対し、厚生労働省は介護者の確保対策として、以下の4つを柱にすえている[1]。

- ① 潜在介護人材の呼び戻し
- ② 学生の新規参入促進
- ③ 未経験中高齢者の新規参入促進
- ④ 離職防止・定着促進

これらのうち①～③の対策によって就業する者が増えても、実効性のある④離職防止・定着促進が機能しなければ、介護者不足は解消されない。④離職防止・定着促進の具体策としては、賃金の改善やキャリアアップなどがあげられている。これらの対策は、主に介護者の離職理由をもとに作成されている[2]。しかしながら、離職理由が必ずしも「働き続けたい」の反対理由になるとは限らない。

欧米では、リスク管理をするだけでなく、労働生活の質(Quality of Working Life: QWL)を向上させることが必要と考えられている[3]。介護職場では、労働災害全般の防止に加え、働きやすい職場が求められており、介護者の QWL 向上が必要になっている。介護者の QWL に影響する項目としては、給与、上司や同僚との人間関係、仕事を通じた成長欲求などがあげられている[4]。これらの項目は、介護者における QWL の構成要素と考えられる。しかしながら、介護者の QWL を向上させるには、具体的にどのような項目に対し、どのような取り組みを行うべきかは分かっていない。安全衛生活動を含め、介護者の QWL の向上を図ることは、労働災害の減少に加え、離職率の低下や雇用促進にもつながると考えられる。

(2) 目的

本研究では、介護者における QWL の向上を目的に、現在の介護者の QWL 向上に関連する項目(以下、QWL 関連項目と記載)を明らかにし、その QWL 関連項目を向上させる取り組みを提案する。

(3) 方法

1) 研究 1 年目

2018 年度の前半には、複数の高齢者介護施設においてヒアリング調査(以下、実態調査と記載)を実施し、介護者の QWL 関連項目を抽出した。年度後半には、実態調査の結果をもとに調査票を作成し、全国の特別養護老人ホームを対象にしたアンケート調査(以下、全国調査と記載)を実施した。この全国調査により、介護者の QWL 関連項目を抽出した。また、全国調査では、介護者の労働安全衛生上の問題が QWL にも関連すると思われることから、介護者に多発している腰痛や施設の安全衛生活動などについても調査した。

2) 研究 2 年目

2019 年度には、全国調査で抽出した QWL 関連項目の妥当性と QWL 向上のための具体的な取り組みを検討するためのアンケート調査(以下、追跡調査と記載)の1回目を実施した。この追跡調査は、複数の施設を対象に2020年度まで追跡する。また、2018 年度全国調査の結果を解析し、2013 年度に実施した同様の全国調査(プロジェクト研究「介護職場における総合的な労働安全衛生研究」2013～2016 年度)[5]と比較しながら、介護者の腰痛予防に有用な安全衛生活動についても検討した。

3) 研究 3 年目

2020 年度には、追跡調査の2回目を実施し、以上の結果をまとめ、介護者の QWL を向上させる取り組みを提案する。

(4) 研究の特色・独創性

本研究の特色は、リスク評価・管理といったマイナス面を無くすことに着目するだけでなく、介護者の QWL を向上させるといったプラス面への取り組みに着目する点である。これにより、働きやすい職場環境を構築し、介護者の離職防止や雇用促進につながると考える。

【研究内容・成果】

(1) 全国調査:腰痛予防に有用な安全衛生活動の解析—2018 年度と 2013 年度調査の比較—

2018 年度全国調査において、施設の安全衛生管理体制は介護者の QWL に関連した(平成 30 年度年報を参照)。そこで、介護者の腰痛予防に有用な安全衛生活動を明らかにすることを目的に、介護者の腰痛、安全衛生活動、介助方法(以下、これらの 3 つを腰痛に関する調査項目と記載)との関係について検討した。

1) 方法

2018 年度全国調査では、施設用アンケートと介護者用アンケートを作成した。施設用アンケートは施設管理者記載、介護者用アンケートは介護者記載とした。以下に、施設用および介護者用アンケートにおける腰痛に関する調査項目を、施設および介護者の基本情報と併せて示す。

<施設用アンケート>

- 施設の基本情報:施設形態、勤務体制、労働者数、介護者数、入居者数、平均要介護度、離職者数、休職者数など
- 福祉用具数
- 安全衛生活動

<介護者用アンケート>

- 介護者の基本情報:性別、年齢、経験年数、労働時間、疾患の有無など
- 腰痛の状態
- 安全衛生活動
- 介助方法(移乗・入浴)
- 職業性ストレス[6]

介護者の腰痛状態は、過去 1 年間に①腰痛はなかった、②腰痛はあったが仕事に支障はなかった、③腰痛のため仕事に支障をきたしたが休職しなかった、④腰痛のため休職したの 4 件法にて調査した。さらに、これらの値は、①と②を「重度腰痛なし」、③と④を「重度腰痛あり」とした。

2018 年度の調査対象は、厚生労働省の介護サービス情報公表システムに登録されている、全国の特別養護老人ホーム 6,940 施設から無作為抽出した 1,000 施設とした。対象介護者は、1 施設あたり性別、年齢、経験年数の異なる介護者 8 名の計 8,000 名(1,000 施設×8 名)とした。調査期間は、2018 年 10 月～12 月であった。

2013 年度の調査対象は厚生労働省の同システムに登録されている、全国の特別養護老人ホーム 5,875 施設から無作為抽出した 1,000 施設とした。

対象介護者は、1 施設あたり性別、年齢、経験年数の異なる介護者 5 名の計 5,000 名(1,000 施設×5 名)とした。調査期間は、2014 年 1 月～3 月であった。

得られたデータは、単純集計後、 χ^2 検定または対応のない t 検定にて、2018 年度調査と 2013 年度調査の比較を行った。さらに、腰痛、安全衛生活動、介助方法のそれぞれの関係をロジスティック回帰分析にて解析した。ロジスティック回帰分析では、Crude と Model のオッズ比(OR)と 95%信頼区間(95%CI)を算出した。Model は、性別(男、女)、年齢群(<30 歳、30-39 歳、40-49 歳、50 歳 ≤)、喫煙の有無(吸わない、吸う)、職業性ストレス(量的負担度、コントロール度、上司・同僚からのサポート度)で調整した。結果では、Model の OR と 95%CI のみを示す。

2) 結果

2018 年度調査では、施設用アンケートの回答数が 505 部(回収率: 50.5%)、介護者用アンケートの回答数が 3,565 部(回収率:44.6%)であった。その内、解析対象施設は欠損データの多い 1 施設を除いた 504 施設とし、解析対象者は性別・年齢に欠損のある者を除いた 3,478 名(男性 1,331 名、女性 2,147 名)とした。

2013 年度調査では、施設用アンケートの回答数が 615 部(回収率: 61.5%)、介護者用アンケートの回答数が 2,751 部(回収率:55.0%)であった。その内、解析対象施設は欠損データの多い 3 施設を除いた 612 施設とし、解析対象者は性別・年齢に欠損のある者を除いた 2,712 名(男性 989 名、女性 1,732 名)とした。

表 1 介護施設の基本情報

	2018年度	2013年度	p
労働者数	73.4 ± 33.4	72.4 ± 32.3	0.602
介護者数	45.9 ± 21.2	46.4 ± 21.6	0.698
入居者数(長期)	76.0 ± 29.5	74.4 ± 28.4	0.374
平均要介護度	4.0 ± 0.3	3.9 ± 0.4	0.001
離職介護者数 [※]	6.3 ± 5.8	5.5 ± 5.0	0.018
休業介護者数 [※]	0.8 ± 1.4	0.9 ± 1.3	0.445

※ 離職および休業介護者数は腰痛以外の理由も含む最近 1 年間の値。平均±標準偏差。p:危険率。

表2 介護者の基本情報

	2018年度	2013年度	p
性別 (%)			0.153
男性	38.3	36.5	
女性	61.7	63.5	
年齢	39.3 ± 10.6	37.8 ± 10.7	<0.001
喫煙 (%)	31.8	33.4	0.181
資格 (%)			
介護福祉士	79.6	75.7	<0.001
ホームヘルパー (1-3級)	29.4	35.0	<0.001
ケアマネージャー	15.0	14.8	0.857
保健師・看護師	1.1	1.5	0.166
資格なし	6.5	5.0	0.010
勤務形態 (%)			0.800
常勤者	93.1	93.2	
非常勤者・パートなど	6.9	6.8	
勤務体制 (%)			0.001
日勤	26.5	22.6	
二交代	22.1	22.2	
三交代	35.6	36.5	
変則交代など	15.8	18.7	
週労働時間 (%)			0.040
<35時間	6.4	4.8	
35時間 ≤, <40時間	31.1	30.3	
40時間 ≤, <45時間	42.0	44.0	
45時間 ≤	20.5	20.9	
職業性ストレス			
量的負担度 (3:無-12:有)	9.5 ± 1.8	9.5 ± 1.9	0.544
コントロール度 (3:無-12:有)	7.8 ± 1.9	7.7 ± 1.9	0.042
サポート度 (6:少-24:多)	14.5 ± 3.7	13.5 ± 3.6	<0.001
2015.4以降の要介護度3以上入居による介護負担 (%)			
身体的介護増で負担大	50.8	-	
認知症増で負担大	45.7	-	
以前と変わらない	32.2	-	
楽になった	0.6	-	

表1に介護施設の基本情報を示す。労働者数、介護者数、長期の入居者数、休業介護者数は、2018年度調査と2013年度調査の間に統計的有意差は認められなかった。一方、平均要介護度は、2018年度調査の方が2013年度調査に比べ、若干有意に高かった。また、離職介護者数も2018年度調査の方が若干多かった。

表2に介護者の基本情報を示す。性別、喫煙の有無、勤務形態、職業性ストレスの量的負担度は、2018年度調査と2013年度調査の間に有意差は認められなかった。年齢、職業性ストレスのコントロール度、上司・同僚からのサポート度は、2018年度調査の方が2013年度調査に比べ、若干有意に高かった。また、介護福祉士の有資格者数(複数回答可)、日勤者数、週労働時間40時間未満者数は、2018年度調査の方が2013年度調査に比べ、若干多かった。2015年4月から、特別養護老人ホームへの入居資格が原則要介護度3以上になったことによる介護負担度は(複数回答可)、身体的介護の増加により負担が増大した者が50.8%、認知症対応の増加により負担が増大した者が45.7%であった。一方、以前と変わらなかった者は32.3%、楽になった者は0.6%であった。

表3に介護施設における安全衛生活動の実施率および介護者の活動参加率を示す。介助方法の講習・研修、福祉用具の講習・研修、福祉用具の使用指導、介助方法・福祉用具の試験、介助方法・福祉用具の評価は、介護施設の実施率および介護者の参加率ともに、2018年度調査の方が2013年度調査に比べ、有意に高かった。

表4に介護施設における福祉用具の導入率および導入数を示す。移動式リフト、スライディングボ

表3 介護施設における安全衛生活動の実施率および介護者の活動参加率

(%)	介護施設の実施率			介護者の参加率		
	2018年度	2013年度	p	2018年度	2013年度	p
健康診断	99.8	99.5	0.631	97.7	98.2	0.204
腰痛健診	57.9	55.4	0.429	46.9	44.6	0.079
介助方法の講習・研修	94.6	90.9	0.026	68.9	62.7	<0.001
福祉用具の講習・研修	58.6	49.0	0.002	45.9	38.4	<0.001
福祉用具の使用を指導	79.4	69.0	<0.001	64.3	51.3	<0.001
入居者ごとの介助方法(作業標準)	91.0	94.9	0.012	82.5	89.9	<0.001
介助方法のマニュアル使用	90.1	87.3	0.156	65.9	67.4	0.237
介助方法・福祉用具の試験	8.7	5.2	0.022	13.0	4.5	<0.001
介助方法・福祉用具の評価	43.4	30.2	<0.001	16.5	12.5	<0.001
介助方法・福祉用具に関する責任者との相談・指導	60.7	54.9	0.057	69.3	71.5	0.065

表 4 介護施設における福祉用具の導入率および導入数

(%)	導入率			入居者100人あたりの導入数		
	2018年度	2013年度	p	2018年度	2013年度	p
移動式リフト	27.4	17.8	<0.001	2.5±1.8	2.1±1.7	0.103
居室のレール走行式リフト	3.6	3.3	0.869	6.2±9.3	5.7±3.8	0.805
浴室のレール走行式リフト	10.7	9.5	0.548	1.8±1.0	2.0±1.8	0.606
居室の設置式リフト	2.8	2.1	0.559	5.5±10.6	3.9±5.8	0.639
浴室の設置式リフト	40.1	37.3	0.354	3.0±2.6	2.5±2.1	0.061
スタンディングマシーン	4.8	1.8	0.005	2.1±1.6	2.7±4.2	0.560
スライディングボード	63.9	40.0	<0.001	5.2±5.8	3.2±3.4	<0.001
スライディングシート	45.6	29.1	<0.001	6.0±5.9	5.3±6.7	0.267
モジュラー型車いす	62.5	42.5	<0.001	17.5±18.0	14.3±17.7	0.034
電動ベッド	89.1	87.1	0.311	80.2±30.0	73.5±30.7	0.001

表 5 介護者の腰痛症状(最近 1 年間)

(%)	2018年度	2013年度	p
重度腰痛なし①②	61.7	62.7	0.460
重度腰痛あり③④	38.3	37.3	
(内訳)			
① 腰痛はなかった	33.2	28.7	
② 腰痛はあったが 仕事に支障は なかった	28.5	34.0	
③ 腰痛のため仕事 に支障をきたした が休職はしな かった	31.7	30.3	
④ 腰痛のため休職 した	6.6	7.0	

ード、スライディングシート、モジュラー型車いすの導入率は、2018 年度調査の方が 2013 年度調査に比べ、有意に高かった。スライディングボード、モジュラー型車いす、電動ベッドの入居者 100 人あたりの福祉用具導入数は、2018 年度調査の方が 2013 年度調査に比べ、有意に多かった。

表 5 に最近 1 年間における介護者の腰痛症状を示す。重度腰痛者は、2018 年度調査において 38.3%、2013 年度調査において 37.3%であり、調査間に有意差は認められなかった。重度腰痛ありと重度腰痛なしの内訳は、表 5 の通りである。

表 6 に重度腰痛と関連した安全衛生活動を示す。2018 年度調査における重度腰痛者は、入居

者ごとの介助方法(作業標準)を実施していない(OR: 1.29)、介助方法のマニュアルを活用していない(OR: 1.18)、介助方法・福祉用具の評価を受けていない(OR: 1.44)者に多かった。しかし、それらの OR は 2.00 未満と小さかった。2013 年度調査においては、重度腰痛者と安全衛生活動の間に関連は認められなかった。

表 7 に重度腰痛と関連した介助方法を示す。2018 年度調査における重度腰痛者は、移乗介助にてリフトを使用していない(OR: 1.33)、人力で入居者を抱え上げている(OR: 1.57)、無理な姿勢をとっている(OR: 2.99)、入浴介助にて人力で入居者を抱え上げている(OR: 1.44)、無理な姿勢をとっている(OR: 3.46)者に多かった。2013 年度調査における重度腰痛者は、移乗介助にて人力で入居者を抱え上げている(OR: 4.23)、無理な姿勢をとっている(OR: 2.56)、入浴介助にてリフトを使用していない(OR: 1.28)、人力で入居者を抱え上げている(OR: 2.16)、無理な姿勢をとっている(OR: 3.47)者に多かった。2013 年度調査において OR が 2.00 以上を示したのは、移乗・入浴介助ともに「人力で入居者を抱え上げている」および「無理な姿勢をとっている」であった。一方、2018 年度調査において OR が 2.00 以上を示したのは、移乗・入浴介助ともに「無理な姿勢をとっている」のみであった。

表 8 に 2018 年度調査において人力で抱え上げていないまたは無理な姿勢をとっていないと関連した安全衛生活動を示す。移乗介助または入浴介助において人力で抱え上げていない、無理な

表 6 重度腰痛と関連した安全衛生活動

	2018年度			2013年度		
	OR	95%CI	p	OR	95%CI	p
健康診断						
受診している	1.00			1.00		
受診していない	0.55	0.32-0.94	0.029	0.61	0.28-1.27	0.185
腰痛健診						
受診している	1.00			1.00		
受診していない	1.08	0.93-1.25	0.297	0.95	0.80-1.13	0.577
介助方法の講習・研修						
受講している	1.00			1.00		
受講していない	1.44	0.97-1.34	0.106	0.95	0.79-1.14	0.586
福祉用具の講習・研修						
受講している	1.00			1.00		
受講していない	1.05	0.90-1.22	0.532	0.93	0.78-1.12	0.449
福祉用具の使用を指導						
指導されている	1.00			1.00		
指導されていない	1.13	0.97-1.32	0.109	1.15	0.96-1.37	0.125
入居者ごとの介助方法(作業標準)						
実施している	1.00			1.00		
実施していない	1.29	1.06-1.56	0.010	0.92	0.69-1.23	0.585
介助方法のマニュアル						
活用している	1.00			1.00		
活用していない	1.18	1.01-1.39	0.035	1.13	0.93-1.36	0.217
介助方法・福祉用具の試験						
試験を受けている	1.00			1.00		
試験を受けていない	1.00	0.80-1.25	0.979	1.00	0.66-1.53	0.992
介助方法・福祉用具の評価						
評価を受けている	1.00			1.00		
評価を受けていない	1.44	1.16-1.78	0.001	1.22	0.92-1.62	0.167
介助方法・福祉用具に関する責任者との相談・指導						
している	1.00			1.00		
していない	1.12	0.96-1.32	0.157	0.98	0.81-1.19	0.849

ロジスティック回帰分析:従属変数は重度腰痛,独立変数は安全衛生活動. OR:オッズ比, 95%CI:95%信頼区間, p:危険率. ORと95%CIは性別,年齢群,喫煙の有無,職業性ストレス(量的負担度,コントロール度,上司・同僚からのサポート度)にて調整.

姿勢をとっていないといった4つの項目のうち3つ以上の項目において統計的有意差が認められた安全衛生活動は、介助方法の講習・研修を受講している(人力移乗 OR: 2.43、人力入浴 OR: 1.78、無理移乗 OR: 1.43)、福祉用具の講習・研修を受

講している(人力移乗 OR: 2.73、人力入浴 OR: 2.27、無理移乗 OR: 1.53、無理入浴 OR: 1.46)、福祉用具の使用を指導されている(人力移乗 OR: 2.30、人力入浴 OR: 2.17、無理移乗 OR: 1.87、無理入浴 OR: 1.72)、介助方法・福祉用具の評価を

表 7 重度腰痛と関連した介助方法

	2018年度			2013年度		
	OR	95%CI	p	OR	95%CI	p
移乗介助						
リフト						
時々・しばしば・必ず使用する	1.00			1.00		
全く・ほとんど使用しない	1.33	1.09-1.62	0.006	1.34	0.99-1.81	0.058
スライディングボードまたはシート						
時々・しばしば・必ず使用する	1.00			1.00		
全く・ほとんど使用しない	1.12	0.97-1.31	0.135	1.08	0.88-1.33	0.451
ベッドの昇降および背上げ機能						
時々・しばしば・必ず使用する	1.00			1.00		
全く・ほとんど使用しない	1.14	0.93-1.41	0.216	1.16	0.91-1.47	0.225
人力での入居者の抱え上げ						
全く・ほとんど抱え上げない	1.00			1.00		
必ず・しばしば・時々抱え上げる	1.57	1.01-2.44	0.045	4.23	1.76-10.12	0.001
無理な姿勢						
全く・ほとんどない	1.00			1.00		
いつも・しばしば・時々とる	2.99	2.10-4.26	<0.001	2.56	1.71-3.84	<0.001
入浴介助						
リフト						
時々・しばしば・必ず使用する	1.00			1.00		
全く・ほとんど使用しない	1.14	0.98-1.33	0.092	1.28	1.06-1.54	0.011
自動入浴装置						
時々・しばしば・必ず使用する	1.00			1.00		
全く・ほとんど使用しない	1.23	0.97-1.56	0.095	1.22	0.88-1.69	0.232
人力での入居者の抱え上げ						
全く・ほとんど抱え上げない	1.00			1.00		
必ず・しばしば・時々抱え上げる	1.44	1.06-1.96	0.019	2.16	1.35-3.44	0.001
無理な姿勢						
全く・ほとんどない	1.00			1.00		
いつも・しばしば・時々とる	3.46	2.44-4.90	<0.001	3.47	2.29-5.25	<0.001

ロジスティック回帰分析: 従属変数は重度腰痛, 独立変数は介助方法. OR: オッズ比, 95%CI: 95%信頼区間, p: 危険率. OR と 95%CI は性別, 年齢群, 喫煙の有無, 職業性ストレス(量的負担度, コントロール度, 上司・同僚からのサポート度)にて調整.

受けている(人力移乗 OR: 3.31、人力入浴 OR: 1.47、無理移乗 OR: 1.57)であった。

表 9 に 2013 年度調査において人力で抱え上げていないまたは無理な姿勢をとっていないと関連した安全衛生活動を示す。3 つ以上の項目において有意差が認められた安全衛生活動は、介助方

法の講習・研修を受講している(人力移乗 OR: 2.02、人力入浴 OR: 1.64、無理移乗 OR: 1.43)のみであった。

3) 考察

2018 年度の重度腰痛者は介護者の約 4 割であ

表 8 2018 年度調査において人力で抱え上げていないまたは無理な姿勢をとっていない
と関連した安全衛生活動

	人力で抱え上げていない						無理な姿勢をとっていない					
	移乗介助			入浴介助			移乗介助			入浴介助		
	OR	95%CI	p	OR	95%CI	p	OR	95%CI	p	OR	95%CI	p
介助方法の講習・研修												
受講していない	1.00			1.00			1.00			1.00		
受講している	2.43	1.44-4.10	0.001	1.78	1.27-2.50	0.001	1.43	1.05-1.93	0.021	1.28	0.96-1.70	0.095
福祉用具の講習・研修												
受講していない	1.00			1.00			1.00			1.00		
受講している	2.73	1.82-4.11	<0.001	2.27	1.71-3.02	<0.001	1.53	1.18-1.97	0.001	1.46	1.14-1.86	0.003
福祉用具の使用を指導												
指導されていない	1.00			1.00			1.00			1.00		
指導されている	2.30	1.42-3.73	0.001	2.17	1.55-3.03	<0.001	1.87	1.38-2.52	<0.001	1.72	1.29-2.29	<0.001
入居者ごとの介助方法(作業標準)												
実施していない	1.00			1.00			1.00			1.00		
実施している	1.81	0.94-3.52	0.078	1.53	0.99-2.36	0.055	2.45	1.51-3.97	<0.001	1.93	1.27-2.95	0.002
介助方法のマニュアル												
活用していない	1.00			1.00			1.00			1.00		
活用している	1.29	0.83-1.99	0.252	1.00	0.74-1.34	0.981	1.56	1.15-2.10	0.004	1.04	0.79-1.36	0.804
介助方法・福祉用具の試験												
試験を受けていない	1.00			1.00			1.00			1.00		
試験を受けている	2.11	1.37-3.26	0.001	1.49	1.06-2.11	0.024	1.37	0.99-1.91	0.060	1.18	0.84-1.64	0.346
介助方法・福祉用具の評価												
評価を受けていない	1.00			1.00			1.00			1.00		
評価を受けている	3.31	2.24-4.88	<0.001	1.47	1.06-2.03	0.020	1.59	1.18-2.13	0.002	1.15	0.85-1.56	0.373
方法・用具に関する責任者との相談・指導												
していない	1.00			1.00			1.00			1.00		
している	1.67	1.03-2.73	0.038	1.29	0.93-1.78	0.123	1.94	1.39-2.72	<0.001	1.21	0.90-1.61	0.207

ロジスティック回帰分析: 従属変数は介助方法(人力で抱え上げていない, 無理な姿勢をとっていない), 独立変数は安全衛生活動. OR: オッズ比, 95%CI: 95%信頼区間, p: 危険率. ORと95%CIは性別, 年齢群, 喫煙の有無, 職業性ストレス(量的負担度, コントロール度, 上司・同僚からのサポート度)にて調整.

り、2013 年度調査と同様であった(表 5)。しかしながら、2018 年度調査において移動式リフト、スライディングボード、スライディングシートを導入している介護施設は、2013 年度調査に比べて増えており、スライディングシートに関しては導入数も増えていた(表 4)。また、介助方法の講習・研修、福祉用具の講習・研修、使用指導、試験、評価を受けている者も増えていた(表 3)。

2018 年度調査において重度腰痛と関連した安全衛生活動は、入居者ごとの介助方法(作業標準)を実施していない、介助方法のマニュアルを活用

していない、介助方法・福祉用具の評価を受けていないであったが、オッズ比は 2.00 未満と低く、関連性は弱かった(表 6)。このことから、2018 年度調査においても 2013 年度調査と同様に、腰痛予防に直接的に有用な安全衛生活動は認められなかったと思われる。

2018 年度調査において重度腰痛と関連した介助方法は、オッズ比 2.00 以上に限定すると、移乗・入浴介助にて「無理な姿勢をとっている」のみであった(表 7)。一方、2013 年度調査では、移乗・入浴介助にて「無理な姿勢をとっている」とともに、

表 9 2013 年度調査において人力で抱え上げていないまたは無理な姿勢をとっていない
と関連した安全衛生活動

	人力で抱え上げていない						無理な姿勢をとっていない					
	移乗介助			入浴介助			移乗介助			入浴介助		
	OR	95%CI	p	OR	95%CI	p	OR	95%CI	p	OR	95%CI	p
介助方法の講習・研修												
受講していない	1.00			1.00			1.00			1.00		
受講している	2.02	1.03-3.98	0.041	1.64	1.07-2.50	0.023	1.43	1.02-2.01	0.036	1.35	0.98-1.85	0.066
福祉用具の講習・研修												
受講していない	1.00			1.00			1.00			1.00		
受講している	1.69	0.97-2.96	0.065	1.36	0.94-1.97	0.106	1.19	0.88-1.63	0.264	0.99	0.73-1.33	0.939
福祉用具の使用を指導												
指導されていない	1.00			1.00			1.00			1.00		
指導されている	2.12	1.15-3.92	0.016	1.63	1.11-2.39	0.013	1.19	0.87-1.62	0.278	1.20	0.90-1.62	0.217
入居者ごとの介助方法(作業標準)												
実施していない	1.00			1.00			1.00			1.00		
実施している	0.45	0.21-0.94	0.033	0.58	0.34-0.99	0.048	0.86	0.51-1.45	0.577	0.99	0.59-1.66	0.977
介助方法のマニュアル												
活用していない	1.00			1.00			1.00			1.00		
活用している	1.07	0.58-1.98	0.826	1.16	0.77-1.75	0.475	0.93	0.67-1.29	0.681	1.01	0.74-1.39	0.933
介助方法・福祉用具の試験												
試験を受けていない	1.00			1.00			1.00			1.00		
試験を受けている	1.59	0.55-4.56	0.393	1.78	0.87-3.67	0.115	0.95	0.46-1.94	0.884	1.30	0.70-2.41	0.401
介助方法・福祉用具の評価												
評価を受けていない	1.00			1.00			1.00			1.00		
評価を受けている	1.78	0.89-3.55	0.101	1.56	0.95-2.56	0.081	1.21	0.79-1.88	0.384	1.22	0.80-1.84	0.357
方法・用具に関する責任者との相談・指導												
していない	1.00			1.00			1.00			1.00		
している	1.57	0.78-3.18	0.206	0.97	0.64-1.47	0.895	1.18	0.82-1.69	0.373	1.44	1.01-2.07	0.044

ロジスティック回帰分析:従属変数は介助方法(人力で抱え上げていない,無理な姿勢をとっていない),独立変数は安全衛生活動. OR:オッズ比, 95%CI:95%信頼区間, p:危険率. ORと95%CIは性別,年齢群,喫煙の有無,職業性ストレス(量的負担度,コントロール度,上司・同僚からのサポート度)にて調整.

「人力で入居者を抱え上げている」が重度腰痛と強く関連した。この違いは、2018 年度において福祉用具に関する講習・研修や指導が進むことで福祉用具の使用者が増え、人力にて入居者を抱え上げる者が減少したためと思われる。

2018 年度調査において「人力で抱え上げていない」および「無理な姿勢をとっていない」と特に関連した安全衛生活動は、「介助方法の講習・研修を受講している」、「福祉用具の講習・研修を受講している」、「福祉用具の使用を指導されている」、

「介助方法・福祉用具の評価を受けている」であった(表 8)。一方、2013 年度調査では、「介助方法の講習・研修を受講している」のみであった(表 9)。これらの結果は、2018 年度において腰痛発生の直接的な要因となる「人力での入居者の抱え上げ」や「無理な姿勢」を行わないように、福祉用具の講習・研修、使用指導、評価が積極的に実施されていたことを示唆する。

以上のことから、2018 年度と 2013 年度における腰痛者数に変化はなかったが、2018 年度の介護

施設では福祉用具の使用による作業改善が進められていると思われる。腰痛予防に直接的につながる安全衛生活動は 2018 年度および 2013 年度調査ともに見いだせなかったが、腰痛の発生に強く関連する「人力での入居者の抱え上げ」および「無理な姿勢」の防止には、介助方法の講習・研修、福祉用具の講習・研修、使用指導、評価が有用であることが示唆された(図 1)。今後、これらの点についてさらに検証していく必要はあるが、介護施設では現在の取り組みをさらに推進していくことが、腰痛者数の減少につながると思われる。

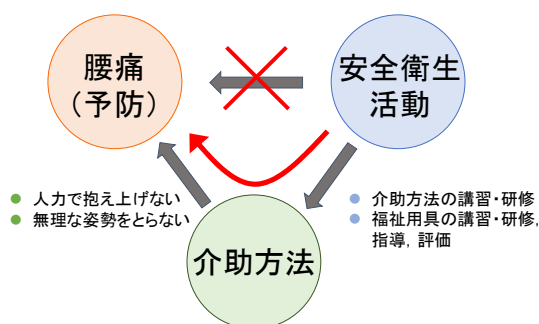


図 1 腰痛・安全衛生活動・介助方法の関係

(2) 追跡調査:1 回目

追跡調査は、2018 年度全国調査にて抽出した QWL 関連項目の妥当性と QWL 向上のための具体的な取り組みを明らかにすることを目的に、2020 年 2 月に 1 回目調査を実施した。また、2020 年 9 月には 2 回目調査を実施する予定である。

調査対象施設は、京都府の特別養護老人ホーム 7 施設とし、調査対象介護者はそれらの施設に勤務する介護者 250 名とした。調査では、施設用および介護者用アンケートを作成した。施設用アンケートは施設管理者記載、介護者用アンケートは介護者記載とした。以下に、施設用アンケートおよび介護者用アンケートの調査項目を示す。

<施設用アンケート>

- ・施設の基本情報:全国調査と同様
- ・施設にて取り組んでいる QWL 関連項目(昇進・昇給システムの公開、キャリアアップの助成、有休の推奨、各種相談窓口・相談者の設置など)
- ・福祉用具数
- ・安全衛生活動

<介護者用アンケート>

- ・介護者の基本情報:全国調査と同様

- ・QWL 項目(働く意欲、働き続けたいという意味、業務に対する満足度、仕事の達成感)
- ・ケアワーカーの QWL15 項目[4]
- ・ワーク・エンゲイジメント 3 項目[7]
- ・日本版バーンアウト 17 項目[8]

QWL 関連項目(給与、昇進・役職、労働時間や休み、人数や配置、人間関係、裁量、介護技術、研修、昇進や役職、施設のサポート体制、安全衛生管理体制、家庭生活や個人的な出来事の満足度など)

介護者が重要と考える QWL 関連項目の順番(1~3 番)

- 腰痛の状態
- 安全衛生活動
- 介助方法
- 職業性ストレス[6]

施設用アンケートの回答数は 7 部(回収率:100%)、介護者用アンケートの回答数は 211 部(回収率:84.4%)であった。結果は現在解析中のため、次年度以降に報告する。

【研究全体の総括】

2018 年度の介護施設では、2013 年度に比べて顕著な腰痛者数の変化はなかった。しかしながら、福祉用具の使用による作業改善が進められていた。2018 年度調査および 2013 年度調査ともに、腰痛予防に直接的につながる安全衛生活動は見いだせなかった。しかしながら、介助方法の講習・研修、福祉用具の講習・研修、使用指導、評価を実施することにより、腰痛発生につながる人力での入居者の抱え上げや無理な姿勢での作業が減少すると示唆された。以上のことから、腰痛予防のための安全衛生活動としては、介助方法の講習・研修、福祉用具の講習・研修、使用指導、評価を実施することが有用と思われる。QWL に関する追跡調査は 2020 年 2 月から開始し、現在進行中である。2020 年度後半には、以上の結果をもとに、施設での安全衛生活動を含めた QWL 向上のための具体的な取り組みを提案する予定である。

【参考文献】

- [1] 厚生労働省. 福祉・介護人材確保対策等について. 2018.
- [2] 公益財団法人社会福祉振興・試験センター. 平成 24 年度社会福祉士・介護福祉士就労状況調査.

- [3] 西川真規子. よりよい働き方とは一雇用の質への試験的アプローチ. 日本労働研究雑誌, No.632. 48-60, 2013.
- [4] 李政元. ケアワーカーの QWL とその多様性. 関西学院大学出版会, 兵庫, 2011.
- [5] Iwakiri, K., et al. Priority approaches of occupational safety and health activities for preventing low back pain among caregivers. JOH, 61, 339-348, 2019.
- [6] 下光輝一, ほか. 職業性ストレス簡易調査票の信頼性の検討と基準値の設定. 労働省平成 11 年度「作業関連疾患の予防に関する研究」報告書, 126-138, 2000.
- [7] Shimazu, A., et al. Work engagement in Japan: Validation of the Japanese version of Utrecht Work Engagement Scale. Applied Psychology: An International Review, 57, 510-523, 2008.
- [8] 久保真人. サービス業従事者における日本版バーンアウト尺度の因子的, 構成概念妥当性. 心理学研究, 85, 364-372, 2014.
- 【研究業績・成果物】**
- [その他の専門家向け出版物]
- 1) 岩切一幸 (2019) 腰痛発生と予防の基本. 安全と健康, Vol. 20, No. 7, pp.17-21.
- [国内学術集会]
- 1) 岩切一幸, 外山みどり, 高橋正也, 劉 欣欣 (2019) 介護者における労働生活の質 (QWL) とその関連要因に関する研究. 第 92 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 61, (Suppl.), p.447.

(13) 個別粒子分析法による気中粒子状物質測定信頼性の向上に関する研究【4年計画の2年目】

山田 丸(作業環境研究 G), 鷹屋光俊(同), 篠原也寸志(同), 小野真理子(同),
加藤伸之(京都大学大学院工学研究科), 小倉 勇(産業総合技術研究所)

【研究期間】 平成30～令和3年度

【実行予算】 19,914千円(令和元年度)

【研究概要】

(1)背景

労働環境での粒子状物質や繊維状物質(以下、粒子等)の計測は、簡便な方法による作業環境のばく露アセスメントと、精密な測定が必要とされる職業病の原因の探索の二つに分けることができる。前者ではエアロゾル測定装置(粒子の個数や粒径を測定する装置)や粉じん計を利用することが想定されるが、それらの測定法には測定している粒子等の粒径分布や形態について精密な検討を行った基礎的なデータが欠かさない。一方、後者には、飛散している粒子の粒子径や形態、構成元素等に関する情報が必要である。二者のいずれにおいても粒子の詳細な情報が必要となり、そのために最も有効な測定装置は電子顕微鏡であるが、観察像の代表性の担保、定量性および測定者による測定結果のバラツキが問題となる。

(2)目的

走査電子顕微鏡(SEM)を用いた個別粒子分析法の検討を行い、結果の再現性の向上や代表性の担保のための分析手法を確立する。さらに、エアロゾル測定装置を用いて作業現場の測定を行う場合に問題となる、ばく露の過大/過小評価に影響を及ぼす粒子の形態等の要因を洗い出す。

(3)方法

1. SEMによる分析結果の代表性の担保

アスベスト分析に関する手引書やエアロゾル分野の論文等で提案されている方法を参考にし、粒子等試料の捕集法、観察法、データ処理法に関して最適な条件を検討する。画像解析によるフィルター上の粒子の個数・形状・サイズ取得のアルゴリズムを検討する。SEMでの分析結果の評価には、アスベスト観察等で知見が蓄積されている透過電子顕微鏡(TEM)による分析結果をリファレンスとする。なお、実験で用いる粒子等の標準試料(非凝集粒子:ラテックス粒子、KCl粒子。凝集粒子:ナノマテリアル粒子。繊維状物質:炭素の繊維状物質を代表試料とする)は、ナノマテリアル関連の基盤・プロジェクト研究で培った技術を応用する。

2. エアロゾル測定装置の信頼性の向上

SEMとエアロゾル測定装置(粒径分布測定装置やカーボンモニター等)による分析結果を突き合わせ、装置間の測定値のずれの原因を推定する。

(4)研究の特色・独創性

SEMは、TEMに比べて分析の前処理が比較的簡易であり、粒子等を捕集するためのフィルターの選択の自由度が高いことから現場測定に応用しやすい利点がある。また、SEMを用いても、高度な操作技能を要求されるTEMに匹敵したデータを取得でき、自動解析による観察者由来のバラツキの低減や分析の迅速化に寄与する方法が提案可能である。

現在、労働衛生分野では、電子顕微鏡を用いた粒子等の分析に関する公定法が存在しない。非常に微細な粒子等(例えば、二酸化チタンや多層カーボンナノチューブ)の許容濃度等が示されていることを鑑み、先んじてSEMによる定量手順を示すことが特色である。

【研究成果】

1. SEMによる分析結果の代表性の担保

初年度に引き続き、電子顕微鏡観察に基づいたエアロゾル粒子の濃度定量に向け、以下の項目に関して検討を行った。

1-1. 電子顕微鏡によるエアロゾル定量評価に使用する試料発生法の検討

電子顕微鏡によるエアロゾル定量法の検討のためには、実験室において既知の粒径及び濃度の粒子を安定して発生させた試料を用いて検討を行う必要がある。前年度はアトマイザー法及びボルテックスシェーカー法による粒子発生法を検討した。本年度は、ナノ凝集体およびナノ粒子の発生のため、蒸発凝縮式エアロゾル発生法(以下、蒸発凝縮法)およびエレクトロスプレー式エアロゾル発生法(以下、エアロゾルスプレー法)による粒子発生方法を検討した。蒸発凝縮法による発生では、銀を材料とし、高温管状炉の炉心管内に粒状銀を設置し、1100から1400°Cの範囲で加熱し、銀を蒸発させ、窒素ガスにより蒸気状銀を炉外の配管に流して室温に戻すことで凝縮生成させた。図1は、その発生システムの外観である。この方法では、炉外での滞留時間や加熱温度を変更することで粒径分布や濃度をコントロールした。図2に、一例として、異なる加熱温度で発生させた銀ナノ粒子凝集体の粒



図 1 蒸発凝縮式エアロゾル発生システム。
本研究では、銀ナノ粒子凝集体の発生装置
として使用。

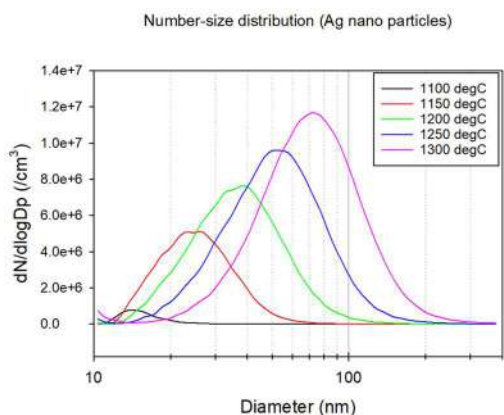


図 2 蒸発凝縮式エアロゾル発生システムより異なる加熱温度で発生させた銀ナノ粒子凝集体の粒径分布。

径分布を示す。静電分級装置(以下、DMA)と凝縮粒子カウンターからなる走査式電気移動度粒子サイザーによって、発生した粒子数濃度及び粒径分布を測定し、本方法による粒子発生の経時的安定性及び再現性を確認した。エレクトロスプレー法では、ナノサイズのポリスチレンラテックス粒子を懸濁させた溶液を使って凝集していないナノ粒子の安定発生を確認した。ナノマテリアル粒子を測定する際は、ナノサイズの粒子が単体で存在している場合の微小(或いは微量)ゆえの測定の困難さと、ナノ粒子が凝集した際の形状の複雑さに由来する定量方法の困難さがある。次年度は、ここで検討したナノ粒子単体及びナノ粒子凝集体の粒子を評価基準粒子として、電子顕微鏡観察を通じたエアロゾル定量法の検討を進める。

1-2. 電子顕微鏡分析に最適な粒子捕集法の検討 表面が平滑で粒子の観察に適したポリカーボネート

フィルター(以下、PCフィルター)とTEMによる気中石綿等の分析で用いられるセルロース混合エステルメンブレンフィルター(以下、MCE フィルター)を粒子のろ過捕集材とした。これらのフィルターを個人ばく露測定用のレスピラブルサンプラー(NWPS-254 サンプラー)およびインハラブルサンプラー(IOM サンプラー)に装着して粒子を捕集し、電子顕微鏡観察を行った。粒子をSEMで観察する際の適切な捕集量を検討するために、エアロゾル濃度や捕集空気量を変えて異なる捕集量の粒子について SEM 観察を行った初期測定データを得た。統計的に電子顕微鏡分析結果を評価するためには、1 視野あたりの粒子数の濃度をある程度把握した上で、捕集する必要があり、今後、観察対象粒子のサイズによって適切な倍率と捕集量の設定に関する検討を実施する。

1-3. 前処理方法及び SEM/EDX 分析条件の検討

粒子捕集フィルターは一般に非導電物質であるため、そのままではチャージアップと呼ばれる電子線照射に伴う試料帯電による画像の乱れが発生する。そこで、前処理として観察前に導電性を与えるコーティングを施す必要がある。一方で、このコーティング処理により元の試料の形状等に影響を与える(アーチファクト)可能性がある。前年度は、イオンスパッター法(プラチナ、タングステン)と真空蒸着法(カーボン)によるコーティングに対して、膜厚とチャージアップやアーチファクトとの関係性を評価した。今年度は、近年普及してきたオスミウム化学蒸着法によるコーティングを評価した。本法では PC フィルターの孔内部やナノ凝集体の内部までも均一に導電薄膜が形成され、チャージアップやアーチファクトの影響が小さな試料を作製できた。SEM の観察倍率が数 10 万倍以上の高倍率で粒子を観察するには有用な前処理方法であることを確認した。

個別粒子の分析手法の一つとして、画像処理(二値化法)と元素分析を組み合わせ個々の粒子を大量に分析できる個別粒子解析が提案されている。ここでの SEM/EDX 分析条件の検討では、特に、フィルターに捕集したナノ～サブミクロン粒子に対して、粒子のみを二値化法によって判別する最適条件を検討することを目的とした。前年度に引き続き、SEM/EDX における最適条件を検討した。重金属である場合、組成情報に依存する高角度検出反射電子像により粒子のみ二値化によって抽出することが可能であった。一方、軽元素で構成される粒子に対しては、短ワーキングディスタンスで低角度反射電子像を観察する条件により、サブミクロン以上の粒子に対してエッジと区別して粒子

のみを抽出できる条件を見つけた。ただし、この条件はEDXの分析条件に適していないため、多種類の粒子が混在し、測定対象の粒子の個数濃度割合が小さい場合には、異なる分析法を検討する必要がある。

MCE フィルターで銀ナノ粒子を捕集した試料にアセトン溶解法を適用した結果、反射電子像の画像を処理することにより、フィルターの残さ物と識別できることが確認された。今後、前処理中の粒子のロスがないかの確認やフィルター残さ物の低減、軽元素の粒子に対しての適用について検討する必要がある。

1-4. SEMとTEMでの粒子分析結果の比較

SEMでの粒子分析後、粒子のより微細な構造や結晶構造、電子線透過像などの詳細な情報が必要になった場合、TEM観察下において同一粒子を簡便に見つけられる方法が望まれる。本研究では、前述のアセトン溶解法において番地付きの特殊なTEMグリッドを用いる方法を提案した。その方法により、SEMとTEMで同一粒子を比較分析することが容易になった。研究では、図1、2の方法で発生した銀ナノ粒子に対して本法を適用し、SEMとTEMで同一粒子を確認できた(図3)。

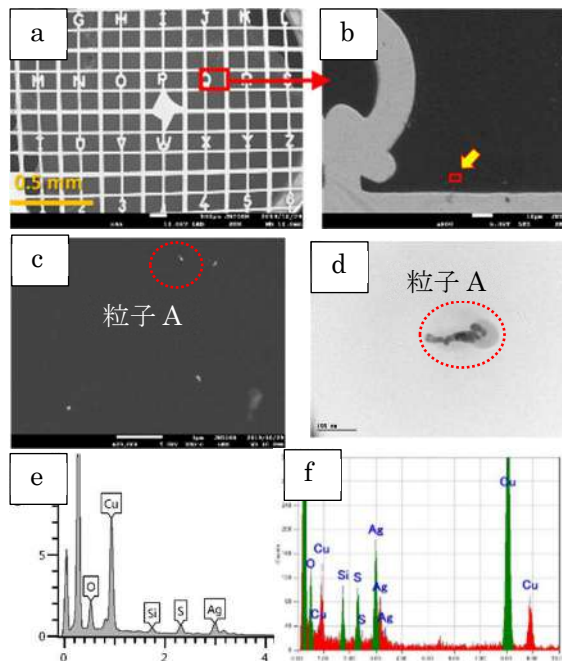


図3 銀ナノ粒子凝集体同一粒子のSEM・TEM比較分析。(a) SEM像(65倍), (b) SEM像(800倍), (c) 画像bの四角の部分拡大したSEM反射電子像(2万倍), (d)画像cの粒子AのTEM像(20万倍), 及び粒子Aに対しての(e) SEM-EDXと(f) TEM-EDX分析結果。

2. 粒子の形状・粒径分布等がオンライン測定・化学分析の測定結果に及ぼす影響の検証

2-1. リアルタイム測定装置による測定結果との比較

静電分級装置(DMA)及び空気力学エアロゾル分級装置(AAC)により分級した銀ナノ粒子凝集体 80~800nmの単分散粒子をフィルター捕集し、SEM観察用の試料を得た。今後、電子顕微鏡観察を実施し、DMAによる電気移動度径、AACによる空気力学径、SEMによる幾何学径、の3種類の異なる原理で測った粒径を比較する予定である。

2-2. カーボンエアロゾルの分析

カーボンブラック(以下、CB)の袋詰め作業におけるCB飛散状態について、エアロゾルの分級捕集(シウタスカスケードインパクターを使用)と炭素分析、およびSEM観察を組み合わせることで情報を得た。その結果、CBは造粒によりエアロゾルの発生量がレスピラブル粒子で十分の一程度に減少することが確認された。SEM観察により、インパクター捕集時に造粒の解砕がみられたが、造粒されたままでもサンプラーの下段まで移行していたため解砕による影響はないと考えられる。また、サブミクロン粒子として存在するカーボンブラックの割合は少ないことが確認された。

2-3. 溶接ヒュームの個別粒子分析

フラックス入りワイヤを使用した炭酸ガスアーク溶接で発生したヒューム中の金属元素の分布を調べるため、SEM/EDX分析を行った。前年度に、ナノ粒子凝集体と球状ミクロン粒子の形状特徴について明らかにし、形状の違いと各種元素の検出頻度の関係について確認した。

今年度、さらに詳しく分析した結果、球状ミクロン粒子には、①特にMn含有率が高い傾向がみられるグループ、②Mnを主体とし、Fe、Crなどを含有するグループ、③Ti、Zrなどのフラックス成分を主成分とするグループに分けられた。ナノ粒子凝集体については、上記の②に加えて、フラックス含有のBiを含有するグループがみられた。また、溶接作業においては、スラグ由来の粒子も発生しており、それらはMnを主成分とし、SiやTiが接合の役割を果たしていることが確認された。溶接作業中に発生する粒子状物質は形状的特徴や元素組成から複数のグループに分類できることが明らかになった。

【研究業績・成果物】

[原著論文(国際誌, 和文誌)]

1) 小野真理子, 山田 丸(2019)炭素系ナノマテリアルの飛散状態の確認—カーボンナノチューブについて—. 労働安全衛生研究, Vol.12, No.2, pp.95-100.

[国際学術集会]

1) Mitsutoshi Takaya (2019) Risk Assessment of Exposure to Nanomaterial Dusts in Workplace, Environment Measurement and Personal Exposure Measurement. Keynote 6 “Assessment of Nano Particles & PM 2.5 Exposure”. Asian Network of Occupational Hygiene Conference (ANOHC) 2019, Bangkok.

[国内学術集会]

1) 加藤伸之, 山田 丸, 小嶋 純, 鷹屋光俊(2019) SEM-EDS を利用した有害金属を含有する溶接ヒュームの個別測定に関する研究. 日本顕微鏡学会第 75 回学術講演会, 発表要旨集, Vol. 54 (Suppl), p.193.

2) 山田 丸, 篠原也寸志, 小野真理子, 鷹屋光俊 (2019) SEM による気中粒子観察のための前処理及び分析条件に関する検討. 第 59 回日本労働衛生工学会抄録集.

3) 小野真理子, 山田 丸, 東久保一朗(2019) 炭素系ナノマテリアルの粒径分布と凝集状態の観察. 第 59 回日本労働衛生工学会抄録集.

[その他]

1) Oxford Instruments 社 Webinar “Airborne particles: where they’re from and how they affect us” (Nature Research Custom Media, Springer Nature)への資料提供, 2019年7月
(https://www.workcast.com/register?cpak=8637436612092880&unt_source=Website&utm_campaign=Hero%20Image&utm_term=July-19)

(14) 産業化学物質の皮膚透過性評価法の確立とリスク評価への応用に関する研究【4年計画の1年目】

王 瑞生(産業毒性・生体影響研究 G), 豊岡達士(同), 小林健一(同), 柳場由絵(同), 柏木比呂樹(同), 須田 恵(同), 鷹屋光俊(作業環境研究 G), 山田 丸(同), 小野真理子(同), 甲田茂樹(所長代理)

【研究期間】 令和元～4 年度

【実行予算】 15,403 千円(令和元年度)

【研究概要】

(1)背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズなど)

経気道ばく露は、産業現場において、労働者が受ける化学物質ばく露の主要な経路であることがよく認識されている。一方で、最近大きな社会問題となった化学工場におけるオルトトルイジン等、芳香族アミン類による膀胱がん発生事例では、作業環境の気中化学物質濃度は基準値以下であったにもかかわらず、従業員の尿中では当該化学物質が高濃度に検出されるとい、気中・尿中濃度の乖離が観察されており、皮膚を経由した吸収が多量にあったと推測されている。本事例にみるように、職業性発がん等の遅発性健康障害防止のために、今後、産業化学物質の経皮吸収性を考慮したより高度なリスク評価の実施が必須である。しかしながら、産業化学物質の経皮透過性に関する知見は、現状限定的である。例えば、膀胱がん事例において主原因物質の一つであると推測されるオルトトルイジンについては、皮膚透過性があるとする報告が少ないながらも存在するが、リスク評価に欠かせない定量的透過速度データならびに物質間透過性比較データ等の情報は存在せず、リスク評価および、ばく露防止対策が後手に回ったことが否定できない。加えて、化学物質の構造・物性・反応性等に基づいた皮膚透過性の違いや、皮膚透過性と毒性に関する系統立った情報は皆無である。それゆえに、現場で使用されている数多くの化学物質の皮膚透過性を効率的にスクリーニング可能なシステムを開発し、実効的なリスク評価に資する知見の蓄積を図ることが喫緊の課題である。

(2)目的

化学物質経皮ばく露の低減対策策定に有用なデータやツールを提供するために、皮膚透過性を効率的にスクリーニングできるシステムを確立し、現場で使用頻度が高い化学物質の皮膚透過性評価を実施すると共に、化学物質の構造・物性・反応性等に基づいた皮膚透過性に関する知見を蓄積する。最終的には、化学物質の皮膚透過性および毒性を加味した総合的な化学物質有害性評価と対応を提案することを目的とする。これをもって第 13 次労働災害防止計画に掲げられる「リスクアセスメントの結果を踏まえた作業等の改

善」、「化学物質の有害情報の的確な把握」、「有害性情報等に基づく化学物質の有害性評価と対応の加速」を推進する。

(3)方法

本研究における実験方法の概略は以下の通りである。なお、本年度実施した個別実験については、その方法も併せて、(5) 研究内容・成果に記載する。

A. 人工三次元培養皮膚を用いた *in vitro* 皮膚透過性評価手法の確立：既知の皮膚透過性および非透過性の化学物質を用いた人工三次元培養皮膚自身の評価および特性（適用範囲と限界）を把握する；化学物質の構造・物性・反応性等に基づいた皮膚透過性の系統的解析を実施する（透過するか否かのみでの定性的なものではなく、透過速度を算出する定量的解析）；（必要に応じて）人工ヒト皮膚近似膜と三次元皮膚モデルにおける化学物質透過性比較検証する。

B. *In vitro* 皮膚透過性評価手法による主要産業化学物質の皮膚透過性スクリーニング：対象化学物質の選定する（産業衛生学会「許容濃度勧告」において経皮ばく露の可能性のある化学物質約 70 種類を中心とし、必要に応じて SDS 対象 663 物質から産業使用頻度や IARC 発がんリスト等を参考に選定する。さらに物質の絞り込みとして、発がんリストの上位の物質、放射性ラベル物質の入手可能性、BEI 設定の有無、蒸気圧、現場の使用状況等を考慮する）；上記対象物質の皮膚透過性の違いによるグループ分類を実施する（3-4 段階程度）；化学物質皮膚透過性と毒性情報をリンクさせる。皮膚透過性（高）のグループから順次毒性情報の収集、およびインビトロにおける毒性試験（細胞毒性試験、DNA 損傷性試験等）を実施する。

C. *Ex vivo* における皮膚透過性の検証：*in vitro* の検討で皮膚透過性（高）のグループに分類された物質の数種について *ex vivo*（動物摘出皮膚）における皮膚透過性を検証する；（必要に応じて）ヒト摘出皮膚における検証を実施する。

D. *In vivo* における検討：*in vivo* 経皮吸収研究モデルの確立（経皮吸収既知のモデル物質を使用し、ばく露方法・分析方法等を確固たるものとする）；*in vitro* スクリーニングで見いだされた経皮吸収優先対応すべき化学物質について、体内動態、生体内代謝、毒性影響の検討、生物学的ばく露指標の探索を行う。

E. 結果の総合的検証と産業化学物質の皮膚透過性を考慮したリスク評価モデルの確立: *in vitro*, *ex vivo*, *in vivo* における化学物質皮膚透過性結果および既存皮膚透過予測式との整合性等を検証し、リスク評価に資するヒト外挿モデルを考案する; 皮膚透過性結果に毒性情報を加味し、第13次労働災害防止計画に沿った総合的な化学物質有害性評価と対応を提案する。

(4) 研究の特色・独創性

三次元培養皮膚を用いて産業化学物質の皮膚透過性評価システムを構築し、多量の産業化学物質の皮膚透過性スクリーニング実施しようとする点。産業化学物質の皮膚透過性に関する研究報告は、動物摘出皮膚を用いて2000年以前に実施されたものが主であり、三次元培養皮膚を応用しようとする例はない。動物摘出皮膚を用いた試験系では、技術・倫理面からの限界により、当該試験系では試験実施可能回数が限られていることはもちろん、結果も化学物質が皮膚を透過するか否かの定性的なものになりがちであり、リスク評価の際に重要となる定量的な皮膚透過速度の算出や物質間比較等が困難であった。本研究で提案するように三次元培養皮膚を利用することで、これらの問題を克服することができる。また、三次元培養皮膚は動物摘出皮膚に比べ、均一性に優れるため、より信頼度の高い結果が得られると期待される。

化学物質の構造・物性・反応性等に基づいた皮膚透過性を系統的に明らかにしようとする点。化学物質に皮膚透過性には化学物質の分子量、電荷、脂溶性等が影響を与えると考えられているが、実際には非常に複雑であり不明な点が多い。本検討では、三次元培養皮膚の特性を生かし、多物質解析を実施するため、この中で化学物質の構造・物性・反応性等を系統

化し、皮膚透過性に影響する因子とその特性を整理する。本検討の実施は、将来的に *in silico* 予測の基盤になると期待される。

皮膚透過性情報に毒性情報を加味し、リスク評価を実施しようとする点。皮膚透過性が高い物質の中にも、毒性の強弱があるはずであり、皮膚透過性情報に毒性情報を加味することで、例えば、高透過性・強毒性物質や、高透過性・弱毒性物質等を簡易に見極めることができる。これにより対応すべき化学物質の順位付けができ、効率的なリスク評価、実効的な防護対策の実施が可能になると期待できる。このような取り組みはこれまでに類を見ない。

(5) 研究内容・成果

初年度の研究成果は以下の通りである。

1. 三次元ヒト培養皮膚を用いた *in vitro* 皮膚透過性評価手法の確立: これまで、本モデルを用いて化学物質の皮膚透過性評価の可能性を検討してきたが、その特性をより詳細に把握するための基礎的検討を行なった(^{14}C -ANL 使用)。実験時に添加する対象物質の滴下溶液体積と分子数による透過率への影響を検討し、滴下溶液の量(体積)は、透過率に大きく影響することを明らかにした。

2. *In vitro* 皮膚透過性評価手法による産業化学物質の皮膚透過性評価: H30年、厚労省から膀胱がんの発生を防ぐため、3,3'-ジクロロ-4, 4'-ジアミノジフェニルメタン(MOCA)の使用注意に関する通達が出された。そのため、MOCA 及びその合成材料・製品不純物としてのオルトクロロアニリン(OCA)の皮膚透過性について、三次元ヒト培養皮膚を用いて優先的に検討し、さらにそのDNA損傷性を比較した。三次元培養皮膚に MOCA、OCA を $0.1\mu\text{Ci}$ ($200\mu\text{l}$) 添加し、透過率

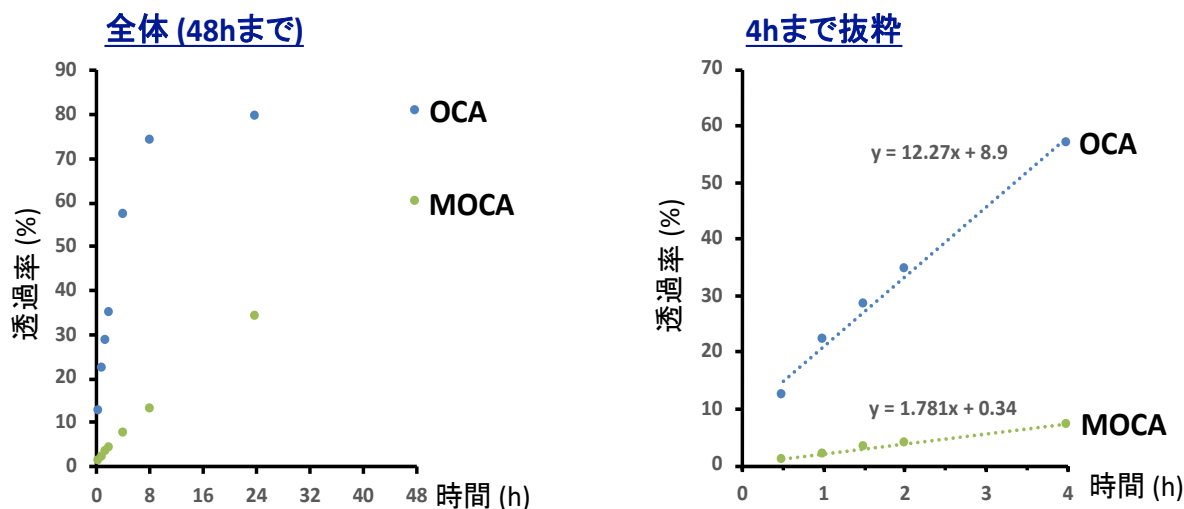


図1 MOCA 及び OCA の三次元ヒト培養皮膚における透過性

を比較した。三次元培養皮膚を透過した ^{14}C ラベル化合物はPBSを満たしたボトルに捕集し、経時的なサンプリングを実施した。皮膚透過率は液体シンチレーションカウンターによる β 線カウントから算出した。MOCA及びOCAの各時間における透過率を比較したところ、MOCAは三次元培養皮膚に対する透過性を示すものの、例えば、8h時点では、MOCA:約13%、OCA:約70%であり、OCAと比べると明らかに透過率が低いことが確認された(図1)。なお、MOCAの透過率は24hで約35%、48時間で約60%であった。MOCAの皮膚透過性速度はOCAの1/7程度と推測された。また、興味深いことに、48時間後において、MOCAは皮膚内に高濃度(20%)に留まっていることが確認された(図示せず)。他方、OCAとMOCAのDNA損傷性を $\gamma\text{-H2AX}$ を指標に比較したところ、MOCA(0.1mM)が誘導する $\gamma\text{-H2AX}$ と同等強度の $\gamma\text{-H2AX}$ をOCA作用で得るためには、MOCAよりも10倍濃度のOCA(1mM)を作用する必要がある(図2)。



図2 MOCA及びOCAのDNA損傷性

上記の検討において、MOCAの皮膚透過性速度は、OCAの1/7程度であった。これまでに実施してきたデータも併せるとOCAはオルトトルイジンやアニリンとほぼ同程度の皮膚透過性を有していた。また、MOCAの皮膚透過速度は、OCAと比較すると遅いものの、皮膚透過性が高いとされるジメチルホルムアミドの約1/2であり、それなりの透過性があるものと考えられた。MOCAがOCAよりも皮膚透過速度が遅かったのは、MOCAの分子量が2倍以上であること、オクタノール水分係数がMOCAでOCAよりも高く、皮膚内に留まる時間が長かったこと等が関係していると考えられる。またMOCAが皮膚内に長時間存在していた結果は、MOCAばく露現場において、バイオモニタリングを実施する際の採尿タイミング等を探るための有用な知見になると考えられる。

OCAとMOCAのDNA損傷性を検討した結果、

MOCAの皮膚透過速度はOCAよりも遅いが、DNA損傷性はOCAよりも明らかに強いことが判明した。三次元培養皮膚による物質透過性試験結果及び毒性試験結果をどのようにリスク評価系に組み込んでいくかを今後熟考していきたい。また、リスク評価系構築に向けて、*in vitro*(培養皮膚)、及び*ex vivo*(動物摘出皮膚)における物質透過性の関係性を見出すことが必須であり、引き続き種々の検討が必要である。

3. *Ex vivo*における皮膚透過性試験システムの構築と条件検討:上記の*in vitro*(三次元ヒト培養皮膚モデル)で得られた結果をヒト経皮曝露評価に活用するためには、摘出皮膚(*ex vivo*)における透過速度の関係性を見出し補正することが必要である。そのため、ヒト皮膚に近く、皮膚形態や薬物透過性がヒトに近いとされるYucatan micropig (YMP)から採取された皮膚を用いて*ex vivo*皮膚透過性試験システムを構築し、さらにオルトトルイジン(OT)、アニリン、MOCAの*in vitro*と*ex vivo*皮膚透過の関係性を検討した。その結果、摘出皮膚を用いた透過性は、三次元ヒト培養皮膚より低くなるが、透過速度の順位は同じであった(データ示さず)。また、各被験物質ごとに、*in vitro*三次元培養皮膚における被験物質透過率25%となる時間($T_{in\ vitro}$)を、同一被験物質のブタ皮膚における透過率25%となる時間($T_{ex\ vivo}$)で除した係数 k ($T_{in\ vitro}/T_{ex\ vivo}$)を求めたところ、係数 k は、今年度検討した物質については、被験物質によらず似たような値となった(データ示さず)。今後さらに被験物質数を増やして検討することが必要であるが、本実験で見出された係数 k は、透過率補正係数として、三次元培養皮膚での結果から、ヒトの経皮吸収性を予測するのに利用できる可能性が示唆された。

【研究業績・成果物】

[その他の専門家向け出版物]

- 1) 豊岡達士, 祁永剛, 王瑞生, 甲田茂樹 (2019) 3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノフェニルメタン及びその類似化学構造を有する産業化学物質のDNA損傷性に関する研究. 労働安全衛生研究. 12巻2号, p113-118.

[国内外の研究集会発表]

- 1) 豊岡達士, 祁永剛, 太田久吉, 甲田茂樹, 王瑞生 (2019) 3,3'-dichloro-4,4'-diaminodiphenylmethane及び類似構造物質のDNA損傷性に関する研究. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 60(Suppl.), 400. 2019年5月
- 2) 柳場由絵, 豊岡達士, 小林健一, 王瑞生, 甲田茂樹(2019) ブタ摘出皮膚を用いた*ex vivo*化学物質

- 皮膚透過性試験システムの構築. 第 47 回産業中毒・生物学的モニタリング研究会 2019 年 10 月.
- 3) 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 柳場由絵, 祁 永剛, 王瑞生, 甲田茂樹 (2019) ヒト 3 次元皮膚を用いた芳香族アミン類の皮膚透過性に関する研究. 第 47 回産業中毒・生物学的モニタリング研究会 2019 年 10 月.
- 4) 柏木裕呂樹, 豊岡達士, 王 瑞生, 甲田茂樹 (2019) オルトトルイジン及び 4-クロロ-オルトトルイジンの DNA 損傷性に関する比較検討. 第 47 回産業中毒・生物学的モニタリング研究会 2019 年 10 月.
- 5) 王 瑞生, 祁 永剛, 豊岡達士, 甲田茂樹 (2019) 膀胱発がんに寄与する可能性がある芳香族アミン類等の遺伝毒性に関する検討. 第 47 回産業中毒・生物学的モニタリング研究会. 要旨集 p15. 2019 年 10 月
- 6) Yonggang Qi, Tatsushi Toyooka, Hyogo Horiguchi, Shigeki Koda, Rui-Sheng Wang (2019) Comparative γ -H2AX analysis for assessment of the genotoxicity of four chemicals implicated in bladder cancer. The 6th Asian Congress on Environmental Mutagen and the 48th Annual Meeting of the Japanese Environmental Mutagen Society, Abstract p.19.

(15) 高齢労働者に対する物理的因子の影響に関する研究【4年計画の1年目】

柴田延幸(人間工学研究 G), 外山みどり(同), 齊藤宏之(同), 高橋幸雄(同), 上野 哲(同), 時澤 健(同), 澤田晋一(東京福祉大学), 久永直見(CKD 株式会社), 森川直洋(大林組), 赤川宏幸(同)

【研究期間】 令和元～4年度

【実行予算】 28,750 千円(令和元年度)

【研究概要】

(1)背景

近年、高齢労働者人口は増加の一途をたどり、労働災害に被災する高齢労働者も増加している。今後、社会保障の切り下げや定年延長などが予想され、高齢労働者がさらに増加する可能性がある。一方、加齢により生理的機能が変化することはすでに知られており、騒音、振動、暑熱などの物理的環境について、科学的根拠に基づく高齢労働者に対する必要な要件や配慮を明らかにすることにより、高齢労働者が働きやすい職場となるよう改善策の提案を行い、最終的には労働災害を減らす一助になると考えられる。

(2)目的

当研究では、騒音、振動、暑熱の物理因子に対する高齢労働者の特徴を明らかにすることにより、作業環境に必要な要件や配慮等の改善策を提案することを目的とする。扱う物理因子を騒音、振動、暑熱の3因子とし、因子ごとに設けた実験を主体とする3つのサブテーマと疫学研究のサブテーマ、合計4つのサブテーマのもと、研究を遂行する。サブテーマごとの目的は以下の通りとする。

(サブテーマ 1)「高齢労働者の暑熱環境作業基準の策定に関する研究」

高齢労働者における熱中症の実態把握や、熱中症と年齢との関係を統計的に明らかにするとともに、WBGT と生理学的な暑熱負担の関係を実験によって明らかにすることによって、高齢労働者向けの WBGT 基準値の補正值を提示し、高齢労働者の熱中症予防に寄与する。

(サブテーマ 2)「騒音による作業阻害に対する年齢の影響に関する研究」

一般に高齢者では若年者と比較して高周波域の聴力が特徴的に低下していることから(例えば、Kurakata et al. (Acoust Sci Tech, 32 (1) (2011)), 同じ騒音でも主観的な感じ方が若年者とは異なり、その心理的・生理的影響にも差が出る可能性がある。本研究では、高齢者群と若年者群での騒音による作業阻害の程度の違いを調べることで、騒音による作業への影響についての高齢者群の特徴を明らかにする。その結果に基づき、高齢労働者に適した職場の音環境の提言を目指す。

(サブテーマ 3)「手腕振動ばく露評価における加齢の影響とその対策に関する研究」【サブテーマ 3 のみ令和2年度より開始】

加齢により手腕振動の感覚閾値が上昇することがあることは知られており、高齢労働者と若年者では振動ばく露に対する心理的・生理的および力学的応答に大きな差が生じる可能性がある。本研究では、手腕振動にばく露した際の高齢労働者の心理的・生理的および力学的応答を調べるとともに、それらをすでに知見を得ている若年者の心理的・生理的および力学的応答と比較することにより、高齢労働者の心理的・生理的および力学的応答の特徴および作業環境において想定される注意点を明らかにする。

(サブテーマ 4)「物理的因子の高齢労働者に対する影響の疫学研究」

物理的因子による疾病に関する高齢労働者の現状を把握し、対策のために必要なデータをアンケート調査で分析する。そのことにより、高齢労働者の物理的因子による疾病の減少に寄与する。

(3)方法

(サブテーマ 1)

サブテーマ 1 では、①被験者実験、②現場調査、③労働災害データの解析 の3つのテーマを取り扱うが、初年度においては①被験者実験について実施する。

60歳代の健常成人男性10名(高齢者群)および20～30歳代の健常成人男性10名(若年者群)が参加する計画であるが、そのうち1年目では高齢者群6名のデータを取得する。被験者は5回の異なる試行を、3日以上の間隔をあけて行い、初回は身体計測および最大酸素摂取量の測定を行う。2～5回目は、同じ作業負荷を異なる暑熱環境下でランダムに行う。過去の東京における夏季の温湿度データを参考に、WBGT 27.0℃(室温 30.0℃・相対湿度 65%:警戒レベル)、WBGT 28.5℃(室温 32.5℃・相対湿度 60%:嚴重警戒レベル)、WBGT 30℃(室温 35.0℃・相対湿度 55%:嚴重警戒レベル)、そして WBGT 31.5℃(室温 37.0℃・相対湿度 50%:危険レベル)の4種類の暑熱環境を設定する。被験者は作業服を着用し、室温 25.0℃および相対湿度 50%の環境下に入室し30分間安静する。その後、いずれかの暑熱環境の室温および相対湿度に変更し作業負荷を開始する。15分間のサイクリング運動を60Wの負荷で行い、10分間の休憩の後、15分

間のアームクランキング運動を 20W の負荷で行う。10 分間の休憩の後、同様にサイクリング運動、休憩、アームクランキング運動の順で行う。合計して、60 分間の運動と休憩時間 30 分を含め、90 分間の暑熱ばく露とする。どちらの運動もエルゴメータを用いて回転数は 60 ± 5 回転/分とし、座位姿勢で行う。

深部体温として直腸温、皮膚温を胸部、上腕部、大腿部、および下腿部の 4 点から全身平均皮膚温、局所発汗率および皮膚血流を前額部、胸部、前腕部、および大腿部において連続して測定する。また、血圧、心拍数、酸素摂取量、実験前後の体重減少率、および心理学的な暑熱負担として、温度感覚、温熱的不快感、口渇感、身体的疲労感、精神的疲労感を Visual Analog Scale を用いて評価する。

(サブテーマ 2)

種々の音響特性(周波数スペクトル、音圧レベル等)の騒音をばく露するという条件下で、高齢被験者群(55 歳以上)と若年被験者群(20~30 代)(必要なら中間層群(40~54 歳)も)に作業課題(使用する作業課題は、これから検討)を行わせ、その処理スピード、正確性、作業遂行時の主観的感覚(うるささ、不快度など)などを測定する。その結果を被験者群間、ばく露条件間で比較することで、騒音による作業阻害について高齢被験者群の特徴を見出す。

(サブテーマ 3)

高年齢労働者を対象とした被験者実験を実施し、与える振動の周波数および大きさを変化させた時の指先振動感覚閾値の測定およびハンドル把持状態の主観的応答および力学的応答を測定する。主観的応答から振動に対する感覚尺度および等感度曲線を得ることにより高年齢労働者の振動感覚特性を明らかにする。また、力学的応答から高年齢労働者の振動伝達特性および姿勢安定性を明らかにする。また、得られる高年齢労働者群のデータを壮年者群のデータと比較することにより、作業環境において高年齢労働者が注意すべき点について考察する。

(サブテーマ 4)

Web 調査会社に登録したモニターに物理因子に関するアンケートを行った。モニターは現在働いており勤務時間は 3 時間以上、年齢は 20 歳以上の人を対象とした。年齢については 20-34 歳、35-44 歳、45-54 歳、55-64 歳、65 歳以上で区切り、男性は各 2000 名以上、女性は各 400 名以上を募集した。職業については、男性では建設業従事者が全体で 1000 名以上、ホワイトカラーが各年齢層で 1/4 以下、建設業以外のブルーカラーとその他の業種(保安・第一次産業・飲食業・保安庁、商業等)で各 1/4 以上とした。女性は、建設業従

事者が少ないため、ホワイトカラー、ブルーカラー、その他の業種がほぼ均等になるように募集した。質問項目は、個人属性、ライフスタイル、業務上の物理因子の有無、業務上物理因子による障害の経験等であった。

(4)研究の特色・独創性

(サブテーマ 1)

今後増加することが予想される高齢労働者の熱中症対策について、高齢者労働者特有の問題点を把握し、高齢者向けの基準値を提示することが本研究の特色である。高齢者と熱中症に関する研究は多くなされているが、そのほとんどが一般生活環境におけるものであり、高齢労働者の熱中症についての研究はほとんどなされていないことから、独創性は高いと考える。

(サブテーマ 2)

本サブテーマの特色は、種々の騒音へのばく露条件下で、高齢被験者と若年被験者の作業遂行性にどのような差があるのかを調べる点にある。高齢者に対する騒音の影響についての研究は過去にも多くあるが、特に作業阻害に着目した、同一ばく露条件下での若年者との比較研究は少ない。

(サブテーマ 3)

手腕振動ばく露に対する高年齢労働者の心理的・生理的および力学的応答特性を明らかにすることを特色とし、得られる成果を高年齢労働者の手腕振動ばく露管理に役立てることを目標としている。これまでの研究では、平時における指先振動感覚閾値の加齢影響に関する研究結果のみの報告が若干あるのみであったが、本研究では手腕振動ばく露後の指先振動感覚閾値の過渡的な変動特性に着目してその加齢影響を明らかにしようとしている点、また高年齢労働者の手腕振動ばく露における周波数補正特性を明らかにしようとしている点に独創性を見出すことができる。

(サブテーマ 4)

一般の労働者を対象に調査を行っており、物理因子による障害を受けた人だけではない。1 万人以上から広く業務上の物理因子に関する調査を行うことが最大の特徴である。

【研究内容・成果】

本研究の各サブテーマにおける成果は以下の通りである。

(サブテーマ 1)

被験者実験の結果、直腸温の上昇(実験前後)は、WBGT の高低に伴い $0.4 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 、 $0.5 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 、 $0.6 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 、 $0.7 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ と大きくなった。局所発汗率は、大腿部、前腕部、胸部、前額部の順で大きく、それぞれの部位で WBGT に依存して大きくなった。皮膚血流

は前額部および胸部において WBGT に依存して大きくなったが、前腕部および大腿部では異なる WBGT において反応に差は見られなかった。体重減少率は WBGT に依存して大きくなった (-0.70±0.04%、-0.82±0.06%、-1.03±0.11%、-1.20±0.12%)。温度感覚は WBGT に依存して大きくなったものの、温熱的不快感、口渇感、身体的疲労感、そして精神的疲労感は異なる WBGT において反応に差は見られなかった。

今後、若年者群と比較することで、高年齢労働者の暑熱負担の特徴が明らかになると考えられるが、これまでの結果を見ると、深部体温の上昇はそれほど大きくなく、脱水の程度はやや大きい反応がうかがえた。また WBGT に依存して温度感覚は上昇したものの、その他の心理学的暑熱負担は WBGT に依存して上昇しておらず、対暑行動を起こすための温熱的不快感、喉の渇き、疲れなど暑熱負担の主観的な把握ができていない可能性が考えられる。2 年目には両群のデータ取得を終え、問題となる高年齢労働者の暑熱負担を明らかにし、それに対する改善策を考案することを予定している。

また、②現場調査ならびに③労働災害データの解析についても、研究倫理審査の許可を得た上で実施予定である。

(サブテーマ 2)

初年度(平成 31/令和元年度)は、当初から研究の準備期間として位置付けていた。2 年目以降の被験者実験で使用する実験用作業課題の選定、実験システム(作業課題呈示装置、騒音再生システム)の選定・設計のために、関連文献を収集・調査した。

被験者の年齢に着目せず、騒音ばく露の作業効率・正確性等への影響を調べた研究は、人間工学分野を中心に過去にも多数存在する。しかしながら、高齢者への影響を中心テーマとし、若年者との比較を含む実験的研究の例は非常に少ない。その少数例の一つである江川の研究(SRR, No.13 (1993))では、ばく露騒音による作業スピードへの影響が高齢者群よりも若年者群でより明確に示されたこと、高齢者群では結果のばらつきが大きかったことなどが報告されており、実験条件設定の難しさが示唆されている。データのばらつきを抑えるために十分な被験者数を確保すべきであること、高齢者群を(高齢+聴力低下)群と(高齢+聴力正常)群の 2 群に分けた方がよさそうであること等が推測できるが、2 年目の初めまで文献調査を継続する予定である。

(サブテーマ 3)

令和 2 年度より研究開始。

(サブテーマ 4)

男女計 14176 人からの回答があった。暑熱に関しては、6202 人が業務上暑熱ばく露の経験がありその内 2650 人が業務上熱中症等の健康障害を訴えた。年齢別の業務上暑熱ばく露割合は、5 歳刻みで 20-24 歳(51%)、45-49 歳(50%)、50-54 歳(47%) の順に多く 45 歳以上では年齢が高くなるにつれて割合は減少した。業務上暑熱障害の割合は、20-24 歳(15%)、25-29 歳(14%)、45-49 歳(14%)の順に多く、45 歳以上では暑熱ばく露同様年齢が高くなるにつれて割合は減少した。また、暑熱ばく露を受けている人の中で健康障害を訴えた人の割合は、20-24 歳(32%)、25-29 歳(31%)、30-34 歳(29%)の順に大きく 55 歳以上では減少した。業務上暑熱ばく露を受ける職種別割合は、農林漁業(94%)、建設業(85%)、運搬業(64%)の順に高かった。業務上健康障害を経験した割合は、建設業(29%)、農林漁業(22%)、運輸業(16%)の順に高かった。業務上暑熱障害になった時の状況では、高気温(89%)、高湿度(72%)、厚着(68%)、無風(65%)、強い日射(64%)の順に多く環境や衣服の影響が大きかった。

騒音に関しては、全 14176 件中データ欠損がなかった 8242 人中仕事に騒音ばく露があると回答したのは 2386 人(28.9%。男性 2140 人、女性 246 人)であった。年齢は、20 歳代が 316 人、30 歳代が 578 人、40 歳代が 665 人、50 歳代が 568 人、60 歳以上が 259 人)であった。そのうち、騒音ばく露によって健康障害(難聴等)が起きたことがあると回答したのは 311 人(13.0%)であった。8242 人中の健康障害(難聴等)ありと回答した人を現職での経験年数別カテゴリー(5 年ごとに区分)内の割合で見ると、「30~34 年」の 5.6%(461 人中 26 人)が最も多く、「40 年以上」及び「25~29 年」の 5.2%(それぞれ 248 人中 13 人及び 502 人中 26 人)がそれに次いでいた。全体的に、経験年数の増加とともに障害を経験する割合も増加する傾向が見られた(この傾向は、母集団を 2386 人の「ばく露あり」群に限定しても同じ)。現在の職種別に障害経験者の割合を見ると、「建設・採掘従事者」の 8.3%(823 人中 68 人)、「生産工程従事者」の 6.8%(1398 人中 95 人)が多かった。一方、「ばく露あり」群の 2386 人に主観的な影響として「耳の聞こえが悪いと感じることがあるか」と尋ねた結果(回答の選択肢は「まったくない」、「たまにある」、「時々ある」、「よくある」の 4 カテゴリー)から、「時々ある」または「よくある」と回答した計 433 人を経験年数別カテゴリー内の割合で見ると、「35~39 年」の 24.3%(74 人中 18 人)が最も多く、「40 年以上」の 22.1%(77 人中 17 人)、「30~34 年」の 20.8%(125 人中 26 人)と続いた。「会話中の相手の声が聞き取りづらいことがあるか」、「テレビなど等の音を大きくしていると言われる

ことがあるか」、「家電製品などのピーツという通知音が聞き取りづらいことがあるか」と尋ねた結果(回答の選択肢は同上)でも、同様の傾向が見られた。

振動に関しては、データ欠損がなかった 8241 人中 35%にあたる 449 人(男性 408 人、女性 41 人)が振動ばく露による障害(手のしびれ、冷え、指の痛み、こわばり、指が白くなる等)を訴えた。年齢別の業務上手腕振動ばく露の割合は、男性では 20-34 歳(19%)、45-54 歳(19%)、35-44 歳(18%)の順に多く、55 歳以上では、55-64 歳で 17%、65 歳以上で 11%であった。一方、女性の場合は 20-34 歳の 10%から年齢が高くなるにつれて割合が減少したが、65 歳以上では若干割合が増加して 5%であった。また、業務上手腕振動ばく露経験者のうち、手腕振動ばく露に起因する健康障害を

訴えている人の割合は、男性の場合 55-64 歳(38%)、45-54 歳(35%)、35-44 歳(33%)、20-34 歳(32%)の順に高く、65 歳以上では 28%であった。一方、女性の場合は男性よりもすべての年齢群で有訴率が高く、45-54 歳(62%)、35-44 歳(46%)、20-34 歳(44%)の順に高く 55 歳以上では若干減少した。業務上手腕振動ばく露の経験者のうち、振動障害に関する安全衛生教育受講の割合は 28%、振動障害に関する特殊健診の受診割合は 6%(かつて受診経験ありは 4%)であった。また、業務上手腕振動ばく露の経験者のうち、防振手袋を現在使用している割合は 11%、かつて使用したことがある割合は 11%であった。

【研究業績・成果物】

なし

4. 基盤的研究成果概要

a. リスク管理研究センター

(1) 脚立上での作業行動と転落リスクの関係性評価

菅間敦(リスク管理研究 C), 高橋明子(同)

【研究概要】

(1) 背景

国内の労働災害では墜落・転落が死亡原因のトップを占めるが、主な起因物の一つに高所作業用具(脚立、踏台、足場台など)がある。研究代表者らの調査によれば、脚立に関する災害だけで死亡は年間 20 件以上、休業 4 日以上は約 4 千件発生している¹⁾。また落下の高さは 1.5m 未満が多いにも関わらず、被災者の 6 割が 1 ヶ月以上休業するなど重篤な怪我をおうことも多い¹⁾。

高所作業用具からの転落は、用具もしくは作業者の姿勢が崩れることで発生するが、その約 7 割は作業者の姿勢の崩れがきっかけであることが明らかとなっている²⁾。そこで研究代表者は人間工学的観点から高所作業の安全性について検証することが重要であると考え、これまでに脚立への立ち方と人の姿勢安定性の関係について実験研究を実施してきた。

一方、実際の作業現場では脚立上で工具使用や荷物の取扱いを行っていたと考えられるが、作業中の反動や特殊な作業姿勢の影響が、作業者の姿勢安定性に与える影響についてはほとんど明らかにされていない。そこで、反動のある作業や特定の姿勢をとる作業に対して、物理的な転落リスクを姿勢動揺から評価する必要があると考えられる。また、作業員自身の姿勢安定性やリスクに対する主観的な感覚の影響も無視できない。人の姿勢バランスは予測的に制御されているため、作業員が反動の影響を正しく認識していなければ、小さい力でも予期せぬ反動となってバランスを崩すことが考えられる。そこで反動等が生じた際の姿勢の動揺を不安定感やリスクの主観評価と比較することで、潜在的な転落リスクに対する認知のギャップを明らかにすることが重要である。

1) 菅間敦, 大西明宏, 脚立に起因する労働災害の分析, 労働安全衛生研究, 8(2), 91-98, 2015.

2) A. Sugama, A. Ohnishi, Occupational accidents due to stepladders in Japan: Analysis of industry and injured characteristics, Procedia Manufacturing, 3,

6632-6638, 2015.

(2) 目的

本研究では、実際の作業中に受ける反動が姿勢のバランスに与える影響と、作業員自身の主観的なリスクについて調査し、物理的な安定性と主観的な認知のギャップについて検証することを目的とする。

(3) 方法

初年度は、作業時の発揮力や姿勢の特徴に基づいて分類した後、特に転落リスクが高いと考えられる作業を選定し、実際の反動の大きさや姿勢を調査する。また、転落リスクや姿勢安定性に対する主観評価のアンケート調査の方法について検討する。次年度は実際の作業を模擬した実験を行い、身体動揺やリスクの主観評価の計測および解析を行う。最終年度は、得られたデータから認知ギャップに対する評価関数を作業内容別に構築する。そして発揮力や足場幅に対する変化から、総合的な転落リスクを示し、高所作業用具上での発揮力の上限や必要な足場幅について検討を行う。

(4) 研究の特色・独創性

これまでの安全対策は用具の構造安定化を中心に進められてきたため、本研究のように人の姿勢バランスと主観的な感覚という人間工学的観点から安全性を検討することは非常に特色がある。特に、人の姿勢バランスについて物理的なリスクと認知とのギャップを明らかにすることはこれまでにほとんど行われていないアプローチであり、転落災害のメカニズムと防止方策について新たな視点が得られる可能性がある。

【研究計画】

平成 30 年度後半に実施した釘打ち機を用いた反動データの解析を行う。水平押し込み作業の分析で用いた評価指標が、同様に適用できるかの確認と、反動に対する主観的な感覚にズレがあるかを確認する。必要に応じて評価関数の拡張または修正を行う。また、手で水平力を発揮する際に手元が動いて姿勢が不安定になる状況下での姿

勢の測定を行う。ただし時間的に余裕がない場合は行わない。最終的に、力を発揮する作業におけるリスクが、作業環境によってどのように変化するか整理し、現場に対してどのような資料が提供可能か、またはどのような規則等が必要になるか議論する。

【研究成果】

(1) シャガみ姿勢による姿勢の不安定化リスクの評価

姿勢を不安定化させる要因として、経験的にシャガみ姿勢があると考えられていたが、これまでに十分な検討はされていなかった。そこでシャガみの度合いを変化させながら機能的安定性限界 (Functional Stability Limits:FSL) と呼ばれる静的安定性指標の評価を行った。その結果、シャガみ度合いが増し、腰の高さが低くなるほど FSL が縮小し、不安定な姿勢となることが明らかとなった。この結果はさまざまな作業現場に適用可能であり、これまで見落とされがちであったリスクを顕在化させることに寄与するものである。

(2) 釘打ち機使用時の反動による姿勢不安定化の評価

平成 30 年度後半に実施した釘打ち機を用いた反動データの解析を行った。この実験では、高圧エア釘打ち機の打ち込みを 4 種類の高さ(目線高、肘高、腰高、膝高)で行った際の姿勢動揺を床反力計を用いて測定した。また手部の反動を加速度センサにより測定したほか、主観的な姿勢の動揺感や不安定さなどを質問紙で調査した。その結果、釘打ち機の反動を受けた直後、床反力作用点が後方に高速で移動しており、その影響は目線高など作業位置が高いほど顕著に見られた。このこと

から、目線高など高い位置で釘打ち機を使用する作業では転倒リスクが高まる可能性が示唆された。一方、作業者の主観的な不安定感が高い作業位置よりもむしろ膝高など低い作業位置で高まる傾向が見られた。これはシャガみ作業姿勢によって潜在的な姿勢の不安定性が高まっているためだと予想された。以上のことから、作業位置が顔より高いと反動による転倒リスクが高まり、膝より低いとシャガみ姿勢による不安定化により転倒リスクが高まることが示唆された。したがって、釘打ち機作業は肘から腰の範囲で行うことが望ましいと考えられる。

(3) 総括

研究期間全体を通じて、主に以下のことが明らかとなった。

- ・押し込み力を発揮する作業では、実際の押し力よりも知覚した力は過小評価されやすく、特に腰より低い位置で影響が大きい。
- ・力の過小評価の原因は、対象物に寄りかかって作業する際に、作業者が自重の影響を知覚しにくいためと考えられる。
- ・シャガみ姿勢をとると静的な姿勢保持能力が低下するため、身体の揺れや外力が生じた際に転倒しやすくなる。
- ・釘打ち機作業においては外力が瞬間的に作用することにより不安定化することが確認された。特に作業位置が高いほど影響が大きい。
- ・高さを変えながら行う釘打ち機作業においては、反動による転倒リスクのほか、シャガみ姿勢による姿勢不安定化のリスクもあるため、肘から腰程度の高さで作業することが望ましい。

(2) 労働災害データベースから災害原因に関する重要情報を自動的に抽出する方法の開発

呂健(リスク管理研究 C)

【研究概要】

(1) 背景

労働災害の原因解明や対策の検討において、労働災害データベースの分析が欠かせない。被災者年齢、起因物、事故型などすでに分類整理した情報は分析に十分に活用しているが、災害の「発生状況」に関するテキスト記述からの情報抽出は手作業で行い、効率的ではない。また、重要な情報の抽出と網羅的な分析が困難となる。

(2) 目的

本研究では、(休業4日以上)労働災害データベースに格納されているデータを対象として、災害状況を記述するテキストから、重要情報の自動抽出方法を開発する。この方法により抽出した情報は労働災害の原因分析や対策の検討に重要な役割を果たす。

(3) 方法

本研究は 2 段階に分けて、災害原因に関する重要情報の抽出を実現する。

1) 典型事例のパターン化

①具体的な「起因物×事故型」の災害事例(学習事例)を対象に、「発生状況」の自由記述欄から頻出語を抽出し、各学習事例に対応する頻出語の有無をあらわす表(頻出語ベクトル)を作成する。②典型的事例を分類(パターン化)した上、各パターンの学習事例の頻出語ベクトルの特徴分析(主成分分析等)を行い、どちらのパターンの事例に属するかを判断できる頻出語ベクトルを獲得する。

2) 一般的災害事例からの情報抽出

災害事例から情報を自動的に抽出できる下記のようなプログラムを開発する。

①一般的な災害事例に対し、その起因物×事故型に対応する頻出語ベクトルを作成する。

②頻出語ベクトルによりパターン検索を行い、事例のパターンを特定し、そのパターンが対応する特徴ベクトルを重要情報として抽出する。

(4) 研究の特色・独創性

労働災害データベースを対象としたこの種の研究開発は初めてである。

【研究計画】

(1) 典型事例のパターン化 (平成31年上半期実施)

「起因物×事故型」(例:①フォークリフト×激突され、②食品機械×挟まれ)を対象に、下記を行う。

・一部の事例(学習事例)の「災害状況」から上位の頻出語を抽出

例えば、「フォークリフト×激突され」事例から、頻出語(上位50語)を抽出する。

・各学習事例に対し、上記頻出語の有無を示す表(頻出語ベクトル)を作成

・典型的事例の分類(パターン化)

例えば、「フォークリフト×激突され」事例を「後退中」と「前進中」に分類する。

・パターン学習事例の頻出語ベクトルの特徴分析(主成分分析等)を行い、このパターンの事例であると判断するための特徴ベクトルを獲得

(2) 一般的災害事例からの情報抽出(平成31年下半期実施)

災害事例から情報抽出を行う下記プログラムを開発する。

・一般的な災害事例に対し、その起因物×事故型に対応する頻出語ベクトルを作成

・頻出語ベクトルにより上記(1)で分類されたパターンの検索(各パターン特徴ベクトルとの照合)を行い、事例のパターンを特定し、そのパターンの対応する特徴ベクトルを重要情報として抽出

【研究成果】

今年度の進捗は次に示すようにほぼ予定通りである。

1) 頻出語ベクトルを用いて、抽出情報のパターン化及びその抽出判断ルールの学習方法を検討し、手法をまとめ、安全工学シンポジウム2019で口頭発表した。

2) 「起因物=フォークリフト」×「事故の型=激突され」の条件を設定し、144件の死傷災害事例(平成18年)を対象として上記方法の適用を行い、「バック走行」パターンについての抽出判断ができた。その結果をAPSS2019で口頭発表した。

3) 「起因物=フォークリフト」×「事故の型=激突され」の条件設定に対し、パターンを変え、他の情報の抽出を行い、検証と改善を図った。

(3) 建設現場のハザードに関する概念の整理

高橋明子(リスク管理研究C)

【研究概要】

(1) 背景

第13次労働災害防止計画のうち、重点事項ごとの具体的な取組の「(8)国民全体の安全・健康意識の高揚等」では、「労働者の危険感受性の低下が、労働災害が減少しない原因の一つ」になっており、「VR(バーチャル・リアリティ)技術を応用した危険感受性を高めるための教育の推進を図る」ことが掲げられている。これを受けて、令和2年度からプロジェクト研究「人間

特性支援による安全管理および教育手法に関する研究」において、VR技術を用い、人間の特性を考慮した安全管理と安全教育の手法を検討する予定である。研究代表者は、令和2年度からのプロジェクト研究において、作業者が効率的、効果的に現場のハザードを発見できるようになるために、教育において「何を教えるか」という教育内容について検討する予定である。そのため、平成28-30年度に実施した基盤的研究「建設作業員のハザード抽出スキルの分析」(概要:

建設現場のハザードを特性により定義・分類し、作業者の経験によるハザード抽出スキルの違いを検討した。)の成果を参考にして、プロジェクト研究へ発展させる予定であった。しかし、平成 28-30 年度基盤的研究では、建設現場のハザードを特性により分類することはできたが、経験によってハザード抽出スキルの違いを明らかにすることができず、経験の浅い作業員に対してどのようなハザード抽出スキルの教育が必要かという教育内容のヒントを得ることができなかった。一方で、実験後のヒアリングでは、複数の作業員から「経験が増えると現場の見え方が変わってくる」という意見が得られ、経験によってハザード抽出スキルが異なる可能性も認められた。そのため、平成 28-30 年度の基盤的研究にて実施した実験では、実験方法の制約によりハザード抽出スキルを適切に測定できなかったのか、ハザード抽出スキルの注目すべきポイントが異なったのかについて十分に検討し、「ハザード抽出スキルの何が経験によって異なるのか」を再検討する必要があった。

(2) 目的

本研究は、ハザード抽出スキル関連の文献整理と建設作業員へのヒアリング調査、観察調査を行い、「作業員は、ハザード抽出スキルの何が経験によって異なるのか」について再検討することを目的とする。それにより、令和 2 年度から実施するプロジェクト研究の研究テーマについて検討する。

(3) 方法

1. 文献調査

ハザード抽出スキルに関連する文献を調査し、ハザード抽出スキルのトピックを整理する。それにより、建設作業員を対象とするヒアリング調査や観察調査の着眼点を絞る。なお、平成 28-30 年度に実施した基盤的研究では、交通分野のハザード知覚研究を中心に研究の参考としたが、本研究では、例えば航空・船舶分野の *situation awareness* 研究についても調べるなど範囲を広げて文献調査する。

2. 建設作業員を対象とするヒアリング調査・観察調査

建設作業員を対象としたヒアリング調査により、ハザード抽出スキルに関する特性のうち、経験に伴って変化する特性を絞り、令和 2 年度から実施するプロジェクト研究のテーマを検討する。なお、平成 28-30 年度に実施した基盤的研究では、ハウスメーカーの安全管理担当者を中心にヒアリング調査を行ったが、本研究では、建設作業員を中心にヒアリング調査と観察調査を行う。

また、将来的に、ハザードの評価実験を行うため、作業場面の映像を記録し、実験刺激の作成の参考とする。このとき、建設作業員に映像を見せられ、ハ

ザード評価実験に使用する映像の要件についてアドバイスをもらう。

(4) 研究の特色・独創性

作業員の現場でのハザードの抽出スキルに着目した研究はあまりなく、建設現場のハザードの定義や分類をし、作業員のハザード抽出スキルの特性を明らかにした研究は見当たらない。

【研究計画】

(1) 文献調査

ハザード抽出スキルに関連する文献を調査し、ハザード抽出スキルのトピックを整理する。それにより、建設作業員を対象とするヒアリング調査や観察調査の着眼点を絞る。

(2) 建設作業員を対象としたヒアリング調査

建設作業員を対象としたヒアリング調査により、ハザード抽出スキルに関する特性のうち、経験に伴って変化する特性を絞り、令和 2 年度から実施するプロジェクト研究のテーマを検討する。

また、将来的に、ハザードの評価実験を行うため、作業場面の映像を記録し、実験刺激の作成のヒントとする。このとき、建設作業員に映像を見せられ、ハザード評価実験に使用する映像の要件についてアドバイスをもらう。

【研究成果】

(1) 文献調査

労働現場において VR を用いたハザード抽出スキルの訓練に関する研究を中心に、ハザード抽出スキルの文献の調査を行った。引き続き、実施していく。

また、建設作業員のハザード抽出スキル獲得の特性を明らかにするため、質的研究法である修正版グラウンデッドセオリーアプローチを用いることとした。そのため、修正版グラウンデッドセオリーアプローチの適用範囲、分析方法、インタビュー調査によるデータ収集の方法について情報収集をした。それにより、建設作業員を対象とするインタビュー調査の着眼点を絞った。

(2) 建設作業員を対象としたインタビュー調査

建設作業員のハザード抽出スキルの獲得プロセスを検討するため、17 名(1 名は経験年数が短く対象外のため削除)のベテランの建設作業員を対象にインタビュー調査を実施した。

(3) 360 度カメラを用いた実験刺激作成の予備調査

将来的に、ハザードの評価実験を行うため、アメリカ NIOSH の安全教育ツールを参考とし、実験刺激を 360 度カメラで撮影した画像で作成することを検討した。予備調査として 360 度カメラを用い

て 2 か所の建築現場の撮影を行った。このとき、安全管理者、現場監督、建設作業者に画像を見てもらい、ハザード評価実験に使用可能かどうかについてアドバイスをもらった。

(4) FIOH(Finnish Institute of Occupational Health)での情報交換

FIOH にて、人間工学が専門の心理学者 Anna-Maria Teperi 氏と情報交換を行った。

令和元年度の成果の公表

国内の学会発表 1 件(日本応用心理学会)

b. 安全研究領域

(1) 次世代型の昇降・搬送用機械の安全防護の基礎検討

岡部康平(機械システム安全研究 G), 和田一義(首都大学東京)

【研究概要】

(1) 背景

第三次産業で使用される機械設備の基本安全技術に関する研究(SRR-No.43-2)において、昇降・搬送用機械を対象とした基本安全技術の検討(SRR-No.43-2)をこれまでに実施した。この課題において分析対象とした、エレベーター、簡易リフト、垂直搬送機等の昇降機械の労働災害は、第一次・二次産業においても依然として多く、全産業分野において不適切な安全管理の抜本的改善と安全技術の更なる向上が未だ求められている。その一方で、これらの昇降機械はコンベヤ等の搬送機械と連携して動作する統合生産システムとして使用されるようになり、さらには、ロボット技術の適応として製品を工場等に保管するだけでなく、店舗に製品を自動的に陳列する自動配送・陳列システムとも融合されはじめている。

(2) 目的

上記の背景を受けて、次世代型の昇降・搬送システムは労働者と安全に共存して、さらには、荷受等で協働して稼働することが求められている。しかしながら、従来の昇降・搬送用機械は共存を前提として設計されておらず、次世代型の要求を満たすだけの十分な安全性は備えていない。また、産業用ロボット等のロボット分野においても、労働者との共存が近年ようやく技術的に可能となり、公式にそのための要求事項が定められた状況であり、同分野の安全規格等においてもコンベヤ等の搬送機械との連携における安全性については何も具体的に規定できていない状況である。そこで、生産現場から流通現場、さらには、販売現場まで、一貫して昇降・搬送用機械や設備が安全に使用されるための設計方法や管理方法について早期の実験的検証に取り組み、未然防止に寄与することを目標とする。

(3) 方法

先ず、導入規模が比較的小さい自動搬送・陳列システムを模擬的に構築し、その模擬環境において、それらシステムの自動化、自律化の研究・開発を実施する。この開発段階からリスクアセスメント等の安全性評価を実施することにより、同開発システムが実験的に安全に運用可能な段階へと移行できるように関与する。この関与により、シス

テムの設計から運用までの現場への導入行程を把握し、各段階におけるシステムに内在する危険性の同定を可能とする。同定された危険性に対する一般的な保護方策を検討するとともに、重大な危険性については、保護装置等の開発や性能評価等についても実施する。

(4) 研究の特色・独創性

自動搬送・陳列システムの新規開発は共同研究として首都大学東京が実施する。システム開発において、機能面の開発・実験と安全面の検討・検証との2つの側面の開発工程を同時並行に分担して実施し、システムの実験的運用を通じて、両側面の専門分野の担当者が相互に連携することで、より早期に実践的な安全性の検証が可能になると期待される。システム開発の段階から安全性評価を実施し、それが実際に設計通りに実現されているかを確認することができる研究体制は貴重である。

【研究計画】

自律化された自動搬送・陳列設備の作業者等との共存・協働に際する危険性を、模擬環境の動作から抽出して評価する。そして、実験データの分析、および、安全性評価の結果から総合的に判断して、自律化が図られた自動搬送・陳列システムの災害防止策等について検討する。

現状では、まだ作業者との協調・協働作業に関する具体的な想定が十分に検討できておらず、WRS 競技会においても来年度以降の競技内容や設計規約などに、何を追加するのかが問題となっている。今回の競技会で把握できた危険性については、すでに対策を提案しているが、より現実的な作業環境を想定するために、開発メーカーやユーザーと意見交換して検討を進める予定である。共存・協働作業の内容や形態が定まり次第に安全設計の有効性を検証する。

一部の企業からは連携して活動するために、安全規格等の出力の形態を定めるように要望が出ているため、その声にも応えられるよう、関係団体にも働きかけたい。

【研究成果】

経済産業省が主催する国際ロボット会議 WRS (World Robot Summit) 2018 に参画し、セブンイレブンの店舗を想定した、自動搬送・陳列システム

の競技会を企画し、世界的な競技会の主催者側として、世界の開発現場の動向を把握した。今年度も、2020年度愛知開催の事前準備としてプレ大会をビックサイトで開催することとなった。12月の開催に向けて世界中から参加者が応募しており、現在、参加チームの選定を実施している。今年度も共同研究者である首都大がコンテストを主催し、技術委員として競技ルールや安全性能の運営規定を策定した。今年度からは、開発メーカーも運営委員会に参加することが認められたため、首都大以外の開発者からの情報も得られることとなった。また、産業技術総合研究所も運営に参画することとなり、11月に産総研内の検証用コンビニエンスストアを1フロア全て使用して、コンテストの練習や動作検証も実施できるようになった。2020年度の競技では搬送・陳列システムの動作中に人が介在することを計画しており、人と共存する環境下での検証の場として位置付けられるようになった。国内の参加チームに実用化の計画や安全確保への要望を聞き取り調査しているが、大手メーカーはなかなか情報共有に積極ではない。

基盤研究(共同研究)独自の検証としては、首都大が開発している自動搬送システムの自動化設備や画像認識等の自律化機能の改善・向上に取り組んでいる。前回のWRS2018競技会では搬送システムの移動トラブルにより、商品陳列のみの実施に終わり廃棄作業の動作に至らなかったため、移動システムの改善がなされている。自律移動のトラブルが実際の店舗等で起きた場合に、安全面の運用問題になることが実体験で確認され、次世代型の特徴把握の一助となった。

安衛研独自の活動として、首都大の開発システムを参考として自動搬送システムの安全性について、その性能基準を関連規格やガイドラインを参考に検討しており、AGVと産業用ロボットの規格適合と実際の現場導入について技術的課題を整理した。次世代型の自動搬送システムをAGVと産業用ロボットとの規格に整合して実装できるかなどを調査した。また、サービスロボットの安全規格策定委員会に参画するなどして、関係団体との意見交換、情報収集も開始した。

(2) 建築用タワークレーンマストの繰り返し荷重に対する力学的特性に関する研究

高梨成次(建設安全研究 G)、高橋弘樹(同)、大幢勝利(研究推進・国際 C)、永野康行(兵庫県立大学・シミュレーション学研究科)、森田将史(竹中工務店)、三浦拓(小川製作所)、三好朋樹(小川製作所)、牛尾好孝(省エネルギーセンター)

【研究概要】

(1) 背景

平成 28 年度までに実施した「タワークレーンのマストの耐力に関する研究」において、最大耐力を推定することはおおむねできたが、更なる検討が必要であると考えられる。さらに、同研究では、単調載荷における耐力の評価を行ったが、地震時の応答を考慮した耐震安全性に言及するためには繰り返し荷重下でのエネルギー消費能力の評価が求められる。

(2) 目的

1995年に発生した兵庫県南部地震等で、クレーン本体が落下する被害を受けている。また、2011年の東北地方太平洋沖地震、2016年の熊本地震でも同様の被害が発生している。東海地方を中心とした大地震の発生が懸念される中、同様の被害を未然に防ぐため、タワークレーンのマストの繰り返し荷重下での力学的性能を明らかにして、設計法に反映させる資料を得ることを目的と

する。

(3) 方法

地震時の挙動を模擬した繰り返し加力実験を実施し、単調載荷による力学的特性との差を明確にする。可能であれば、動的加力実験を実施して、静的加力実験による結果との整合性を図る。

(4) 研究の特色・独創性

建築用タワークレーンのマストの耐力に着目した研究は、本研究者以外に殆ど実施されていないため、独創的である。

【研究計画】

平成 30 年度の実験結果を基に、タワークレーン全体をモデル化して地震応答解析を実施し、兵庫県南部地震を代表とする都市直下型、東北地方太平洋沖地震を代表とする海洋型地震に対するタワークレーンの耐震安全性を評価する。それと同時に、簡易な改修により、マストの耐震性能を向上させるための実験を試行し、その結果に対しても同様の解析的検討を行い、その耐震性能を

評価する。

【研究成果】

前年度までの研究で、マストの危険断面となる接合部の力学的特性はエネルギー吸収性能が乏しいことが判明した。その一旦は、接合部に使用されている複数のボルトが一様に作用していないことによること。現行のタワークレーンの大規模な

改修を伴わず、耐震性能を上げる試みとして、ボルト長の調整により、ボルトが降伏するタイミングを揃えることによって、エネルギー吸収性能の向上および結合ボルトの増設することによる耐力上昇率に関する検討を実験的に試行した。それらの実験で得られた特性をモデル化して、シミュレーション解析を実施するためのプログラムを作成した。

(3) 小規模な溝工事で使用する簡易土止めの開発

玉手聡(建設安全研究 G), 堀智仁(同)

【研究概要】

(1) 背景

過去 10 年に発生した溝工事中の土砂崩壊災害を調査すると、その発生深さは 1.5m 未満での死亡災害が 10.2%を占めた。さらに、休業 4 日以上死傷災害では値が 43.4%に増加し、小規模な溝工事に危険のあることがわかった。

深さ 1.5m 未満の工事は一般的に崩壊防止措置の適用範囲外となっており、公共工事では基本的に土留め無しの仕様で発注されている。一方、小規模な溝工事では死亡災害もさることながら死傷災害が多く発生しており、その防止は急務である。

(2) 目的

本研究の目的は、小規模な溝工事で容易に使用可能な「非常に簡易な土止め機材」を開発することである。通常、崩壊防止では「土止め支保工」が使用されるが、この機材は重量、サイズともに大きく小規模工事での使用が容易ではない問題があった。

本研究ではこれまで前提となっていた「崩壊防止」の条件を作業者の「被災防止」に発想を転換して機材を開発する。具体的には、生存空間が確保されれば「ある程度」の変位は許容する、という新たな概念で軽量かつ簡易な「防護機材」を開発する。

(3) 方法

本研究の実施方法は実験を主体とした機材開発である。具体的には、試作した防護機材に崩壊土砂を作用させてその損傷等を検証する作業を繰り返して構造を最適化する。崩壊土砂から土止め作用する土圧(設計外力)について小規模の溝工事における発生レベルを検証し、それに基づいた必要性能を検討する。

土止めの構造については使用材料にアルミフ

レームとシート材を想定しており、従来の鋼製土止めに比べて大幅な軽量化を図ったものとする。なお、開発機材の基本的な構造については既に特許出願し登録もされた。また、本研究開発では国内企業や国内外の研究機関と連携しておこなっている。

(4) 研究の特色・独創性

本研究の特色と独創性は、規制等の空白となっている掘削条件 1.5m 以下の小規模な溝工事に対して、人的被害の防止に特化した防護機材を開発することである。

【研究計画】

1 崩壊土砂による作用土圧の解明

- ・深さ 1.5m の溝で崩壊した土砂が鉛直壁に衝突した際の衝撃圧力を計測する。
- ・溝壁からの離隔の違いによる最大圧力と圧力分布の関係についてデータ収集し、理論的な定式化を検討する。

2 土砂ガードの構造の最適化と遮断機序の解明

- ・前年度の検討に引き続いて実験的な解明を進める。防護機材の構造やサイズ並びに必要な強度などの条件を整理する。
- ・また、前年度は既製品を利用した簡易試作であったが、本年度はより実用化を想定した専用機材の検討を行い第二段階の試作に進む。
- ・実大規模の土砂崩壊実験を行って土砂の遮断効果を検証する。遮断機序を解析するとともに、ガード内に確保しうる残存空間についても解析する。
- ・開発機材の課題を整理するとともに問題点の解決方法を検討し、翌年(最終年度)の総括的検討に進む。また、施工業者にもヒヤリングして機能的な要望を調査し、最終試作に反映させる。

【研究成果】

1 崩壊土砂による作用土圧の解明

前年度に製作したセンサー内蔵の L 型擁壁を用いて崩壊土砂の作用圧力を計測した。溝壁の高さ 2.0m を模擬した地盤に対して L 型擁壁を 0.8m 離れた位置に設置した。すなわち、溝幅 0.8m を模擬した。天端に盛土して溝壁を不安定化させ、崩壊を再現した。崩土は擁壁前面に深さ 1.0m で堆積し、その際の土圧を記録した。データは 100Hz で収録し、衝撃的な作用によるピークからその後減少して収束するまでを記録した。

土の自重による鉛直圧力 σ_v はその単位体積重量 γ_t に深さ z を乗じた値であり、今回用いた土試料では γ_t がおよそ 10kN/m^3 であった。計測された残留値 σ_h と深さ z の間にはおおむね比例関係が見られ、その割合(σ_h/σ_v)は約 0.32 であった。したがって、内部摩擦角 ϕ が 30 度の時の一般的な主働土圧係数 K_a と一致することがわかった。一方、ピーク値については分布が全く異なり z に対して凸状を呈していた。その最大値は 15.5kN/m^2 と大きく、波形は三角状で作用時間は 0.5 秒と短時間であった。最大値は同一 z における残留値の約 37 倍に達し、瞬間的かつ局所的に大きな土圧が作用することがわかった。なお、壁同士の離隔は 0.8m と落下距離を最大に設定したことから今回の土砂圧力の計測値はほぼ上限と考えられる。

土砂ガードのシートに生じる張力(T)は崩土の土圧によって生じるものである。実験から T のピーク値と残留値を比較すると 1.25 倍程度であり、先に実測した土圧の残留値に対するピーク値の倍率に比べて小さい。これは土砂ガードの特徴的な効果の一つと見られ、具体的には、斜材の突っ張りによる抑止効果が崩壊を緩慢にするとともに、シートや斜材自体の柔軟性と骨組み構造が衝撃を緩和したためと見られる。

崩土を受圧後に残存空間を広く確保するためにはシートの初期たるみを少なくすることが必要である。一方、たるみや伸びの減少は張力側の増加要因となることから、シート強度の検討では適切な安全の余裕を考慮する必要がある。またひずみ(伸び)の少ない材料(高剛性)の選択も必要ことがわかった。

2 土砂ガードの構造の最適化と遮断機序の解明

1/10スケールの土砂ガードを製作して遠心模型実験をおこなった。本実験の目的は、均質で一般的な土試料で再現性の高い(理想的な条件で)検証を繰り返すことで、土砂遮断の基本的な抵抗機序を確認することである。本実験では、上梁が法肩を支持する標準型に加えて、上梁が溝から突出する突出型と、深い溝内に設置した埋没型などの

標準以外の使用条件についても抵抗機序を確認した。その結果、土砂ガードを設置することで溝の安定度は総じて 1.1 倍から 1.6 倍に増加することがわかった。

土砂ガードのシート張力(T)に関する相似則を導き、実大実験と遠心実験の両結果からシート強度を総合的に検討した。土砂ガードを設置した場合の崩壊高さ(H)と設置なしでの崩壊高さ(H_c)から限界高さ比 H/H_c を求め、さらに H/H_c と T の関係で整理した。崩壊は総じて $H/H_c > 1$ で発生し、 T の値は H/H_c に対して微増する。両実験から T の上限値は 2.0kN/m^2 程度であることがわかった。

土砂ガードの第二段試作をおこなった。前年は汎用部材(単管パイプ)による簡易版(第一段試作)であったが、今年度は個別設計により土砂ガード供試体を製作した。崩壊実験では実用化を念頭に強度的な検証を行うとともに利便性や作業性の観点でも調査した。この中で幅が異なる(斜材同士の交差角が異なる)溝への設置に対して巻き取りによる初期たるみの調節も試みた。基本的な構造の妥当性は確認されたものの、細部に要検討な部分も明らかとなった。具体的には、シートの張り具合の調整では間隔をさらに細かく(50mm ピッチ程度に)する必要がありその機序については次年度に再検討する。また妻側の昇降を容易にする加工についても合わせて検討する。

画像解析技術を応用して崩土を受圧した後の残存空間を計測した。その方法は土砂ガードの側面にマーカーを複数設置し、その移動を追跡して残存空間を求めるものである。ここでは安全側の評価とするために遠心実験で左右両溝壁が崩壊した後の最小間隔を計測した。標準型では実大換算で 0.61m 以上、突出型でも 0.56m の残留が確認した。これは「AIST/HQL の人体寸法形状 DB」の腹部厚径 0.2m と 腰骨幅 0.33m(平均)を上回る値であり、被災防止が可能なことを確認した。

施工者、発注者及び国内外の研究者の計 27 名が実大実験を見学し、土砂ガードに対する評価のコメントを得た。一例としては「水道工事では小規模掘削($H=1\text{m}\sim 1.5\text{m}$)が多いこともあり「土砂ガード」の保護具としての可能性を強く感じた」、「今回の実験で見られるように強度としては問題ないようです」、「被災防止だけでなく崩壊抑止の効果もあることがわかった」、「下水道でも深度が浅いところもあるので上水道、ガス以外でも活躍の場があると思う」、「簡易な構造(土砂ガード)にもかかわらず 3m を超える盛土を支持したことに驚い

た」、「早く欲しい、いつから売るのが」などであった。

以上より、引き続き構造的な改善を進めつつそ

の災害防止効果等について検証を進める予定である。

(4) 長期的にみた建設業の労働災害減少要因の分析と今後の労働災害防止方策の提案

高木元也(建設安全研究 G)、高橋弘樹(同)、吉川直孝(同)、堀智仁(同)、平岡伸隆(同)

【研究概要】

(1) 背景

建設業においては、これまでの40年間で死亡災害は1451(S51)人から323人(H29)と大幅に減少してきたが、今後、建設業の労働災害の更なる防止を戦略的に進めていくためには、長期的にみた労働災害減少要因を明らかにすることが必要である。

(2) 目的

建設工事で発生している死亡災害は、繰り返し発生しているものばかりである。例えば、平成26年の死亡災害をみると、土木工事(死亡者数138人)では、重機関連災害(ひかれる・はさまれる、重機の転倒・転落、32人)、クレーン作業災害(14人)、河川・海の工事関連災害(14人)、交通事故(自損事故、13人)、土砂崩壊(11人)、立木災害(9人)、もらい事故(7人)、物の落下(5人)、橋梁上部工からの墜落(5人)、法面・斜面からの墜落(4人)、倒壊(3人)、CO中毒・硫化水素中毒(3人)、火災(3人)、電動工具災害(1人)、熱中症(1人)と、これら15項目で計125人と91%を占める。これらの災害は長期的にどのように減少してきたのか、減少した要因には何があるのかなどを明らかにすることにより、今後の労働災害防止対策の方向性を見出すことができると考えられる。

本研究では、建設業を土木工事、建築工事、電気工事、機械器具設置工事、木造家屋住宅工事等に分け、それぞれについて、3時点(例:40年前、20年前、現在)を対象に、各時点で発生した死亡災害を詳細に分析する。また、この間、さまざまな労働災害防止対策が講じられてきた。代表的なものには、①労働安全衛生行政施策(法規、構造規格、通達、ガイドライン等)、②建設機械・クレーン等の本質安全化対策(安全支援装置等)、③公共工事発注者の技術基準類(仕様書、安全施工指針)、④建設会社の自主的な安全活動(安全施工サイクルに伴う各種安全活動、各種安全衛生教育、作業手順書の整備等)があげられるが、これら労働災害防止対策による労働災害防止効果を検証する。これらの研究成果を基に、現状の課題を抽出・整理し、長期的にみた建設業の死亡災害

減少要因を明らかにし、それを基に今後の建設業の労働災害防止方策について総合的に提案する。

(3) 方法

建設会社、機械メーカー等へのアンケート調査、ヒアリング調査を行うとともに、建設安全対策室、労働局、建災防、建設産業団体との連携を図る。

(4) 研究の特色・独創性

建設業全体を対象に、死亡災害減少要因を総合的に分析した研究は見受けられず、独創性があるといえる。

【研究計画】

・建設業死亡災害データ分析

過去40年間における死亡災害データ分析を行う。

・文献調査

各種規制、機械メーカーの取り組み等について文献調査を行う。

・アンケート調査の実施

建設会社対象のアンケート調査を行い、労働災害減少要因、労働災害防止対策の効果などを明らかにする。

【研究成果】

1. 労働災害データ分析

過去40年間において、3時点(40年前、20年前、現在)における死亡災害データの各種作業別分析を行った。

2. 文献調査

過去40年間の建設業における死亡災害の減少要因を探るために、3時点(40年前、20年前、現在)での特徴と傾向を把握することを目的に文献調査を行った。収集対象文献は1970年代から2019年までの、日本国内の学術論文、マニュアル、会議報告書、講演会資料等とした。

3. アンケート調査

建設会社を対象としたアンケート調査を行い、労働災害発生状況、発生原因、再発防止対策等について、業種別、事業所規模別、経年別等での実態把握、課題を抽出した。

①調査対象

地域:全国、設立:50年以上、業種:建設業(木造建築工事除く)

従業員:50名以上、売上高上位順に1,500社を抽出

②回収結果

・土木工事 387件(25.8%)、建築工事 542件(36.1%)、計929件(31.0%)

③集計・分析

現在、アンケート調査の集計・分析を行っている。

(5)大型建設機械を対象とした安定設置に必要な地盤要件の検討

堀智仁(建設安全研究G)、玉手聡(同)

【研究概要】

(1)背景

建設業における労働力不足を解消するために、ICT技術を活用して生産効率をアップさせる取り組み(i-Construction)が行われている。その一つが、コンクリート構造物をプレキャスト化して工期を短縮する取り組みである。工事のプレキャスト化に伴い、移動式クレーン等、大型の建設機械の需要の増加が見込まれている。また、近年では機械設置時の事前検討において、これまで想定していなかった外力(機械重量)に対応せざるを得ない機会も増加している。

機械設置時の事前検討では、8項目(荷重の分散、支持力の算出法など)程度の検討がなされている。しかし、検討時に使用される値は会社によって異なることや、同じ会社であっても技術者の違いにより使用される値が異なることがわかった。これらの検討項目は、建設コストや安全性を大きく左右するため、最低限の条件を明らかにする必要がある。

(2)目的

本研究では、地盤の仮設的な補強方法であるセメント系固化剤により改良した地盤や碎石を敷設した地盤等において、大型建設機械を安全に設置するための条件を明らかにすることを最終目的としている。本基盤研究では、事前検討項目の中で最も重要と考えられる「荷重の分散」と現場の地盤調査法について定量的に評価する。

(3)方法

セメント系固化剤による改良地盤については、改良土の強度や厚さ、基盤層の強度等を変えた地盤に対して載荷実験を行い、支持力や荷重の分散について調査する。碎石を敷設した地盤についても、碎石層の厚さや基盤層の強度及び地盤材料等を変えて実験を行う。

(4)研究の特色・独創性

建設業では生産効率を向上させるため、大型の施工機械や移動式クレーン等の荷役機械の需要の増

加や、更なる大型化の需要が高まっている。機械の大型化に伴い機械重量も増加するため、既存の検討手法では対応できない案件も増えてきた。本研究の特色は、既存の検討手法における改善点を実験的に明らかにしようとしていることである。

また、建設機械の転倒災害に関して、地盤の強度について着目しているのは、当研究所の研究チームだけであり、地盤破壊に起因する転倒災害に着目した研究は国内外ではほぼ皆無であるため独創的であり学術的にも高い意味を持つと考えられる。

【研究計画】

(1)セメント改良土地盤に関する研究

セメント改良土における、セメント量と強度の関係を把握する。

(2)碎石敷設地盤の支持力特性に関する研究

碎石を敷設した場合の荷重の影響範囲を解析により明らかにする。基盤層の強度や碎石の厚さ等を変えて実験を行う。

【研究成果】

大型建設機械の転倒防止措置として、敷鉄板の下部に、碎石層を敷設する場合がある。碎石を敷設した場合、荷重分散法(ポストノード法)により機械設置時の安定性を検討しており、荷重の分散角 α は30度や45度が採用されている。 α は機械設置時の安全性を大きく左右する重要な値であるため、その妥当性について慎重に検討する必要がある。本研究では、軟弱地盤上に荷重分散層として碎石を敷設した模型地盤に対して載荷実験を行い、画像解析により荷重分散角 α の計測を試みた。

軟弱地盤を模擬するため、関東ロームを締め固め(締め固め圧 $\sigma=20\text{kPa}$)で基盤層を作製し、その上に碎石層を模擬した珪砂を相対密度 $D_r=90\%$ となるよう敷設した。

載荷に伴って地盤内の生じる変形を定量的に評価するため平面ひずみ条件で載荷実験を行い、

画像解析により地盤内の変形を求めた。その結果、載荷初期では、砕石層内の変位の分布は基礎直下約 30 度に分布することが確認された。その後、載荷が進行し塑性域では、砕石層内の変形の分布は狭い範囲に集中し、その分散角 α は 17 度で

あった。特に、変形の大きなエリアは載荷板の直下に集中しており、押し抜きせん断破壊(パンチング破壊)していることが確認された。このことから、塑性域では砕石敷設による荷重分散効果は著しく減少することが明らかになった。

(6) 自然地山の掘削勾配と斜面安定性の検討

平岡伸隆(建設安全研究 G), 吉川直孝(同), 堀智仁(同)

【研究概要】

(1) 背景

土砂崩壊・落盤等による労働災害によって毎年 10～20 名が死亡している。このうち斜面掘削工事中によるものは 4 割以上を占め、労働安全衛生行政上、重大な課題といえる。斜面を掘削する際的设计指標として、一般に日本道路協会が発行する「道路土工一切土工・斜面安定工指針」の斜面高さと掘削勾配の関係や、安衛則第 356 条、第 357 条の斜面高さと掘削勾配の規則が参考とされる。しかし、この基準を満たしていても死亡災害が発生している現状にある。これは斜面崩壊の原因として、斜面高さと掘削勾配による安定性評価だけでは不十分であることを示唆している。斜面崩壊のメカニズムを考慮すると、斜面の「地質構造」と地下水、湧水、降雨、融雪水といった「水」の影響が斜面安定性を考える上で重要であると考えられる。

そこで、平成 28 年度から平成 30 年度まで基盤的研究 K-F28-02「地下水位変動に伴う切土斜面の崩壊危険に関する研究」において、地下水位を上昇させた場合の斜面安定性について遠心模型実験によって検討した。また、排水工によるハード対策や斜面動態モニタリングによるソフト対策について検討を行った。その結果、道路土工指針や安衛則の規定内の斜面高さ・勾配を有するまき土斜面に対し、地下水が無ければ自立するが、斜面内の地下水が上昇した場合には崩壊することが確認された。また、排水パイプによるハード対策によって崩壊を抑えられる知見を得た。さらに、斜面動態モニタリングによって崩壊の予兆を検知でき、計測値による崩壊予測手法を提案した。

上記の研究は、実験モデルの単純化のために全て単一の土試料で作られた斜面に対して検証しており、自然地山を正確に表現したものではない。地質構造を有した斜面の場合、崩壊メカニズムおよび対策効果が変化することが予想されるため、これについて更なる検討が必要である。

(2) 目的

本研究では、基盤層と表層を持つ 2 層の地質構造を持つ模型斜面を作製し、遠心模型実験とその結果を斜面安定解析によって、斜面掘削や地下水上昇による崩壊メカニズム、斜面安定性評価、崩壊防止のための対策工について検討する。

(3) 方法

模型斜面を使用した遠心模型実験を軸に上記の目的について検討する。以下に具体的な方法を示す。

1. 過去の災害事例から、労働災害の発生した地質構造について代表的な構造を決定する。
2. 遠心模型実験における基盤層となる地盤の作成条件について検討する。特に基盤層については、事件事例を基に人工軟岩の作製を試みる。
3. 基盤層、表層の 2 層構造の斜面に対して、勾配を変更して遠心模型実験を行う。
 - 3-1. 層厚、基盤層勾配、表層勾配、流れ盤等の地質構造を考慮した斜面に対し、掘削実験を行い斜面安定性について検討
 - 3-2. 上記同様な斜面に対して地下水を与え、崩壊メカニズムを明らかにする。
 - 3-3. 排水工や抑え盛土工などのハード対策、斜面動態モニタリングによるソフト対策の効果検証
4. 実験結果を FEM による詳細な解析や、中小規模の事業者も検討可能な比較的簡便な数値計算法を用いて崩壊メカニズムの解明、設計段階での安定性評価について検討する。

(4) 研究の特色・独創性

施工中の斜面について、地質構造や水を考慮した研究事例はなく、独創的かつ重要な課題と考える。

【研究計画】

(1) 労働災害事例の分析

近年の労働災害事例から斜面高さや勾配、地質が明らかかなものを抽出し、そのパターン傾向について分析を行う。その結果を反映させて、遠心実験のモデル斜面に適用する。

(2) 基盤層となる人工地盤材料の作成条件検討

災害事例から軟岩斜面での崩壊事例が多く確認されている。1 年目は軟岩斜面を模擬した人工地盤材料の再現し、より現実に近い地盤材料の作成を目指す。

(3) 2層(基盤層・表層)モデル斜面を用いた遠心模型実験

上記の人工地盤材料を用いて、遠心場で正確な挙動をするかパイロットスタディを実施する。

【研究成果】

自然地山にはさまざまな地盤構造があるが、本年度は、流れ盤を有した軟岩斜面に焦点を当てた。流れ盤を有した軟岩斜面の掘削作業中の崩壊によって死亡災害が発生しており、このような地盤条件の斜面の掘削勾配について検討するため、これを模擬した遠心実験を試みる。

遠心実験にあたっては、再現性の高い軟岩を入手することは困難なため、人工的に模擬した材料を作製する必要がある。そこで、まず人工軟岩の作製と、流れ盤の再現を目的とした研究を実施した。

1. 人工軟岩の作製

既往研究を参考に石灰石の粉末、水、ポルトランドセメントを混合し、人工軟岩を模擬した。軟岩の定義は一軸圧縮強度で規定されていることが多いが、硬岩と軟岩の境界はさまざまである。地盤工学会の基準で最も弱いG分類の軟岩は一軸圧縮強度 1MPa 未満のため、これを目標とした。

人工軟岩の供試体を作製し、一軸圧縮試験を行った。一軸圧縮強度は 4 日養生で平均 0.462 MPa、7 日間養生で平均 0.484 MPa であり、G 分類の軟岩強度を再現している。

2. 流れ盤の再現

斜面の傾斜方向と斜面内部の層理面や不連続面の傾斜が同様な場合を「流れ盤」とよび、表層土砂が層理面で滑り落ちるように崩壊することがあり、危険とされている。流れ盤斜面の掘削を行う場合、道路土工一切土工・斜面安定工指針では、流れ盤の切土のり面の安定性は、法面や割れ目の勾配と方向によって影響を受けるので、これらを考慮して法面勾配を決定することとしている。さらに原則として割れ目の見かけの傾斜角と同じかそれより緩い勾配とすることが望ましいとしている。実務においては、高速道路において流れ盤が崩壊した事例をもとに経験的にまとめられた資料を参考として掘削勾配を決定することが多い。

本研究では、一般的な流れ盤角度である 45 度の流れ盤を想定し、この斜面に対する掘削勾配について検討する。流れ盤の表現には、厚さ 0.2

mm のテフロンシートを 45 度傾けてモデル斜面内に配置して再現する。それに先立ち、人工軟岩を模擬した供試体に 45 度でテフロンシートを配置し、一軸圧縮試験にて強度を確認した。なお、層理断面に対してテフロン面積が 50% になるようにテフロン幅を調整した。

一軸試験の結果、テフロン境界によって滑るようになり破壊し、その強度は 4 日養生強度で 0.322 MPa (テフロンが無い場合の 69.7%)、7 日養生で 0.310 MPa (テフロンが無い場合の 64.0%) となった。遠心実験では斜面高さ 25 cm、最大遠心加速度 50G を想定しており、遠心場でのモデル斜面の高さは 12.5 m 相当となる。密度を 2.05 g/cm³ とした場合、斜面下端の自重による圧縮力は約 0.250 MPa と想定され、自重による圧縮では破壊しない。さらに強度を低下させるため、遠心模型実験ではテフロン幅を広げ、層理面に対して 75% の面積をテフロンシートが占めるように設計した。

3. 遠心模型実験

実現象を正確に再現するためには、掘削による応力解放によって崩壊させることが望ましいが、流れ盤の表現にテフロンシートを使用していることや実験の簡便化のため、遠心載荷力の上昇によって崩壊させる実験を試みた。

本実験では、流れ盤勾配 45 度の斜面に対して斜面角度を設定し、掘削後の斜面を表現する。このため、斜面勾配がすなわち掘削勾配となる。安衛則 356 条では、5m 未満の岩盤又は堅い粘土からなる地山では掘削勾配 90 度、5m 以上の岩盤又は堅い粘土からなる地山では 75 度としている。道路土工一切土工・斜面安定工指針では、切土に対する標準のり面勾配について、硬岩では 1:0.3 (73.3°) ~ 1:0.8 (51.3°) としており、軟岩では 1:0.5 (63.4°) ~ 1:1.2 (39.8°) としている。ただし、切土のり面勾配の決定に当たっては、周囲の自然斜面の状況や勾配を十分調査することが重要としている。安衛則や道路土工指針を満たしつつ、崩壊現象を確認したいため比較的不安定な角度となる掘削勾配 60 度を本実験の条件とした。これは崩壊領域に区分され、危険側の設定であるが、崩壊現象を確実に捉えるために設定した。

モデル斜面を 45 度に傾けた遠心実験の結果、当該斜面において崩壊は発生しなかった。実験条件の見直しが必要であり、その検討を実施した。

4. 極限平衡法による斜面安定計算

遠心実験の結果を受け、2 次元極限平衡法を用いて滑動力と抵抗力の関係から、模型斜面の安全率を求めた。地盤強度(粘着力と内部摩擦角)

は既往研究を参考とし、人工軟岩：粘着力 $c=164.4$ kPa、内部摩擦角 $\phi=22.1$ deg、テフロン：粘着力 $c=0$ kPa、内部摩擦角 $\phi=27.0$ deg とした。

計算の結果、すべり面を人工軟岩のみと仮定すると 50G 場において安全率 6.155、テフロンのみと仮定すると 0.510 となった。軟岩部分の粘着力が大きいため、テフロンの割合が安定性において支配的であることがわかる。本実験条件のすべり面に対してテフロン 50%の場合、50G 場においても安全率は 2.292 であり、崩壊しないことが計算

からも明らかとなった。本実験条件の場合、天端部に 20kg の上載荷重を与えなければ崩壊しないことがわかった。また、現在の軟岩材料の配合比ではテフロンを層理面に対して面積率 95%にすると 37G 場で崩壊することがわかった。

崩壊しなかった模型斜面をオートグラフによって裁荷し、上記理論式が正しいか検証した。また、層理面におけるテフロンの面積率 95%の模型斜面を作製し、再実験を行った。

(7) 静電気着火リスク分析手法の確立

大澤敦(電気安全研究 G)

【研究概要】

(1) 背景

いくつかの産業災害を教訓に欧州で十数年の試行錯誤の末に確立された事故未然防止の安全技術であるリスクアセスメントは、各国の施策の下にいまや安全管理のためのグローバルスタンダードになっており、我が国でも労働安全衛生法により、2006年4月からリスクアセスメントの実施が明示されるようになり、2016年6月からは法的に義務化されて、可燃性物質を取り扱う工程・作業を行う事業場では着火リスクを調査し、必要な対策を講じなければならないこととなった。本研究はこれに対応するものである。

(2) 目的

静電気分野でもリスクアセスメントの実施支援となるべく静電気着火のリスクアセスメント手法を開発し、ガイドとしても文書化してまとめている。世界初の静電気着火のリスクアセスメント手法とこれに関するガイドラインであるため、今後の更なる改良・改訂が必要である。現在は、より信頼性が高く、広く活用される技術となることを目指して、ワーキンググループ活動(26名)の運用を通して必要な改良を施しながら普及に努めているところである。本研究の目的は、開発手法の問題点を更なる運用により抽出し、これを改善して、リスクアセスメント実施の支援となる高信頼性の事故未然防止の安全技術として確立する総仕上げ的な研究である。さらに、日本発の安全技術として発信して、本手法を広く普及させることである。

(3) 方法

開発した静電気リスクアセスメント手法の主要部の静電気着火リスク分析手法では、ISO/IEC Guide 51 のリスクアセスメントのフローに沿って、必要な静電気対策が的確になされているか、また、なされていないか

を明確化するために対象の工程・作業を調査し、静電気着火ハザードの抽出の準備をし、可燃性雰囲気、帯電、導体の場合は静電誘導、静電気放電のハザードを順に調査して、それぞれのハザードレベル(ハザードが生起する確率として定義する)から静電気着火ハザードレベルを決定する。この静電気着火ハザードレベルと予測できる危害のひどさの組み合わせから静電気着火リスクを見積るようにしている。静電気安全の基礎をある程度まで理解できている安全管理技術者が、手法の手順(30のチェック項目)に従って科学的に矛盾がなく各ハザードレベルを決定できるように工夫している。これを実施するためのガイドとリスクアセスメントシートも提供している。本手法は開発時に試験運用を積み重ねることによって、その妥当性が検討・確認されたものであるが、これまでに実施した運用では、知識不足と不安からリスクの過大評価が放電ハザード同定部に多くはないが散見された。ハザードの過小評価よりは好ましいものの、過大評価は余計な対策を実施することになるので経済的に問題である。この過大評価は放電ハザード同定部にあることから、この同定法を改善しなければならない。これを修正・改良してより精度の高い静電気着火のリスク分析手法を確立するのが本研究の目的である。そのために実施することは、ハザード同定手法を改良・開発することである。この方法としては、既存のチェック項目に沿ったハザード同定を支援するフローの開発(過大評価の原因となった知識不足を補てんする具体的な条件文を追加したフローを用いた論理的ハザード分析ツール)、静電気関連の測定手法の詳細な解説(測定によるハザード同定手法)、理論計算支援ツール(主に数値計算によりハザード同定の確実性を高める手法)等の開発・提供によるハザード同定の

確実性の向上が考えられる。この改良の妥当性は研究協力者の運用により確認する。

(4) 研究の特色・独創性

開発手法は、日本はもちろん、世界でも最初の静電気のリスクアセスメント手法とこれに関するガイドラインである。したがって、本研究は世界で唯一のものである。

リスク低減策(静電気対策)については、研究成果のほかに最新の研究成果や技術も含めて現存する静電気対策を、その妥当性を検討してから、ガイドに常に網羅するようにしている。

世界で最初の技術であり、ニーズも多いことから、手法をより信頼性の高い確実な技術として確立し、日本発の安全技術として早急に発信できるようにしたい。

【研究計画】

(1) 抽出された問題点の改善

論理的ハザード分析ツールの開発
測定によるハザード同定手法の開発

理論計算支援ツールの開発
開発ツールの妥当性検討(ワーキンググループ)

(2) ガイド改訂

【研究成果】

1. 抽出された問題点の改善

論理的ハザード分析ツールの開発
測定によるハザード同定手法の開発
理論計算支援ツールの開発
開発ツールの妥当性検討(ワーキンググループ)

2. ガイド改訂

3. 部分的に充てんされたタンク内の帯電液体の緩和の統一理論の構築と充てん速度制限

4. 静電気放電の速度論的着火性解析手法の開発

5. タンク洗浄のリスクアセスメント手法の提案

c. 健康研究領域

(1) 芳香族アミン類の生体影響と活性化経路の解明

柳場由絵(産業毒性・生体影響研究 G), 須田 恵(同), 豊岡達士(同), 小林健一(同), 王 瑞生(同)

【研究概要】

(1) 背景

2016年11月に国内の化学工場において職業性膀胱がん事例が多数報告され、そこで使用されている *o*-トルイジン(OTD)をはじめとする芳香族アミン類が原因物質として疑われている。OTDは、米国のゴム製造工場において多数の膀胱がんが発症したことから、2012年に急遽IARCの発がん分類1に指定された物質である。欧州からも同様の事例が報告されている。芳香族アミン類は古くから染料や顔料の合成原料として広く使用されてきている。また、芳香族アミン類の一種であるベンジジンを始め、当該芳香族アミン類ばく露による労働者の膀胱がんの発症事例も報告されている。厚生労働省はそのような報告を基に、ベーターナフチルアミンの製造禁止、数種の芳香族アミン類を特定化学物質に指定するなど対策を行っている。先行研究によりアニリンや OTD について、経口ルートを主とする動物実験が行われ、代謝経路および代謝物質についての知見がある程度蓄積されている。本研究では、芳香族アミン類のうち、膀胱がん事例の発生との関連性が疑われる OTD に関する検討を基に、既存の研究例が少ない芳香族アミン類についても研究を実施する。

本研究では、OTD を含む芳香族アミン類の代謝に関わる薬物代謝酵素の同定および発がんに結びつく可能性のある中間代謝物の同定を行い、芳香族アミン類ばく露による発がんメカニズムの解明に資する。同時に、発がん性と関連する体内ばく露量を反映できるバイオマーカーの確立に有用な情報を提供する。本研究からの得られた知見は今後の芳香族アミン類の労働衛生管理に役立つと期待できる。

(2) 目的

OTD については、気中濃度レベルと尿中濃度レベルに乖離があり、皮膚吸収の評価、適した生物学的モニタリング手法の開発が求められており、適した生物学的モニタリング手法の開発には代謝に関わる酵素や代謝物の毒性に関する情報が必要である。そこで、OTD を含む芳香族アミンの代謝に関わる薬物代謝酵素分子種を決定し、代謝に関わる薬物代謝酵素と最終代謝産物(尿中代謝物)の関係および中間代謝物と発がん(遺伝毒性)との関連を明確に示すことを目的とする。

(3) 方法

①化学物質の代謝に関わる代謝酵素(例えば CYP1A2、CYP2E1 等)をヒト由来の細胞に導入し、過剰発現させた細胞株と、この代謝酵素をノックダウンさせた欠損型の細胞株を作製する。これらの細胞を用い、OTD を含む芳香族アミンによる遺伝毒性作用と遺伝毒性作用にかかわりのありそうな中間代謝物の同定を行う。

②野生型のマウスを用い、OTD を含む芳香族アミンを投与する群と薬物代謝酵素の阻害剤と OTD を含む芳香族アミンを同時に投与する群とに分けた動物実験を行う。これらの動物の尿および血液サンプルから代謝物の同定と、投与後の臓器(肝臓および膀胱)での遺伝毒性作用を観察し、関与する酵素や代謝活性化経路を解明する。

③遺伝毒性の可能性のある代謝物を用いて、細胞および動物に投与し、代謝および毒性発現の関連性を確認する。

(4) 研究の特色・独創性

本研究は、*in vitro* と *in vivo* 実験を用い、芳香族アミンばく露による中間代謝物と遺伝毒性との関連性について解明するという点が特色である。また、ヒト由来の培養細胞に薬物代謝酵素を導入し過剰発現させた細胞株と欠損型の細胞株を作製し、代謝酵素を介した毒性についてより明確に検討することができるという点で独創的である。本課題で得られる情報は、今回の化学工場での膀胱がん発生に結びつく中間代謝物の同定だけではなく、今後他の産業化学物質による類似した事例発生の予防にも有用である。

【研究計画】

アニリンをマウスに投与し、尿中代謝物の解析を行い、4-アミノフェノール、2-アミノフェノールがどの程度、検出可能であるか、またはそれらの大部分が抱合体として排泄されているのかを検討するとともに、膀胱での遺伝毒性作用(DNA 損傷性マーカーとして γ -H2AX の検出)について検討する。

LC/MS/MS による 2,4-ジメチルアニリン、アニシジンとその代謝物についての測定方法の確立を行い、ヒトミクロゾームや CYP 精製酵素等を用いて、反応速度の違いや代謝に関わる CYP の同定を行う。

【研究成果】

B6C3F1 マウスを用いて、2,4-ジメチルアニリンを経口投与する実験を行った。投与濃度は 0, 50, 150

mg/kg bw とした。投与後 2 時間、6 時間、16 時間の解剖をし、血液、肝臓、腎臓、膀胱を採取した。投与後代謝ケージに収容し、各時間ごとに尿を採取した。現在、尿中の DMA およびその代謝物の解析を行っている。投与後 2 時間ではコントロール群に比べ 150mg/kg bw の投与群で肝臓重量が有意に減少した。また、肝臓相対重量については量投与群で有

意な差が観察された。投与後 6 時間ではコントロール群と比較して 50, 150 mg/kg bw の投与群で肝臓重量と肝臓相対重量が有意に増加した。一方、投与後 16 時間では有意な差はみられなかった。投与後 6 時間の肝臓では DMA の代謝が進み、肝臓重量に変化が見られた可能性が推測される。

(2) 吸入性粒子状物質の生体影響における予備的検討

小林健一(産業毒性・生体影響研究 G), 柳場由絵(同), 大谷勝己(同), 鷹屋光俊(作業環境研究 G), 山田 丸(同), 久保田久代(研究推進・国際 C)

【研究概要】

(1) 背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズ, 防災計画との関連性など)

職場環境で粒子状物質のばく露に起因するじん肺などの労働災害は、依然として多い。近年、新しいタイプ・性質の粒子状物質が産業現場に導入されて、そのばく露による健康影響が懸念されている。最近の例では、粒子状シリカの取扱いのある事業所では、比較的短期間(1~2 年程度)のばく露歴の従業員にも呼吸器障害が発生しており、これまでのシリカ粉じん障害と異なる可能性がある臨床像、疫学像が示唆されてきている。作業現場で使用された粒子状シリカのサイズや性質と呼吸器障害発生との関係は不明である。このような事例から、新しいタイプ・性質の粒子状物質による労働災害の再発を防止する点から、*in vivo* 実験により、その発生機序や因果関係を解明し、現状改善・対策を講じることが急務であると考えられる。

(2) 目的

健康障害が発生し、または懸念されている産業現場で使用中の粒子状化学物質を例としてシリカ(二酸化ケイ素、 SiO_2)を取り上げ、そのばく露と呼吸器障害等を含めた疾患発症との関係を解明し、予防対策の策定に科学的根拠を提示する。また、粒子状物質のばく露による呼吸器系障害を迅速に解析できるスモールスケールの評価システムモデルを気管内投与法により検討し、確立を試みる。

(3) 方法

実験動物に SiO_2 を気管内投与し、急性や亜急性反応(生化学、免疫学、分子生物学、病理学の指標)を解析し、呼吸器系への影響を調べ、生体影響の評価を行う。

1) 実験手法の検討として、投与用試料の作製、投与方法(気管内)の確認、肺洗浄液等の試料の採集

などを行う。

2) 病態生理学的検討として、急性及び亜急性反応(炎症、結節性病変など)を主な指標として、用量依存性や時間的変化の検討を行う。

3) 病理組織学的検討としては、肺の形態観察だけでなく、投与した剤の分布や可能ならば動態も併せて観察し、病態の発症と分布との関係性を調べる。従来粒子との相違を解明するため、可能であれば、新しい性質の粒子状物質と従来の粒子(異なるサイズ、表面修飾など)をあわせて検討する。

(4) 研究の特色・独創性

本課題は、今後、粒子状物質の呼吸器毒性に関する総合的研究を行うことを見据えた、技術的・基礎的な面から予備的なデータを収集しておくためのパイロットスタディとしての位置付けを想定している。ここで得られる毒性データや手法は、粒子状物質のリスク評価に有用な情報となると考えている。気管投与法は OECD テストガイドラインには掲載されておらず、吸入ばく露による影響との乖離を知るといふ点とともに、いかに評価系を近づけられるかという点においても重要である。これまでの歴史の中で報告の無い新たなじん肺発症の発生機序があるのか否かについての解明へと発展させることが可能となる。これは労働衛生研究領域においても新たな視点となる。

【研究計画】

平成 30 年度に引き続き、液中分散試料の性状分析を行い、被験物質とするシリカの選抜を行う。その後、実験動物を用いたシリカの単回気管内投与により、適切なばく露条件の検討を行う。動物種系統、麻酔法、分散液、用量等、再現性の得られる手法を確定する。肺の炎症細胞障害の指標となる候補遺伝子群(tumor necrosis factor- α 、transforming growth factor, collagen 等)から、毒性評価に適切な因子の選抜をする。気管支肺胞洗浄液検査により、肺の炎

症、細胞傷害、酸化ストレス因子(サイトカイン、LDH、HO-1 等)の測定を行う。

本研究課題の分担者である鷹屋が計画した、シリカ粒子の化学的キャラクタリゼーションについて、本研究課題に組み込む。具体的内容としては、試薬・工業材料・急性じん肺症が発生した事業所の製品などの高純度シリカ粒子について、走査・透過電子顕微鏡観察、粉末 X 線回折、粒子表面のみを溶解処理して得られた溶液の元素分析などを行って高純度シリカ粒子の性質を把握する。同じ粒子を、気管内投与あるいは、試験エアロゾル粒子発生のために行う懸濁液状態での超音波処理後、再び同じ項目の測定を実施することにより、動物実験のための試験懸濁液調製が粒子の性質に与える影響の有無を把握する。また、湿式・乾式のエアロゾル粒子発生についても気中粒子の凝集状態に対する超音波処理の影響を評価する。

【研究成果】

2 種類の市販品である鉱物由来の高純度結晶質シリカ(Min-U-Sil 5 および SiO₂ (IV))を対象として、気管内投与のための適正なサブミクロンサイズの液中分散試料の調製、電子顕微鏡観察、X 線回折法を試みて物性を詳細に調べた。まず高用量のスト

ク液(10g/100ml)として生理食塩水に懸濁した Min-U-Sil 5(用量:100mg/ml)を超音波処理(0、10、30、60 分)したところ、60 分の処理において最も効果があり、12.5mg/ml 以下の用量で粒子径はサブミクロンとなった。電子顕微鏡観察の結果、Min-U-Sil 5 および SiO₂ (IV)ともに、多様な形態を呈する粒子が混在していた。粉体の元々の物性が超音波処理によって損なわれていないかを確認するため、X 線回折法による結晶化度測定を行った結果、わかる範囲では影響は見られなかった。

次に、ストック液を 1.25g/100ml(用量:12.5mg/ml)として、分散媒は超純水、0.9%生理食塩水およびリン酸緩衝液(PBS(-))を選定した。各懸濁液を十分にボルテックスし、超音波処理(60 分)をした。希釈系列を作製した後、動的光散乱法にて粒子径および多分散指数を、電気泳動光散乱法にてゼータ電位をそれぞれ測定した。両試料ともに、実用上の分散媒として想定される 0.9%生理食塩水および PBS(-)を用いた懸濁液では、2.5~12.5mg/mL の用量においてサブミクロンの粒子径になり(~700-800nm 程度)、単分散性や分散安定性もおおむね良好であった。これらの結果から、両試料をサブミクロンサイズに調製する条件が決定できた。

(3) 産業化学物質の DNA 損傷性スクリーニングに関する研究： γ -H2AX システムの高度化と応用

豊岡達士(産業毒性・生体影響研究 G)、柳場由絵(同)、柏木裕呂樹(同)、王 瑞生(同)

【研究概要】

(1)背景(主要文献、行政的・社会的ニーズ、防災計画との関連性など)

昨今、わが国で大きな社会問題となった職業性胆管がんや膀胱がん発症事例にみるように、産業化学物質の毒性情報のうち、発がんのファーストステップとなりうる遺伝毒性情報の把握と、そのメカニズム解明は職業性発がん防止のための最重要事項の一つである。一方、胆管がん発症事例では、その原因となった塩素系有機化合物の遺伝毒性は、従来からの微生物を使用した遺伝毒性試験がなされていたが、結果として取りこぼされていたことや、膨大な数の化学物質に加え、粒子状物質のような新しいタイプの物質への対応等を考慮すると、従来遺伝毒性試験法のみで対応するには限界がきていることは明白である。

これらを背景に、本研究提案者は平成 27 年度-29 年度の基盤的研究において、新規 DNA 損傷マーカーとして注目されているヒストン H2AX に着目し、

各種 DNA 損傷型に対応したヒストン H2AX のリン酸化応答パターンを明らかにするとともに、産業化学物質の DNA 損傷性を検出するための至適作用濃度範囲・作用時間を決定した上で、ハイスループット DNA 損傷性スクリーニング法(γ -H2AX システム)の基盤を開発した。一方で、 γ -H2AX システムをもっても難代謝物質である多環芳香族炭化水素等、一部化学物質の DNA 損傷性検出は難しく、その検出が課題として残っている。

(2)目的

本研究では、上記背景を踏まえ、現行の γ -H2AX システムを難代謝物質の DNA 損傷性検出にも対応できよう高度化すること、加えて現行の γ -H2AX システムを用いたテスト(限定)スクリーニングを実施し、既存遺伝毒性試験との結果の相違等を体系的に整理し、産業化学物質の DNA 損傷検出において γ -H2AX システム利用が可能であるかどうかを見極めることを目的とする。具体的には以下の通り。

1.-H2AX システムによるテスト(限定)スクリーニング(産業衛生学会発がん分類 2 群 A, B を中心に IARC 発がんリスト等も考慮し選択)

2. 遺伝子導入による代謝酵素高発現細胞の作成と γ -H2AX システムへの組み込み

3. 1.で検出された強 DNA 損傷性物質の損傷誘導メカニズムの解析

(3) 方法

目的 1 について:

培養細胞に代謝酵素 (CYP 系)を発現するプラスミド DNA を遺伝子導入し、一定期間選択培地で選択し、代謝酵素高発現細胞を作成する。なお、多環芳香族炭化水素類(例:ベンゾピレン等)は難代謝性物質として知られているが、これらの代謝には CYP1A1, 1B1, 3A4 などが関与していると考えられている。また、塩素系有機化合物(トリクロロエチレン等)や芳香族アミンの代謝(オルトルイジン等)には CYP2e1 の関与があると考えられるため、これら CYP の遺伝子導入をまずは検討する。

目的 2 について:

産業衛生学会発がん分類 2 群 A, B を中心に IARC 発がんリスト等も考慮し被験物質を選択し、 γ -H2AX システムによるテストスクリーニングを実施する(研究期間を通じて、200 物質前後を予定)。被験物質については事前に十分調査した上で、複数の類(グループ)に分けて実施する。具体的な方法については以下のとおり、96 well plate に細胞を播種し、被験物質を $1 \mu\text{M}$ - 100mM の範囲で 4 時間作用する。作用後、蛍光免疫染色法を用いて γ -H2AX 応答を蛍光プレートリーダーで解析する。なお、対象物質に含まれる難代謝性物質については、別途目的 1 で作成した代謝酵素高発現細胞においても解析をする。

目的 3 について:

目的 2 のテストスクリーニングにおいて、被験化学物質の DNA 損傷性を“なし、またはあっても弱い”、“中程度”、“強い”の 3 段階に分類することを考えている。“非常に強い”に分類されたものの中から、産業衛生研究上重要であると考えられる物質について、過去の報告例等を勘案しながら、DNA 損傷誘導メカニズムを解析する。

(4) 研究の特色・独創性

本研究の特色は、産業化学物質の DNA 損傷性を γ -H2AX に着目して、スクリーニングする点にある。本研究のように、 γ -H2AX を用いて、ある程度の数の化学物質の DNA 損傷性をスクリーニングしようとする試みは過去に前例がなく、本研究の遂行によって得られる結果やノウハウの蓄積は価値が高いもの

と考えられる。また、難代謝性物質の DNA 損傷の検出には、通常、S9 mix で前処理を利用するのが通例であるが、本研究のように代謝酵素高発現細胞を作成し、DNA 損傷を検出しようとする試みは独創性が高いと考えられる。

【研究計画】

平成 31 年度開始予定プロジェクト研究で扱う内容と、本基盤研究の内容の一部が重なるため、本研究内容の一部を計画変更する。具体的には以下の通り。

(変更する計画): γ -H2AX システムによるテスト(限定)スクリーニングについて

年間 60 物質前後(研究期間 3 年間トータル 200 物質前後)の化学物質をスクリーニングする予定であったが、これを 40 物質前後に変更する(研究期間 3 年間トータル 120 物質前後)。なお、スクリーニング数の変更のみであり、その他は変更なし。

(理由)

平成 31 年度開始予定プロジェクト研究において、産業衛生学会が勧告する経皮吸収の蓋然性がある化学物質を中心に皮膚透過性の定量的スクリーニングを実施予定であるが、当該皮膚透過性評価と併せて毒性(DNA 損傷性含む)評価も実施するため、本基盤研究でスクリーニング対象とする化学物質に一部重複が生じるため。

2. 1.で検出された強 DNA 損傷性物質の損傷誘導メカニズムの解析

令和元年度も H30 年度と同様に、 γ -H2AX システムにおいて、DNA 損傷性が極めて高い、または γ -H2AX 誘導を抑制するような化学物質が発見された場合、学術的な重要性や現場要求性等を考慮しながら、メカニズム解析を実施する(3 物質程度)。

3. 遺伝子導入による代謝酵素高発現細胞の性質確認と γ -H2AX システムへの応用

H30 年度に作成した代謝酵素高発現細胞が目的酵素を高発現しているかどうかの確認をとる。また、難代謝性物質の DNA 損傷性を当該細胞で検出できるのかどうかを検討する。

【研究成果】

1. γ -H2AX システムによるテスト(限定)スクリーニングについて

芳香族アミン類及びその構造類似物質、結晶質シリカ粒子等、合計 20 物質程度について、 γ -H2AX スクリーニングを実施した。化学物質については、一定の作用濃度範囲における γ -H2AX 応答をもとに、DNA 損傷性の強さを「特強・強・中・弱」の 4 段階程度に分類することができると考えられた(例えば、「特強」には、3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノジフェニ

ルメタン等、「強」には、2-メルカプトベンゾチアゾール等、「中」には、オルトトルイジン等、「弱」には、アニリン等)。シリカ粒子においては、平均粒径約 1.6 μm の respirable 粒子が確実に γ -H2AX 誘導を示した。これまでにシリカ粒子が in vitro で DNA 損傷を誘導するか否かは結論が曖昧であったが、本研究において、結晶質シリカが in vitro において、DNA 損傷性を示すことを明確にすることができた。

(4) 芳香族アミン類の経皮吸収についての実験的検討

王 瑞生(産業毒性・生体影響研究 G), 柳場由絵(同), 小林健一(同), 豊岡達士(同), 須田 恵(同)

【研究概要】

(1) 背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズ, 防災計画との関連性など)

2015 年福井の化学工場で数十名の従業員から 5 名程の膀胱がん事例が報告され、労働衛生分野の大きな問題として、行政だけではなく、社会的にも注目されている。その後、この工場及び関連工場ですらに 5 名の発症が確認され、現在は 10 名の症例となった。この発生率は明らかに一般の膀胱がん発生率より著しく高い。また、発症した従業員の年齢も若年であった。このような状況から考えると、作業場の環境因子が関与している可能性が高い。本研究所が当該工場における化学物質の使用・ばく露と膀胱がん発症との関連について災害調査を実施した。その結果、 α -トルイジン(OT)、2,4-キシリジン(2,4-ジメチルアニリン、DMA)、アニリン(ANL)、アニシジン(ANS)等の芳香族アミン類が染料・顔料製造用原料として使用されて、環境測定などから従業員はこれらの物質のばく露を受けていたことが判明した。

OT はラットを用いた動物実験では乳腺、膀胱などががんの発生率が高くなるとの報告がある。また、アメリカのゴム製造工場において多数の膀胱がんが発症したことから、2012 年に IARC が発がん性分類 1 に引き上げた。福井の化学工場で発症した膀胱がん症例の従業員はいずれも OT にばく露したことから、この物質が原因物質として疑われている。他のアミン物質の発がん性情報は乏しく、現在、DMA と ANL はグループ 3、ANS はグループ 2B となっているが、膀胱がん発生への寄与も疑われている。

しかし、現場での調査から、OT や他のアミン類物質はいずれもばく露限界値、とりわけ最も低い日本産衛学会の許容濃度値である 1ppm(OT)と比較しても極めて低いばく露量であることが判明した。一方、作業者の尿中から比較的高い濃度の OT またはそ

2. 1. で検出された強 DNA 損傷性物質の損傷誘導メカニズムの解析

スクリーニングで強い γ -H2AX 応答を示した数種類の物質について、DNA 損傷メカニズムの解析を実施している。令和元年度には、論文報告の有無を考慮して、2-メルカプトベンゾチアゾール、オルトクロロアニリン、4-クロロ-オルトトルイジン、結晶質シリカを対象に進めた。

の代謝物が検出され、作業環境中濃度と大きな乖離を示した。この結果から、吸入ばく露以外の経路、つまり経皮吸収、で体内に侵入したことが強く示唆された。OT と ANL については、少ないながら、その経皮吸収を示唆した報告があるが、定量的情報はない。また、他のアミン物質の情報は見つからない。さらに体内に入ったとして、その後どの臓器に移行するかは不明である。

職業性膀胱がんの発生原因を究明することが喫緊の課題であるが、現場で使用されていた芳香族アミンの体内侵入経路や膀胱組織への移行などの解明は必須である。

(2) 目的

芳香族アミン類の経皮吸収について定性的、定量的解析を行い、さらに標的臓器である膀胱への移行経路(血液、または尿)を解明する。このような検討から、作業現場空気中の芳香族アミン類の濃度が低いにもかかわらず、職業性膀胱がんが集団発生した原因究明の助けとなり、現場で有効な予防対策の策定に有力な情報を提供するのが本課題の目的である。

(3) 方法

各芳香族アミン類物質が皮膚経由で体内に入るか、またどの臓器に移行するか、さらに特定の臓器でどれくらい蓄積するかなどを解析するため、放射性アイソトープでラベルした物質を実験動物の皮膚に塗布後、定期的に組織を固定し、全身及び膀胱、腎臓、肝臓などの組織での滞留を解析する。これはいわゆる“オートラジオグラフィ法”である。さらに定期的に尿を収集し、尿中への排出量やパターンを解析する。このような解析から、経皮吸収の有無だけではなく、各臓器や尿への分布・排出の時間的割合も判明することができ、各物質のがん発生への寄与を解明するには重要な手段となる。

(4) 研究の特色・独創性

産業現場で5種類程の芳香族アミン類物質が使用されたが、OTとANLの皮膚吸入について少量の定性的報告しかない。本研究はオートラジオグラフィ法を用いて、各物質の経皮吸収やその体内分布動態を定量的に解析することで、これらの物質に関して、今まで無かった情報を提供できる点は本課題の特色である。

【研究計画】

現場で生じた膀胱がん症例の一部は、オルトクロロアニリン(OCA)のばく露歴もあり、またインビトロ実験でこの物質は強い遺伝毒性が観察された。しかしOCAの経皮吸収や体内動態に関する情報はほぼないのが現状である。2年目はOCAを検討の対象物質とする。前年度の検討対象物質DMAと同様に、OCAについてもその皮膚吸収性や体内動態が不明のため、放射性ラベリングしたOCAを用いてオートラジオグラフィ解析を行い、皮膚塗布後に全身及び膀胱、腎臓、肝臓などへの移行を経時的に定量する。

前年度のDMAや他の実験から得られたo-トルイジンの情報を含めて、職業性膀胱がん症例がばく露を受けたこれらの物質の皮膚吸収性、臓器特に泌尿器系への分布・排泄を解析し、がん発生における役割評価、ばく露評価用のバイオマーカー開発に

活用される。

【研究成果】

H30年度(初年度)の成果評価時には、対象物質DMAの実験はまだ実施中であった。放射性標識したDMAをラットの皮膚に塗布し、オートラジオグラフィ法を用いて全身及び膀胱、腎臓、肝臓などへの移行を定時的・定量的に解析した。投与後8時間で肝臓、腎臓、膀胱等に放射活性が高く、それらの臓器に移行していることが観察された。一方、投与後24時間では各臓器の分布濃度が減少していたが、膀胱では8時間より高い放射活性が観察された。これらの結果から、DMAは経皮から速く吸収され、腎臓・膀胱は主な排出経路であることが判明し、またo-トルイジンのデータと比較すると、腎臓・膀胱に滞留時間が長く、排泄は遅いことが判明した。DMAのこの特徴及び強いDNA損傷性を合わせて考えると、高い発がん性リスクを有すると言える。

令和元年度は皮膚吸収性や体内動態が不明のOCAについて、前年度と同様に、実験を行った。現在、解析中である。

対象の2物質についての皮膚吸収性、臓器特に泌尿器系への分布・排泄特性、さらに他の実験からの有害性情報を合わせて、リスク評価のエビデンスを提供し、学会や雑誌を通じて発信する予定である。

(5) 産業化学物質による生殖影響評価に関する実験的研究

大谷勝己(産業毒性・生体影響研究G)、小林健一(同)、
グアイジェモーセン(テヘラン大医学部、順天堂大医学部)

【研究概要】

(1)背景(主要文献、行政的・社会的ニーズ、防災計画との関連性など)

重金属を含め産業化学物質による生殖毒性が古来労働衛生上問題とされてきた。近年、女性の場合、骨に沈着した化学物質が、出産時に胎盤を通じて胎児へ大量に移行するという重大な事実が報告され、エコチル調査の様に妊娠女性、新生児、母親を対象とした世界的に追跡調査がなされている状況ではある。これらは一般環境に焦点をあわせた調査であるが、重金属が環境中に放出されるのは職場からであり、職場の中での新たな労働者の健康問題としても検討していく必要がある。これまでの基盤研究および科研費研究においてはヒトにおける妊娠初期の血中の極微量鉛が妊娠合併症を誘発することを示し、マンガン等の別の重金属においても同様の症状が起きることをつかみつつある。

(2)目的

本研究では労働現場で扱われているどの様な重金属が低濃度において生殖発達系にどの様な影響を及ぼすかを動物実験により明らかにする。

(3)方法

本研究では、産業化学物質(蓄積性のある対照物としてカドミウム、蓄積性のない対照物質としてフタル酸ジエステルを、被験物質としてマンガン、アンチモン等)を、雌雄の動物に投与し、雌の妊娠前・妊娠後前期・中期・後期および周産期における環境からのばく露によりどのような障害を引き起こすかを雄性生殖毒性とも比較し実験的に検証する。特に妊娠中の母体環境は生体恒常性維持に極めて重要な役割を果たすことから、妊娠期の化学物質ばく露と母動物への影響のほか新生児の計数学的指標も用い、正常な出産能力に影響がないかを多面的な手法を用いて相関性を解析する。

(4) 研究の特色・独創性

重金属には内分泌攪乱作用をもつものが数種あり、生殖系はその影響は受けやすい。しかも、微量濃度でのその作用は十分に明らかとされていない。したがって、労働環境における実験研究を行うことは、結果的に内分泌学、環境ホルモン学に多大な貢献が見込まれる。

【研究計画】

妊娠前のばく露期間を変えて蓄積による影響を調べる。また、蓄積性のない物質を用いて比較する。すなわち、妊娠出産への影響が知られている非蓄積性陽性対照フタル酸ジエチルヘキシル (DEHP) を妊娠動物に投与して、同様の影響を調べる。被験物質の候補であるマンガン、アンチモン、水銀のうち、「父親の職業的水銀ばく露と自然流産との関連を示唆する報告はあるものの、母親の妊娠前、あるいは妊娠期におけるばく露が及ぼす影響については確定的な報告がない」(環境省リスク評価書)とされる水銀を優先することとした。

【研究成果】

前年に引き続き塩化カドミウムのばく露時期やばく露期間を変えて妊娠への影響を検討した。雌の妊娠前・妊娠初期・中期・末期の4期に5回0.2mg/kg投与し妊娠末期に帝王切開し妊娠率等計測した(雌性生殖・発生毒性試験)。さらに、妊娠前を4期に分け0.2mg/kgを1, 2, 3, 4週間投与し、さらに2週間の回復期間において、交配し同様に妊娠率等を求めた(蓄積性雌性生殖毒性試験)。

実験Iでは母体重に変化はなく0.2, 0.4mg/kg投与群において胎児重量が低下した。また、0.2mg/kg以上の群において母獣あたりの胎児総体重が低下していた。雌性生殖・発生毒性試験では妊娠直前1週間前の投与により妊娠率の大きな低下が認められ、妊娠初期・中期でも低下、末期では回復が見られた。蓄積性雌性生殖毒性試験では4週間した群の妊娠率が最も低下していた。妊娠初期・中期・末期では胎児の感受性が異なり、妊娠前のばく露も妊娠後も影響すると考えられる。

(6) 若年労働者の健康リテラシー評価尺度の検討

佐藤ゆき(産業疫学研究G), 岩切一幸(同), 松尾知明(同), 佐々木 毅(産業ストレス研究G)

【研究概要】

(1) 背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズ, 防災計画との関連性など)

内閣府「子供・若者の意識に関する調査」によると、30歳未満の約60%の者は離職経験があり、約30%の者は早期離職を経験していた。また、その離職理由としては、心理社会的要因や健康関連要因が大半を占めていた。健康上の理由で離職する割合は、初職継続期間の短い人ほど高いとの報告もあり、初めての就職後には心と身体の健康の自己管理が重要と考えられる。

また、10年前と比べると、キャリア教育・職業教育を受けた割合が増加しているが、一方で離職割合に劇的変化がないことから、若年者で未就労時に得た情報や知識を就職後に適切に活かしていない可能性もある。労働生活への理解の浸透不足と、就労後早い段階での離職の理由として心理社会的要因や健康上の問題が少なくないことから、就労前に健康に関する全体的なリテラシーを高めておくことによって、就労後の健康問題や仕事場面での対処力の向上と心身の健康につながり、さらには心理社会的要因や健康上の理由による早期離職の防止にもつながると考えられる。

(2) 目的

本研究の最終目標は、若年労働者の心身の疾病予防と心理社会的要因による早期離職率を抑制することである。そのための基盤となる研究として、本研究では若年者を対象とした新たな健康リテラシー評価尺度の開発を目指し、評価尺度の実践的検証から就労前後の健康リテラシーと就労後の心身健康状態、勤務状況(離職兆候含む)との関連性について明らかにすることを目的とする。

(3) 方法

本研究では2つのステップにて研究を進める。

ステップ1: 新たな評価尺度の開発(WEB調査)

新たな評価尺度の項目を決定するために、メンタル、身体的健康、生活習慣、労働生活の質に関する先行研究や既存尺度を参考に、本研究のリテラシーの定義に合わせた多様な評価項目を作成する。次に、作成した質問項目を用いて約1,000名にWEBを介した予備的調査(後ろ向きのWEB調査)を行い、実データに基づき妥当な項目を統計理論から決定し、最終的に新たな評価尺度を作成する。調査内容は基本情報(年齢、現在の勤務状況、転職数、離職経験者はその理由等)、健康状態、心の状態(職業性ストレス度等)、初職前のリテラシー状態などで

構成し、得られた回答をもとに因子分析を行い評価項目の選定を行う。

WEB 調査の設計、参加者の設定条件は以下とする。

＜設計・設定条件＞

- ・調査時点 20 歳以上 30 歳未満
- ・初職として医療・福祉業（看護師、介護福祉士）に従事している者
- ・男女構成比 1:3
- ・勤続年数 1 年未満（新卒）、1-3 年、3-5 年、5 年以上＝ほぼ同比

条件設定のうち男女比については業種に占める割合を根拠に設定、年齢については成人年齢を最年少区分とした。

ステップ 2: 評価尺度の応用に関する実践的検証（追跡調査）

就職前の若年者を対象にステップ1で開発した尺度を用いた縦断調査（前向き追跡調査）を行い、就職前後の心身の不調並びに就労状況との関連性を検証する。就職後の調査は、就職後 6 か月頃を予定。リクルートは看護系並びに医療系の大学、専門学校等を介して募集を行う。

対象は調査開始時点で学生（未就労）約 500 名とし、医療・福祉業（看護師、介護福祉士）への就職予定者とする。男女比は 1:3 を目標とする。就職前の調査（ベースライン調査）では基本特性（年齢、就職先等）、心身の健康状態、健康リテラシー、就労への意欲等、就職後の調査（フォローアップ調査）ではベースライン調査と同様項目のほか、勤務状況等を自己回答式アンケートで調査を行う。得られたデータをもとに就職前のリテラシーと就職後の心身の健康状態、勤務状況（休暇取得状況、超過勤務時間、離職兆候等）との関連性を解析する。調査データは、対象者が指定の WEB サイトにアクセスし、アンケートに回答することにより収集する。

（7）時間知覚パフォーマンスを用いた精神的疲労評価法の検討と開発

小山冬樹（産業疫学研究 G）、劉 欣欣（同）、岩切一幸（同）

【研究概要】

（1）背景（主要文献、行政的・社会的ニーズ、防災計画との関連性など）

ヒューマンエラーや過労を防止する観点から、日常的に疲労の程度を知ることは重要である。疲労は身体的疲労と精神的疲労に大きく分けられるが、このうち、デスクワークや監視業務など、頭脳労働によ

（4）研究の特色・獨創性

本研究の特色は、就労前のリテラシーや就労後の初任者研修などによるリテラシーの変化が、就労後の心身の健康や労働生活の質などに及ぼす影響について検討する点である。また、本研究の獨創性は、ステップ 1 にて既に就職している若年労働者を対象に後ろ向きの WEB 調査を実施し、その後ステップ 2 にて就労前の若年者を対象に前向きのアンケート調査を実施し、これらの 2 つの調査から総合的に評価尺度を検討する点である。このようなリテラシー評価尺度はこれまでに開発されていないことから、本研究は学術的に挑戦的であり獨創性が高いと考える。

【研究計画】

新たな評価尺度の項目の作成並びに関連要因となる項目の選定を行う。最初に心身の健康、労働生活の質等の先行研究等を参考に本研究のリテラシーの定義に合わせ、かつ関連要因を把握するための多様な評価項目を作成する。次に、作成した質問項目を用いて 1,000 名に WEB を介した後ろ向き調査（WEB 調査）を行い、実データに基づいて評価尺度として妥当な項目を統計理論から決定し、最終的に新たな評価尺度を作成する。また、翌年実施予定の学生前向き縦断調査（追跡調査）の協力者リクルートに向けて協力校との調整を開始する。

【研究成果】

共同研究者間にて新たな評価尺度の項目の作成のための必須項目並びに関連項目の選定を行った。作成した質問項目を用いた（後ろ向き）WEB 調査の実施に向けて研究倫理審査のための各手続きを進めた。調査対象者については実施可能性の点（予算の問題）で見直しを再度行い、介護職・看護職に従事している 20 歳以上 30 歳未満の男女 1000 名の計画を変更し、同職の 20 歳以上 30 歳以下の女性 500 名に絞る予定である。

る精神的疲労が近年問題となっている。精神的疲労は過労や事故の要因になりうるため、精神的疲労の程度を日常的に評価・管理することは、これらの災害の防止対策につながると考えられる。このことから、精神的疲労の程度を適切な方法で評価する必要がある、そのための適切な評価尺度を確立することが望まれる。

精神的負荷による疲労または疲労感の評価方法としては、質問紙や VAS 法による主観的評価方法、心拍変動などによる生理学的評価方法、反応時間や精神運動覚醒検査 (Psychomotor Vigilance Test; PVT) などによる行動学的評価方法が存在する。

主観的評価方法は、実施が簡便であり、現状において多く用いられる方法である。しかしその反面、疲労感として意識に上らない疲労は評価することができない。また、被験者自身が結果を予測しながら回答することも可能であるという問題点もある。

生理学的評価方法は、高度に客観的かつ定量的な指標を得ることができるが、専門的な機材を必要とし、結果を得るまでに時間を要するものもある。日々の健康管理という観点からは簡便性も重要な要素であるため、生理学的評価方法のうち、この用途に適当なものは一部に限られる。

行動学的評価方法は、測定に際してセンサーを取り付ける必要がなく簡便的であり、また客観性もあることから、日常的な健康管理に適した方法であると考えられる。この評価方法は、疲労感がなくてもパフォーマンスが低下するなどの自覚的ではない疲労の変化を捉えるにも有用である。

PVT は精神的疲労評価に有用であり、現場での測定にも普及している一般的な方法である。しかし、PVT の主な測定対象は単純反応のみであるため、状況判断、状況予測、行動計画、意思決定などの高次脳機能の疲労影響は測定できない。これらの脳機能への影響は精神的疲労評価の観点から重要な要素であるため、PVT の使用に加えて他の評価方法も検討する必要がある。

状況判断、状況予測、行動計画、意思決定などと関連する脳機能としては、時間知覚が知られている。時間知覚は、時間の経過を知るための脳機能であり、ヒトの脳はこの情報を基に、動作のタイミングの合致、因果関係の判断、状況判断、意思決定などを行っていると考えられている。時間知覚に影響を与える要因については、さまざまな報告がなされており、例として、注意力や記憶力、認知機能、自律神経系の活動、特定の脳部位の活性度、疾病、加齢、性差、情動などが挙げられる。

時間知覚のパフォーマンス評価は、時間推定や時間再現の正確さ、時間分解能の精細さなどを測定することにより求めることができる。これにより得られた時間知覚パフォーマンスは、同一被験者であっても、測定時の状態 (体調、眠気など) によって変動することが知られている。

(2) 目的

そこで本研究では、時間知覚パフォーマンスと精

神的疲労の関連性を検討し、時間知覚パフォーマンスを用いた精神的疲労評価法を開発する。具体的には、精神的疲労を反映する時間知覚パフォーマンス測定タスクを検討し、それらの測定結果に基づいた精神的疲労の指標を検討する。また、それらの測定と評価を簡便に実施するためのアプリケーション・ソフトも開発する。

(3) 方法

本研究計画ではまず、精神的疲労評価に適した時間知覚パフォーマンス測定テストの選定、および、精神的疲労タスクの選定を目的とした予備的な実験を行う。

時間知覚パフォーマンスと精神的疲労の関連性を調べるため、既存の精神的疲労評価法による測定と時間知覚パフォーマンスの測定を同時に行う被験者実験を実施する。実験では、精神的疲労タスクによって疲労を引き起こす前後において両者の測定を行い、精神的疲労がどの程度時間知覚パフォーマンスの測定結果に反映されるかを検証する。既存の疲労評価尺度としては、主観的評価法として質問紙や VAS 法、生理学的評価法として心拍変動、行動学的評価法として PVT を用いる。

測定結果を基にして精神的疲労測定に適した測定テストを選定し、それらの測定値から算出可能な精神的疲労度の指標を作成する。また、精神的疲労度の指標を算出するためのタスクをアプリケーション・ソフトとして実装し評価する。

(4) 研究の特色・独創性

本研究の特色は、PVT などの単純反応よりも高次の精神的疲労評価に着目した点である。また、その評価法をアプリケーション・ソフトにまとめ、web にて公開する点である。精神的疲労評価法に関しては、多くの先行研究があるが、時間知覚パフォーマンスを用いたものは存在しない。また、時間知覚は、心理物理学、神経生理学などの基礎研究分野では研究が発展してきている研究テーマであるが、そこで得られた知見の社会的応用は今後の研究に期待されるところである。

【研究計画】

(1) 測定テストの選定

時間知覚パフォーマンスを測定するタスクのうち、精神的疲労評価法として使用可能な条件に適しているものを選定する。この条件とは、同一状況下 (同一被験者、精神的疲労度が同程度) での測定結果の再現性が高いこと、練習効果が少ないか簡単に習熟できること、測定テスト自体による被験者への負荷が少ないこととする。

選定にあたっては、まず、複数の測定テストを候

補として挙げる。候補の選定においては、測定における適切なパラメータも同時に検討する。具体的には、時間長弁別タスク、リズム逸脱検出タスク、リズムタッピング維持タスクなどを想定しており、刺激提示時間、リズムの速さなどのパラメータを検討する。

次に、それぞれの候補について、実際に測定を行った結果から、精神的疲労評価法として使用可能な条件に適合しているかを評価する。具体的には、複数回の測定結果から求められる測定値の変化量や級内相関係数、また、主観的評価などから、総合的に測定テストを評価する。

(2) 精神的疲労タスクの選定

疲労による効果を検証する令和2年度における実験の準備として、精神的負荷の高いタスクを選定する。精神的負荷の高いタスクとは、高い集中力や記憶力を要求するものであり、具体的には、複数の課題を同時に遂行するマルチタスクを想定している。このタスクによって精神的疲労が起こることを確認するため、主観的評価や PVT などによって疲労度の評価を行う。

(3) 令和2年度における実験の準備

選定した測定タスクと精神的疲労タスクを含む実験プロトコルを作成する。

【研究成果】

令和2年度の実験で用いる時間知覚パフォーマンス測定テスト、および、精神的疲労タスクを選定した。時間知覚パフォーマンス測定テストには、タッピングテストを採用した。タッピングテストとは、提示された等間隔の音のリズムに合わせて人差し指で平面をタップする課題であり、これによりタッピングの時間的な正確性が明らかになる。精神的疲労が高まると、タイミング予測の正確さ、注意集中の度合い、動作計画の精密さが低下し、その影響がタッピングの時間的な正確性に反映されるため、タッピングテストによって精神的疲労を評価できると考えられる。

精神的疲労タスクには、種々検討した結果、暗算タスクを採用する。暗算タスクは、画面に次々と提示される1桁の数字を記憶しながら足し合わせ、答えを入力する課題である。この課題は先行研究にも用いられており、数字の提示間隔によって難易度を調節できるという利点がある。

本研究は、所内研究倫理審査にて承認された。

(8) MOCA ばく露による膀胱がん発症に関する疫学的調査研究

甲田茂樹(所長代理)

【研究概要】

(1) 背景(主要文献、行政的・社会的ニーズ、防災計画との関連性など)

o-トルイジンのばく露による膀胱がん発症事案が注目されているが、厚生労働省が o-トルイジンを含めた芳香族アミン取扱い作業における膀胱がん発症事案を調査する中で、3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノジフェニルメタン(以下、MOCA とする)にばく露した可能性のある労働者に膀胱がんが発生した事案が確認された。安衛研は厚生労働省の依頼により当該事業所に赴いて災害調査等を実施した。しかし、MOCA を取り扱う作業は既に廃止されており、作業内容やばく露等の情報は得られずにいたが、その後、膀胱がん罹患した労働者や退職者が増加していたため、過去の MOCA 取扱いやばく露等を含めて改めて調査することとなった。その結果、2017年3月末時点で当該事業所より合計12名の膀胱がん等が発症し、うち MOCA にばく露していた可能性のある労働者や退職者は10名に上っていた。

(2) 目的

MOCA は労働安全衛生規則では特化物第2類と

して管理されてきたが、発がん物質という認識はなかった。2010年にIARCがMOCAをグループ1に変更したが、その際の科学的根拠として台湾の事例報告のみ取り上げ疫学データの裏付けは希薄なものであった。これらが影響してか、日本産業衛生学会の許容濃度委員会では発がん性分類を2Aのまま据え置いた。そのようなことから MOCA のばく露による膀胱がん事案の発症状況は今後の労働衛生管理に大きな影響を与えるため、本研究の目的は当該事業所における膀胱がん事案と MOCA ばく露との関連を調査することにある。

(3) 方法

当該事業所の協力を得て以前の職歴や労働者へのインタビュー調査等から MOCA の取扱いやばく露状況を把握してばく露集団を確定する。その集団からどの程度膀胱がん等が発症したかを調査・追跡することでばく露集団からの膀胱がん事案の発症リスクを推定する。今までの膀胱がん事案の発症状況から MOCA ばく露中止後かなりの年数が経ってからも膀胱がんが発症したり、膀胱がん以外の泌尿器腫瘍なども発症していることなどから他の疾患の発症状況も

合わせて検討する。

(4) 研究の特色・独創性

MOCA ばく露と膀胱がん発症との因果関係については IARC 等の国際研究機関や専門とする諸学会等との見解が必ずしも一致していない。背景には両者の関連を示す疫学調査や多発事案の報告がないことがある。従って、本研究は産業保健研究で初めとなる MOCA ばく露に伴う膀胱がん事案の研究となり、産業疫学分野における職業がんの研究として大いに貢献できる可能性がある。

【研究計画】

平成 30 年度のアンケート調査への協力状況にもよるが、平成 31 年度は未参加者を対象として再度アンケート調査を実施し、健康診断の結果については

引き続いて観察することとする。それらを踏まえて、MOCA 取扱者における膀胱がんの発症率を計算して、MOCA ばく露による膀胱がんの発症への寄与を疫学的に明らかにする。

【研究成果】

厚生労働省を通じて調査研究の続行を交渉中であり、得られ次第、回収できなかった調査票の収集や他の尿路系腫瘍の特徴等を把握して、研究結果をまとめる予定である。

本件に関連して MOCA ばく露に伴う膀胱がんの労災認定が申請されているため、MOCA の取扱い作業内容やばく露に関わる情報、保護具の使用状況などの情報を行政に提供していく予定である。

d. 労働衛生工学研究領域

(1) 作業環境測定用捕集剤および呼吸保護具除毒剤の効果的な利用に向けた研究

安彦泰進(作業環境研究 G)

【研究目的】

(1) 背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズ, 防災計画との関連性など)

多孔性吸着材料である活性炭およびシリカゲルは、作業環境測定での各種有機ガスの捕集剤として多く活用されている。活性炭は呼吸保護具(防毒マスク)での除毒剤としても利用されており、これらが労働安全衛生上果たす役割は今後も非常に大きいと判断される。本研究では、研究代表者が平成 30 年度までに行った上記各材料に関する各基盤的研究で得られた知見や情報を整理し、追加実験も行うことによりそれぞれの効果的な利用についての検討を進めることを目的とする。詳細は次項以降に記載する。

(2) 目的

【捕集剤】

シリカゲルは乾燥剤としても多用される親水性の物質であり、極性有機化合物(水溶性のあるアルコール類など)のガスの測定に有効であるとして、疎水性の活性炭を補う捕集剤として利用されているが、詳細には不明な点が多い。ここで平成 30 年度までに実施した基盤的研究 N-F28-03 では、ごく低濃度の領域(管理濃度としておよそ 10 分の 1 以下)ではむしろ活性炭捕集剤のほうが高い抽出効率(脱着率)を示すアルコール類の事例が見られ、精度の良い測定のためには活性炭捕集剤のほうが有効である可能性を示す結果となった。これより逆に、上記の低濃度領域で活性炭捕集剤での脱着率が低い有機化学物質に対して、シリカゲル捕集剤のほうが有効となる可能性がある。双方の捕集剤の相互の効果的な利用に向けて、これらの実態の解明を進めることを目的とする。

【除毒剤】

これまで研究代表者は、平成 15 年度までに産業医学総合研究所において行われた呼吸保護具吸引缶を模した活性炭層での有機ガス破過測定(性能試験)の実験データを基に、当時の担当者との議論や各種のシミュレーション・理論計算との比較の結果をまとめ、終了課題での成果として公表を進めてきた。これらは外部の研究機関や民間企業からはおおむね好評であり、講演や執筆の依頼のほか、更なる情報の提供を求める意見も寄せられている。しかし、実験の実施より既に時間が経過し、当時の関係者の高

年齢化も進んでいることから、残データの整理を課題として行い、最終的なまとめとする。

(3) 方法

【捕集剤】

「作業環境測定ガイドブック」においては、活性炭並びにシリカゲル双方の捕集管の測定対象として全く同じ有機ガスの表が示されており、双方の効果の違いについては触れられていない。そこで目的に記載した考えを基に、複数の有機化合物に対して、特に管理濃度の 10 分の 1 以下の領域での双方の捕集剤の脱着率測定についての対照実験を進める。測定方法は実際の作業環境測定における有機ガス成分の吸着・抽出により近い状態を実現する、直接添加法を採用する。対象とする有機化合物の選定については後述の研究計画に記載する。

【除毒剤】

産業医学総合研究所当時の性能試験データについて、呼吸保護具での直結式小型吸引缶を模した重量 35g 前後の活性炭層でのデータはほぼ整理と公表を終えているが、より大型の重量 80g の活性炭層でのデータが電子ファイル 1 個分程度残っている。これらの実測データを使用し、各種シミュレーション・理論計算の結果と比較対照を行い、それらの有効性や、重量 35g 前後の場合との違いを明らかとする。詳細は後述の研究計画に記載する。

(4) 研究の特色・独創性

環境測定のサンプリングや呼吸保護具のための吸着材料の研究は、大学・研究機関等での取り組み自体が非常に少ない。特に材料系の研究者には労働環境は研究対象としてほとんど意識されておらず、今後も取りあげられる可能性は小さい。また、本研究では活性炭やシリカゲル個々の試料での有機ガスの吸着・脱着性能において新しい学術・実用的知見を得ることが期待される。加えて、各捕集剤の低濃度領域での脱着率や、呼吸保護具吸引缶を模した活性炭層での有機ガス破過の詳細を明らかとすること自体も実用上有益な情報となる。

【研究計画】

(1) 【捕集剤】

作業環境評価基準において取り上げられるアルコール類のうち、過去の基盤的研究において検討が行えなかったイソブチルアルコール、イソプロピルアルコール、メタノール、メチルシクロヘキサノールを

中心に測定対象を決定し、管理濃度の10分の1以下での活性炭捕集剤とシリカゲル捕集剤での脱着率測定の対照実験を行う。

(2)【除毒剤】

産業医学総合研究所当時の性能試験データについて、重量80gの活性炭層でのデータを使用し、有機ガス破過の理論式である Wheeler-Jonas 式との一致の検討を行うほか、シミュレーションプログラムである NIOSH MultiVapor、田中茂らの提唱する RBT(破過時間相対値)により計算された破過時間(利用可能時間)との比較対照を行い、それらの有効性や重量35g前後の場合との違いを明らかにする。

【研究成果】

【全体に共通】

研究の開始にあたり2019年4月より現在まで、労働安全衛生用機器・器材に関わるメーカーおよび団体7箇所のおもに技術系担当者との情報交換のための訪問・懇談を行った。これによりそれぞれの捕集剤・除毒剤への認識を理解することが出来、有意義な知見と交流を得る機会となった。以降はその知見を基に研究を進行した結果である。

【除毒剤】

産業医学総合研究所当時の性能試験データについて、これまで未整理であった重量80gおよび258gの活性炭層でのデータを使用し、有機ガス破過の理論式である Wheeler-Jonas 式との一致の検討をはじめ、シミュレーションプログラムである NIOSH MultiVapor、田中茂らの提唱する RBT(破過時間相対値)により計算された破過時間(利用可能時間)との比較対照を行った。その結果、重量35g前後の活性炭層の場合と同様に、それらは有効な適用が可能であることが判明した。これは活性炭層の使用重量に幅のある現状に対して役立つ結果である。

【捕集剤】

実験の開始に先立ち、本研究に先行して実施した基盤的研究 N-F28-03 において得られた、活性炭捕集剤での有機溶剤脱着率の濃度依存性に関するデータについて、あらためて文献情報を含めた整理のうえで産業衛生学雑誌へ投稿し受理された。また、シリカゲル捕集剤を中心としたデータについて学会発表(PACRIM13)での公表を行った。

(2) キャピラリー電気泳動及び液体クロマトグラフィー/質量分析法による 作業環境測定のための芳香族アミン分析法の開発

井上直子(作業環境研究 G)

【研究概要】

(1)背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズ, 防災計画との関連性など)

リスクアセスメントが2016年6月より施行され、より多くの化学物質について作業環境の測定法の開発が期待されている。そのため、精度が良く高感度な分析方法だけでなく、さまざまな事業所でより多くの試料に対応できるように、高精度・高感度・安価・簡便な分析方法の提案が必要と考えられる。また、2015年12月に芳香族アミンを扱う現場で膀胱がんの発症が報告されたことから、特定化学物質以外の芳香族アミン分析法が求められ、基盤研究を実施してきた。作業環境測定に使用される機器以外についても芳香族アミンの測定方法を提案することは、リスクアセスメントのばく露評価において測定を導入したい事業者にとって有用な情報となり得る。

(2)目的

本研究は芳香族アミンの測定法を探索し、ガスクロマトグラフィー(GC)や液体クロマトグラフィー-紫外吸収検出(LC/UV)以外の有効な分析法を提案

するために、キャピラリー電気泳動法(CE)や液体クロマトグラフィー/質量分析(LC/MS)の導入の可能性を明らかにする。

(3)方法

本研究では、作業環境測定に使用される機器以外の機器として、作業環境測定に適用可能な CE を用いた測定法の開発を行う。CEは、内径50-100 μ m程度のキャピラリー内に泳動液を満たし、試料溶液を注入後、両端に電圧を印加し、電気泳動を行う事により、試料中の化合物を分離分析する方法である。この方法は、有機溶媒量の使用量及び試料溶液量が少なく、HPLCと異なりカラムを変更することなく、泳動液の組成変更のみで分離条件を変更できるなどの利点がある。そのため、分析者の有機溶媒ばく露のリスクが低く、カラム等を保有する必要が無いため、測定機関の負担が比較的 low、リスクアセスメントのばく露評価において測定を導入したい事業者にとって使用したい分析機器の一つであると考えられる。また、LC/MSはLC/UVに比較して化合物の同定能力の高い分析機器であるが、作業環境測定

では利用例が少ない。そこで、この二つの分析法を作業環境測定に適用するために、分析条件や前処理条件等を詳細に検討し、実用性のある測定法とする。

(4) 研究の特色・独創性

芳香族アミンの作業環境測定に用いられる機器は限定されているが、例えば GC による方法では液-液抽出等の前処理操作の際に分析者が芳香族アミンにばく露するリスクが高い。芳香族アミンを分析する上で、分析者の芳香族アミンへのばく露リスクが低い分析方法が望ましい。また、作業環境中の共存物質存在下において、選択性の高い方法が望まれるが、CE 等の電荷等により分離する方法は電荷をもたない化合物等と容易に分離できるため、GC では分析が困難な現場においても CE により容易に分析が行える場合がある。

【研究計画】

令和元年度は H30 年度に引き続き、下記(1)-(3)について検討を行う。また、新たに(4)についても実施する。

(1) LC/MS による分離条件の最適化

LC/MS により、芳香族アミンの分離条件の検討を行う。サロゲート物質を用いた方法を検討し、定性性の高い分析方法の開発を行う。

(2) CE による分離条件の最適化

CE による芳香族アミンの分離条件の検討を行う。LC/MS と同様にサロゲート物質を用いた方法による分析方法を検討する。

(3) 芳香族アミン分析の CE 条件の最適化の検討

芳香族アミンの捕集試料は強酸性であるため、高感度化(キャピラリー内での試料濃縮等)が適用可能な条件を検討し、最適化を行う。また、芳香族アミンの高感度検出についても検討を行う。

(4) 模擬試料抽出条件の検討と最適化

作業環境の試料採取で用いられているフィルターに添加した芳香族アミンの CE 及び LC/MS 試料として適する抽出方法の検討を行う。

(5) 成果の公表

(1)-(4) で得られた成果を、学会、論文や解説記事等により公表する。

【研究成果】

令和元年度の年間計画 (2)キャピラリー電気泳動(CE)による分離条件の最適化、(3)芳香族アミン分析の CE 条件の最適化の検討、(4)模擬試料抽出条件の検討と最適化(CE 部分)を行った。

CE による有機溶媒ばく露が低リスクの芳香族アミンの分析法開発のため、泳動液等に有機溶媒を全く使用しない条件下で、オンライン試料濃縮法(キャピラリー内で分析対象物質である芳香族アミン濃度を増加させることによる高感度化方法)の条件検討を行い、芳香族アミンの分析を行った。高い塩濃度の試料溶液条件下においても検出感度が向上し、オルトトルイジンについては 1 μ g/mL 試料を検出可能であったため、検出感度においては、作業環境の測定に適用可能なレベルであることを確認した。また、硫酸含浸フィルターに芳香族アミンを添加回収した模擬試料においても、同様に検出感度が向上した。

(3) 作業環境中の測定のためのイオン移動度分析装置の開発

高谷一成(作業環境研究 G)

【研究概要】

(1) 背景(主要文献、行政的・社会的ニーズ、防災計画との関連性など)

労働者が働いている工場などの作業環境ではさまざまな人体に有害な化学物質があふれており、知らず知らずのうちに体内に取り込まれているが、その化学物質ばく露が人間の健康にどのような影響を及ぼすのかはよくわかっていない。

その主な要因は、作業環境中に存在する化学物質の種類の多さと健康影響の多様さ、個人によって症状が発現したり、しなかったりすることなどがあげられるが、さらに空気中の化学物質の人へのばく露量を適切に評価することが十分に行われていないため

と推察される。

通常個人への化学物質のばく露量を評価するためにはばく露量をばく露経路ごとに推定する。しかしながら現在、化学物質のばく露量評価は、代表的な作業環境を実測するのが最も精度が高く、災害現場の調査などで行われている。しかし、作業環境中の化学物質と一言で言っても気温や空調などによる空気の流れなどによって時々刻々と濃度は変動しており、時には数倍程度変動する事もある。また特定作業による瞬間的な高濃度ばく露なども起こりえる。作業環境中の化学物質の測定については、捕集管に空気中の化学物質を吸着させ、そののち脱着、ガスクロマトグラフィー/質量分析計(GC/MS)で定性、定

量をする現行法ではかなり時間がかかり、すぐには空気汚染の実態がつかめないため、リアルな化学物質濃度情報を反映しないことが問題であり、重要な因子を見逃してしまう危険性もある。

(2) 目的

本研究では通常の GC/MS による化学物質分析のように前処理を必要せず、リアルタイムに作業環境中の化学物質を分析できる装置の開発と作業環境測定に特化した分析をするための測定メソッドの作成、また本装置を使用した作業環境調査を実際に行える事を確認する。

イオン移動度分析装置は GC/MS などの質量分析装置と異なり、大気中で化学物質の定性、定量分析を行えるため、真空装置を必要としない。そのため、可搬型の分析装置となり作業者が携帯することも可能である。また分析時間がわずか数十秒～数分と非常に短いことや、質量分析装置と異なり、質量数ではなく、幾何学的構造(衝突断面積)によって選別するため、同質量数の化学物質も同定可能であることも特徴として挙げられる。

本研究では労働者に影響を及ぼす事が分かっている化学物質について、従来の GC/MS 分析では困難である短時間ばく露について詳細に分析を行うことができる装置の開発を行う。本装置の初期対象化学物質として、特にメチルプロピルケトン及びメチルエチルケトンのリアルタイム分析を行うことを考えている。これらの化学物質は塗料やインキ、接着剤を溶かしたり、アクリル・ウレタン・エポキシ樹脂などの各種洗浄などを行う工場で幅広く使用されている。特にメチルプロピルケトンは短時間ばく露量が重要な化学物質であり、このような化学物質についてリアルタイムでモニターできる装置を開発することは労働衛生や産業衛生の観点からも極めて重要である。これら化学物質以外にもさらに測定対象物質を拡張することを目指し、短時間ばく露により作業従事者の健康に影響を及ぼす化学物質に関する新しい知見を得たいと考えている。

(3) 方法

本研究は作業環境をリアルタイムに分析するためのイオン移動度分析装置を一から作り上げる装置開発研究である。量子化学計算(Gaussian 09W)およびイオン移動度計算ソフト(MOBCAL)により、作業環境中で重要となる分析可能な化学物質について選定を事前に行う。その後、開発した本装置を用いて理論計算により選定した分析対象化学物質について検量線を得て、作業環境中の測定や災害調査に使用できる事の確認を行う。作業環境調査等の現場での実測を行った上で、本装置の測定精度や感度

の評価を行う。改善の必要がある場合はイオン強度を向上させるインターフェースを取り入れる等の改善を図る。また作業環境に特化した装置にするため、作業環境中に存在する化学物質分析を高精度で行うためのメソッドの作成も行っていく。

(4) 研究の特色・独創性

本研究ではリアルタイムモニタリング、化学物質の定性、定量を目的に作業環境中化学物質のばく露評価ツールを開発する。本研究の特徴としては、従来の GC/MS 分析では得ることが困難であった特定作業による短時間ばく露を測定することや、作業環境の化学物質の動向をリアルタイムにモニターすることが可能になるといった点が新しく、本装置は独創的なばく露評価ツールとして十分に期待できる。リアルタイムモニターとして VOC モニターがあるが、測定精度が低いものが多く、そのほとんどは住宅、オフィス、病院などの一般環境中で問題となっている化学物質のみに対応したものである。本装置は作業環境中で重要となる化学物質のばく露評価ツールを開発し提供することを目的としており、労働衛生に対する研究対象の拡大と多面的な解析が可能になることなどの意義がある。

将来的には本研究は、イオン化部をイオン付着法に変更することでリアルタイムに多成分の化学物質を同時に分析することも可能になり、短時間ばく露が重要となる化学物質に対する網羅的な警報装置、多成分リアルタイムモニタリングなどへの応用も期待でき、特許や製品化も十分に考えられる。

【研究計画】

(1) 高圧電源類の購入、電気回路の製作、装置の組み立てを順次行う。

(2) 作業環境や労働災害現場で重要となる化学物質について、理論計算から分析対象化学物質の絞り込みを行う。

【研究成果】

(1) 高圧電源類の購入、電気回路の製作、装置の組み立てを順次行う。

高圧電源類はすでに入手済みであり、その他必要な装置周辺部品についても購入済みである。電気回路の作成および装置の組み立ては現時点では順調に進んでおり、およそ半分程度完成した。ただし理論計算の結果、想定していたよりも高価であるより高性能な半導体スイッチが必要となったため、今年度購入する予定であったパーミエーターは来年度購入することとなった。

(2) 作業環境や労働災害現場で重要となる化学物質について、理論計算から分析対象化学物質の絞り込みを行う。

理論計算については、移動度のシミュレーションおよびプロトン親和力から当初予定していたMethyl propyl ketone、Methyl ethyl ketoneだけでなくさらに新規にFormaldehyde、Butadiene、2-Imidazolidinethioneを測定対象物質として増やした。これらの化学物質について実験室実験を行うための試薬も購入済みである。また理論計算から、これらの測定対象

物質と作業環境で想定される妨害物質の移動度がほとんど同じであるため、想定していたものよりさらに高性能の半導体スイッチが必要であることが分かった。

原子衝突学会第44回年会において研究成果発表を行った。

(4) トンネル建設工事における粉じんばく露防止のための濃度測定方法に関する研究

中村憲司(作業環境研究G), 大塚輝人(化学安全研究G)

【研究概要】

(1) 背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズ, 防災計画との関連性など)

トンネル建設工事における粉じんばく露防止対策は長年にわたる課題であり、粉じん障害防止総合対策においても第5次(平成10~14年度)から第9次(平成30~令和4年度)まで継続して重点項目に挙げられている。研究所においても、平成28年度からプロジェクト研究「山岳及びシールドトンネル建設工事の労働災害の防止に関する研究」(代表: 吉川直孝)のサブテーマ2として粉じん対策に関する研究を実施しているところである。また、平成29年度に行政要請研究「トンネル建設工事の切羽付近における粉じん濃度測定に関する研究」(代表: 鷹屋光俊)の中で実施したトンネル粉じん調査結果を厚生労働省が開催している「トンネル建設工事の切羽付近における作業環境等の改善のための技術的事項に関する検討会」に資料として提出している。

この調査結果等を基にして、検討会で今後トンネル建設工事における切羽付近での粉じん濃度測定が決められていくこととなるが、トンネル切羽付近では、肌落ち、重機との接触等安全性の問題があり従来の作業環境測定のような粉じん濃度測定方法で全体像を把握することは難しく、また定点測定では機器の設置スペースが取れない、個人サンプラーによる測定では機器が作業の邪魔になるといった課題もあった。このような課題への対応を図るためには更なる検討が必要であるが、現場調査において詳細な検討を行うことは作業に支障が出るため非常に困難である。

(2) 目的

本研究では、現在の粉じん測定方法の改善及びより簡易な測定法を導入することで、トンネル建設工事における日常的な粉じん濃度管理のための測定を、作業への支障が少ない形で実現することを目的

として以下の事項を検討する。

1. トンネル切羽付近の粉じん濃度の全体像を把握するために空間分布及びその時間変化を測定し、トンネル建設現場の作業環境改善に活用するために適切な測定位置や測定方法等に関する知見を得る。
2. 中小断面等定点測定での作業環境の把握が困難なケースや換気によって目標濃度を達成することが困難なケースを想定し、装置の簡易化や保護具体内の測定等個人サンプラーによる測定方法の改良を図る。

(3) 方法

現在トンネル建設工事において実施されている換気の確認のための粉じん測定では、簡易化のために予め与えられた質量濃度変換係数(K値)を使用することになっているが、測定対象ではない粗大粒子による影響が懸念されている。そこで、測定対象である吸入性粉じんの分粒装置を取り付けた粉じん計による粉じん相対濃度及びK値への影響を評価し、一定のK値を決定して実際の現場で使用する際に留意すべき事項について明らかにする。

また、個人サンプラーによる測定では作業者の負担感を軽減するために、より小型の機器の必要性が指摘されている。そのため、現行の機器の装着方法を再検討するとともに、簡易的な測定方法として近年PM2.5測定等に使用する目的で開発されている小型センサーに着目し、粉じん濃度の高い環境での使用の可能性について検証する。

測定機器の検証は小型チャンバーにおいて模擬粉じんを発生させ、小型センサー、分粒装置付粉じん計について従来の質量濃度測定や分粒装置を取り付けていない粉じん計等と併行測定実験を実施する。また、検証した機器を使用して、現在清瀬地区のプロジェクト研究において建設が進められている実大規模トンネル施設において、換気方法や重機

の存在等がトンネル内の粉じん濃度の分布および時間変化に与える影響を検証するための実験を実施する。この実験により、測定に適したタイミングや位置(特に換気設備や重機との関係)についての知見を得る。

(4) 研究の特色・独創性

実大規模で粉じん計および小型センサーによる粉じんの連続的な多点測定を実施している例はないため、トンネル内の粉じん濃度の分布および時間変化の知見を得る貴重な研究であるといえる。トンネルを含む労働環境において、小型センサーによる粉じん濃度測定の可能性を検討した例はなく、今後日常的な管理に使用できる可能性があると考えている。

【研究計画】

初年度は小型チャンバーにおいて模擬粉じんを発生させ、小型センサー、分粒装置付粉じん計について従来の質量濃度測定及び分粒装置を取り付けていない粉じん計と併行測定実験を実施する。小型チャンバーはドラフトチャンバー内で実験が行える程度の大きさのものを自作し、実験を簡便に行えるようにする。粉じん発生量は、30分から1時間程度の間、数 mg/m³程度の粉じんが発生できることを目標とする。簡易的な発生方法としてボルテックスシェーカー法を候補として考えているが、発生がうまくいかなかった場合はプロジェクト研究で製作した粉じん発生装置を使用することも考えている。小型センサー、粉じん計の分粒装置は複数の種類を用意し、

共通の特徴や種類に依存する特徴の有無を検討する。試験粉体も複数の種類について異なるサイズのものを用意し、粒径に加えて光学特性などについても影響を検討する。小型センサーには、必要に応じてトンネル建設工事の切羽付近における測定に適するような改良(濃度範囲の拡張、時間応答性の向上、検出部分への空気の導入方法等)を加える。

【研究成果】

分粒装置を取り付けた粉じん計と取り付けていない粉じん計との併行測定実験に関して行政要請研究の現場調査の中でいくつかのデータを得ることができたため、現在はそれらの結果との整合性を確認しながら分粒装置の有無による相対濃度への影響評価を最優先に実施している。12月に実施した実験では、2種類のサイクロン式分粒装置を取り付けたLD-5R型粉じん計同士の結果は現場調査と同様に良い一致を示すデータを得ることができた。

現場調査では原理の異なる分粒装置(サイクロン式と慣性衝突式)を取り付けた粉じん計(サイクロン式付LD-5R型と慣性衝突式付LD-6N2型)の相対濃度に1割程度の差が見られたため、その要因を探索するための実験も開始した。分粒装置を取り付けていない標準の吸入口を使用した粉じん計LD-5RとLD-6N2の相対濃度には±10%程度の差があり、粉じん計自体の差を正確に評価することの重要性が示唆された。

(5) 3軸振動測定に基づいた防振手袋の振動伝達特性の測定と実工具振動に対する振動軽減効果の予測への応用

柴田延幸(人間工学研究G)

【研究概要】

(1) 背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズ, 防災計画との関連性など)

わが国では、第11次労働災害防止計画を計画期間として振動障害予防対策が推進された。その結果、作業管理方法として作業中の振動ばく露の定量的な評価が周知・指導されるとともに保護具である防振手袋の使用奨励がおこなわれた。しかし、入手可能な振動軽減作業手袋(広義の防振手袋)は多岐を極め、実際の振動作業に対する個々の防振手袋の振動軽減効果は明らかでなく、したがって防振手袋を導入した際の作業管理の策定を困難にしている。

これは、防振手袋の振動軽減性能に関する評価方法を定めた規格であるJIS T8114(2007)および

ISO10819(2013)にしたがって求められた防振手袋の振動軽減率が実際の振動作業に対する個々の防振手袋の振動軽減効果を表すものではないため、防振手袋を使用した際の振動作業に対する振動ばく露量を評価することができないためである。

(2) 目的

本研究の目的は、先行研究N-F27-06で確立しつつある「実工具振動に対する防振手袋の振動軽減効果の予測手法の確立」を単軸測定からより実際の振動に近い3軸振動の測定に拡張することにより、実際の振動作業における防振手袋の導入効果を作業管理の策定に反映することを可能にすることである。

(3) 方法

前述の規格にしたがって、用意した複数の防振手袋に対して被験者を用いた振動実験を行う。手—防振手袋系の動的応答に関する測定データに周波数解析を施すことにより、 3×3 マトリクスに拡張した伝達関数を得る。伝達関数に影響を与える可能性のある手の把持力や振動の大きさ等の因子について、実験により影響係数を求める。得られる伝達関数および影響係数をもとに、代表的な振動工具数種類の振動波形に対する振動ばく露量の予測式を立式、実測値に対する予測精度を検証する。

(4) 研究の特色・独創性

前出の規格に基づいた防振手袋の振動軽減率を用いて実作業における振動軽減性能の予測値を得ることができる方法の確立を特色としている。さらに先行研究 N-F27-06 で確立しつつある「実工具振動に対する防振手袋の振動軽減効果の予測手法の確立」を単軸測定からより実際の振動に近い 3 軸振動の測定に拡張することにより、単なる防振手袋間の性能比較の指標でしかなかった振動軽減性能の諸指標が実用的な意味を持ち、防振手袋の実作業における振動軽減性能の予測およびその作業管理への反映が可能になる。

【研究計画】

- ① すでに得られている各防振手袋サンプルの伝達関数を用いて、3 成分の実工具振動に対する各

防振手袋の振動軽減率の予測値を数値計算により算出する。

- ② さまざまな工具の実振動に対する各防振手袋サンプルの振動伝達特性および実振動に対する伝達関数および振動軽減率を実験により求める。
- ③ 予測値と実測値との比較検討を行い、予測手法の制度を検討する。

【研究成果】

- ① 防振材の特徴的な 3 種類の防振手袋サンプルの伝達関数が昨年度までの実験により得られているので、これらの伝達関数に対して 3 成分からなるさまざまな工具の実振動波形 (10 種類) を入力した際の各防振手袋の振動伝達率を各周波数帯域ごとの予測値を数値計算により算出した。
- ② さまざまな工具の実振動波形 (10 種類) に対する 3 種類の防振手袋サンプルの振動伝達特性および実振動に対する振動軽減率を実験により求める予定であったが、現在のところ 5 種類の工具の実振動波形に対して、被験者実験が終了した状況である。
- ③ すでに実験を終了した 5 種類の工具の実振動波形については、各防振手袋の各周波数帯域における振動伝達特性の予測値と実測値との比較検討の結果、良好な精度の予測値が得られていることが分かった。

(6) 熱中症救急搬送データと労災病院のデータを用いた熱中症の分析

上野 哲(人間工学研究 G), 木下弘壽, 中森知毅(横浜労災病院), 野口英一(戸田中央医科)

【研究概要】

(1) 背景 (主要文献, 行政的・社会的ニーズ, 防災計画との関連性など)

業務上の熱中症は、対策を打ち出しているにもかかわらず死傷災害数は減少していない。そのため、第 13 次労働災害防止計画では熱中症が重点対策の一つに選ばれており、業務上熱中症による死者数の 5% 減少が数値目標となっている。業務上熱中症の新たな対策を作成するには、熱中症の疫学分析が必要であるが、熱中症の労災データは重症のみであるため数が限られている。よりデータ数が多い熱中症救急搬送データを用いて業務上の熱中症を分析するとより広範囲な別の視点から労働災害の熱中症の知見を得ることが期待できる。ただし熱中症救急搬送データは、救急搬送されたときに記録されたものなので患者の熱中症重症度に正確性を欠く。また、病院の救急を熱中症で受診する人の中には、

救急車を使わず同僚の車やタクシーで受診する人もいるため救急搬送データが病院の救急科を訪れた人数を忠実に反映しているとはいえない。

(2) 目的

救急搬送データの熱中症の重症度の正確性を検証し、救急車を使わずに救急を受診した割合を見積もる。

(3) 方法

個人が特定できる情報を病院側のデータから共同研究者の先生が削除した後にデータを受け取り横浜市消防局の救急搬送データと突合する。性別、年齢及び熱中症発生の日時をキーデータとして救急搬送のデータを突合することにより実施する。

(4) 研究の特色・独創性

救急隊が持っている救急搬送データは救急車を呼んだ場所等の病院に来る前のデータが含まれ、病院のデータは病院に来た後の経過に関するデー

タが含まれる。両データを突合することにより、熱中症発症時の場所のデータとより正確な熱中症の重症度に関する情報をリンクした形で分析することができる。また、本研究では救急車以外の手段を使って病院の救急科を訪れた人の増加分を求める。これまでに、救急搬送に関して救急隊のデータと病院側のデータを突合して検証した例は知る限り無い。

【研究計画】

病院側と救急側のデータ突合するための研究計画を研究倫理に通す。今年までの救急搬送データを労災病院に関連する都市に請求する。病院側のデータを個人が特定できない形に加工して、救急側とのデータを照合し熱中症のデータベースを作成する。救急車を利用せずに、同僚の車やタクシーで救

急に来院した場合は救急隊が所持するデータには含まれないため照合はできないが、実際に熱中症により病院の救急を利用した人数には含まれるためデータベースには加える。過去2年間の基盤研究の成果をまとめて、学会発表及び論文化する。

【研究成果】

実際研究を行う横浜労災で倫理委員会に研究計画書の承認を受けた後、10月初旬に第2回目の研究倫理委員会に研究計画書を提出した。データは一切横浜労災病院から持ち出さず、分析も病院内で行うこととし、研究所には解析結果のみを持ち出すような研究計画に変更した。10月末に研究倫理委員会から承認を受け、データ分析のための準備を横浜労災病院の共同研究者と進めた。

(7) 作業環境中の低周波音の特性・影響・認知度に関する基礎的フィールド調査

高橋幸雄(人間工学研究G)

【研究概要】

(1) 背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズ, 防災計画との関連性など)

住環境において、低周波音(周波数がおおむね100 Hz以下の音)が原因と疑われる影響(主にアノイアンス、不快感等の心理的影響)が社会的関心を集めている。一方、作業環境においては、騒音性難聴にはほとんど寄与しないことから、これまで低周波音が問題視されることは少なかった。しかし、例数が多いとは言えないものの、作業環境でも低周波音が原因と考えられる心理的影響が生じたケースは報告されており(高橋(1999)、Bengtsson *et al.* (2007)など)、潜在的には、住環境におけるのと同様の問題が発生している可能性がある。低周波音の存在によって、それが無い場合よりもアノイアンスが増加したり、作業能率が低下したりするという過去の研究例もある(Persson *et al.* (1988)、Pawlaczyk-Luszczynska (2005)など)ことから、作業環境における低周波音の影響の実態を把握しておくことは、労働衛生にとって将来的に必要な課題と考えられる。

(2) 目的

本研究では、以下の2点を目的とする。1つ目は、作業環境中での低周波音問題をアンケート形式で調査するための調査票様式の確立である。本研究で基本的な部分を確立し、将来、より大きな規模で同様の調査を実施することを視野に入れている。2つ目は、低周波音が発生し、それによる影響が生じている可能性がある作業環境でアンケート調査と現

場測定を実施することにより、作業環境中で発生する低周波音の特性、影響との関連を把握することである。また、一般に、作業環境では低周波音の認知度が低いと考えられることから、低周波音という対象そのものの認知度(低周波音を知っているか、低周波音による影響の知識はあるか等)についても、アンケート調査によって把握したいと考えている。

なお、本研究の主対象は低周波音であるが、実際に低周波音のみが発生するケースはまれであることから、低周波音と一般的な可聴域騒音の両方を調査・測定対象とする。

(3) 方法

まず、既存の一般的な騒音用の調査票(Fields *et al.* (2001)、難波 他(2006)など)を参考にして、暫定的な低周波音・可聴域騒音用調査票を試作する。協力が得られた現場(具体的なフィールドは、現在検討中)の作業員・産業保健関係者などを対象として小規模なアンケート調査(低周波音によると考えられる影響が生じているか、音源となる設備は何か、周波数・音圧レベルはどれくらいか、どのような対策を実施しているか等)を実施し、その分析結果に基づいて内容に改良を加え、基本的な様式の確立を図る。また、低周波音問題の認知度を調べる項目も調査票に含めることで、現場での低周波音問題の認知度の把握を図る。

現場測定に関しては、協力が得られた現場の主要な音源設備について低周波音・可聴域騒音の測定を行い、その特性(周波数、音圧レベル、発生頻

度などを把握する。対象現場では上記のアンケート調査も実施するので、何らかの影響が生じていることがアンケート調査から判明する場合には、その影響と低周波音・可聴域騒音との関連、実施されている対策とその効果についても調べる。

(4) 研究の特色・独創性

これまで、住環境中の低周波音を対象としたアンケート調査は多くなされてきているが(Persson Waye *et al.* (2001)、Møller *et al.* (2002)など)、作業環境を対象としたものは非常に少ない。また、それらの少数例のほとんどは個別のケーススタディである。本研究で目指している、ある程度汎用的に使用できる低周波音用調査票を確立できれば、その意義は大きいと考えられる。さらに、本研究の特色として、低周波音の認知度についても調査する点が挙げられる。この試みが成功すれば、認知度と影響発生との関連についても検討できるのではないかと考えている。

【研究計画】

調査票の基本様式を整える作業が来年度にずれ込む可能性があるため、まずはその作業を急ぐ。その後、それをういたアンケート調査及び低周波音・可聴域騒音測定を実施する。低周波音・可聴域騒音測定の対象設備は、上記の予備的調査で把握できた音源設備とし(そのような設備が把握できなかった場合は、当該フィールド内の主要な設備から適宜選定する)、測定項目は、周波数、音圧レベル、発生頻度などとする。

この調査・測定の結果に基づき、低周波音・可聴域騒音の特性と影響の関連、低周波音の認知度と

影響の関連、実施されている対策とその効果などを検討する(低周波音のみの影響を拾い上げられれば望ましい)。当初の想定よりも進捗が大幅に遅れているので、調査規模も当初の計画時点よりも小さくなると思われる。

【研究成果】

既存の各種アンケート調査票を参考に、予備調査用の調査票を作成した。さらに、(公社)神奈川県環境保全協議会に予備調査フィールドとしての協力を依頼し、予備調査を実施した。同協議会は実際に低周波音の音源が存在する現場ではないが、そのような現場での作業経験を有するメンバー企業社員が調査対象となるため、関連する情報が得られることを期待した。

調査の結果、回答数は少なかつたものの、低周波音を発生するとして認識されている機器・設備としては「ファン、送・排風機」、「ブロワー」、「空調機」、「コンプレッサー」といった、低周波音源としては典型的な機器・設備が多く回答された。また、それらの影響については「うるさい」よりも「気になる」や「不快な感じがする」が多かった。

低周波音の認知度に関しては、ほとんどの回答者が「低周波音」という言葉を聞いたことがあると回答したが、それがどのような音なのかについて「よく知っている」という回答はほとんど無く、「ある程度知っている」または「あまりよくは知らない」という回答が多かった。「低周波音」という言葉は広く知られているものの、その実像については曖昧な知識しか普及していないことが推測された。

(8) 熱中症予防のための WBGT 指数とバイタルデータの基準値の検討

齊藤宏之(人間工学研究 G)、吉川 徹(過労死等研究 C)、澤田晋一(東京福祉大学)
森川直洋(大林組)、赤川宏幸(同)、笠井泰彰(同)、飯塚浩二(同)、山田昇吾(同)

【研究概要】

(1) 背景(主要文献、行政的・社会的ニーズ、防災計画との関連性など)

夏季建設業での熱中症災害が多発していることを受け、暑熱職場にてさまざまな熱中症対策が進められている。心拍数などの暑熱ストレインによる熱中症対策は厚生労働省の通達でも明記されている有効な方法であり、近年ウェアラブルセンサーを用いた心拍数の評価が行われるようになってきている。

これまでに実施した基盤的研究における実験室実験にて、着衣型ウェアラブルセンサーを用いた心拍数が精度良く測定できることが確認できており、作

業現場における展開が期待されるが、その一方で実際に暑熱作業現場にて用いた際にどのような基準で運用すれば効果的に熱中症予防に寄与するかについては不明な点も多く、検討する必要がある。また、現状の熱中症防止対策は WBGT 値の測定並びに作業強度に応じた代謝率区分別の基準値による評価と対策が講じられているが、この WBGT 基準値による評価を日本人の作業規制を行う際に適当かどうかは不明確である。

(2) 目的

本研究では夏季屋外建設現場を中心とした暑熱作業現場において、暑熱ストレス指標である WBGT

測定値と、そこに働く作業者の心拍数(暑熱ストレイン指標)を組み合わせることにより、WBGT 値並びに心拍数の関連性を解析し、作業規制の措置を取るべき基準値の設定、さらには WBGT 基準値表の妥当性の検討を行うことを目的とする。

(3) 方法

夏季屋外建設作業現場等において、実際の作業者にウェアラブルセンサーを着用してもらい、通常通りの作業中のバイタルデータ(心拍数等)のデータを収集する。WBGT 値については、作業場の代表地点(数ヶ所)を据え置き型の WBGT 測定器にて測定し、当日の作業者の作業場所について事前・事後に調査票にて確認することにより作業中の WBGT 値を把握する。これらの値を照らし合わせることにより、WBGT レベルと人体の生理学的反応の関連性を解析する。その解析結果から、心拍数並びに WBGT 値による作業規制値の検討を行う。

なお、一部の作業者に小型 WBGT ロガーを装着して個人 WBGT 値を測定することにより、定点 WBGT 測定値と調査票による作業場所の特定が妥当であるかどうかの確認を行う。

体温測定については、現段階においてウェアラブル化が進んでいないため、開発状況を確認しながら、現場への展開を検討する。

(4) 研究の特色・独創性

実際に熱中症災害が多く発生している夏季屋外建設現場において、多数の作業者を対象とした大規模調査が可能である点が特色である。作業現場の WBGT 値と作業者のバイタルデータを照合・解析することにより、我が国における熱中症防止に有効な指標を見出すことが可能となることが期待される。

【研究計画】

(1)初年度に引き続き、夏季屋外建設現場(5~6ヶ所程度を予定)にて、総勢 300 人程度の作業者にウェアラブルセンサー(心拍計、活動量計)を着用した状態で通常の作業を行ってもらい、その間の心拍数等のバイタルデータを取得する。

(2)作業場の数ヶ所に設置した固定型 WBGT 測定器で WBGT 値を測定し、当日の作業者の作業場所について事前・事後に調査票で確認することにより、対象者の作業中 WBGT 値とする。それに並行し、一

部の作業者に小型 WBGT ロガーを装着して個人 WBGT 値を測定することにより、定点 WBGT 測定値と調査票による作業場所の特定が妥当であるかどうかの確認を行う。

(3) 得られたバイタルデータ、WBGT 値並びに作業強度を照合・解析することにより、WBGT 値・心拍数各々についての基準値の検討を行う。

【研究成果】

夏季屋外建設現場 7 箇所において計 447 名の建設作業者にリストバンド型心拍計を装着してもらい、通常の作業下における心拍数と活動量を取得した(計 314 名より有効データを取得)。作業場における WBGT 値は計 43 ヶ所の定点ポイントにおいて連続的に測定を行い、データを取得した。

作業場所の特定に関して、当初の予定では調査票にて作業場所を把握する予定であったが、初年度の調査にて調査票の回収率が思わしくなく、作業場所並びに作業者のばく露した WBGT 値の推定が困難であったことから、今年度は作業者の装着したリストバンド型心拍計が発するビーコン電波を各所に設置した受信機が受信することにより作業場所の特定を行い、近傍の WBGT 値を割り当てることによって作業者のばく露した WBGT 値を推定した。

一部の現場における結果について解析した結果、心拍数が基準値(180-年齢)を超えているケースは少なく、WBGT と心拍数の相関は低かった。また、WBGT が基準値以上でも心拍数が基準値よりも低いケースや、WBGT 値が基準値以下でも心拍数が基準値よりも高いケースも散見された。これらの要因としては、健常な建設作業者を対象としているため、暑熱作業への耐性が高かったこと、作業中の作業強度が把握できておらず、すべて中程度代謝率と仮定していることが考えられる。一方、高齢作業者では WBGT の値によらず心拍数が基準値を超過している割合が低年齢の作業者に比べて多く見られた。

なお、今年度よりリストバンド型心拍計から発せられるビーコン電波を用いた作業場所の推定手法を取り入れ、作業者がばく露している WBGT 値の推定に用いている。作業場所の推定精度についてはおおむね良好であり、WBGT 値の推定に用いることが十分可能であると思われた。

(9) パッチ型センサによる深部体温推定の妥当性評価

時澤 健(人間工学研究G), 土基博史(株村田製作所), 志牟田 亨(同), 相馬佑佳(同)

【研究概要】

(1)背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズ, 災防計画との関連性など)

職場における熱中症による死傷者数は2010年の656人以降400~500人を推移し、抜本的な対策が求められている。その対策の1つにウェアラブル機器を用いた作業者の生体情報モニターがある。しかし、熱中症と関わりの大きい深部体温を正確に測定できるウェアラブル機器は現在のところない。

今年度までのプロジェクト研究(防護服着用作業における暑熱負担等の軽減策に関する研究)において、(株)村田製作所と共同でパッチ型センサによる深部体温の推定に取り組み、一定条件において検証を行ってきた。その結果、侵襲測定との誤差は小さく、実用化の可能性は帯びてきたが、環境温度や体格の問題など、推定アルゴリズムの改良が必要である。またパッチ型センサを身に着けることによる現場作業への影響も検証する必要がある。

(2)目的

暑熱下作業時における高体温検出のため、パッチ型センサによる深部体温の推定値と侵襲測定値の誤差を明らかにすること、およびパッチ型センサ装着による現場作業への影響を明らかにすることを目的とする。

(3)方法

環境温度として30℃および40℃の室温条件(相対湿度は50%)で、体表面積が1.2~2.0m²および体脂肪率が10~35%の範囲にわたる30人の被験者を対象として、パッチ型センサおよび侵襲測定(食道温と直腸温)による値の比較を行う。被験者は作業服を着用し、トレッドミルで中強度歩行を1時間行う。また上半身の活動の影響を確認するため、ハンドエルゴメーターを用いた運動負荷も実施する。一方、現場での検証として、村田製作所の関連施設内の作業員20人程度を対象に、パッチ型センサを胸部に貼付およびデータ受信用のスマートフォンを携帯し通常作業を終日行ってもらい、夏季に実施し、建設業や製造業などさまざまな動作を行う幅広い作業員とし、作業に支障をきたさないか、発汗や動きによるセンサの剥落がないか、データ転送に問題はないかなど、作業後アンケートも行い確認する。

(4)研究の特色・独創性

ウェアラブル深部体温計として実用化されれば世界で初めてであり、学術的にインパクトは大きい。プロジェクト研究で実現可能性は高まってきたが、製品

化に向けて最終的な検証を行う段階にある。現場で広く活用されるには時間がかかるかもしれないが、作業員の過度な暑熱負担を客観的に評価できる唯一の方法であり、管理者および作業員の運用方法についても今後検討を行う。

【研究計画】

人工環境室:健康男性16人を対象とする。男性のうち8人はBMIが20~24(グループA)、残り8人のうち4人はBMIが16~19(グループB)で4人はBMIが25~29(グループC)とする。グループAは室温30℃および40℃で、グループBとCは室温35℃で1時間の中強度歩行をトレッドミルで行う。食道温と直腸温を測定し、パッチ型センサによる推定値と誤差検証を行う。グループAの結果から環境温度の影響を、グループBとCの結果から体格の影響を確認し、改良型の推定アルゴリズムを作成する。

現場調査:夏季に村田製作所の関連施設で作業を行う10人を対象に、パッチ型センサの装着およびスマートフォンの携帯を終日行い、データを取得する。使用感や作業への影響についてアンケート調査を行う。作業に支障をきたさなかったか、発汗や動きによるセンサの剥落がなかったか、データ転送に問題はないかなどを確認する。

【研究成果】

人工環境室における実験において、BMIによるグループ分けよりも体脂肪率の影響がパッチ型センサによる推定値への誤差として大きいと考えられたため、次年度行う予定であった女性被験者を対象とした実験を先に行った。6人(体脂肪率:26.6±4.7%)を対象として、環境温35℃で1時間の中強度歩行を行った際の、食道温に対する推定値の誤差を検証した。昨年度に行っていた同条件での男性被験者15人(体脂肪率:18.2±4.9%)と比較すると(誤差:-0.06±0.17%)、女性被験者の誤差は-0.02±0.17%とほぼ同等であった。したがって、体脂肪率の影響は小さいものと考えられた。

続いて環境温度の影響を検証し、8人の男性被験者が環境温度30℃または40℃において1時間の中強度歩行を行った際の誤差は、それぞれ-0.13±0.24%と-0.10±0.15%となり、環境温度30℃では誤差が大きくなることが明らかとなった。その要因として、運動中の皮膚温低下が考えられ、推定アルゴリズムの修正を今後検討する。

以上の成果は、国内および国際学会において発表した。

現場調査については、研究用にアンケートを行わず、村田製作所が独自にパッチの粘着両面テープとスマートフォンアプリのテストを、関連施設の作業

者2人に対して行った。暑熱環境で7時間着用したが、パッチの剥落やアプリの誤作動はなかった。

II. 調査研究成果の普及・活用に関する資料

1. 国内外の労働安全衛生の基準制定・改定への科学技術的貢献

表 2-1 国内の行政・公的機関に設置された委員会等への委員等としての参画

委員会等の名称
1) 厚生労働省 「技術革新に対応した機械設備の安全対策の推進事業」に係る総合評価落札方式技術審査委員会
2) 厚生労働省 安全管理支援事業(安全管理セミナー事業)に係る技術審査委員会
3) 厚生労働省 安全管理支援事業(外国人安全管理支援事業(安全衛生教育教材の作成))に係る技術審査委員会
4) 厚生労働省 安全管理支援事業(労働安全衛生マネジメントシステムの普及促進等)に係る技術審査委員会
5) 厚生労働省 安全管理支援事業「高齢労働者安全衛生管理セミナー」及び「高齢労働者安全衛生対策実証等事業」に係る技術審査委員会
6) 厚生労働省 技能講習補助教材作成事業に係る技術審査委員会
7) 厚生労働省 「既存不適合機械等更新支援補助金」に係る評価委員会
8) 厚生労働省 2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会大会施設工事安全衛生対策協議会 幹事会
9) 厚生労働省 建設業における墜落・転落防止対策の充実強化に関する実務者会合
10) 厚生労働省 人生100年時代に向けた高齢労働者の安全と健康に関する有識者会議
11) 厚生労働省 大規模建設工事計画審査委員会
12) 厚生労働省 薬事・食品衛生審議会取扱技術基準等調査会
13) 厚生労働省 令和元年度「見える」安全活動コンクール優良事例選考委員会
14) 厚生労働省 VDT作業に係る労働衛生管理に関する検討会
15) 厚生労働省 トンネル建設工事の切羽付近における作業環境等の改善のための技術的事項に関する検討会
16) 厚生労働省 安衛法 GLP 査察専門家
17) 厚生労働省 化学物質による労働者の健康障害防止措置に係る検討会及び管理濃度委員会(含座長)
18) 厚生労働省 化学物質のリスク評価検討会
19) 厚生労働省 化学物質のリスク評価検討会 ばく露評価小検討会
20) 厚生労働省 「職場における化学物質のリスク評価推進事業」有害性評価書原案作成グループ
21) 厚生労働省 特定業種を中心としたメンタルヘルス対策の好事例に関する検討委員会
22) 厚生労働省 発散防止抑制措置特別実施許可に関する専門家会合
23) 厚生労働省 変異原性試験結果検討委員
24) 厚生労働省 有害性評価原案作成委員
25) 厚生労働省 労災疾病臨床研究事前評価委員会
26) 厚生労働省 労災疾病臨床研究中間・事後評価委員会
27) 厚生労働省 建築物の解体・改修等における石綿ばく露防止対策等検討会
28) 厚生労働省 事務所作業に係る労働衛生管理及び快適な職場環境整備に関する検討会(第一回)
29) 厚生労働省 令和元年度第1回トンネル建設工事の切羽付近における作業環境等の改善のための技術的事項に関する検討会 オブザーバー
30) 厚生労働省 環境改善室 化学物質による労働者の健康障害防止措置に係る検討会
31) 厚生労働省 健康局 厚生科学審議会専門委員
32) 厚生労働省 委託 勤務間インターバル制度普及促進のための広報事業検討委員会
33) 厚生労働省 労働基準局 医療勤務環境改善マネジメントシステムに基づく医療機関の取組に対する支援の充実を図るための調査・研究委員会
34) 厚生労働省 労働基準局 医療従事者勤務環境改善のための助言及び調査業務
35) 厚生労働省 労働基準局補償課職業病認定対策室 精神障害の労災認定の基準に関する専門検討会
36) 厚生労働省 芳香族アミン取扱事業場で発症した膀胱がんの業務上外に関する検討会
37) 総務省 消防庁 土砂災害における効果的な救助手法に関する高度化等検討会
38) 総務省 公害等調整委員会 専門委員

委員会等の名称

- 39) 環境省 オリンピック・パラリンピック暑熱環境測定等検討委員会
- 40) 環境省 「平成31年度化学物質の内分泌かく乱作用に関連する報告の信頼性評価作業班会議」班員
- 41) 内閣府 食品安全委員会 肥料・飼料等専門調査会
- 42) 国土交通省 建設工事における安全衛生経費の確保に関する実務者検討会
- 43) 国土交通省 海事局船員政策課 船員の健康確保に関する検討会
- 44) 人事院 令和元年度労働基準監督官採用試験 試験専門委員
- 45) 人事院 平成30年度労働基準監督官採用試験 試験専門委員
- 46) 人事院 事務総局 心の健康づくり委員会職場環境改善ワーキンググループ 委員兼座長
- 47) GHS 関係省庁会議 国連 GHS 専門小委員会への対処検討会
- 48) 消費者庁 消費者安全調査委員会専門委員
- 49) 東京都 環境影響評価審議会
- 50) 埼玉県 化学物質対策専門委員会
- 51) 静岡県 診療用放射性同位元素(RI)審査委員
- 52) 静岡市 診療用放射性同位元素(RI)審査委員
- 53) 中央労働災害防止協会 ガス溶接・溶断テキスト改訂編集委員会委員長
- 54) 中央労働災害防止協会 小売業、社会福祉施設及び飲食店における安全衛生管理体制のあり方に関する検討委員会
- 55) 中央労働災害防止協会 「業界団体の安全衛生活動の活性化」における安全衛生専門家会議 座長
- 56) 中央労働災害防止協会 「技術革新に対応した機械設備の安全対策」検討委員会 WG
- 57) 中央労働災害防止協会 「技術革新に対応した機械設備の安全対策」検討委員会
- 58) 中央労働災害防止協会 「個人サンプラー測定基盤整備委員会」
- 59) 中央労働災害防止協会 測定手法等検討分科会(ナノマテリアル)
- 60) 中央労働災害防止協会 保護具等検討分科会(含分科会長)
- 61) 中央労働災害防止協会 ばく露評価委員会
- 62) 中央労働災害防止協会 ばく露評価委員会保護具等検討分科会(含分科会長)
- 63) 中央労働災害防止協会 経皮ばく露評価委員会
- 64) 中央労働災害防止協会 測定手法検討分科会(化学物質)(含分科会長)
- 65) 独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 工場電気設備防爆指針改正委員会 事務局
- 66) 独立行政法人労働者健康安全機構 産業保健情報編集委員会
- 67) 独立行政法人労働者健康安全機構 産業保健調査研究検討委員会
- 68) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 ナノテクノロジー標準化国内審議委員会環境安全分科会
- 69) 建設業労働災害防止協会 ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会 作業部会(WG)
- 70) 建設業労働災害防止協会 ICTを活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会
- 71) 建設業労働災害防止協会 2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に係る建設需要に対応した労働災害防止対策事業
- 72) 建設業労働災害防止協会 2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に係る建設需要に対応した労働災害防止対策事業運営委員会
- 73) 建設業労働災害防止協会 軸組作業時における墜落・転落災害防止対策専門部会
- 74) 建設業労働災害防止協会 震災復旧・復興工事の労働災害防止対策の提言会議
- 75) 建設業労働災害防止協会 建設業における外国人労働者の教育及び安全衛生標識等就労環境のあり方に関する検討委員会
- 76) 建設業労働災害防止協会 労働災害防止のためのICT活用データベース申請審査委員会
- 77) 全国労働衛生団体連合会 労働衛生サービス評価委員会
- 78) 陸上貨物運送事業労働災害防止協会 労働災害防止対策委員会
- 79) 公益財団法人安全衛生技術試験協会 労働安全コンサルタント試験委員会
- 80) 公益財団法人日本小型貫流ボイラー協会 評議会評議員
- 81) 公益財団法人安全衛生技術試験協会 作業環境測定士 試験員
- 82) 公益財団法人安全衛生技術試験協会 作業環境測定士 幹事試験員

委員会等の名称

- 83) 公益財団法人安全衛生技術試験協会 労働衛生コンサルタント試験専門委員会
- 84) 公益社団法人日本医師会 医師の働き方検討委員会
- 85) 公益社団法人日本看護協会 看護労働委員会
- 86) 公益社団法人全日本トラック協会 過労死等防止計画フォローアップワーキンググループ委員会
- 87) 公益社団法人日本建築衛生管理教育センター 粉じん計較正技術委員
- 88) 公益社団法人日本作業環境測定協会 ISO22262-3 国内標準化委員会
- 89) 公益社団法人日本作業環境測定協会 総合精度管理委員会における粉じん中の遊離けい酸含有率に係るクロスチェック手法見直しのための委員会
- 90) 公益社団法人日本作業環境測定協会 デザイン・サンプリングの実務(個人サンプリング)編集委員会
- 91) 公益社団法人日本保安用品協会 ISO/TC94/SC13
- 92) 一般財団法人化学物質評価研究機構 (厚生労働省委託事業)「化学物質管理支援事業」に関わる GHS 分類検討委員会
- 93) 一般社団法人日本医学会連合 労働環境検討委員会
- 94) 一般社団法人日本溶接協会 電気溶接機部会 EMF 対応 WG 委嘱委員
- 95) 一般社団法人日本溶接協会 JIS Z390 改訂委員会
- 96) 一般社団法人日本溶接協会 安全衛生・環境委員会
- 97) 一般社団法人日本溶接協会 原子力研究委員会 SPN2 小委員会
- 98) 一般社団法人日本溶接協会 原子力研究委員会 SPN2 小委員会幹事会
- 99) 一般社団法人産業環境管理協会 ISO/TC146 (大気) 国際標準化対応委員会
- 100) 一般社団法人産業環境管理協会 ISO/TC146 (大気) 国際標準化対応委員会 WG2 分科会委員長
- 101) 一般社団法人日本音響学会 ISO/TC43 国内委員会
- 102) 一般社団法人日本音響学会 JIS Z 8732、JIS Z 8734、JIS Z 8739 原案作成委員会
- 103) 一般社団法人日本海事協会 NK救命艇基準改正検討会
- 104) 一般社団法人日本人間工学会 ISO/TC159
- 105) 一般社団法人日本人間工学会 ISO/TC159/SC5/WG1
- 106) 一般社団法人日本人間工学会 ISO/TC159/SC5/WG1+4 分科会
- 107) 一般社団法人日本人間工学会 JISZ8504 原案作成委員会
- 108) 一般社団法人日本機械学会 ISO/TC108/SC4 国内委員会 委員長
- 109) 一般社団法人日本電機工業会「平成 31 年度(令和元年度)省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業/風力発電システムの雷保護等に関する国際標準化」に係る風車音測定法分科会 (経済産業省からの委託事業)
- 110) 一般社団法人日本電機工業会 第 31 小委員会
- 111) 一般社団法人日本労働安全衛生コンサルタント会 広報委員会
- 112) 一般社団法人日本労働安全衛生コンサルタント会 平成 31 年度厚生労働省委託事業「伐木等作業安全対策推進事業マニュアル作成検討会」
- 113) 一般財団法人産業環境管理協会 (経済産業省委託事業)「化学物質安全対策(有害性情報に関する調査)における検討委員会
- 114) 一般社団法人日本機械工業連合会 皮膚傷害耐性計測方法標準化部会
- 115) 一般社団法人日本ロボット工業会 サービスロボットタイプ別安全性等標準化調査専門委員会・産業用ロボット安全性 WG
- 116) 一般社団法人日本ロボット工業会 サービスロボットタイプ別試験方法等標準化調査専門委員会 安全性ワーキンググループ
- 117) 一般社団法人全国登録教習機関協会 ガス溶接技能講習講師研修検討委員会
- 118) 一般社団法人全国登録教習機関協会 ガス溶接作業技能講習テキスト作成委員会
- 119) 一般社団法人全国登録教習機関協会 低圧電気取扱い業務等に係る特別教育のテキスト作成等委員会
- 120) 一般社団法人日本マグネシウム協会 消火器開発委員会
- 121) 一般社団法人真空工業会 CS 委員会
- 122) 一般社団法人セーフティグローバル推進機構 ロボット委員会・ロボット・セーフティアセッサ認証委員会

委員会等の名称

- 123) 一般社団法人仮設工業会 技術委員会
- 124) 一般社団法人仮設工業会 承認審査委員会
- 125) 一般社団法人仮設工業会 単品承認審査委員会
- 126) 一般社団法人仮設工業会 認定検査審査委員会
- 127) 一般社団法人合板仮設材安全技術協会 合板足場板試験結果判定委員会
- 128) 一般社団法人住宅生産団体連合会 工事CS・安全委員会
- 129) 一般社団法人日本クレーン協会 ゴンドラ委員会
- 130) 一般社団法人日本クレーン協会 JIS 原案作成委員会
- 131) 一般社団法人日本クレーン協会 エレベーター小委員会
- 132) 一般社団法人日本クレーン協会 クレーン委員会
- 133) 一般社団法人日本クレーン協会 設計原則検討委員会
- 134) 一般社団法人日本クレーン協会 ロープ委員会
- 135) 一般社団法人日本クレーン協会 移動式クレーン委員会
- 136) 一般社団法人日本トンネル技術協会 安全環境小委員会幹事,国際委員会委員, ITA 小委員会主査, 国際広報 WG 主査
- 137) 一般社団法人日本建築学会 仮設構造運営委員会
- 138) 一般社団法人日本建築学会 仮設構造小委員会
- 139) 一般社団法人日本鋼構造協会 鋼構造と風研究小委員会
- 140) 一般社団法人日本高圧力技術協会 リスクベースメンテナンス(RBM) 専門研究委員会・ワーキンググループ 1
- 141) 一般社団法人日本高圧力技術協会 リスクベースメンテナンス(RBM) 専門研究委員会・ワーキンググループ 3
- 142) 一般社団法人日本高圧力技術協会 リスクベースメンテナンス(RBM) 専門研究委員会・本委員会
- 143) 一般社団法人日本高圧力技術協会 圧力設備規格審議会
- 144) 一般社団法人日本高圧力技術協会 圧力容器規格委員会幹事会 幹事
- 145) 一般社団法人日本電気協会 電気安全関東委員会 幹事
- 146) 一般社団法人日本電気協会 濫澤賞受賞者選考委員会
- 147) 一般社団法人日本電気協会 電気安全全国連絡委員会 参与
- 148) 一般社団法人日本電設工業協会 電設工業展製品コンクール審査委員
- 149) 一般社団法人日本粉体工業技術協会 粉じん爆発委員会
- 150) 公益社団法人全国火薬類保安協会 令和元年度火薬類取締法技術基準見直しに係る調査事業委員会 消費(発破)委員会
- 151) 公益社団法人土木学会 山岳トンネルのリスク低減に関する検討部会
- 152) 公益社団法人産業安全技術協会 IEC Ex システム国内審議委員会
- 153) 公益社団法人産業安全技術協会(厚生労働省委託事業) 「防爆構造電気機械器具の買取試験事業」評価委員会
- 154) 公益財団法人産業安全技術協会 呼吸用保護具の性能の確保のための買取り試験の実施に係る評価委員
- 155) 公益社団法人自動車技術会 インパクトバイオメカニクス委員会
- 156) 公益社団法人地盤工学会 TC105 国内委員会
- 157) 東京大学 環境安全総括委員会
- 158) 特定非営利活動法人臨床トンネル工学研究所 技術研究部会 肌落ち防止小委員会
- 159) NPO 法人抗がん剤曝露対策協議会 理事
- 160) テクノヒル株式会社 2019 年度リスクアセスメント手法に係る事例集及び教育用資料検討会(厚生労働省委託事業)
- 161) みずほ情報総研株式会社(厚生労働省委託事業) 労働安全衛生教材作成推進委員会(オブザーバー)
- 162) みずほ情報総研株式会社 安全衛生教育教材作成推進委員会
- 163) みずほ情報総研株式会社 過労死等に関する実態把握のための労働・社会面の調査研究事業ワーキンググループ委員会
- 164) みずほ情報総研株式会社 過労死等に関する実態把握のための労働・社会面の調査研究事業検討委員会
- 165) 株式会社環境管理センター 環境省委託事業「建築物の解体等に係る石綿飛散防止対策マニュアル改訂検討会」委員

委員会等の名称
166) 高圧ガス保安協会 事故調査解析委員会(オブザーバー)
167) 高圧ガス保安協会 高圧ガス試験委員会化学チェック分科会 専門委員
168) 高圧ガス保安協会 多孔質物性能試験委員会

表 2-2 国際機関に設置された委員会等への出席

委員会等の名称	担当研究員
1) IEC TC 101 PT 61340-4-9(特定応用のための試験方法-衣類) (Project team member)	大澤 敦
2) IEC TC 101 PT 61340-4-2 (衣類の試験方法)(Project team member)	大澤 敦
3) IEC TC 31/101 JWG29 (Expert member & Writing team)	大澤 敦
4) ISO/TC199 TR22053 (支援的保護システム)第5回国際会議(Edinburgh)	清水 尚憲
5) ISO/TC39/SC10/WG1(工作機械の安全性:動力プレス)第20回国際会議(Paris)	齋藤 剛
6) ISO/TC39/SC10/WG3(工作機械の安全性:旋盤)第10回国際会議(Frankfurt), 第11回国際会議(Frankfurt)	齋藤 剛
7) ISO/TC199/WG3(統合生産システムの安全性)第2回国際会議(Mainz), 第3回国際会議(Fremont), 第4回国際会議(Svedala)	清水 尚憲
8) ISO/TC199/WG6(安全距離及び人間工学的側面)第30回国際会議(Napa), 第31回国際会議(蘇州)	齋藤 剛
9) ISO/TC199/WG12(機械類の安全性:人と機械との接触に係る安全データ)第8回国際会議(Cheshire), 第10回国際会議(Porto), 第11回国際会議(東京)	齋藤 剛
10) ISO/TC199 TR22053 (支援的保護システム)第2回国際会議(Mainz), 第3回国際会議(Fremont)	清水 尚憲
11) 第34回 OECD GLP 作業部会(仙台).	小林 健一
12) ECOSOC Sub-Committee of Experts on the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (37th session) (第37回化学品の分類および表示に関する世界調和システム専門家小委員会)(スイス・ジュネーブ)	小野真理子
13) OECD WPEA (ばく露評価ワーキングパーティー) SG12(バイオロジカルモニタリング許容値のハーモナイゼーション)Web会議	小野真理子
14) ECOSOC Sub-Committee of Experts on the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (38th session) (第38回化学品の分類および表示に関する世界調和システム専門家小委員会)(スイス・ジュネーブ)	小野真理子
15) WHO Collaborating Centers Workshop on Occupational Lung Disease, Vientiane, Lao PDR 「Skype Lecture: Practical use of action checklist on improvement of work environments」(職業性肺疾患に関するWHO協力センターワークショップ, ヴィエンチャン, ラオス人民共和国), スカイプレクチャー「職場環境改善におけるアクションチェックリストの使い方」	吉川 徹

表 2-3 労働安全衛生の国内外基準の制定にかかわる委員会等への委員としての参画

委員会等の名称	担当研究員
1) 経済産業省 IoT(Internet of Things)WG 委員会	清水 尚憲
2) 一般社団法人日本海事検定協会 危険物等海上運送国際基準検討委員会危険性評価試験部会	板垣 晴彦
3) 一般社団法人日本電気協会 需要設備専門部会低圧分科会-内線規程の一部改定における小委員会	大澤 敦
4) 一般社団法人日本電気協会 需要設備専門部会低圧分科会	大澤 敦
5) 一般社団法人日本電気協会 需要設備専門部会	大澤 敦
6) 一般社団法人日本クレーン協会 ISO/TC96/SC3 (Selection of ropes)分科会	佐々木哲也
7) 一般社団法人日本クレーン協会 ISO/TC96/SC5 (クレーンの使用、操作、保守に関する分科会)分科会	佐々木哲也
8) 一般社団法人日本クレーン協会 ISO/TC96/SC6 (移動式クレーン)分科会	佐々木哲也
9) 一般社団法人日本クレーン協会 ISO/TC96/SC10 (クレーンの設計原則及び要求事項)分科会	佐々木哲也

委員会等の名称		担当研究員
10)	一般社団法人日本機械工業連合会 TR B 22100-4(Safety of machinery - Relationship with ISO 12100 - Part 4: Guidance to machinery manufacturers for consideration of related IT-security (cyber security) aspects)委員会	濱島 京子
11)	一般社団法人日本人間工学会 ISO/TC159/SC3(Anthropometry and biomechanics) 国内分科会	菅間 敦 大西 明宏
12)	一般社団法人レーザー施工研究会 レーザー加工機標準作成委員会 WG	清水 尚憲
13)	一般社団法人レーザー施工研究会 レーザー加工機標準作成委員会本委員会	清水 尚憲
14)	一般社団法人セーフティグローバル推進機構 セーフティ2.0 本委員会	清水 尚憲 北條理恵子
15)	一般社団法人日本機械工業連合会 広大な空間における安全管理システム開発部会実証実験 WG	清水 尚憲 北條理恵子
16)	一般社団法人日本機械工業連合会 ISO22053(Safety of machinery - Supporting protective system) 規格検討員会	清水 尚憲 北條理恵子
17)	一般社団法人日本機械工業連合会 ISO-TC199 (技術委員会:機械類の安全性)規格検討員会	清水 尚憲 北條理恵子
18)	一般社団法人日本機械工業連合会 広大な空間における安全管理システム開発部会本委員会	清水 尚憲 北條理恵子
19)	一般社団法人日本機械工業連合会 ISO/TC199/WG12(Human-machine interactions) エキスパート	齋藤 剛
20)	一般社団法人日本機械工業連合会 ISO/TC199/WG6(Safety distances, ergonomics aspects) エキスパート	齋藤 剛
21)	一般社団法人日本機械工業連合会 ISO/TC199 (技術委員会:機械類の安全性)国内副主査	齋藤 剛
22)	一般社団法人日本機械工業連合会 IEC/TC44/WG14 (Safety of machinery-Electro sensitive protective equipment -Safety related sensors used for protection of person)国内委員	齋藤 剛
23)	一般社団法人日本機械工業連合会 ISO11161(統合生産システム (基本要素事項)) 規格検討員会	清水 尚憲 北條理恵子
24)	一般社団法人日本機械学会 化学と産業機械安全部門運営委員会	清水 尚憲 北條理恵子
25)	一般社団法人日本工作機械工業会 ISO/TC39/SC10/WG5(Electro discharge machines) エキスパート	齋藤 剛
26)	一般社団法人日本工作機械工業会 ISO/TC39/SC10/WG3 (Turning machines)エキスパート	齋藤 剛
27)	一般社団法人日本工作機械工業会 ISO/TC39/SC10/WG2 (Grinding machines)エキスパート	齋藤 剛
28)	一般社団法人日本鍛圧機械工業会 ISO/TC39/SC10/WG1(工作機械の安全性:旋盤) 国内主査 エキスパート	齋藤 剛
29)	公益社団法人日本保安用品協会 セーフティースニーカー認定委員会	清水 尚憲
30)	公益社団法人日本保安用品協会 安全帯研究会	清水 尚憲
31)	ISO/TC199WG3 11161 委員&エキスパート(機械安全)	清水 尚憲
32)	ISO/TC199WG3 22053 委員&エキスパート(機械安全)	清水 尚憲
33)	IEC/TC101(静電気)国内委員会	大澤 敦
34)	IEC/TC101 PT 61340-4-9(静電気-第 4-9 部:特定応用のための標準試験方法 -衣服)国内委員会主査	大澤 敦
35)	IEC/TC101 PT 61340-4-2(静電気-第 4-3 部:特定応用のための標準的試験方法-履物)国内委員会主査	大澤 敦
36)	IEC/TC31/101/JWG29 国内委員会主査	大澤 敦
37)	IEC SMB(Standardization Management Board:標準管理評議会)政策国内委員会	清水 尚憲 北條理恵子
38)	IEC METI ガイド改正委員会	清水 尚憲
39)	JIS C 61340 4-4(静電気-第 4-1 部:特定応用のための標準的な試験方法- 床仕上げ材及び施工床の電気抵抗) JIS 原案作成委員会	崔 光石

委員会等の名称	担当研究員
40) 高圧ガス保安協会 リスクアセスメント基準検討分科会	島田 行恭
41) 全国自動ドア協会 JIS A 1551(自動ドア開閉装置の試験方法)原案作成委員会分科会 主査	岡部 康平
42) 静電気対策 JIS 原案作成 E2 分科会 主査	大澤 敦
43) 静電気対策 JIS 原案作成 E1 分科会	大澤 敦
44) 日本信頼性学会 規格・調査委員会	北條理恵子
45) ISO/TC146/SC2 エキスパート	鷹屋 光俊
46) OECD WPMN(ナノ材料ワーキングパーティー) SG8(ばく露の測定と低減)	小野真理子
47) OECD WPEA(ばく露評価ワーキングパーティー) SG12(バイオロジカルモニタリング許容値のハーモナイゼーション)	小野真理子
48) ISO/TC108/SC4 委員&エキスパート	柴田 延幸
49) ISO/TC 43/SC 1	高橋 幸雄
50) ISO/TC 43/SC 1/WG 17	高橋 幸雄
51) International Congress on Occupational Health, Scientific Committee (Thermal Factor) Member	上野 哲
52) WHO/WMO 気候変動に関わる労働者の暑熱ばく露の最新報告ワーキンググループ	時澤 健
53) 一般社団法人日本規格協会 ISO/TC283 国内審議委員会	吉川 徹

2. 研究調査の成果一覧

1) 刊行物・出版物

表 2-4 原著論文として国際誌(英文等)に公表された成果

国際誌(英文等)に公表された論文名
1) Wookyung Kim, Takuma Endo, Tomonori Kato, Hitoshi Tsuchiya and Kwangseok Choi (2019) Ignition characteristics of amino acid powders. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol.62, p. 103976.
2) Wookyung Kim, Takuya Soga, Tomoyuki Johzaki, Takuma Endo, Tomonori Kato and Kwangseok Choi (2019) Minimum Ignition Energy and Minimum Explosible Concentration of L-Isoleucine and Glycine Powder. Powder Technology, Vol.347, pp. 207-214.
3) Kwangseok Choi, Tomonori Kato and Wookyung Kim (2019) Experimental study on the electrostatic characteristics of L-isoleucine powder. Powder Technology, Volume 347, pp. 125-129.
4) Hiroyasu Saitoh, Teruhito Otsuka, Norihiko Yoshikawa, Nozomu Kanno, Seiji Takanashi, Yousuke Oozawa, Masahiro Hirata, Masayuki Takeshita, Kenji Sakuragi, Sayuri Kurihara, Yuichiro Tsunashima, Naohito Aoki and Kento Tanaka (2019) Development of a mitigation system against hydrogen-air deflagrations in nuclear power plants. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol.60, pp. 9-16.
5) Atsushi Ohsawa (2019) A kinetic model for the electrostatic spark discharge in atmospheric-pressure air. Journal of Physics: Conf. Series 1322 012010 (4pp) : doi:10. 1088/1742-6596/1322/1/012010.
6) Hirotsugu Minowa, Kazuhiro Takeda, Yukiyasu Shimada, Tesuo Fuchino and Yoshihiko Sato(2019) Design and implementation of MOC Supporter: software system supporting management of change to realize flexible procedure control and accurate cause analysis. International Institute of Applied Informatics, Vol.5, No.1, 47-58.
7) Yukiyasu Shimada, Yoshihiko Sato, Haruhiko Itagaki and Tetsuo Fuchino (2019) Risk Assessment for Process Accident Prevention Using Screening Questionnaire. Chemical Engineering Transactions, Vol.77, pp. 469-474.
8) Atsushi Sugama, Yasuhiro Tonoike and Akihiko Seo (2020) Investigation of the functional stability limits while squatting. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, 2020;1-9. doi. org/10. 1002/hfm. 20833.
9) Yuko Hakamata, Shinya Mizukami, Shuhei Izawa, Yoshiya Moriguchi, Hiroaki Hori, Yoshiharu Kim, Takashi Hanakawa, Yusuke Inoue and Hirokuni Tagaya (2020) Basolateral amygdala connectivity with subgenual anterior cingulate cortex represents enhanced fear-related memory encoding in anxious humans. Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging, Vol.5, No.3, pp.301-310.

- 10) Suzuki T, Miura N, Hojo R, Yanagiba Y, Suda M, Hasegawa T, Miyagawa M and Wang RS (2020) Genotoxicity assessment of titanium dioxide nanoparticle accumulation of 90 days in the liver of gpt delta transgenic mice. *Genes Environ.* Vol.42, No.7, pp. 1-6.
- 11) Matsuo T, So R, Takahashi M. (2020) Workers' physical activity data contribute to estimating maximal oxygen consumption: a questionnaire study to concurrently assess workers' sedentary behavior and cardiorespiratory fitness. *BMC Public Health.* Vol.20, No.1, p.22.
- 12) N. Suzuki, H. Nakaoka, Y. Nakayama, K. Takaya, K. Tsumura, M. Hanazato, S. Tanaka, K. Matsushita, R. Iwayama and C. Mori (2020) Changes in the concentration of volatile organic compounds and aldehydes in newly constructed houses over time. *International Journal of Environmental Science and Technology*, Vol.17, pp.333-342.
- 13) Kazunari Takaya, Yuya Hasegawa and Tetsuo Koizumi (2020) Comparison of isomeric C₃H₇O⁺ ion mobilities using fragment ions from 2-butanol and tert-butanol in He and Ne. *Chemical Physics Letters*, Vol.739, No.137045, pp.1-5.
- 14) Norimichi Suzuki, Hiroko Nakaoka, Akifumi Eguchi, Masamichi Hanazato, Yoshitake Nakayama, Kayo Tsumura, Kohki Takaguchi, Kazunari Takaya, Emiko Todaka and Chisato Mori (2020) Concentrations of Formic Acid, Acetic Acid, and Ammonia in Newly Constructed Houses. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol.17, No.1940, pp.1-10.
- 15) Ken Tokizawa, Su-Young Son, Tatsuo Oka and Akinori Yasuda (2020) Effectiveness of a field-type liquid cooling vest for reducing heat strain while wearing protective clothing. *Ind Health*, Vol.58, No.1, pp.63-71.
- 16) Yuko Hakamata, Shotaro Komi, Eisuke Sato, Shuhei Izawa, Shinya Mizukami, Yoshiya Moriguchi, Yuki Motomura, Mie Matsui, Yoshiharu Kim, Takashi Hanakawa, Yusuke Inoue and Hirokuni Tagaya (2019) Cortisol-related hippocampal-extrastriate functional connectivity explains the adverse effect of cortisol on visuospatial retrieval. *Psychoneuroendocrinology*, Vol.109, p.104310.
- 17) Takuya Yoshiike, Motoyasu Honma, Hiroki Ikeda and Kenichi Kuriyama. (2019) Bright light exposure advances consolidation of motor skill accuracy in humans. *Neurobiology of Learning and Memory*, Vol. 166, p.107084.
- 18) Hiroaki Itoh, Rui-Sheng Wang, Syou Maki, Qiao Niu, Huizhen Shang, Yougong Su, Zuquan Weng, Hiroyuki Saito, Nobuhiko Miura and Masaya Takahashi (2019) Effects of work schedule and period of exposure on changes in urinary chromium and nickel excretion among rotating shift workers in a stainless-steel plant. *Chronobiol Int*, Vol.36, pp.1439-1446.
- 19) Nobuhiko Miura, Katsumi Ohtani, Tatsuya Hasegawa, Hiroki Yoshioka and Gi-Wook Hwang (2019) Biphasic adverse effect of titanium nanoparticles on testicular function in mice. *Sci. Rep.*, Vol.9, No.1, p.14373.
- 20) Nao Yukimatsu, Min Gi, Takahiro Okuno, Masaki Fujioka, Shugo Suzuki, Anna Kakehashi, Yukie Yanagiba, Megumi Suda, Shigeki Koda, Tatsuya Nakatani and Hideki Wanibuchi (2019) Promotion effects of acetoacetotoluidide on N-butyl-N-(4-hydroxybutyl)nitrosamine-induced bladder carcinogenesis in rats. *Arch Toxicol*, Vol.93, No.12, pp.3617-3631.
- 21) Reiko Sakama, Hirohide Yokokawa, Kazutoshi Fujibayashi, Toshio Naito, Yuki Sato, Chizuru Yamanaka, Masahiro Kikuya, Masako Miyashita and Shinichi Kuriyama (2019). Psychological characteristics of children at two years after Great East Japan Earthquake: Analyses of telephone consultation records. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, Vol.249, No.2, pp.85-92.
- 22) N. Suzuki, H. Nakaoka, M. Hanazato, Y. Nakayama, K. Tsumura, K. Takaya, E. Todaka and C. Mori (2019) Indoor air quality analysis of newly built houses. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol.16, p.4142, pp.1-11.
- 23) Tsutsumi Akizumi, Akihito Shimazu and Toru Yoshikawa (2019) Proposed guideline for primary prevention for mental health at work: an update. *Environmental and Occupational Health Practice*, Vol.1, pp.2-12.

- 24) Zhilei Zhao, Seiichiro Jinde, Shinsuke Koike, Mariko Tada, Yoshihiro Satomura, Akane Yoshikawa, Yukika Nishimura, Ryu Takizawa, Akihide Kinoshita, Eisuke Sakakibara, Hanako Sakurada, Mika Yamagishi, Fumichika Nishimura, Aya Inai, Masaki Nishioka, Yosuke Eriguchi, Tsuyoshi Araki, Atsuhiko Takaya, Chiemi Kan, Maki Umeda, Akihito Shimazu, Hideki Hashimoto, Miki Bundo, Kazuya Iwamoto, Chihiro Kakiuchi and Kiyoto Kasai (2019) Altered expression of microRNA-223 in the plasma of patients with first-episode C12chizophrenia and its possible relation to neuronal migration-related genes. *Translational Psychiatry*, Vol.9, No.1, p.289.(online)
- 25) Takashi Yamauchi, Takeshi Sasaki, Kunihiko Takahashi, Shigeo Umezaki, Masaya Takahashi, Toru Yoshikawa, Machi Suka and Hiroyuki Yanagisawa (2019) Long working hours, sleep-related problems, and near-misses/injuries in industrial settings using a nationally representative sample of workers in Japan. *PLOS ONE*, Vol. 14, No. 7, e0219657.
- 26) Kenichi Kobayashi, Hisayo Kubota, Rieko Hojo and Muneyuki Miyagawa (2019) Effective dispersal of titanium dioxide nanoparticles for toxicity testing. *The Journal of Toxicological Sciences*, Vol.39, No.2, pp.515-521.
- 27) Hisayoshi Ohta, Yonggang Qi, Kenichi Ohba, Tatsushi Toyooka and Rui-Sheng Wang (2019) Role of metallothionein-like cadmium-binding protein (MTLcDBP) in the protective mechanism against cadmium toxicity in the testis. *Ind Health*, Vol.57, pp.570-579.
- 28) Kazuyuki Iwakiri, Masaya Takahashi, Midori Sotoyama, Xinxin Liu and Shigeki Koda (2019) Priority approaches of occupational safety and health activities for preventing low back pain among caregivers. *J Occup Health*, Vol. 61, pp.339-348.
- 29) Xinxin Liu, Hiroki Ikeda, Fuyuki Oyama and Masaya Takahashi (2019) Haemodynamic responses to simulated long working hours in different age groups. *Occup Environ Med*, Vol. 76, pp.754-757.
- 30) N. Suzuki, H. Nakaoka, M. Hanazato, Y. Nakayama, K. Takaya and C.Mori (2019) Emission rates of substances from low-volatile-organic-compound paints. *International Journal of Environmental Science and Technology*, Vol.16, No.8, pp.4543-4550.
- 31) Masaya Takahashi (2019) Sociomedical problems of overwork - related deaths and disorders in Japan. *J Occup Health*, Vol.61, No.4, pp.269-277.
- 32) Nobuhiko Miura, Katsumi Ohtani, Tatsuya Hasegawa, Gi-Wook Hwang and Hiroki Yoshioka (2019) Impairment of fertilization efficiency in mice following nano-sized titanium exposure. *Fundam. Toxicol. Sci.*, Vol.6, No.3, pp.113-116.
- 33) Naoko Inoue, Mitsutoshi Takaya (2019) Reactivity and relative reaction rates of formaldehyde, acetaldehyde, and acetone coexisting with large quantities of acetone on 2,4-dinitrophenylhydrazine-impregnated filters. *Analytical Methods*, Vol.11, No.21, pp.2785-2789.

表 2-5 原著論文として国内誌(和文)に公表された成果

- 1) 崔光石, 遠藤雄大, 鈴木輝夫(2019) ポリプロピレン粉体充填時に貯蔵槽内で発生する静電気現象. *労働安全衛生研究*, Vol.12, No.3, pp. 181-187.
- 2) 長田裕生, 崔光石, 鈴木輝夫(2019) 静電気障災害防止のための除電技術. *日本火災学会誌*, Vol.69, No.4, pp. 35-39.
- 3) 長田裕生, 鈴木輝夫, 崔湖壽, 崔光石 (2019) 内圧防爆型静電界センサの開発. *静電気学会誌*, Vol.43, No.2, pp. 90-91.
- 4) 崔光石, 遠藤雄大, 長田裕生, 鈴木輝夫(2020) 絶縁性フレキシブルコンテナの静電気帯電・放電特性. *労働安全衛生研究*, Vol. 13, No.1, pp.57-63.
- 5) 崔光石, 北條理恵子, 呂 健, 山口篤志(2020) 安全衛生総合研究所国際部門における労働安全分野の国際研究交流, 共同研究等の推進. *労働安全衛生研究*, Vol. 13, No.1, pp. 85-88.
- 6) 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也, 豊澤康男(2019) 土砂崩壊による労働災害. *地盤工学会誌*, Vol.67, No.4, pp. 39-40.
- 7) 酒井信介, 岩崎篤, 佐々木哲也, 宮崎信弥, 石崎陽一, 戒田拓洋(2019) 局部減肉信頼性管理のための部分安全係数表の作成. *圧力技術*, Vol.57, No.2, pp. 66-72.

- 8) 清水尚憲, 北條理恵子, 濱島京子, 梅崎重夫(2019) 支援的保護システム-Safety by Design による包括的安全管理の必要性. 計測と制御, Vol.58, No.6, p. 444.
- 9) 北條理恵子, 濱島京子, 清水尚憲, 向殿政男(2019) 産業現場に活用可能な行動の定量的評価法-産業安全行動分析学への招待. 信頼性, 41 巻, pp. 268-275.
- 10) 北條理恵子, 清水尚憲(2020) 産業安全行動分析学の活かし方. 品質, 50 巻, pp. 26-30.
- 11) 山口篤志, 岡部康平, 池田博康(2019) 有限要素解析を利用した人工前腕骨の曲げ強度評価の検討. 労働安全衛生研究, Vol.12, No.2, pp. 87-93.
- 12) 高木元也(2020) 産業分野別にみた中小企業の安全管理活動の特徴. 安全工学, Vol.59, No.1.
- 13) 庄司卓郎, 高木元也, 呂健(2020) 外国人労働者向けマンガ看板の開発-視認性と内容理解につながる要因の検討. 労働安全衛生研究, Vol.13, No.1, pp. 35-47.
- 14) 吉川直孝, 平岡伸隆, 伊藤和也(2019) 若材齢ベースコンクリートの押し抜き実験とその個別要素シミュレーション. 土木学会論文集 F1(トンネル工学), Vol.75, No.1, pp. 56-74.
- 15) 堀智仁, 玉手聡(2020) ドラグ・ショベルのクレーン作業による死亡災害の分析とつり荷走行時の荷振れによる作業半径の増加. 労働安全衛生研究, Vol.13, No.1, pp.49-56.
- 16) 堀智仁, 玉手聡(2020) ドラグ・ショベルのクレーン作業による死亡災害の分析とつり荷走行時の荷振れによる作業半径の増加. 労働安全衛生研究, Vol.13, No.1, pp. 49-56.
- 17) 板垣晴彦(2019) 爆発火災事例についての災害規模曲線を用いた分析. 労働安全衛生研究, Vol.12, No.2, pp. 101-105.
- 18) 掛谷幸士朗, 林久資, 大塚輝人, 中村憲司, 進士正人(2020) 簡易粉じん測定器のトンネル建設現場への適用に関する研究. 土木学会論文集 I-1.
- 19) 大澤敦(2019) 着火性ブラシ放電防止の液体充てん流速. 労働安全衛生研究, Vol.12, No.2, pp. 79-86.
- 20) 高橋明子, 島田行恭, 佐藤嘉彦(2019) 現場作業者の GHS 絵表示の理解度と文字情報の確認行動. 労働科学, Vol.95, No.3, pp. 77-90.
- 21) 渡辺裕見, 伊藤昭好, 原 邦夫, 佐々木 毅(2020) 自治体職場における労働安全衛生マネジメントシステム導入・定着による労働災害の抑制. 労働安全衛生研究, Vol. 13, No. 1, pp. 65-78.
- 22) 松元 俊, 久保智英, 井澤修平, 池田大樹, 高橋正也, 甲田茂樹(2020)トラックドライバーの過労に影響する働き方と休み方の横断的検討. 労働安全衛生研究, Vol. 13, No.1, pp.3-10.
- 23) 松木 篤, 岩田 歩, 張 代洲, 小島 知子, 山田 丸, 當房 豊(2020) 黄砂の混合状態が持つ気候学的重要性—個別粒子観察の知見から—, エアロゾル研究, Vol.35, No.1, pp.5-13.
- 24) 前谷津文雄, 山口さや香, 山口さち子, 引地健生(2020) 妊娠就業者の MRI 検査業務配置に関する対応, 意識状況に関するアンケート調査分析—配置決定プロセスに関する他の代替業務との要因比較. 日本放射線技師会誌, Vol. 67, No.809, pp. 14-23.
- 25) 柴田延幸(2019) 立位全身振動ばく露における不快感に関する主観応答一周波数依存性に関する検討—. 労働安全衛生研究, Vol.12, No.3, pp.153-160.
- 26) 蘇リナ, 松尾知明, 高橋正也(2019) 労働者生活行動時間調査票で評価した勤務中座位時間と健康関連指標との関係. 労働安全衛生研究, Vol.12, No.3, pp.127-133.
- 27) 佐野友美, 吉川徹, 中嶋義文, 木戸道子, 小川真規, 榎本宏子, 松本吉郎, 相澤好治(2020) 医療機関における産業保健活動の事例分析. 産業衛生学雑誌, Vol.62, No.3, pp.115-126.
- 28) 小山秀紀, 鈴木一弥, 茂木伸之, 斎藤進, 酒井一博(2019) 昼寝椅子による短時間仮眠が睡眠の質, パフォーマンス, 眠気に及ぼす効果. 労働科学, Vol.95, No.2, pp.56-67.
- 29) 赤間章英, 石橋圭太, 岩永光一(2019) ヒト型図形が配色記憶の形成に及ぼす影響—記憶時の事象関連電位(ERP) 大脳半球間差分波形による検討—. 日本生理人類学会誌, Vol.24, No.4, pp.159-172.
- 30) 井澤修平(2019) 産業領域におけるストレスバイオマーカーの未来. 産業ストレス研究, Vol.26, No.3, pp.265-267.
- 31) 小林健一, 柳場由絵(2019) 産業化学物質のマウス経皮ばく露方法の検討. 労働安全衛生研究, Vol.12, No.3, pp. 195-198.
- 32) 蘇リナ, 松尾知明, 高橋正也(2019). 労働者生活行動時間調査票で評価した勤務中座位時間と健康関連指標との関係. 労働安全衛生研究, Vol.12, No.3, pp.127-133.

国内誌(和文)に公表された論文名

- 33) 江藤 幹, 笹井浩行, 辻本 健彦, 蘇 リナ, 田中 喜代次(2019)食習慣改善と運動実践による減量支援に伴う体重変化:1年後の追跡調査. 体力科学, Vol.68, No.4, pp. 251-259.
- 34) 鷹屋光俊(2019)労働環境中の粒子状物質評価に使用する個人サンプラーについて.エアゾル研究, Vol. 34, No. 3, pp.153-158.
- 35) 赤間章英, 石橋圭太, 岩永光一(2019)視覚刺激の意味が配色の記憶に与える影響—ヒト型図形を用いた事象関連電位による検討—. 日本生理人類学会誌, Vol.24, No.3, pp.95-105.
- 36) 豊岡達士, 祁 永剛, 王 瑞生, 甲田茂樹(2019) 3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノフェニルメタン及びその類似化学構造を有する産業化学物質のDNA損傷性に関する研究.労働安全衛生研究. Vol.12, No.2, pp.113-118.
- 37) 山田 丸, 鷹屋光俊(2019)個人サンプラーNWPS-254 に用いるフッ素樹脂処理ガラス繊維フィルターの粒子捕集効率. 労働安全衛生研究, Vol.12. No.2, pp.107-112.
- 38) 小野真理子,山田 丸(2019)炭素系ナノマテリアルの飛散状態の確認. 労働安全衛生研究, Vol.12, No. 2, pp.95-99.
- 39) 湯浅晶子, 吉川悦子, 吉川徹(2019)参加型職場環境改善の評価指標に関する文献レビュー. 労働科学, Vol.95, No.1, pp.10-29.

表 2-6 原著論文に準ずるものとして国際誌(英文等)に公表された成果

国際誌(英文等)に公表された論文名

- 1) Kazuya Itoh, Tatsuya Shibata, Nobutaka Hiraoka, Naotaka Kikkawa, Surendra B. Tamrakar and Yasuo Toyosawa (2019) CHARACTERISTICS OF LABOR ACCIDENTS CAUSED BY SLOPE FAILURE DURING SLOPE CUTTING WORKS AND APPLICATION OF TILT SENSOR FOR MEASUREMENT OF SLOPE MOVEMENT. KEC Conference 2019, p. 1-6, P-18, Lalitpur, Nepal, September 26, p. 2019.
- 2) Nobutaka Hiraoka a, Naotaka Kikkawa and Kazuya Itoh(2019) A Study on Slope Failure by Difference of Slope Angle due to Groundwater Using Centrifuge Modelling. Asia Pacific Symposium on Safety 2019 (APSS2019) .
- 3) Shoken Shimizu, Rieko Hojo and Christoph Bördlein (2019) Safeguarding Supportive System (SSS) for Residual Risks in Integrated Manufacturing System (IMS) . Vision Zero Summit 2019 , Program pp. 6.
- 4) Shoken Shimizu, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Mizuho Nakamura and Rieko Hojo(2019) Location Identification of Workers by a newly established Safeguarding Supportive System (SSS) . 6th European Conference on standardization, testing and certification in the field of occupational safety and health (EuroSHnet 2019) , p. 4.
- 5) Shoken Shimizu, Kyoko Hamajima, Rieko Hojo(2019) Novel Safety Management for Current Industry Revolution- Dynamic Risk Assessment. The 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech 2020) , Proceedings of LifeTech2020, pp. 381-382.
- 6) Rieko Hojo, Shoken Shimizu and Christoph Bördlein(2019) Application of Behavior Analysis to Safety Management – For a Quantitative Evaluation of Risk Assessment. Vision Zero Summit 2019 , Program pp. 12.
- 7) Katsumi Matsui, Rieko Hojo, Shoken Shimizu, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Mizuho Nakamura and Sei Takahashi(2019) Importance of graphical feedback under Safeguarding Supportive System (SSS) for safety and productivity- an approach of the behavioral analysis. 6th European Conference on standardization, testing and certification in the field of occupational safety and health (EuroSHnet 2019) , p. 4.
- 8) Rieko Hojo, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Mizuho Nakamura and Shoken Shimizu(2019) Detection of dangerous points and behavioral modification from environmental change by behavior analysis procedure under the safeguarding supportive system (SSS) at a tunnel construction site. 6th European Conference on standardization, testing and certification in the field of occupational safety and health (EuroSHnet 2019) , p. 4.
- 9) Rieko Hojo, Christoph Bördlein, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki and Shoken Shimizu(2019) For a Quantitative Evaluation of Risk Assessment -Behavior-based Safety. The 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech 2020) , Proceedings of LifeTech2020, pp. 378-380.
- 10) Yuka Koremura, Rieko Hojo and Shoken Shimizu (2019) A Perspective of OBM to BBS and Other Industries. The 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech 2020), Proceedings of LifeTech2020, pp. 375-377.

国際誌（英文等）に公表された論文名

- 11) K. Uemura, R. Takatoku, K. Itoh, N. Suemasa, N. Kikkawa, N. Hiraoka and T. Sasaki (2019) Centrifuge model tests on improved soils using Ca(OH)₂ and SiO₂ grout. ICEGE 7th 2019, pp. 5393-5401.
- 12) Naotaka Kikkawa, Nobutaka Hiraoka, Kazuya Itoh and Roland P. Orense (2019) Study on strength and deformation characteristics of early age shotcrete in tunnel cutting face. Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art – Peila, Viggiani & Celestino (Eds)
© 2019 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-38865-9, Proceedings of WTC2019, pp. 4882 - 4891.
- 13) Atsushi Ohsawa (2019) On the hyperbolic law of the charge relaxation for low-conductivity liquids. 2019 Annual Meeting of the Electrostatics Society of America, Proceedings of 2019 Annual Meeting of the Electrostatics Society of America, G2 (pp. 4).
- 14) Atsushi Ohsawa(2019) A kinetic model for the electrostatic spark discharge in atmospheric-pressure air. Electrostatics 2019, Abstract book of Electrostatics 2019 (pp. 1).
- 15) Atsushi Sugama(2019) The Height of Occupational Fall Injuries and Fatalities in the Japanese Construction Industry. Proceedings of Asia Pacific Symposium on Safety 2019, pp. 541-546.
- 16) Ken Tokizawa, Hirofumi Tsuchimoto and Toru Shimuta (2020) Development of core temperature estimation system using patch-type heat-flux sensors on the chest. Proceedings of the 97th Annual Meeting of the Physiological Society of Japan, p.S170.
- 17) Hiroki Ikeda, Tomohide Kubo, Takeshi Sasaki, Xinxin Liu, Tomoaki Matsuo, Rina So, Shun Matsumoto¹ and Masaya Takahashi (2019) Association between daily rest periods and sleep duration/timing on workdays and non-workdays: a cross sectional web survey. Sleep Sci, Vol.12(Supl.3), p.42.
- 18) Tomohide Kubo, Shun Matsumoto, Takeshi Sasaki, Hiroki Ikeda, Shuhei Izawa, Masaya Takahashi, Shigeki Koda, Tsukasa Sasaki and Kazuhiro Sakai (2019) Examining excessive fatigue symptoms among truck drivers by the list of prodrome of karoshi (overwork-related cerebrovascular and cardiovascular diseases). Sleep Sci, Vol.12(Supl.3), p.47.
- 19) Shun Matsumoto, Tomohide Kubo, Shuhei Izawa, Hiroki Ikeda, Masaya Takahashi and Shigeki Koda (2019) Effects of sufficient sleep on fatigue and blood pressure in local and long-haul truck drivers: a field study. Sleep Sci, Vol.12(Supl.3), p.53.
- 20) Masaya Takahashi, Toru Yoshikawa, Takashi Yamauchi and Shigeo Umezaki (2019) Characteristics of compensated claims for overwork-related mental disorders among employees in transport and postal activities in japan. Sleep Sci, Vol.12(Supl.3), p.68.

表 2-7 原著論文に準ずるものとして国内誌に公表された成果

国内誌に公表された論文名等

- 1) 清水尚憲, 松井克海, 濱島京子, 梅崎重夫, 福田隆文, 高橋聖, 北條理恵子(2019) 支援的保護システム (Safeguarding Supportive System; SSS) -トンネル施工現場における実証実験. 自動制御学会・システム情報部門学術講演会 2019, プログラム p.2.
- 2) 久保洗貴, 清水尚憲, 北條理恵子, 高橋聖(2019) 非常常作業時における 3 ポジションイネーブル装置の妥当性検証- 安全防護策としての使用要件に関する論理的検証. 自動制御学会・システム情報部門学術講演会 2019, プログラム p.2.
- 3) 北條理恵子, 濱島京子, 梅崎重夫, 清水尚憲(2019) 職場の安全における作業者の自己管理及び管理者の適切な安全管理のための行動分析学. 自動制御学会・システム情報部門学術講演会 2019, プログラム p.2.
- 4) 松井克海, 北條理恵子, 清水尚憲, 濱島京子, 梅崎重夫, 高橋聖(2019) 作業環境における人の作業効率のための行動分析的介入の有効性検証. 自動制御学会・システム情報部門学術講演会 2019, プログラム p.2.

表 2-8 査読付き報告等として学会誌等に公表された成果

報告等の名称

- 1) 江田裕貴, 池田悠稀, 西村悠貴, 久永一郎, 磯田和夫, 樋口重和(2020) 顔表情を曲面に投影することが顔表情認知に与える影響. 日本生理人類学会誌, Vol.25, No.1, pp.9-14.

報告等の名称	
2)	吉川徹 (2019) ドライバーの健康管理は「血圧」と「食事」に注目【シリーズ】トラックドライバーの健康.陸運と安全衛生 No.602 令和元年 8 月, pp10-12.
3)	吉川徹 (2019) 医療従事者が感染症を発症したらどうするの? -職員の健康管理と法令事項-INFECTION CONTROL, Vol.28, pp.82(601)-86(614).
4)	北洋輔, 白川由佳, 鈴木浩太, 江頭優佳, 加賀佳美, 北村柚葵, 西村悠貴, 山下裕史郎, 稲垣真澄 (2020) 注意欠如多動症児の協調運動機能が行為選択に及ぼす影響. 脳と発達, Vol.52, No.1, pp.5-10.

表 2-9 査読なし総説論文又は解説等として公表された成果

総説論文又は解説等の名称	
1)	大幢勝利(2020) 強風による足場の倒壊災害を防ぐ. 仮設機材マンスリー, No.426, 仮設工業会, pp. 46-47.
2)	大幢勝利(2019) 台風 21 号による被害 2) 工作物等の特徴的な被害. 風災害研究会 2018 年次報告. 日本風工学会誌, Vol.44, No.2, p. 233.
3)	大幢勝利(2019) 建設工事従事者の安全の確保に向けた海外の好事例. 港湾, Vol.96, No.8, pp. 8-9, 日本港湾協会, 東京.
4)	大幢勝利(2019) 高所作業の安全～フルハーネス型墜落制止用器具の使用～. 人事院月報, 6 月号, No.838, pp. 13-14.
5)	大幢勝利(2019) ミニ特集 強風に関する一般的知識. クレーン, 6 月号, Vol.57, No.4, pp. 20-25.
6)	崔光石(2019) 粉体用サイロ内で発生する静電気帯電・放電に関する研究の世界ーを目指して!. 静電気学会誌, Vol.43, No.6, p. 231.
7)	平岡伸隆, 広部伸二, 小林繁男ほか(2019) チェーンソーを用いた伐木作業安全マニュアル. pp. 1-59.
8)	清水尚憲(2019) クレーンの安全を考える①. クレーン, 第 57 巻, 5 号, pp. 4-7.
9)	清水尚憲(2019) クレーンの安全②リスクアセスメント導入のための実施手順と留意点. クレーン, 第 57 巻, 6 号, pp. 4-8.
10)	清水尚憲(2019) クレーンの安全を考える(3). クレーン 7 月号, Vol.57, No.664, pp. 4-7.
11)	清水尚憲(2019) クレーンの安全を考える(4). クレーン 8 月号, Vol.57, No.665, pp. 4-7.
12)	清水尚憲(2019) クレーンの安全を考える(5). クレーン 10 月号, Vol.57, No.667, pp. 4-6.
13)	清水尚憲(2019) クレーンの安全を考える(6). クレーン 11 月号, Vol.57, No.668, pp. 4-7.
14)	清水尚憲(2019) クレーンの安全を考える(7). クレーン 12 月号, Vol.57, No.669, pp. 4-6.
15)	清水尚憲(2019) クレーンの安全を考える(8). クレーン 2 月号, Vol.58, No.671, pp. 4-6.
16)	清水尚憲(2019) クレーンの安全を考える(9). クレーン 3 月号, Vol.58, No.672, pp. 4-6.
17)	清水尚憲(2020) 災害事例に学ぶ機械安全 リミットスイッチの無効化によるはさまれ災害. 安全と健康, 2020 年 3 月号, No.16403, pp.78-87.
18)	清水尚憲(2020) 災害事例に学ぶ機械安全 産業用ロボットによるはさまれ災害. 安全と健康, 2020 年 2 月号, No.16402, pp. 44-57.
19)	清水尚憲(2020) 災害事例に学ぶ 機械安全 「機械安全」の考え方. 安全と健康, 2020 年 1 月号, No.16401, pp. 73-84.
20)	山際謙太(2019) 金属も疲労する予測できる疲労. できない疲労. 安全と健康, Vol.20, No.11, pp. 1063-1067.
21)	山際謙太(2019) 平成 30 年台風 21 号におけるクレーン等に発生した被害の概要. クレーン, Vol.57, No.661, pp. 16-19.
22)	山際謙太(2019) ワイヤロープ委員会委員長に就任して. クレーン, Vol.57, No.665, p. 1.
23)	北條理恵子(2020) 危険感受性を鍛えよう あなたの危険感受性 どう測る?. 安全衛生のひろば. 2020 年 1 月号, No.13401, pp. 20-32.
24)	北條理恵子(2020) 危険感受性を鍛えよう レスポンド条件づけとは. 安全衛生のひろば. 2020 年 2 月号, No.13402, pp. 20-31.
25)	北條理恵子(2020) 危険感受性を鍛えよう 人工的にトラウマを形成?! . 安全衛生のひろば. 2020 年 3 月号, No.13403, pp. 20-31.

- 26) 北條理恵子(2020) 職場に活かす ガクモン 行動分析学 第1回～科学としての行動分析学～. 安全と健康, 2020年1月号, No.16401, pp. 82-94.
- 27) 北條理恵子(2020) 職場に活かす ガクモン 行動分析学 第2回～産業現場における活用～. 安全と健康, 2020年2月号, No.16402, pp. 41-48.
- 28) 北條理恵子(2020) 職場に活かす ガクモン 行動分析学第3回～行動分析学と機械安全の融合～. 安全と健康, 2020年3月号, No.16403, pp. 73-75.
- 29) 岡部康平(2019) Q&A で学ぶロボット導入ははじめの一步. 工場管理, Vol.12, pp. 46-47.
- 30) 岡部康平(2019) 信頼性・安全性計画研究会活動報告:品質不正チェックリストの提言. 品質, Vol.49, No.3, pp. 12-14.
- 31) 高木元也(2019) 下水道工事故対策(飛来・落下). JASCOMA, Vol.52, pp. 48-49.
- 32) 高木元也(2019) 一般家庭のヒューマンエラー対策事例. 安全スタッフ, No.2342, pp. 34-36.
- 33) 高木元也(2019) 林業の安全を確保する(後編). 安全スタッフ, No.2341, pp. 34-36.
- 34) 高木元也(2019) 林業の安全を確保する(前編). 安全スタッフ, No.2340, pp. 30-32.
- 35) 高木元也(2019) 作業マニュアルだけでは足りない. 安全スタッフ, No.2339, pp. 38-40.
- 36) 高木元也(2019) 下水道工事故対策(硫化水素中毒). JASCOMA, Vol.51, pp. 48-49.
- 37) 高木元也(2019) 夏の事業所訪問レポート. 安全スタッフ, No.2337, pp. 28-31.
- 38) 高木元也(2019) 危険感受性を向上させる(3). 安全スタッフ, No.2337, pp. 44-47.
- 39) 高木元也(2019) 危険感受性を向上させる(2). 安全スタッフ, No.2336, pp. 24-26.
- 40) 高木元也(2019) 危険感受性を向上させる(1). 安全スタッフ, No.2335, pp. 42-45.
- 41) 高木元也(2019) 硫化水素中毒を防ぐ. 安全スタッフ, No.2334, pp. 36-39.
- 42) 高木元也(2019) 建設業における外国人労働者の活用と労働安全上の課題. 保健の科学, Vol.61, No.4, pp. 247-252.
- 43) 高木元也(2019) 高年齢労働者の労働災害防止対策-加齢に伴う心身機能の低下-. エルダー, No.476, pp. 7-11.
- 44) 高木元也(2019) 製造業の「墜落・転落」と「飛来・落下」④. 安全スタッフ, No.2331, pp. 30-32.
- 45) 高木元也(2019) 製造業の「墜落・転落」と「飛来・落下」③. 安全スタッフ, No.2330, pp. 30-32.
- 46) 高木元也(2019) 製造業の「墜落・転落」と「飛来・落下」②. 安全スタッフ, No.2329, pp. 36-39.
- 47) 高木元也(2019) 製造業の「墜落・転落」と「飛来・落下」①. 安全スタッフ, No.2328, pp. 30-33.
- 48) 高木元也(2019) 感電災害事例を学ぶ. 安全スタッフ, No.2327, pp. 30-33.
- 49) 高木元也(2020) リスクを熟知する人を育てるには(はしご編). 安全スタッフ, No.2348, pp. 30-33.
- 50) 高木元也(2020) リスクを熟知する人を育てるには. 安全スタッフ, No.2347, pp. 34-37.
- 51) 高木元也(2019) リスクアセスメントとヒューマンエラー(その1). 安全スタッフ, No.2344, pp. 40-42.
- 52) 高木元也(2020) リスクアセスメントとヒューマンエラー(その2). 安全スタッフ, No.2345, pp. 32-34.
- 53) 高木元也(2020) リスクアセスメントとヒューマンエラー(その3). 安全スタッフ, No.2346, pp. 32-34.
- 54) 吉川直孝 他(2019) JTA 国際委員会 ITA 統括ワーキング. 第45回 ITA 総会および世界トンネル会議(ナポリ報告. トンネルと地下, Vol.50, No.10, 一般社団法人日本トンネル技術協会, p. 59, pp. 66-67.
- 55) 板垣晴彦 (2019) 静電気によって発生した火災爆発事故の分析. 火災, Vol.69, No.5, pp. 6-10.
- 56) 八島正明(2019) 粉じん爆発・火災とその防止策. エアロゾル研究, Vol.34, No.3, pp. 1-8.
- 57) 八島正明(2019) 産業現場における爆発・火災に関する一連の研究. 火災, Vol.69, No.4, pp. 3-6.
- 58) 土橋律, 山隈瑞樹, 那須貴司, 八島正明(2020) 粉じん爆発情報セミナー. 粉体技術, Vol.12, No.2, pp. 37-40.
- 59) 三浦崇(2019) 統計でみる感電災害の現状. 北海道の電気, 742号, 2019年8月15日発行, pp. 7-15.
- 60) 三浦崇(2019) 高真空下での静電気現象-大気圧から真空に至るまでの摩擦帯電について-. 静電気学会誌, Vol.43, No.2, pp. 56-58.
- 61) 崔光石, 遠藤雄大(2019) 粉体取り扱い時の静電気現象および着火防止. 静電気学会誌, Vol.43, No.6, pp. 244-248.
- 62) 遠藤雄大, 崔光石(2019) 液体・粉体取り扱い工程における静電気災害対策. 火災, Vol.69, No.4, pp. 29-34.
- 63) 島田行恭(2019) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施に関するチェックポイント集. 安全衛生コンサルタント, Vol.39, No.132, pp. 34-46.

- 64) 島田行恭(2019) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施状況と課題. 安全衛生コンサルタント, Vol.39, No.132, pp. 23-33.
- 65) 島田行恭(2019) 労働安全衛生総合研究所における化学物質管理に関する研究活動の紹介. 月刊 化学物質管理, Vol.4, No.2, 2019年9月号, pp. 4-14, 情報機構.
- 66) 島田行恭, 北島禎二, 清田隆範(2020) 統合化されたプロセス安全情報を活用したライフサイクルエンジニアリング. 化学工学誌, Vol.84, No.3, pp. 139-142.
- 67) 島田行恭(2020) 化学物質取扱い事業所における火災爆発に係るリスクアセスメントの実情. 火災, Vol.70, No.1(364), pp. 12-17.
- 68) 大西明宏(2019) ロールボックスパレット(カゴ車) 使用時の災害防止. 人間生活工学, Vol.20, No.2, pp. 9-12.
- 69) 大西明宏(2019) 安全なテールゲートリフター取扱い作業ルールのチェックリスト付リーフレット. 日本人間工学会, 人間工学 グッドプラクティス データベース, http://www.ergonomics.jp/gpdb/gpdb-list.html?gddb_id=103.
- 70) 大西明宏(2020) ロールボックスパレット(カゴ車) を安全に使うために. 流通ネットワークキング, No.317, pp. 29-32.
- 71) 久保智英(2020)「遊びたい」を理解する:仕事の反対語が遊びになるように. 産業保健と看護, Vol.12, No.1, pp.30-34.
- 72) 久保智英(2020)より良く働くための巧みな休み方～オンとオフのメリハリの重要性～. 安全と健康, Vol.71, No.16, pp.22-28.
- 73) 小嶋 純 (2019) 漏洩煙を低減するドアレス喫煙室の試作. 安全衛生コンサルタント, Vol.133, pp.37-41.
- 74) 中村憲司 (2020) 海外研究紹介. 作業環境, Vol. 41, No. 2, pp.68-72.
- 75) 井上直子 (2020) 海外研究紹介. 作業環境, Vol.41, No.1, pp.52-55.
- 76) 高橋正也(2020)過労死等防止対策の課題とこれからの働き方・休み方. 労働の科学, Vol.75, No.2, pp.4-8.
- 77) 吉川徹 (2020) 長時間労働の削減に向けて. 地方公務員安全と健康 Forum 2020.01, Vol.112, pp.4-8.
- 78) 吉川徹 (2020)労働災害・公務災害一針刺し・血液体液曝露の諸手続きと療養補償の受け付け方. INFECTION CONTROL 2020.2 Vol.2, pp.83-88.
- 79) 吉川徹, 佐々木毅, 山内貴史, 高田琢弘, 松元俊, 菅知絵美, 高橋正也(2020) 過労死等防止調査研究センターにおける過労死等労災認定事案の分析. 産業医学ジャーナル, Vol.43, No.2, pp.97-103.
- 80) 佐藤ゆき (2019) 禁煙対策への社会の新たな動き. 陸運と安全衛生, No.604, pp.14-16.
- 81) 小嶋 純 (2019) 局所排気装置等の排気効果を低下させる種々の原因と対策. 安全衛生コンサルタント, Vol.132, pp.55-62.
- 82) 中村憲司 (2019) 海外研究紹介. 作業環境, Vol. 40, No. 6, pp.51-54.
- 83) 柴田延幸 (2019) 手腕振動ばく露作業における作業管理について. セーフティダイジェスト, Vol.65, No.11, pp.2-7.
- 84) 柴田延幸 (2019) 手腕振動ばく露作業で使用が推奨される保護具とその関連規格について. セーフティダイジェスト, Vol.65, No.12, pp.2-8.
- 85) 時澤 健 (2019) パッチ型センサを用いた深部体温推定と熱中症予防. BE 建設設備, Vol.70, No.11, pp.19-22.
- 86) 吉川徹 (2019) 医師の過労死～医師の勤務環境改善につなげるために～. 日本医師会雑誌 2019.10 Vol.148, No.7, pp.1301-1304.
- 87) 久保智英(2019)いつでもどこでも働けることの是非—「つながらない権利」について考える. 労政時報の人事ポータル Jin-Jou URL(https://www.rosei.jp/jinjour/article.php?entry_no=76418&bk=)
- 88) 久保智英(2019)勤務間インターバルによる労働者の疲労回復について. 産業保健21, Vol.97, pp.20-21.
- 89) 久保智英(2019)睡眠は人生の主役? 脇役? (特集 I 快眠にポイント付与 ミスや労災を防ぐ). 安全スタッフ, No.2336, p.17.
- 90) 岩切一幸 (2019) 腰痛発生と予防の基本. 安全と健康, Vol. 20, No. 7, pp.17-21.
- 91) 松尾知明(2019) 運動強度と心筋・心肺持久力. 日本臨床運動療学会誌, Vol.20, No.2, pp.1-3.
- 92) 松尾知明(2019) 体力低位者と高強度インターバルトレーニング. 日本未病システム学会雑誌, Vol.25, No.2, pp.39-42.
- 93) 安彦泰進 (2019) 作業環境測定用捕集剤から見る有機溶剤脱着率への影響. 労働衛生工学, No.58, pp.25-26.
- 94) 中村憲司 (2019) 海外研究紹介. 作業環境, Vol. 40, No. 4, pp.43-46.

総説論文又は解説等の名称

- 95) 中村憲司 (2019) 労働環境中の浮遊粉じん計測. セイフティエンジニアリング, Vol. 196, pp.16-21.
- 96) 山田 丸 (2019)「労働安全衛生とエアロゾル」関連用語. エアロゾル研究, Vol. 34, p.167.
- 97) 井上直子 (2019) 海外研究紹介. 作業環境, Vol.40, No.5, pp.52-57.
- 98) 齊藤宏之 (2019) 暑熱・寒冷職場の作業環境測定の注意点. 作業環境, Vol.40, No.4, pp.32-38.
- 99) 山口さち子 (2019)非電離放射線と労働衛生に関する研究紹介—医療現場における非電離放射線—. 安全衛生コンサルタント, Vol. 131, pp.52-58.
- 100) 高橋正也 (2019) 働く人々はなぜしっかりと眠らなければならないか. 陸運と安全衛生 No.601 令和元年 7 月, pp.12-13.
- 101) 高橋正也 (2019) 睡眠をとりにくい職業における眠り方の工夫. 安全と健康, Vol.20, No.9, pp.24-27.
- 102) 吉川徹 (2019) ドライバーの健康管理は「血圧」と「食事」に注目【シリーズ】トラックドライバーの健康. 陸運と安全衛生, No.602, pp.10-12.
- 103) 松元俊(2019) 運転労働における高血圧管理. 陸運と安全衛生, Vol. 600, pp.10-11.
- 104) 岩切一幸 (2019) トラックドライバーの腰痛予防対策(2). 陸運と安全衛生, No.598, pp.8-9.
- 105) 松尾知明(2019) 全身持久性体力とロコモティブシンドローム. 整形・災害外科, Vol.62, No.6, pp.749-755.
- 106) 蘇リナ (2019) 労働者の座位行動に関する取り組みと今後の課題. 安全衛生コンサルタント, Vol.39, No.130, pp.48-52.
- 107) 井上直子 (2019) 海外研究紹介. 作業環境, Vol.40, No.3, pp.66-69.
- 108) 小野真理子(2019) ナノ粒子とは何か?. 繊維状物質研究, Vol.6, pp.9-16.
- 109) 柴田延幸 (2019) 【シリーズ】トラックドライバーの健康—トラック運転者の振動ばく露について—. 陸運と安全衛生, No.599, pp.8-9.
- 110) 上野 哲 (2019) WBGT 値を活かした安全・健康管理～健康管理の視点から. 安全と健康, Vol.20, No.5, pp. 20-25.
- 111) 上野 哲 (2019) 一歩先をゆく熱中症・脱水予防 衣服で熱中症を予防する 特集 熱中症と闘う. 救急医学, Vol.43, No.7, pp. 949-955.
- 112) 齊藤宏之 (2019) 近年の熱中症対策の動向と, 熱中症対策用品に求められるもの. セイフティダイジェスト, Vol.65, No.4, pp.9-16.
- 113) 齊藤宏之 (2019) WBGT 値を活かした安全・健康管理～作業環境管理の視点から. 安全と健康, Vol.70, No.5, pp.17-19.
- 114) 齊藤宏之 (2019) クレーン作業における熱中症の実態と予防対策～熱中症の発生する要因と, 有効な予防対策～. クレーン, Vol.57, No.6, pp.44-54.
- 115) 時澤 健 (2019) 研究進む熱中症対策技術～深部体温のウェアラブル計測. 安全と健康, Vol.70, No.5, pp.26-29.
- 116) 吉川徹 (2019) 医療従事者が感染症を発症したらどうするの?—職員の健康管理と法令事項—. INFECTION CONTROL, Vol.28, pp.82(601)-86(614).

表 2-10 著書又は単行本として公表された成果

著書又は単行本の名称

- 1) 大嶋勝利(2019) 第三編 労働災害の防止に関する知識. 足場の組立て, 解体, 変更業務従事者安全必携-特別教育用テキスト-, 第3版, pp. 87-116, 中央労働災害防止協会, 東京.
- 2) 高木元也(2019) ヒューマンエラーの発生原因と削減・再発防止策. 第10章第7節 建設現場におけるヒューマンエラーの原因と対策. pp. 614-625, 技術情報協会.
- 3) 日野泰道(2019) 安全工学便覧第4版. pp715-716, pp732-733, 株式会社コロナ社.
- 4) トンネル工学委員会 技術小委員会 山岳トンネルのリスク低減に関する検討部会, 吉川直孝他(2019) トンネル・ライブラリー第32号 実務者のための山岳トンネルのリスク低減対策. ISBN978-4-8106-0967-7, 396p, 土木学会.
- 5) 板垣晴彦(2019) 粉じん爆発・粉体火災の安全対策. pp. 455-472, オーム社.
- 6) 板垣晴彦(2019) 安全工学便覧第4版. pp. 247-250, 257-259, 265-270, 636-648, 655-658, 671-673, 682-688, 1055-1062, 株式会社コロナ社.

著書又は単行本の名称

- 7) 八島正明(2019) ガス溶接・溶断作業の安全-ガス溶接技能講習用テキスト-(第3版) . pp. 9-24, 107-117, 中央労働災害防止協会.
- 8) 八島正明(2019) 粉じん爆発・粉体火災の安全対策. pp. 3-25, pp. 49-57, pp. 174-183, pp. 196-199, pp. 292-296, pp. 324-333, オーム社.
- 9) 大澤敦(2019) 粉じん爆発・粉体火災の安全対策-基礎から実務まで. pp. 399-414, オーム社.
- 10) 島田行恭(2019) 粉じん爆発・粉体火災の安全対策. 5. 3. 1 プロセスプラントのプロセス災害防止のためのリスクアセスメント, pp. 399-404, オーム社.
- 11) 大西明宏(2019) 安全工学便覧(第4版). 第II編産業安全 6.4.2 個人用保護具 (8) 手の保護具. pp. 725-728, 株式会社コロナ社.
- 12) 井澤修平, 岡村尚昌 (2019) 第2章 生理学的メカニズム (編集担当). 健康心理学事典, pp.51-76, 東京, 丸善出版.
- 13) 鈴木一弥 (2019) 職場環境:働く人々を有害要因から守る. 芳賀繁 編著, よりよい仕事のための心理学 安全で効率的な作業と心身の健康, pp.55-84, 京都:北大路書房.
- 14) 久保智英 (2019) 過重労働対策. 日本健康心理学会編, 健康心理学辞典, pp.430-431, 東京, 丸善出版.
- 15) 松尾知明 (2019) 運動強度の話. 田中喜代次編, 健康華齢のためのスマートライフ, pp.106-8, 東京, サンライフ企画.
- 16) 小嶋 純 (2019) 換気. 安全工学便覧編集委員会, 安全工学便覧, 2-6.1.6, 東京, コロナ社.
- 17) 柴田延幸 (2019) 振動の影響と測定方法, 振動の許容限度. 安全工学会編, 安全工学便覧(第4版), pp.652-655, 東京, コロナ社.
- 18) 高橋幸雄 (2019) 騒音の影響と測定法 [II-6.1.3 [1]]. 騒音の制御 [II-6.1.3 [3]]. 騒音・振動の許容限度 [II-6.1.3 [4(a)]]. 安全工学会編, 安全工学便覧(第4版), pp.651-655, 東京, コロナ社.
- 19) 吉川徹 (2019) メンタルヘルス向上のためのアクションチェックリストの活用. 相澤好治監修, 和田耕治編著, 医療機関における産業保健活動ハンドブック, pp.113-128, 東京, 公益財団法人産業医学振興財団.
- 20) 吉川徹 (2019) 勤務医の労働時間に関するガイドライン. 相澤好治監修, 和田耕治編著, 医療機関における産業保健活動ハンドブック, pp.151-155, 東京, 公益財団法人産業医学振興財団.
- 21) 吉川徹 (2019) 長時間労働対策. 相澤好治監修, 和田耕治編著, 医療機関における産業保健活動ハンドブック, pp.156-164, 東京, 公益財団法人産業医学振興財団.
- 22) 吉川徹 (2019) 長時間労働と健康影響. 相澤好治監修, 和田耕治編著, 医療機関における産業保健活動ハンドブック, p.165, 東京, 公益財団法人産業医学振興財団.
- 23) 吉川徹 (2019) 過重労働対策, メンタルヘルス対策における長時間労働の位置づけ. 相澤好治監修, 和田耕治編著, 医療機関における産業保健活動ハンドブック, p.166, 東京, 公益財団法人産業医学振興財団.
- 24) 吉川徹 (2019) 針刺し切創・血液体液ばく露に関する基礎知識と罹患防止対策. 相澤好治監修, 和田耕治編著, 医療機関における産業保健活動ハンドブック, pp.216-222, 東京, 公益財団法人産業医学振興財団.
- 25) 吉川徹 (2019) HIV 感染症と適正配置. 神奈川芳行・河津雄一郎編集/堀江正知監修, 第3巻適正配置・両立支援ストラテジー(第2版), pp.304-315, 横浜, バイオコミュニケーションズ株式会社, 産業医学推進研究会.

表 2-11 研究調査報告書一覧(競争的資金及び委員会等)

報告書の名称

- 1) 梅崎重夫, 清水尚憲, 齋藤剛, 濱島京子, 島田行恭, 吉川直孝, 福田隆文, 木村哲也, 芳司俊郎, 酒井一博, 余村朋樹(2019) 機械設備に係る簡易リスクアセスメント手法の開発に関する調査研究. 厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業平成30年度総括研究報告書, 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所.
- 2) 大幡勝利(2019) 専門家業務完了報告書. マレーシア・カンボジア・ラオス・ミャンマー・ベトナム向け労働安全衛生管理, JICA.
- 3) 高橋弘樹, 大幡勝利(2019) 合板足場板協会基準認定申請にかかる試験結果報告. 一般社団法人合板仮設材安全技術協会.

報告書の名称

- 4) 高橋弘樹, 大嶋勝利他(2019) 平成 30 年台風 21 号による強風・高潮災害の総合研究. 平成 30 年度科学研究費助成事業 研究成果報告書 (別冊): 1-5. 22.
- 5) 佐藤嘉彦(2019) チタンと硝酸との反応による爆発性物質の同定及び安全取扱技術の確立. 科学研究費助成事業研究成果報告書, 日本学術振興会, pp. 1-6.
- 6) 佐藤嘉彦(2019) チタンと硝酸との反応による爆発性物質の同定及び安全取扱技術の確立. 科学研究費助成事業研究実績報告書(平成 30 年度), 日本学術振興会, pp. 1-2.
- 7) 玉手聡, 堀智仁(2019) 浅い土砂埋没時の圧迫圧力に関する実験的研究. 科学研究費助成事業研究成果報告書, 日本学術振興会, pp. 1-6.
- 8) 平岡伸隆(2019) 伐木等作業の安全マニュアル. pp. 1-10, 厚生労働省・日本労働安全衛生コンサルタント会.
- 9) 平岡伸隆(2019) パイプ流を起因とした斜面崩壊発生機構に関する研究. 科学研究費助成事業研究成果報告書, 文部科学省日本学術振興会, pp. 1-5.
- 10) 大塚輝人, 遠藤雄大, 富田一(2019) 防爆構造電気機械器具に関する国際電気標準会議(IEC) 規格に関する調査研究 (H28-労働一般-001) 厚生労働科学研究費補助金平成 28~30 年度, 総合報告書.
- 11) 島田行恭, 高橋明子(2019) 化学物質による事故・災害防止のための教育・訓練支援システム開発に関する学際的研究. 平成 30 年度科学研究費助成事業研究成果報告書, 日本学術振興会, pp. 1-4.
- 12) 佐藤ゆき, 山中千鶴, 鈴木礼子(2020) 2016-2018 年度食品科学プロジェクト研究「“適塩”考究に向けた複眼的研究」助成研究報告書. サブテーマ 4 塩加減と習慣的な食塩摂取量に関する疫学研究. pp.51-64, 公益財団法人ソルトサイエンス研究財団.
- 13) 山田憲一, 池田武司, 北出和久, 久保和美, 鷹屋光俊, 田村三樹夫, 橋本晴男, 保利一, 村田克(2020)「平成 31 年度個人サンプラーを用いた測定法に係る基盤整備事業」実施結果報告書. pp.1-262, 中央労働災害防止協会.
- 14) 劉 欣欣(2019) 過労死等防止調査研究センターにおける研究の紹介. 令和元年過労死等防止対策白書, pp.160-162.
- 15) 松元俊, 久保智英, 井澤修平, 池田大樹, 高橋正也(2019) トラックドライバーの過重労働対策としての健康管理と運行管理に関する研究. 過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究. 平成 30 年度 総括・分担研究報告書, pp.199-205, 厚生労働省.
- 16) 高橋正也, 梅崎重夫, 吉川徹, 佐々木毅, 久保智英, 井澤修平, 劉欣欣, 松尾知明, 池田大樹, 蘇リナ, 松元俊, 菅知絵美(2019) 過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究. 平成 30 年度 総括・分担研究報告書, 厚生労働省.
- 17) 佐藤ゆき, 山中千鶴, 鈴木礼子(2019) 食品科学プロジェクト研究「“適塩”考究に向けた複眼的研究」塩加減と習慣的な食塩摂取量に関する疫学研究. 平成 30 年度報告概要, 公益財団法人ソルトサイエンス研究財団.
- 18) 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 佐々木毅, 王 瑞生, 甲田茂樹(2019) ベリリウムリンパ球幼若化試験におけるアラマブルー法の応用- 総括報告書- ベリリウム取扱い経験者を対象とした 2 年間追跡調査. 職場における化学物質の感作性障害に対する防止措置と健康管理の有効性に関する研究 (平成 27 年度-平成 30 年度) 総括報告書.
- 19) 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 佐々木毅, 王 瑞生, 甲田茂樹(2019) ベリリウムリンパ球幼若化試験におけるアラマブルー法の応用- ベリリウム取扱い経験者を対象とした 2 年間追跡調査. 職場における化学物質の感作性障害に対する防止措置と健康管理の有効性に関する研究 (平成 27 年度-平成 30 年度) 平成 30 年度成果報告書
- 20) 劉 欣欣(2019) 精神作業による心血管系負担を軽減するための休息の仕方に関する生理心理学的検討. 年度報告書(文部科学省科学研究費補助金 基盤研究(C), H29~H31).
- 21) 劉 欣欣(2019) 長時間労働と循環器負担のメカニズム解明. 平成 30 年度労災疾病臨床研究事業費補助金「過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究」分担研究報告書, pp.212-216, 厚生労働省.
- 22) 佐藤ゆき, 石黒真美, 山中千鶴, 水野聖士, 永井雅人(2019) 食品科学プロジェクト研究「“適塩”考究に向けた複眼的研究」塩加減と習慣的な食塩摂取量に関する疫学研究. 平成 29 年度報告書, 公益財団法人ソルトサイエンス研究財団.
- 23) 香坂玲, 陶山佳久, 山田奨治, 佐藤ゆき, 富吉満之, 内山愉太(2019) 伝統野菜からみる生物文化多様性と学際的食育活動を通じた継承の実践. 2017 年度学術研究助成報告書, 公益財団法人アサヒグループ学術振興財団.

報告書の名称	
24)	小野真理子, 鷹屋 光俊, 山田 丸, 中村 憲司, 加藤 伸之 (2019) 繊維状粒子の自動測定装置の精度の検証及び作業環境における測定手法. 厚生労働科学研究費補助金労働衛生総合研究事業 H30 年度総括研究報告書, pp.1-9.
25)	小野真理子, 鷹屋 光俊, 山田 丸, 中村 憲司, 加藤 伸之 (2019) 繊維状粒子の自動測定装置の精度の検証及び作業環境における測定手法. 厚生労働科学研究費補助金労働衛生総合研究事業 H30 年度総合研究報告書, pp.1-13.
26)	齊藤宏之(2019) 職場における酸欠リスクの実態把握と酸欠災害の防止対策についての研究(厚生労働科学研究費補助金) 平成 30 年度総括研究報告書, pp.1-6, 労働安全衛生総合研究所.
27)	山内貴史, 高橋邦彦, 梅崎重夫, 佐々木 毅, 高橋正也, 吉川 徹, 須賀万智, 柳澤裕之(2019) 長時間労働や睡眠問題の有無とヒヤリハット・事故との関連. 労災疾病臨床研究事業 過重労働を背景とする事故関連事例の分析. 平成 30 年度 総括研究報告書, pp. 26-37.

表 2-12 その他の専門家・実務家向け出版物に公表された成果(国際誌及び国内誌)

成果の名称	
1)	岡泰資, 崔光石(2019) Asia Pacific Symposium on Safety 2019 参加報告. 火災, Vol.69, No.6, pp. 38-41.
2)	平岡伸隆(2020) 溝掘削時の土砂崩壊災害を防ぐ. 仮設機材マンスリー, No.425, pp. 38-40.
3)	北條理恵子(2019) 第 2 回産業安全行動分析学開催記. 日本行動分析学会ニューズレター2019 年夏号, No.95.
4)	遠藤雄大(2019) 編集後記. 静電気学会誌, Vol.43, No.6, p. 274.
5)	遠藤雄大(2019) MHD 訪問とシンガポールの安全. 安全工学, Vol.58, No.4, pp. 270-271.
6)	松元俊(2019) 新しい休み方の提案 第 4 回労働時間日本学会研究集会. 労働科学, Vol.74, No.7, pp.52-53.
7)	小嶋 純(2019) 編集後記. 安全衛生コンサルタント, Vol.39, No.131, p.110.
8)	山田 丸(2019) 特集にあたって:労働安全衛生とエアロゾル. エアロゾル研究, Vol. 34, p.140.
9)	山田 丸(2019) 編集後記, エアロゾル研究, Vol. 34, p.192.
10)	鈴木陽一, 山田一郎, 吉村純一, 杉江 聡, 佐藤 洋, 今泉博之, 高橋幸雄, 山崎隆志, 藤坂洋一, 桑野園子, 君塚郁夫, 下田康平, 白橋良宏, 永幡幸司, 増田 潔, 古賀貴士, 鈴木航輔, 平光厚雄, 代田仁孝, 川井敬二 (2019) ISO/TC 43・ISO/TC 43/SC 1・ISO/TC 43/SC 2 総会 — 音響に関する国際規格の審議状況:2018 松江会議 —. 日本音響学会誌, Vol.75, No.8, pp.487-494.
11)	鈴木陽一, 山田一郎, 吉村純一, 佐藤 洋, 今泉博之, 高橋幸雄, 山崎隆志, 桑野園子, 藤坂洋一, 君塚郁夫, 下田康平, 白橋良宏, 永幡幸司, 増田 潔, 杉江 聡, 古賀貴士, 鈴木航輔, 平光厚雄, 代田仁孝, 川井敬二 (2019) ISO/TC 43・ISO/TC 43/SC 1・ISO/TC 43/SC 2 総会 — 音響に関する国際規格の審議状況:2018 松江会議 —. 騒音制御, Vol.43, No.4, pp.154-161.
12)	小嶋 純 (2019) 図書紹介 人工知能は人間を超えるか. 安全衛生コンサルタント, Vol.39, No.130, p.92.
13)	中村憲司 (2019) 第 91 回日本産業衛生学会報告. 繊維状物質研究, Vol.6, pp.87-89

表 2-13 研究所出版物として公表された成果

成果の名称	
1)	大嶋勝利, 吉川直孝, 高橋弘樹, 平岡伸隆, 豊澤康男(2019) 諸外国における建設業の労働安全衛生の現状調査. 労働安全衛生総合研究所特別研究報告 JNIOOSH-SRR-No.49, pp. 21-26.
2)	大嶋勝利, 山隈瑞樹, 梅崎重夫, 日野泰道, 吉川直孝, 外山みどり, 吉川徹(2019) 諸外国における労働安全衛生に関する施策や規制の動向調査と展開の検討. プロジェクト研究全体の概要. 労働安全衛生総合研究所特別研究報告 JNIOOSH-SRR-No.49, pp. 1-10.
3)	高木元也(2019) 研究成果の概論. せき損等の職業性外傷の予防と生活支援に関する総合的研究, 平成 28~30 年度研究成果報告書.
4)	高木元也(2019) 外国人労働者安全教育用 “非言語” 視聴覚教材(低層住宅建築工事対象) https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/houkoku/houkoku_2019_01.html .

成果の名称

- 5) 日野泰道(2019) 「墜落・転倒災害予防のための工学的対策の検討-その 1 墜落・転倒災害予防に関する実験的研究」. せき損等の職業性外傷の予防と生活支援に関する総合的研究, 協働研究成果報告書, pp. 9-12.
 - 6) 吉川直孝, 大塚輝人, 清水尚憲, 堀智仁, 山際謙太, 平岡伸隆, 板垣晴彦, 中村憲司, 濱島京子, 大嶋勝利, 北條理恵子, 伊藤和也(2019) 山岳及びシールドトンネル建設工事中の労働災害の防止に関する研究. 労働安全衛生総合研究所「年報」, pp. 75-87.
 - 7) 吉川 直孝, 大嶋 勝利, 平岡 伸隆, 高橋 弘樹, 日野 泰道, 豊澤 康男(2019) 諸外国における建築物等の設計段階から考える安全衛生管理手法の調査. 労働安全衛生総合研究所特別研究報告 JNIOOSH-SRR-No.49, pp. 11-19.
 - 8) 大塚輝人(2019) 工場電気設備防爆指針(国際整合技術指針 2019) 第 11 編 光放射を用いる機器及び伝送システムの保護 “op”. TR-No.46-11, pp. 1-33.
 - 9) 大塚輝人(2019) 工場電気設備防爆指針(国際整合技術指針 2019) 第 8 編 非点火防爆構造 “n”. TR-No.46-8, pp. 1-20.
 - 10) 大塚輝人(2019) 工場電気設備防爆指針(国際整合技術指針 2019) 第 1 編 総則. TR-No.46-1, pp. 1-128.
 - 11) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子(2019) 爆発・火災等の防止を目的とした化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施に関するチェックポイント集. pp. 1-19.
 - 12) 時澤 健, 齊藤宏之, 岡 龍雄, 井田浩文, 横田真一, 引田重信, 高津 衛, 内海夕香, 香村勝一, 篠崎大祐, 城戸克也, 土基博史, 志牟田 亨 (2019) 防護服着用作業における暑熱負担等の軽減策に関する研究—研究全体の概要. 労働安全衛生総合研究所特別研究報告 JNIOOSH-SRR-No.49-02, pp.27-30.
 - 13) 時澤 健, 岡 龍雄 (2019) 防護服着用時の暑熱負担軽減対策-手足ブレイクリングと水循環ベストの併用効果-.労働安全衛生総合研究所特別研究報告 JNIOOSH-SRR-No.49-02, pp.31-34.
 - 14) 時澤 健, 岡 龍雄 (2019) 相転移型蓄冷材料を用いた手足冷却. 労働安全衛生総合研究所特別研究報告 JNIOOSH-SRR-No.49-02, pp.35-37.
 - 15) 時澤 健, 土基博史, 志牟田 亨 (2019) 相転移型蓄冷材料を用いた手足冷却. 労働安全衛生総合研究所特別研究報告 JNIOOSH-SRR-No.49-02, pp.39-41.
-

2) 学会・研究会における発表・講演

表 2-14 国際学術集會にて発表・講演された成果(特別講演, シンポジウム, ワークショップ等)

発表・講演された名称

- 1) Katsutoshi Ohdo(2019) Recent Trend of Construction Safety in Japan. Plenary Session, Asia Pacific Symposium on Safety 2019, Dalian, China.
 - 2) Shoken Shimizu, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Koichi Ono and Rieko Hojo(2019) Experimental trial of three-dimensional location detection of workers using the Safeguarding Supportive System (SSS) at a tunnel construction site. in Symposium. 10th International conference of ABAI, Program book, p. 23.
 - 3) Rieko Hojo, Shoken Shimizu(2019) Fusion of Machinery Safety and Behavior-Based Safety (BBS) . IEC committee. Guest speaker.
 - 4) Rieko Hojo, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Koichi Ono and Shoken Shimizu(2019) Detection of Dangerous Points and Behavioral Modification From Environmental Change by Behavior Analysis Procedure Under the Safeguarding Supportive System at a Tunnel Construction Site(1) in Symposium. 10th International conference of ABAI, Program book, p. 23.
 - 5) Mitsutoshi Takaya (2019) Risk Assessment of Exposure to Nanomaterial Dusts in Workplace, Environment Measurement and Personal Exposure Measurement. Keynote 6 “Assessment of Nano Particles & PM 2.5 Exposure”. Asian Network of Occupational Hygiene Conference (ANOH) 2019, Bangkok.
 - 6) Toru Yoshikawa (2019) Challenges for overwork-related health disorders (Karoshi) in Japan and roles of occupational health teams. Contributed to Keynote speech 3. The 29th China - Korea - Japan Conference on Occupational Health, Program and Abstracts, pp.35-36.
-

表 2-15 国内の学術集会にて発表・講演された成果(特別講演, シンポジウム, ワークショップ等)

発表・講演された論文名

- 1) 平岡伸隆(2019) 斜面掘削工事における排水工の効果について. 第9回遠心模型実験技術シンポジウム, pp. 1-7.
- 2) 北條理恵子(2019) コンプライアンスに適用可能な行動分析学の原理. 日本品質管理学会研究会, 教育講演.
- 3) 清水尚憲, 北條理恵子(2019) 支援的保護システムの概要. 河嶋研究会月例会, 特別講演. 発表資料 p. 1.
- 4) 清水尚憲, 北條理恵子(2019) スリーポジションイネーブルスイッチにおける実証実験. セーフティーネットワークジャパン, 特別講演.
- 5) 北條理恵子, 清水尚憲(2019) 行動分析学の基礎(1). 産業安全行動分析学研究会, 特別講演.
- 6) 北條理恵子, 清水尚憲(2019) 安全セミナーの在り方について. IDEC 株式会社, 特別講演.
- 7) 北條理恵子(2019) 行動を科学する - ニオイを使った動物実験. 東京都長寿医療センター動物慰霊祭 特別講演.
- 8) 北條理恵子, 清水尚憲(2019) 行動分析学から見た安全管理システム. IDEC 株式会社 研究交流会(セーフティマネジメント認証制度についての交流会), 教育講演.
- 9) 北條理恵子, 清水尚憲(2019) 産業現場に活かせる行動分析学. 化学と産業機械安全研究部門, 基調講演.
- 10) 北條理恵子, 清水尚憲(2019) 行動分析学の定量的評価法. 日本機械学会化学と産業安全部門講演会, 基調講演.
- 11) 北條理恵子, 清水尚憲(2019) 行動分析学とは何か. 日本機械学会産業安全行動分析学研究会勉強会, 特別講演.
- 12) 北條理恵子(2019) 行動を科学する - 定量評価の方法. 慶応義塾大学大学院研修, 研修講演.
- 13) 北條理恵子, 清水尚憲(2019) リスクアセスメントに活用可能な「行動分析学」-人の行動における法則性. 「労働安全誓いの日」特別講演, よつ葉乳業.
- 14) 北條理恵子, 清水尚憲(2019) 行動分析学の概要. IDEC 熊谷営業所, 特別講演.
- 15) 北條理恵子, 清水尚憲(2019) トンネル施工現場に活かせる行動分析学. 清水建設, 特別講演.
- 16) 北條理恵子, 清水尚憲, (2019) 3-ポジションイネーブル装置の有効性検証-行動分析学的介入. 河嶋研究会月例会, 特別講演, 発表資料, p. 1.
- 17) 北條理恵子, 清水尚憲(2019) 非定常作業時における 3-ポジションイネーブル装置の有効性に関する行動分析学的研究. 河嶋研究会, 特別講演, 発表資料, p. 1.
- 18) 北條理恵子, 清水尚憲(2019) 行動は測ることができる! -行動には規則がある. 自動車技術会 車室内環境技術部門委員会, 特別講演.
- 19) 北條理恵子(2019) 行動に規則を見出す-「行動分析学」という学問. 自動車技術会 車室内環境技術部門委員会, 特別講演.
- 20) 八島正明(2019) 平成 31 年度日本火災学会賞 受賞講演(5 月 25 日).
- 21) 大澤敦(2019) 静電気安全の基礎-リスクアセスメントのために. 一般社団法人静電気学会 2019 年度講習会 「静電気障災害の実例と対策」 pp. 69-94.
- 22) 島田行恭(2019) プロセス災害防止のための化学物質リスクアセスメント. 低温工学・超電導学会 2019 第 6 回冷凍部会(公開) / 環境・安全委員会合同ワーキング(ワークショップ).
- 23) 大西明宏(2019) 人間工学グッドプラクティス データベース(GPDB)運用 10 周年記念企画「荷役作業による災害防止冊子の掲載事例」. 日本人間工学会第 60 回大会, W1F1.
- 24) 大谷勝己, 小林健一, 柳場由絵 (2020) 話題提供の広場(1) 機器分析を利用した精子分析方法の過去・現在・未来. 第 29 回 Testis Workshop 精子形成・精巣毒性研究会抄録集.
- 25) 小野真理子, 鷹屋光俊, 篠原也寸志, 菅野誠一郎, 小嶋 純, 山田 丸, 加藤伸之, 中村憲司, 甲田茂樹 (2019) 現場報告: 架橋型アクリル酸系水溶性ポリマー 取扱い事業場の災害調査報告. 第 59 回日本労働衛生工学会, 抄録集, pp.230-231.
- 26) 吉川徹 (2019) 医師の過労死等と働き方改革, ミニセッション「働きやすい病院作りを目指して一産業保健の取り組み」. 第 57 回日本医療・病院管理学会学術総会, 日本医療・病院管理学会誌, Vol.56, Suppl., p.106.

発表・講演された論文名

- 27) 井澤修平 (2019) 健康心理学研究の基盤となる生理学的メカニズム. 日本健康心理学会第 32 回大会 事典企画シンポジウム「健康心理学の研究実践領域における現状と課題」, 日本健康心理学会第 32 回大会 WEB 抄録集, p.38.
- 28) 大谷勝己 (2019) 有害物質. 第 41 回安全工学セミナー・化学品を扱うプロセスの災害防止・物質危険性講座・有害物質, pp.1-53 (安全工学会).
- 29) 小林健一, 大谷勝己, 宮川宗之 (2019) 労働衛生研究における動物学の応用. 日本動物学会第 90 回大阪大会プログラム検索・要旨閲覧 Web システム, S22-6.
- 30) 松尾知明, 蘇リナ (2019)「職場を健康増進の拠点」とするための働体力科学研究. 第 74 回日本体力医学会大会シンポジウム「職域における身体活動・運動と健康経営・働き方改革」. 抄録, p.102.
- 31) 齊藤宏之 (2019) 水溶性金属加工液 (MWF) を使用する作業現場における微生物ばく露の実態と対策. 第 29 回日本産業衛生学会全国協議会シンポジウム 2 「生物学的ハザードと健康影響」. 抄録集, p.85.
- 32) 吉川徹 (2019) 過労自殺対策について ～働く人の Life (命) を守るために～. シンポジウム 2 「産業医部会企画：働き方改革と産業精神保健～産業医の関わり方はどう変わるか～」. 第 26 回日本産業精神保健学会, 産業精神保健, Vol.27 増刊号, p.107.
- 33) 吉川徹 (2019) 医師の過労死等の報告書より～医療現場の現状～. 第 29 回日本産業衛生学会全国協議会講演集, p.114.
- 34) 久保智英 (2019) 過重労働対策としての勤務間インターバル制度 –睡眠確保の重要性– : シンポジウム「整形外科医の勤務実態と過労死」. 第 92 回日本整形外科学会学術総会, 抄録集, p.247.
- 35) 久保智英 (2019) オンとオフの両側面から考える近未来の過重労働対策 シンポジウム「新しい働き方 –量と質、両面からの改善–」. 第 4 回労働時間日本学会 研究集会, 抄録集, p.6.
- 36) 久保智英 (2019) 勤務間インターバルと疲労回復に関する研究の到達点と今後の課題 シンポジウム「人間らしい働き方と産業保健」. 日本産業衛生学会関東地方会関東地方会 第 285 回例会, 抄録集, pp.29-33.
- 37) 久保智英 (2019) 産業疲労研究の視点から考えるフレキシブルな働き方の是非-「つながらぬ権利」について シンポジウム「働き方改革が労働者へ与える影響」. 第 92 回 日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 61 (Suppl.), p.196.
- 38) 王 瑞生 (2019) 異物代謝酵素ノックアウトマウスを用いた産業化学物質の DNA 損傷性解析. 2019 年度日本環境変異原学会公開シンポジウム「生活環境とゲノム安定性の総合理解」. 講演集, p.14.
- 39) 劉 欣欣 (2019) 長時間労働による循環器系への負担. 第 92 回日本産業衛生学会, 産業衛生学誌, Vol. 61, (Suppl.), p.195.
- 40) 時澤 健 (2019) 新しいクーリングおよびセンシング技術による熱中症対策. 第 92 回日本産業衛生学会産業衛生技術フォーラム・温熱環境研究会シンポジウム「気候変動とこれから求められる熱中症対策」, 抄録集, p.256.
- 41) 吉川徹 (2019) 長時間労働, 過労状態がもたらす健康影響とその実態. シンポジウム 2-3-6 わが国における働き方と健康対策：社会とともに生きる医療, 第 30 回日本医学会総会 2019 中部, p.178.
- 42) 久保智英 (2019) 過重労働対策としての勤務間インターバル制度 –睡眠確保の重要性– : シンポジウム「整形外科医の勤務実態と過労死」. 第 92 回日本整形外科学会学術総会, 抄録集, p.247.

表 2-16 国際学術集会にて発表・講演された成果（一般口演・ポスター等）

発表・講演された論文名

- 1) Wookyung Kim, Takuya Soga, Tomoyuki Johzaki, Takuma Endo and Kwangseok Choi(2019) Pyrolysis, Ignition and Explosion of Amino Acid Powders. APSS2019, Dalian.
- 2) Kwangseok Choi(2019) Experimental study on the effect of metal protrusions inside silos on electrostatic discharges. APSS2019, Dalian.
- 3) Kwangseok Choi(2019) Charging behavior of glass beads using a spiral air type tribocharging apparatus that utilizes a Faraday cup. APSS2019, Dalian.

- 4) Kwangseok Choi(2019) Experimental study on the electrostatic characteristics of L-Isoleucine powder. 9th International Granulation Workshop, Lausanne .
- 5) Kwangseok Choi(2019) Experimental study on the effect of metal protrusions inside silos on electrostatic discharges. 9th International Granulation Workshop, Lausanne.
- 6) Yoshihiko Sato, Yukiyasu Shimada, Haruhiko Itagaki and Tetsuo Fuchino(2019) Consideration of incident scenarios related to unintended reactions by developing bow tie diagrams. The 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCChE2019) , PO245.
- 7) Yoshihiko Sato, Ken Okada, Miyako Akiyoshi and Takehiro Matsunaga(2019) Reactivity hazard evaluation of metal thin film - nitric acid system to prevent explosion incidents in metal stripping processes. Book of Abstracts of 5th Central and Eastern European Conference on Thermal Analysis and Calorimetry & 14th Mediterranean Conference on Calorimetry and Thermal Analysis, p. 292.
- 8) Kenta Yamagiwa(2020) Development of Artificial Intelligence (AI) for fractography. 19th International Workshop on the Holistic Structural Integrity Process.
- 9) Shoken Shimizu, Rieko Hojo(2019) Location estimation and classification of limit of positional identification of tunnel workers at a tunnel construction site using the Safeguarding Supportive System (SSS) . 10th ICTCE, program book, p. 19.
- 10) Rieko Hojo, Shoken Shimizu(2019) Theory of Behavior Analysis for Quantitative Evaluation of Risk Assessment. 10th ICTCE, program book, pp. 18.
- 11) Rieko Hojo, Kyoko Hamajima , Shigeo Umezaki, Koichi Ono and Shoken Shimizu(2019) Detection of Dangerous Points and Behavioral Modification From Environmental Change by Behavior Analysis Procedure Under the Safeguarding Supportive System at a Tunnel Construction Site (2) . 10th International conference of ABAI, Program book, p. 37.
- 12) Hiroki Takahashi (2019) An Investigation of Fatal Accidents in Demolition Work of Buildings. Proceedings of the Tenth International Structural Engineering and Construction Conference (ISEC-10), Chicago Illinois, United States, pp. CSA-03-1-CAS-03-6, CD-ROM.
- 13) Atsushi Ohsawa(2019) On the hyperbolic law of the charge relaxation for low-conductivity liquids. 2019 Annual Meeting of the Electrostatics Society of America, Proceedings of 2019 Annual Meeting of the Electrostatics Society of America, G2.
- 14) Atsushi Ohsawa(2019) A kinetic model for the electrostatic spark discharge in atmospheric-pressure air. Electrostatics 2019, Abstract book of Electrostatics 2019.
- 15) Takashi Miura(2019) Electrostatic Energy Dependence of Spectral Radiation Distribution of Spark Discharge in Air. 2019 Annual Meeting of the Electrostatics Society of America.
- 16) Yuta Endo (2019) Conductivity dependence on spray electrification. APSS 2019, Dalian.
- 17) Jian LU(2019) Extracting information from the text descriptions in labour accident database. Asia Pacific Symposium on Safety 2019(APSS2019), pp. 1117-1121.
- 18) Kazuhiro Takeda, Tetsuo Fuchino, Hideo Saito, Teiji Kitajima, Yukiyasu Shimada and Kensuke Iuchi(2019) Development automatically checklist generator for supporting management of change based on business process model. The 18th Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress (APCChE2019) , O304.
- 19) Yukiyasu Shimada, Yoshihiko Sato, Haruhiko Itagaki and Tetsuo Fuchino(2019) Risk Assessment for Process Accident Prevention Using Screening Questionnaire. Loss Prevention 2019, Paper, No.84.
- 20) Akiko Takahashi, Yukiyasu Shimada and Yoshihiko Sato(2019) Workers' comprehensibility of pictograms on chemical labels. 50th Nordic Ergonomics and Human Factors Society Conference 2019, pp. 59-61.
- 21) Atsushi Sugama(2019) The height of occupational fall injuries and fatalities in the Japanese construction industry. Asia Pacific Symposium on Safety 2019.
- 22) Atsushi Sugama, Akiko Takahashi and Akihiko Seo(2019) Effects of working posture on force perception during manual pushing tasks. Proceedings of 10th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, CD-ROM.

- 23) Yuki Sato, Michiko Shigihara, Reiko Suzuki and Chieko Suzuki (2020). Association between dietary changes after a large natural disaster and growth in Japanese children. 7th international conference on Nutrition and Growth (e-poster, no paper publication, abst read via internet service).
- 24) Tatsushi Toyooka, Jingbo Zhang, Yonggang Qi, Maromu Yamada, Mitsutoshi Takaya and Rui-Sheng Wang (2019) g-H2AX analysis for assessment of the generation of respirable crystalline silica. The 6th Asian Congress on Environmental Mutagen and the 48th Annual Meeting of the Japanese Environmental Mutagen Society, Abstract p.189.
- 25) Tetsuya Fukuda, Tatsushi Toyooka, Yukako Komaki and Yuko Ibuki (2019) Actin disruption causes DNA double strand breaks. The 6th Asian Congress on Environmental Mutagen and the 48th Annual Meeting of the Japanese Environmental Mutagen Society, Abstract p.190.
- 26) Yonggang Qi, Tatsushi Toyooka, Hyogo Horiguchi, Shigeki Koda and Rui-Sheng Wang (2019) Comparative g-H2AX analysis for assessment of the genotoxicity of four chemicals implicated in bladder cancer. The 6th Asian Congress on Environmental Mutagen and the 48th Annual Meeting of the Japanese Environmental Mutagen Society, Abstract p.192.
- 27) Hiroki Kashiwagi, Tatsushi Toyooka, Shigeki Koda and Rui-Sheng Wang (2019) Study on DNA damage property of 4-Chloro-o-toluidine. The 6th Asian Congress on Environmental Mutagens and the 48th Annual Meeting of the Japanese Environmental Mutagen Society, Book of Abstracts, p.190.
- 28) Hironobu Abiko (2019) Determination of extraction efficiency of alcohols from silica gel sampling agents in low concentration region. The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies, Program Book USB memory card 29 - P - S06 - 21.
- 29) Naoko Inoue, Mitsutoshi Takaya (2019) A simple test to check relative reactivity of formaldehyde, acetaldehyde, and acetone on 2,4-dinitrophenylhydrazine impregnated filters. HPLC 2019 Kyoto, 49th International Symposium on High Performance Liquid Phase Separations and Related Techniques, HPLC 2019 KYOTO (USB Memory), p.PW-1010.
- 30) Tomohide Kubo, Shun Matsumoto, Takeshi Sasaki, Hiroki Ikeda, Shuhei Izawa, Masaya Takahashi, Shigeki Koda, Tsukasa Sasaki and Kazuhiro Sakai (2019) Examining excessive fatigue symptoms among truck drivers by the list of prodrome of Karoshi (overwork-related cerebrovascular and cardiovascular diseases). The 24th International Symposium on Shiftwork and Working Time, Sleep Sci. Vol.12, Suppl. 3, p.47.
- 31) Hiroki Ikeda, Tomohide Kubo, Takeshi Sasaki, Xinxin Liu, Tomoaki Matsuo, Rina So, Shun Matsumoto and Masaya Takahashi (2019) The association between daily rest periods and sleep duration/timing on workday and non-workday: a cross sectional web survey. 24th International Symposium on Shiftwork and Working Time, Sleep Sci., Vol.12, Suppl. 3, p.42.
- 32) Shun Matsumoto, Tomohide Kubo, Shuhei Izawa, Hiroki Ikeda, Masaya Takahashi and Shigeki Koda (2019) Effects of sufficient sleep on fatigue and blood pressure in local and long-haul truck drivers: a field study. 24th International Symposium on Shiftwork and Working Time, Sleep Sci., Vol.12, Suppl. 3, p.52.
- 33) Rui-Sheng Wang, Tatsushi Toyooka, Yonggang Qi, Yukie Yanagiba and Megumi Suda (2019) 2,4-Dimethylaniline May Contribute to the Occurrence of Bladder Cancer among Workers in a Chemical Factory. 55th Eurotox Congress, Toxicology Letters, 314S1, S230.
- 34) Yukie Yanagiba, Kenich Kobayashi, Megumi Suda, Tatsushi Toyooka, Shigeki Koda and Rui-Sheng Wang (2019) Tissue distribution and excretion of ortho-toluidine after percutaneous administration to rats. 8th Occupational and Environmental Exposure of Skin to Chemicals (OEESC) Conference.
- 35) Xinxin Liu, Hiroki Ikeda, Fuyuki Oyama, Takahide Akama and Masaya Takahashi (2019) Influence of aging on hemodynamic responses to simulated long working hours. The 14th International Congress of Physiological Anthropology, Abstract book, p.35.
- 36) Fuyuki Oyama, Megumi Shimura, Takahide Akama, Keita Ishibashi, Koichi Iwanaga, Xinxin Liu and Kazuyuki Iwakiri (2019) Effects of temporal prediction on the early components of auditory event-related potentials. The 14th International Congress of Physiological Anthropology, Abstract book, p.64.

-
- 37) Nakano Y, Shiina Y, Takaya K, Ueta H and Hirayama T (2019) Development of a cryogenic ion mobility spectrometer for an isomer-selected photoexcitation and reaction studies. XXXI INTERNATIONAL CONFERENCE ON PHOTONIC, ELECTRONIC, AND ATOMIC COLLISIONS, Book of Abstracts, p.467.
- 38) Mariko Ono-Ogasawara, Shigeki Koda, Mitsutoshi Takaya, Naoko Inoue, Masayoshi Hagiwara, Maromu Yamada and Kenji Nakamura (2019) Occupational Bladder Cancer in Workers Exposed to o-Toluidine, 8th Occupational and Environmental Exposure of Skin to Chemicals, OEESC 2019 Presentation Abstracts, Session 5b, No.58.
- 39) Ken Tokizawa, Hirofumi Tsuchimoto and Toru Shimuta (2019) A wearable core temperature estimation system for real-time monitoring of heat strain in workers. International Conference on Environmental Ergonomics, Book of Abstracts, p.52.
- 40) Taisuke Eto, Michihiro Ohashi, Yuki Nishimura, Sang-il Lee, Akiko Shikano, Shingo Noi, Shingo Kitamura and Shigekazu Higuchi (2019) Effects of Long-term Camping Life Without Artificial Night Lighting on Circadian Rhythm in Children. The 14th International Congress of Physiological Anthropology 2019, Abstract Book, p.68.
- 41) Yuki Ikeda, Shin Nakyeong, Yuki Nishimura and Shigekazu Higuchi (2019) Evaluation of the EEG MU Neurofeedback During Action Observation: a Methodological Study. The 14th International Congress of Physiological Anthropology 2019, Abstract Book, p.57.
- 42) Takahide Akama, Keita Ishibashi and Koichi Iwanaga(2019) THE EFFECTS OF HUMAN SHAPE ON MEMORIZATION OF COLOUR SCHEMES: AN ERP STUDY. The 14th International Congress of Physiological Anthropology, Abstract book.p.64, Y_30.
- 43) Nobuyuki Shibata (2019) Effect of shelf-aging on vibration transmissibility of anti-vibration gloves. Proceedings of 14th International Conference on Hand-arm vibration, pp.117-118.
- 44) Sachiko Yamaguchi-Sekino, Humio Maeyatsu, Tsukasa Doi, Takeo Hikichi, Hideki Fujita, Shinya Imai, Manabu Akahane, Shuhei Izawa and Rui-Sheng Wang (2019) Analyses of background factors on allocating MRI scan duties to pregnant employees. BioEM2018, Abstract book, p.95.
-

表 2-17 国内の学術集會にて発表・講演された成果（一般口演・ポスター等）

発表・講演された論文名

-
- 1) 豊澤康男, 大幢勝利, 吉川直孝, 平岡伸隆, 高橋弘樹(2019) 設計段階からの安全衛生への配慮に関する世界の動向. 土木学会平成 31 年度全国大会, 第 74 回年次学術講演会講演概要集, VI-295.
- 2) 大幢勝利, 高橋弘樹, 吉川直孝, 平岡伸隆, 豊澤康男(2019) アジア各国における建設業の労働災害の傾向. 土木学会平成 31 年度全国大会, 第 74 回年次学術講演会講演概要集, VI-290, 高松, 土木学会.
- 3) 大幢勝利, 高橋弘樹(2019) 鋼管足場用の部材等の性能評価試験方法に関する一考察. 日本建築学会大会, 講演梗概集, pp. 1219-1220.
- 4) 大幢勝利, 吉川直孝, 高橋弘樹, 平岡伸隆, 豊澤康男(2019) 建設プロジェクトの安全衛生対策に関する海外の好事例. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, pp. 134-137.
- 5) 甲斐リサ, 近藤広海, 木村吉郎, 大幢勝利, 高橋弘樹(2019) 防音パネルを使用した建物解体工事の足場に作用する空気力の測定. 日本風工学会誌 (2019 年度年次研究発表会梗概集), Vol.44, No.2(No.159), pp. 163-164(63-64).
- 6) 安樂敏志, 金佑勁, 城崎知至, 遠藤琢磨, 崔光石(2019) 分枝鎖アミノ酸/プロパン/空気のハイブリッド混合物の爆発限界. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 85-88.
- 7) 長田裕生, 鈴木輝夫, 崔光石(2019) ハンディータイプ接地確認装置の開発(その1). 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 67-68.
- 8) 槇田英範, 松永武士, 吉原俊輔, 崔光石(2019) 漏電遮断器における放射免疫ティ試験. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 155-158.
- 9) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫(2019) 粉体連続投入におけるサイロ内の突起物からの静電気放電. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 177-178.

- 10) 崔光石, 柳田健三, 白松憲一郎(2019) 静電塗装ガンの着火安全性評価方法の試み. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 75-76.
- 11) 加藤智規, 土屋仁志, 崔光石, 金佑致(2019) アミノ酸粉体の静電気放電による着火性評価. 第 43 回静電気学会全国大会, 予稿集, pp. 215-216.
- 12) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫(2019) 粉体連続投入におけるサイロ内の突起物からの静電気放電. 第 43 回静電気学会全国大会, 予稿集, pp. 217-218.
- 13) 崔光石, 長田裕生, 遠藤雄太, 鈴木輝夫(2019) 粉体用サイロ内の突起物から発生する静電気放電. 2019 年度火災学会研究発表会, 2019 年度研究発表会概要集, pp. 272-273.
- 14) Milad Taghavivand, Mohsen I. Nimvari, Poupak Mehrani and Kwangseok Choi(2020) Particle Velocity Measurement during Pneumatic Conveying: A Comparison between Electric Current Signal and Image Analysis. 第 21 回静電気学会春期講演会, 論文集, pp. 71-72.
- 15) 長田裕生, 鈴木輝夫, 崔光石(2020)ハンディータイプ接地確認装置の開発(その 1). 第 21 回静電気学会春期講演会, 論文集, pp. 49-52.
- 16) 佐藤嘉彦(2019) 貯槽等で発生した爆発・火災における原因物質・現象と被害状況との関係の調査. 第 52 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 3-4.
- 17) 佐藤嘉彦(2019) 事故事例からの復帰不能時間(TNR) の試算. 安全工学シンポジウム 2019 講演予稿集, pp. 328-329.
- 18) 佐藤嘉彦, 島田行恭, 板垣晴彦, 淵野哲郎(2019) 異常反応が関係する災害シナリオのボウタイ分析による検討. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, pp. 214-215.
- 19) 佐藤嘉彦, 岡田賢, 秋吉美也子, 伊賀祐人, 奥田晃彦, 松永猛裕(2019) 金属薄膜-硝酸反応の発熱挙動に及ぼす銀イオンの影響. 火薬学会 2019 年度春季研究発表会, 講演要旨集, pp. 28-29.
- 20) 永尾浩一, 松崎大介, 田坂玄, 上田真佐志, 玉手聡(2019) 斜面ひずみ簡易モニタリング「表層ひずみ棒」による施工時斜面変状確認. 土木学会第 74 回年次学術講演会, VI-75.
- 21) 菊田亮一, 前田英樹, 玉手聡, 堀智仁(2019) 溝工用土砂ガードに働く崩土荷重の実験的考察. 土木学会第 74 回年次学術講演会, VI-1107.
- 22) 玉手聡, 堀智仁(2019) 溝工用土砂ガードに働く崩土荷重の簡易推定. 土木学会第 74 回年次学術講演会, VI-1106.
- 23) 菊田亮一, 前田英樹, 玉手聡, 堀智仁(2019) 溝崩壊に対する簡易ガードの基礎的研究. 第 54 回地盤工学研究発表会講演概要集 DVD, pp. 1953-1954.
- 24) 玉手聡, 堀智仁, 菊田亮一, 前田英樹(2019) 小規模崩壊に対する被災防止技術の検討. 第 54 回地盤工学研究発表会講演概要集 DVD, pp. 1951-1952.
- 25) 玉手聡, 堀智仁, 菊田亮一(2019) 土砂埋没時における胸部圧迫の軽減に関する実大模型実験. 日本学術会議, 安全工学シンポジウム 2019 講演予稿集, pp. 238-241.
- 26) 土佐信一, 笹原克夫, 内村太郎, 平岡伸隆, 板山達至, 王林, 西條敦志, 遊佐直樹(2019) 熊本地震により損傷を受けた自然斜面における降雨時の変形挙動の計測(2). 平成 31 年度砂防学会研究発表会, R4-007, pp. 199-200.
- 27) 笹原克夫, 内村太郎, 平岡伸隆, 土佐信一, 遊佐直樹, 板山達至, 王林, 西條敦志(2019) 熊本地震により損傷を受けた自然斜面の降雨に伴う変動メカニズム. 平成 31 年度砂防学会研究発表会, R4-006, pp. 197-198.
- 28) 笹原克夫, 内村太郎, 平岡伸隆, 土佐信一, 遊佐直樹, 板山達至, 王林, 西條敦志(2019) 阿蘇外輪山上部のテフラ堆積斜面の繰り返し降雨による変形メカニズム. 第 58 回日本地すべり学会研究発表会, pp. 1-6.
- 29) 平岡伸隆, 吉川直孝, 小暮一輝, 伊藤和也(2019) 遠心模型実験による掘削斜面の地下水排水工の検討. 土木学会第 74 回年次学術講演会, III-101.
- 30) 中島卓哉, 牛田貴士, 松丸貴樹, 仲山貴司, 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也(2019) 遠心模型実験による実施工を模擬した掘削土留め工の変形・土圧評価. 第 54 回地盤工学研究発表会, 0680, H-02, pp. 1359-1360.
- 31) 平岡伸隆, 吉川直孝, 大幢勝利, 豊澤康男(2019) 海外から見た日本の建設工事安全の課題. 第 54 回地盤工学研究発表会, 0004, A-01, pp. 7-8.

- 32) 石田優子, 平岡伸隆, 繁田知美, 深川良一(2019) 斜面多点監視を可能にする省電力低価格な傾斜感知器の開発. 第 54 回地盤工学研究発表会, 0986, T-12, pp. 1971-1972.
- 33) 鳥居宣之, 辻野裕之, 赤嶺辰之介, 永川勝久, 阪口和之, 平岡伸隆, 芥川真一, 鏡原聖史(2019) 平成 30 年 7 月豪雨による土砂災害発生箇所における土砂災害警戒区域の指定状況. 第 54 回地盤工学研究発表会, 0985, E-06, pp. 1969-1970.
- 34) 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也(2019) 斜面掘削工事における斜面高さと勾配について. 安全工学シンポジウム 2019, GS-2, pp. 234-237.
- 35) 佐野瑠星, 伊藤和也, 平岡伸隆(2020) 流れ盤構造を有する軟岩斜面の安定性に関する研究. 第 47 回土木学会関東支部技術研究発表会, III-31, CD-ROM.
- 36) 清水尚憲, 松井克海, 濱島京子, 梅崎重夫, 福田隆文, 高橋聖, 北條理恵子(2019) 支援的保護システムを用いた作業者の3次元位置計測. 安全工学シンポジウム, プログラム集, p. 11.
- 37) 清水尚憲, 米竹淳一郎, 菖蒲鷹彦, 今井諒, 山本信一, 三原泰司, 小島英郷, 梅崎重夫, 濱島京子, 北條理恵子(2019) トンネル施工現場における支援的保護システムの活用-リスクポイント検出法に関する一考察-. 電子情報通信学会安全性研究会, プログラム集, p. 5.
- 38) 清水尚憲, 濱島京子, 梅崎重夫, 北條理恵子(2019) トンネル施工現場における支援的保護システム作業者と建設車両の画像解析のための予備検討. 第 10 回横幹コンファレンス, プログラム集, p. 2.
- 39) 清水尚憲, 大西明宏(2019) テールゲートリフター使用時の荷台からの転落防止対策 (1) 転落防止用インターロックシステムの概要. 安全工学シンポジウム 2019, pp. 350-351.
- 40) 清水尚憲, 松井克海, 濱島京子, 梅崎重夫, 福田隆文, 高橋聖, 北條理恵子(2019) 支援的保護システムを用いた作業者の3次元位置計測に関する妥当性における追加検証. 日本機械学会 2019 年度年次大会, 総合プログラム, p. 31.
- 41) 清水尚憲, 北條理恵子(2019) 3-ポジションイネーブル装置の非定常作業時の有効性検証. 河嶋研究会月例会, 発表資料, p. 1.
- 42) 清水尚憲, 北條理恵子(2019) 非定常作業時における 3-ポジションイネーブル装置の有効性に関する研究. 第 93 回セーフティーネットワークジャパン定例会, 発表資料, p. 1.
- 43) 齋藤剛, 池田博康(2019) 介助者の支援行動を考慮したロボット介護機器のリスク評価手法. 第 20 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会.
- 44) 濱島京子, 齋藤剛(2019) Connected Industries における協調安全の安全情報伝達に関する論理的考察. 電子情報通信学会 安全性研究会.
- 45) 濱島京子 (2019)「災害防止の考え方」をいかに伝えるか〜新入社員向けリスクアセスメント説明の勘所〜. 第 78 回(令和元年度) 全国産業安全衛生大会, 研究発表集, pp. 410-412.
- 46) 濱島京子(2019) 労働安全衛生管理における「ICT / IoT システム」の特徴の位置づけの考察. 日本機械学会 2019 年度年次大会, 講演論文集, S11504.
- 47) 山際謙太(2019) フラクトグラフィデータベース終了報告. フラクトグラフィ部門委員会, 特別講演.
- 48) 松井克海, 北條理恵子, 伊藤大貴, 濱島京子, 梅崎重夫, 大塚裕, 福田隆文, 高橋聖, 清水尚憲(2019) モバイルロボットが走行する仮想作業環境における支援的保護システムの有効性検証. 安全工学シンポジウム 2019, プログラム集, p. 7.
- 49) 北條理恵子, 松井克海, 濱島京子, 梅崎重夫, 中村瑞穂, 高橋聖, 清水尚憲(2019) モバイルロボットが走行している産業現場における行動分析学の活用. プログラム集, p. 5.
- 50) 北條理恵子, 梅崎重夫, 清水尚憲(2019) 統合生産システム現場におけるリスクアセスメント活用可能な行動分析学的という心理学. 電子情報通信学会 安全性研究会, プログラム集, p. 6.
- 51) 北條理恵子, 濱島京子, 梅崎重夫, 清水尚憲(2019) 作業員の行動を定量評価する学問-産業安全行動分析学 (Behavior-Based Safety. BBS) の紹介. 第 10 回横幹コンファレンス, プログラム集, p. 2.
- 52) 松井克海, 北條理恵子, 濱島京子, 清水尚憲, 福田隆文, 梅崎重夫, 高橋聖(2019) 統合生産システム現場における支援的保護システム導入と行動分析学的介入の妥当性及び有効性検証. 日本機械学会 2019 年度年次大会, 総合プログラム, p. 31.

- 53) 北條理恵子, 松井 克海, 濱島京子, 梅崎重夫, 中村瑞穂, 高橋聖, 清水尚憲(2019) 統合生産システム現場におけるリスクアセスメントに活用可能な行動分析学という心理学. 日本機械学会 2019 年度年次大会, 総合プログラム, p.31.
- 54) 岡部康平, 和田一義(2019) 小売業サービスロボット実用化に向けた安全基準の検討. 計測自動制御学会システムインテグレーション部門学術講演会 2019, 講演論文集, CD-ROM.
- 55) 岡部康平, 堀智仁, 山口篤司(2019) 梃子式ドローン衝突試験装置の開発. 計測自動制御学会システム情報部門学術講演会 2019, 講演論文集, CD-ROM.
- 56) 岡部康平, 堀智仁, 山口篤司(2019) ドローン落下衝撃計測手法の開発. 日本機械学会学術講演会, ロボティクス・メカトロニクス 2019, 講演集, CD-ROM.
- 57) 山口篤志(2019) 外面減肉を有する T 継手配管への供用適性評価の適用. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, 講演番号 1059, pp. 1-4.
- 58) 大口浩平, 山口篤志, 山際謙太, 佐々木哲也, 辻裕一(2019) デジタル画像関連法による溶接継手の疲労 発生寿命の推定. 第 52 回安全工学研究発表会, pp. 115-118.
- 59) 山口篤志(2019) 有孔板の疲労強度に及ぼす split sleeve cold expansion の効果. 第 52 回安全工学研究発表会, pp. 113-114.
- 60) 大口浩平, 山口篤志, 山際謙太, 佐々木哲也, 辻裕一(2019) デジタル画像関連法における変位測定に対する最適な校正枚数の検討. 計測自動制御学会システム情報部門学術講演会 2019, 講演論文集, CD-ROM.
- 61) 山口篤志, 本田尚(2019) FE 解析による局所的な減肉を有する配管の破裂圧力評価. 計測自動制御学会システム情報部門学術講演会 2019, 講演論文集, CD-ROM.
- 62) 山口篤志(2019) 外面減肉を有する T 継手配管への供用適性評価の適用. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, pp. 264-267.
- 63) 高木元也(2019) 長期的にみた建設業における労働災害減少要因の抽出. 第 52 回安全工学研究発表会, pp. 251-254.
- 64) 高木元也(2019) 産業保健総合支援センターとの連携による職業性外傷予防等に関する研究成果の普及について. 令和元年度調査・研究発表会.
- 65) 高木元也(2019) 建設業における外国人労働者の安全教育-先進事例調査と新たな安全教材の制作-. 2019 年度日本建築学会大会学術梗概集, pp. 673-674.
- 66) 高木元也(2019) 外国人労働者を対象とした非言語安全教材(DVD) の制作. 安全工学シンポジウム 2019 講演予稿集, pp. 252-253.
- 67) 高梨成次, 高橋弘樹, 大幢勝利, 日野泰道(2019) 建築物の解体工事における災害防止対策の検討(その 3 下端部を切削した柱の転倒実験の必要性と試験体). 日本建築学会大会梗概集, pp. 601-602.
- 68) 高梨成次, 大幢勝利, 高橋弘樹(2019) 建築用タワークレーンのマスト接合部の強度に関する研究(その 4 増設ボルトの影響). 土木学会全国大会 CD(VI-24).
- 69) 高梨成次, 大幢勝利, 高橋弘樹(2019) 建築用タワークレーンのマストの繰り返し荷重に対する力学的特性. 安全工学シンポジウム梗概集, pp. 230-233.
- 70) 高梨成次, 大幢勝利, 高橋弘樹(2019) 木造建築物の倒壊に関わる履歴性状に及ぼす屋根荷重の影響. 第 52 回安全工学研究発表会, pp. 225-228.
- 71) 高橋弘樹, 高梨成次, 大幢勝利, 日野泰道(2019) 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 その 4 下端部を切削した柱の転倒実験の概要と結果. 日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸) 材料施工, 1302, pp. 603-604.
- 72) 高橋弘樹, 大幢勝利, 高梨成次(2019) 橋梁の解体工事における死亡災害の調査. 令和元年度土木学会第 74 回年次学術講演会講演概要集, VI-70.
- 73) 高橋弘樹, 高梨成次, 堀智仁, 大幢勝利, 日野泰道(2019) 下端部を切削した鉄筋コンクリート柱の転倒実験方法の検討. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, pp. 242-243.
- 74) 高橋弘樹, 高梨成次, 堀智仁, 大幢勝利, 日野泰道(2019) 下端部を切削した鉄筋コンクリート柱の曲げ耐力の計算方法の検討. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 229-232.

- 75) 吉川直孝, 伊藤慎也, 酒井喜久雄, 平岡伸隆(2019) 特殊繊維を混合したモルタル吹付けコンクリートと一般的な吹付けコンクリートの押し抜き強度変形の比較. 土木学会第 74 回年次学術講演会, V-126.
- 76) 上村健太郎, 高德亮太, 伊藤和也, 末政直晃, 吉川直孝, 平岡伸隆, 佐々木隆光(2019) シリカと水酸化カルシウムを混合した改良材の改良効果に関する遠心模型実験. 第 54 回地盤工学研究発表会, 0827, D-07, pp. 1653-1654.
- 77) 吉川直孝, 大嶋勝利, 平岡伸隆, 濱島京子, 清水尚憲, 豊澤康男(2019) 機械安全の考え方に見る建設業における安全について. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, OS-9-2, pp. 138-141.
- 78) 吉川直孝, 伊藤慎也, 酒井喜久雄, 平岡伸隆(2019) 特殊繊維を混合した吹付けコンクリートの押し抜き強度変形特性に関する実験的検討. 第 54 回地盤工学研究発表会, 0706, M-06, pp. 1411-1412.
- 79) 古畑拓馬, 伊藤和也, 吉川直孝(2020) シールドセグメント模型の M-N 挙動. 第 47 回土木学会関東支部技術研究発表会, III-42, CD-ROM.
- 80) 堀智仁, 玉手聡 (2019) 自走中の荷振れに対するドラッグ・ショベルの動的安定性. 令和元年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集, pp. 143-146.
- 81) 堀智仁, 玉手聡(2019) 掘削用機械の斜面等走行時の転倒再現実験と一考察. システム・情報部門学術講演会 2019 講演論文集, pp. 151-154.
- 82) 堀智仁, 玉手聡(2019) 掘削用機械の斜面降下時における進行方向と安定性の関係. 土木学会第 74 回年次学術講演会, VI-68, CD-ROM.
- 83) 堀智仁, 玉手聡, 伊藤和也, 狩野陸人(2019) PIV 解析による砕石敷設地盤の荷重分散の確認. 第 54 回地盤工学研究発表会, pp. 229-230.
- 84) 堀智仁, 吉川直孝, 平岡伸隆(2019) 軟岩模擬試料の作製と弾性波速度計測. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, pp. 244-245.
- 85) 板垣晴彦(2019) 爆発火災事例についての重篤度と発生率の分析. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 159-162.
- 86) 八島正明(2019) 粉体を扱う貯槽等での火災の検知. 産業・化学機械と安全部門 研究発表講演会 2019 冬-安全・安心な産業・化学機械システムの構築-, 日本機械学会, pp. 10-14.
- 87) 八島正明(2019) 粉体層の燃え拡がり時に発生するガス蒸気の着火性. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 203-206.
- 88) 八島正明(2019) 粉じん爆発における被害・周辺影響について. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 187-190.
- 89) 八島正明(2019) 粉じん雲中を対向伝ばする火炎の挙動. 第 57 回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. P214-1 - P214-2.
- 90) 八島正明(2019) 水酸化マグネシウムを添加したマグネシウム粉体層に沿った燃え拡がり. 火薬学会 2019 年度春季研究発表会講演要旨集, pp. 102-105.
- 91) 八島正明(2019) マグネシウム小片の燃焼性に及ぼす着火源の影響. 2019 年軽金属学会第 136 回春期大会講演概要, pp. 415-416.
- 92) 八島正明, 大塚輝人(2019) 水素化マグネシウム粉じんの爆発・火災特性について. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 163-166.
- 93) 大塚輝人(2019) トンネル工事における通風換気システム評価 2 -CFD による-. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 235-236.
- 94) 西川慎太郎, 熊崎美枝子, 白川真一, 三角隆太, 今井俊之介, 大塚輝人(2019) CFD データを利用した機械学習による早期異常検知手法の検討. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 59-60.
- 95) 西川慎太郎, 熊崎美枝子, 大塚輝人, 白川真一, 出雲充生(2019) 機械学習を用いたホットスポット予測手法の検討. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, pp. 332-333.
- 96) 水谷高彰, 八島正明(2019) 産業現場での爆発・火災におけるモニタリング方法の問題点について. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, pp. 334-335.
- 97) 大塚輝人, 佐藤嘉彦(2019) 熱流束測定時の伝熱遅れの補正法. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, pp. 336-337.

- 98) 水谷高彰, 八島正明, 齋藤寛泰(2019) 木材等有機物の爆発・火災初期におけるガス発生特性. 第 52 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 199-202.
- 99) 池田博康, 齋藤剛, 岡部康平(2019) 装着型移動支援機器の転倒予兆シナリオの分析. 第 37 回日本ロボット学会 学術講演会, 講演論文集 3C1-06.
- 100) 池田博康, 齋藤剛, 岡部康平(2019) 移動支援機器装着者の転倒予兆の予備分析. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019, 講演論文集 2A1-G02, CD-ROM.
- 101) 大澤敦(2019) ブラシ放電を防止するための液体タンク充電速度. 第 23 回静電気学会静電気 RA 研究会, 配付資料(8 頁).
- 102) 大澤敦(2019) 着火源は本当にコーン放電なのかー誤ったいくつかの報告. 第 22 回静電気学会静電気 RA 研究会, 11 スライド.
- 103) 大澤敦(2019) 内袋使用の静電気ハザードと対策. 第 22 回静電気学会静電気 RA 研究会, 配付資料(4 頁).
- 104) 大澤敦(2019) ハイパボリック電荷緩和則の適用条件. 第 43 回静電気学会全国大会, 静電気学会講演論文集 2019, pp. 91-92.
- 105) 三浦崇(2019) アルゴン雰囲気での摩擦帯電緩和現象の観測(18p-C206-4). 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 予稿集.
- 106) 三浦崇(2019) 静電気火花放電の電位差・距離・分光の同時測定(13pD-2). 静電気学会.
- 107) 三浦崇(2019) 針-球面電極間の空気中静電気火花放電発光スペクトル分析(3-A-a1-1). 令和元年 電気学会 基礎・材料・共通部門大会, 講演論文集, p. 36.
- 108) 三浦崇(2019) 発光スペクトル測定による静電気火花放電エネルギー推定の研究(11-4). 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, pp. 362-363.
- 109) 遠藤雄大(2019) 有機溶剤の噴霧帯電量と各種条件の関係. 第 52 回安全工学研究発表会, 第 52 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 179-182.
- 110) 遠藤雄大(2019) 有機溶剤噴霧による 2 流体ノズルの帯電. 第 43 回静電気学会全国大会.
- 111) 遠藤雄大(2019) 有機溶剤の噴霧帯電と導電率の関係. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, pp. 354-355.
- 112) 遠藤雄大(2020) 酢酸エチルの噴霧帯電量測定. 2020 年度静電気学会春季講演会, 2020 年度静電気学会春季講演会論文集, pp. 69-70.
- 113) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子(2019) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント手法・ツールに関する考察. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, 5-2, pp. 276-279.
- 114) 島田行恭(2019) 安衛法におけるリスク評価について(爆発・火災等防止). 2019 年度第 32 回日本リスク学会年次大会, O5-3.
- 115) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子(2019) 化学物質の危険性リスクアセスメント等実施のための引き金事象チェックシート の提案. 第 52 回安全工学研究発表会, 69, pp. 211-214.
- 116) 大西明宏(2019) 陸上貨物運送事業におけるロールボックスパレット起因災害の動向. 日本人間工学会関東支部 第 49 回大会, 講演集, pp. 22-23.
- 117) 大西明宏, 清水尚憲(2019) テールゲートリフター使用時の荷台からの転落防止対策 (2) システム実用化に向けた課題の整理. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, pp. 352-353.
- 118) 大西明宏(2019) 近年の陸上貨物運送事業における労働災害の特徴. 日本人間工学会第 60 回大会, 1B1-2.
- 119) 呂健(2019) 労働災害データベースのテキスト記述から情報の自動抽出. 安全工学シンポジウム 2019, 講演予稿集, pp. 298-299.
- 120) 高橋明子(2019) 建築現場のハザード分類の検討. 日本応用心理学会第 86 回大会発表論文集, p.59.
- 121) 菅間敦(2019) 脚立からの転落事象に関する人体衝撃負荷シミュレーションと床材による影響の検討. 日本計測自動制御学会システムインテグレーション部門 2019 講演会, 論文集.
- 122) 菅間敦, 高橋明子, 瀬尾明彦(2019) 水平押し作業時の発揮力知覚と姿勢安定性評価に関する検討. 日本人間工学会第 60 回大会, 講演集, 2G3-6.
- 123) 菅間敦, 高橋明子, 瀬尾明彦(2019) 床反力解析に基づく反動工具使用時の身体動揺評価. 日本人間工学会関東支部第 49 回大会, 講演集, pp. 52-53.

- 124) 菅間敦, 中嶋良介, 高橋明子(2019) 脚立作業中の転落災害の実態調査:落下距離と死亡率の分析. 2019 年度日本設備管理学会秋季研究発表大会, 論文集, pp. 23-24.
- 125) 山内貴史, 佐々木 毅, 高橋邦彦, 梅崎重夫, 高橋正也, 吉川 徹, 須賀万智, 大越裕人, 柳澤裕之 (2020) 長時間労働・睡眠時間と事故・ヒヤリハット:多項ロジスティックモデルを用いた分析. 第 30 回日本疫学会学術総会, 講演集, p. 128.
- 126) 三浦伸彦, 大谷勝己, 吉岡弘毅 (2020) 二酸化チタンナノ粒子による精巣機能障害は二相性である. 日本薬学会第 140 年会 Web 要旨閲覧システム, 演題番号 27P-pm068.
- 127) 大谷勝己(2020) 精巣毒性と精子毒性. 第 29 回 Testis Workshop 精子形成・精巣毒性研究会抄録集.
- 128) 大谷勝己, 小林健一, ヴィージェ・モーセン(2020) 重金属ばく露の時期が妊娠へ及ぼす影響. 日本薬学会第 140 年会 Web 要旨閲覧システム, 演題番号 27P-pm073.
- 129) 小林健一, 久保田久代, 大谷勝己 (2020) 成長遅延症(*grt*) マウス甲状腺の組織学的特徴. 第 36 回日本毒性病理学会学術集会, 講演要旨集, p.94.
- 130) 小林健一, 久保田久代, 柳場由絵, 大谷勝己, 山田 丸, 鷹屋光俊 (2020) 毒性実験に向けた高純度結晶質シリカサブミクロン粒子の調製法. 第 90 回日本衛生学会学術総会講演集.
- 131) 大谷勝己, 小林健一, 柳場由絵(2020) 話題提供の広場(1) 機器分析を利用した精子分析方法の過去・現在・未来. 第 29 回 Testis Workshop 精子形成・精巣毒性研究会抄録集.
- 132) 佐藤ゆき, 後藤知子, 鈴木礼子, 山中千鶴 (2020) 塩加減にみる心理計測学的表現と理化学的評価に関する疫学研究-気分的要因の関連-.第 30 回日本疫学会学術総会, p.135, P-108.
- 133) 安彦泰進, 古瀬三也, 高野継夫(2020) 小型活性炭層における有機ガス破過理論式と破過時間相対値の適用. 日本化学会第 100 春季年会, 講演予稿集 DVD, 2G5-43.
- 134) 高橋正也 (2020) 「働き方改革のその後」医学的見地から. 日本産業衛生学会関東地方会第 288 回例会, 抄録集 p.10.
- 135) 高橋正也 (2020) 交通事故と睡眠. 第 33 回睡眠呼吸障害研究会耳鼻咽喉科部会, 抄録集なし
- 136) 久保智英, 松元俊, 佐々木毅, 池田大樹, 井澤修平, 高橋正也, 甲田茂樹(2019)トラックドライバーの働き方と過労徴候の検討. 産業疲労研究会 第 91 回定例研究会.
- 137) 井澤修平, 菅谷渚, 小川奈美子, 城月健太郎, 野村収作 (2019) 爪に含まれるコルチゾールの妥当性の検証:唾液・毛髪コルチゾールとの比較. 第 26 回日本行動医学会, プログラム・抄録集, p.76.
- 138) 菅谷 渚, 井澤修平, 小川奈美子, 城月健太郎, 野村収作 (2019) 毛髪コルチゾールの妥当性の検証:唾液コルチゾールの総分泌量および日内変動との比較. 第 2 回日本心身医学会関連学会合同集会, 抄録集, p.291.
- 139) 王 瑞生, 祁 永剛, 豊岡達士, 甲田茂樹 (2019) 膀胱発がんに寄与する可能性がある芳香族アミン類等の遺伝毒性に関する検討. 第 47 回産業中毒・生物学的モニタリング研究会, 要旨集 p.15.
- 140) 三浦伸彦, 大谷勝己 (2019) 概日リズム攪乱と精巣機能障害. 第 50 回精子研究会, 講演要旨集, p.8.
- 141) 三浦伸彦, 大谷勝己, 吉岡弘毅 (2019) 金属化合物の感受性時刻差. メタルバイオサイエンス研究会 2019, 講演プログラム・要旨集, p.142.
- 142) 大谷勝己, 吉岡弘毅, 三浦伸彦 (2019) 酸化チタンナノ粒子が示すマウス雄性生殖系への影響. メタルバイオサイエンス研究会 2019, 講演プログラム・要旨集, p.168.
- 143) 大谷勝己, 小林健一, ヴィージェ・モーセン (2019) マウスを用いた重金属ばく露が妊娠へ及ぼす影響に関する研究. 第 47 回産業中毒・生物学的モニタリング研究会抄録集, p.25.
- 144) 小林健一, 山本和俊, 菊山 榮, 町田武生, 小林哲也 (2019) 成長遅延症雌マウスの脳下垂体前葉細胞相と血中ホルモン動態. 第 44 回日本比較内分泌学会及びシンポジウム, プログラム・講演要旨, p.39.
- 145) 伊藤由起, 王 海蘭, 内藤久雄, 柳場由絵, 那須民江, 上島通浩 (2019) トリクロロエチレン曝露と血中 CYP2E1 タンパク量の関係. 第 47 回産業中毒・生物学的モニタリング研究会, 抄録集, p.28.
- 146) 那須民江, 王 海蘭, 袁 媛, 内藤久雄, 伊藤由起, 柳場由絵, 八谷 寛, 上島通浩(2019) トリクロロエチレンによる CYP2E1 抗体上昇とその影響因子. 第 47 回産業中毒・生物学的モニタリング研究会, 抄録集, p.27.
- 147) 柳場由絵, 豊岡達士, 小林健一, 王 瑞生, 甲田茂樹 (2019) ブタ摘出皮膚を用いた *ex vivo* 化学物質皮膚透過性試験システムの構築. 第 47 回産業中毒・生物学的モニタリング研究会, 抄録集, p.18.

- 148) 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 柳場由絵, 祁 永剛, 王 瑞生, 甲田茂樹 (2019) ヒト三次元培養皮膚を用いた芳香族アミン類の皮膚透過性に関する研究. 第47回産業中毒・生物学的モニタリング研究会, 要旨集 p.17.
- 149) 柏木裕呂樹, 豊岡達士, 王 瑞生, 甲田茂樹 (2019) オルトトルイジン及び4-クロロ-オルトトルイジンのDNA損傷性に関する比較検討. 第47回産業中毒・生物学的モニタリング研究会, 抄録, p.16.
- 150) 榎原 毅, 岩切一幸, 泉 博之, 谷 直道 (2019) 国際動向比較による国内重量物取扱基準見直しの方向性. 産業衛生学会作業関連性運動器障害研究会 第22回研究会.
- 151) 劉 欣欣 (2019) 精神作業の作業時間と休憩が血行動態反応に及ぼす影響. 日本産業衛生学会産業疲労研究会 第91回定例研究会プログラム(電子版)
- 152) 鷹屋光俊, 安井省侍郎, 保利一, 齋藤誠, 奥田篤史, 宮田昌浩 (2019) 個人サンプラーを用いる測定をめぐって. 第59回日本労働衛生工学会, 第40回作業環境測定研究発表会共同シンポジウム第2部(パネルディスカッション)
- 153) 鷹屋光俊, 小林健一, 山田 丸, 久保田久代 (2019) 蛍光 X 線分析用の点滴用濾紙を用いた粉末 X 線回折測定を試み. 第59回日本労働衛生工学会, 第59回日本労働衛生工学会第40回作業環境測定研究発表会 抄録集, pp.124-125.
- 154) 安彦泰進, 古瀬三也, 高野継夫 (2019) 呼吸保護具吸収缶を模した活性炭層における有機ガス破過時間推算モデルの検討. 第59回日本労働衛生工学会, 抄録集, pp.116-117.
- 155) 中村憲司, 大塚輝人 (2019) デジタル粉じん計との比較による小型センサーの粉じん濃度測定性能評価. 第59回日本労働衛生工学会, 第59回日本労働衛生工学会抄録集, pp.112-113.
- 156) 山田 丸, 篠原也志志, 小野真理子, 鷹屋光俊 (2019) SEMによる気中粒子観察のための前処理及び分析条件に関する検討. 第59回日本労働衛生工学会, 抄録集, p.120-121.
- 157) 小野真理子, 山田 丸, 東久保一朗 (2019) 炭素系ナノマテリアルの粒径分布と凝集状態の観察. 第59回日本労働衛生工学会, 抄録集, p.104-105.
- 158) 井上直子 (2019) 硫酸含浸フィルターによる捕集を想定した有機溶媒を用いない条件下でのキャピラリー電気泳動による芳香族アミンの分析法の検討. 第59回日本労働衛生工学会, 第59回日本労働衛生工学会第40回作業環境測定研究発表会 抄録集, pp.158-159.
- 159) 鈴木規道, 中岡宏子, 中山誠健, 津村佳余, 高谷一成, 戸高恵美子, 森千里 (2019) 新築住宅における室内空気中のギ酸・酢酸の実態調査. 2019年室内環境学会学術大会, 講演概要集, pp.188-189.
- 160) 中岡宏子, 鈴木規道, 中山誠健, 津村佳余, 高谷一成, 戸高恵美子, 森千里 (2019) 新築住宅における室内空気中のアンモニア濃度の実態調査. 2019年室内環境学会学術大会, 講演概要集, pp.190-191.
- 161) 中山誠健, 中岡宏子, 鈴木規道, 津村佳余, 高谷一成, 田中眞二, 岩山遼太郎, 戸高恵美子, 森千里 (2019) 室内空気が作業効率に及ぼす影響その1 脳波測定による作業効率の定量化. 2019年室内環境学会学術大会, 講演概要集, pp.246-247.
- 162) 津村佳余, 中岡宏子, 鈴木規道, 中山誠健, 高谷一成, 田中眞二, 岩山遼太郎, 戸高恵美子, 森千里 (2019) 室内空気が作業効率に及ぼす影響その2 NASA-TLXを用いた主観的評価からみるリラックス効果の検証. 2019年室内環境学会学術大会, 講演概要集, pp.140-141.
- 163) 韓書平, 鷹屋光俊 (2019) マンガンの経皮ばく露評価のための模擬汗への溶解実験. 第59回日本労働衛生工学会, 講演要旨集, pp.60-61.
- 164) 小野 真理子, 山田 丸, 東久保 一朗(中央労働災害防止協会)(2019) カーボンブラック製造現場での粒子の飛散状況について. 第59回日本労働衛生工学会, 抄録集, pp.104-105.
- 165) 柴田延幸 (2019) アルミ鋳造品製造工程における手腕振動ばく露. 日本産業衛生学会振動障害研究会 講演資料, pp.2-6.
- 166) 柴田延幸 (2019) 個人ばく露モニタリングによる手持ち振動工具使用における振動ばく露管理. 日本機械学会産業・化学機械と安全部門 研究発表講演会 2019 冬 講演論文集, (in USB).
- 167) 上野 哲 (2019) 熱中症発症場所別の傾向分析 - 救急搬送データを用いて - . 日本産業衛生学会 温熱環境研究会, 温熱環境研究会プログラム, p.3.
- 168) 上野 哲, 早野大輔, 中森知毅, 門馬秀介, 田中俊生, 野口英一, 有賀 徹 (2019) 東京都の地域別熱中症発生状況の分析. 第67回日本職業・災害医学会学術大会, 日本職業・災害医学会会誌, Vol. 67, Supplement, 別 152.

- 169) 齊藤宏之, 澤田晋一, 岩城哲男(2019)電子式 WBGT 計の主たる誤差要因としての自然湿球温度の推定方法についての検討. 第 58 回日本生気象学会, 日本生気象学会雑誌, Vol.56, No.3, S36.
- 170) 齊藤宏之, 澤田晋一, 岩城哲男, 加納喜代継, 望月 計, 山谷千秋(2019)電子式 WBGT 測定器における自然湿球温度の推定手法の検討. 第 59 回日本労働衛生工学会, 抄録集 pp.50-51.
- 171) 高橋正也(2019)よく眠り, よく働く. 教育講演 3, 第 67 回日本職業・災害医学会学術大会, 日本職業・災害医学会学術大会誌, Vol.67(臨時増刊号), p.別 52.
- 172) 高橋正也(2019)よく眠り, よく働くために必要なこと. シンポジウム 1「あらゆる世代で睡眠時間を尊重する」, 第 11 回 Integrated Sleep Medicine Society Japan 学術集会, 抄録集 p.38.
- 173) 高橋正也(2019)働き方と眠り方の改革. シンポジウム 1「働き方改革の見立てと実践」. 第 67 回日本職業・災害医学会学術大会, 日本職業・災害医学会学術大会誌, Vol.67(臨時増刊号), p.別 70.
- 174) 土屋明大, 和田耕治, 吉川徹, 國島広之 (2019) 整形外科手術時の針刺し切創リスクに関する解析. 第 67 回日本職業・災害医学会誌, Vol.67 臨時増刊号, p.179.
- 175) 吉川 徹 (2019) 病院の医療環境改善について:医師の働き方改革のための病院産業医研修. 第 32 回日本総合病院精神医学会総会, 総合病院精神医学, Vol.31, Suppl, p.S-128.
- 176) 吉川徹, 宗像正徳, 齋藤淳, 相澤豊昭, 田中誠一, 佐々木毅, 梅崎重夫 (2019) 労災保険による二次健康診断等の実施状況の現状分析と検査項目に関する検討. 第 67 回日本職業・災害医学会誌, Vol.67 臨時増刊号, p.151.
- 177) 池田悠稀, 申饒敬, 西村悠貴, 樋口重和 (2019) 動作観察時の脳活動に mu 波ニューロフィードバック訓練が与える影響. 日本生理人類学会第 80 回大会, 第 80 回概要集, p.41.
- 178) 眞子杜都, 大橋路弘, 江藤太亮, 西村悠貴, 李相逸, 樋口重和 (2019) 模擬的夜勤時の光暴露による概日リズムの位相後退の個人差. 日本生理人類学会第 80 回大会, 第 80 回概要集, p.69.
- 179) 佐々木 毅, 池田大樹, 茅嶋康太郎, 小山文彦 (2019) 就業者における不眠と抑うつに関するケース・コントロール研究:コントロール(健常者)群の分析結果. 第 26 回日本産業精神保健学会, 産業精神保健, Vol. 27, (Suppl.), p.176.
- 180) 久保智英, 劉欣欣, 城憲秀(2019)仕事の反対語は何か?:看護師における労働観と疲労の関連性の検討. 日本健康心理学会第 32 回大会 WEB 抄録種, p.156.
- 181) 三浦伸彦, 吉岡弘毅, 大谷勝己(2019)概日リズム攪乱は精巣機能障害を誘発する. フォーラム 2019:衛生薬学・環境トキシコロジー, 京都, 講演要旨集, p.287
- 182) 大谷勝己(2019) 雄性生殖毒性を示す化学物質の多様性. 第 38 回 生体と金属・化学物質に関する研究会, プログラム・要旨集.
- 183) 大谷勝己, 小林健一, Vigeheh Mohsen (2019) 胆管がん誘発物質として知られる 1,2-ジクロロプロパンのラット精子形態に及ぼす影響. フォーラム 2019:衛生薬学・環境トキシコロジー, 京都, 講演要旨集, p.190
- 184) Kenichi Kobayashi, Muneyuki Miyagawa, Rui-Sheng Wang, Megumi Suda, Soichiro Sekiguchi, Takeshi Honma (2019) Prenatal exposure of rats to 2,2',4,4',5,5'-hexachlorobiphenyl facilitates early eye opening in F1 offspring. The 59th Annual Meeting of The Japanese Teratology Society. The 13th World Congress of The International Cleft Lip and Palate Foundation -CLEFT 2019-, p.279.
- 185) 内田克哉, 蓮岡健太郎, 守屋孝洋, 小林健一, 井樋慶一 (2019) 幼若期の一過性甲状腺ホルモン欠乏はマウス大脳皮質を攪乱し成熟個体の行動発現に変化をもたらす. 日本動物学会第 90 回大阪大会プログラム検索・要旨閲覧 Web システム, 3G1000.
- 186) 橋本寿史, 合田 真, 静 隆志, 小林健一, 三木千晶, 井上慎子, 磯田博子, 大谷勝己, 西槇俊之, 木村哲晃, 成瀬 清, 日比正彦 (2019) メダカ黒斑変異体 Variegated はヒトカーニ複合の皮膚病態モデルである. 日本動物学会第 90 回大阪大会プログラム検索・要旨閲覧 Web システム, 1F1645.
- 187) 福田哲也, 豊岡達士, 小牧裕佳子, 伊吹裕子 (2019) アクチン構造の崩壊による DNA 二本鎖切断生成. 日本環境変異原学会変異機構研究会・第 32 回夏の学校, 要旨集, p.10.
- 188) 蘇リナ, 松尾知明(2019)JNOSH-WLAQ で評価した勤務中の座位時間と心肺持久力, 健診結果, 抗うつ状態との関係. 第 74 回日本体力医学会大会, 抄録集, p.250.

- 189) 近藤亜水美, 嶋原美智子, 佐藤ゆき (2019) 学校給食に関する実態調査研究-養育者の給食に対する意識-. 第 66 回日本栄養改善学会学術総会, p.142, 3p-076.
- 190) 佐伯佳恵, 佐藤ゆき, 鈴木智恵子, 寺内恵美子, 鈴木礼子 (2019) 学童の生活基礎調査,. 第 66 回日本栄養改善学会学術総会, p.148, 3p-156.
- 191) 嶋原美智子, 星川玲子, 大泉由紀子, 岡崎博子, 平野明恵美, 今野みどり, 磯島秋穂, 佐藤ゆき (2019) 学童の食生活に関する実態調査研究-学校からの「食に関する指導」による食生活への効果-. 第 66 回日本栄養改善学会学術総会, p.142, 3p-075.
- 192) 井上直子(2019)作業環境測定のためのキャピラリー電気泳動による芳香族アミンの分析法の検討. 日本分析化学会第 68 年会, 日本分析化学会第 68 年会講演要旨集, p.638.
- 193) 井上直子, 鷹屋光俊(2019)DNPH パッシブサンプラー用フィルター上での, 高濃度アセトン共存下におけるホルムアルデヒド及びアセトンの相対反応速度. 日本分析化学会第 68 年会, 日本分析化学会第 68 年会講演要旨集, p.637.
- 194) 高谷 一成, 鷹屋 光俊 (2019) 作業環境中の測定のためのイオン移動度分析装置の開発. 原子衝突学会第 44 回年会, 講演概要集, p.97.
- 195) 韓書平, 鷹屋光俊 (2019) 誘導結合プラズマ質量分析法(ICP-MS)および誘導結合プラズマ発光分析法(ICP-AES)による模擬汗中のマンガンおよびその化合物の測定. 第 68 回日本分析化学学会, 講演要旨集, p.623.
- 196) 小野真理子, 韓書平, 山田丸, 鷹屋光俊, 甲田茂樹 (2019) 水溶性アクリル酸系ポリマーエアロゾルの挙動について. 第 36 回エアロゾル科学・技術討論会講演要旨集, C104.
- 197) 篠原也寸志(2019)分析透過電子顕微鏡によるアスベスト計数分析への空白域計数法(Void Counting method)の適用と評価. 第 63 回粘土科学討論会, 第 63 回粘土科学討論会講演要旨集, pp.113-114.
- 198) 山口さち子, 岩切一幸, 関野正樹, 中井敏晴 (2019) 身体動揺を指標にした磁界ばく露の影響評価. 電磁環境研究会, 電磁環境研究会資料, pp.19-24.
- 199) 時澤 健, 土基博史, 志牟田 亨(2019)暑熱下運動時の深部体温モニタリングを目的とした胸部パッチ型センサシステムの開発. 第 74 回日本体力医学会, 要旨集, p.274.
- 200) 小木和孝, 吉川徹, 堤明純, 吉川悦子 (2019) 産業精神保健の国際潮流からみえる Good Practice Approach. 第 26 回日本産業精神保健学会, 産業精神保健, Vol.27 増刊号, p.128.
- 201) 吉川悦子, 吉川徹, 湯浅晶子, 佐野友美, 竹内由利子 (2019) ストレスチェックを活用した参加型職場環境改善の効果. 第 26 回日本産業精神保健学会, 産業精神保健, Vol.27 増刊号, p.170.
- 202) 吉川徹, 吉川悦子 (2019) ストレスチェックを活かした参加型職場環境改善の進め方. 第 26 回日本産業精神保健学会, 産業精神保健, Vol.27 増刊号, p.126.
- 203) 佐々木 毅, 久永直見, 柴田英治, 久保田 均, 甲田茂樹 (2019) 建設作業者の死亡動向-三重県での 42 年間の追跡調査-. 第 92 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 61, (Suppl.), p.361.
- 204) 山内貴史, 佐々木 毅, 高橋邦彦, 梅崎重夫, 高橋正也, 吉川 徹, 平岡伸隆, 須賀万智, 柳澤裕之 (2019) 長時間労働者はより多くの業務中のヒヤリハット・事故を経験しているか?. 第 92 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 61, (Suppl.), p.360.
- 205) 渡辺裕晃, 甲田茂樹, 佐々木 毅, 松葉史子, 伊藤昭好, 熊谷信二, 原 邦夫, 堤 明純, 丸山正治, 山口秀樹 (2019) 自治体職場における OSHMS 定着と安全衛生指標や活動への影響評価 第 25 報. 第 92 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 61, (Suppl.), p.581.
- 206) 久保善子, 鳩野洋子, 久保智英, 島本さと子, 中谷淳子(2019) どのような産業看護職の属性や状況が仕事の成果に結びついているのか?. 産業衛生学雑誌, Vol. 61 (Suppl), p.430.
- 207) 井澤修平, 川崎幹子, 中田光紀 (2019) 疾病休業と爪コルチゾールの関連:被服製造労働者を対象とした横断的研究. 第 74 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 61 (Suppl.), p.449.
- 208) 小川奈美子, 井澤修平, 菅谷 渚, 城月健太郎, 野村収作 (2019) 日常の自覚ストレスの変化に伴うコルチゾールの変化. 第 37 回日本生理心理学会大会, プログラム・予稿集, p.66.
- 209) 池田大樹, 久保智英, 佐々木 毅, 劉 欣欣, 松尾知明, 蘇 リナ, 松元 俊, 高橋正也 (2019) 日勤労働者の勤務間インターバルと社会的ジェットラグの関連性:横断調査による検討. 第 92 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 Vol.61, 臨時増刊号, p.400.

- 210) 池田大樹, 久保智英, 松元 俊, 新佐絵吏, 茅嶋康太郎 (2019) 中小企業で実施された職場環境改善による睡眠の質の改善効果:1年間の縦断調査研究. 日本睡眠学会第44回定期学術集会, プログラム・抄録集, p.234.
- 211) 松元俊, 久保智英, 井澤修平, 池田大樹, 高橋正也, 甲田茂樹 (2019)トラックドライバーの睡眠実態からみた血圧と疲労. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.61(Suppl), p.353.
- 212) 王 瑞生, 須田 恵, 柳場由絵(2019)tert-ブチルアルコールのマウスにおける毒性発現及びALDH2活性欠損の影響. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 Vol.61,(Suppl.), p.533.
- 213) 大谷勝己, 小林健一 (2019) コンピュータ画像解析法による1-ブロモプロパン投与ラットにおける精子運動能, 精子数, 精子尾部形態の変化. 日本アンドロロジー学会第38回学術大会総会記事, p.97.
- 214) 大谷勝己, 小林健一 (2019) コンピュータ精子解析画面による1-ブロモプロパン投与ラットの精子形態異常評価. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 61,(Suppl.), p.531.
- 215) 須田 恵, 柳場由絵, 豊岡達士, 王 瑞生, 甲田茂樹 (2019) オルト-トルイジン作業者の尿中芳香族アミン類とその代謝物の分析. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 61(Suppl.), p.330.
- 216) 小林健一, 久保田久代, 柳場由絵, 大谷勝己, 鷹屋光俊 (2019) 有害性評価のためのシリカサブミクロン粒子の調製法の検討:液中分散液における粒子径とその形態学的特徴. 第46回日本毒性学会, J.Toxicol. Sci., Vol. 44, (Suppl.), S288.
- 217) 柳場由絵, 小林健一, 豊岡達士, 祁 永剛, 須田 恵, 王 瑞生, 甲田茂樹(2019)2,4-ジメチルアニリンの経皮吸収, 体内分布及びDNA損傷性についての検討. 第46回日本毒性学会, J Toxicol Sci, Vol. 44, (Suppl.), S305.
- 218) 豊岡達士, 祁永剛, 太田久吉, 甲田茂樹, 王 瑞生 (2019) 3,3'-dichloro-4,4'-diaminodiphenylmethan 及び類似構造物質のDNA損傷性に関する研究. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 60(Suppl.), p.400.
- 219) 豊岡達士, 祁 永剛, 甲田茂樹, 王 瑞生 (2019) MOCA(3,3'-dichloro-4,4'-diaminodiphenylmethan) 及び類似構造物質のDNA損傷性比較に関する研究. 第46回日本毒性学会, 抄録集, p.304.
- 220) 柏木裕呂樹, 豊岡達士, 王 瑞生, 甲田茂樹 (2019) 産業金属類の DNA 損傷性および遺伝子変異リスクへの影響に関する研究. 第92回日本産業衛生学会, 抄録, p.87.
- 221) 柏木裕呂樹, 豊岡達士, 王 瑞生, 甲田茂樹 (2019) リン酸化ヒストン H2AX を指標とした各種金属類の DNA 損傷性の検討およびリン酸化誘導を抑制する金属類に注目した変異原性に関する研究. 第46回日本毒性学会, J Toxicol Sci, Vol. 44 (Suppl.), S241.
- 222) 岩切一幸, 外山みどり, 高橋正也, 劉 欣欣 (2019) 介護者における労働生活の質(QWL)とその関連要因に関する研究. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 61, (Suppl.), p.447.
- 223) Hiroki Ikeda, Xinxin Liu, Fuyuki Oyama, Keiko Wakisaka, Masaya Takahashi (2019) Comparison of hemodynamic responses between normotensive and untreated hypertensive men under simulated long working hours. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学誌, Vol. 61,(Suppl.), p.118.
- 224) 安彦泰進 (2019) 作業環境測定用捕集剤における相平衡法と直接添加法の適用に関する検討. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.61(Suppl.), p.328.
- 225) 中村憲司, 大塚輝人 (2019) トンネル建設工事における粉じん濃度測定方法の検討のための模擬トンネル実験. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学会誌, Vol.61, 臨時増刊号, p.543.
- 226) 加藤伸之, 山田 丸, 小嶋 純, 鷹屋光俊 (2019) SEM-EDS を利用した有害金属を含有する溶接ヒュームの個別測定に関する研究. 日本顕微鏡学会第75回学術講演会, 発表要旨集, Vol. 54 (Suppl), p.193.
- 227) 山田 丸, 鷹屋光俊 (2019) 粉じん個人ばく露測定に用いるフッ素樹脂処理ガラス繊維フィルタ 5種類の性能試験. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 61(Suppl), p.446.
- 228) 韓書平, 小野真理子, 山田丸, 鷹屋光俊, 甲田茂樹 (2019) アクリル系水溶性ポリマーエアロゾルの測定法. 第92回日本産業衛生学会, 講演集, p.326.
- 229) 上野 哲, 早野大輔, 中森知毅, 門馬秀介, 田中俊生, 野口英一, 有賀徹 (2019) 気象条件と発生場所による熱中症救急搬送者の予測. 第22回日本臨床救急医学会, 日本臨床救急医学会雑誌, Vol. 22, No.2, p.308.
- 230) 齊藤宏之, 澤田晋一 (2019) WBGT 測定器の測定原理の違いに起因する測定値の差異に関する検討. 第92回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.61, (Suppl.), p.365.

発表・講演された論文名

- 231) 山口さち子, 前谷津文雄, 土井 司, 引地健生, 藤田秀樹, 今井信也, 赤羽 学, 井澤修平, 王 瑞生 (2019) MRI 検査業務における妊娠就業者の配置方針の背景要因の検討. 第 92 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 61, (Suppl.), p.366.
- 232) 高橋正也 (2019) 交代勤務に伴う睡眠問題とその緩和策. 自由集会「医療従事者のための産業保健研究会」, 第 92 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.61 (Suppl.), p.292.
- 233) 飯田真子, 川上憲人, 今村幸太郎, 渡辺和弘, 井上彰臣, 島津明人, 吉川徹, 廣尚典, 浅井裕美, 小田切優子, 吉川悦子, 堤明純 (2019) 職業性ストレス要因が仕事の生産性に与える影響: 前向きコホート研究. 第 92 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.61, (Suppl.), p.396.
- 234) 長須美和子, 小木和孝, 佐野友美, 吉川悦子, 吉川徹 (2019) 職種の特性に応じて参加型職場環境改善を効果的に実践する段取り. 第 54 回人類動態学会全国大会, プログラム・抄録集, p.50.
- 235) 吉川徹, 高田琢弘, 菅知絵美, 佐々木毅, 山内貴史, 高橋正也, 梅崎重夫 (2019) 看護師における精神障害による労災認定事案 52 件の特徴. 第 92 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.61, (Suppl.), p.398.
- 236) 高田琢弘, 吉川徹, 佐々木毅, 山内貴史, 梅崎重夫 (2019) 小中学校における教職員の過労死事案 63 件の特徴に関する研究. 第 92 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.61, (Suppl.), p.424.
- 237) 菅知絵美, 梅崎重夫, 吉川 徹, 佐々木 毅, 山内貴史, 高橋 正也 (2019) 情報通信業における精神障害の労災認定事案の特性. 第 92 回産業衛生学会, 第 92 回産業衛生学会講演集, p.574.
- 238) 西村悠貴, 池田悠稀, 林小百合, 元村祐貴, 樋口重和 (2019) ヒトが他者行為を観察した際の自動模倣的及び抑制的な脳活動に関する研究. 日本生理人類学会第 79 回大会, 第 79 回大会概要集, p.73.
- 239) 赤間章英, 石橋圭太, 岩永光一 (2019) ヒト型図形の要素と配置が配色記憶の再認に与える影響. 日本生理人類学会第 79 回大会, 第 79 回大会概要集, p.60.
- 240) 甲田茂樹, 鷹屋光俊, 山田 丸, 小野真理子, 萩原正義, 中村憲司, 加藤伸之 (2019) 高純度結晶性シリカの微小粒子にばく露して発症したけい肺について. 第 92 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.61, 臨時増刊号, p.326.

3. 学会活動等

表 2-18 国際学会の活動への協力

役職名等	氏名
(1) International Tunnelling and Underground Space Association Working Group 5 (Health & Safety in Work)	吉川 直孝
(2) International Conference on Safety of Industrial Automated Systems Member of the scientific committee	池田 博康
(3) IEEE Magnetics Society Technical Committee 委員	山口さち子
(4) Collegium Ramazzini Emeritus Member	大久保利晃
(5) Faculty of Occupational Medicine, Loyal Academy of Physicians, London Honorary Fellow	大久保利晃
(6) International Commission on Occupational Health Honorary Member	大久保利晃
(7) Working Time Society 選任役員	高橋 正也
(8) 国際産業保健学会 (ICOH) 選任役員	吉川 徹

表 2-19 国内学会の活動への協力

役職名等	氏名
(1) 特定非営利活動法人安全工学会	
理事	板垣 晴彦
学術委員会	板垣 晴彦, 崔 光石
論文審査委員会 委員	板垣 晴彦
企画委員会	大塚 輝人
次世代安全研究会 委員	水谷 高彰
安全工学研究発表会実行委員会 委員	遠藤 雄大
将来構想委員会 委員	遠藤 雄大
(2) 公益社団法人地盤工学会	
地盤設計・施工基準委員会 委員(JIS 原案担当委員兼務)	玉手 聡
関西支部 斜面災害のリスク低減に関する研究委員会 委員	平岡 伸隆
国際部 地盤工学の社会的地位向上推進委員会 委員	平岡 伸隆
関東支部 自然災害に対する安全性指標(GNS)の開発とその利活用に関する研究委員会 幹事, 委員	平岡 伸隆
関東支部 研究委員会グループ 幹事	吉川 直孝
	平岡 伸隆
(3) 公益社団法人土木学会	
安全問題研究委員会 幹事長	高橋 弘樹
安全問題研究委員会 委員	大幢 勝利
安全問題研究委員会土木工事安全小委員会 幹事長	大幢 勝利
海外の建設工事にかかる安全標準スペックに関するアドバイザー委員会 幹事長	大幢 勝利
土木広報センター 委員	大幢 勝利
地盤工学委員会 斜面工学研究小委員会 委員	平岡 伸隆
(4) 公益社団法人日本地すべり学会	
斜面動態モニタリングデータに基づく崩壊発生予測研究小委員会	平岡 伸隆
(5) 公益社団法人化学工学会	
安全部会・運営委員会 副部長	島田 行恭
環境・安全推進委員会防災小委員会 委員	板垣 晴彦
(6) 公益社団法人日本材料学会	
フラクトグラフィデータベース小委員会 主査	山際 謙太
フラクトグラフィ部門委員会 幹事	山際 謙太
高温強度部門委員会 損傷評価WG	山際 謙太
(7) 公益社団法人日本火災学会	
化学火災専門委員会	板垣 晴彦
学生奨励賞選考委員会 幹事	板垣 晴彦
刊行委員会 副委員長	佐藤 嘉彦
理事会 理事	佐藤 嘉彦
(8) 一般社団法人火薬学会	
企画委員会	板垣 晴彦

役職名等	氏名
評議員	板垣 晴彦, 佐藤 嘉彦
(9) 一般社団法人日本建築学会 建設技能者問題小委員会	高木 元也
(10) 一般社団法人日本風工学会 風災害研究会 委員	大幢 勝利, 高橋 弘樹
(11) 一般社団法人日本機械学会 運営委員会 運営委員 産業・化学機械・安全部門 運営委員 産業安全行動分析学研究会代表 標準事業委員会 委員	清水 尚憲, 北條理恵子 清水 尚憲, 北條理恵子 北條理恵子 柴田 延幸
(12) 一般社団法人静電気学会 学会賞審査委員長 副会長 静電気放電基礎研究委員会 委員 第43回全国大会実行委員会 委員 第20回春期講演会実行委員会 委員 静電気リスクアセスメント研究委員会 委員長 静電気放電基礎研究委員会 幹事	大澤 敦 大澤 敦 大澤 敦 大澤 敦 大澤 敦 大澤 敦 遠藤 雄大
(13) 一般社団法人日本粉体工業技術協会 粉じん爆発委員会 委員	崔 光石
(14) 日本石灰協会 事例編集委員会	玉手 聡
(15) 日本学術振興会 プロセスシステム第143委員会	島田 行恭
(16) 日本ばね学会 破面解析研究会 主査	山際 謙太
(17) バイオメカニズム学会 評議員 評議員	大西 明宏
(18) 公益社団法人日本産業衛生学会 作業関連性運動器障害研究会 世話人 産業衛生技術部会 企画運営委員会 委員 名誉会員 代議員 産業衛生技術部会 幹事 関東地方会 幹事 産業衛生技術部会 企画運営委員	大西 明宏 大西 明宏 大久保利晃 甲田 茂樹, 吉川 徹 齊藤 宏之, 中村 憲司 中村 憲司 中村 憲司 齊藤 宏之

役職名等	氏名
産業衛生技術部会 広報委員長	齊藤 宏之
ダイバーシティ推進委員会 委員	中村 憲司
中央選挙管理委員会 委員	中村 憲司
作業関連性運動器障害研究会 副代表世話人	岩切 一幸
温熱環境研究会 世話人	齊藤 宏之
労働衛生国際協力研究会 世話人	吉川 徹
産業疲労研究会 世話人	劉 欣欣
産業疲労研究会 世話人(ホームページ管理)	久保 智英
産業疲労研究会 代表世話人	松元 俊
医療従事者のための産業保健研究会 世話人	吉川 徹
第4回日本産業衛生学会生涯教育委員会若手論文賞 選考委員	井澤 修平
(19) 公益社団法人日本騒音制御工学会	
理事	高橋 幸雄
規則改正部会 部会長	高橋 幸雄
低周波音分科会 委員	高橋 幸雄
認定技士部会 委員	高橋 幸雄
(20) 一般社団法人日本環境感染学会	
評議員	吉川 徹
日本環境感染学会, (職業感染制御委員会) 副委員長	吉川 徹
(21) 一般社団法人日本産業精神保健学会	
代議員	吉川 徹
(22) 日本睡眠学会	
幹事	高橋 正也
(23) 一般社団法人日本体力医学会	
評議員	松尾 知明, 時澤 健
(24) 一般社団法人電気学会	
電磁界の健康リスク分析調査専門委員会(第二期)	山口さち子
編集専門第一部会 委員	山口さち子
バイオ・医療における磁界・磁性材料の応用研究と産学官連携調査専門委員会 委員	山口さち子
電磁界ばく露に関する評価手法の動向調査専門委員会 幹事	山口さち子
マグネティックス技術委員会 1号委員	山口さち子
(25) 一般社団法人日本毒性学会	
技術賞選考小委員会準備委員	小林 健一
(26) 一般社団法人日本人間工学会	
代議員	岩切 一幸, 大西 明宏
小中学校等におけるICT機器活用の人間工学ガイドライン検討委員会 委員	外山みどり
第18期関東支部 委員	外山みどり, 劉 欣欣 鈴木 一弥

役職名等	氏名
関東支部会 評議員	吉川 徹
(27) 一般社団法人日本肥満学会 評議員	松尾 知明
(28) 日本行動医学会 評議員 利益相反委員	高橋 正也, 井澤 修平 井澤 修平
(29) 日本国際保健医療学会 代議員	吉川 徹
(30) 日本ストレス学会 評議員	吉川 徹 井澤 修平
(31) 日本産業ストレス学会 評議員	吉川 徹
(32) 日本生理人類学会 理事 評議員 若手の会委員	劉 欣欣 岩切 一幸, 劉 欣欣 西村 悠貴 小山 冬樹, 西村 悠貴
(33) 日本先天異常学会 神経管閉鎖障害に関する理事長特命ワーキンググループ 委員 神経発生毒性学委員会(DNT委員会)委員 評議員	小林 健一 小林 健一 小林 健一
(34) 日本労働衛生工学会 理事 評議会員	小野真理子, 鷹屋 光俊 中村 憲司, 齊藤 宏之 甲田 茂樹
(35) 生殖発生毒性東京セミナー 生殖発生毒性東京セミナー 実行委員	小林 健一
(36) 局所排気装置等労働衛生工学研究会 運営委員	小嶋 純
(37) 炭素材料学会エコカーボン研究会 幹事	安彦 泰進
(38) 労働時間日本学会 会長	高橋 正也

役 職 名 等	氏 名
事務局長	久保 智英
事務局	池田 大樹
ボードメンバー	松元 俊
(39) 日本生理人類学会 評議員	小山 冬樹
(40) 日本環境変異原学会 評議員	豊岡 達士
(41) 一般社団法人日本衛生学会 評議員	甲田 茂樹
(42) 一般社団法人日本公衆衛生学会 評議員	吉川 徹
(43) 一般社団法人日本救急医学会 熱中症および低体温症に関する委員会 オブザーバー	上野 哲
(44) 日本職業・災害医学会 評議員	上野 哲
(45) 人類働態学会 広報委員会 幹事	岩浅 巧
(46) 日本健康支援学会 評議員 優秀論文賞審査委員会 委員	松尾 知明 松尾 知明
(47) 精神神経内分泌免疫学研究会(財団法人日本心理学会所属) 幹事	井澤 修平
(48) その他	
Integrated Sleep Medicine Society Japan 副理事長	高橋 正也
健康開発科学研究会 会長	大久保利晃
公益社団法人 全国労働衛生団体連合会 参与	大久保利晃
Testis Workshop 精子形成・精巣毒性研究会 評議員	大谷 勝己
医療勤務環境マネジメント研究会 監事	吉川 徹
公益社団法人自動車技術会ヒューマンファクター 委員	鈴木 一弥
日本心身健康科学会 運営委員	木内 敬太
日本ブリーフセラピー協会 事務局員	木内 敬太
フィットテスト研究会産業部会 代表	吉川 徹
特定非営利活動法人日本人生哲学感情心理学会 キャリアコンサルタント更新講習運営委員	木内 敬太
特定非営利活動法人日本人生哲学感情心理学会 研究倫理審査委員会委員 委員長	木内 敬太
職業感染制御研究会 副理事長	吉川 徹

表 2-20 国際誌編集委員・査読者等(INDUSTRIAL HEALTH 誌を除く)

	雑誌名(学会・発行機関)	氏名
(1)	Journal of Electrostatics, Editorial Board	大澤 敦
(2)	Journal of Occupational Health, Associate Editor (The Japan Society for Occupational Health)	久保 智英
(3)	Environmental and Occupational Health Practice, Associate Editor (The Japan Society for Occupational Health)	久保 智英
(4)	Chronobiology International, Guest Editor (Taylor & Francis)	久保 智英
(5)	The Journal of Toxicological Sciences, Editorial board (The Japanese Society of Toxicology)	小林 健一
(6)	Fundamental Toxicological Sciences, Editorial board (The Japanese Society of Toxicology)	小林 健一
(7)	Journal of Reproduction and Development, Editorial board	小林 健一
(8)	The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine 編集委員.	松尾 知明
(9)	Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Member of Editorial Board (Sage Publishing Company)	高橋 幸雄
(10)	International Journal of Workplace Health Management, 編集委員(Emerald Group Publishing)	高橋 正也
(11)	IATSS Research, 編集委員・査読者(Elsevier)	高橋 正也
(12)	Scandinavian Journal of Work and Environmental Health, 編集委員(Nordic Association of Occupational Safety and Health)	高橋 正也
(13)	IATSS Research, 編集委員・査読者(Elsevier)	高橋 正也

表 2-21 国内誌編集委員等(労働安全衛生研究誌を除く)

	雑誌名,(学会・発行機関)	氏名
(1)	一般社団法人日本クレーン協会 クレーン誌編集委員会 委員長	山際 謙太
(2)	一般社団法人静電気学会 静電気学会誌編集委員会 委員	遠藤 雄大
(3)	中央労働災害防止協会 健康と安全編集委員会 委員	清水 尚憲
(4)	公益社団法人ボイラ・クレーン安全協会 jitsu・ten 実務&展望 編集委員会	山口 篤志
(5)	公益社団法人日本火災学会 火災誌編集小委員会 委員	八島 正明
(6)	安全工学誌 編集委員会 副委員長兼副幹事 (特定非営利活動法人安全工学会)	板垣 晴彦
(7)	新安全工学便覧改訂版編集委員会 委員 (特定非営利活動法人安全工学会)	板垣 晴彦
(8)	土木学会論文集 F6(安全問題) 担当編集者	大嶋 勝利 高橋 弘樹
(9)	一般社団法人日本人間工学会 編集委員会 委員	菅間 敦
(10)	日本経営工学会論文誌 エリアエディタ	菅間 敦
(11)	産業衛生学雑誌 編集委員(日本産業衛生学会)	久保 智英
(12)	日本行動医学会 編集委員	井澤 修平
(13)	日本健康心理学会 副編集委員長	井澤 修平
(14)	日本産業ストレス学会 編集委員	井澤 修平
(15)	日本ストレス学会 編集委員	井澤 修平
(16)	日本人間工学 編集委員(日本人間工学会)	岩切 一幸
(17)	体力科学 編集委員(日本体力医学会).	松尾 知明
(18)	肥満研究 編集委員(日本肥満学会).	松尾 知明
(19)	小児保健研究 編集委員(日本小児保健学会)	佐藤 ゆき
(20)	作業環境 編集委員(日本作業環境測定協会)	鷹屋 光俊
(21)	労働衛生工学 編集委員(日本労働衛生工学会)	鷹屋 光俊 小野真理子 中村 憲司
(22)	繊維状物質研究 編集委員(日本繊維状物質研究協会)	中村 憲司
(23)	エアロゾル研究 編集委員(日本エアロゾル学会)	山田 丸

	雑誌名, (学会・発行機関)	氏名
(24)	粘土科学 編集委員(日本粘土学会)	篠原也寸志
(25)	日本職業・災害医学会誌 編集委員(独立行政法人労働者健康安全機構)	上野 哲
(26)	電気学会誌 編集委員(電気学会)	山口さち子
(27)	スポーツ科学研究 編集委員(早稲田大学)	時澤 健
(28)	IATSS Review 編集委員・査読者(国際交通安全学会)	高橋 正也
(29)	睡眠医療 編集委員(株式会社ライフサイエンス)	高橋 正也
(30)	行動医学研究 編集委員(日本行動医学会)	高橋 正也
(31)	産業保健と看護 編集同人(メディカ出版)	吉川 徹
(32)	REBT 研究 編集委員会事務局長(日本人生哲学感情心理学会)	木内 敬太

表 2-22 職員が授与された表彰及び学位等(令和元年度)

	内 容	氏 名
(1)	電気安全部門学術発表会優秀論文賞. 韓国安全学会秋期講演会 2018. 2019 年 5 月.	崔 光石 遠藤 雄大 長田 裕生 鈴木 輝夫
(2)	平成 30 年度土木学会論文奨励賞, 2019 年 6 月.	平岡 伸隆
(3)	優秀講演賞. 第 20 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会. 2019 年 12 月.	齋藤 剛
(4)	SI2019 優秀講演賞. 2019 年 12 月 27 日.	北條理恵子 濱島 京子 梅崎 重夫 清水 尚憲
(5)	平成 31 年度日本火災学会賞. 2019 年 5 月.	八島 正明
(6)	Most downloaded articles. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Development of a mitigation system against hydrogen-air deflagrations in nuclear power plants. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol.60, pp. 9-16. 2019 年 9 月.	大塚 輝人 高梨 成次ほか
(7)	Asia Pacific Symposium on Safety 2019 Best Paper Award. Conductivity dependence on spray electrification, 2019 年 9 月.	遠藤 雄大
(8)	第 26 回日本行動医学会優秀演題賞. 爪に含まれるコルチゾールの妥当性の検証: 唾液・毛髪コルチゾールとの比較, 2019 年 12 月.	井澤 修平 菅谷 渚 小川奈美子 城月健太郎 野村 収作
(9)	ストレスチェックを活用した参加型職場環境改善の効果. 第 26 回日本産業精神保健学会優秀ポスター賞, 2019 年 8 月.	吉川 徹 吉川 悦子 湯浅 晶子 佐野 友美 竹内由利子
(10)	第 4 回日本産業衛生学会生涯教育委員会若手論文賞. Comparison of hemodynamic responses between normotensive and untreated hypertensive men under simulated long working hours, 2019 年 5 月	池田 大樹 劉 欣欣 小山 冬樹 脇坂 佳子 高橋 正也
(11)	リン酸化ヒストン H2AX を指標とした各種金属類の DNA 損傷性の検討およびリン酸化誘導を抑制する金属類に注目した変異原性に関する研究. 第 46 回日本毒性学会学術年会優秀研究発表賞	柏木裕呂樹 豊岡 達士 王 瑞生

内 容	氏 名
	甲田 茂樹
(12) 第 37 回 軽金属溶接協会 技術賞. アルミニウム合金およびマグネシウム合金のアーカ溶接における有害要素に関する検討, 2019 年 6 月.	小嶋 純
(13) 日本産業衛生学会 産業衛生技術部会奨励賞, 2019 年 5 月.	齊藤 宏之
(14) 日本生理人類学会論文奨励賞. Effect of visual orientation on mu suppression in children: a comparative EEG study with adults. 2019 年 6 月	西村 悠貴 ほか 3 名
(15) 日本生理人類学会第 79 回大会優秀発表賞. ヒト型図形の要素と配置が配色記憶の再認に与える影響, 2019 年 6 月.	赤間 章英 石橋 圭太 岩永 光一

4. インターネット等による調査・研究成果情報の発信

表 2-23 研究所刊行物の発行状況

刊行物名称	規格	発行部数	
(1) INDUSTRIAL HEALTH	Vol.57 No.3	A4, 122 頁	1,000
	Vol.57 No.4	A4, 152 頁	1,000
	Vol.57 No.5	A4, 98 頁	1,000
	Vol.57 No.6	A4, 110 頁	1,000
	Vol.58 No.1	A4, 88 頁	1,000
	Vol.58 No.2	A4, 107 頁	1,000
(2) 労働安全衛生研究	Vol. 12 No.2	A4, 47 頁	1,350
	Vol. 12 No.3	A4, 79 頁	1,350
	Vol. 13 No.1	A4, 91 頁	1,350
(3) 特別研究報告	JNIOSH-SRR-No.49(2019)	A4, 41 頁	500
(4) 安衛研ニュース	No.125~No.136	メール形式	21, 850
(5) 平成 30 年度年報		A4, 234 頁	1,150

表 2-24 テレビ・ラジオ放送による報道

発表先	氏 名
(1) NHK ラジオ第一放送 Nらじ特集「増加する高齢者の職場での事故 実態と改善策」(2019 年 8 月 29 日)	大西 明宏
(2) 日本テレビ「スッキリ」お天気コーナー「静電気対策について」(2019 年 12 月 5 日放送)	崔 光石
(3) 富山放送・報道ライブ BBT 内企画コーナー(静電気の起こる仕組みや対策および気を付けたいこと, 電話取材)(2019 年 12 月 13 日放送)	遠藤 雄大
(4) NHK ニュースウォッチ 9 「時間外メールに NO“つながらない権利”」(2019 年 10 月 8 日)	久保 智英
(5) NHK おはよう日本 「業務時間外のメール・睡眠の質が低下」(2019 年 10 月 9 日)	久保 智英
(6) NHK WORLD-JAPAN “Reality of Disconnecting from Work” (2019 年 10 月 11 日)	久保 智英
(7) NHK 未来スイッチ “「つながらない権利」を知ってほしい” (2019 年 12 月 15 日)	久保 智英
(8) NHK 総合テレビ「手の冷却による熱中症予防対策」への取材対応(2019 年 6 月 4 日)	時澤 健
(9) NHK おはよう日本「手のひら冷却による熱中症予防対策」への取材対応(2019 年 8 月 5 日)	時澤 健
(10) NHKBS プレミアム「偉人たちの健康診断」への取材対応(2019 年 9 月 13 日)	時澤 健

表 2-25 新聞・雑誌等による報道

発表先	氏 名
(1) 物流ニッポン「陸防災全国大会 特集・座談会 テールゲートリフタによる荷役作業の労働災害防止対策」(2019 年 11 月 5 日)	大西 明宏

(2) 情報機構「月刊 化学物質管理」労働安全衛生総合研究所における化学物質管理に関する研究活動の紹介(2019年5月28日)	島田 行恭
(3) 安全スタッフ(No.2330)「“見れば分かる”現場の危険 繰り返し災害を映像で伝える 安衛研 外国人向け”非言語”教材」	高木 元也
(4) 建通新聞「外国人の安全教育「非言語」教材で 労働安全衛生総合研究所」(2019年5月8日)	高木 元也
(5) 電気学会誌 研究所の紹介(2019年5月17日取材)	崔 光石
(6) リクルート Works(株式会社リクルート)インターバル制度 特集「巧みに休む」(2019年6月10日)	久保 智英
(7) AERA(朝日新聞出版) “業務以外はオフ つながらない権利”(2019年12月16日)	久保 智英
(8) 中日新聞「勤務時間以外はつながりません 公私の線引き、企業が「仕組みづくり」」(2020年2月24日)	久保 智英
(9) しんぶん赤旗「増える仕事での熱中症死亡 対策どうすれば」(2019年8月2日号)	齊藤 宏之
(10) 読売新聞「熱中症予防対策」への取材対応(2019年7月16日)	時澤 健

5. 講演会・一般公開等

1) 安全衛生技術講演会

労働安全衛生に関する研究所の研究成果を皆様に広く知っていただくことを目的として、安全衛生技術講演会「新たな時代の労働安全衛生」を東京(9月24日(火))と大阪(10月3日(木))の2ヶ所で開催した。講演は研究所研究員による4件と中村教授(関西大学)による特別講演1件であった(表2-26参照)。東京会場では200名、大阪会場では141名の参加者があった。アンケートを行ったところ、東京では参加者の83%、大阪では参加者の89%の方からご回答を頂いた。回答の約6割は企業等で安全衛生業務に従事されている方々であり、また約半数は製造業か建設業に従事されている方々であった。その評価は全員が「良かった」または「とても良かった」であり、好評であった。

表 2-26 安全衛生技術講演会プログラム

機械安全分野における雇入れ時教育の提案 ～ 安全学講義の経験から～ 機械システム安全研究グループ 上席研究員 濱島 京子
トンネル建設工事における労働安全衛生の課題と今後について 建設安全研究グループ 上席研究員 吉川 直孝
ICT 社会における働く人々の疲労と睡眠：“always-on work”の功罪 産業ストレス研究グループ 上席研究員 久保 智英
職業性腰痛の予防対策と今後の重量物規制について 産業疫学研究グループ 部長 岩切 一幸
【特別講演】 新たな時代の職場の安全 関西大学 社会安全学部 教授 中村 隆宏

開催日	開催地区・会場
令和元年 9月 24日	大田区産業プラザ PiO(東京都大田区)
令和元年 10月 3日	グランキューブ大阪(大阪府大阪市)



東京会場 講演の様子



大阪会場 講演の様子

2) 研究所の一般公開

(1) 清瀬施設

平成 31 年度の清瀬地区の研究所一般公開は、4 月 17 日(水)13 時から 17 時まで行われた。当日は近隣だけでなく遠方からもお越し頂き、458 名の多数のご来場をいただいた。

来場者アンケートの回答者数は 418 名であり、そのうち4段階による満足度評価に回答があった 339 名からの結果によると、「4(満足)」が 45.7%、「3」が 49.3%、「2」が 5.0%であり、「1(不満足)」が 0.0%であった。したがって、ほとんどの来場者には満足いただけたものと考えられる。公開では、所内 12 カ所の会場において、最近の研究成果の紹介、実験デモ及びポスター展示等を実施した。

表 2-27 研究所一般公開の概要(清瀬地区)

a 実験室等公開

公開内容	実験棟等	実験室等
(1) 玉掛け作業の盲点	材料・新技術実験棟	500t実験室
(2) 機械設備の安全対策	機械安全システム実験棟	大実験室
(3) 強風に対する足場の倒壊防止	共同研究実験棟	風洞実験室
(4) 脚立からの転落防止		VR 実験室
(5) 小さな模型で大きな世界を再現!	建設安全実験棟	遠心模型実験室
(6) 静電気の帯電・放電・着火実験	電気安全実験棟	高電圧安全実験室
(7) 粉体投入・充填時に発生する静電気放電		粉体帯電実験室
(8) ガス溶断作業における爆発・火災の危険性	配管等爆発実験施設	中規模爆発実験室

c 展示

展示内容	実験棟等	実験室等
(1) 火災・爆発発生の不安を少しでも減らすために!	本部棟	第2会議室
(2) 異常反応を考慮したリスクアセスメント等の支援方策		
(3) 静電気リスクアセスメント手法		
(4) 昔の労働安全衛生ポスターの展示		大講義室前ロビー

d 一般公開の様子



玉掛け作業の盲点



強風に対する足場の倒壊防止



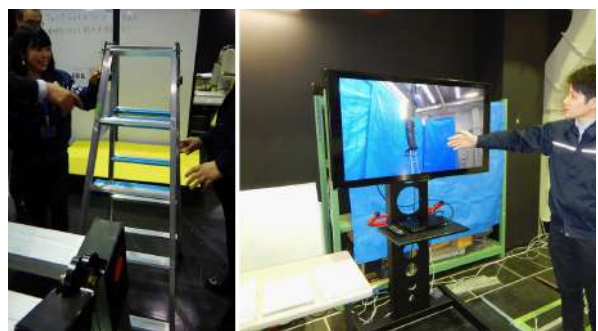
小さな模型で大きな世界を再現！



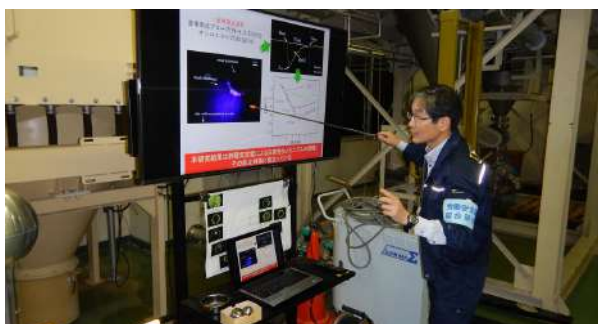
機械設備の安全対策



ガス溶断作業における爆発・火災の危険性



脚立からの転落防止



粉体投入・充填時に発生する静電気放電



静電気の帯電・放電・着火実験

(2) 登戸施設

登戸地区では、平成 31 年(2019 年)4 月 21 日(日)13:30～17:00 に研究所の一般公開を開催した。当日は天候にも恵まれ、127 名の方が来所した。公開内容は、講演 2 件、施設紹介・体験コーナー 7 件、ポスター展示 11 件であった。

アンケート(回答者数 101 名)の結果、全体の満足度は「満足」が 62.4%、「やや満足」が 17.8%と大半を占めており、各公開内容についての満足度についてもほぼ同様であった。

表 2-28 研究所一般公開の概要(登戸地区)

a 展示

展 示	実験棟等	会場
(1) 最近の調査・研究成果のポスター発表	管理棟	食堂

b 講演

演 題	実験棟等	実験室等
(1) 職場の音, 生活環境の音 ～音のあれこれ～	研究本館	2 階会議室
(2) 熱中症救急搬送データから分かる熱中症の発症状況		

c 実験室等公開

公開内容	実験棟等	実験室等
(1) 体力を測ってみよう!	管理棟	食堂
(2) 睡眠の不思議: 睡眠脳波を見てみよう		
(3) 電子顕微鏡によるホコリの観察人	研究本館	電子顕微鏡室
(4) DNA ってどんなもの? バナナから DNA を取り出そう!		2 階実験室
(5) 紫外線で見てみよう, 測ってみよう!		3 階共通機器室
(6) 『クロマトグラム』ってなあに?	音響振動実験施設	振動実験室
(7) あなたの身体は振動をどこで感じていますか?		

一般公開の様子



「職場の音, 生活環境の音～音のあれこれ～」



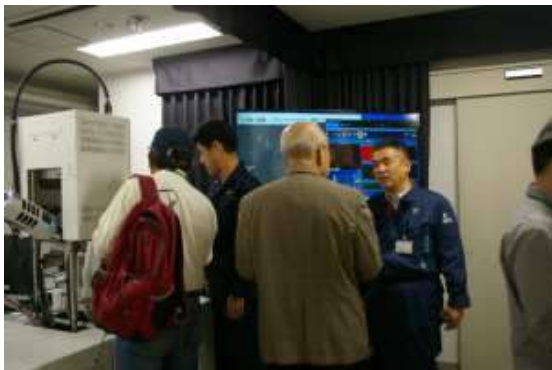
「熱中症救急搬送データから分かる熱中症の発症状況」



「体力を測ってみよう！」



「睡眠の不思議：睡眠脳波を見てみよう」



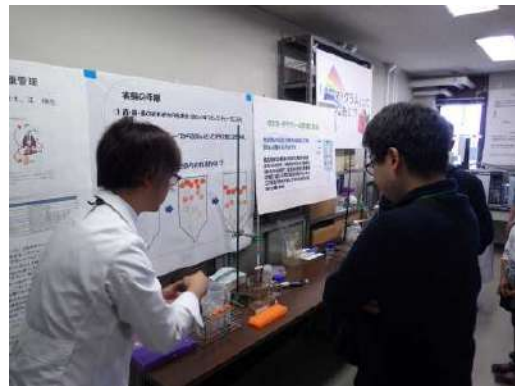
「電子顕微鏡によるホコリの観察」



「DNA ってどんなもの？ バナナから DNA を取り出そう！」



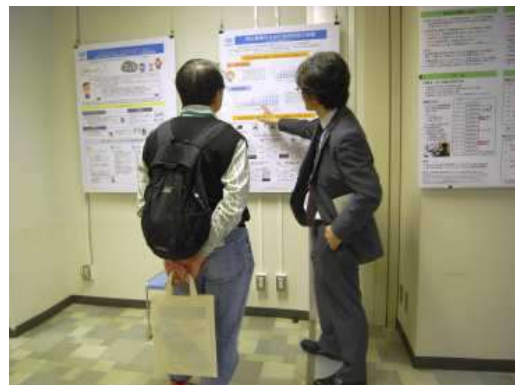
「紫外線で見よう、測ってみよう！」



「『クロマトグラム』ってなあに？」



「あなたの身体は振動をどこで感じていますか？」



ポスター展示

3) 研究所見学の受入状況

表 2-29 研究所見学の受入状況

	機関等の名称	受入内容	年月日
1)	一般社団法人 電気学会	施設見学	R1. 5. 17
2)	独立行政法人 労働政策研究・研修機構 労働大学校	施設見学・研修	R1. 6. 12
3)	独立行政法人 労働政策研究・研修機構 労働大学校 労働衛生専門官研修	施設見学・研修	R1. 6. 25
4)	警察庁 刑事局 捜査第一課	施設見学	R1. 7. 11
5)	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 計画課	施設見学	R1. 8. 6
6)	独立行政法人 労働者健康安全機構 本部職員	施設見学	R1. 8. 30
7)	川崎市立長尾小学校	施設見学・研修	R1. 10. 02
8)	独立行政法人 労働者健康安全機構 埼玉産業保健総合支援センター	施設見学・研修	R1. 10. 16
9)	独立行政法人 国際協力機構	施設見学・研修	R1. 10. 17
10)	Institute of Labor, Occupational Safety and Health, Ministry of Labor (台湾)	施設見学	R1. 10. 23
11)	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (カナダ)	施設見学	R1. 10. 28
12)	National Institute of Occupational Safety and Health, Malaysia (マレーシア)	施設見学	R1. 12. 09
13)	厚生労働省 若手職員	施設見学・研修	R1. 12. 19
14)	近畿管区警察本部刑事部科学捜査研究所	施設見学	R2. 1. 30

6. 知的財産の活用、特許

1) 登録特許等

表 2-30 登録特許(令和元年度登録特許0件)

(*本年度分)

発明の名称(特許番号)	発明者	実施件数
1) コロナ放電装置(特許第 3475244 号)	山隈瑞樹, 児玉勉	
2) ロボットの回転位置検出装置(特許第 3491048 号)	梅崎重夫, 小林茂信, 他機関 1 名	
3) 大気圧グロー放電発生器および除電器(特許第 3507897 号)	大澤敦	
4) 除電器 (特許第 3507898 号)	大澤敦	
5) 地耐力測定方法およびその装置(特許第 3525185 号)	玉手聡	
6) ロール機用安全装置(特許第 3540294 号)	梅崎重夫, 他機関 5 名	
7) ロール機のロール面清掃装置(特許第 3543118 号)	齋藤剛, 梅崎重夫, 池田博康	
8) ブランキングシステム(特許第 3603084 号)	梅崎重夫, 他機関 1 名	
9) 転倒防止手段を有する移動式クレーン(特許第 3616815 号)	玉手聡	
10) ノズル型除電器 (特許第 3686944 号)	山隈瑞樹, 児玉勉, 他機関 2 名	
11) 遠隔操作型粉塵除去装置(特許第 3769617 号)	小嶋純	
12) 赤外分光分析用試料ホルダー(特許第 3777426 号)	小嶋純	
13) 移動式クレーンにおける転倒防止方法及び転倒防止手段(特許第 3840516 号)	玉手聡	
14) 横吊りクランプ(特許第 3858095 号)	玉手聡	
15) 補強部材を用いた斜面補強の設計支援方法及びその装置	豊澤康男, 他機関 2 名	

発明の名称(特許番号)	発明者	実施件数
(特許第 3899412 号)		
16) タワークレーンの耐震支持装置(特許第 3940769 号)	前田豊, 高梨成次	
17) クレーンにおける電撃軽減方法およびその装置ならびに電撃軽減機能を備えたクレーン(特許第 3962812 号)	富田一	
18) 異種多重シール装置(特許第 3991090 号)	齋藤剛, 他機関 1 名	
19) 重機用接触衝撃吸収装置(特許第 4355843 号)	深谷潔, 他機関 1 名	
20) 斜面保護擁壁の施工及び擁壁築造ユニット(特許第 4385127 号)	伊藤和也, 豊澤康男	
21) 斜面保護擁壁の施工法(特許第 4423390 号)	豊澤康男, 伊藤和也	
22) 丸鋸システム(特許第 4552030 号)	梅崎重夫, 清水尚憲, 小林茂信	
23) 送風型除電電極構造及び送風型除電電極装置(特許第 4615029 号)	山隈瑞樹, 崔光石, 他機関 3 名	
24) 車椅子用転倒衝撃吸収装置(特許第 4769915 号)	深谷潔, 他機関 6 名	
25) 高電圧検出器(特許第 5058281 号)	富田一, 崔光石, 他機関 2 名	
26) 足場における足場用シーートの取り付け構造(特許第 5376554 号)	豊澤康男, 大嶋勝利, 高梨成次, 日野泰道, 高橋弘樹	
27) 電荷量測定装置(特許第 5474001 号)	崔光石, 他機関 2 名	
28) 安全装置(特許第 5747019 号)	大塚輝人, 他機関 1 名	
29) 静電気放電検出装置と, これを用いた静電気放電検出システム(特許第 5752732 号)	崔光石, 他機関 2 名	
30) 粉体の除電装置(特許第 5950963 号)	崔光石, 他機関 2 名	
31) 土砂遮断装置(特許第 6431239 号)	玉手 聡, 堀 智仁, 他機関 2 名	
32) 粉粒体の帯電装置(特許第 6351549 号)	崔光石, 他機関 2 名	

表 2-31 登録商標

(*本年度分)

商標の名称(登録番号)	備考
1) JNIOH(商標第 5231608 号)	* (更新)
2) JNIOH (第 1016166A 号, 指定国: 韓国)	* (更新)

2) 特許等出願

表 2-32 特許出願

(*本年度分)

発明の名称(出願番号)	発明者	実施件数
1) ロールボックスパレット作業用手袋一体型プロテクター(特願 2014-181893)	大西明宏, 他機関 1 名	1
2) 電界測定装置(特願 2017-148180)	崔光石, 他機関 1 名	
3) 土中水分水位検出装置、及び方法、及び土中水分水位モニタリングシステム(特願 2018-111967)	平岡伸隆, 他機関 6 名	
4) 静電気測定装置(特願 2018-193682)	崔光石, 他機関 6 名	
5) 安全管理支援システム、および制御プログラム(特願 2018 - 234794)	清水尚憲, 北條理恵子, 濱島京子, 他機関	
6) 昇降板用後付け柵(特願 2019-222397)	大西明宏, 山際謙太, 山口篤志, 他機関 3 名	1
7) 切羽面吹付用モルタル材料, 切羽面監視システム, 及びトンネル掘削方法(特願 2019-113651)	吉川直孝, 平岡伸隆, 他機関 5 名	*

発明の名称(出願番号)	発明者	実施件数
8) 除電機構とその除電機構を用いた接地確認装置 (特願 2019-175121)	崔光石, 他機関 2 名	*
9) 静電容量測定装置(特願 2019-222397)	崔光石, 他機関 2 名	*
10) イオン生成装置(特願 2019-227924)	崔光石, 他機関 2 名	*

表 2-33 意匠登録願

(*本年度分)

創作の名称(出願番号)	創作者	実施件数
1) 脚部保護用足カバー(意願 2019-22791)	大西明宏, 他機関 1 名	*1(新規)

3) TLO(ヒューマンサイエンス技術移転センター)へ特許業務を委託した発明

表 2-34 登録特許(TLO 特許業務委託分)

発明の名称(特許番号)	発明者	実施件数
1) Penetration-type pipe strain gauge (米国特許 US 7, 762, 143 B2)	玉手聡	1(継続中)
2) 貫入型パイプひずみ計(特許第 4942348 号)	玉手聡	
3) 貫入型パイプひずみ計(特許第 5071786 号)	玉手聡	
4) 貫入型パイプひずみ計(特許第 5500374 号)	玉手聡	

表 2-35 登録意匠(TLO 特許業務委託分)

創作の名称(登録番号)	創作者	実施件数
1) パイプひずみ計(意匠登録第 1272248 号)	玉手聡	1(継続中)
2) パイプひずみ計(意匠登録第 1273531 号)	玉手聡	1(継続中)
3) パイプひずみ計(意匠登録第 1414627 号)	玉手聡	
4) パイプひずみ計(意匠登録第 1414925 号)	玉手聡	

Ⅲ. 国内・国外の労働安全衛生関係機関等との協力の推進に関する資料

1. 交流会の概要

2020年1月10日に、産業医科大学産業生態科学研究所と研究所（JNIOOSH）の第24回研究交流会が北九州市の産業医科大学で行われた。本年度は第19回産医大（UOEH）－韓国カトリック大学（CMC）研究交流会との共同開催となり、すべて英語で会議は行われた。また、いずれの組織も労働衛生に関するWHO（世界保健機関）協力センター（WHO Collaborative Center: WHO-CC）であることから、WHO-CC地域交流会の位置づけとしても意見交換も行った。当日の発表演題、座長、講演者を表3-1に示した。UOEHからは約30名、韓国カトリック大学からは26名、研究所から3名が参加した。お互いの研究所活動と労働衛生に関する最先端研究情報の提供及び意見交換を行い、交流を深めた。

表 3-1 労働安全衛生総合研究所、産業医科大学産業生態科学研究所、
韓国カトリック大学との研究交流会概要

(19th Exchange Program-University of Occupational and Environmental Health, Japan and Catholic University of Korea)

(24th Collaboration Meeting-UOEN and JNIOOSH)

セッション/演題名	発表者
Opening Speech	Prof. Yasuo Morimoto (Director of IIES, UOEH, Japan) Prof. Jung-Wan Koo (Dean, Graduate School of Public Health, CUK) Prof. Toshiteru Okubo (Specially Appointed Senior Researcher, JNIOOSH, Japan, Former president of UOEN, Japan) Prof. Toshiaki Higashi (President, UOEH, Japan)
Session I	
Management of occupational respiratory diseases in Korea: historical review and current issues	Dr. Jongin Lee (Instructor, Department of Occupational and Environmental Medicine, Seoul St. Mary's Hospital, CUK)
Compensated overwork-related cerebrovascular cardiovascular diseases	Dr. Toru Yoshikawa (Senior Researcher, Research Center for Overwork-Related Disorders (JNIOOSH, Japan)
Usefulness of myeloperoxidase as a biomarker for the ranking of pulmonary toxicity of nanomaterials	Dr. Taisuke Tomonaga (Research Associate, (Department of Occupational Pneumology, IIES, UOEN, Japan)
Session II	
A web based prospective study on job – related events and depression	Dr. Yuki Nishimura (Researcher, Research Center for Overwork-Related Disorders, JNIOOSH, Japan)
The efficacy of pre-cooling using cooling vest with chiller in hot environment	Dr. Kahori Hashimoto (Resident, Department of Health Policy and Management, IIES, UOEN, Japan)
The health status of recyclable materials collector in Korea (1) Muscular pain	Dr. Joonh Ahn (Resident, Department of Occupational and Environmental Medicine, Seoul St. Mary's Hospital, CUK)
Session III	
Work engagement and long term sickness absence of mental health disorder. 4 years Cohort study	Dr. Manabu Jinde (Resident, Department of Occupational Health Practice Management IIES, UOEN, Japan)
The health status of recycle materials collector in Korea (1) Occupational injury & depression	Dr. Jaeyong Lee (Resident, Department of Occupational and Environmental Medicine, Seoul St. Mary's Hospital, CUK)
WHO-CC Activity Reports and Exchange Programme	Prof. Jung-Wang Koo (Center for Occupational and Environmental Medicine, Seoul St. Mary's Hospital, CUK)
	Dr. Toru Yoshikawa (JNIOOSH, Japan)
	Dr. Odrgerel Chimed-Ochir on behalf of Prof. Yasuo Morimoto (UOEN, Japan)

2. 研究振興のための国際学術誌の発行と配布

1) 「INDUSTRIAL HEALTH」誌の発行・配布

表 3-2 INDUSTRIAL HEALTH における論文の種類別投稿数の推移 (2012 年～2019 年)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
(1) Editorial	6	6	6	6	6	6	6	7
(2) Foreword	0	0	0	0	0	0	0	1
(3) Review article	13	9	17	18	13	12	22	25
(4) Original article	212	194	212	223	178	173	206	181
(5) Short comm.	9	18	12	5	11	17	18	11
(6) Case report	6	5	6	3	8	2	9	5
(7) Field report	11	9	11	8	11	14	12	7
(8) World report	0	0	0	0	0	0	0	0
(9) Country report	6	2	1	4	5	6	4	2
(10) Workshop report	0	0	0	0	0	0	0	0
(11) Research strategy	1	1	1	2	1	1	1	0
(12) Practical tool	0	0	0	0	0	0	0	0
(13) Technical report	0	0	0	0	0	0	0	0
(14) Letter to the Editor	1	1	1	0	3	0	2	0
合計	265	245	267	269	236	231	280	239

表 3-3 INDUSTRIAL HEALTH Vol. 57(2019) における論文の種類別及び号別の掲載数

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	総計
(1) Editorial	1	1	1	1	1	1	6
(2) Foreword	0	1	0	0	0	0	1
(3) Review article	1	9	2	3	1	2	18
(4) Original article	9	0	6	6	5	6	32
(5) Short comm.	0	0	2	1	2	1	6
(6) Case report	1	0	0	0	0	0	1
(7) Field report	1	0	0	0	2	0	3
(8) World report	0	0	0	0	0	0	0
(9) Country report	0	0	0	0	0	0	0
(10) Workshop report	0	0	0	0	0	0	0
(11) Research strategy	0	0	0	0	0	1	1
(12) Practical tool	0	0	0	0	0	0	0
(13) Technical report	0	0	0	0	0	0	0
(14) Letter to the Editor	0	0	0	0	0	0	0
小計	13	11	11	11	11	11	68

表 3-4 INDUSTRIAL HEALTH における論文の種類別の掲載数推移 (2010~2019 年)

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Volume	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57
Impact Factor	0.950	0.940	0.870	1.045	1.117	1.057	1.168	1.115	1.319	1.471
(1) Editorial	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
(2) Foreword	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
(3) Review article	3	2	4	4	5	4	2	7	3	18
(4) Original article	83	68	37	51	37	44	44	40	41	32
(5) Short comm.	4	8	6	6	7	2	3	4	6	6
(6) Case report	1	3	0	1	3	2	1	0	4	1
(7) Field report	8	9	5	2	7	4	8	4	3	3
(8) World report	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(9) Country report	1	1	10	0	0	4	4	2	5	0
(10) Workshop report	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(11) Research strategy	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
(12) Practical tool	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(13) Technical report	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
(14) Letter to the Editor	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0
小計	106	98	71	70	65	67	68	64	68	68

表 3-5 INDUSTRIAL HEALTH Vol. 57 (2019) における筆頭著者の所属地域ごとにみた論文掲載状況

	全論文		通常号論文		特集号論文	
	数	%	数	%	数	%
(1) 欧州	16	23.5	12	26.1	4	18.2
(2) 北米	7	10.3	3	6.5	4	18.2
(3) 中南米	2	2.9	0	0.0	2	9.1
(4) 中近東	2	2.9	2	4.3	0	0.0
(5) アジア	8	11.8	8	17.4	0	0.8
(6) オセアニア	8	11.8	7	15.2	1	4.5
(7) アフリカ	0	0.0	0	0.0	0	0.0
(8) 国内・所内	2	2.9	1	2.2	1	4.5
(9) 国内・所外	23	33.8	13	28.3	10	45.5
合計	68	100.0	46	100.0	22	100.0

3. 若手研究者等の育成

1) 大学との連携

表 3-6 連携大学院制度に基づく協定先一覧

協定先 [協定締結日]	客員教授等の氏名	
国立大学法人長岡技術科学大学[H16.9.15]	社会人教授	専門職大学院(システム安全系「国際規格と安全技術」,「産業システム安全設計」,「安全認証と安全診断」):梅崎 重夫
	連携准教授	専門職大学院(「国際規格と安全技術」,「産業システム安全設計」):池田 博康
日本大学[H16.12.8]	客員教授	電子情報工学科:梅崎 重夫
北里大学[H18.10.1]	客員教授	大学院医療系研究科:甲田 茂樹

協定先 [協定締結日]	客員教授等の氏名	
		客員教授
	客員准教授	大学院医療系研究科:高橋 正也
東京電機大学大学院 [H24.5.1]	客員教授	工学研究科「設備安全工学」:佐々木 哲也, 本田 尚, 山際 謙太
	客員准教授	工学研究科「設備安全工学」:山口 篤志
立命館大学大学院 [H28.3.28]		
国立大学法人大阪大学 大学院[H17.4.1]		
東京都市大学大学院 [H18.4.1]	大学院准教授	工学専攻:吉川 直孝
神奈川工科大学大学院 [H18.4.1]		
国立大学法人山口大学 [H30.10.1]		

表 3-7 非常勤講師等の実績(連携大学院制度によるものを除く)

名称(講義・実習)	担当研究員
1) 東邦大学(非常勤講師, 大学院理学研究科機能生物学特論)	小林 健一
2) 順天堂大学(非常勤講師, 医療看護学部保健学概論)	小林 健一
3) 武蔵野大学(非常勤講師, 生理実験演習 1・2)	岩切 一幸
4) 武蔵野大学大学院(非常勤講師, 生理心理学研究法)	岩切 一幸
5) 東北大学(非常勤講師, 大学院医学系研究科東北メディカル・メガバンク機構)	佐藤 ゆき
6) 北里大学(非常勤講師, 医療衛生学部 健康科学科)	小嶋 純
7) 北里大学(非常勤講師, 医療衛生学部健康科学科分析化学 I)	小野真理子
8) 産業医科大学(非常勤講師, 産業医学基本講座:有機溶剤職場)	小野真理子
9) 東京大学(非常勤講師, 工学部都市工学)	上野 哲
10) 神奈川大学(非常勤講師, 工学部経営工学科 労働安全衛生)	齊藤 宏之
11) 早稲田大学(非常勤講師, 環境生理学)	時澤 健
12) 東京大学大学院医学系研究科(非常勤講師, 公共健康医学専攻)	高橋 正也
13) 産業医科大学(非常勤講師, 医学部 4 学年公衆衛生学)	吉川 徹
14) 東京女子大学(非常勤講師, コミュニケーション研究法実習(質問紙調査) I)	菅 知絵美
15) 東京女子大学(非常勤講師, コミュニケーション研究法実習(質問紙調査) II)	菅 知絵美
16) 東京女子大学(非常勤講師, 文化心理学(文化と認知))	菅 知絵美
17) 千葉工業大学(非常勤講師, 人間工学概論)	茂木 伸之
18) 東京大学(非常勤講師, 医学研究科公共健康医学)	甲田 茂樹
19) 産業医科大学 産業医学基本講座 名誉教授	大久保利晃
20) 産業医科大学(講師, 産業医学基本講座(東京会場))	吉川 徹
21) 人間総合科学大学(助教, 心身健康科学科)	木内 敬太
22) 順天堂大学(非常勤助教, 組織開発実習)	岩浅 巧
23) 東洋学園大学(非常勤講師, スポーツマーケティング論, スポーツ文化論)	岩浅 巧
24) 小田原短期大学(非常勤講師, 情報処理論)	岩浅 巧
25) 横浜市医師会聖灯看護専門学校(非常勤講師, 医療情報科学)	岩浅 巧
26) 鹿屋体育大学大学院(特別講義)	松尾 知明
27) 防衛医科大学校・医学部(第4学年公衆衛生学実習)	齊藤 宏之
28) 労働大学校(労働衛生専門官研修)	齊藤 宏之
29) 自治医科大学医学部環境予防医学講座, 健康に働くための睡眠.	高橋 正也

名称(講義・実習)	担当研究員
30) 東京大学医学部医学科 M3 公衆衛生学実習(精神保健学分野), 睡眠のセルフケア研修に向けて.	高橋 正也
31) 慶應義塾大学総合政策学部 2019 年度秋学期「産業保健心理学」, 過労死・過労自殺.	高橋 正也
32) 東京大学・SPHコース(参加型職場環境改善の演習)	吉川 徹
33) 独立行政法人労働政策研究・研修機構(労働基準専門研修(安全衛生業務基礎))	甲田 茂樹
34) 獨協医科大学(産業医学講習会)	甲田 茂樹
35) 青山学院大学大学院理工学研究科(非常勤講師, リスクベース安全工学)	佐々木哲也 島田 行恭 齋藤 剛 吉川 直孝 濱島 京子
36) 明治大学理工学部(非常勤講師, 安全学概論)	濱島 京子
37) 西埼玉中央病院附属看護学校(人間工学)	高橋 明子
38) 職業能力開発総合大学校機械専攻科 2 年インターンシップ(8 月 22 日-9 月 4 日)	清水 尚憲 北條理恵子
39) 長岡技術科学大学(2019 年 5 月 27-28 日)国内実務訓練-実習	北條理恵子 濱島 京子 清水 尚憲 池田 博康
40) 長岡技術科学大学(2019 年 5 月 27 日)国内実務訓練-講義 「静電気安全の基礎知識」 「墜落防止措置の充実と安全性」 「産業現場に活かせる「行動分析学」という学問」	遠藤 雄大 高橋 弘樹 北條理恵子
41) 立命館大学(2019 年 7 月 31 日, 8 月 7 日)研修	堀 智仁 玉手 聡
42) ソウル科学技術大学校大学院(2019 年 6 月 22 日)特別講演「静電気に起因する可燃性物質の爆発・火災と災害調査時の留意点」	崔 光石
43) 上海大学機械電気自動化学部(2019 年 12 月 23 日)特別講演「データマイニングを用いた労働災害原因分析」	呂 健
44) 浙江大学制御科学とエンジニアリング学部(2019 年 12 月 24 日)特別講演「データマイニングを用いた労働災害原因分析」	呂 健

2) 若手研究者等の受入れ

表 3-8 大学等からの実習生・研修生の受入と指導実績

研究テーマ	実習生の数(所属機関)	担当研究員
1) 風荷重に対する足場等の安全性に関する研究	3 名 東京理科大学	大幢 勝利 高橋 弘樹
2) 足場等の円柱形の部材に風が作用した際の動的風荷重の特性検討	3 名 東京理科大学	大幢 勝利 高橋 弘樹
3) 有限要素法と実験力学のハイブリッド化に関する研究	1 名 東京電機大学	山口 篤志 山際 謙太
4) ディープラーニングの活用による破断面の自動分類	2 名 東京電機大学	山口 篤志 山際 謙太
5) 高機能安全装置の開発に関する研究	2 名 日本大学	清水 尚憲 北條理恵子

研究テーマ	実習生の数(所属機関)	担当研究員
6) 長期的にみた建設業の労働災害減少要因の分析と今後の労働災害防止方策の提案	1名 芝浦工業大学	高木 元也
7) 落盤・崩壊災害の防止に関する研究	1名 東京都市大学	吉川 直孝
8) 自然地山の掘削勾配と斜面安定性の検討	1名 東京都市大学	平岡 伸隆
9) 建設工事の ICT 化と労働安全に関する調査研究	1名 立命館大学	堀 智仁 玉手 聡
10) 硝酸ゲアニジンの劣化による分解特性に関する研究	1名 横浜国立大学	佐藤 嘉彦
11) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	1名 東京大学	崔 光石
12) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	1名 広島大学	崔 光石
13) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	1名 オタワ大学	崔 光石
14) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	1名 韓国雇用労働府	崔 光石
15) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	1名 テンパール工業株式会社	崔 光石
16) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	3名 旭サナック株式会社	崔 光石
17) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	5名 春日電機株式会社	崔 光石
18) PTFE 製 2 流体ノズルからの液体噴霧帯電量測定	1名 東邦化成	遠藤 雄大
19) 不導体間で発生する静電気放電の着火性評価	2名 住友化学	遠藤 雄大 崔 光石
20) テフロンチューブ等に有機溶剤を流した際に発生する静電気量の計測に関する手法	2名 富士フィルム	遠藤 雄大
21) 産業化学物質の生体影響評価について	1名 北里大学	王 瑞生 豊岡 達士

3) 行政・労働安全衛生機関等への支援

表 3-9 行政・労働安全衛生機関等への支援実績

講演の名称	担当研究員
1) 厚生労働省主催 (テクノヒル受託) 職場における化学物質管理に関する講習会 「危険性に対するリスクアセスメント手法・ツール」(10月15日, 東京), (10月17日, 大阪), (10月23日, 札幌), (10月31日, 福岡), (11月7日, 長野), (11月11日, 仙台), (11月28日, 名古屋) (12月6日, 広島), (12月12日, 横浜), (12月19日, 那覇), (1月16日, 神戸), (1月20日, 東京), (2月19日, 横浜)	島田 行恭
2) 経済産業省北海道産業保安監督部 令和元年度鉱山保安指導 (7月25日, 10月28日)	高木 元也
3) 国土交通省神通川水系砂防事務所, 令和元年度神通川水系砂防事務所工事安全施工管理研究発表会講演「建設現場で繰り返し発生する労働災害の防止とヒューマンエラー」(2月13日)	高木 元也
4) 埼玉県産業保健総合支援センター 産業医研修 化学物質の危険性・有害性に対するリスクアセスメント (10月16日)	島田 行恭
5) 島根県建設技術センター 平成31年度第3回土木技術講習会『事故防止への取り組み』(5月30日)	高木 元也
6) 労働大学校 産業安全専門官研修「防爆機器の最近の動き」(6月12日)	大塚 輝人
7) 労働大学校 安全衛生専門研修「人間の心理特性と労働災害の防止」(6月12日)	高橋 明子
8) 労働大学校 安全衛生専門研修「爆発火災の防止対策」(11月11日)	八島 正明
9) 労働大学校 産業安全専門官研修「爆発・火災の防止対策」(6月10日)	八島 正明
10) 労働大学校 産業安全専門官研修「機械要素の破損および劣化」(6月12日)	山口 篤志

	講演の名称	担当研究員
11)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 ヒューマンエラー防止に関する講演会 (5月27日), (7月30日)	高木 元也
12)	台湾労働安全衛生研究所 (ILOSH) への講義「Recent Trend of Construction Safety in Japan」	大幢 勝利
13)	中央労働災害防止協会 職長安全衛生責任者教育, 研修 リスクアセスメントに活用可能な「行動分析学」-人の行動における法則性	北條理恵子
14)	スーパーマーケット・トレードショー (中央労働災害防止協会参加) 働く人に安心・安全で快適な店舗環境づくりセミナー「小売業の労働災害を防止しよう」(2月12日)	高木 元也
15)	中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター 産業用ロボット特別教育インストラクターコース実技研修(5月9日)	池田 博康
16)	中央労働災害防止協会 平成31年度化学物質リスクアセスメント専門研修(爆発・火災防止)(2コマ)「独立防衛階層に基づく安全設計」「化学プラントのリスクアセスメント」 (9月5日)	島田 行恭
17)	中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター 静電気安全対策コース「静電気災害・障害の実例と対策」(9月25日)	崔 光石
18)	中央労働災害防止協会 「フルハーネス型墜落制止用器具使用特別教育インストラクターコース」(4月23日, 5月23日, 6月20日, 7月17日, 9月5日, 2月10日, 2月13日)	日野 泰道
19)	中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター 足場の組立て解体等特別教育インストラクターコース「労働災害防止に関する知識(RAの基本を含む)」(4月, 7月, 9月, 12月)	大幢 勝利
20)	中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター 安全管理後期コース「墜落災害の防止」 (6月)	大幢 勝利
21)	中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター 2019年度安全衛生専門講座 第33回静電気安全対策コース(中災防)「静電気帯電防止用品の選定と使用法(研究所訪問)」, (1コマ, 静電気帯電防止用品の基礎に関する講演および静電気実験の実演)(9月25日)	遠藤 雄大
22)	中央労働災害防止協会 平成31年度安全・衛生管理士研修会「安全性評価手法(HAZOP, FTA, FMEAなど)の比較と利用」(4月10日)	島田 行恭
23)	中央労働災害防止協会安全衛生教育センター 安全管理講座安全管理後期コース「電気災害の防止」(6月4日)	三浦 崇
24)	中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター RST 講座の担当講師の研修会 (7月19日)	北條理恵子
25)	中央労働災害防止協会 安全・衛生管理士研修会 リスクアセスメントに活用可能な「行動分析学」-人の行動における法則性(4月11日)	北條理恵子
26)	中央労働災害防止協会 化学物質リスクアセスメント専門研修(爆発・火災防止), (静電気リスクアセスメント)	大澤 敦
27)	中央労働災害防止協会安全衛生教育センター 「爆発災害の防止」(6月5日)	大塚 輝人
28)	中央労働災害防止協会大阪労働衛生総合センター 2019年度第2回事例に学ぶ健康づくりセミナー～転倒災害防止～ 「調査研究による知見から転倒災害を考える」(11月19日)	大西 明宏
29)	公益財団法人大阪府危険物安全協会, 令和元年度安全研修会, 静電気に起因する可燃性物質の爆発・火災とその防止対策(2020年2月13日)	崔 光石
30)	一般財団法人全国建設研修センター 平成31年度研修「若手建設技術者のための施工技術の基礎」, 安全衛生管理・1	大幢 勝利
31)	一般社団法人日本ボイラ協会千葉支部 2019年度千葉支部ボイラー大会(機能安全技術の活用による機械設備の安全化の考え方)(11月8日)	池田 博康
32)	一般社団法人仮設工業会 厚生労働大臣が定める計画参画者研修会「仮設構造物に関する知識」(7月11日, 9月13日)	高橋 弘樹

	講演の名称	担当研究員
33)	一般社団法人仮設工業会 計画作成参画者の厚生労働大臣が定める研修「仮設構造物に関する知識」名古屋	大幡 勝利
34)	一般社団法人仮設工業会 「厚生労働大臣が定める計画作成参画者研修」(8月30日, 横浜会場), (10月11日, 大阪会場)	日野 泰道
35)	一般社団法人春日部労働基準協会 通常総会 特別講演「スリーステップメソッド 考えはじめるの1歩」(5月29日)	濱島 京子
36)	一般社団法人日本マグネシウム協会, 切削分科会(8月29日)	八島 正明
37)	一般社団法人日本マグネシウム協会, 第18回切削分科会例会, マグネシウムの爆発・火災の安全対策について講演(9月20日)	八島 正明
38)	一般社団法人日本粉体工業技術協会, 安衛研共催 粉じん・火災安全研修(初級)(9月10日)	八島 正明
39)	一般社団法人静電気学会講習会 静電気障災害の実例と対策 「粉体輸送設備のサイロ内で発生する静電気帯電・放電現象」(11月12日)	崔 光石
40)	公益社団法人神奈川労働安全衛生協会, 令和元年度 第1回火災爆発災害防止講習会「化学物質のリスク管理の考え方とリスクアセスメント実施支援ツールの解説」(2020年2月19日)	島田 行恭 佐藤 嘉彦
41)	公益社団法人東京労働基準協会連合会 令和元年安全教育研究会 「多発する転倒災害にどう取り組むか〜その実態と防止対策〜」(6月25日)	大西 明宏
42)	公益社団法人全日本トラック協会 第13回労働安全・衛生委員会 講演 「トラック荷台からの転落災害の特徴と対策」(2月6日)	大西 明宏
43)	公益社団法人産業安全技術協会 令和元年安全教育研究会 「多発する転倒災害にどう取り組むか〜その実態と防止対策〜」(6月19日)	大西 明宏
44)	公益社団法人神奈川県労働安全衛生協会厚木支部 荷役作業中の労働災害防止研修会「ロールボックスパレット(カゴ車)・テールゲートリフターに起因する災害の特徴と主な対策」(10月28日)	大西 明宏
45)	特定非営利活動法人安全工学会 第40回安全工学セミナー「粉じん爆発危険物質」(9月6日)	八島 正明
46)	ダイセル新井工場 静電気技術交流会(静電気安全のポイント, 静電気安全対策に必要なポイントに関する講演)(2019年10月25日)	遠藤 雄大
47)	クミアイ化学工業静岡工場 静電気事故防止講演会(静電気安全の基礎, 静電気安全対策に必要な基礎知識に関する講演および静電気実験の実演)(10月7日)	遠藤 雄大
48)	クミアイ化学「2019年安全衛生会議」講演「静電気安全の基礎」(6月27日)	遠藤 雄大
49)	アサヒビール株式会社 2019年アサヒビール安全大会特別講演 「転倒災害対策について」(10月23日)	大西 明宏
50)	ビール酒造組合 安全衛生セミナー「転倒災害対策について」(6月11日)	大西 明宏
51)	ビール酒造組合 安全衛生セミナー「脚立からの転落災害防止について」(6月11日)	菅間 敦
52)	ダイキン工業株式会社 作業安全講習会「脚立作業を安全に行うためには？」	菅間 敦
53)	前澤工業株式会社 埼玉製造所 令和元年度第20回安全衛生大会 講演「スリーステップメソッド 考えはじめるの1歩」(9月13日)	濱島 京子
54)	特定非営利活動法人安全工学会 第41回安全工学セミナー, プラント安全設計(11月14日)	島田 行恭
55)	日本橋梁株式会社工事安全衛生協会勉強会 ハーネス型安全帯使用について	大幡 勝利
56)	粉体工業展大阪 2019 粉じん爆発情報セミナー「先端作業における粉じん爆発危険性と安全対策」(10月16日)	八島 正明
57)	公益社団法人 東京労働基準協会連合会, 講演とDVD 映写による労働衛生教育研究会「職場環境改善を通じて行うストレス対策〜ストレスチェックの有効活用時事例〜」	佐々木 毅

	講演の名称	担当研究員
58)	公益社団法人 産業安全技術協会, 講演と DVD 映写による労働衛生教育研究会「職場環境改善を通じて行うストレス対策～ストレスチェックの有効活用時事例～」	佐々木 毅
59)	神奈川メンタルヘルス対策推進連絡会議, 事業場におけるメンタルヘルス対策セミナー「メンタルヘルス対策における『不眠スコア』の活用」	佐々木 毅
60)	滋賀県産業医学講習会「睡眠・疲労の問診からうつ病等の重症化の防止・早期発見を図る手法の研究・開発・普及」	佐々木 毅
61)	中央労働災害防止協会「睡眠負債を溜めないための働く人々の疲労対策」2019 年度「心とからだの健康づくり指導者等のための実務向上研修」研修での講義(大阪)	久保 智英
62)	神奈川県庁「より良く働くための休み方マネージメント:巧みに休む工夫とは」2019 年度「働き方改革企業担当者交流会」での講師(横浜)	久保 智英
63)	中央労働災害防止協会「睡眠負債を溜めないための働く人々の疲労対策」2019 年度「心とからだの健康づくり指導者等のための実務向上研修」研修での講義(仙台), (富山)	久保 智英
64)	日本製鉄「働き方改革:仕事のオンとオフの切り替えの重要性」2019 年度「こころの健康講演会」研修での講義(東京)	久保 智英
65)	富士通(株)「睡眠科学から考えるオンとオフのメリハリの重要性」, 社員向けのメンタルヘルスセミナーとしてシステム・エンジニア向けに睡眠の講義(大崎)	久保 智英
66)	富士通(株)「睡眠科学から考えるオンとオフのメリハリの重要性」, 社員向けのメンタルヘルスセミナーとしてシステム・エンジニア向けに睡眠の講義(品川)	久保 智英
67)	厚生労働省「企業経営の改善と従業員の健康確保に必要な休息・睡眠」勤務間インターバル制度導入促進シンポジウムでの講演(名古屋)	久保 智英
68)	厚生労働省「企業経営の改善と従業員の健康確保に必要な休息・睡眠」勤務間インターバル制度導入促進シンポジウムでの講演(福岡)	久保 智英
69)	労働大学校 労働衛生専門官研修「社会福祉施設における腰痛予防の取組」	岩切 一幸
70)	東京安全衛生教育センター(令和元年 7 月 24 日)腰痛予防労働衛生教育インストラクターコース(総合)「作業管理・作業環境管理及び業務上腰痛の発生状況と改善事例」	岩切 一幸
71)	大田労働基準監督署安全衛生課(令和元年 8 月 30 日) 航空業労務・安全衛生連絡会議「航空業客室乗務員に係る腰痛災害防止対策について」	岩切 一幸
72)	労働大学校 安全衛生専門研修「腰痛防止対策」	岩切 一幸
73)	東京安全衛生教育センター 腰痛予防労働衛生教育インストラクターコース(福祉・医療分野)「作業管理」「作業標準」	岩切 一幸
74)	横浜駅ウェルネスセンター健康経営セミナー「体力科学の視点から健康経営を考える:労働安全衛生総合研究所の取り組み」	松尾 知明
75)	公益財団法人宮城県栄養士会, 令和元年度生涯教育研修会, (疫学研究に関する講演)	佐藤 ゆき
76)	中央労働災害防止協会 東京安全衛生教育センター 第 15 回, 第 16 回 振動工具取扱い作業安全衛生教育インストラクターコース「振動障害の予防に関する知識」講義	柴田 延幸
77)	中央労働災害防止協会 東京安全衛生教育センター 第 15 回, 第 16 回 振動工具取扱い作業安全衛生教育インストラクターコース「振動の測定と評価と影響評価」講義	柴田 延幸
78)	中央労働災害防止協会 東京安全衛生教育センター 第 15 回, 第 16 回 振動工具取扱い作業安全衛生教育インストラクターコース「振動測定実習」	柴田 延幸
79)	中央労働災害防止協会 大阪安全衛生教育センター 第 20 回, 第 21 回 振動工具取扱い作業安全衛生教育インストラクターコース「振動の測定と評価と影響評価」講義	柴田 延幸
80)	中央労働災害防止協会 大阪安全衛生教育センター 第 20 回, 第 21 回 振動工具取扱い作業安全衛生教育インストラクターコース「振動測定実習」	柴田 延幸
81)	公益社団法人日本作業環境測定協会 オキュペイショナルハイジニスト養成講座」講師「4-3 振動リスクの管理」	柴田 延幸
82)	独立行政法人労働政策研究・研修機構 労働大学校 労働衛生専門官研修「挨拶・概要説明」	外山みどり

	講演の名称	担当研究員
83)	埼玉産業保健推進支援センター「第1回産業件セミナー」、事業場における熱中症対策.	齊藤 宏之
84)	厚生労働省「平成 31 年度 職場における熱中症予防に関する講習会」、熱中症が発生する原理と有効な対策。(東京, 福岡, 札幌, 広島, 大阪, 仙台, 名古屋)	齊藤 宏之
85)	埼玉産業保健推進支援センター「第6回産業保健セミナー」、オフィスの温湿度問題を考える.	齊藤 宏之
86)	公益社団法人日本作業環境測定協会 オキュペイショナルハイジニスト養成講座「温熱のリスク管理」	齊藤 宏之
87)	一般社団法人 電気学会「電磁界の健康リスク分析の動向」講習会「静磁界の健康リスクに関わる研究動向」	山口さち子
88)	社団法人日本磁気共鳴医学会 基礎講座「MRの安全性」	山口さち子
89)	公益社団法人日本作業環境測定協会 認定オキュペイショナルハイジニスト養成講座「非電離放射線のリスク管理」	山口さち子
90)	第92回日本産業衛生学会ランチョンセミナー「集団分析を活用した職場改善の取り組み」	吉川 徹
91)	中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター(衛生工学衛生管理者コース職業性疾病の管理に関する知識)	甲田 茂樹
92)	中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター(腰痛予防労働衛生管理インストラクターコース・福祉・医療分野)	甲田 茂樹

4) 海外協力

表 3-10 海外協力実績

	名称 (内容)	受入人数
1)	韓国経団連への調査協力	2名
2)	JICA 課題別研修	8名
3)	台湾 ILOSH との研究情報交換	3名
4)	カナダ IRSST との研究情報交換	2名
5)	中国上海市疾病管理センター (CDC) との意見交換	1名
6)	マレーシア NIOSH との研究協力打ち合わせ	7名
7)	客員研究員の受け入れ(中国上海市肺科医院 張静波医師)	1名

4. 研究協力

表 3-11 研究協力協定の締結状況(～令和元年度)

協定先	国	協定締結	令和元年度の主な活動
米国国立労働安全衛生研究所(NIOSH)	米国	2001年(平成13年)6月制定 2006年(平成18年)6月更新 2013年(平成25年)10月更新 2019年(令和元年)5月更新	・研究協力を推進するため、締結した研究協力協定を更新することに合意した(令和元年5月1日)。
国立釜慶大学	韓国	2001年(平成13年)8月制定 2008年(平成20年)3月更新 2015年(平成27年)3月更新 2018年(平成30年)9月更新	・特になし
英国安全衛生研究所(HSL)	英国	2001年(平成13年)11月制定 2004年(平成16年)11月更新	・特になし

協定先	国	協定締結	令和元年度の主な活動
韓国産業安全衛生公団労働安全衛生研究院 (OSHRI)	韓国	2001年(平成13年)11月制定 2006年(平成18年)11月更新 2012年(平成24年)4月更新 2015年(平成27年)3月更新 2018年(平成30年)4月更新	・特になし
フランス国立安全研究所 (INRS)	フランス	2002年(平成14年)4月 2018年(平成30年)6月	・特になし
国立ソウル科学技術大学	韓国	2002年(平成14年)9月制定	・研究協力を推進するため、締結した協定を再締結することに合意した(令和元年6月21日)。 ・研究協力協定に基づき崔首席研究員により特別講演や意見交換が行われた(令和元年6月21日)。
中国海洋大学	中国	2003年(平成15年)9月制定 2006年(平成18年)9月制定	・特になし
国立忠北大学	韓国	2008年(平成20年)3月制定 2011年(平成23年)3月更新 2015年(平成27年)3月更新 2018年(平成30年)7月更新	・特になし
ローベル・ソウベ労働安全衛生研究所(IRSST)	カナダ	2009年(平成21年)2月制定 2015年(平成27年)7月更新 2018年(平成30年)7月更新	・Blaise Labrecque 部長と Bertrand Galy 博士が来所し、当研究所にて行った土砂崩壊の実大規模実験に参加した(令和元年10月28日～11月1日)。 ・研究協力協定に基づき Blaise Labrecque 部長より特別講演や意見交換が行われた(令和元年11月1日)。
オークランド大学地震工学研究センター	ニュージーランド	2015年(平成27年)10月制定 2018年(平成30年)10月制定	・特になし
マレーシア労働安全衛生研究所	マレーシア	2016年(平成28年)3月制定 2018年(平成30年)11月制定	・マレーシア NIOSH から6名が当研究所を訪問し施設見学・情報交換を行い、今後の研究協力における方向性や協力体制について検討を行った(令和元年12月9日～12月17日)。 ・研究員情報交換会にてマレーシア NIOSH の Ayop Bin Salleh 常任理事により特別講演や意見交換が行われた(令和元年12月9日)。
安全生産科学研究院	中国	2016年(平成28年)2月制定	・研究協力を推進するため、締結した研究協力協定の継続について意見交換を行った(令和元年11月28日)。
韓国安全学会	韓国	2018年(平成30年)10月制定	・特になし
ドイツ ヴュルツブルク・シュヴァインフルト応用科学大学	ドイツ	2019年(令和元年)9月締結	・研究協力を実施するため研究協力協定を締結した(令和元年9月24日)。

労働安全衛生総合研究所年報

令和元年度版

発行日 令和3年 1月 22日 発行

発行所 独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
〒204-0024 東京都清瀬市梅園1-4-6

電話 042-491-4512(代表)

FAX 042-491-7846

ホームページ <https://www.jniosh.johas.go.jp/>

Annual Report
of
National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

2019



NATIONAL INSTITUTE OF
OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH
1-4-6, Umezono, Kiyose, Tokyo 204-0024, JAPAN