

# 労働安全衛生総合研究所年報

Annual Report

of

National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

2020

令和2年度



# 目次

## 本編

I.	令和2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.....	3
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・一般公開.....	3
2)	民間機関等との共催.....	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.....	3
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.....	4
3)	若手研究者等の受入れ.....	4
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強化.....	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.....	6
3)	職員の人事・給与制度.....	6

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 .....	14
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2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 .....	23
1.	研究課題一覧 .....	23
2.	協働研究成果概要 .....	27
3.	プロジェクト研究成果概要 .....	43
4.	基盤的研究成果概要 .....	110
II.	調査研究成果の普及・活用に関する資料 .....	157
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 .....	157
2.	研究調査の成果一覧 .....	163
1)	刊行物・出版物 .....	163
2)	学会・研究会における発表・講演 .....	177
3.	学会活動等 .....	190
4.	インターネット等による調査・研究成果情報の発信 .....	198

5.	講演会・一般公開等.....	199
1)	安全衛生技術講演会・研究所の一般公開.....	199
2)	研究所見学の受入状況.....	201
6.	知的財産の活用、特許.....	201
1)	登録特許等.....	201
2)	特許等出願.....	202
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.....	204
1.	労働衛生に関するWHO 協力センター(WHO-CC)交流会の概要.....	204
2.	研究振興のための国際学術誌の発行と配布.....	204
1)	「INDUSTRIAL HEALTH」誌の発行・配布.....	204
3.	若手研究者等の育成.....	206
1)	大学との連携.....	206
2)	若手研究者等の受入れ.....	207
3)	行政・労働安全衛生機関等への支援.....	207
4)	海外協力.....	209
4.	研究協力.....	210

## 附属表一覧

表 1-1	協働研究課題(3課題).....	23
表 1-2	プロジェクト研究課題(12課題).....	23
表 1-3	基盤的研究課題(32課題).....	23
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21課題).....	24
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5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.....	157
表 2-2	国際機関に設置された委員会等への出席.....	161
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.....	161
表 2-4	原著論文として国際誌(英文等)に公表された成果.....	163
表 2-5	原著論文として国内誌(和文)に公表された成果.....	167
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.....	168
表 2-7	査読付き報告等として学会誌等に公表された成果.....	168
表 2-8	査読なし総説論文又は解説等として公表された成果.....	168
表 2-9	著書又は単行本として公表された成果.....	174
表 2-10	研究調査報告書一覧(競争的資金及び委員会等).....	174
表 2-11	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).....	175
表 2-12	研究所出版物として公表された成果.....	176
表 2-13	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).....	177
表 2-14	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).....	179
表 2-15	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).....	181
表 2-16	国際学会の活動への協力.....	190
表 2-17	国内学会の活動への協力.....	190
表 2-18	国際誌編集委員等(INDUSTRIAL HEALTH誌を除く).....	196
表 2-19	国内誌編集委員等(労働安全衛生研究誌を除く).....	197
表 2-20	職員が授与された表彰及び学位等(令和元年度).....	198
表 2-21	研究所刊行物の発行状況.....	198

表 2-22 テレビ・ラジオ放送による報道.....	199
表 2-23 新聞・雑誌等による報道.....	199
表 2-24 web上で紹介した研究成果.....	199
表 2-25 研究所見学の受入状況.....	201
表 2-26 登録特許等(令和2年度登録特許3件).....	201
表 2-27 登録商標.....	202
表 2-28 登録意匠.....	202
表 2-29 特許出願.....	202
表 3-1 INDUSTRIAL HEALTHにおける論文の種類別投稿数の推移 (2013年～2020年).....	204
表 3-2 INDUSTRIAL HEALTH Vol.58(2020) における論文の種類別及び号別の 掲載数.....	205
表 3-3 INDUSTRIAL HEALTHにおける論文の種類別の掲載数推移 (2011～2020年).....	205
表 3-4 INDUSTRIAL HEALTH Vol.58(2020) における筆頭著者の所属地域ごとに みた論文掲載状況.....	205
表 3-5 連携大学院制度に基づく協定先一覧.....	206
表 3-6 非常勤講師等の実績(連携大学院制度によるものを除く).....	206
表 3-7 大学等からの実習生・研修生の受入と指導実績.....	207
表 3-8 行政・労働安全衛生機関等への支援実績.....	207
表 3-9 海外協力実績.....	209
表 3-10 研究協力協定の締結状況(～令和2年度).....	210

# 本編

## I. 令和2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5年目の業務報告書である。

年度当初の職員数は95名（うち研究職員81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、化学物質情報管理研究センター（うち3研究部）、過労死等防止調査研究センター、労働者放射線障害防止研究センター及び8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20億3,126万1千円（19億9,659万1千円）、施設整備費補助金8億6,096万4千円（7億1,976万3千円）、労災疾病臨床研究事業費補助金7億8,211万7千円（7億5,998万6千円）のほか、外部研究資金の獲得として競争的研究資金3,292万4千円、受託研究6,988万1千円がある。

以下に令和2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

研究所ホームページ上での研究成果紹介や企業、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、研究所が実施した災害調査をきっかけに、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、災害調査で危惧された呼吸器疾病の実態を把握するため協働研究「高純度結晶性シリカにばく露して発症した呼吸器疾患に関する労働衛生的研究」を引き続き実施した。さらに、職場のベリリウムのばく露状況とその健康影響を検討するため、令和2年4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7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」（第二期の三年度目）に取り組んだ。令和元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、過労死等としての脳・心臓疾患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。令和3年度から始まる第三期の研究に向けて研究計画書を提出し、事前審査を経て、令和2年度末に採択通知が届いている。

東京電力福島第一原子力発電所事故収拾作業において、作業員の被ばく限度を引き上げた期間に従事した緊急作業従事者約2万人に対し、平成23年度から国の施策として健康相談や健康管理の事業が行われている。その一環として放射線影響を調査する疫学研究が平成26年度から開始された。労働者放射線障害防止研究センターでは、令和元年度から5年間の第二期研究を受託した。対象者は全国47都道府県に分布しており、70か所以上の医療機関の協力を得て健康調査を実施している。また、人口動態統計やがん登録データの提供を受け、がん罹患その他死因などの調査を進めている。

厚生労働省の政策担当部門との意見交換を踏まえ、労働災害の減少及び労働者の健康管理に結びつく研究課題・テーマを設定し、人間特性支援による安全管理及び教育手法に関する研究、健康のリスク評価と衛生管理

に関する労働体力科学研究を開始した。

令和2年度計画に基づいて、プロジェクト研究12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、32課題を実施した。

行政からの要請を受けて、「交代制勤務・夜勤による発がん性等の健康影響に関する研究」をはじめ9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2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2年6月、10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12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3.99であった。また、令和元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」か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12課題の評価を受け、1(非常に政策効果が期待できる)が9課題、2(政策効果が期待できる)が3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、研究成果が特定化学物質障害予防規則および作業環境測定法施行規則の一部を改正する省令(令和2年4月22日付け厚生労働省令第89号、特定化学物質としての塩基性酸化マンガン及びマンガン化合物の新たな測定方法の検討)、粉じん障害防止規則及び労働安全衛生規則の一部を改正する省令(令和2年6月15日付け厚生労働省令第128号)、陸上貨物運送事業における労働災害防止に向けた一層の取組について(トラック荷台からの転落防止等荷役災害対策の推進、令和2年8月3日付け基安発0803第2号)、副業・兼業の促進に関するガイドライン(令和2年9月1日付け基発0901第4号)等の労働安全衛生法関係通達等11件及び国際・国内規格等5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2-20)

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、9件、13名の研究員が、第21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、第27回日本行動医学会、第93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2-21～表2-23)

## 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2年度も継続した。YouTubeにJNIOSHチャンネルを登録し、実験動画等を公開した。

新型コロナウイルス感染症の影響を受けて中止となったイベント等の開催中止案内やイベント代替の情報等は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189万回となり、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

令和元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、10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2,185件であった。

また、特別研究報告SRR-No.50を刊行し、令和元年度に終了した5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141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、国内のテレビ局から高齢者の労働災害等の取材2件のほか、カゴ車事故対策、睡眠の質等について新聞・雑誌等からの取材8件に協力した。

## 7. 講演会等の開催(関連資料 表 2-24)

### 1) 安全衛生技術講演会・一般公開

安全衛生技術講演会と一般公開は毎年開催していたが、新型コロナウイルス感染症の影響によりいずれも開催を中止した。その代替として研究所ホームページに最新の研究成果4件を紹介し、成果資料を掲載した。

### 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(中級/技術編)」をLive配信により実施した。

## 8. 知的財産の活用促進(関連資料 表 2-26～表 2-29)

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7件、登録意匠は2件、特許実施総数は6件であった。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、新規に大阪府茨木市で発生した土砂崩壊災害等8件の労働災害調査を実施した。

高純度シリカによる肺疾患事案の災害調査を契機として更なる科学的エビデンスを収集するため、令和2年度より労災病院と研究所等による協働研究を新たに開始した。

### 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、速やかに依頼元へ報告している。令和2年度は新潟県上越市で発生した車内酸欠ガス中毒災害等12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。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、24 件の回答の平均点は 2.83 点(満点 3 点)となった。

### 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 2 年度に開始した鑑定等は 12 件であった。

### 4) 調査内容の公表

「漁船の揚網機で発生した巻き込まれ災害」、「アルミ粉製造工場で発生した爆発災害」など計 5 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）

国際研究集会、ISO や OECD の国際会議等へのオンライン参加の機会を利用し、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

最先端研究情報の収集のため以下の活動を行った。

- ・産業医科大学産業生態科学研究所(産医大、IES)と研究所による労働衛生に関する WHO 協力センター(WHO-CC)交流会がオンラインで実施され、最新の知見等の意見交換を行った。
- ・国際連合「化学品の分類および表示に関する世界調和システム(GHS)専門家小委員会(UNSCEGHS)」における GHS 国連文書の改訂作業等を通して、GHS に係る最近の動向等の情報収集を行った。
- ・Joint meeting OECD WPEA and WPHA のバイオロジカルモニタリング専門家会議へのオンライン参加を通して、諸外国の取組状況等、最新の知見の情報収集を行った。
- ・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オンライン参加等を通して、内外の最先端研究情報の収集を行った。

### 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 3-1～表 3-4）

国際学術誌「Industrial Health」を年 6 回刊行し、国内 504 件、国外 262 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 271 編で、そのうちの掲載論文数は 61 編であった。また、掲載論文の国別/地域別内訳は、欧米 31.2%、アジア・オセアニア 21.3%、日本(研究所を除く)29.5%、研究所 9.8%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、2.179 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 2 年度は世界各国から書誌事項に 32 万件を超えるアクセス、並びにおよそ 19.4 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 3-5～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 6 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 4 名、客員准教授等として 5 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 27 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

韓国雇用労働府からの1名の受け入れを含め、国内の大学・研究機関から延べ20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において、最新の労働災害防止技術等についてオンライン講義等を行った。

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、またはオンライン参加した。

#### 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として在外研究員派遣規程を制定(平成27年1月)し、研究職員の海外派遣制度を導入してきたが、令和2年度は新型コロナウイルス感染症の影響により派遣を中止した。

## 12. 研究協力の促進

### 1) 研究協力協定等(関連資料 表3-10)

現在も協定期間中の2か国2機関の研究機関と労働安全分野において研究協力協定に基づく情報交換、研究協力を進めた。

また、WHOをはじめとする国際機関等の活動への協力を行った。

### 2) 研究交流会等(関連資料 表3-9)

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3-7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

2021年3月9日に産医大 IIES との間で、WHO-CC 交流会をオンラインで実施した。研究所からは今期の主な協力事業として「①西太平洋地域における過重労働による健康障害に関するツールキットと実態報告の国際適用と促進」、「②西太平洋地域における職業性熱中症予防のためのツールキットと予防対策の国際適用と促進」の2題について紹介・説明を行った。例年、産医大と研究所による研究発表会の実地での交流会であったが、WHO 西アジア太平洋総局からの WHO-CC 間の国内ネットワークの強化が推奨されていることも、本会設定の重要な背景となった。

## 13. 機動的効率的な業務運営体制の確立

令和2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研究センター長、2研究領域長等が出席する「拡大幹部会」を年2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2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(9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 24 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 4 件の合計 5 件で 6,988 万 1 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」(3 億 162 万 2 千円)、「放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究」(4 億 5,836 万 4 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 95 名であり、年度末の常勤職員数は 93 名となった。

### 3) 職員の人事・給与制度

研究所の研究・技能労務職員の期末・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2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9名からなる研究倫理審査委員会を3回開催し、25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2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2年度は、コロナ禍による緊急事態宣言が年度当初に出されたためメール形式にて動物実験委員会を開催し、実験計画書(新規1件、計画変更1件)の承認申請等に対して厳正な審査を行った。また同様な審査後「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。さらに対面を避けるためDVD「実験動物の飼育管理」(社団法人 日本実験動物協会編)を実験動物委員会委員及び動物実験従事者を対象として配布し、視聴後署名をもらう形で教育訓練を行った。

### 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研究センター長、2研究領域長等が出席する「拡大幹部会」を年2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患の病因、診断、予防その他の職業性疾患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。

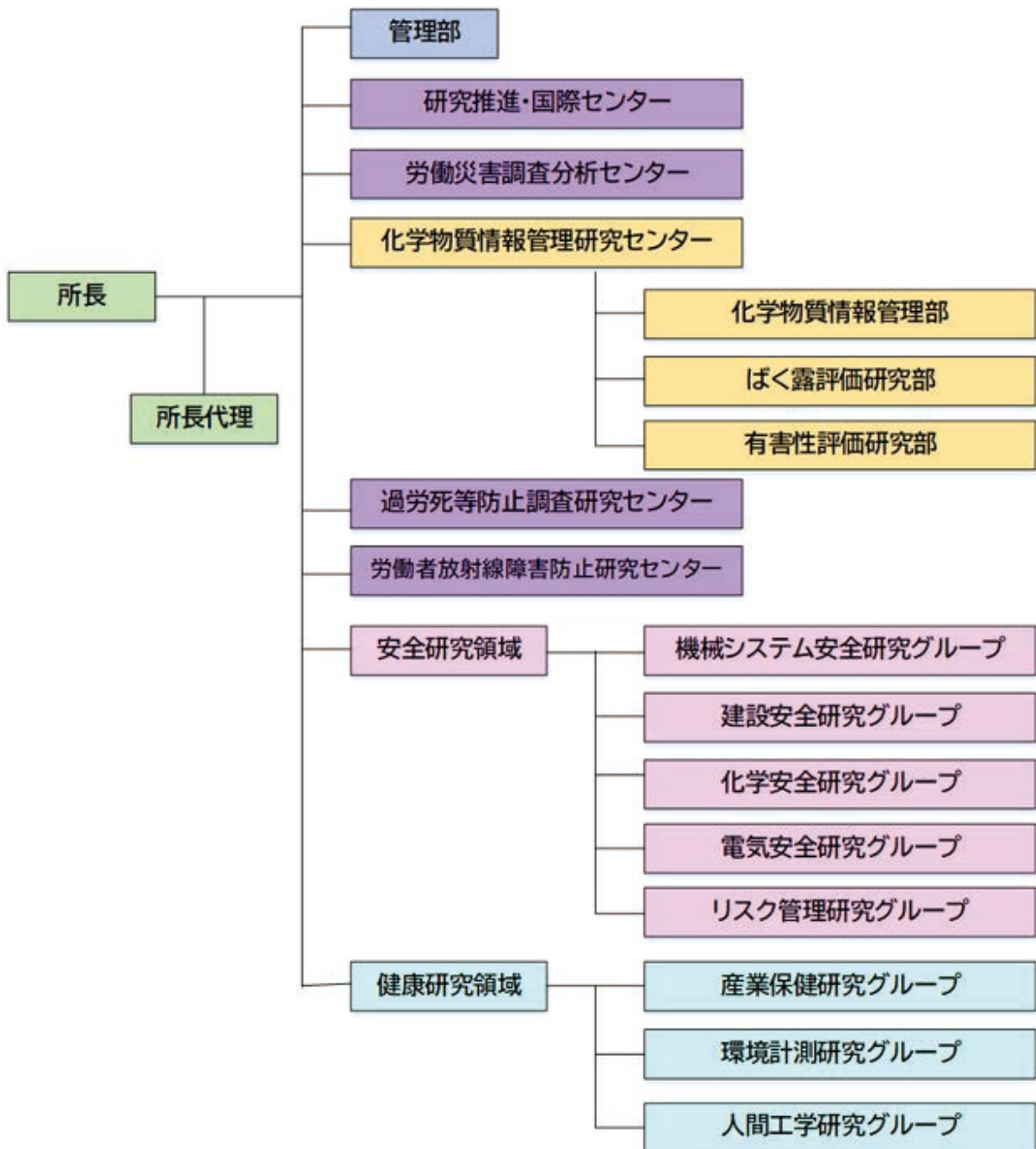
### 3. 沿革

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。

日付	産業安全研究所	産業医学総合研究所
		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。

日付	産業安全研究所	産業医学総合研究所
平成 9年(1997)	14代所長に田島泰幸 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。	
令和2年(2020)	4月1日「化学物質情報管理研究センター(化学物質情報管理部、ばく露評価研究部、有害性評価研究部)、労働者放射線障害防止研究センター」設置。	

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	管理課においては、次の事務をつかさどる。 ・所長の秘書業務に関すること。 ・職員の人事に関すること(研究推進・国際センターの所掌に属するものを除く。)。



部、センター、 研究グループ	所掌業務
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・職員の給与、公印の管守、文書、会計、物品及び営繕に関すること(管理第二課の所掌に属するものを除く。)</li> <li>・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。</li> </ul> <p>管理第二課においては、次の事務をつかさどる。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・所長代理の秘書業務に関すること。</li> <li>・職員の給与、文書、会計、物品及び営繕に関すること(管理第二課、研究推進・国際センター及び労働災害調査分析センターの一部並びに化学物質情報管理研究センター、過労死等防止調査研究センター、労働者放射線障害防止研究センター及び健康研究領域に係るものに限る。)</li> </ul> <p>なお管理課においては、日本バイオアッセイ研究センターにおける給与及び会計に関する事務を行うことができる。</p>
研究推進・国際センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・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。)</li> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・研究員の人事、業績評価、能力開発及び研修に関すること。</li> <li>・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。</li> <li>・労働安全衛生研究の振興に関すること。</li> <li>・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。</li> <li>・国際的な研究交流及び共同研究に関すること。</li> <li>・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。</li> </ul>
労働災害調査分析センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> <li>・労働災害の統計的解析に関すること。</li> <li>・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。</li> </ul>
化学物質情報管理部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・化学物質及び粉じん(以下「化学物質等」という。)に関する取扱い情報、国内外の規制、危険有害性情報等の収集及び分析に関すること。</li> <li>・化学物質等に関する労働災害の分析に関すること。</li> <li>・化学物質情報管理研究センターの調査及び研究に関し、関連する外部の機関との連絡及び調整に関すること。</li> <li>・前各号に掲げるもののほか、化学物質情報管理研究センターの調査及び研究に関することで他の部の所掌に属さないもの。</li> </ul>

部、センター、 研究グループ	所掌業務
ばく露評価研究部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・化学物質等によるばく露の推定・測定、ばく露評価並びにばく露量の低減及び管理に関すること。</li> <li>・化学物質等によるばく露の実態を把握するための現地調査に関すること。</li> <li>・化学物質等に関する労働安全衛生法第96条の2第1項の調査及び同条第2項の立入検査の実施に関すること。</li> <li>・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。</li> </ul>
有害性評価研究部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・化学物質等の危険有害性の評価に関すること。</li> <li>・化学物質等による健康障害の原因解明、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。</li> <li>・化学物質等による生体影響の評価、評価系の開発及びその応用に関すること。</li> <li>・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。</li> </ul>
過労死等防止調査 研究センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・過労死等の予防のための調査及び研究に関すること。</li> <li>・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。</li> <li>・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。</li> </ul>
労働者放射線障害 防止研究センター	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究に関すること。</li> <li>・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。</li> <li>・その他放射線障害防止に係る労働衛生研究に関すること</li> <li>・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。</li> </ul>
機械システム安全 研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・機械、器具、その他の設備の設計、製造の安全に関すること。</li> <li>・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。</li> </ul>
建設安全研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・建設物の設計、建設工事の施工の安全に関すること。</li> </ul>
化学安全研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
電気安全研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>
リスク管理研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。</li> </ul>

部、センター、 研究グループ	所掌業務
産業保健研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・職業性ストレスの評価と対策に関すること。</li> <li>・労働者のメンタルヘルスに関すること。</li> <li>・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さないもの。</li> </ul>
環境計測研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・作業環境中の有害因子の計測技術に関すること。</li> <li>・作業環境中の有害因子を除去する局所排気・換気技術及び労働衛生上必要な保護具に関すること。</li> <li>・騒音、振動、暑熱・寒冷等の物理的要因による疾病の発症及び予防対策に関すること。</li> </ul>
人間工学研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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、標準化に関すること。</li> <li>・職場の有害要因その他健康の保持増進を阻害する要因が労働者の労働生理機能に与える影響の解明とその予防対策に関すること。</li> </ul>

### 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、化学物質情報管理研究センター長、過労死等防止調査研究センター長、労働者放射線障害防止研究センター長、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、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、化学物質情報管理研究センター長、過労死等防止調査研究センター長、労働者放射線障害防止研究センター長、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・防災管理者
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

(令和2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	調査役	研究員	任期付研究員	計	部長		課長	係長	一般職員
人数	1	1	15		0	29		18		1	3	13	81	1	1	3	9	14	95

	所長	梅崎重夫												労働災害調査分析センター					
	所長代理	甲田茂樹												センター長	玉手聡				
														主任研究員	遠藤雄大				
管理部																			
	部長	畠中 荘一郎												化学物質情報管理研究センター					
管理課														センター長	城内博				
	課長	今村 剛																	
管理係	係長	櫻井 夏樹												ばく露評価研究部					
	係員	田倉 聖士												部長	鷹屋 光俊				
	〃	松山 瑞季												主任研究員	萩原 正義				
契約係	係長	山田 理恵子												〃	山田 丸				
	係員	加藤 瞳子												〃	中村 憲司				
	〃	石橋 怜																	
出納係	係長	今村 啓之												有害性評価研究部					
														部長	王 瑞生				
管理第二課														統括研究員	大谷 勝己				
管理係	主任	鈴木 伸太郎												上席研究員	小林 健一				
	係員	井尻 紘志												〃	柳場 由絵				
	技能職員	鈴木 貴行												主任研究員	豊岡 達士				
契約係	主任	池田 成平												任期付研究員	天本 宇紀				
	〃	藤代 丈弘												〃	小林 沙穂				
研究推進・国際センター																			
	センター長	大嶋 勝利												過労死等防止調査研究センター					
	首席研究員	外山 みどり												センター長	高橋 正也				
	〃	崔 光石												センター長代理	吉川 徹				
	上席研究員	大塚 輝人																	
	〃	三木 圭一												労働者放射線障害防止研究センター					
	研究員	古瀬 三也												センター長	大久保 利晃				
	調査役	平地 康一																	
	企画専門員	中島 淳二																	

機械システム安全研究グループ

部長 佐々木 哲也  
 部長代理 清水 尚憲  
 上席研究員 本田 尚  
 " 齋藤 剛  
 " 山際 謙太  
 " 濱島 京子  
 " 北條 理恵子  
 主任研究員 岡部 康平  
 " 山口 篤志  
 任期付研究員 緒方 公俊

建設安全研究グループ

部長 高木 元也  
 部長代理 高梨 成次  
 上席研究員 日野 泰道  
 " 高橋 弘樹  
 " 吉川 直孝  
 " 堀 智仁  
 主任研究員 平岡 伸隆

化学安全研究グループ

部長 板垣 晴彦  
 部長代理 八島 正明  
 上席研究員 佐藤 嘉彦  
 主任研究員 水谷 高彰  
 任期付研究員 西脇 洋佑

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

リスク管理研究グループ

部長 島田 行恭  
 上席研究員 大西 明宏  
 主任研究員 呂 健  
 " 高橋 明子  
 " 菅間 敦

産業保健研究グループ

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 松元 俊  
 " 佐藤 ゆき  
 " 玉置 應子  
 " 川上 澄香  
 " 西村 悠貴

環境計測研究グループ

部長 柴田 延幸  
 部長代理 高橋 幸雄  
 上席研究員 小嶋 純  
 " 上野 哲  
 " 齊藤 宏之  
 " 山口 さち子  
 主任研究員 安彦 泰進  
 " 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 岩切 一幸  
 上席研究員 劉 欣欣  
 主任研究員 松尾 知明  
 " 時澤 健  
 研究員 池田 大樹  
 " 蘇 リナ  
 任期付研究員 小山 冬樹  
 " 杜 唐慧子

## 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2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2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 2 年度における運営費交付金(決算)は 19 億 9,659 万 1 千円、2 件の労災疾病臨床研究事業費補助金(決算)は 7 億 5,998 万 6 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	3 億 162 万 2 千円
	2) 放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究	4 億 5,836 万 4 千円

### 3. 受託収入

国から 1 件、その他から 4 件の合計 5 件で 6,988 万 1 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	3,320,000
	2) 機械設備に係るリスクアセスメント支援システムの開発	9,218,000
	3) 建設工事における安全衛生の確保のための設計段階の措置の確立に向けた研究	3,356,000
	4) 国際的な防爆規制に対する整合性確保のための調査研究	6,710,000
労災疾病臨床研究	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	170,000
日本学術振興会	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	2,100,000
	2) 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	0
	3) 土砂崩壊の予兆を「見える化」する新技術の実証試験	900,000
	4) トンネル建設現場における肌落ち災害抑制技術の開発	200,000
	5) 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	1,300,000
	6) 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	0
	7) 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	0
	8) 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	0
	9) 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	0
	10) 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	1,000,000
	11) 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	0
	12) 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	0

種類	研究課題名	配分額(円)
	13) 勤務中座位行動が労働者の循環器系反応および自立神経活動に及ぼす影響	1,400,000
	14) 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
	15) 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	50,000
	16) 医療被曝と脳腫瘍 MOBI-Kids Studyにおける国際比較	0
	17) 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	100,000
	18) 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
	19) How to swim faster? Focusing on the propulsive force and kinematics of swimming	800,000
	20) 高齢者における睡眠中の自発脳活動を操作するフィードバック法の開発と学習への効果	1,100,000
政府受託	1) 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	7,762,454
	2) ロボット介護機器開発・標準化のための安全評価基準（民間受託）	11,412,978
	3) ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト／無人航空機に求められる安全基準策定のための研究開発（民間受託）	49,255,962
	4) 人体皮下組織の特性再現のための人工難組織の特性（民間受託）	550,000
	5) 建設現場における事故防止に関する研究（民間受託）	900,000

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)
IV 謝金収入	11,125
V 施設貸与収入	186
VI 知的財産使用料	195
VII その他	9,741
(合計)	21,247



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

### 2. 大型施設・設備（令和2年度購入分）

清瀬地区	登戸地区
(1) 対Gアンプユニット用計測システム (2) レーザー顕微鏡 (3) 小型反応熱量測定装置 (4) 最小着火エネルギー試験装置 (5) 液体噴霧現象可視化システム (6) 眼球運動計測装置	(1) 空力エアロゾル分級装置 (2) 波長分散蛍光X線分析装置 (3) 粉末X線回折装置 (4) 多次元ハイコンテンツアナリシスシステム (5) 粒子状物質吸入実験装置 (6) ゼータ電位・動的散乱粒径分布装置 (7) 三次元動作解析システム (8) 誘導結合プラズマ発光分光装置 (9) マルチラベルカウンター

### 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	(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

清瀬地区	登戸地区
(20) フライス盤	(18) 粒度測定及びゼータ電位測定装置
(21) 模擬人体接触モデル	(19) 2 電圧ポテンシオスタット
(22) フルハーネスの落下試験装置	(20) 電子顕微鏡 (装置名: 走査型分析電子顕微鏡, 透過型分析電子顕微鏡)
(23) 靴すべり試験機	(21) 脳内神経伝達物質測定装置
(24) 吹上げ式粉じん爆発試験装置 (ハートマン式試験装置)	(22) フローサイトメーター
(25) タグ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)
(26) ペンスキーマルテンス密閉式自動引火点試験器	(24) 小動物脳血流測定装置
(27) セタ密閉式引火点試験器	(25) 動物血球計数装置
(28) 高精度潜熱顕熱分離型示差走査熱量計	(26) 紫外線処理システム付き凍結マイクローム
(29) 熱流束式自動熱量計	(27) 画像解析装置
(30) 反応熱量計	(28) 自動核酸抽出装置
(31) 加速速度熱量計	(29) リアルタイム PCR 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	(30) 紫外線細胞照射装置
(33) ガスクロマトグラフ	
(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2年度受 入数 (内数)	和 書	19,332 冊 (83 冊)	8,507 冊 (214 冊)	27,839 冊 (297 冊)
	洋 書	3,600 冊 (5 冊)	5,011 冊 (143 冊)	8,611 冊 (148 冊)
	(計)	22,932 冊 (88 冊)	13,518 冊 (357 冊)	36,005 冊 (445 冊)
製本雑誌 (うち令和2年度分)		23,412 冊 (204 冊)	21,599 冊 (56 冊)	45,011 冊 (260 冊)
購入雑誌	和雑誌	49 誌	2 誌	51 誌
	洋雑誌	51 誌	17 誌	68 誌
	(計)	100 誌	19 誌	119 誌
寄贈交換誌	和雑誌	150 誌	195 誌	345 誌
	洋雑誌	1 誌	40 誌	41 誌
	(計)	151 誌	235 誌	386 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2年9月、独立行政法人評価に関する有識者会議第37回労働WGにおいて、令和元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、全体として中期計画における所期の目標を上回る成果が得られ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。

労働安全衛生施策の企画・立案に貢献する研究の推進については次の理由等によってAとされた。

労働安全衛生の総合的研究機関として有する専門的な知見や臨床研究機能等、機構内の複数の施設が有する機能等を連携させて行う協働研究として、「高分子ポリマー作業労働者における呼吸器疾患予防のための健康管理の手法に関する研究」等を、研究所、日本バイオアッセイ研究センター(以下「バイオ」という。)、アスベスト疾患研究・研修センターの3施設で実施している。また、研究所と労災病院との協働研究にとどまらず、機構内の複数の施設(研究所、労災病院、治療就労両立支援センター、産業保健総合支援センター、バイオ、アスベスト疾患研究・研修センター等)が協働し、さらなる統合効果を発揮するため、新たに「協働研究規程」を整備するなど、新たな取組に向けて準備を行っている。

プロジェクト研究(17課題)、協働研究(3課題)、行政要請研究(10課題)を実施した結果、法令・基準の制改定等へ18件貢献し、外部評価における研究成果の評価平均3.81点/5点を得た。加えて、全ての研究報告書が「政策効果が期待できる」と評価を受けた。

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。また、労働災害調査分析センターの体制強化や災害情報のデータベース化に着手するなど、新たな取組を行っていることが認められる。

また、同年度においては、「化学工場で発生した呼吸器疾患に関する災害調査」、「劇場で発生した舞台装置でのほさまれ災害」など、4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、同調査等の依頼元を実施したアンケート結果では平均2.0点を大きく上回る2.73点であった。なお、令和元年度に依頼元に調査結果等を報告した件数は、厚生労働省からの依頼による災害調査が14件、労働基準監督署、警察署等の捜査機関からの依頼に基づく鑑定等が9件、行政機関からの意見照会が1件であった。

### 令和元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	令和元年度 (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 その他の業務の 質の向上に関する 事項	労働安全衛生施策の企画・立案に貢献する 研究の推進	A	高	—
	労働災害調査事業	A	—	—
総合評定	—	A	—	—

## 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総合的研究
(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
(3) ベリリウム化合物等の取扱作業等へのばく露防止及び健康管理に関する研究

表 1-2 プロジェクト研究課題(12課題)

研究課題
(1) 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]
(2) 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]
(3) 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]
(4) 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]
(5) 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]
(6) 人間特性支援による安全管理及び教育手法に関する研究[R2～R5]
(7) 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]
(8) 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]
(9) 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[H30～R3]
(10) 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]
(11) 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]
(12) 健康のリスク評価と衛生管理に向けた労働体力科学研究[R2～R4]

表 1-3 基盤的研究課題(32 課題)

研究課題
a. 化学物質情報管理研究センター
(1) 吸入性粒子状物質の生体影響における予備的検討
(2) 産業化学物質の DNA 損傷性スクリーニングに関する研究: $\gamma$ -H2AX システムの高度化と応用
(3) 産業化学物質による生殖影響評価に関する実験的研究
(4) 拡散捕集管の個人ばく露測定への応用に関する研究
b. 安全研究領域
(1) 高温腐食環境下における非石綿ガasketの密封特性評価
(2) 次世代型の昇降・搬送用機械の安全防護の基礎検討
(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
(8) 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
(9) 漏洩磁束法によるワイヤロープの非破壊損傷検査の高度化
(10) 鋳鉄破断面の性状分類におけるディープラーニングの活用
(11) シールドセグメントの崩壊災害等の防止に関する研究
(12) トラック荷台等からの転落防止に求められる昇降設備の検討
(13) 疲労損傷ワイヤロープの残存強度評価

研究課題

(14) 水分が関係する化学反応によるマグネシウム発火事故の防止に関する研究

c. 健康研究領域

- (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) 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
- (3) 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
- (4) パッチ型センサによる深部体温推定の妥当性評価
- (5) 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
- (6) 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
- (7) 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
- (8) 若年労働者の健康リテラシー評価尺度の検討
- (9) ピエゾバランス粉じん計による溶接ヒューム測定に関する研究
- (10) 視認性のよい漏洩磁界マップの作成とその応用に関する研究
- (11) 職場における暴言の間接的聴取が作業者のパフォーマンスと精神的健康に与える影響
- (12) 高齢労働者における技能学習の促進と定着における睡眠の効果に関する多角的検討
- (13) COVID-19等による医療従事者のメンタルヘルスへの影響と対策の検討
- (14) 在宅勤務者の作業環境および姿勢・動作を評価する指標の開発とその妥当性の検証

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 26 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) 機械設備に係るリスクアセスメント支援システムの開発	齋藤 剛	濱島 京子, 池田 博康, 梅崎 重夫	R2~R4
	(3) 建設工事における安全衛生の確保のための設計段階の措置の確立に向けた研究	吉川 直孝	大幢 勝利, 平岡 伸隆, 高橋 弘樹	R2~R4
	(4) 国際的な防爆規制に対する整合性確保のための調査研究	大塚 輝人	富田 一, 遠藤 雄大	R2~R2
文部科学省基盤研究(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) 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(横浜国立大学), 小川 奈美子(文教大学)	H29~R2
文部科学省基盤研究(C)一般	(1) 土砂崩壊の予兆を「見える化」する新技術の実証試験	玉手 聡	堀 智仁	R2~R5
	(2) トンネル建設現場における肌落ち災害抑制技術の開発	吉川 直孝		R2~R4
	(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~R2
	(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	吉川 徹	木戸内 清(名古屋市), 網中 真由美(日本看護大学)	H29~R2

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
	関する研究		校), 佐野 友美(大原記念労働科学研究所), 竹内由利子(大原記念労働科学研究所), 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~R2
	(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~R2
若手研究(B)	(1) 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
	(2) 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~R2
	(3) 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~R2
	(4) 勤務中座位行動が労働者の循環器系反応および自立神経活動に及ぼす影響	蘇 リナ		R2~R4
	(5) How to swim faster? Focusing on the propulsive force and kinematics of swimming	杜 唐慧子		H30~R2
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
	(2) 高齢者における睡眠中の自発脳活動を操作するフィードバック法の開発と学習への効果	玉置 應子		R2~R3
政府受託(NEDO)	(1) 無人航空機に求められる安全基準策定のための研究開発	岡部 康平	玉手 聡, 清水 尚憲, 堀 智仁, 山口 篤志	R2~R3
政府受託(日本医療研究開発機構)	(1) 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~R2
政府受託(日本下水道事業団)	(1) 建設現場における事故防止に関する研究	高木 元也		R2~R2
政府受託(厚生労働省)	(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	高橋 正也	酒井 一博, 佐々木 司(大原記念労働科学研究所), 池添 弘邦, 高見 具広, 藤本 隆史, 石井 華絵(労働政策研究・研修機構), 深澤 健二(アドバンテッジリスクマネジメント), 内田 元(ニッセイ情報テクノロジー)	H30~R2
	(2) 放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究	大久保利晃	明石 真言, 栗原 治, 数藤由美子(量子科学技術研究開発機構), 百瀬 琢磨(日本原子力研究開発機構),	H31~R5

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
			祖父江 友孝(大阪大学)、谷口 信行(自治医科大学)、宮川 めぐみ(宮川病院)、大石 和佳、小笹 晃太郎(放射線影響研究所)、星 北斗(星総合病院)、大神 明、真船 浩介、喜多村 絃子(産業医科大学)、佐々木 洋(金沢医科大学)、吉永 信治(広島大学)	
政府受託(総務省)	(1) 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 2020	吉川 徹	山内 貴史(東京慈恵会医科大学)、高田 琢弘(東海学園大学)	R2

※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5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	
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	

## 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2年目】

高木 元也(新技術安全研究 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(新技術安全研究 G), 菅 知絵美(同), 池田 博康(同), 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】 66,384千円(令和2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、職場で職務に適応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 i) と ii) 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) サブテーマ 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效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(外傷患者に関わるデータ)と、労働災害の死傷病データバンクを含めて解析することにより、より包括的に日常生活と労働現場における受傷低減・防止対策の提案につながることを期待される。サブテーマ 1 では、これらの3つのデータバンクの中から、受傷の実態を明らかにすることとともに定量的に把握することを試みた。本年度は、データの収集と解析を実施し、その結果の解釈等を議論し理解を深めた。

主に以下の3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の医療データ、③転倒災害等労働災害のデータ(労働災害のうち最も頻発している転倒事故が多い小売業)を解析と検討を行った。

以下に、データベースに関するデータ収集と解析結果を述べる。

①RODEO study(運動器外傷データ)

本研究の分担研究者であり RODEO study 代表である三上容司院長が務める横浜労災病院と分担研究者であり RODEO study に参加されている岡崎裕司副院長が務める関東労災病院に訪問し電子カルテから、労働災害で最も多く発生している転倒事故に注目し発生状況と原因についてデータ収集をした。それらのデータについてコーディングを行い、性別、年齢、

骨折部位等における転倒発生状況・原因との関連を解析した。その結果に関して、医療分野からの専門的知見を加えた総合的な検討を行う必要性があり現在進行中である。

## ②日本外傷データバンク

データ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ため、横浜労災病院を介して日本外傷診療研究機構より、日本外傷データバンクから2004年1月～2020年5月までに登録されたデータを取得した。分析対象のデータベースを作成するためデータクレンジングを実施し、受傷時年齢と受傷機転の症例状況を分析した。受傷時年齢の症例では60歳から大幅な増加が示されたが、20歳前後でも増加傾向がみられる。また、受傷機転の症例では転倒が最も多かった。今後、この結果等と受傷時の活動(工作中、その他等)との関係性を精緻化し、外傷データから得られた客観的結果を労働災害対策に取り組む各専門分野の方々とも共有することが重要と考えられる。

## ③転倒災害等労働災害

2016年の労働者死傷病報告データを用いて、労働災害の発生が増加傾向にある小売業、主に百貨店やスーパーマーケット等の小売業(以下、店舗販売小売業)に焦点をあてた。全業種の発生状況と比較することで労働災害の実態を定量的に把握することを試みるとともに、転倒事故の発生が圧倒的に多い店舗販売小売業について全ての事故の発生状況と比べて分析することで、安全上の課題を抽出し労働安全防止の一資料とした。その結果、受傷時年齢において、店舗販売小売業は全業種と比べ平均年齢が高く、年齢層による発生の相違が見られた。店舗販売小売業は主に中高年齢層に対する労働対策を強化する必要があると考えられる。また、19歳以下では交通事故が多いのに対し、50歳代と60歳代では転倒事故が多かったことから年齢層で異なる事故予防対策の重要性が示唆された。さらに、事故発生月について店舗販売小売業と全業種と異なっており、その要因に関しては事業場にて聞き取り調査等により発生月の特徴を考慮した検討が必要である。発生時間帯では、全業種よりも店舗販売小売業の方が朝からお昼にかけて発生しており、特に転倒事故が頻発していることが確認された。店舗開店前の準備時間帯に転倒事故の対策予防が重要であり、清掃後の床等の濡れや濡れた箇所を発見しやすくするための照度の確保等の対策が挙げられる。今後、店舗販売小売業の現場の状況や労働者から意見や提案の調査を踏まえて対策を考えていく必要があると考えられる。

## ④転倒災害等労働災害防止検討会開催

転倒災害等職業性外傷予防策、産業医等の活用による事業場の労働災害防止の取組等を検討するため、産業医、安全専門家、実務者等で構成する検討会を開催した。

### (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

1. 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に歩行訓練の行動観察を行う。
2. 昨年度作成した安全チェックシートのひな型を臨床場面で試用し、より実用的なものに改善する。
3. Mixed Reality (MR)を用いて、安全教育・訓練も担う安全チェック動画を作成する。

以上の3点を目的とした。

#### ②歩行訓練の行動観察

昨年度に引き続き、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に、吉備高原医療リハビリテーションセンターでの歩行訓練を対象に、歩行支援機器の利用状況について行動観察を行った。

本年度は、介助者の介助中の姿勢に着目して、行動解析を行った。歩行支援訓練の様子を録画し、動作解析を行った。その際に、介助者、装着者間での会話も抜き出し行動解析表を作成した。まず、歩行支援機器を初めて装着する際の、最終的な微調整(フィッティング)についての解析を行った。フィッティングでは、介助者①が主に調整の主導を行い、介助者②が補助的な役割を担う。その際の姿勢として、しゃがみ、中腰、片膝といった身体的に負荷のかかる姿勢が多くみられたため、解析項目とした。次に、歩行支援機器を装着して初めての歩行訓練の様子を解析した。

#### 【結果と考察】

歩行支援機器の装着の際の微調整(フィッティング)作業における行動解析の結果、歩行訓練を行う前に、事前に大まかに装着者用に調整しておいた歩行支援機器を実際に使用可能な状態になるまで微調整する。録画は、介助者①が、「とりあえず初めて身体状況を測ったうえで実際乗っていただきましたが、かなり長さ、幅にずれがありましたので、これから修正していきたいと思います」という声かけから始まっている(表1)。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

表1 歩行支援機器装着直前のフィッティング録画の行動解析の一例

目録 (R)	①回目	タスク	姿勢	介助者①	介助者②	装着者	発語
コメント	時間	タスク	姿勢	介助者①	介助者②	装着者	発語
フィッティング1回目	0:00:03	移動	右足上げる	後方から脇下に両脚を差し込み脚を揃える	手を前で組む	椅子側に立って手をかける	椅子の背もたれ部分にクッション履のあて布
	0:00:07	移動完了	両足の膝裏を後ろから抱える	椅子 (RW) つきの椅子に移乗			
	0:00:13	産出位置調整	脚を動かす	後方から脇下を変える			「行きます、せーの」
	0:00:18	下腿部の調整	RW背部分確認、両脚部分確認	脚をついたしゃがみ姿勢で、装置の下腿部分を装着者の下腿に合わせる	肩に手を置く		RW背部分を開く
	0:00:39	下腿部の調整	踵をRWのかかと部分に合わせる	前に回り込んでしゃがむ			
	0:01:07	下腿部の固定	ベルタロストラップを右足に巻いて止める。	しゃがみ	ベルタロストラップを左足に巻いて止める。		
	0:01:09		ベルタロストラップを左下腿 (踵) に巻いて止める				
	0:01:13		ベルタロストラップを左大腿に巻いて止める				
	0:01:13		ベルタロストラップを左大腿に巻いて止める				
	0:01:38	膝立ち	ベルタロストラップを右下腿に巻いて止める	片膝			
			ベルタロストラップを右大腿に巻いて止める				
			ベルタロストラップを右大腿に巻いて止める				
			ベルタロストラップを右大腿に巻いて止める				
	0:02:14		装置の下腿を確認する。				
	0:02:46	立位	背中を回り、装置の下腿を開き、より深く腰掛けさせる	しゃがみ	しゃがみ	しゃがみ	しゃがみ
	3:00		椅子の周りを (何をチェックしているの?)	片膝	下腿閉じる		もっと奥に入れますか
			杖を握る	しゃがみ	調整		ここまででしたから、奥さも合わせて一度立ちかえらう? 身長なんぼですか (168です)
	3:26		杖を握るには、長さ調整				
	3:31		杖杖を直す				
	3:35		杖杖の腕部分の調整				
	4:01		腕部分から消える				
	5:05		トランクとともに出現				
	6:03	片膝	介助者②の手元を見ている	しゃがみ	マジックテープで胸のストラップ1固定		
	6:30	立位	マジックテープで胸のストラップ2固定				
	6:55	しゃがみ	装着者から離れて画面右 (ケース) に移動		マジックテープを外している (理由)		ないですか?
	7:38	立位	戻ってきて別の (器具?) マジックテープを介助者②に渡す		マジックテープを受け取る		
	7:53	片膝	マジックテープ (器具?) を使用のものとは比べ、交換				
	8:14	立位	装着者から離れて画面右 (ケース) に移動				あ、ちょっと長いのある?
	8:25		戻ってきて、				
	8:56		装着者の方へ				
	9:07		装着者の方へ				Y:○○ですか?
	9:20		装着者から離れて画面左に移動	立位	装着者の右後ろに立つ		

表2 歩行支援機器装着後の初回歩行訓練録画の行動解析の一例

210112-1 (F)	時間	タスク	姿勢	介助者①	介助者②	装着者	発語
1回目初期 (1)	0:08	移動	しゃがみ	マジックテープをはがしている	不在	腕で立ち上がる	はい
	0:18			膝裏保定		移動完了	
	0:26		右靴脱がせ、靴はかせる				
	0:45		右膝パッド装着			奥へ手で移動	よし、ちょっと奥へ
	0:53		右膝を正面から推す				もっと奥に入れますか?
	1:02						背中にもちょっとリュックが引かなかったままですね
	1:05						
	1:06		リュック外す				
	1:14		左靴脱がせ、靴はかせる				
	1:31		左膝パッド装着				
			左膝を正面から推す				
	1:49		右膝パッド固定				
	1:55		左ひざパッド固定				
	1:58	立ち上がり					
	2:11	しゃがみ	後方のかごから小パッド4枚、装着者の膝に並べる				
	2:22		左大腿①にパッドを当てて固定				
	2:31		右大腿①にパッドを当てて固定				
	2:55		右大腿②にパッドを当てて固定				
	3:05		左大腿②にパッドを当てて固定				
	3:15		履部分のマジックテープを準備				もっと奥に入れますか?
	3:24		履部分のマジックテープ装着			手で奥に移動	
	3:31		胴部分のマジックテープ装着				
	3:31	立ち上がり					
	3:41		後ろに回り				
	4:01		リュック装着の介助			リュック背負う	
	4:01		前方に回り、車いす、靴の片づけ				
一回目	0:09	しゃがみ	正正面		しゃがみ	正背面	立位
	0:17	立位	大腿部再固定		立位	ホルダーを保持	よし
	0:28		装着者と離れて				
	0:30						いきまーす
	0:33		斜め右前方一側方				ビ
直進 (往路)	1:28					歩行開始	
方向転換	1:31					右回りに方向転換	右足の時に○○
	1:40					終了	会話○○
直進 (復路)	1:41		逆方向に直進			直進	
	3:00					直進終了	
方向転換	3:00					左回りに方向転換	
直進 (往路)	3:07					終了	

き尺で測定されていた。フィッティングに関しては、介助者①が主に作業を行っているが、歩行支援機器の重量及びサイズの関係上、装着者の両側から二人掛かりで解除する場面も少なくない。その際には、両介

助者ともに身体に負担のかかる姿勢が多くみられた (表1の色付きの部分)。また、装着者は、圧迫感やこすれ感を感じることができないため、介助者①が入念にフィット感と圧迫感等の正負の影響の兼ね合いを入

安全チェックリスト① (ReWalk)

訓練実施日 令和 年 月 日

訓練実施者 \_\_\_\_\_ 介助者 \_\_\_\_\_

1. 対象者
  - 身長が 160～190 cm ですか
  - 体重が 100kg 未満ですか
  - 上肢機能に障害がありませんか
  - 可動域制限が著しく低下していませんか
  - 股関節伸展 0° 以上の拘縮がありませんか
  - 膝関節屈曲 10° 以上の拘縮がありませんか
  - 足関節背屈 0° 以上の拘縮がありませんか
  - 重度の骨粗しょう症 (T スコア -3.0 以下) がありませんか
  - 使用者、介助者以外の医療スタッフは、機器を用いた歩行訓練について理解していますか
  - 禁忌事項にあてはまりませんか
    - 下肢の著明な拘縮、異所性骨化はありませんか
    - ロボットの動きを阻害する下肢の異常な痙性はありますか
    - 皮膚状態に問題はありませんか (褥瘡、開放創、皮膚炎、アレルギーなど)
    - 認知機能に問題はありませんか
    - 妊娠中ではありませんか
2. 採型
  - 血圧をチェックしていますか
  - ベルビックバンドは端座位で計測しましたか
  - ベルビックバンドは実際に合わせて皮膚に接触しているか確認しましたか
  - ベルビックバンドは大転子との距離を確認しましたか
  - 大腿長は背臥位で計測しましたか
  - 大腿長は大転子最突起部から大腿骨外側上顆で計測しましたか
  - 下腿長は背臥位で計測しましたか
  - 下腿長は足関節 0° で計測しましたか
  - 下腿長は大腿骨外側上顆から足底まで計測しましたか
  - 足部のサイズは、S、M、L で大きさを確認しましたか
3. 調整
  - 杖の長さは立位保持、歩行に適切な長さですか
  - 機械本体のボルトは適切に締められていますか
  - 機械本体のベルトの長さは適切ですか
  - 本体の設定について、初期設定または前回使用時の設定になっていますか
  - 本体とコミュニケーターのパッケージは充電されていますか
4. 装着
  - 車いすにブレーキをかけていますか

図 1 ReWalk の介助者用の安全チェックシート (一部抜)

念に検討しており、精神的な負担も少なくない様子であった。

初期訓練(1 回目)における行動解析の結果、装着者が歩行支援機器を装着して初めての録画の行動解析を行った(表 2)。本録画では、2 名の理学療法士(介助者①及び介助者②)が歩行訓練の介助を行っていた。

リハビリ室と廊下で行われた、歩行支援機器を用いた歩行訓練の介助者①の大まかな動きは以下のとおりである。車いすから椅子に移乗した装着者の大腿と骨盤部に、外骨格の固定具を装着する。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。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。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。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。外骨格の装脱着は主に介助者①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十分留意している様子であった。圧迫の予防として、固定具下には軟質パッドを用いていた。また、脱着時に発赤や傷の有無を目視で確認していた。行動解析の結果、介助者①は、歩行訓練が始まり、歩行動作が始まるまでの間に主導して介助を行っており、歩行動作が開始後は介助者②が主導していることが明らかになった。そのほかに、介助者①の介助内容は、歩行訓練が開始すると、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監視介助に変更となった。

介助者②の動作の概要は以下のとおりである。

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、歩行訓練の初期には、装着者の体幹が前傾しがちであることが見て取れた。その際に介助者②は、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ていた。初回ということもあり、介助者②が手を離れた瞬間に、装着者がバランスを崩し後方または前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②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。

初期訓練の行動解析の結果、初回歩行訓練については、介助が完全に分業化されていることから、介助業務に関しては、介助者間で円滑な情報共有がなされているといえる。しかしながら、介助者①のしゃがみ姿勢の割合が大きく、身体的な負担が大きいことがうかがえた。また、歩行介助が始まると、介助者②が装着者の歩行の安定化を図るために、歩行支援機器の保定にかなり上半身を使っていることや、装着者の歩行時の体重移動、歩幅の一定化を図るための負担が大きいことがわかった。今後は、作業負担の詳細で定量的な解析と主観的な評価の必要性が明らかとなった。

### ③安全チェックシートのひな形の試用と改善

安全チェックシートのひな形については、現在までに、吉備高原リハビリテーションセンターにおける臨床現場での試用と労働安全衛生研究所間における改修作業を数回経て、実際の臨床現場で活用可能なものを作成中である。

#### 【方法】

安全チェックシートは、ReWalk 及び FREE Walk の二種類の歩行支援機器に対し、装着者と介助者の 2 用途の計 4 種類を作成した。前述の歩行訓練の録画をもとに、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。ひな形の一例(ReWalk の介助者用シートの抜粋)を図 1 として示す。労働安全衛生総合研究所にて、吉備高原医療リハビリテーションセンターから送付の録画を用いた行動解析に基づき、安全チェックシートの改定を行い、吉備高原医療リハビリテーションセンターに返送する。それを実装してまた改善点が送付されてくる、という手続きが 3~4 回繰り返された。

#### 【結果と考察】

現在も、このやり取りは続けており、さらなる実用性

の向上を目指している。今のところ介助者と装着者のチェックシートの明確な記述分けが十分できておらず、さらなるやり取りが必要であると思われる。

### ④Mixed Reality (複合現実、MR)を用いた、安全教育・訓練動画の作成

安全チェックシートとは別に、教育・訓練もかねて安全チェックが可能な MR 動画を作製した(図 2)。実際の場面を画像に取り込み、注意すべき箇所を画面にポップアップさせ、介助者とそのポップアップ画面にタッチして留意点を確認する。この MR 画像は、例えば経験の浅い介助者でも、画面を見ながら訓練が可能となると思われる。今年度は、ReWalk の装着時から起立するまでの動画の作成を行った。今後は、立ち上がりから歩行訓練、歩行訓練終了から脱着までの MR 画像の作成を行う予定である。



図 2 MR 画像による安全チェックポップアップ画面

### (3) サブテーマ 3: 歩行支援機器モデル構想の提案

#### ①概要

サブテーマ 3 では、脊椎損傷者を対象とした歩行支援機器の安全性及び使用性を向上させる方策の提案に向け、機器の設計・試作を実施し、仕様検討を進めている。今年度は、国内外の歩行支援機器の現状を調べ、脊髄損傷に対する外骨格型機器の現状とリスク対策について整理した論文を労働安全衛生研究誌に投稿した。また、この調査結果から得られた課題を解決するため、新たな歩行支援機器の仕様検討を進め、吉備高原医療リハビリテーションセンターとの意見交換を経て、機構・構造の概略設計を行った。さらに、アルミ製の構造体と、カーボン製の下腿フレームのモックアップを外部委託にて製作し、これらの装脱着時および装着した歩行時における構造上の問題点の抽出や調整機構等の検証を行い、装着者に負荷な

く歩行可能であることを確認した。

## ②歩行支援機器の基本概念

脊髄損傷者用歩行支援機器の設計概念は、下肢の筋が麻痺あるいは筋力が低下した歩行機能障害者に用い、健常者に近い歩行を可能とし、外骨格とよばれる患者の体重を支持する装具にセンサ、アクチュエータを取り付け、関節を動力化し、コンピュータ制御により歩行機能の回復を図ることである。これは、宮本ら(1991)が述べている動力付外骨格型機器の設計概念や、米国食品医薬品局 (Food and Drug Administration: FDA) による Powered exoskeleton の考え方に基づいている。適応対象となる脊髄損傷者の神経学的レベルは T4-L5 の対麻痺で、ロフトランドクラッチ (前腕部支持型杖) を使用するため、上肢の機能が十分にあること、身長は 145-180 cm の範囲、体重は 100 kg 以下を想定している。対象動作は、歩行、起立、着座を想定している (図 3)。また、介助を担う理学療法士や使用者家族等の同伴者が使用することも想定している。

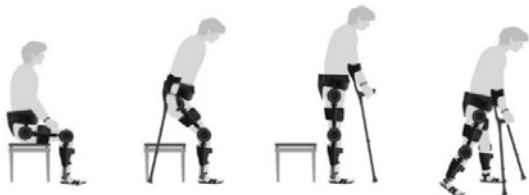


図 3 歩行支援機器の使用イメージ

## ③構造体の基本仕様

機器の基本仕様は、先行機種 **ReWalk** の外側系構造を参考にしているが、安全性と使用性を両立させることを目指す。今年度は、a) 日本人の身長や体型、X・O 脚にフィットすること、b) 皮膚トラブル防止に配慮すること、c) 分かりやすい調整/固定方式であること、d) 持ち運びがしやすいことについて配慮し、設計・試作を行った。

図 4 と図 5 は、機器の基本構造と概略図を示す。機器本体は、腰部(骨盤帯)・大腿・下腿・足部のフレームと、固定具で構成される。各部寸法は、人間生活工学研究センターによる日本人の人体寸法データベースに基づき、骨盤帯幅 305-405 mm、大腿長 370-490 mm、下腿長 285-415 mm、足部の長さ 220-280 mm の範囲で調整可能となるように設定している。また、日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会による下肢関節可動域を参考に、股関節は屈曲 115°/伸展 15°、膝関節は屈曲 110°の自由度を持たせ、将来的に関節軸直結型アクチュエータで駆動させることを想定している。足関節はバネ組み込み式のダブルク

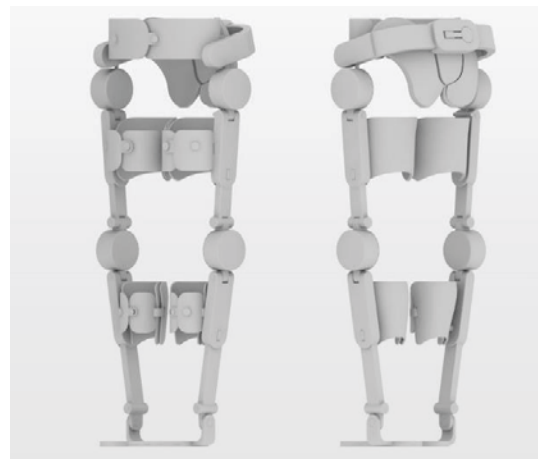


図 4 基本構造

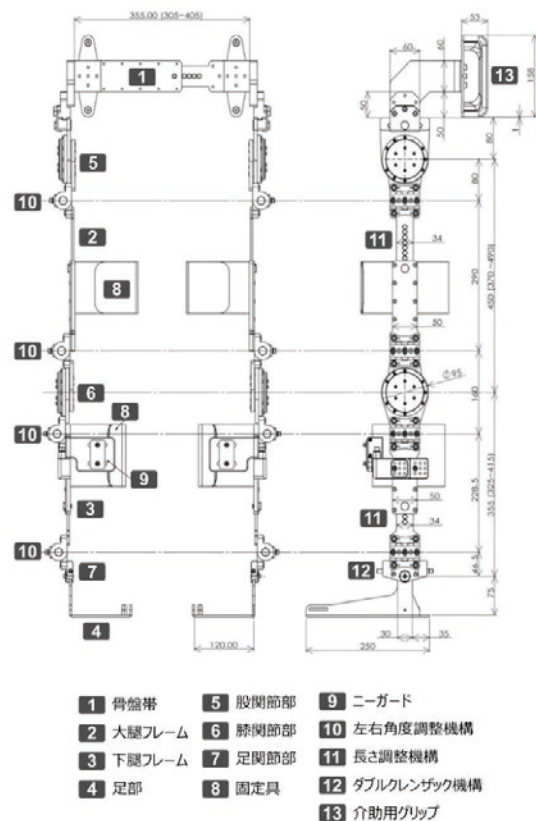


図 5 構造体フレームの概略図

レンザックと呼ばれる継手を模した機構を有し、足関節の底背屈を促す。

調整機能には、フレームの寸法調整と、関節軸周りの左右角度調整とがある。身長差に応じて、骨盤帯の幅・奥行きと、大腿・下腿フレーム長はスライド調整し、ピン式ボルトで締結する。X・O 脚に対応するため、股・膝・足関節軸周りには、新たに左右の角度調整機構を設け、外側 15°/内側 15°まで可変する。介助者に対する配慮として、骨盤帯の後面に脱着式の介助用グリップを設けている。また、持ち運びを考慮し、骨

盤帯、大腿フレーム、下腿フレームの接合部を共通化し、分割できる仕様となっている。

#### ④構造体フレームの試作

図 6 は、試作した構造体フレームのモックアップを示す。フレームは主に高力アルミ材で製作されている。関節軸の左右角度調節機構は、高力アルミ材と、剛性を確保するため、一部ステンレス鋼を用いている。骨盤帯の固定具は、シェル状の樹脂材成型品を加工したものを配置し、腰周りをホールドする。大腿・下腿フレームの固定具は、接触面積を広くとり、外装には軟質の樹脂材を、内装にはゲル状緩衝材を用い、過度の圧迫や擦過傷等の皮膚トラブルに配慮している。歩行や立ち座りの際は、膝関節周辺の負荷が高くなることが予想される。そのため、下腿固定具は、90°開閉および着脱機能を有し、高力アルミで製作されたニーガードが配置されている。それぞれの固定具はベルトで身体に密着させ固定されるが、ノブを回すことでワイヤが巻き取られて締め付ける方式を採用し、従来のベルクロ方式に比べて、調整と固定が容易となっている。モックアップの総重量は約 12.8 kg（骨盤帯 4 kg、大腿フレーム 1.2 kg × 2、下腿フレーム 2 kg × 2、足部 1.2 kg × 2）となり、今後、アクチュエータ、センサ、制御システム、バッテリーを組み込むことを考えると、更なる軽量化が必要となる。

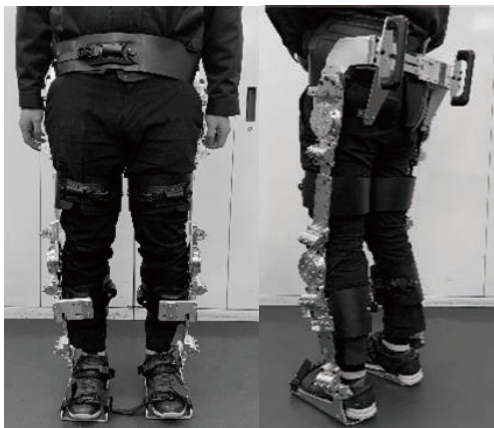


図 6 アルミ製の構造体フレーム(装着状態)

#### ⑤カーボン材を用いた下腿フレームの試作

図 7 は、軽量化と高剛性が期待できるカーボン材を用いた下腿フレームを示す。重量は約 1.5 kg で、アルミ製同部位に比べると約 58%軽量化されている。下腿フレーム本体は、ナイロンとカーボンの複合材(FDM Nylon 12CF)を用い、3D プリンタで出力されている。ソール部は、炭素繊維強化プラスチック(Carbon Fiber Reinforced Plastics: CFRP)を用い、オートクレーブ成形(シート状のカーボンに型に重ね合わせ高圧下で熱硬化させる工法)にて製作されている。膝関節軸受

け部の形状は共通化しているため、上記の構造モデルに接続することができる。強度設計の観点からは、下腿フレーム本体の曲げ剛性 EI は ReWalk の支柱とほぼ同等であることを確認している。関節軸の左右角度調整機構の仕様は、構造体フレームとほぼ同様であるが、歩行や立ち上がりの際に身体が左右に傾き、膝関節軸周辺に過負荷がかかることを想定し、外軸受け部に調整ボルトを追加することで、必要保持トルク 100 Nm(安全率を考慮して 200 Nm)を満たす仕様となっている。



図 7 カーボン製の下腿フレームとソール

#### ⑥試作物の検証

図 8 は、試作したモックアップの装着歩行の一例を示す。健常者ではあるが、負荷なく歩行可能であり、各調整機能の有効性が確認された。今後は、構造体フレームに関節軸直結型アクチュエータを組み込み、歩行アシスト機能に必要な仕様について検討する予定である。

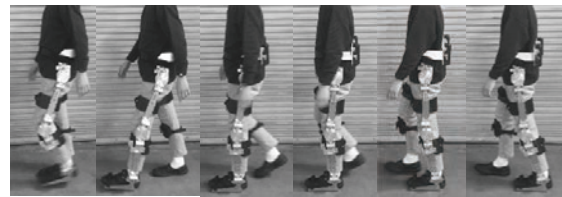


図 8 モックアップを装着した歩行

#### 【研究業績・成果物】

- 1) 小山秀紀, 北條理恵子, 池田博康 (2021) 脊髄損傷に対する動力付外骨格型機器の現状とリスク対策. 労働安全衛生研究, Vol. 14, No. 1, pp. 15-28.
- 2) R. Hojo, H. Oyama, H. Ikeda (2021) Task analysis using Behavior-based safety (BBS) for making safety check list for physical therapist. Proceedings of IEEE International Conference on Consumer

- Electronics (ICCE 2021), pp. 1–3.
- 3) 池田博康, 北條理恵子, 小山秀紀 (2020), 脊髄損傷者用動力付歩行支援機器の使用実態調査とリスク分析. 第 68 回日本職業・災害医学会学術大会.
  - 4) 北條理恵子, 小山秀紀, 菅知絵美, 池田博康, 高木元也 (2020), せき損を対象とした自立歩行支援ロボットによる歩行訓練時の介助者への安全対策に関する検討. 第 53 回安全工学研究発表会, pp. 171–174.
  - 5) 小山秀紀, 北條理恵子, 池田博康 (2020) 脊髄損傷患者に対する Exoskeleton の行動分析. 日本機械学会 2020 年度年次大会, W17203, pp. 1–2.
  - 6) 菅知絵美, 高木元也 (2020) 店舗販売小売業における労働災害発生状況に関する研究. 第 53 回安全工学研究発表会, 講演集, pp.165–168.
  - 7) 高木元也 (2021) 建設現場における死亡災害の実態とせき損等職業性外傷, 埼玉産業保健総合支援センター, 産業保健研修会



## (2) 高純度結晶性シリカにばく露して発症した呼吸器疾患に関する

### 労働衛生学的研究【3年計画の1年目】

甲田茂樹(所長代理),鷹屋光俊(ばく露評価研究部),山田丸(同)中村憲司(同),  
王瑞生(有害性評価研究部),小林健一(同),柳場由絵(同),豊岡達士(同),天本宇紀(同),  
久保田久代(研究推進・国際C),  
横田ゆみ(日本バイオアッセイ研究センター),山野荘太郎(同),武田知起(同),  
岸本卓巳(アスベスト疾患研究・研修センター),三浦元彦(東北労災病院),  
大塚義紀(北海道中央労災病院),五十嵐毅(同),岡本賢三(同),  
横山多佳子(旭労災病院),伊藤圭馬(同),本間浩一(獨協医大),西村泰光(川崎医大),加藤勝也(同)

【研究期間】 令和2~4年度

【実行予算】 45,240千円(令和2年度)

#### 【研究概要】

##### (1)背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズなど)

岐阜労働局から労働安全衛生総合研究所に依頼された労働災害調査をきっかけにして平成29年6月に厚生労働省より「高純度結晶性シリカの微小粒子を取り扱う事業場における健康障害防止対策等の徹底について」という通知が発出された。本案件は高純度結晶性シリカ(99.9%以上)の微小粒子(平均粒径1 $\mu$ m程度)を製造している工場で極めて短期間(3~7年程度)でけい肺が集団発生した。

米国のNIOSHはHazard Reviewとして2002年に“Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica”をまとめ、けい肺には①慢性けい肺(10年以上低濃度のシリカばく露)、②急進けい肺(5~10年で発症)、③急性けい肺(数週間~5年のシリカ高濃度ばく露)の3タイプを報告しているが、②と③について詳細を記述していない。岐阜のけい肺事案が事実であるのならば、現行の労働安全衛生法規や労働衛生管理の手法や内容に大きな影響を及ぼす可能性がある。この協働研究を通じて災害調査で危惧された呼吸器疾病の実態を把握する必要がある。

##### (2)目的

今回の呼吸器疾病の事案について、労働衛生的な観点から原因を究明して、疾病防止に資する作業環境及び作業管理、健康管理等の労働衛生管理を具体化させるためには以下の四つの目的を持って研究を立ち上げる必要がある。①極めて短期間に発症・進行するけい肺の原因はなにか? →吸入性粉じんの濃度が高いから? ばく露したシリカの粒子が微細だから? シリカの純度が極めて高いから? 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? →慢性けい肺と同様なのか? 急性けい肺のような肺胞蛋白症なのか? 病変部位や繊維化の程度は? 繊維化以外の病変? ③極めて短期間で発症・進行するけい肺を労働で予防するた

めにはどのようにすれば良いのか? →リスクの評価は個人ばく露か作業環境測定か? 粒度分布の情報は必要か? 発じんを防止する効果的な対策とは? 防じんマスクで十分か? 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? →従来のじん肺健診(胸部レントゲン、健診間隔)でけい肺の重症化を予防できるのか? 従来の作業転換の時期は適切か? 合併する肺がんを早期発見できるのか?

##### (3)方法

上記の研究目的を追求するために、ばく露評価研究班(鷹屋・山田・中村・篠原)、毒性影響研究班(王・小林・柳場・豊岡・西村)、臨床研究班(岸本・三浦・岡本・加藤・他)、労働衛生保護具等研究班(鷹屋・山田・日本保安用品協会)の四つを組織することとした。今回の労災事案のように高純度結晶性シリカにばく露して短期間でけい肺を発症させた企業を含めて、同様の高純度結晶性シリカを生産している企業等に協力を求めて、労働現場に赴いて高純度結晶性シリカにばく露する作業内容や作業環境・作業管理の状況等についてばく露評価研究班が確認する。具体的には作業環境測定及び個人ばく露測定を実施して、法定管理濃度やNIOSHなどの国際機関の提案している許容濃度と比較するだけでなく、OPC等の測定機器を用いてばく露しているシリカの粒度分布等を確認するなどして、高純度結晶性シリカばく露に伴うリスク評価を行う。現場で生産されている高純度結晶性シリカは動物を用いた毒性影響試験でも使用するため確保する予定である。さらに、高純度結晶性シリカの生産に従事する労働者の健康状態や呼吸器疾病の罹患状況を把握するために、健康調査表を用いたアンケート調査と必要な放射線医学的な検査(胸部レントゲンやCT検査など)を実施する。必要に応じて、事業所が実施しているじん肺検診等も確認する。これらの調査研究から高純度結晶性シリカにばく露する労働者の呼吸器疾病の臨床像を解明する。併せて退職者の健康状態も可能であれば把握する。これ

らの調査研究には臨床研究班があたるが、当該企業の所在地などを考慮して共同研究者を増やす予定である。シリカばく露による慢性けい肺は古典的な職業性疾患としてあまりにも有名であるが、今回のような極めて短期間で発症する急進けい肺のような事例が多数確認された報告はない。従って、慢性けい肺と発症メカニズムがどのように異なるのか、高濃度ばく露量の影響なのか、高純度シリカの影響なのか、微小粒子ばく露による影響なのか、毒性学的に未解明な事象が多い。さらに、シリカは IARC が発がん分類をグループ 1 としているが、高純度結晶性シリカの微小粒子ばく露が発がん性にどのように関わっているのか、免疫機能にどのような影響を与えるのか、等についても検討する必要がある。これらの研究は毒性影響研究班が担当する。最後に粉じん職場で従来より防じんマスクが呼吸保護具として活用されているが、今回のような微小粒子の発じん職場でどの程度有効なのか、確認する必要があるため労働衛生保護具等研究班が担当する。

#### (4)研究の特色・独創性

高純度結晶性シリカは半導体の充填剤として使用されてきたが、これほどまでにシリカの純度が高く微細な粒子が産業現場に出回ってきたのはここ 10 年くらいである。その意味で、本研究は新たな素材を用いた労働現場における職業病を解明し、発症防止策を提案するという特色を有する研究となる。さらには、じん肺法や粉じん則などで一括りにされてきたシリカを巡る労働衛生管理を見直す情報を提供できることとなり、労働安全衛生行政に大いに貢献できる可能性がある。また、前出した U.S.NIOSH の Hazard Review “Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica”や文献検索結果などから、医学情報の少ない急進けい肺について解明できるのであれば、極めて有意義な労働衛生上の研究といえる。

#### 【研究内容・成果】

令和 2 年度、とりわけ前半はコロナ禍の影響で各研究班が積極的に集まる機会をつくるのが困難でした。そのことは高純度結晶性シリカを取扱っている事業所に関しても同様であったが、10 月以降、高純度結晶性シリカを取扱っている事業所の中から 7 社を選定し、本調査研究への協力依頼し、うち 6 社と WEB 会議を行い、調査研究内容を説明した。6 社中 5 社から事前の訪問調査の内諾を頂いており、1 社について既に事前の訪問調査を済ませた。併せて、事業所で取扱っている高純度結晶性シリカの SDS とサンプルの提供を申し出ており、提供されたサンプルをも

とに純度、粒径分布、形状等の確認作業を行っていく予定である。

高純度結晶性シリカの毒性メカニズムを巡る実験研究は細胞を用いた In vitro レベルでの実験研究とラット等の実験動物へばく露(気管内投与と経気道ばく露)の In vivo レベルの実験研究を予定しており、こちらの方が比較的順調に行われている。

まず、In vitro レベルでの実験研究についてであるが、シリカ粒子の粒子径と結晶度の違いによる毒性影響を調査するべく、サブミクロン程度の結晶性シリカ粒子(CSP)と非晶性シリカ粒子(ASP)を次の方法で調製した。CSP は、平均粒子径 1.6 $\mu\text{m}$  の結晶性シリカ粉末を 0.2、0.3、0.4、0.7、1.6 $\mu\text{m}$  の 5 つの分画に遠心機で分級した。これと同程度の粒子径の ASP を TEOS から Stöber 法により合成した。得られた 10 種類のシリカ粒子をマクロファージに 24 時間ばく露した時の毒性を評価したところ、CSP の毒性は、1 $\mu\text{m}$  以下ではほぼ一定となり、1.6 $\mu\text{m}$  の 2 倍であった。一方で、ASP の毒性は、粒子径が小さくなるほど高くなり、0.2 $\mu\text{m}$  の時にサブミクロンの CSP と同等になった。この結果から、高純度結晶性シリカ粒子では、粒径の違いが細胞毒性作用に強く関与することを示すものである。また、一般的に毒性が低いとされる非晶性シリカでも、粒径が小さい場合には結晶性シリカと同程度の毒性を示す可能性があり、今後、さらなる検討が必要である。

In vivo のラットを用いた動物実験では 0.3 $\mu\text{m}$  と 1.6 $\mu\text{m}$  の粒径の高純度結晶性シリカを用いて気管内投与を開始したが、投与する高純度結晶性シリカの粒径や濃度等を調整して来年度から本格的に行う予定である。経気道ばく露については、現在、小型及び大型の粉じんばく露装置を制作中であり、ばく露する粉じんの発生装置や発生した粉じんの粒度・濃度をリアルタイムに確認するシステムも併せて制作中であり、来年度以降、経気道ばく露実験が可能となる予定である。

#### 【研究業績・成果物】

[国内外の研究集会発表]

- 1) 天本宇紀、豊岡達士、王 瑞生、甲田茂樹(2021) サブミクロンシリカ粒子の粒子径と結晶度に起因する細胞毒性の評価、日本薬学会第 141 大会。
- 2) 山田 丸、柳場由絵、久保田久代、天本宇紀、甲田茂樹(2021)SEM-EDS による粒子分析法を応用した BALF 中マクロファージの微細シリカ粒子貪食率測定法の開発、第 94 回日本産業衛生学会。

- 3) 天本宇紀、豊岡 士、王 瑞生、甲田茂樹(2021)  
結晶性及び非晶性シリカ粒子の微小化と細胞毒性の関係、第94回日本産業衛生学会.

### (3) ベリリウム化合物等の取扱作業等へのばく露防止及び健康管理に関する研究

(安衛研分担):ベリリウム取扱労働者のばく露実態調査、及びALMB法の運用に関する研究【3年計画の1年目】

研究代表者:松尾正樹(中部労災病院),

豊岡達士(有害性評価研究部), 柏木裕呂樹(同), 王 瑞生(同),

山田 丸(ばく露評価研究部), 鷹屋光俊(同), 甲田茂樹(所長代理), 横山多佳子(旭労災病院)

【研究期間】 令和2～令和4年度

【実行予算】 14,926千円(令和2年度)

【研究概要】

(1)背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズなど)

ベリリウムは原子番号4、原子量9.012のアルカリ土類の軽量かつ強靱な金属であり、物理化学的に安定で電気や熱の伝導性が高く、酸化抵抗性の高さなどから機械、通信、コンピュータ、航空宇宙産業、原子力産業など多くの分野で用いられている。一方で、ごく微量のばく露によってもベリリウム感作が成立し、感作した状態でその後も継続的なばく露を受けることで、肺類上皮細胞肉芽腫病変を特徴とする慢性ベリリウム症(CBD:Chronic Beryllium Disease)を発症しうることが知られている。現在のところCBDの治療法は確立されておらず、線維化の進行により呼吸不全を呈し致命的となることもある。

我が国において、ベリリウム、及びベリリウム含有率1%以上の化合物(ただし、合金である場合は含有率3%以上)は、特定化学物質障害予防規則による第一類特定化学物質に指定されており、その気中管理濃度は $0.001\text{mg}/\text{m}^3$ である。しかしながら、実際には3%以下のベリリウム合金を取り扱う我が国の事業所においてCBDの発生が報告されている。他方、米国ではベリリウム含有率0.1%の合金から管理対象としており、2018年には米国安全衛生労働局(OSHA)がベリリウム衛生管理におけるFinal Ruleを発効し、許容ばく露限界値を $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ から $0.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ (8時間平均)へ引き下げ、さらに短時間ばく露限界値(STEL)として、 $2\mu\text{g}/\text{m}^3$ (15分間)を新たに設定された。また、Final Ruleでは、作業者の健康管理を含め、職場のベリリウム衛生管理における雇用者責任が明確にされた。これらのことを踏まえると、我が国におけるベリリウムばく露状況及び、その健康影響の把握は喫緊に必要であり、ベリリウムのばく露評価、衛生管理のあり方について検討することは、我が国のベリリウム産業を健全に維持・発展させるために必須である。

ベリリウム感作の発見、及びCBDの診断には、ベリリウムを抗原としたリンパ球幼若化(増殖)試験(BeLPT: Beryllium lymphocyte proliferation test)が用いられるが、リンパ球増殖を評価するトリチウムチミジン法による現行法では測定値のばらつきが大きく、判定が困難な場合も多いことが問題となっていた。本協働研究における研究グループでは先行研究におい

て、細胞の蛍光性色素代謝を指標に細胞数を評価するアラマブルー法(ALMB法)がBeLPTに応用可能であり、精度よくベリリウム感作を検出できることを示した。ALMB法は精度が高く、放射性同位元素を使用しない等、いくつかの点でトリチウムチミジン法に比べて利点があり、今後ベリリウム作業者の健康管理に利用できる可能性があると考えられる。また、CBDの早期発見には初期変化を捉えるためのCT検査が重要であり、被曝低減のために低線量CTの応用も検討すべきであると考えられる。実際に、米国OSHAが要求する健康診断項目には、BeLPT及び、CTスキャン等が定められている。一方、我が国でベリリウム作業者に実施されている特殊健康診断項目には、CBDが免疫性疾患であるにも関わらず、免疫学的検査(BeLPT)の項目がなく、胸部X線単純撮影は項目としてはあるものの、当該手法ではCBD初期病変を捉えることは困難である。これらのことから特殊健康診断の見直しを視野にいれ、我が国におけるBeLPTのシステムティックな運用方法、及びCTスキャンによるCBD初期病変の診断基準等を整備していく必要がある。

CBDは労災補償の対象であるが、CBDと臨床像、病理学的所見が酷似する病変に肺サルコイドーシスがある。ここで最も懸念されることは、CBDであるのに、肺サルコイドーシスの診断を受け、本来受けるべきである補償から漏れている患者が存在する可能性があることである。実際に、米国において、肺サルコイドーシス患者を精査した結果、その最大6%がCBDであったという報告がなされている。現在のところ、CBDと肺サルコイドーシスを画像または病理診断で鑑別することは困難であると考えられているが、B-LPT及び職歴ヒアリング等で裏付けをとりながら、肺サルコイドーシスとCBDの臨床的鑑別方法を開発することは医学的に重要な課題であり、さらに、誤診断者にしかるべき対応をすることは、社会的に必要であると考えられる。併せて、ベリリウム感作状態は臨床的には無症状であるが、将来CBDに発展する蓋然性が高いため、感作者の医学的・社会保障的にかにフォローアップしていくかを同時に考えていく必要がある。

CBD患者の医学的対応について、CBDには免疫抑制剤であるステロイドが投与されることが多いが、標準的な対処法は確立されていない。我々の先行研究では早期にステロイド療法をはじめること、症状

の悪化を遅らせることができるであろうことを見出し、今後、ステロイド療法を始めるステージの検討や、投与量、効果持続性等を見極め、CBDの治療法を確立することが重要であると考えられる。

第13次労働災害防止計画では、計画の重点事項として「化学物質等による健康障害防止対策の推進」が掲げられており、本研究を実施することは、労働安全衛生政策に貢献するとともに、第13次労働災害防止計画の推進に大きく寄与するものであると考えられる。

## (2)目的

本研究では3つの研究課題を設定している。各課題の目的は以下の通りである。

- ① ベリリウム取扱事業場労働者を対象とした臨床研究
  - ▶ ベリリウムばく露集団における、ALMB法によるベリリウム感作スクリーニング、及び低線量CT検査を実施し、ばく露実態、生化学指標、臨床所見等の関連性に関する総合的知見の蓄積を図り、②の知見も合わせることで、ベリリウム作業者の健康管理、具体的には、これまで見直しが行われていなかった特殊健康診断項目の見直しの提案を目指す。
- ② ベリリウム取扱労働者のばく露実態調査、及びALMB法の運用に関する研究
  - ▶ ベリリウム取扱事業場におけるばく露実態を明らかにし、ばく露評価手法の開発、特に、現場で問題となる比較的高濃度のベリリウムによる短時間ばく露をいかに評価していくかを検討するとともに、ばく露防止対策のあり方を提案する。
  - ▶ 臨床的CBD認定患者、サルコイドーシス患者、ベリリウムばく露集団、健常者にALMB法によるBeLPTを実施し、ベリリウム感作判定に関するさらなるデータの蓄積を図り、ALMB法によるBeLPTのシステムティックな運用を目指す。
- ③ CBD診断基準開発、治療及び肺サルコイドーシスとの鑑別に関する研究
  - ▶ 職業性肺疾患である慢性ベリリウム肺の診断に必要な知見の確立に加え、肺サルコイドーシスとCBDの類似点と相違点を明らかにし、CBD診断基準作成に資するデータの蓄積を図る。またCBDの臨床経過、治療法の検討も視野に入れ、健康管理手帳の交付要件の見直し案や労災認定の基準の見直しの提案を目指す。

## (3)方法

本研究は、中部労災病院、旭労災病院、労働安全衛生総合研究所(安衛研)からなる3つの研究班を立ち上げ、協働で研究を実施する。以下では、安衛研が担当する研究課題「ベリリウム取扱労働者のばく露

実態調査、及びALMB法の運用に関する研究」について主に記載する。なお、「ベリリウム取扱事業場労働者を対象とした臨床研究」は中部労災病院(研究代表者:松尾)が担当し、③「CBD診断基準開発、治療及び肺サルコイドーシスとの鑑別に関する研究」は、旭労災病院(研究分担者:横山)が担当する。また、ベリリウム取扱事業場との折衝や、厚生労働省との調整を要するため、機構本部研究試験企画調整課と密に連携して行う。

ベリリウム取扱労働者のばく露実態調査では、労働現場に赴いてベリリウムにばく露する作業内容や作業環境・作業管理の状況等について労働安全衛生総合研究所が確認する。具体的には(作業環境測定及び個人ばく露測定を実施して、法定管理濃度やOSHAなどの機関が提案している許容濃度と比較するなどの)評価を行う。また、ベリリウム取扱作業員に対してALMB法によるベリリウム感作の調査、ベリリウム感作の感受性に影響していると考えられている遺伝子多型(HLA-DPB1 E69)の解析等を実施する。

ALMB法の運用に関する研究では、CBD患者、及びベリリウム非取扱者(サルコイドーシス患者含む)について、ALMB法を用いたリンパ球幼若化試験(ALMB-BeLPT)を実施し、ベリリウム感作の判定基準を確定する。また、将来的な特殊健康診断における実施を見込み、現実的に実施可能な試験条件(手順等)を考案する。

## (4)研究の特色・独創性

本研究の特色は、労災病院の呼吸器専門医師と、安衛研の研究者を中心に、協働で、現在規制対象外である含有濃度3%以下のベリリウム合金を扱う事業所を主対象に、ばく露状況や健康障害の実態とベリリウム感作との関連、CTによる健康障害の早期評価の可能性、免疫学的知見などを総合的に解析する点である。本研究によって得られる知見は、我が国のベリリウム衛生管理やベリリウム取扱作業員の健康管理の見直しに直結するものと考えられる。

また、我が国におけるCBDと肺サルコイドーシスについて比較検討した報告や、肺サルコイドーシス患者に対して詳細なベリリウムばく露歴の聴取やBeLPTについて検討した報告はない。両疾患が臨床的、病理学的に類似した特徴をもつことから、肺サルコイドーシス症例にベリリウムばく露や感作の観点からアプローチすることは独創的な研究と考える。また、慢性ベリリウム症の長期の臨床経過についてはその報告は少ないため、症例集積による検討によって治療法の確立も期待される。

## (5)研究内容・成果

安衛研が担当する「ベリリウム取扱労働者のばく露

実態調査、及び ALMB 法の運用に関する研究」を中心に令和 2 年度の研究成果を記載する。

A) ベリウム取扱労働者のばく露実態調査  
複数のベリウム取扱事業所と現場調査の交渉を実施したが、新型コロナウイルスの社会的混乱の影響もあり、事業所との交渉が難航した。このような中、1 事業所から研究調査の受け入れ承諾があったものの、事前調査等は研究計画 2 年目 (令和 3 年度) に実施の予定である。その他ベリウム取扱事業所についても、継続的に交渉をしているところである。

B) ALMB 法の運用に関する研究  
これまでにベリウム取扱経験者約 80 名を対象に ALMB-BeLPT を実施し、ベリウム感作者のリンパ球のリンパ球増殖が惹起される BeSO<sub>4</sub> の濃度範囲を見出すと共に、臨床所見と突き合わせ、Stimulation Index (S.I.)=1.1 以上になったとき、ベリウム感作有り (陽性) という暫定判定基準値を見出した。一方で、この判定基準値は、ベリウム取扱経験者を対象とした検討から見出したものであるため、判定基準値を確固たるものにするためには、ベリウムを取り扱ったことがない者 (ネガティブコントロール) を対象にした検討が必須である。そこで本年度 (令和 2 年度) はネガティブコントロール群を中心に ALMB-BeLPT を実施した。ネガティブコントロール群 (26 名) は、いずれの BeSO<sub>4</sub> 濃度 (1, 2, 3, 5, 10, 30, 100 μM: 各濃度 n=5) においても、S.I. が 1.1 を大きく超えることはなかった。他方、CBD 患者 2 名をポジティブコントロールとして ALMB-BeLPT を実施したところ、1-3 μM の BeSO<sub>4</sub> で S.I. が 1.1 以上となった。また、過去に高濃度ベリウムばく露を受け、急性ベリウム症疑いの診断を受けている被験者について ALMB-BeLPT を実施したが、S.I. はいずれの BeSO<sub>4</sub> 濃度においても 1.1 を超えることはなかった。なお、当該被験者の臨床所見は、肺野に異常陰影があるものの CBD を疑う所見ではなく、化学炎症であると考えられる。さらに、CBD と臨床所見、病理所見が酷似するサルコイドーシス患者 5 名についても ALMB-BeLPT を実施したところ、いずれの BeSO<sub>4</sub> 濃度においても S.I. が 1.1 を超えることはなかった。なお、これらサルコイドーシス患者らはアンケート調査からもベリウムの取扱がないことが確認されており、この結果は ALMB 法によりベリウム感作を特異的に検出できていることを示すものであると言える。以上の結果より、ALMB-BeLPT によるベリウム感作判定基準値には、S.I.=1.1 以上とすることが妥当であると考えられるが、現段階ではネガティブコントロールは 27 名のみでの検討であるため、さらに被験者を増やし検証する必要がある。

ALMB-BeLPT によるベリウム感作判定を、将来

的に特殊健康診断等において、多人数実施する必要が出てきた際には、上記のように全ての BeSO<sub>4</sub> 濃度について試験をすることは操作が煩雑であり現実的ではない。これまでの検討から、ALMB-BeLPT では、ベリウム感作者の末梢血リンパ球は、BeSO<sub>4</sub> 濃度 1-5 μM の範囲に S.I. のピークが現れることを確認している。そこで、現実的な試験実施を見据え、BeSO<sub>4</sub> による刺激を 3 μM のみとする代わりに、well 数 (N 数) を増やし (n=12)、操作を簡便にし、効率を上げると同時に、ピペッティング作業等、技術的な問題で偶発的に生じる外れ値の影響を低減 (精度を上げる) する工夫をした。図 1 に結果を示す通り、ネガティブコントロール群 (26 名) の S.I. は全て 1.0 前後であった。また、サルコイドーシス患者、ABD 患者についてもほぼ同様の結果であった。一方、CBD 患者では、S.I. が 1.1 以上 (例: 1.31±0.17) であり、明確な判定が可能であった。なお、米国を中心に実施されているトリチウムチミジン取り込み法による BeLPT では、S.I. の変動係数 0.3 以下になるように、外れ値を除外する方法が取られているが、本方法では変動係数 0.074 であり、精度が高い検査方法であると考えられる。

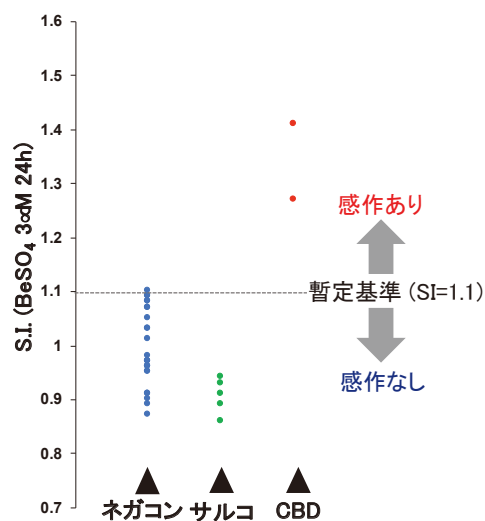


図 1: ALMB-BeLPT によるベリウム感作判定

ベリウムに対する感受性が高くなることが報告されている特定遺伝子 (HLA-DPB1 E69) について、その保有状況を被験者 34 名全員検査したところ、全体の 73% が HLA-DPB1 E69 のアレルを保有していた。このうち、1 アレルのみの保有は 53%、2 アレル保有は 20% であった。ネガティブコントロール群 (26 名) でみると、E69 アレルの保有率は 65.3% (17 名) であり、CBD 患者 2 名 (ポジティブコントロール) は、2 名とも E69 を 2 アレル保有していた。なお、急性ベリウム症

と考えられる 1 名は 1 アリルが E69 であり、サルコイドーシス患者 5 名では 4 名(80%)が E69 アリルを保有していた。本結果で見られたように、E69 アリルを 2 つ保有する被験者は、全体でみると 20%であったのに対して、CBD 患者では 100%保有していたことより、被験者数は少ないものの、E69 アリルがベリリウム感作の感受性に影響していることは明白であると考えられる。また、特筆すべきは、全体の約 7 割が E69 アリルを 1 つ、ないしは 2 つ保有しているということである。この割合は HLA 研究所が日本人約 3000 名を対象に HLA 遺伝子多型を調査した結果ともほぼ一致している。E69 アリルを保有する場合、保有なしと比べて 2-20 倍ほどベリリウムに対する感受性が高まること、米国で実施された疫学調査で報告されている。米国人における E69 アリルの保有率は約 20%であることを鑑みると、日本人は元来ベリリウムに感受性が高い集団ということもできる。HLA-DPB1 E69 の保有状況は、ベリリウムの労働衛生管理に利用できる可能性もあるが、職業倫理の問題等、多方面からの議論が必

要であると考えられる。

#### 【研究業績・成果物】

[その他の専門家向け出版物]

- 1) 豊岡達士, 甲田茂樹 (2021) ベリリウム及びその化合物による健康障害の防止と職場における労働衛生管理—最近の動向と我が国の課題—, 産業衛生学会誌総説, 63, 31-42.

[国内外の研究集会発表]

- 1) 豊岡達士 (2020) ベリリウムによる DNA 損傷応答の抑制と変異上昇に関する研究. 日本環境変異原学会第 49 回大会, JEMS/JSOT 合同シンポジウム「身近な遺伝毒性リスク」
- 2) 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 王瑞生, 佐々木毅, 甲田茂樹 (2020) ベリリウム及びその化合物の健康障害と職場における労働衛生管理-ベリリウム感作と免疫学的検査の重要性-. (書面発表) 日本職業・災害医学会会誌. 68, 192. 2020 年 12 月

### 3. プロジェクト研究成果概要

#### (1) 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4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 2 年度

【実行予算】 6,000 千円(令和 2 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、柵又は囲い等を設けること」と規定されている。これは、産業用ロボットと作業者は、柵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。

- ① 危険領域の周囲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)。
- ② 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(停止の原則)。

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。そこで本研究では、まず、人・機械・環境の情報を Cyber Physical System(CPS)で共有することで安全制御を実現する場合の条件として、物理層・データ層・論理層の 3 つの基本要素から成る簡易的モデル化を検討し、安全の原理の展開を試みた。

次に、既存のリスク低減方策に加えて、ICT 機器を利用した新たなリスク低減方策として 3 ステップメソッドにおけるステップ 2 に ICT 機器を適用する方法として、市販されている Bluetooth Low Energy (BLE) タグの安全関連用途への適用を検証する一環として、 $PFH_D$  を低減する方法論とその実現可能性について

検討を行った。その結果、二重化システムの構築やバッテリー充電時のリセットによる機能診断など、適切な安全設計が施すことができれば、安全制御関連システムが要求する危険側故障発生確率をクリアする可能性は高いことが確認された。

##### (2)目的

本年度は、今までの研究を踏まえて、3ステップメソッド適用後の残留リスクに対して ICT 機器を適用した行動モニタリングシステムを開発して人の注意力のみに依存しない支援的保護システムの提案を行った。さらに、人と機械が同空間で同時間に作業する某企業の現場において、接触事故を削減するため、行動分析学の問題行動の改善・解決のための一手法である「行動課題分析」を用いた。現場でのリスクは、複数の作業者とフォークリフト(以下、FL と称す)の接触事故である。作業状態の課題分析を行うことで不安全行動の削減、リスクが発生しやすい場所の特定(リスクポイント)及び作業の最適化を目的とした。

##### (3)行動モニタリングシステム

本実験で開発した行動モニタリングシステム(図1)は、複数のカメラやセンサー同士を連携させることで屋外使用を可能にするシステムである。このシステムにより、異常検知及び通知、予知予測に繋がる解析のための作業者と機械の位置・大きさ・温度データ等の取得が可能となった。主な仕様及び機能は以下となる。

- ① 入力機器:行動モニタリングシステムは入力機器として、可視カメラ、Mobotix社製サーマルカメラ及び 3D-LiDAR を組み合わせて使用した。
- ② データの統合・解析・出力:各機器のデータは、Video Management Software(以下、VMS と称す。)を介して統合・解析を行い、結果を出力する。提供する情報は、動画とそれにタグ付けされた行動分析データとなる。
- ③ 作業及び重機の位置を正確に捉えるための技術:行動モニタリングシステムは、センサー動画データを保存・蓄積・管理する VMS を活用したセンサーフュージョンを用いた。この技術により、屋外環境であっても正確な行動分析データ取得を実現する。以上が行動モニタリングシステムの仕様となる。



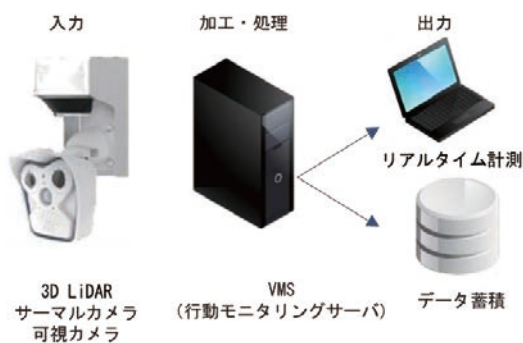


図1 開発した行動モニタリングシステム

(4)実験方法

実験は、モニターフィルムを製造する会社内の輸送現場で実施した。

図2に示すように、FLと複数の地上作業員が同一場所にて作業している。FL及びそのオペレーターの動線は、白い破線となる。

作業内容は、ワーク（製品）がエレベータから運ばれ、FLで包装機に運ばれ、包装されてから現場外に運び出される。そしてワークにIDシールを貼る、ラップフィルムを止める等の移送以外の作業の必要があるため、FLのオペレーター以外にも、地上で作業をサポートする複数の作業員が存している。

方法

- 場所：某モニターフィルム会社運輸現場（神戸、日本）
- フォークリフト（FL）と3人の地上作業員が一緒に働いている
- FLと労働者の接触事故のリスクを回避する
- ビデオ録画された職場を課題分析

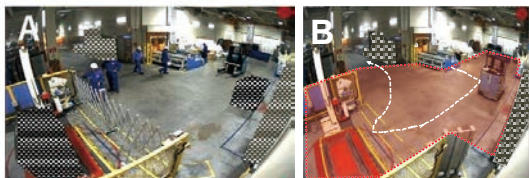


図2 実験を行った作業現場

(5)結果と考察

はじめに、1人、2人、または3人の作業員の作業状況をビデオ録画で分析した。本作業現場では、通常勤務では3人作業、夜間は1人作業となる。

図3Aは、作業時間あたりのFLとの作業員の接触時間、図3Bは、包装機への接近時間を示している。どちらも2人または3人での作業のリスクが高くなる傾向がみられた。

単独(1人)作業では、接触災害のリスクはほとんどない。すなわち、一人作業においては、FLのオペレーターが一人ですべての地上作業も行うため、動いているFLと接触する機会がないため、事故は発生しない。図3Cは、作業物がエレベータに接触した

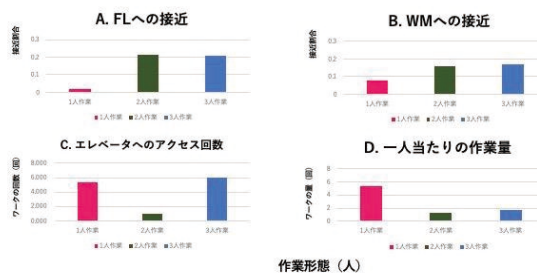


図3 作業員数における作業負担の解析

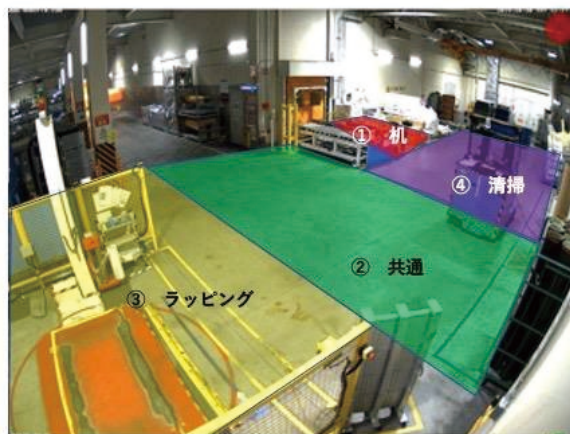


図4 課題分析に用いた作業現場のエリア

回数を示す。ここでは、3人で作業する場合、リスクが高くなっていることが明らかになった。図3Dは作業量を示す。1人作業の負担は大きいといえるが、本実験で標的としたリスクは、FLと作業員との接触災害であるため、そのリスクが高いことが示された3人の作業の状況を課題分析した。FLと作業員の接触事故が発生しやすい場所を同定するために、作業現場を、デスク(図4中の赤い部分)、共通(図4中の緑)、ラッピング(図4中の黄色)、および清掃作業(図4中の紫)の4エリアに分割した。

図5は、当該作業現場における3人作業の職場の課題分析図を示す。この図には、時間と場所の要素が含まれている。図中のピンクの矢印は作業員1、すなわちFLのオペレーターの動線を示している。同様に、緑と青の矢印は、2番目と3番目の労働者の動きを示す。

黒い矢印は製品の動線を示す。色付きの四角形の部分は、分割された各エリアを示しており、それぞれの色は図4のエリアと対応している。ピンクの矢印はFLの動きを表しており、緑と青の矢印すなわち残りの2名の作業員が交差する点がFLとの接触事故が発生しやすい場所(リスクポイント)となる。課題分析によると、リスクポイントは、共通エリアからラッピン

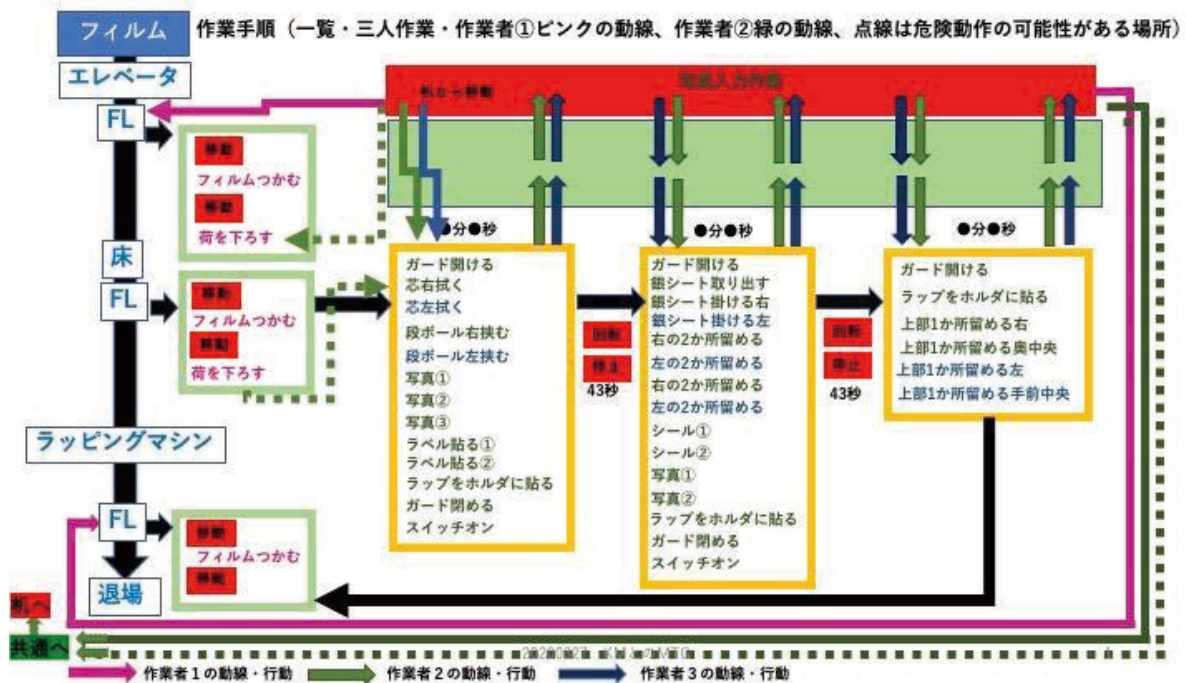


図5 3人作業における課題分析図

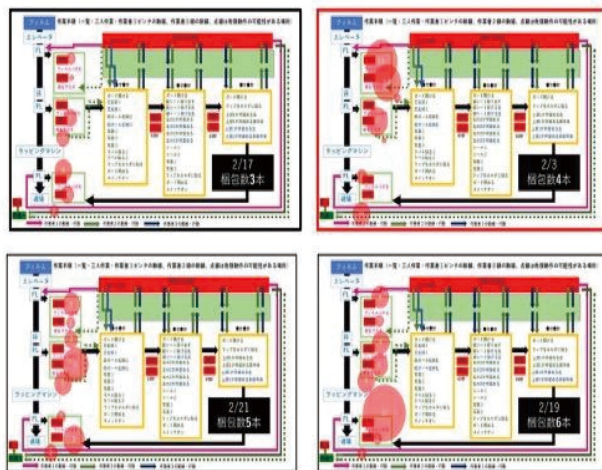


図6 製品数とリスクポイントの関係

グエリアの境界に存在することが明らかになった。

次に、勤務時間中に製品が現場に配達された個数により、交差の回数がどう変化するかを分析した(図6)。

図中の赤い丸の大きさの違いは、交差点の数を示しており、大きくなるにつれて接触災害のリスクが大きくなることを示している。図の左上の課題分析は、作業時間中に製品が3個運ばれてきた場合である。これを見ると、リスクはそれほど大きくないことが明確となった。また、製品が4個、または5個であってもリスクは大きくないことが示された。しかしながら、6つ

の製品が運ばれてきた場合には、リスクポイントが大きくなり、接触災害のリスクが大きく変化することが明らかとなった。その結果、3人作業下で比較的安全に作業するためには、勤務時間内の製品の処理は6個以下に抑えることが望ましいことが示唆された。

【研究業績・成果物】

[国内外の研究集会発表]

- 1) Shoken Shimizu, Rieko Hojo (2021) Examination of reliability and convenience of the Safeguarding Supportive System (SSS) – Experimental evidence at a company, IEEE Life Tech 2021, Abstract book, p. 63.
- 2) Rieko Hojo, Hideki Oyama, Hiroyasu Ikeda (2021) Task analysis using behavior-based safety (BBS) for safety check list for physical therapist. 39th IEEE International Conference on Consumer Electronics. On line, 2021年1月12日.
- 3) Rieko Hojo, Tetsuo Suhino, Christoph Bordlein, Yuka koremura, Shoken Shimizu (2021), Risk distribution method from worker behavior measurement using Behavior-Based Safety Procedure. 2021 IEEE 3rd Global conference on Life Sciences and Technologies, p. 35-36.

- 4) Yuka Koremura, Rieko Hojo, Shoken Shimizu (2021) Principles of behavior for solving problems in man-machine collaboration. 2021 IEEE 3rd Global conference on Life Sciences and Technologies, p. 31-32.
- 5) Hiroyasu Ikeda, Tsuyoshi Saito, Kohei Okabe(2021) , Development of a Walking Dummy Reproducible Fall Sign Patterns of Wearable Walking Support Devices, IEEE International Conference On Intelligence And Safety For Robotics 2021.
- 6) Shoken Shimizu and Rieko Hojo(2020) Behavior tracking system under the Safeguarding Supportive System (SSS) at a tunnel construction site. Tunnel Safety and Ventilation 2020. On line, 2020年12月1日.
- 7) S. Shimizu, K. Hamajima, S. Umezaki and R. Hojo(2020) Experimental trial of three-dimensional location detection of workers using the Safeguarding Supportive System (SSS) at a tunnel construction site. ITA-AITES World Tunnel Congress, WTC2020 and 46th General Assembly. On line, 2020年9月16日.
- 8) Shoken Shimizu, Takahiko Shobu, Naoto Yoshida, Takeo Kiyohara, Christoph Bördlein and Rieko Hojo(2020) Dynamic Risk Assessment to promote collaborative safety among human, Machine, and Environment. Cultuo-Behavior Science Conference 2020 in ABAI, # 15(80) , On line, 2020年10月9日.
- 9) Shoken Shimizu, Takahiko Shobu, Naoto Yoshida, Takeo Kiyohara, Christoph Bördlein and Rieko Hojo(2020) Fusion of the machinery safety and Behavior-Based Safety (BBS) – Application of Dynamic Risk Assessment using Task Analysis to manufacturing work site. The 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) , On Line, 2020年12月8-11日.
- 10) R. Hojo, K. Hamajima, S. Umezaki and S. Shimizu(2020) 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. ITA-AITES World Tunnel Congress, WTC2020 and 46th General Assembly. On line, 2020年9月16日. Rieko Hojo, Takahiko Shobu, Naoto Yoshida, Takeo Kiyohara, Christoph Bördlein and Shoken Shimizu. A task analysis including worksite area and time factors at a manufacturing company. Cultuo-Behavior Science Conference 2020 in ABAI, # 15(74) , On line, 2020年10月9日.
- 11) Rieko Hojo and Shoken Shimizu(2020) Behavior-Based Safety (BBS) as a novel aspect of the safety risk assessment at a tunnel construction site. Tunnel Safety and Ventilation 2020. On line, 2020年12月1日.
- 12) Rieko Hojo, Christoph Bördlein and Shoken Shimizu(2020) Human Factor for Risk Estimation. the 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) , On Line, 2020年12月8-11日.
- 13) 齋藤剛, 池田博康, 濱島京子(2021) 中小機械製造業者を対象とした設計段階での危険源同定の支援に関する考察. 日本機械学会北陸信越支部第58期講演会, pp. B032.
- 14) 清水尚憲, 北條理恵子(2020) トンネル施工現場における支援的保護システム-トンネル施工現場における支援的保護システム. 計測自動制御学会情報部門学術講演会 2020. On Line, 2020年11月16日.
- 15) 是村由佳, 清水尚憲, 北條理恵子(2020) 作業環境における組織行動の定量評価 組織パフォーマンスマネジメント手法の紹介. 第21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. On Line, 2020年12月16日.
- 16) 清水尚憲, 北條理恵子(2020) リスクにおける人の要素について人の資格と権限を考慮したリスクアセスメントの提案. 第21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. On Line, 2020年12月16日.
- 17) 清水尚憲, 北條理恵子(2020) 人と機械の協調安全におけるダイナミックリスクアセスメント手法の提案(座長, キーノート講演). 第21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. On Line, 2020 年 12 月 16 日.
- 18) 筋野哲央, 清水尚憲, Christoph Bördlein, 是村由佳, 北條理恵子(2020) 機械初心者の事故防止のための安全マネジメント. 第21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. On Line, 2020 年 12 月 16 日.
  - 19) Shoken Shimizu, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki and Rieko Hojo(2020) Novel Safety Management for Current Industry Revolution-Dynamic Risk Assessment. 安全工学シンポジウム 2020. Online, 2020 年 7 月 1 日.
  - 20) 清水尚憲, 北條理恵子(2020) 機械安全におけるダイナミックリスクアセスメントの提案. 日本機械学会 2020 年度年次大会. 2020 年度日本機械学会年次大会 特別企画プログラム, W17201 (1), P. 8. On line, 2020 年 9 月 14 日.
  - 21) 濱島京子, 齋藤剛(2020) 協調条件の考察. 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2020, PDF 予稿集 SS9-1-4.
  - 22) 濱島京子, 齋藤剛(2020) Cyber Physical System における安全の原理展開の試み. 安全工学シンポジウム 2020. pp. 134-137.
  - 23) 北條理恵子, 清水尚憲(2020) 大型モータ製造工場の入退場管理システムに支援的保護システム(SSS)を導入した例. 計測自動制御学会情報部門学術講演会 2020. On Line, 2020 年 11 月 16 日.
  - 24) 筋野哲央, Christoph Bördlein, 北條理恵子, 是村由佳, 清水尚憲(2020) 避難行動における安全確保の原理. 第21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. On Line, 2020 年 12 月 16 日.
  - 25) 北條理恵子, Christoph BÖLDLEIN, 是村由佳, 清水尚憲(2020) ダイナミックリスクアセスメントにおける人の行動の定量計測(座長). 第21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. On Line, 2020 年 12 月 16 日.
  - 26) 北條理恵子, 筋野哲央, Christoph BÖLDLEIN, 是村由佳, 清水尚憲(2020) 作業者の行動計測から見たリスク分散手法の提案-作業標準の遂行における結果の分析による対策の振り分け(キーノート講演, 座長). 第21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. On Line, 2020 年 12 月 16 日.
  - 27) Rieko Hojo, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Christoph F Bördlein and Shoken Shimizu(2020) Fusion of Safeguarding Supportive System (SSS) and Behavior-based Safety for dynamic risk assessment. 安全工学シンポジウム 2020. Online, 2020 年 7 月 1 日.
  - 28) 北條理恵子, 清水尚憲(2020) ダイナミックリスクアセスメントへの行動分析学の応用. 日本機械学会 2020 年度年次大会. 2020 年度日本機械学会年次大会 特別企画プログラム, W17201 (2), P. 8. On line, 2020 年 9 月 14 日.

## (2) 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3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 20 年から平成 29 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 69%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具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。

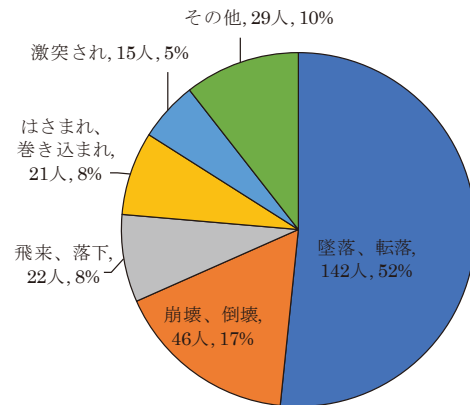


図 1 建築物の解体工事における死亡災害の発生状況 (事故の型別)  
(調査期間：平成 20 年から平成 29 年)

#### (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。

崩壊・倒壊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の評価する。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、適切な安全帯の構造等に関する検討、および適切な親綱の材質・設置方法に関する

検討を行った。本報では適切な安全帯の構造等に関する検討結果について報告する。

1) 解析諸元

墜落時においては、様々な落下姿勢が想定される。この点、フルハーネスの性能試験は、現状では、頭上ないし頭下落下のみを想定したものになっている。そこで本解析では、頭上落下と頭下落下に加え、頭下平行落下や頭横平行落下の場合など落下姿勢を実験パラメータ(図 2 参照)とし、安全性検討の第一段階として、墜落制止機能について検討を行った。また、現在日本で普及しているフルハーネスの種類としては、大きく分けて腿ベルト V 型と腿ベルト平行型が普及しており、また腿ベルト平行型では背中側のベルトが X 型のものや Y 型の物が存在する。これらフルハーネスの構造の違いについても検討を行った。

解析は、人体有限要素モデル(THUMS モデル)を用い、LS-DYNA によって墜落衝撃解析を実施した。

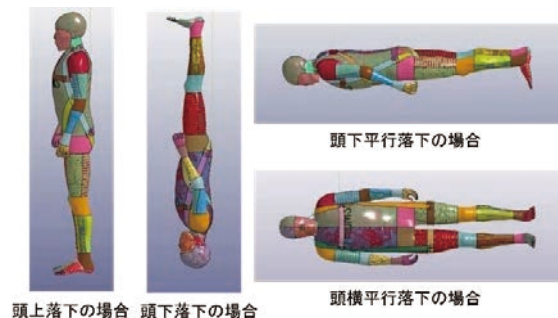


図 2 解析対象とした落下姿勢の例

2) 解析結果

解析結果を代表して4種類の墜落姿勢の例を図 3 に示す。

図 3(a) に示す結果は、日本以外の国々は標準モデルとされる腿ベルト V 型の結果である。地面と平行な姿勢で落下した場合、身体は 90°回転し、後頭部は D 環に当たるリスクが確認できる。ただし墜落制止機能は確保できていることがわかる。

図 3(b) は、同じく腿ベルト V 型を着用した場合であるが、墜落姿勢が頭下となっている場合の結果である。墜落制止時に身体は 180°回転し、同様に後頭部が D 環に当たるリスクが確認できる。墜落制止機能については確認することができた。

図 3(c) は、腿ベルト平行型を着用し、かつ胸ベルトを使用していない場合の結果である。この場合、肩ベルトが抜けてしまい、身体の墜落制止効果がないことが確認できる。この点、JIS 規格では、胸ベ

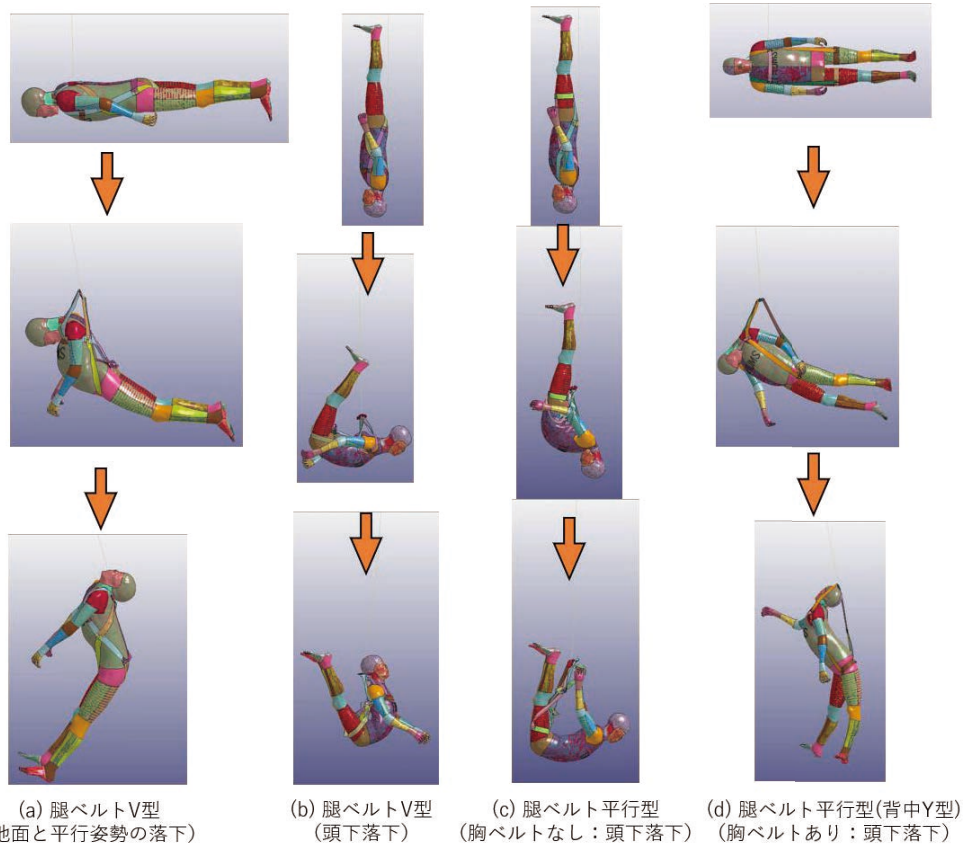


図3 墜落姿勢の例

表1 墜落制止機能のまとめ

フルハーネスの種類	胸ベルトの有無	頭上落下	頭下落下	頭下平行落下	頭横平行落下
腿ベルトV型	有	○	○	○	○
	無	○	×	○	?
腿ベルト平行型	有	○	○	○	○
	無	×	×	○	?
腿ベルト平行型(背面Y型)	有	○	○	?	×
	無	×	×	×	×

ルトを「補助ベルト」と規定している。胸ベルトは補助的なものではなく、墜落制止機能を発揮するために重要なベルトと位置付けられるべきと思われる。

図3(d)は、腿ベルト平行型(背中側のベルトがY型のもの)を着用し、頭横姿勢で地面に平行に落下した場合の結果である。この場合、胸ベルトが首部を強く圧迫したのち、胸ベルトおよび肩ベルトが身体から抜けてしまう可能性が懸念される結果となった。

表1に墜落制止機能をまとめたものを示す。○印は墜落制止機能が認められたものであり、×印は同機能に問題がある可能性のあるものである。なお？印については、解析的検討を未実施のものである。

同表から、墜落制止機能を発揮させるためには、第一に胸ベルトの着用が必須であることがわかる。その上で腿ベルトV型ないし腿ベルト平行型を適切に着用することが重要と考えられる。また、墜落制止時における後頭部とD環との衝突可能性が懸念されることから、D環部分については金属金具ではない材料の使用、あるいは保護帽の工夫などの措置を講じる必要がある可能性がある。なお、腿ベルト平行型(背中Y型)のフルハーネスは、頭上ないし頭下落下という試験が課された現行規格を満たすものの、横方向への衝撃には弱い可能性が考えられる。その安全性については、更なる検討が必要と思われる。

(2) サブテーマ 2:

今年度は、実験と計算により外壁の中の基本部材である柱の転倒工法に関する安全性の検討と、仮設部材を用いた外壁転倒防止について検討を行った。

1) 柱の転倒工法の安全性に関する検討

(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。下端を縁切りした柱の安定性を評価するため、実験のパラメータは柱下端の縁切り高さとした。

実験状況を図 4 に示す。図 4 より、実験に用いた試験体の柱の高さは約 3m であり、柱の断面寸法は 24cm×24cm である。試験体は柱下端の縁切り高さが 10cm, 30cm, 50cm の 3 種類を用意した。縁切り部分の断面を図 5 に示す。図 5 より、縁切り部分は実務者ヒアリングの結果を参考にして、前方コンクリートを縁切りして、後方主筋を 1 列切断した。柱のコンクリートの呼び強度は 24N/mm<sup>2</sup> であり、柱の主筋については、種類は SD295A であり、呼び名は D13 である。

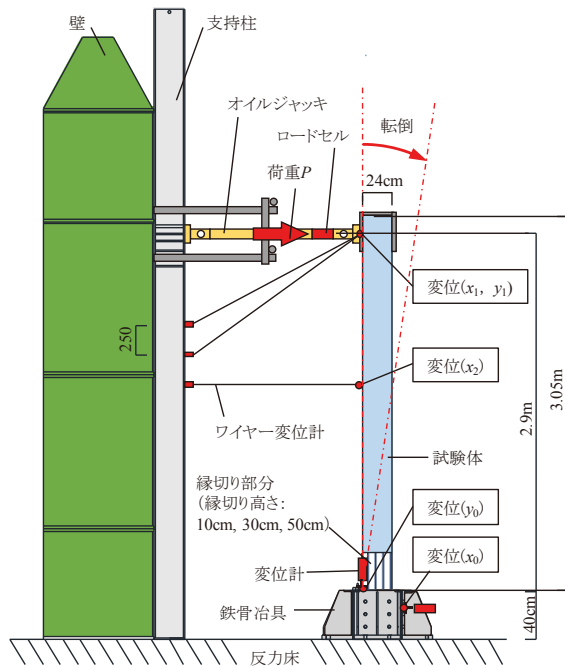


図 4 実験状況

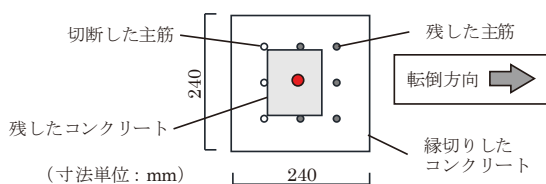
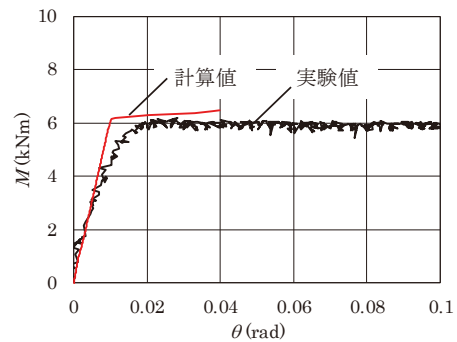


図 5 試験体の縁切り部分の断面

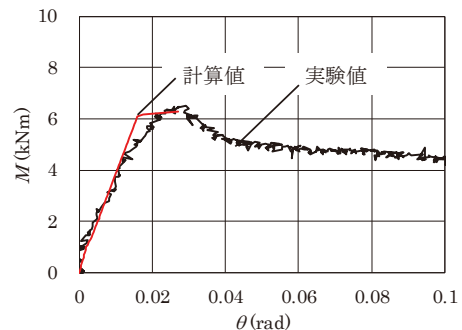
図 6 に示すように、鉄骨冶具を用いて試験体を反力床に固定した。柱を倒すことを模擬して、柱の高さ 2.9m の位置にオイルジャッキを設置して、柱を水平方向に加力した。加力の際に、オイルジャッキに設置したロードセルにより、柱に作用する水平荷重を計測し、試験体に設置した変位計により、柱の転倒変位を計測した。

(b) 実験結果

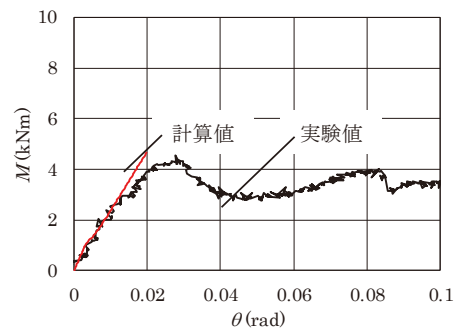
実験結果を図 6 に示す。図の縦軸は計測結果より計算した柱下端の曲げモーメント  $M$  であり、横軸は柱の部材角  $\theta$  の関係である。図 6 より、縁切り高さ 10cm の場合と 30cm の場合の最大耐力は、ほぼ同じ値であった。ただし、縁切り高さ 10cm の場合は、最大耐力に達した後も強度はそれほど落ちていない。このため、縁切り高さ 10cm の場合は、主筋の曲げにより強度が決まったと考えられる。



(a) 縁切り高さ10cm



(b) 縁切り高さ30cm



(c) 縁切り高さ50cm

図 6 曲げモーメント  $M$  と転倒角  $\theta$  の関係



一方、縁切り高さ 30cm の場合は、最大耐力に達した後、強度が落ちており、最大耐力に達した後に主筋が座屈したと考えられる。各試験体の細長比を計算した表 2 の値をみると、縁切り高さ 30cm の場合は、細長比  $\lambda$  が限界細長比  $A$  とほぼ同じ値であり、主筋が降伏点付近で座屈したと考えられる。このために、縁切り高さ 30cm の場合は、曲げで強度が決まった縁切り高さ 10cm の場合とほぼ同じ強度になったと考えられる。また、図 6 より、縁切り高さ 50cm の場合は、他の場合に比べて、最大耐力が小さいため、前方主筋の弾性座屈により強度が決まったと考えられる。

### (c) 柱の転倒性能の計算方法の検討

下端を縁切した柱の転倒強度を予測するため、柱の転倒強度の計算方法を検討した。

計算では、まず、柱断面の曲げモーメント  $M$  と曲率  $\varphi$  の関係を求めた。この計算では、平面保持を仮定して、一定軸力のもとに曲率  $\varphi$  を与え、素材試験による応力-ひずみ関係に従って、曲げモーメント  $M$  を算出した。

つぎに、柱の転倒における部材角  $\theta$  と柱下端の曲げモーメント  $M$  を計算した。この計算では、柱を図 7 に示すように高さ方向に要素分割し、柱部材の下端をピン、上端をローラとして、一定軸力のもとに部材の下端に曲げモーメント  $M$  を与えた。このとき、各要素の変形は、先に求めた柱断面の  $M-\varphi$  関係に従うものとした。その後、軸力による付加曲げモーメントも考慮して、各要素に作用する曲げモーメント  $M$  を算出し、柱下端の曲げモーメント  $M$  と柱の部材角  $\theta$  の関係を計算した。

さらに、縁切り部分の前方主筋が座屈することを考慮して、縁切り部分の前方主筋の縁応力が、次式のように降伏応力  $\sigma_y$  に達したとき、座屈すると判定した。

$$\sigma_y \leq \frac{N_s(y)}{A_s} + \frac{N_s(y) \cdot \delta(y)}{Z_s} \quad (1)$$

$N_s(y)$ : 前方主筋の各要素に作用する軸力

$\delta(y)$ : 図 8 に示す縁切り部分の前方主筋の端部  $O_1$  と  $O_2$  を結んだ直線と前方主筋との距離

$A_s$ : 前方主筋の断面積、 $Z_s$ : 前方主筋の断面係数

計算は柱断面の縁応力が曲げにより引張強さ  $\sigma_u$  に達するか、前方主筋の縁応力が座屈により降伏応力  $\sigma_y$  に達するまで行った。

### (d) 計算結果と計算方法の妥当性

計算結果を図 6 に実験結果と比較して示す。図

表 2 前方主筋の限界細長比  $A$  と細長比  $\lambda$

縁切り高さ (cm)	$A$	$\lambda$
10	94.4	31.5
30		94.5
50		157.5

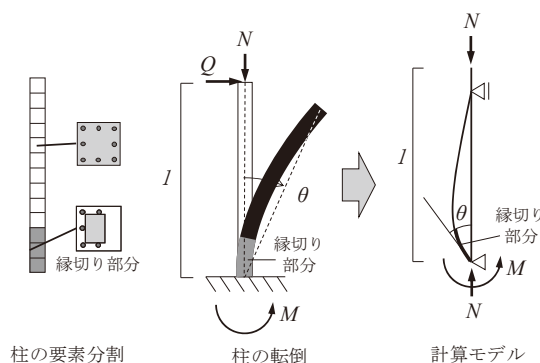


図 7 柱の転倒と計算モデル

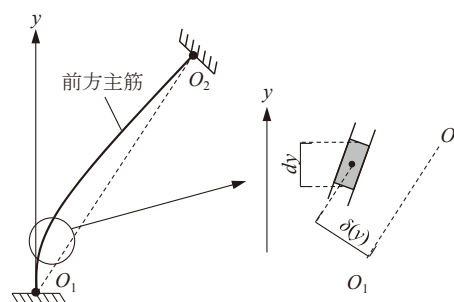


図 8 縁切り部分の前方主筋の変形

6 より、計算結果は実験結果と概ねよい対応をしており、本研究で検討した計算方法は実験結果を予測する方法として妥当であると考えられる。

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。

## 2) 仮設部材を用いた外壁の転倒防止

### (a) 実験概要

本研究では、外壁下端の縁切り作業中に、外壁が転倒することを防止するため、実験により、仮設部材を用いた外壁倒壊防止の方法を検討した。

実験状況を図 9 に示す。図 9 より、鉄筋コンクリート造の外壁を模擬した鉄骨柱に、仮設部材である単管パイプ (直径 48.4mm、厚さ 2.4mm) を設置した。単管パイプの長さは 1.5m とし、単管パイプは鉄骨柱に対して 30 度となるように設置した。単管パイプの設置に関しては、解体現場でも容易に設置できるように、簡便な方法とし、写真 1 に示すように、単管パイプの上端は柱にねじ込んだ直径約 12mm の高力ボルトに設置し、単管パイプの下端は簡単な道具を

製作して、その治具に設置した。鉄骨柱の下部は、下端を縁切りして柱が転倒することを再現するために、ピン接合とした。また、柱を倒すことを模擬して、柱の高さ約 2.9m の位置にオイルジャッキを設置して、柱を水平方向に加力した。加力の際に、オイルジャッキに設置したロードセルにより、鉄骨柱に作用する水平荷重を計測し、試験体に設置した変位計により、鉄骨柱の転倒変位を計測した。

(b) 実験結果

実験結果を図 10 に示す。図の縦軸はオイルジャッキに設置したロードセルより計算した単管パイプに作用する軸力であり、横軸は鉄骨柱の傾斜角である。図には、鉄筋コンクリート造の外壁が倒壊した場合に、単管パイプに作用する荷重を、計算により推定し、実験結果と比較するために示した。図 10 より、単管パイプの最大軸力は、外壁倒壊により単管パイプに作用すると考えられる推定荷重よりも約 4 倍大きかった。この結果より、本研究で検討した単管パイプを用いた設置方法により、実際の解体現場においても外壁の倒壊を防止して、作業員の安全を確保することが可能だと考えられる。

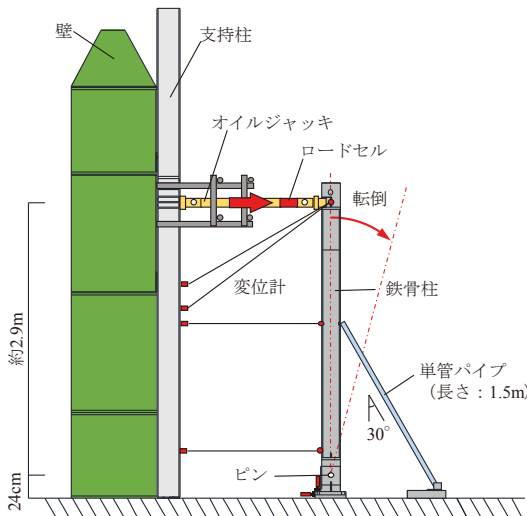
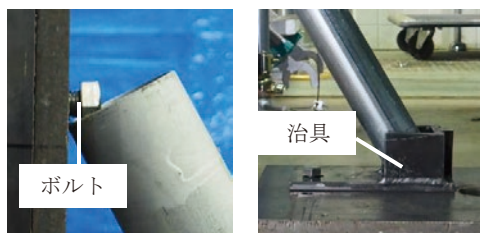


図 9 実験状況



(a) 単管パイプの上端

(b) 単管パイプの下端

写真 1 単管パイプ端部の設置状況

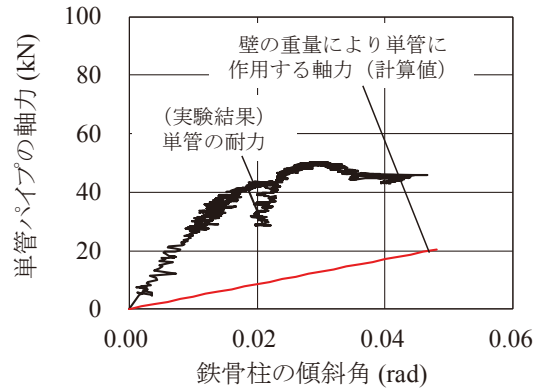


図 10 単管パイプの軸力と鉄骨柱の傾斜角

【研究業績・成果物】

[原著論文]

- 1) 高橋弘樹・高梨成次・堀智仁: 転倒工法における縁切り型に関する検討, 労働安全衛生研究, Vol.13, No.2, pp. 125 - 138, 2020.9.

[国内外の研究集会発表]

- 1) Hiroki Takahashi, Seiji Takanashi, Tomohito Hori, Katsutoshi Ohdo and Yasumichi Hino: Fall-down Test of Columns with Lower Part Cutting, Proceedings of International Structural Engineering and Construction, 7(2), CSA-01-1- CSA-01-6, PDF, 2020.11.
- 2) 高梨成次・高橋弘樹・大幢勝利・日野泰道: 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 その 5 柱の転倒工法の安全性に関する実験的検討の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp.1097-1098, 2020.9.
- 3) 高橋弘樹・高梨成次・大幢勝利・日野泰道: 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 その 6 柱の転倒工法の安全性に関する実験的検討の結果と考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp.1099-1100, 2020.9.
- 4) 高橋弘樹・大幢勝利・高梨成次: 土木工事業における解体工事の死亡災害の調査, 令和 2 年度土木学会第 75 回年次学術講演会講演概要集, VI-482, 2020.9.
- 5) 高橋弘樹・高梨成次・堀智仁: 下端を縁切りした鉄筋コンクリート柱の転倒強度の計算方法の検討, 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 87-90, 2020.12.
- 6) 高梨成次・高橋弘樹・堀智仁: 建築解体工事における外壁倒壊防止部材の強度実験, 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 95-96, 2020.12.

### (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3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】 20,983 千円(令和 2 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・濃度などを調査する。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 1 m<sup>3</sup> 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、成果は具体的に独創性がある。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

これまで円柱形ペレットを使ってきたが、より形状が単純な球形に着目し、ベイツガの木球(直径

25mm、36mm)堆積層における燃え拡がり実験を行った(図 1)。それぞれの直径はペレットの表面積等価直径を参考にして定めた。実験では、木球が堆積した層内の上方と下方燃え拡がりにおける層内の温度変化、燃え拡がり速度などを実験的に調べた。

実験結果を同じ木材のペレットの結果と比較検討したところ、球形試料での燃え拡がりの性質が円柱形のそれと同様であることが確認できた。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。図 2 に木球 25mm 堆積層の下方燃え拡がりにおける時間ごとの温度分布を示す。燃え拡がり速度は 7.6 mm/min で、最高温度は 904°Cであった。

大豆(約 6 mm)を使った燃え拡がり実験の結果、



図 1 燃焼容器に試料を堆積した様子(木球、直径 25mm)

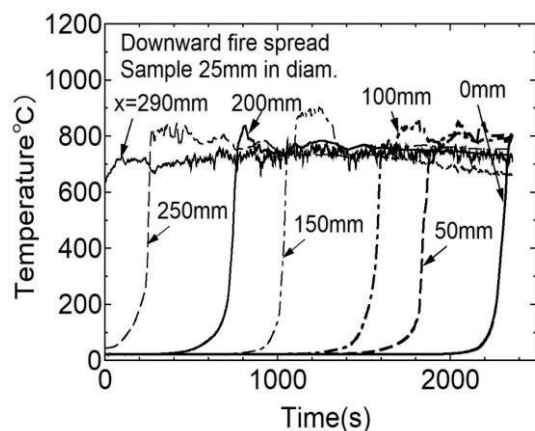


図 2 堆積層内の時間ごとの温度分布(木球:直径 25mm, 下方燃え拡がり・下端開)

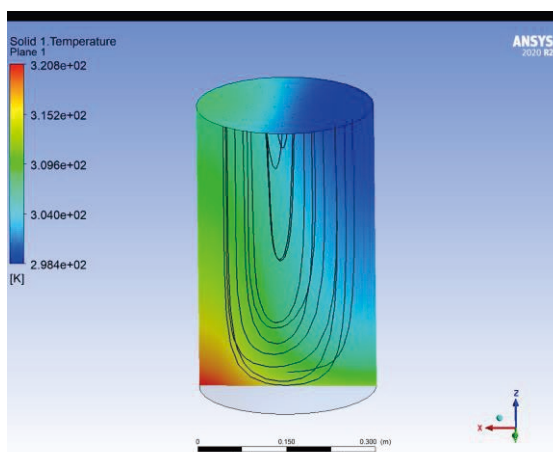


図 3 多孔質層内の熱伝達に関する数値シミュレーションの結果(硬い木材:直径 150 mm ×高さ 300 mm :円筒断熱容器, 下面閉そく 100°C, 上面開放 25°C)

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 堆積層の熱伝達の測定と数値シミュレーション

ベイツガについて、円柱形と球形での固気充てん層での(みかけの)熱伝導率を建材試験などに用いられる熱伝導率測定装置を使って測定した。測定は装置メーカーに依頼した。測定の結果、木球 25 mm では 0.122 W/m K、36mm では 0.139 W/mK で直径が大きい試料のほうが熱伝導率が高いことがわかった。また、ペレット(直径 15 mm×37 mm)では 0.119 W/mK で、等価直径が等しい木球とほぼ等しいことがわかった、ただし、測定値にばらつきがやや大きいこともわかった。

多孔質を仮定した熱移動の数値シミュレーションを行ない、計算条件の検討を行った。図 3 に硬い木材を充てんした場合の温度分布と気流の様子を示す。

## ③ 可燃性の熱分解ガスの発生と爆発危険性

熱分解ガスの堆積層での吸着の効果に関する測定方法を検討した。

熱分解ガスの発生挙動と燃焼性について、最近断熱材として使われている難燃性硬質ウレタンフォームを試料として調べた。断熱材は貯槽やタン

クで使われているため、火災の危険性を明らかにしておく必要がある。実験の結果、固体に沿って燃え拡がりにくいことが判明したが、熱分解で発生したガスに引火すると、気相を火炎が伝ばし、燃焼を持続することがわかった。熱面上での燃焼性については、約 450°C で可燃性の熱分解ガスが発生し、種火を近づけると着火・燃焼することがわかった。

熱気流と火炎の可視化については、次年度に購入する可視化用レーザー光源を使ってシュリーレン光学系による高速度ビデオカメラ撮影を行い、気流と火炎の動きを詳細に調べる予定である。

## (2)サブテーマ 2:

サブテーマ 2 では、主に以下の 2 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

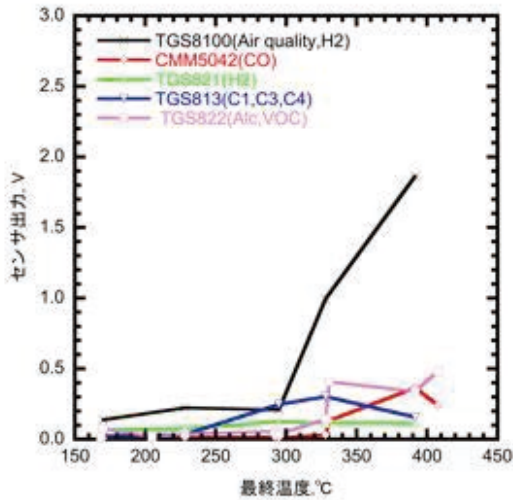
昨年度の FTIR による熱分解ガス評価実験結果に基づき、実際にガスセンサーを 8 種用意してその挙動について調査を行った。

実験の結果、試料片(木材(ベイツガ)とプラスチック(PMMA))の分解開始温度(約 280°C)近傍における熱分解ガスのガスセンサー応答特性を評価することができた。空気の汚れセンサーは熱分解ガス以外でも反応してしまうため、においセンサーだけで熱分解ガスの発生を判断することは難しいが、最も高感度かつ低温で熱分解ガスを検出できることが分かった。図 4 にベイツガおよび PMMA の熱分解ガス検知の温度依存性を示す。空気の汚れセンサー、水素センサー、一酸化炭素センサー、メタンセンサー、有機溶剤センサーでは分解開始温度から明確な反応を示すが、分解開始温度より 30~50°C 程度低い温度でも僅かに反応を示すことが分かった。PMMA の様に一酸化炭素センサーが熱分解を検知するためのセンサーとしては有効でない(ほとんど反応を示さない)有機物があることが確認された。

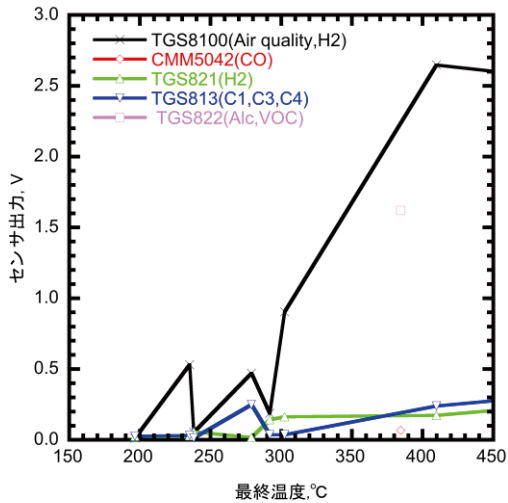
すなわち、早期発見用のにおいセンサーと試料に適した一酸化炭素センサーなどの熱分解ガス特有のセンサーを組み合わせることが有効であることが示された。

### ② 模擬検知試験装置での検知装置の調査・検討

市販のにおいセンサーと CO センサーとともに CO 濃度計を用い、熱面に置いた試料から発生するガスの検知の有無を調べた(図 5)。熱面は昇温条件(室温~16°C/min~320°Cまで)と定温条件(270°C、400°C)とした。温度試料は有機物とし、石松子、木粉、大豆粉、石炭粉(瀝青炭)、コークス粉などのほか、粉体ではないが PMMA 樹脂ペレットなどのプラ



(a)ベイツガ



(b)PMMA

図4 ベイツガおよびPMMAの熱分解ガス検知の温度依存性

スチック、RPF(紙・プラスチックを原料とする固形廃棄物)、木質ペレット、電線ケーブル、硬質ウレタンなどの断熱材など26種類を用いた。

実験の結果、くん焼する試料の初期火災の検知用として、どの試料でもにおいセンサーとCOセンサーが有効であることが確認できた。しかし、用いたCOセンサーでは、本来COが発生しにくいプラスチック試料・温度条件でありながら発生するガスに感度(疑似的なCO感度)があることがわかった。

(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

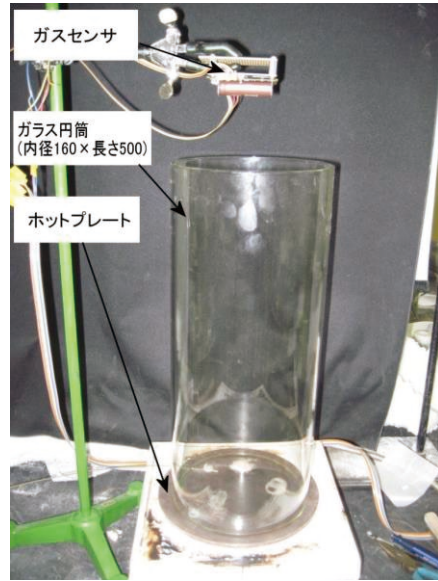


図5 熱面上の試料のガス検知に関する実験装置

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、主な事象に対する影響度評価

貯槽等の化学設備で発生した爆発・火災災害に着目し、災害の原因物質及び生じた現象と、被害状況を文献等により調査し、災害の原因物質の物性(引火点、燃焼熱等)及び生じた現象と被害状況との相関性の有無を検討した。被害が及んだ範囲については、爆発・火災が生じた箇所・装置内及びその箇所から10m程度(以下、装置内・周辺)の範囲、爆発・火災が生じた箇所から100mまでの範囲、1kmまでの範囲、1km以上の範囲に分けて事例件数を整理した。爆発・火災の原因には、可燃性物質の燃焼(以下、可燃物)によるものと、暴走反応・混合反応・反応性物質の爆発といった意図しない反応(以下、異常反応)によるものがあり、それらの原因毎に分類した。原因物質が可燃物の場合、以下の物性を調査した:融点、沸点、燃焼熱、引火点、発火点、爆発範囲、最小着火エネルギー。

可燃物の物性と事例件数及び死傷者数との相関を調べた結果、可燃物の引火点・融点・沸点が低いほど事例件数及び死傷者数が多くなる傾向を示した。特に、死傷者数ではその傾向が強く見られた。その例として、図6に可燃物の燃焼による爆発・火災事例における引火点と死傷者数との関係を示す。なお、その他の物性(燃焼熱、発火点、爆発範囲、最小着火エネルギー)については、明確な相関は見られなかった。物質の引火点・融点・沸点は物質の蒸気圧に関する物性であり、爆発・火災に寄与する蒸気雲の形成のし易さ、大きさ等に寄与すると考え

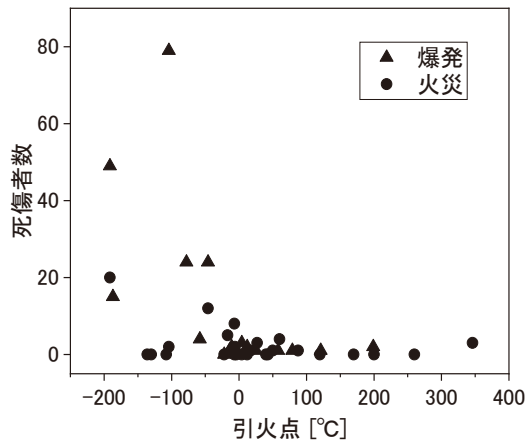


図 6 可燃物の燃焼による爆発・火災事例における引火点と死傷者数との関係

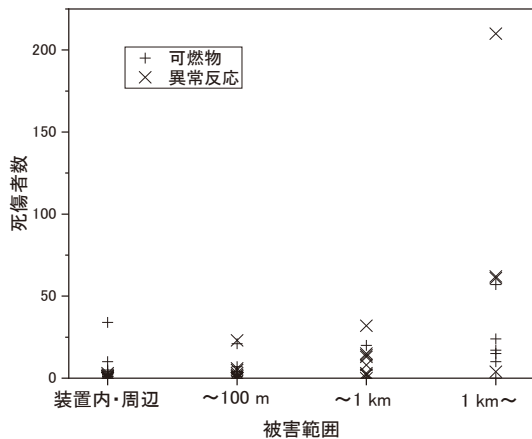


図 7 可燃物による爆発及び異常反応による爆発における被害範囲と死傷者数との関係

られ、このことが事例件数及び死傷者数の傾向に寄与しているものと思われた。

爆発・火災及びその原因(可燃物によるもの及び異常反応によるもの)ごとの事例件数及び死傷者数を比較すると、事例件数は可燃物による火災が最も多かった一方、異常反応による爆発において死傷者数が最も多かった。また、異常反応による爆発では被害範囲が 100 m に及ぶ事例が最も多かったのに対し、他の爆発・火災では被害範囲が装置内・周辺にとどまる事例が最も多かった。これは、異常反応による爆発は、生じた際に被害範囲が大きくなり、そのことにより被災者数が多くなることを示していると考えられた。また、可燃物による爆発と異常反応による爆発の被害範囲と死傷者数との関係を比較したところ、可燃物による爆発では被害範囲が装置内・周辺にとどまっても死傷者数が多い事例があったのに対し、異常反応による爆発では被害範囲が広がると

もに死傷者数が多くなる傾向を示した。図 7 に可燃物による爆発及び異常反応による爆発における被害範囲と死傷者数との関係を示す。これは、可燃物による爆発では火炎や有毒ガスが生じ、その火炎・有毒ガスによる被災が装置周辺で生じるのに対し、異常反応による爆発では火炎が生じないことが一定数存在し、容器の破裂等による爆風等による被災が多くあることによると考えられた。そのため、トラブル対処の観点からは、可燃物による爆発が生じる可能性がある場合は、火炎や有毒ガスへの対策の必要性が高く、異常反応による爆発が生じる可能性がある場合は、圧力逃し装置の設置等の防護対策や、爆風や飛散物等への対策の必要性が高いと推測された。

## ② 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、前年度までに構築した断熱熱量計の補償ヒーター電流値等抽出・測定システムをさらに改良し、ヒートパルスのパルス幅の計測精度を向上させた。この測定システムにより、比熱既知の物質として水、酸化アルミニウムの測定を行った。その結果、酸化アルミニウムのような蒸気圧を持たない物質については、広い温度領域で物質の比熱を推定することが可能であることを確認した。一方、反応系での測定においては、試料側と参照側の試料容器の温度差を十分にとらえることができなかった。このことから、暴走反応中の物質の比熱を推測するには、測定システムの温度計測部分をさらに改良する必要があることが分かった。

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する手法の開発を目的として、既存の反応熱量計内で稼働可能なヒートパルス発生装置を製作した。本装置は、白金抵抗体 Pt 1000 と、その出力を制御するマイコンボード Arduino から成るものである。実際に、ヒートパルス発生装置が正常に稼働することを確認するとともに、既存の反応熱量計による熱量測定を行い、ヒートパルス発生装置から出力されたヒートパルスが熱量計により測定されることを確認した。

## ③ 各種試験装置による発火温度の測定、発火温度の的確な評価手法の検討

貯槽等の貯蔵施設での蓄熱発火に関する危険性評価手法の中から、断熱型の自然発火試験装置(SIT 特型、島津製作所製、図 8)による測定と IEC・ASTM 規格熱面発火試験を行い、両者により得られ



図8 自然発火試験装置 (SIT 特型) の様子

る発火温度の比較を行った。測定した試料は、石松子、木粉(ベイツガ、目開き 250  $\mu\text{m}$  アンダー)、大豆粉 (250  $\mu\text{m}$  アンダー)、小麦フスマ(ふるい分けせず)、紙・プラスチック廃棄物固形化燃料(RPF)破砕物(ふるい分けせず)である。

自然発火試験装置による測定では、石松子においては初期温度が 89~98°Cの間、ベイツガについては 175~185°Cの間、大豆粉については 60~70°Cの間、小麦フスマについては 120~130°Cの間、RPF破砕物については 130~140°Cの間で発火した。この中で、大豆粉については、低い初期温度でも短い誘導時間で発火に至る場合、逆に高い初期温度であっても長い誘導時間で発火に至る場合が見られた。また、試料温度が 200°Cを超えると温度曲線に振幅が見られた。小麦フスマ及び RPF 破砕物については、同じ初期温度でも誘導時間に違いがみられることが分かった。これらの原因は、大豆粉については、昇温に伴い試料温度が上昇すると堆積層が収縮することにより亀裂が生じ、熱電対付近の温度場が変化するためと考えられた。また、小麦フスマ及び RPF 破砕物については、試料が薄片状であるため、試料の堆積状況によって通気と熱伝達が異なるためと考えられた。

熱面発火試験による発火温度(くすぶり温度)測定では、石松子の発火温度は、堆積高さ 5mm で 260~285°C(平均 273°C)、12 mm で 223~235(平均 229°C)、25 mm で 96~215°C(平均 206°C)であり、堆積高さが増加すると発火温度が低くなることが分かった。大豆粉については、前述のとおり試料温度の上昇とともに堆積面に亀裂が生じ、熱電対が露出することにより温度が上昇しなくなり、発熱の温度変化を正しく測定できなくなった。このことから、昇温時の試料の物理的・化学的特性によっては、この種の試験では発火温度を正しく測定できない場合があることが分かった。

#### ④ 基本情報データベースの構築

化学プロセス工程を対象として、「発災場所」「発災装置」「原因物質」「着火源・原因」「発災工程」「原因要因」でカテゴリー分類を行ったが、このうちの「発災工程」の細分化を実施し、トラブル対処が関与する事例の分析を強化した。その細分化した発災工程に基づき、年代別の発災工程の構成比を調査した結果、「工程なし」と「移送」がやや多い程度であり、「反応」、「加温」、「貯蔵」、「清掃」、「仕込み」といった様々な工程において発生していることが分かった。また、大分類(「連続運転」、「バッチ操作」、「運転停止」、「緊急操作」、「建設修理」、「荷役作業」、「その他/不明」)別の細分化した発災工程別の件数を調査した結果、連続運転では「移送」、運転停止では「清掃」、「洗浄」及び「なし」、緊急操作では「反応」が多いことが分かった。一方、バッチ操作では多種の工程で事故が発生していることが分かった。

#### 【研究業績・成果物】

##### 【解説ほか】

- 1) 八島正明(2020) 産業現場の粉じんの爆発と火災について、セイフティエンジニアリング(SE), No.201, pp.15-20.

##### 【国内学術集会】

- 1) 八島正明(2020) 水素化マグネシウム粉じんの着火危険性, 火薬学会 2020 年度秋季研究発表会講演要旨集, pp.65-68.
- 2) 八島正明(2020) 木球堆積層内の燃え広がり, 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.37-38.
- 3) 西川慎太郎,熊崎美枝子,白川真一,三角隆太,大塚輝人(2020) 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 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.65-66.
- 4) 水谷高彰, 斎藤寛泰(2020) 木材等有機物の爆発・火災初期における発生ガスのガスセンサ応答特性. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.141-144.
- 5) 八島正明(2020) 粉体貯蔵設備での火災の検知ー昇温・発火の際に発生するガスの検知ー. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.149-152.
- 6) 佐藤嘉彦(2020) 貯槽等で発生した爆発・火災における原因物質の物性等と被害状況との関係, 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 139-140.
- 7) 八島正明, 佐藤嘉彦(2020) 自然発火試験



装置等による可燃性粉体の発火温度測定,  
第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集,

pp. 47-50.

#### (4) 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3年目】

島田行恭(リスク管理研究 G), 佐藤嘉彦(化学安全研究 G), 高橋明子(リスク管理研究 G), 板垣晴彦(化学安全研究 G)

【研究期間】 平成 30～令和 3 年度

【実行予算】 10,233 千円(令和 2 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; 以下、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)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ている。

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・災害防止に結びつく確かな RA 等を実施していると言えない。

- ・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、実施するための RA 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等が指摘されている。

・化学物質単独の危険性(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(誤操作等による暴走反応や化学物質同士の意図しない混合による反応を含む、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(反応熱量等)が十分に入手できるか
- －異常反応に関係する重大シナリオを如何に抽出するか
- －異常反応に関係す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

・上記項目の検討に加え、関連する災害事例の情報の収集も必要になるが、これらの検討を漏れなく実施することは十分な資源(作業員、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) 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

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) 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

化学物質の異常反応を対象とし、化学物質取扱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、目的に示した研究成果を得る。

- ・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

### (4) 研究の特色・独創性

- ・事業場が化学物質 RA 等を実施するために必要とする情報(典型災害事例を含む)とこれを提供する仕組みを検討することで、利用者(RA 等実施者)視点を加味した RA 等実施方法及び支援ツールの開発を行う。これにより、必要最低限の努力でリスク低減措置の検討に結びつく RA 等を実施できるようにする。
- ・化学物質取扱い作業時のヒューマンエラーは多くの中小規模事業場での事故・災害の原因となっている。事故事例に対してヒューマンエラーを分析し、作業の特徴などに従ってリスト化・提供すれば、RA 等実施の支援につながる。また、このヒューマンエラー分析は火災・爆発などのプロセス災害を防止するだけでなく、火傷や有害物等との接触な

どの労働災害を防止するための RA 等実施にも利用できる。

- ・RA 等実施結果を、製造設備の運転作業前、あるいは建設現場での実作業前に実施する安全管理活動(KY 活動や現場対応・改善等を含む)に活用する方法を提案する。このことは化学物質 RA 等の結果を現場作業者に周知するという義務化に対して、具体的な進め方を提示することとなり、例えば、現場作業員の危険感受性の向上などにもつながる。また、労働安全衛生マネジメントシステムにおける RA 等実施とリスク低減措置の実施及び機能維持の仕組み(PDCA サイクル)の具体的な枠組みを示すことにもなる。
- ・化学物質 RA 等実施の義務化は危険性・有害性の両方を対象としているが、これまでは、研究者の専門性の違いからそれぞれ別々に検討されるとともに、事業場においても、全く別のものとして取り組まれてきた。本研究では、有害性に対する RA 等の実施状況(課題)・方法なども考慮しながら、危険性に対する RA 等の進め方などについて検討する。
- ・GHS 分類や SDS に記載された情報だけでは気付くことが難しい異常反応が起因となる火災・爆発発生シナリオを想定するための情報・データを提供。これにより、事故・災害発生後の原因調査で、「想定外のことだった」と結論付けられてきた未知の危険性をできる限り無くすような RA 等の実施とリスク低減措置の検討を促進する。

### 【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:

##### 1) 化学物質の危険性に対する RA 等実施に関する 5W1H

化学物質等による危険性又は有害性等の調査等に関する指針(以下、化学物質 RA 指針)には化学物質の RA 等をどのように実施すればよいかを示されているが、本来、有害性に対する RA と危険性に対する RA については実施方法(考え方)が異なり、危険性の RA 等の実施(進め方)については明確に示されていない部分もある。また、具体的に何を対象として、いつ、誰が、どこで、どのように実施すればよいかについては、実施者の判断に任されている。そこで、上記指針に示された内容を 5W1H(Why、Who、When、Where、What、How)のそれぞれの観点で整理し、追加の説明(解釈)を加えることで、化学物質による火災・爆発等の発生防止を目的とし

た化学物質の危険性に対する RA 等を実施するための心構えや、実施時期、事前に準備すべき事項、参加者、実施方法などについてまとめている(RA 実施の目的を明確にするために Why を最初に示す)。

#### Why(なぜやるか?)(指針の第1項)

- 事業者(経営者)は事業場で働く労働者の労働災害発生を防止する責務があり、「先取り型安全衛生活動」の一つとして RA 等を実施していることを地域社会に説明する責任もあること。
- 既存の法規制対応ではカバーされていないリスクが存在することもあり、様々な要因を想定した RA を実施し、リスク低減措置を検討・実施する必要があること。
- 化学物質の危険性に対する RA 等を実施することは、作業員の安全を確保するための安全配慮義務履行策として必要不可欠であり、さらに、企業経営における損失を回避することにもつながること。
- 化学物質の危険性に対する RA 等の実施は、有害性に対する RA 等実施とは方法(考え方)が異なるので、別々に実施する必要があること。

#### Who(誰がやるか?)(指針の第4項)

- 事業者が中心となり、労働者(作業員)も協力して RA の実施を推進すること。
- 現場の労働者をはじめとして、安全担当者や設備の設計者、作業手順書の作成者なども含む様々な立場の人が集まって、意見を出し合いながら RA 等を実施すること。
- 事業場のみで実施することが困難な場合には厚生労働省の相談窓口や日本労働安全衛生コンサルタント会などに相談すること。

#### When(いつやるか?)(指針の第5項)

- 新規の化学物質を採用する場合や新しい設備を導入する場合、新しい製造方法を導入する場合には、必ず RA 等を実施すること。
- 設備・装置の改良、作業効率化のための作業手順の変更など、改善策と考えていることを実施する場合にも、再度、安全面を考慮した見直しを行うために RA 等を実施すること。
- 日々の作業における作業条件の変化によっても新たなリスクが出現することがあるので、これらのリスクをいち早く見つけて対処するためにも、定期的にリスクアセスメント等を実施すること。

#### Where(どこでやるか?)

- 「現場で実施している作業が正しい方法である」という先入観を持たないためにも、関係者全員が事業場の会議室などに集まって実施すること。

- 3 現主義(現場・現物・現実)の考え方に従い、実際に作業を行っている現場、作業内容(作業方法)なども確認すること。

#### What(何を対象とするか?)(指針の第2、6、12項)

- 化学物質を取り扱う設備や装置、道具などのハード面での不具合(不安全状態)、作業・操作などのソフト面での不具合(不安全行動)、自然災害の発生など(外部要因)も火災・爆発等発生の要因となることが知られており、これらの要因を考慮したリスクアセスメント等を実施すること。

#### How(どのように実施するか?)(指針の第3、7~11項)

- 指針に示された進め方に従い、事業場の特性に応じた危険源を見つけ出し、リスクレベルを評価し、リスク低減措置を検討・実施すること。さらに、リスク低減措置を検討、実施する際には、事業場のリスク管理状況を記録しておくこと。
- 参加者はそれぞれの立場や先入観を離れて発言すること。
- リスクアセスメント等実施結果は関係者全員が理解することができるように取りまとめ、共有しておくこと。
- リスクゼロ(絶対安全)はありえない。何らかの残留リスクが存在するかもしれないことを認識しておくこと。

#### 2) 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

労働安全衛生総合研究所技術資料(JNIOHS-TD-No.5)にまとめた RA 等の進め方(「安衛研手法」と呼ばれる)を適用することにより、化学物質 RA 指針に示された手続きに沿って危険性に対する RA を実施し、論理的かつ効果的にリスク低減措置を検討・実施することができる。一方、この技術資料では、主に複数の化学物質を反応させ、温度や圧力などを制御することにより製品を得るような化学設備(化学プラント等)への適用を事例として説明しており、この場合、化学物質の特性や化学反応、設備・装置、作業・操作などに関する広範な知識が必要となる。そのため、主に中小規模事業場などで行われるような単一の化学物質(製品)を取り扱う作業などの RA 等実施に適用するには難しく、負担が大きいとされている。そこで改めて、中小規模事業場においても、安衛研手法の進め方についての理解と手法の活用を促進することを目的とした技術資料の取りまとめを行っている。この技術資料では、業種に関わらず、多くの化学物質取り扱い事業場が行っている開放系での作業を対象を絞り、火災・爆発発生防止のため

の化学物質の危険性に対する RA を実施する際の考え方(注意点)や、検討の参考になる情報、リスク見積りのための基準設定の例、リスク低減措置の具体例などを提供する。

## 2-1) 簡易シナリオ同定法の提案

開放系作業を対象とした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、燃焼の3要素が揃うことに着目した簡易シナリオ同定法を提案している。

火災・爆発発生に至るシナリオを同定するための基本は「燃焼の3要素が揃う条件を見つけることである。つまり、可燃性や引火性を有する化学物質が酸素(空気)と接触または混合することで爆発性雰囲気形成され(不安全状態となり)、同時に着火源が発現することにより火災・爆発が発生すると考えられる。ここで、開放系作業を対象とした場合、酸素(空気)は常に存在すると考えることができ、「爆発性雰囲気形成」と「着火源の発現」の2点に着目すればよいことになる。これら2点に対するリスク低減措置(爆発性雰囲気形成防止対策と着火源発現防止対策)を実施しているかどうかを判断基準とすれば、開放系作業において可燃性の化学物質を取り扱っている場合の火災・爆発発生に至るシナリオは表1に示す4つのパターン(燃焼の3要素の揃い方)に分類して検討することができる。

**パターン(a):**「爆発性雰囲気形成防止対策」も「着火源発現防止対策」も実施されていない

① 常に「爆発性雰囲気が形成されている」おそれがある

③ 常に「着火源が発現する」おそれがある

**パターン(b):**「着火源発現防止対策」のみ実施

① 常に「爆発性雰囲気が形成されている」おそれがある

④ 引き金事象 A 発生により「着火源が発現する」可能性がある

**パターン(c):**「爆発性雰囲気形成防止対策」のみ実施

② 引き金事象 B 発生により「爆発性雰囲気が形成される」可能性がある

③ 常に「着火源が発現する」おそれがある

**パターン(d):**「爆発性雰囲気形成防止対策」も「着火源発現防止対策」も実施

② 引き金事象 B 発生により「爆発性雰囲気が形成される」可能性がある

④ 引き金事象 A 発生により「着火源が発現する」可能性がある

RA の対象とする開放系作業がどのパターンで実施されているかを予め確認しておくことにより、火災・爆発発生に至るシナリオ検討を体系的に行うことができる。図1に簡易シナリオ同定法の概要を示す。3種

類のシートを順番に作成することにより様々なシナリオを同定する。

表1 開放系作業を対象とした場合の火災・爆発発生に至るシナリオ検討パターン(燃焼の3要素の揃い方)

		II. 爆発性雰囲気形成	
		① 爆発性雰囲気形成防止対策が実施されていない	② 爆発性雰囲気形成防止対策が実施されている
目録 火災・爆発の発現	③ 着火源発現防止対策が実施されていない	パターン(a) 燃焼の3要素が揃っているおそれあり <b>爆発性雰囲気</b> <b>着火源</b> 常に火災・爆発発生の危険性が高い状態となっており、速やかに対策を実施する必要がある 容器の蓋の閉め忘れなどの不具合(引き金事象 B)により爆発性雰囲気形成する可能性	パターン(c) 燃焼の3要素が揃う可能性あり <b>爆発性雰囲気</b> <b>着火源</b> 容器の蓋の閉め忘れなどの不具合(引き金事象 B)により爆発性雰囲気形成する可能性
	④ 着火源発現防止対策が実施されている	パターン(b) 燃焼の3要素が揃う可能性あり <b>爆発性雰囲気</b> <b>着火源</b> 劣化によるアース接続不良などの不具合(引き金事象 A)により着火源が発現する可能性	パターン(d) 燃焼の3要素が揃う可能性あり <b>爆発性雰囲気</b> <b>着火源</b> 引き金事象 A と引き金事象 B が同時に発生することにより、爆発性雰囲気形成し、かつ着火源が発現する可能性

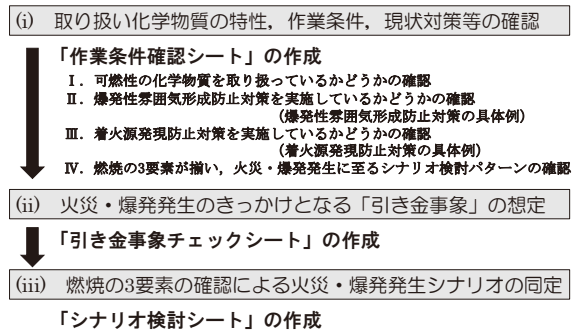


図1 燃焼の3要素に着目した火災・爆発発生シナリオ検討の進め方

### (i) 「作業条件確認シート」の作成

取り扱い化学物質の特性、作業条件、既に実施している対策等を確認することで、対象とする作業が表1に示すどのシナリオ検討パターンで行われているか(既に不安全状態となっているかどうか)を確認するための「作業条件確認シート」(表2)を作成する。【C欄】の火災・爆発が発生する燃焼の3要素のパターンの確認では、次の3つの質問に回答する。

Q1-取り扱っている化学物質は可燃性のものですか？

Q2-爆発性雰囲気形成防止対策を実施していますか？

Q3-着火源発現防止対策を実施していますか？

Q2及びQ3に回答するための参考資料として、爆発性雰囲気形成防止対策及び着火源発現防止対策の具体例をまとめており、それぞれの対策実施有無の確認の参考にすることができる。

### (ii) 「引き金事象チェックシート」の作成

不安全状態を引き起こすかもしれない「引き金事象」を網羅的に想定する。「引き金事象」は(i)設備・装置・道具の不具合、(ii)不適切な作業・操作につ

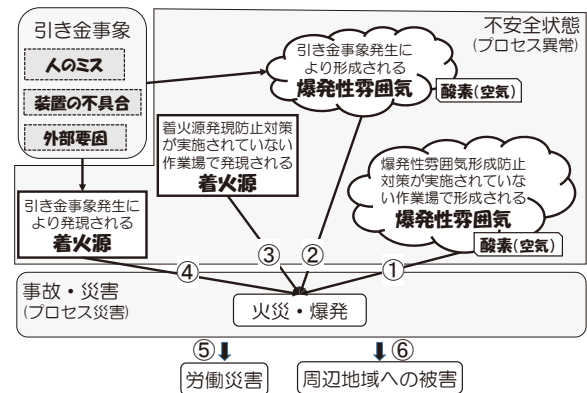
いて考える。これらの引き金事象発生をきっかけとした爆発性雰囲気形成の有無、着火源発現の有無を確認することで、様々なシナリオを同定する。ここでは、作業手順書に記載された通りの作業を実施することを基本として、(i) 設備・装置・道具の不具合及び(ii) 不適切な作業・操作(ヒューマンエラー)を網羅的に想定するための「引き金事象チェックシート」(表 3)を作成する。

(iii) 「シナリオ検討シート」の作成

図 2 に引き金事象発生から火災・爆発発生及び労働災害発生・事業場周辺地域への被害の拡大に至る流れを示す。未対策で、既に不安全状態となっている場合(①③)と「引き金事象」発生により不安全状態となる場合(②④)があり、いずれの場合も「爆発性雰囲気形成」と「着火源発現」が起こると、火災・爆発発生に至る可能性がある。さらに火災・爆発発生は⑤労働災害と⑥事業場周辺地域への被害(例えば、近隣住宅への延焼など)に至る場合がある。

想定された引き金事象が発生することにより「爆発

性雰囲気が形成されるかどうか」と「着火源が発現するかどうか」を確認することで、火災・爆発発生及びその他への影響(労働災害も含む)に至るシナリオを同定する(「シナリオ検討シート」(表 4)を作成する)。



- ①～④ 表 1 中の○数字に対応
- ⑤ 火災・爆発が発生した場所の近くに作業者がいた場合、労働災害が発生する可能性
- ⑥ 火災・爆発の規模が大きい場合、事業場周辺地域への被害が発生する可能性

図 2 火災・爆発発生から労働災害・事業場周辺地域への被害の拡大

表 2 作業条件確認シート(様式)

【A】 作業手順・内容	【B】 取り扱い化学物質及び作業に用いられる設備・装置等				【C】 火災・爆発が発生する燃焼の 3 要素のパターンの確認			
	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(温度、湿度、取扱量、保管状況など)	作業に用いられる設備・装置・道具	Q-1 取り扱っている化学物質は可燃性のものですか？	Q-2 爆発性雰囲気形成防止対策を実施していますか？	Q-3 着火源発現防止対策を実施していますか？	パターン(a)～(d)
1								
2								
•								

表 3 引き金事象チェックシート(様式)

【A】 作業手順・内容	【B】 取り扱い化学物質及び作業に用いられる設備・装置等				【C】 火災・爆発が発生する燃焼の 3 要素のパターンの確認			【D】 設備・装置・道具に関する引き金事象	【E】 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(温度、湿度、取扱量、保管状況など)	作業に用いられる設備・装置・道具	爆発性雰囲気形成防止対策	着火源発現防止対策	パターン(a)～(d)	設備・装置・道具の不具合(故障モード)	省略エラー	やり間違い					
										選択エラー	手順エラー	タイミングエラー	質的エラー	量的エラー	その他のエラー
1															
2															
•															

表 4 シナリオ検討シート(様式)

【A】 作業手順・内容	【C】 火災・爆発が発生する燃焼の 3 要素のパターンの確認			【D】 【E】 引き金事象	【F】 不安全状態		【G】 事故災害	
	爆発性雰囲気形成防止対策	着火源発現防止対策	パターン(a)～(d)		爆発性雰囲気の形成	着火源の発現	火災? 爆発?	その他の影響?
1								
2								
•								

2-2) リスク見積りとリスクレベル決定

(i) 火災・爆発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

火災・爆発発生シナリオに対するリスク見積りとしては、次の 2 点を考える。

- ・火災・爆発に至るシナリオ発生の頻度(可能性)
- ・火災・爆発発生による重篤度(影響の大きさ)

火災・爆発に至るシナリオ発生の頻度(可能性)と火災・爆発発生による重篤度(影響の大きさ)を見積もるための基準設定の考え方、火災・爆発発生シナ

リオに対するリスクレベル決定のための基準設定の考え方をまとめている。また、一般に公開されているリスク見積り及びリスクレベル決定のための基準の例を付録にまとめている。

(ii) リスク見積り及びリスクレベル決定の際の注意点  
 リスク見積り及びリスクレベル決定の際に考慮すべき事項を、次のような観点からまとめている。

- ・一般に公開されている手法やツールに示された基準を用いる場合や事業場で設定した基準を用いる場合には、必ずそれぞれの基準に従うこと
- ・リスク低減措置の有効性確認も目的とすること
- ・リスク見積りの“ぶれ”を無くすこと
- ・作業員(労働者)も納得するリスク見積りとすること
- ・残留リスクへの対応を明確にしておくこと

### 2-3) リスク低減措置検討に対する考え方の整理

(i) 化学物質 RA 指針に示されたリスク低減措置検討の優先順位と多重防護の考え方

化学物質 RA 指針に示されたリスク低減措置検討の優先順位についての解釈を加えるとともに、本質安全の考え方について示した。また、多重防護の考え方に基づく火災・爆発発生に対するリスク低減措置の検討について、「爆発性雰囲気形成防止対策」と「着火源発現防止対策」の観点からそれぞれの目的と位置付けを整理した(図3)。

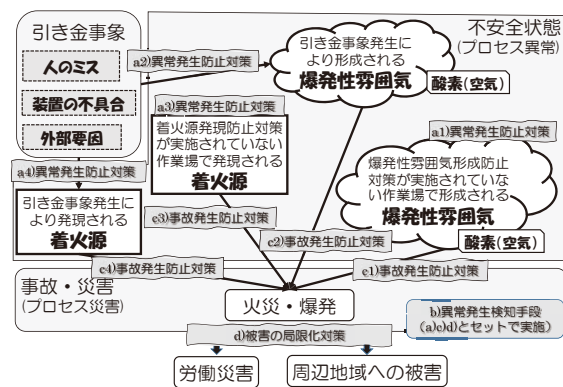


図3 火災・爆発発生防止のための多重防護の各対策の位置付け

(ii) ヒューマンエラー分析と対策立案方法の検討

化学物質を取り扱う産業分野でのヒューマンエラーによる災害が報告されている。化学物質を対象としたRAは法令により義務化されたが、その実施方法にはヒューマンエラーの観点十分に反映されていない。そこで、安衛研手法にヒューマンエラーの観点を取り入れる方法を検討した。まず引き金事象としてヒューマンエラーを特定する場合には、ヒューマンエラーを人間の行動の結果としてとらえ(この段階で

はうっかりミスと意図的なルール違反に分けない)、「(ii)不適切な作業・操作(ヒューマンエラー)」を7つの分類に従って特定することとした。次に、追加のリスク低減措置を検討する段階において、特定した引き金事象をうっかりミスと意図的なルール違反に分け、うっかりミスについては4M4E表を用い、意図的なルール違反についてはチェックリストを用いて背後要因と対策を検討することを提案した。今後は本評価手順の作業現場への適用可能性について、実証的な検討を行う。

### 2-4) リスク低減措置決定に対する考え方の整理

リスク低減措置決定の際に課題となるALARP領域の取り扱い方、リスク低減措置実施時に考慮すべき点、リスク低減措置実施後の対応についてまとめている。

(i) ALARP領域の解釈

- ・ALARP領域の説明では「コスト」についてのみ言及されているが、「コストが掛かるなら追加のリスク低減措置を検討・実施する必要は無い」という意味ではない。事業場におけるリスク管理として、いざという時の事故発生に対して最大限の努力をしていることが求められる。
- ・次のようなシナリオについては、リスクレベル(数値)によりALARP領域と判定されても、追加のリスク低減措置を実施することが望ましい。
  - －労働災害発生が危惧されるシナリオ
  - －業場や周辺地域に与える被害が大きい(重篤度が大きい)シナリオ

(ii) リスク低減措置実施時に考慮すべき点

- ・法令に定められた事項の実施(該当事項がある場合)
- ・リスク見積り及びリスク評価結果に基づくリスク低減措置実施の優先順位
- ・多重防護を目的としたバランスが取れたリスク低減措置の実施
- ・効果が高い順番でのリスク低減措置の実施
- ・リスク低減措置実施の判断
- ・リスク低減措置実施に伴い、作業員が実施すべき事項の明確化

(iii) リスク低減措置を実施後の対応

常に目標としたリスクレベルが維持されているかどうかを確認するために、以下のような取り組みが必要となる。

- ・リスク低減措置実施後のリスクの再見積り及びリスクの再評価
- ・RA実施結果の確認
- ・残留リスク及びその他特記事項に対応するための教育・訓練など

## 2-5) リスクアセスメント等実施結果の労働者への周知について

(i) 化学物質の危険性に対する RA 等実施と作業時の現場対応及びリスクの見直し要求 (図 4)。

化学物質の危険性に対する RA 等を実施する目的は、火災・爆発防止、労働災害防止のためのリスク低減措置を実施することであり、新規製品開発や生産設備の導入時(設計・設置時を含む)、作業手順の検討時、または定期的実施される。このとき、「どのような危険源があり、火災・爆発発生に至るシナリオが考えられるか」「どのようなリスク低減措置を何のために実施しているか」などについての know how、know why 情報の他、未対応のままとなっている残留リスクの有無などについても確認している(図 4 中の①)。一方、作業時、何らかの不具合(リスク)が発生した場合や、労働者から設備や作業方法の修正・変更などが提案された場合には、一旦、作業を中断し、再度、RA 等を実施して、どのように対応するか(リスク低減措置の見直しまたは追加など)を検討する。

作業時の労働者には、化学物質の危険性に対する RA 等実施結果を把握した上で安全に作業を行うことが求められる。つまり、行っている作業に対して火災・爆発発生危険性があることを認識した上で、実施されているリスク低減措置の種類と目的を理解し、その機能を維持するとともに、残留リスクがある場合にはその存在を確認し、適切に対応することで安全に作業を行うことができる。一方、作業時に何らかの不具合(リスク)が発生した場合や、設備や作業方法の修正・変更などを提案する場合には、再度、RA 等を実施して、改善・修正・変更等の実施に伴い発生する新たなリスクの発見とそれに対する既存のリスク低減措置の有効性の確認、リスク低減措置の追加などに関する検討を求める(図 4 中の②)。

(ii) RA 結果を労働者に周知すべき『事項』

労働者に周知すべき『事項』として、化学物質の危険性に対する RA 等の実施に係る情報を RA 情報として整理した。RA 情報は RA 等の各ステップで検討された結果だけでなく、対象作業にどのような危険性(火災・爆発発生に至るシナリオ)があり、それに対してどのようなリスク低減措置が検討され、実施されているかという情報も含み、労働者も知っておくべき『事項』となる。一方、具体的な検討過程や実施されなかったリスク低減措置の内容などは RA 等の実施結果として明示的に記録されていない場合が多く、「なぜこのような検討を行ったのか」「どのように考えて、このリスク低減措置が実施されているのか」「作業方法を変更しても影響はないのか」などの know

why 情報を理解できない場合もある。これらの know why 情報も労働者に周知しておくべき情報とするために、RA 情報に含め、明示的に記録し、保管しておくことを求める。

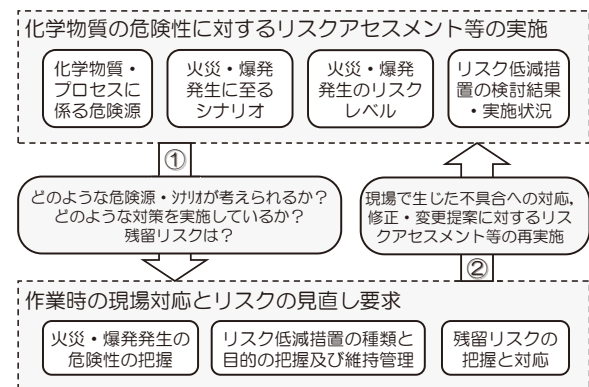


図 4 化学物質の危険性に対する RA 等実施と作業時の現場対応及びリスクの見直し要求

(iii) RA 結果を労働者に周知する『方法』

化学物質 RA 指針には、RA 結果を労働者に周知する『方法』としては、RA 結果を掲示板に表示することや磁気テープ、磁気ディスクなどに記録し、常時確認できるようにしておくこととされているが、これらの情報を積極的に教育・訓練する必要もある。

「教育」は「労働者が安全に関する知識を得て、安全に関する態度や価値観の変容を目指すもの」であり、「訓練」は「労働者が特定の作業を実施する技能や能力の体得をして、行動の変容を目指すもの」である。つまり、それぞれ目的が異なり、「教育」により安全の知識を得て、安全に関する態度、価値観を形成できても、技能や能力が体得されなければ労働者の安全作業につながらない。また、「訓練」により技能や能力を体得して作業ができるようになっても、安全に関する知識がなく、安全に関する態度や価値観が適切に形成されなければ、労働者の安全作業にはつながらない。このため、リスクを顕在化させないための行動を訓練するだけでなく、リスクとは何か、リスクが顕在化するとどのようなことが起こりうるかなども併せて教育する必要がある。以下、教育・訓練方法の例を示す。

- ・オフサイト(研修所・会議室等)教育・訓練
  - 講義
  - 演習(グループワーク、ゲーミングなど)
  - 視聴覚教材(ビデオなど)の活用
  - e-learning の活用
  - 危険感受性を高めるための模擬体験学習
- ・オンサイト(作業現場)教育・訓練



### 3) 簡易シナリオ同定法実施支援ツールの開発

簡易シナリオ同定法によるシナリオ検討を支援するための Excel ツールを開発している。図 5 に支援ツール全体の流れを示す。最終的には表 2～表 4 に示した 3 種類のシートの作成を支援するツールを開発する予定であるが、令和 2 年度は表 2「作業条件確認シート」及び表 3「引き金事象チェックシート」の作成を支援するツール(ドラフト版)を開発した。

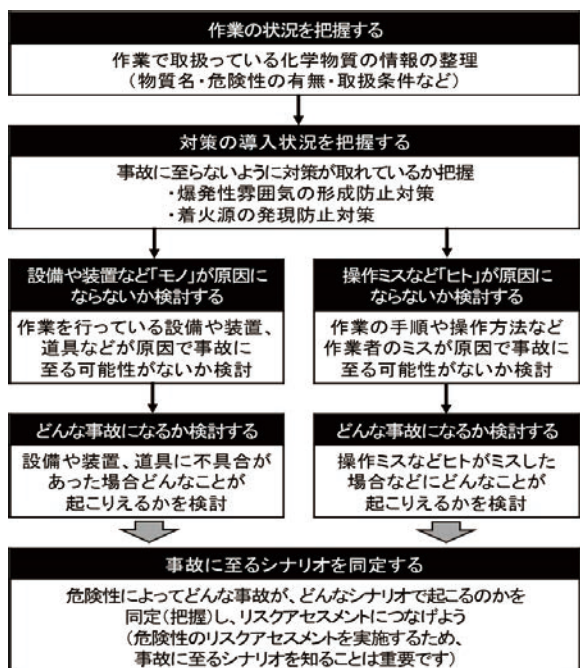


図 5 支援ツール全体の流れ

#### (2) サブテーマ 2:

##### 1) 異常反応に関して注意すべき事項およびリスク低減措置の検討

取り扱う物質の意図しない化学反応(以下、異常反応)による火災・爆発等においては、可燃性物質による火災・爆発等と比べて対象とする物質や取り扱う物質の化学反応に対する理解が不足する傾向があり、その結果、異常反応などを想定しての火災・爆発等が生じる危険性についての確でない RA 等となる可能性がある。異常反応を考慮した RA 等の的確な実施を支援する方策として、重要な事象(暴走反応、混合危険等)について、代表的なシナリオ等を提示することが考えられる。

そこで、代表的な異常反応として暴走反応と混合危険を取り上げ、暴走反応については、暴走反応の原因から災害に至る過程を示す典型的なシナリオ及びリスク低減措置の例を調査し、1 つのシナリオ図としてまとめた。また混合危険については、混合危険に関するシナリオを検討する際の着眼点やリスク低

減措置の例を調査し、リストとしてまとめた。

##### (i) 暴走反応に関する典型的なシナリオをまとめたシナリオモデル

バッチプロセス及びセミバッチプロセスにおける暴走反応に関するシナリオモデルについては、既にいくつかのボウタイダイアグラムやフォールト・ツリー、イベント・ツリーが示されている。また、バッチ運転に対する HAZOP 事例が HAZOP のガイドラインに掲載されている。それらを参考にして典型的なシナリオを 1 つのシナリオモデルとして構築した。なお、想定している現象は、系内の反応による発熱と系からの放熱のバランスが崩れること(以下、熱平衡破綻)によって発生する暴走反応である。熱平衡破綻の要因から、熱平衡破綻の結果生じる結果の概要を以下に示す。

(ア)熱平衡破綻が生じる要因としては、発熱速度の増加もしくは冷却速度の低下がある。発熱速度増加の要因としては反応物の温度の不具合や反応物等の添加などにおける不具合、反応物の蓄積及びその後の加熱設備の復旧による蓄積した反応物の反応、ホットスポットの生成、内容物の二相分離及びその後の攪拌機の復旧が考えられる、一方、冷却速度低下の要因としては、混合の不具合や冷却機能の低下が考えられる。それぞれの不具合の要因は、不適切な作業・操作や、設備・装置に関する不具合等まで展開した。

(イ)熱平衡破綻が生じることにより、反応の進行とともに系内の温度やガス発生速度が上昇することによって反応器の圧力が上昇し、反応器の破損に至る。また、温度上昇により内容物の発火に至ることもある。反応器破損の結果として、衝撃波・飛散物の発生、もしくは内容物が可燃性物質である場合は可燃性物質が漏洩し、着火することによって火災・爆発が生じ得る。また、毒性物質である場合は、漏洩することにより周囲の作業員等への健康被害や、環境への影響が起り得る。

また、それぞれのシナリオについてリスク低減措置の例を示した。各々のリスク低減措置の例には、リスク低減措置の種類(厚生労働省の指針に示されたリスク低減措置検討・実施の優先順位)と目的(多重防護の考え方で分類したリスク低減措置の目的)を示した。

##### (ii) 混合危険に関するシナリオを検討するための着眼点リスト

混合危険については、混合すると危険な現象を引き起こす物質の組み合わせだけでなく、その物質が混合する原因や混合したことにより引き起こされる影響が様々であることから、事象の因果関係を 1 つのシナリオモデルとしてまとめることは困難である。その

ため、混合危険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、既存の文献等に示されている、化学物質混合時の異常反応のシナリオを検討する際の着眼点を、以下の観点毎にリストとして整理した：

(a) 反応器・貯槽等、(b) 機器構成・レイアウト、(c) ベントライン・ドレン、(d) 移送機器・充てん機器、(e) 計装・制御系、(f) 運転作業（監視を含む）、(g) その他の観点。例として、(b) 機器構成・レイアウトに関する着眼点のリストを表 5 に示す。

(a)～(d)の着眼点では、「引き金事象(初期事象)」又は「プロセス異常(中間事象)」に該当する内容が記載されており、シナリオを検討する際は、記載された着眼点から、「その現象はどのような不具合により起こるか」「その現象により、どのような影響が生じ得るか」を検討する。一方、(e)及び(f)の着眼点では、「引き金事象(初期事象)」の要因となるものが記載されているため、シナリオを検討する際は、記載された着眼点から「不適切な作業・操作」、「設備・装置に関する不具合」を想定し、その想定した「不適切な作業・操作」「設備・装置に関する不具合」によりどのような現象が生じるか、その現象によりどのような影響が生じ得るかを検討する。

さらに、着眼点に対するリスク低減措置の例や、これらのリスク低減措置の種類や目的について整理し、リストとして示した。

表 5 混合反応の原因についての着眼点の例  
(b) 機器構成、レイアウトについて

共用のベントラインで混合危険物質同士が接触する
共用のユーティリティ供給系で、ユーティリティ系の汚染により混合危険物質がプロセス側に侵入する
共用の機器（スクラバ等）で混合危険物質同士が接触する
共用の移送系で混合危険物質同士が接触する
液体が漏れいし、排水溝、堰で混合危険物質同士が接触する
異なるプロセスに供給する化学物質が近接していることで、誤ったプロセスに当該物質を供給する

## 2) 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

反応の危険性を把握するのに必要となる、反応の放出エネルギーを算出する際に使用する物質単独の生成エンタルピー及び Benson グループの生成エンタルピーへの寄与値を文献により調査し、Excel のデータベースとして整理した。また、当データベース

を基にして、反応の放出エネルギーや、生成エンタルピーが不明な物質の生成エンタルピーを計算する機能を付加し、反応熱推計支援ツールとして作成した。図 6 にツールの構成及び使用の流れを示す。

また、これまでに労働安全衛生総合研究所で測定された各種反応性物質の発熱挙動の一部をデジタルデータとして公開しているが、さらに断熱熱量計による測定結果をデジタルデータとするとともに、閲覧しやすいようにレイアウトの修正を行った。

さらに、労働安全衛生総合研究所 爆発火災データベースから、暴走反応及び混合危険に関連する火災・爆発災害事例を検索、抽出してまとめた。

混合危険については、米国化学工学会／化学プロセス安全センター(AICHe/CCPS)により管理・運用されている混合危険マトリクス作成ソフトウェア CRW (Chemical Reactivity Worksheet) について、使用方法の説明資料を作成した。

## 3) 異常反応に起因する災害事例の収集および要因分析

暴走反応によると考えられる災害事例のうち、RISCAD(リレーショナル化学災害データベース)に掲載されている PFA (Progress Flow Analysis) 解析結果がある事例、及び「化学物質・プラント事故事例ハンドブック」に掲載されている、暴走反応が原因となった事例について、構築したシナリオモデルへのトレースを行い、災害要因を検討した。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や、攪拌機の誤操作や故障により攪拌が停止し、反応器内容物が二相分離した後に攪拌を再開したことで、急激に発熱したシナリオの件数が多かった。これらの攪拌機が関与するシナリオは 14 件あり、全シナリオ 32 件の 40%以上を占めた。次に、冷媒供給弁やポンプの故障・誤操作によって冷媒の流量が低下(もしくは停止)し、冷却速度が低下するシナリオが 5 件あった。

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火災・爆発や、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。これは、既存の文献等でよく示されている反応暴走の過程と同じであり、その過程への対策は確実に検討する必要があることが分かった。

これらのトレースされたシナリオは、今後も同種災

害として起こりうるシナリオと考え、リストとしてまとめた。

**【研究業績・成果物】**

[総説他(英文、和文)]

- 1) 佐藤嘉彦(2021)化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等にかかわる最近の動向、安全衛生コンサルタント、Vol.41、No.137、pp.24-32.
- 2) 島田行恭(2021)、化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施の 5W1H、安全衛生コンサルタント、Vol.41、No.137、pp. 33-38.

[国際学術集会]

- 1) Y.Shimada, Y.Sato and A.Takahashi ( 2020 ) Checklist for Risk Assessment of Chemical Substance Hazards to Prevent Process Accidents, 30th European Safety and Reliability Conference and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, T39-17, 4933.

[国内学術集会]

- 1) 高橋明子、島田行恭、佐藤嘉彦(2020)化学物質リスクアセスメントにおけるヒューマンエラーの考え方の提案、安全工学シンポジウム 2020、GS-3-3.
- 2) 島田行恭、佐藤嘉彦、高橋明子(2020)化学物質の危険性リスクアセスメント等実施のための火災・爆発等発生シナリオ検討シート、安全工学シンポジウム 2020、GS-3-8.
- 3) 佐藤嘉彦、島田行恭、板垣晴彦(2020)過去の暴走反応による災害事例で多く出現したシナリオの検討、安全工学シンポジウム 2020、GS-3-9.

4) 島田行恭、佐藤嘉彦、高橋明子(2020)化学物質の危険性に対するリスクアセスメント実施のための簡易シナリオ同定法、化学工学会第 51 回秋季大会、K120.

5) 佐藤嘉彦、島田行恭、板垣晴彦(2020)異常反応シナリオ検討支援のためのシナリオ図及び着眼点リストの検討、化学工学会第 51 回秋季大会、K121.

6) 島田行恭、佐藤嘉彦、高橋明子(2020)化学物質の危険性に対するリスクアセスメント実施のための簡易シナリオ同定法—塗装作業への適用例—、第 53 回安全工学研究発表会、52.

7) 島田行恭、佐藤嘉彦、高橋明子(2020)燃焼の 3 要素に着目した化学物質の危険性に対するリスクアセスメント実施支援策、第 68 回日本職業・災害医学会学術大会、労働安全衛生総合研究所報告.

[その他]

- 1) 島田行恭(2020)「化学物質の危険性に関するリスクアセスメント等実施に係るチェックポイント集」、安衛研ニュース、138 号.
- 2) 島田行恭(2020)「プラント安全設計(化学プロセス安全設計の考え方と事例)」、第 42 回安全工学セミナー2020、安全工学会.
- 3) 島田行恭(2021)「危険性リスクアセスメントツール(安衛研手法)の紹介」、厚生労働省、化学物質の簡易リスクアセスメント手法開発事業、簡易なリスクアセスメント支援ツール活用促進講習会(オンデマンド配信).

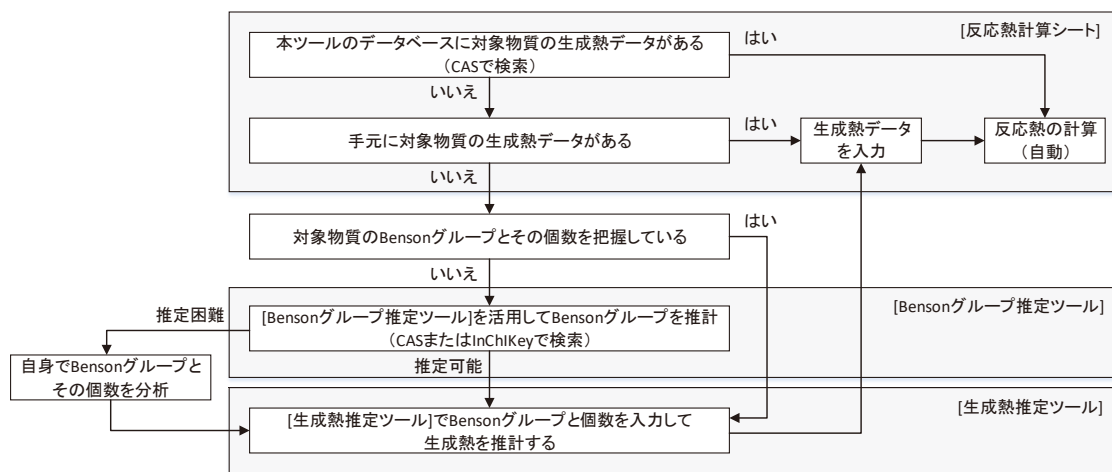


図 6 ツールの構成及び使用の流れ

## (5) 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2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)  
清水哲也(富士フィルム株式会社), 高橋智美(同)

【研究期間】 令和元～4年度

【実行予算】 30,650千円(令和2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、加湿法などの従来の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量低減手法の開発
- 気体雰囲気静電気が静電気に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】

本年度では、新型コロナウイルス感染症対策に伴い、職場での実験実施等の制限、研究会議の中止やリモートでの開催など、研究遂行上様々な予期しない制限が生じた。論文発表を除く成果の公表には大きな影響があったが、研究の計画を大きく変更することなく実施できた。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。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。

前年度は、酢酸エチルが他の液体と比較して噴霧帯電量が顕著に大きくなることを確認した。本年度は、酢酸エチルが酢酸エステル的一种であることに着目し、他の酢酸エステル(酢酸メチル、酢酸イソプロピル、酢酸ブチル)についても同様に噴霧帯電量測定を行った。

また、液体の噴霧帯電による災害の多くは、使用するノズルや容器等の導体を接地することで防止可能であるが、絶縁材質製の容器等が使用される工程ではこのような対策は適用できない。そこで、噴霧帯電量そのものを低減し災害発生を回避する方法として、噴霧ノズルへの電圧印加を検討した。

噴霧帯電量の測定には、図 1 の実験装置を使用した。従来装置よりも小型化したことで、少量の液体で測定でき、液体加圧容器(噴霧ノズルが一体)およびファラデーケージをドラフトチャンバー内に設置できる。

図 2 に、測定結果(噴霧帯電による発生電流)を示す。これより、各種酢酸エステルについて、酢酸エチルと同程度かそれ以上に帯電することが確認できた。また、これらの液体については、ノズルに±5 kV



図 1 噴霧帯電量測定用実験装置

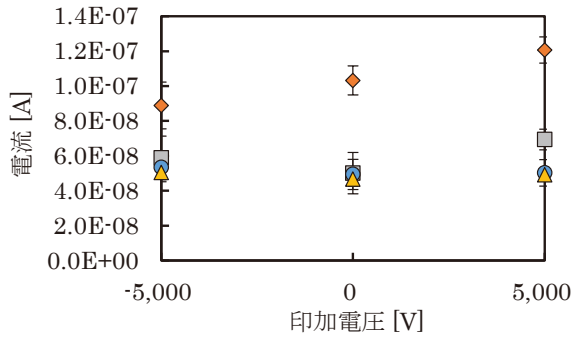


図 2 酢酸エステルの噴霧帯電量とノズル印加電圧の関係(◆:酢酸メチル、●:酢酸エチル、▲:酢酸イソプロピル、■:酢酸ブチル)

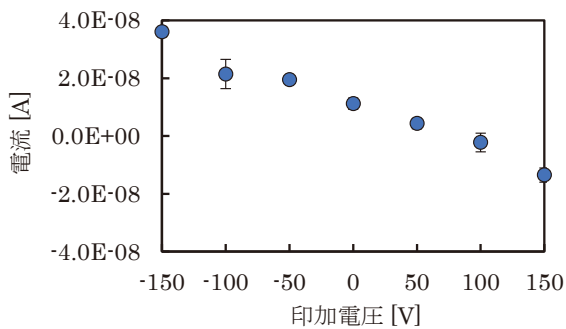


図 3 イソブチルアルコールの噴霧帯電量とノズル印加電圧の関係

の電圧を印加しても噴霧帯電量には明確な差が生じないことを確認した。一方で、図3のように、比較的高導電率のイソブチルアルコールについては、印加電圧に応じて噴霧帯電量に変動することを確認した。

以上のように、酢酸エチル以外の酢酸エステルについても、噴霧帯電による危険性が大きいことが確認できた。また、ノズルへの電圧印加による噴霧帯電量低減方法については、酢酸エステルについては効果が見られなかったが、比較的高導電率の高い液体については有効性が確認された。

#### (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。これまでの基礎的な実験・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、

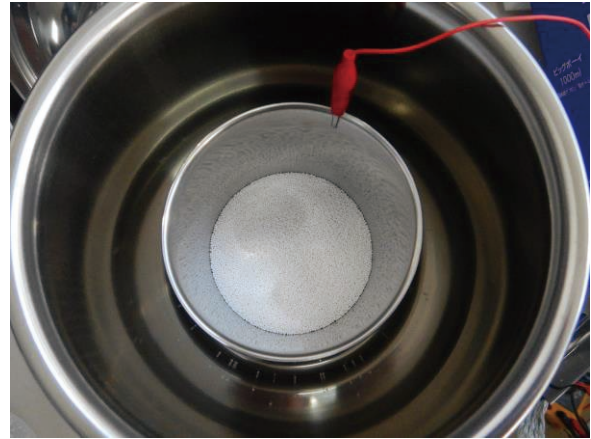


図 4 攪拌後の粒体の帯電量測定装置

雰囲気制御はその選択肢の一つとなりうる。

昨年度において、帯電緩和効果の実証の一例としてペットボトルにアルミナ球と気体を封入した実験を行い、アルゴンではアルミナの帯電が緩和されているような振る舞いが観測されている。アルゴンが影響し、自己放電による帯電緩和が起きていると考えられたが、絶縁体試料の摩擦静電気量測定による低減効果の有無は確認されていない。

本年度の研究では、絶縁体容器と絶縁体試料、および金属試料を摩擦し、ファラデーケージで試料の帯電量を測定し、気体による緩和の大きさを定量的に比較した。

絶縁体や金属の球状試料の静電気測定法として、ファラデーケージとエレクトロメーターを使用した。ファラデーケージ(図4)は実験に適した大きさのものを用意した。ステンレス製のカップ状の円筒容器を2重にした構造で、直径160mm(高さ160mm)の外側を接地し、直径100mm(高さ100mm)の内側のカップは底部に樹脂をはさんで電氣的に絶縁した。

エレクトロメータには、(株)ADC社製8252を使用した。出力は0.1秒ごとに値を記録し、試料をファラデーケージに入れる前後も観測した。

水で洗浄して内部をよく乾燥したペットボトル(0.5リットル)を攪拌容器とした。試料はアルミナ球(直径1mm)を200gをボトルに入れた。接地したステンレス製容器に入れたアルミナ球を接地したステンレス製ロートを通じてボトルに入れた。この方法でアルミナをファラデーケージに直接入れて初期の帯電を測定したところ、-16nC程度であった。

ペットボトルにアルミナ球を入れ、加えて試料気体を十分に置換するように導入し、封入した。ボトルの攪拌には回転ローラー式シーソー攪拌機(攪拌の傾斜範囲は±3度)を用いた。ボトルの攪拌の回転数は約75rpmとした。攪拌後、直ちにファラデーケージ

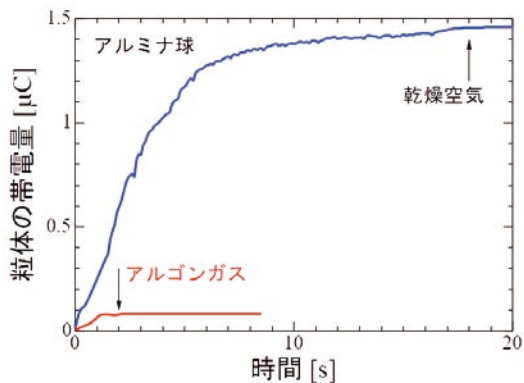


図 5 攪拌後の粒子の帯電量測定



図 7 湿度供給装置



図 6 室内空気(室温 18.5℃、相対湿度 18%)を封入して攪拌後に発生した静電気による粒子ハンドリングの不具合

に試料を移し入れ、静電気を測定した。

アルミナ球の静電気量の測定結果を図5に示す。縦軸の帯電量が一定になるまでの時間はアルミナ球をファラデーケージへ投入するのに要する時間を示している。アルゴンではペットボトルから試料が2秒以下で素早く流れ出たが、乾燥空気では投入の際にアルミナ球がペットボトルの内面に張り付く(図6)ため、全てをファラデーケージに入れるまでには時間を要した。

乾燥空気の場合では、アルミナ球の帯電量は約  $1.45 \mu C$  であったのに対し、アルゴンでは約  $0.1 \mu C$  と1桁以上低い帯電量となることを確認した。

粒子の取り扱いでは静電気は発生しない方が望ましいため、接地の実施や除電器が使用されている。また着火防止のために不活性ガスへの置換が行われている。アルゴンガスを使用することで、着火防止に加え、静電気低減効果も期待できることから、応用に向けた更なる研究を推進する。

研究計画に沿って今年度は分流式精密湿度供給装置を新たに導入し、既存の摩擦静電気測定装置と接続した(図7)。室温(約20℃)において、相対湿度10%から90%までを安定的に発生できることを確認した。引き続き、湿度と摩擦静電気帯電・緩和のメカニズムを詳しく研究する。

### (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免疫性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。



(a) 針電極 (b) ヘッド付近

図 8 異常放電の発生様子

項目 1: 本研究では、試作したプロパン着火実験装置と方法を用いて、15 種類の静電塗装ガンから異常放電が発生した場合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。定電流保護回路・過電流遮断回路の安全機能装置を停止させた状態でも、静電塗装ガンの針電極からの異常放電には、着火は起きない(図 8(a))。主に着火を引き起こした放電は、静電塗装ガンのヘッド部(絶縁部)と接触した時に発生した異常放電である(図 8(b))。これは針電極近傍の接地されていない金属製の塗料噴霧部の影響と思われる。

項目 2: 本研究では、新型ハンディタイプ接地確認装置(図 9)の接地検出特性と着火性放電抑制性能を定量的に調べた。ハンディタイプ接地確認装置は、内部のコンデンサ(実測値:1270 pF)と測定対象物体の静電容量の並列接続によって分割される電圧特性を応用したものである。また、本装置の抵抗結合型接触電極(100 MΩ)で発生する着火性放電の抑制性能を調べるために、抵抗結合型接触電極を爆発容器に取り付け、プロパンガス雰囲気の下、約 180 mJ の強い着火性放電による着火の可否を検討した。その主な結果によると、今回の実験では、測定対象物体の静電容量が 11-1270 pF の範囲で接地されていなければ分割された電圧の値、また、接地されていれば零ボルトとなり、容易に接地検出が可能であることが明らかとなった。また、50 MΩ 以上の高抵抗であれば着火性放電が抑制された。これは、高抵抗によって放電エネルギーが分散されたことが考えられる。

項目 3: 本研究では、電気という重要なライフラインの安全利用に寄与する国内・外製の 10 種類の漏電遮断器を対象とした放射免疫試験を 3m 法電波暗室中で行った。その結果、一部の漏電遮断器で本来は JIS 規格外の周波数及び電界強度の領域ではあるが不要動作を確認した。そのため、電界軽減対策例を検討し試験を行った。試験結果により、漏電遮断器が規格外の周波数や強い電界を受ける

環境下では、鉄箱に納めて外部からの電界を受ける

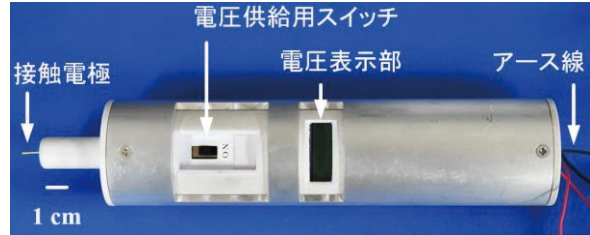
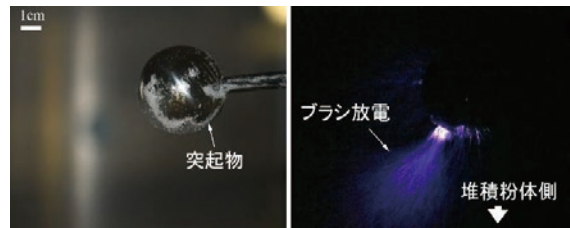


図 9 新型ハンディタイプ接地確認装置の構造



(a) 実験前 (b) 実験中

図 10 突起物からの静電気(ブラシ)放電

面をメッシュ材にするなどの対策を施すことで電界を軽減する効果があることを確認した。

項目 4: 本研究では、サイロ内に直径 4 cm の金属の突起物がある状態で大量の粉体(約 3 mm、ポリプロピレンペレット、約 800 kg)を連続投入した時の静電気放電とその危険性について調べた。その結果、金属の突起物から静電気(ブラシ)放電(図 10)が明確に観察され、投入時間の経過とともに様々な強い放電が見られた。その観察された静電気放電の放電電荷量は突起物が埋まる前と埋まった後の 2 つに分類することができ、埋まった後の方が埋まる前より大きいことが分かった(最大電荷量:-726 nC)。静電塗装機を使用した作業現場における静電気リスク評価をする際、粉体への着火リスク管理値の 200 nC(絶対値)を 3 倍以上超えているため、安全なレベルではないことが示唆された。

#### 【研究業績・成果物】

[原著論文・総説(査読付き)]

- 1) Kwangseok Choi, Hosu Choi, Teruo Suzuki (2020) Charging behavior of glass beads using a spiral air type tribocharging apparatus that utilizes a faraday cup. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol.65, May 2020, p.104124.
- 2) Kwangseok Choi, Yuta Endo, Yuki Osada, Teruo Suzuki (2020) Experimental study on the effect of metal protrusions inside silos on electrostatic discharges. Powder Technology, Vol.366, 2020, pp.661-666.



- 3) Wookyung Kim, Satoshi Anraku, Takuma Endo, Kwangseok Choi (2020) Flammability and flame propagation of propane/L-leucine powder hybrid mixtures. Powder Technology, Vol.372, 2020, pp.694-702.
  - 4) 遠藤雄大(2020) 可燃性溶剤の噴霧帯電量と導電率の関係. 安全工学, Vol. 59, No. 3, pp.175-183.
  - 5) 遠藤雄大(2020) 酢酸エチルの噴霧帯電量と噴霧条件の関係. 安全工学, Vol. 59, No. 5, pp.296-307.
  - 6) 三浦崇(2021)アルゴンガスによるボトル攪拌とホース搬送での静電気の低減. 静電気学会誌, Vol.45, No.2, pp.75-80.
  - 7) 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.
  - 8) 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.
  - 9) 長田裕生, 鈴木輝夫, 崔光石(2020) エアモータを用いた静電界センサの開発. 粉体工学会誌, Vol.57, No. 6, pp.311-316.
  - 10) 北條理恵子, 大塚輝人, 堀智仁, 菅間敦, 崔光石(2020) 労働安全衛生総合研究所における諸外国の最新の動向を踏まえた労働安全研究の推進. 労働安全衛生研究, 第 13 巻 2 号, pp.151-155.
- [解説等(査読なし)]
- 1) 遠藤雄大(2020) 建設現場における感電災害を防ぐ, 仮設機材マンスリー, No. 429, pp.11-16.
  - 2) 崔光石, 崔旻 (2020) 静電気放電による粉じん爆発及びその対策. 粉体技術, Vol.12, No.9, pp.18-22.
- [特別講演等]
- 1) 遠藤雄大(2020) 液体取り扱い時の静電気対策(研究所訪問). 令和 2 年度安全衛生専門講座第 34 回 静電気安全対策コース(中災防), 東京(2021 年 10 月)
  - 2) 崔光石(2020) 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).
  - 3) 崔光石(2020) 中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター, 第 34 回静電気安全対策コース「静電気災害・障害の実例と対策」(2020 年 10 月).
  - 4) 崔光石(2020) 一般社団法人静電気学会講習会, 2020 年度第 2 回静電気学会講習会「静電気災害の実例と対策～基礎・計測, 液体災害, 粉体災害, リスクマネジメント～」, 粉体による静電気災害と対策 (2020 年 12 月).
- [国内外の研究集会発表]
- 1) 遠藤雄大(2020) 酢酸エチルの噴霧帯電と各種噴霧条件の関係. 安全工学シンポジウム 2020 講演予稿集, pp.156-157.
  - 2) 遠藤雄大, 崔光石 (2020) 灯油ミストの着火エネルギー測定. 安全工学シンポジウム 2020 講演予稿集, pp.158-159.
  - 3) 遠藤雄大(2020) 2 流体ノズルの噴霧帯電と各種噴霧条件の関係. 第 44 回静電気学会全国大会講演論文集, pp.185-186.
  - 4) 遠藤雄大, 崔光石(2020) 火花放電による灯油ミストの着火性. 第 44 回静電気学会全国大会, 講演論文集, pp.187-188.
  - 5) 遠藤雄大(2020) 酢酸エチルの 1 流体ノズルからの噴霧帯電特性. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.61-62.
  - 6) 遠藤雄大, 崔光石(2020) 高引火点可燃性液体ミストの着火エネルギー測定. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.39-42.
  - 7) 遠藤雄大(2020) ノズルへの電圧印加による導電性液体の噴霧帯電量低減効果. 2021 年度静電気学会春期講演会論文集, pp.1-2.
  - 8) 三浦崇(2021) アルゴンガス封入による粒体攪拌の静電気低減. 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 16p-P08-4 オンライン開催.
  - 9) 三浦崇(2021) 低真空でのステンレスと石英の摩擦静電気の測定. 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 16a-P03-1 オンライン開催.
  - 10) 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.
  - 11) Milad Taghavivand, Mohsen I. Nimvari, Poupak Mehrani, 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.
  - 12) 崔光石, 金佑勁, 柳田建三, 白松憲一郎 (2020) 静電塗装ガンの着火性評価方法に関する実験的研究. 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp.170-171.
  - 13) 松永武士, 吉原俊輔, 鈴木善貴, 柳田建三, 崔

- 光石(2020) 静電塗装コントローラの放射イミュニティ特性. 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp.152-155.
- 14) 崔旻, 崔光石(2020) 静電塗装機から発生する異常放電の電荷量測定に関する試み. 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp.164-165.
- 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 2). 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp.160-161.
- 16) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫(2020) 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. 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp.162-163.
- 17) 榎田英範, 松永武士, 吉原俊輔, 崔光石(2020) 漏電遮断器における放射イミュニティ性能と対策例について. 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp.148-151.
- 18) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫(2020) コンピューターシミュレーションによる粉体連続投入過程で発生する電界分布の検討(第 1 報). 第 44 回静電気学会全国大会, 静電気学会講演論文集 2020, pp.175-178.
- 19) 鈴木輝夫, 長田裕生, 崔光石(2020) ハンディータイプ接地確認装置の接触電極における着火性放電抑制性能. 第 44 回静電気学会全国大会, 静電気学会講演論文集 2020, pp.195-196.
- 20) 長田裕生, 崔光石, 鈴木輝夫(2020) ハンディータイプ接地確認装置の開発(その 3). 第 44 回静電気学会全国大会, 静電気学会講演論文集 2020, pp.193-194.
- 21) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫(2020) ポリプロブレン粉体連続投入過程でサイロ内の突起物から発生する静電気放電. 静電気学会講演論文集 2020, pp.173-174.
- 22) 崔光石, 崔旻, 長田裕生, 鈴木輝夫(2020) 除電器から発生する異常放電の電荷量測定の試み. 第 53 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp.57-60.

## (6) 人間特性支援による安全管理及び教育手法に関する研究【4年計画の1年目】

菅間 敦(リスク管理研究 G), 高橋明子(同), 島田行恭(同), 平内和樹(新技術安全研究 G),  
中嶋良介(電気通信大学), 西村崇宏(国立特別支援教育総合研究所)

【研究期間】 令和2～5年度

【実行予算】 8,883千円(令和2年度)

### 【研究概要】

#### (1)背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズなど)

平成29年に発生した978件の死亡災害のうち、258件(26.4%)は墜落・転落であり、災害原因のトップを占めている。また業種別にみると死亡災害は建設業で323件と最も多く発生し、そのうち135件が墜落・転落である。このように死亡災害を防止する上で建設業における墜落・転落災害の防止は非常に重要な位置を占める。厚生労働省の発行する第13次労働災害防止計画(以下、13次防)においても、建設業における墜落・転落災害等の防止は業種別の重点対策に挙げられており、早急な対応が求められている。

墜落・転落災害の発生原因には、作業者の不安全行動や現場の不安全な状態が関係している場合が多い。例えば製造業では死傷災害の89%(平成25年)、建設業では同86%(平成26年)に何らかの不安全行動が関係している。労働安全衛生法では、このような不安全状態の改善や不安全行動の周知・教育に対して、事業場ごとに安全管理体制を構築すること、また事業主および安全管理者等が管理・監督することが義務づけられている。しかし墜落・転落災害は作業者の行動に起因して発生するため、職場巡視による作業環境の調査だけでは本質的な災害対策は困難であることが指摘されている[1]。そのため安全管理者が作業内容や作業者の行動について事前に予測し、適切な管理・監督ができるような取組が必要である。また、教育を受ける側である作業者についても、若手作業者は危険な場面に遭遇した経験の少なさから危険感受性が低下していることや、熟練作業者は高齢化による認知機能や運動機能の変化を自覚しにくいことなどが指摘されており、墜落・転落災害のリスクを高める要因の一つとなっている。このような社会背景から、昨今の労働現場では、安全管理者が職場の安全衛生状態を把握し災害防止対策等の管理・監督を適切に実行することや、作業者が十分な安全衛生教育・訓練を受け、安全衛生に対する意識を高めることが求められている。

職場の安全管理・教育に関する支援技術として、昨今ではバーチャルリアリティ(VR)を用いたシステ

ムが国内外で利用されはじめている[2]。VR型システムの多くは、頭部装着型デバイスであるヘッドマウントディスプレイ(HMD)に高精度のバーチャル映像を投影する仕組みとなっている。例えば建設業の作業管理システムとして、BIM(Building Information Modeling)で設計したデータをVRデータに変換しBIM空間内に没入できるよう投影することで、設計イメージの共有やミスの早期発見等を行うシステムが導入されている。また危険体感システムとして、高所からの転落や加工機械への巻き込まれなど、現実には再現困難な現象をVRによって体験させるものも開発されている[3]。これらのVRシステムは、あたかも作業現場内にいるような没入感を感じられるため、従来のコンピュータや書類を使った手法と比べ、直感的に理解しやすい特徴がある[2]。そのため設計段階で労働災害リスクを発見し危険源をあらかじめ取り除くことや、新規入場者教育の効果向上への貢献が期待されている。13次防でも就業構造の変化や働き方の多様化に対応するため「危険の見える化」の推進や、「危険体感教育および震災に備えた対策の推進」が掲げられており、今後様々な事業場への導入が進むことが予想される。

しかし作業現場における安全管理・教育等の支援を行うためには、作業者がどのように職場の危険源を知覚し、また災害発生リスクをどのように見積っているかなど、作業者の危険認知および行動決定のプロセスを明らかにする必要があるが、そのような作業者視点に立った調査・研究は、国内の建設業および墜落・転落に関してはほとんど行われていない。仮に作業者が危険源を見落としやすい状況や、リスクを過小評価しやすい作業があるとすれば、それを支援するシステム等を構築することで、危険源の発見およびリスク評価の支援が可能となる。また同様の理由から、作業者への教育および訓練を効果的かつ効率的に行う手法の提案が可能となる。これらの手法は、上述のVRシステムなどと組み合わせることで相乗効果を生み出し、より高度な安全管理・教育手法の実現が期待できる。

#### (2)目的

本研究では、安全管理者等に要求される業務のうち、「作業環境および作業方法から生じる危険への対処や事故防止措置」、「作業の安全についての教育・訓練」に着目し、これらの業務支援に寄与するシ

システムの構築を志向する。具体的には、効果的な支援システムの構築に必要な知見の提供のため、作業者の認知・行動特性を踏まえた業務支援手法について研究を行う。

本プロジェクト研究ではサブテーマを含まず、単一のテーマに対して研究を行う。具体的には、墜落・転落のリスクのある場面を対象として、(ア)作業者の注視・行動特性を支援する安全管理手法の検討と、(イ)作業者の認知・行動特性に基づいた教育手法について検討する。

### (3)方法

本研究では以下の Step1 から Step4 までの方法を用いて研究を進める。

#### Step1:国内の実態調査、海外資料・文献の収集

- 国内の建設業を対象として、安全管理者の業務内容・方法、安全衛生教育の内容・方法・頻度等を調査する。また、海外で発行されている教育用資料やパンフレットを収集し、目的や視点等について分析し、公表資料の内容に反映する。

#### Step2:実験研究

##### (ア)注視・行動特性を支援する安全管理手法

- 作業者のハザード知覚特性を明らかにするため、作業中の注視点や注視時間の分析を行い、作業内容やタイムプレッシャー、注意度などの要因が注意特性に与える影響を分析する。また経験者と初心者の比較から、経験による知覚・行動特性の変化を分析する。
- 作業環境(場所)や作業手順によって変動するリスクに対する、作業者の主観的なリスク評価特性を明らかにするため、小タスクを複数含む作業や、複数の場所で移動しながら作業を行う場合について、作業行動や主観評価に基づいた分析を行う。

##### (イ)認知・心理特性に基づいた教育手法

- 作業熟練者のハザード知覚特性を認知心理学的分析により明らかにする。具体的には、熟練者にヒアリングを行い、ハザード知覚に必要な要素(作業現場でどこを見ているか、どのような知識を有するか、ハザード抽出スキルをどのように獲得したか、など)を明らかにする。
- 作業現場において作業者が見るべきハザードについて、場所、順序、注視時間などを HMD やタブレット端末などの情報提示デバイスを用いて明示するシステムを構築する。またそのシステムを用いて初心者等に対してハザード知覚に関する教育を行った際に、教育効果があ

るかを検証する。

- 作業者の継続的な教育・訓練において、有効かつ現実場面に適用可能な手法を検討するため、作業者の自己理解スキルに着目し、コーチング技法を取り入れた教育訓練手法の立案とその効果検証等を行う。

#### Step3:普及資料の作成・公開

- 建設業で見落としがちなハザードや過小評価しやすいリスクをとりまとめた資料を作成・公開する。またそれらをわかりやすく表示する手法について成果公表する。また、安全衛生教育に有効な教育手法を伝える資料を作成・公開する。

#### Step4:意見交換

- 研究成果や作成した資料を元に、企業の安全管理者等を対象として、安全管理・教育業務の高度化・簡便化に貢献可能か意見交換を行う。また厚生労働省、災防団体、業界団体、VR ユーザ企業、VR メーカー企業とも意見交換を行う。

### (4)研究の特色・独創性

作業者の注視・行動特性に基づく安全管理、および認知・行動特性に基づく安全教育手法は、安全管理者等の能力向上や作業者の危険感受性の向上、職場の安全文化の醸成に有用であると考えられる。また VR システム等は将来発生する可能性のある危険状態を事前に模擬体験することができるため、発生確率は低いが発生した場合に結果の重大性の高い事象のリスクアセスメント等にも有用と考えられる。

現在の労働安全衛生管理および教育は、作業者の動きなど人間特性に関する情報をどのように取得・管理すべきかについてはほとんど検討がなされていない。その情報取得と提示に関する方法論の確立と、教育等を通じた安全管理者や作業者の行動変容に対する効果について検証することができれば社会的インパクトは大きい。

### 【研究内容・成果】

本年度の研究成果について、(ア)作業者の注視・行動特性を支援する安全管理手法、および(イ)作業者の認知・心理特性に基づいた教育訓練手法、の観点からそれぞれ報告する。

#### (ア)作業者の注視・行動特性を支援する安全管理手法の検討

建設業においては、はしご・脚立、可搬式作業台、足場台などの高所作業用具は広く利用

されているが、利用者の墜落・転落リスクについては十分に明らかにされていない。高所作業における作業者の特性を正しく理解し、適切な作業方法や教育方法の確立に向けた知見を得ることを目的として、以下のような研究①、②を実施した。

①可搬式作業台作業時の注視特性に社会心理的要因が与える影響の分析

作業現場においては、安全性だけでなく作業時間の短縮(労働効率)に対する要求も強いため、作業者は日常的に「なるべく早く作業する」必要に迫られると考えられる。このようなタイムプレッシャー下では安全確認が不十分になりやすいと想定され、足場の狭い環境では作業者の姿勢不安定化や、危険源の見落とし、不注意による事故につながりやすいと考えられる。そこで作業の教示方法が作業者の注視行動に与える影響を評価することを目的とし、可搬式作業台上での作業者の注視行動を評価した。

課題作業として、可搬式作業台(ナカオ社製:ESK-14)上で、小型のマグネットをボードに5か所取り付ける作業を行わせた。作業区分は次のように7段階とした。

- ・ 開始地点からステップの側まで移動する(接近)
- ・ ステップを昇る(昇り)
- ・ ステップから天板中央まで移動する(移動)
- ・ 天板中央部で軽作業を行う(作業)
- ・ 天板中央からステップまで移動する(移動)
- ・ ステップを降りる(降り)
- ・ ステップの側から終了地点まで移動する(離脱)

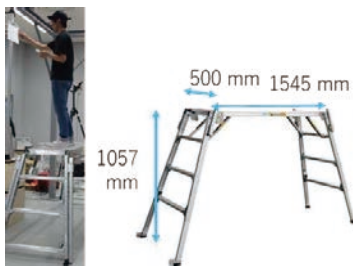


図1 可搬式作業台を用いた課題作業の様子

作業の教示方法を実験因子とし、教示内容は「可能な限り効率(作業スピード)を意識して作業して下さい」と指示する条件(Time Pressure: TP)、「可能な限り安全を意識して作業して下さい」と指示する条件(Safety Awareness: SA)、および通常意識(Standard: STD)の3種類とした。研究参加者は作業未経験の男子大学生12名(年齢:20歳から22歳)とした。作業中の注視行動を測定するため、帽子に固定されたアイマークレコーダ(EMR-9、ナックイメージテクノロジー社)を装着させ、眼球運動を60 Hzで

測定した。本研究では視角2度以内の範囲に0.1秒以上留まった点を停留点と定義し、停留時間と停留回数を分析した。またビデオ撮影したデータをもとに、作業区分別の作業時間を算出した。

実験の結果を図2に示す。全体の平均作業時間はSTD条件とSA条件では約18.3秒であったのに対し、TP条件では13.2秒と有意に減少していた。作業区分別に分析すると、ステップの登りと降りにおいてのみTP条件で作業時間が減少しており、作業中は差が認められなかった。また平均注視回数はSTDおよびSA条件では32~33回であったが、TP条件では21回に減少していた。作業区分別に分析すると、TP条件では天板上での作業中のほか、ステップの登りと降りにおいて注視回数が有意に減少していた。これらの結果から、タイムプレッシャー下では、ステップ昇降速度の上昇によって作業時間短縮が実現されるが、ステップ昇降中は注視回数が減少し、安全性の確認がおろそかになることが示唆された。そのため、ステップの踏み外しや姿勢バランスの不安定化が生じる可能性があり、転落リスクが高まると考えられる。一方、作業未経験者に対して安全を意識させたとしても、作業時間および注視回数には変化は見られなかった。これは何に注意をするべきかが把握できていないことが一因と考えられ、作業未経験者に対しては具体的な注意点・方法を教示することが安全性向上に向け必要であることが示唆された。

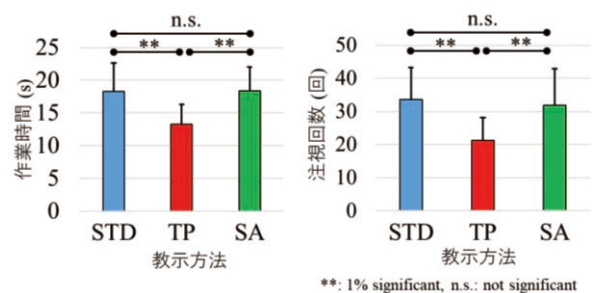


図2 作業時間および注視回数の結果

②脚立の設置位置による作業性および姿勢安定性の分析

作業現場にてヒアリングを行った結果、熟練者は作業性を考慮して脚立を作業対象物の後方に設置する傾向があるのに対し、新人作業者は脚立を作業対象物の真下に設置する傾向があるとのコメントが得られた。脚立の設置位置が不適切であると無理な作業姿勢につながり、作業中の転倒リスクが高まると考えられるが、これまでに脚立の設置位置の影響について検討された例はなく、明確な基準があるわけではない。そこで、安全かつ効率的な脚立作業に寄

与するガイドラインの提案を目的とし、脚立の設置位置が作業効率および作業姿勢に与える影響について検討した。

課題作業は脚立上での上向き作業とし、天板を含めて4段の脚立(長谷川工業株式会社製:RS2.0-12)を用いて、天井(高さ 260 cm)に取り付けられた蛍光灯(オーム電機製:LT-FM1050)の着脱を行わせた。実験参加者は脚立の下から2段目のステップ(高さ 50 cm)に立った。実験因子は、脚立への立ち方と、脚立の相対的な設置位置とした。まず脚立への立ち方は、片側の昇降面に立つ片側条件と、天板をまたいで立つまたぎ条件の2水準とした。脚立の設置位置は図3に示す通り、蛍光灯の真下を原点として、左右方向と前後方向に-45 cm から+45 cm まで15 cm 間隔で計49点設定した。安全な作業が困難と判断した場合は、その設置位置での測定は行なわなかった。実験参加者は男子大学生9名(20歳から23歳)を対象とした。実験前に、練習として脚立上での蛍光灯の取り換え作業を繰り返し行ない、課題作業が問題なく行えるようになった後、測定を開始した。

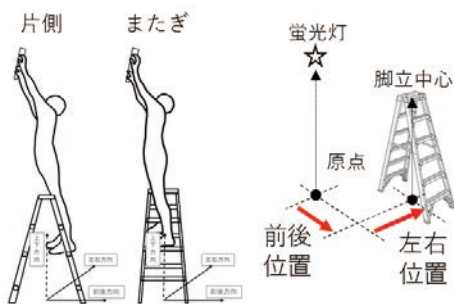


図3 脚立への立ち方および脚立の設置位置

測定および評価方法として、主観的な作業の快適性について作業前と作業後にそれぞれ4段階(0: 作業不可、1: 作業しにくい、2: 作業可能、3: 作業しやすい)で答えさせた。また作業時間として、脚立上で静止後に蛍光灯を取り外して手元に持ってくるまでと、手元の蛍光灯を持ち上げて取り付け静止するまでの時間の合計を求めた。作業姿勢は、2台のビデオカメラ(パナソニック社製:HC-V480MS)で実験参加者の後方と左側面から撮影した静止画を、姿勢分析ソフト(University of Michigan: 3D SSPP Software ver.7.1.0)を用いて分析し、身体の重心、足関節、手先の座標を推定した。

平均作業時間の結果を図4に示す。全員が作業可能な領域内(緑)は「片側」で42箇所中16箇所、「またぎ」で同25点と「またぎ」の方が広い傾向となった。同領域において、平均作業時間は「片側」で8.5~12.9秒、「またぎ」では7.9~12.1秒で分布した。

作業時間が最短となるのは両条件とも前後方向-15 cmであった。次に、主観評価の結果を図5に示す。作業の快適性に関して、前後方向は「片側」と「またぎ」とともに0 cm、-15 cmの位置で評価が高かった。一方、作業後の評価では、「片側」では作業前と同じく前後方向0 cmと-15 cmの位置の評価が高かったが、「またぎ」では前後方向-15 cmおよび-30 cmの位置で評価が高く、作業前後で異なる評価となることがわかった。

これらの結果より、作業未経験者が作業対象物の真下に脚立を置きやすい傾向が確認された。特に脚立への立ち方を比較すると、「またぎ」では「片側」より作業可能領域は広いが、快適な位置が真下から後方に大きく偏移しているため、作業未経験者が使用した場合は転倒リスクが高まる可能性があると考えられる。ただし作業後は快適性の高い位置に変化が生じたため、経験を積むことで設置位置の選択が適切になると考えられる。今後は作業時間が減少した現象について、作業姿勢および重心位置等から検討を進める。

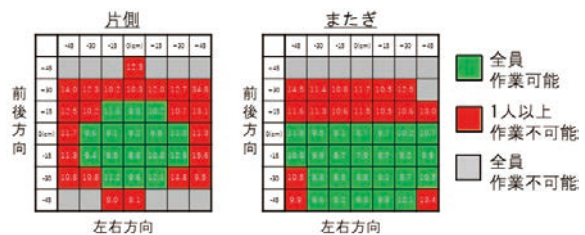


図4 平均作業時間 左:片側、右:またぎ

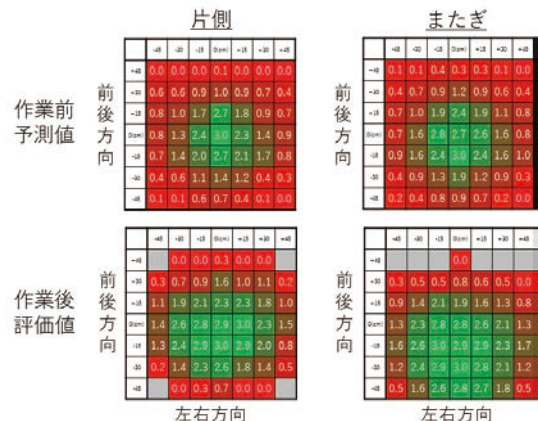


図5 作業の快適性の作業前予測値と作業後評価値 左:片側、右:またぎ

- (イ) 作業者の認知・行動特性に基づいた教育訓練手法の検討\*
- ①建設作業者のハザード知覚スキル獲得プロセスとその要因に関する調査
- 令和2年度は、ハザード知覚に必要な要素を明らかにするため、大工職の熟練者16名を対象に、インタビュー調査を行い、質的データの分析技法である

修正版グラウンデッド・セオリー・アプローチを用いて分析した。その結果、大工職のハザード知覚スキル獲得プロセスは、初心者期、初心者からベテランへの移行期、ベテラン期の3つの時期に分類され、11カテゴリーグループ、37カテゴリー、73概念が生成された。初心者期のハザード知覚の特性として、ハザードの知識不足、ハザード・周囲への注意不足、ハザードに対する低いリスク評価が見られ、作業開始後1~2年には、作業の慣れによる一時的なリスク軽視も見られた。初心者からベテランへの移行期は、仕事ができるようになり、心理的余裕ができるという仕事の習得に伴う心理的変化と、現場を任せられるという立場の変化に伴う心理的変化が、ハザードの知識増加と注意範囲の拡大を促進した。また、身体能力の低下を自覚するという加齢に伴う心理的変化がリスクイメージの多様化・広範化とリスク評価の高まりを促進した。ベテラン期は、ハザードの知識が増加し、周囲の状況把握について視覚・聴覚の注意範囲が広がるなど、初心者期のハザード知覚が改善された。また、ハザードを考えながら作業をする、ハザードを作業前に確認するなどの新たなハザード知覚の方略化も見られた。未熟練の建設作業者が効率的にハザード知覚スキルを獲得できるようにするため、これらの知見を基に心理学的な観点から安全対策について考察をした。

さらに、インタビュー調査で得たハザード知覚の獲得プロセスや要素に関する知見を実効性の高い安全対策の立案へ役立てるため、住宅メーカーの安全管理者等11名を対象に、グループインタビューによる調査を行った。この調査では、大工職の建設作業員を対象としたインタビューの調査結果をフィードバックし、これらから考えられる新しい安全対策の提案などについて意見を得た。今後、提案された安全対策を基に、効果的な教育訓練手法を実証的に検討する。

## ②建設現場を対象とした作業遵守率向上のための作業手順マニュアルの検討

令和2年度は、作業員の認知行動特性に基づいた教育手法の予備的検討として、建設現場を対象として作業手順遵守率を向上させる作業手順マニュアルの改善案を検討し、それを基に有効性を検証する実験も行った。

はじめに従来の作業手順マニュアルの問題点を分析した。建設現場で用いられる従来の作業手順マニュアルの問題点を検討するため、5W1H分析を行った。その結果、問題点として、(1) 作業手順と危険防止対策が別々に配置され作業員にとって理解

しづらいこと、(2) 危険要因に対する注意が抽象的で明確でないこと、(3) 情報を補足する図表を挿入する基準が不明確であることが挙げられた。この結果を踏まえ、作業員にとって理解しやすい作業手順マニュアルの作成を行った。上記の問題点に対する留意点として、(1) 作業手順に危険防止対策を含めること、(2) When/Where/WhatとHowを関連させ、注意すべきポイントやタイミングを明確にすること、(3) 自分以外のも・ヒトが安全に影響する場合は図を示すこと、の3点に基づいて作業手順書を改良した。改良後の作業手順書を表1に示す。

作業手順マニュアルの効果的な提示方法を検討するため、製造業での作業手順等の教育に関する知見と上記の改善案を基に動画による作業手順マニュアルを作成した(図6)。この動画についての評価を得るため、建設会社の安全管理者1名を対象にヒアリングを実施した。現在、作業手順マニュアルが作業遵守率に及ぼす影響に関する実験を実施し、作業手順マニュアルの有効性を検証している。今後は、実験の結果をまとめるとともに、引き続き、作業員の認知行動特性を考慮した教育手法の検討を行う。

表1 改善後の作業手順書(一部のみ抜粋)\*

作業手順	備考
1 脚立を運搬する	①脚立を1脚ずつ、重心を担いで運搬する。 ②コーナー・扉では壁との距離や出てくる人に注意する。 図1 ③床の凹凸を確認する。
2 脚立を設置する (設置順序は別に定める)	④立ち位置の高さを調節し、床の水平を保つ。 ⑤脚立を等間隔に並べる。
3 脚立に足場板を載せる	⑥足場板は20cm以上重ねて脚立に三点支持で載せる。 ⑦ゴムバンド等で結束する。
4 天井に墨出しをする	⑧足場板の中央で墨出しを確認する。 ⑨レーザー光線に合わせて墨出しをする。



図6 動画による作業手順書の一例\*

(\*: 研究業績[国内外の研究集会発表]6)の文章および図表を利用)

### 【研究業績・成果物】

[その他の専門家向け出版物]

1) 高橋明子(2020)各分野における安全教育 建築・セーフティエンジニアリング, Vol. 200, pp. 22-23.

[国内外の研究集会発表]

1) Atsushi Sugama (2020) Simulation of human body

falling from stepladders and comparison of falling patterns and floor materials. 2020 the 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications, Online.

- 2) 菅間敦, 中嶋良介, 高橋明子, 久我峻介(2020) 可搬式作業台を用いた高所作業中の注視行動に用具の構造が及ぼす影響. 日本設備管理学会 2020 年度春季研究発表大会論文集, pp. 79-80.
- 3) 中嶋良介, 菅間敦, 高橋明子, 久我峻介(2020) 可搬式作業台を用いた高所作業中の注視行動に作業方法の教示が及ぼす影響. 日本設備管理学会 2020 年度春季研究発表大会論文集, pp. 78-79.
- 4) 菅間敦, 高橋明子, 瀬尾明彦(2020) 作業姿勢および床反力解析に基づく反動工具使用時の身体動揺評価. 人間工学, Vol. 56, No. Supplement, pp. 2G2-03.
- 5) 樺島宏樹, 中嶋良介, 菅間敦, 高橋明子(2020) 脚立の設置位置が上向き作業時の作業性に及ぼす影響. 日本設備管理学会 2020 年度秋季研究発表大会論文集, pp. 139-142.
- 6) 西野真菜, 中嶋良介, 高橋明子, 菅間敦(2020) 建設現場を対象とした新人作業者に優しい安全作業手順書の検討. 日本設備管理学会 2020 年

度秋季研究発表大会論文集, pp. 143-144.

- 7) 菅間敦, 桂嶋健太郎, 西島悠介, 相沢舜羅, 新海弘史, 安部和広, 山川恵太, 渋谷美幸(2020) 脚立への補助手すりの取り付けが作業者の姿勢安定性に与える影響. 第 21 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 (SI2021) 予稿集, pp. 2053-2056.
- 8) 高橋明子, 三品誠(2020) 大工職の建設作業者のハザード知覚スキル獲得過程の分析. 応用心理学研究大会発表代替論文集, 38.

#### 【参考文献】

- [1] Nadhim E, Hon C, Xia B, Stewart I, Fang D.(2016) Falls from height in the construction industry: A critical review of the scientific literature. Int J Environ Res Public Health. 13(7), 638.
- [2] Li X, Yi W, Chi H, Wang X, Chan APC (2018) A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. Autom Constr. 86, pp. 150–62.
- [3] 河合隆史(2019) VR 空間におけるクロスモダリティ活用への取り組み. バイオメカニズム学会誌, 43(1), pp. 11-6.



## (7) 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3年目】

高橋 正也(過労死等防止調査研究 C),  
松元 俊(産業保健研究 G), 久保 智英(同), 井澤 修平(同), 池田 大樹(人間工学研究 G),  
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】 4,178 千円(令和 2 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

労働者の働き方・休み方の影響を受ける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、その効果的な対策としての健康・安全管理方法について示唆を与える知見は少ない。そこで、地場トラックドライバーに特徴的な勤務体制と、睡眠、健康、疲労、不安全運転の関連を検証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、2週間から4週間の現場観察調査を行った。

調査は、運転業務を行う男性を対象として、2020年2月に8人(1人につき4週間)、2020年10月に18人(1人につき2週間)の生理、心理、行動指標の測定を行った。調査期間中は、毎日の自宅での睡眠(眠り SCAN:パラマウントベッド社製)、勤務日の出勤時の血圧(CHD701:シチズン・システムズ社製)、疲労(疲労 Checker:安衛研)、労働関連時間と不安全運転行動(一般道速度超過、高速道速度超過、急発進加速、急減速、急ブレーキ)の客観的データを得るためのデジタルタコグラフ(以下デジタコ、DTG7:矢崎エナジーシステム社製)記録の収集を行った。これらの指標の測定結果をもとに、働き方・休み方と、健康・安全との関連性を検討した。

統計解析は、複数の水準にまたがる変数間の関連を検証することが可能な線形混合モデルを用いた。このモデルは、不規則勤務を行うドライバー1人につき2~4週間の複数勤務データを収集することにより、健康・安全指標を従属変数とした独立変数の個人間効果(個人内平均値との相関)と個人内効果(個人内平均からの偏差との相関)の両方を検討することを可能とした。

#### ③結果

##### 1)解析対象トラックドライバーの特徴(表1)

26人の地場トラックドライバーへの調査の結果、調査期間中にフルタイムで乗務していなかった4人と睡眠記録が得られなかった2人、デジタコデータと睡眠記録が一致しなかった1人を除く19人(全268勤務)に対する解析を行った。

ドライバーの平均年齢は 49.6 歳、今の会社での運転経験は 9.1 年であった。ドライバーには高血圧症、脂質異常症、糖尿病、肥満、心臓疾患の既往歴がある者が含まれ、いずれかの疾患の既往歴がある者は 8 人 (42%) であった。現所属における運転中での事故をドライバーの 14 人 (74%) が経験しており、そのうち平均回数は 2.6 回であった。また過去 1 か月間では運転中の事故をドライバーの 2 人 (11%) が経験しており、そのうち平均回数は 2.0 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=19人		n (%)	mean (SD)
性別	男性	19 (100%)	
年齢	歳		49.6 (12.7)
BMI	kg/m <sup>2</sup>		24.4 (3.3)
通勤(片道)	分		25.7 (12.2)
運転経験(通算)	年		17.3 (10.1)
運転経験(現所属)	年		9.1 (6.8)
喫煙習慣	あり	14 (74%)	
飲酒習慣	あり	11 (58%)	
高血圧症 既往歴	あり	3 (16%)	
脂質異常症 既往歴	あり	1 (5%)	
糖尿病 既往歴	あり	3 (16%)	
肥満 既往歴	あり	4 (21%)	
脳血管疾患 既往歴	あり	0 (0%)	
心臓疾患 既往歴	あり	1 (5%)	
いずれかの疾患の既往歴	あり	8 (42%)	
運転中事故経験(現所属)	あり	14 (74%)	
作業中事故経験(現所属)	あり	8 (42%)	
運転中事故経験(過去1か月)	あり	2 (11%)	
作業中事故経験(過去1か月)	あり	1 (5%)	

## 2) 勤務状況と出勤点呼時の測定結果(表 2)

### ・デジタコデータ測定

解析対象トラックドライバーの 268 勤務の労働関連時間の平均値について、稼働時間(出発から帰着まで)は 9.8 時間、そのうち深夜(22-5 時)にかかるのは 2.3 時間であり、15 人 (79%) の出勤時間帯が深夜であった。残業時間は 1.8 時間、乗務間インターバル(帰着から出発まで)は乗務日のみでは 14.1 時間、休日までを含めると 19.7 時間であった。不安全運転は、1 回の乗務あたりで 1.6 回(10 人に見られた)あり、行動別には急発進加速回数が 0.9 回(7 人に見られた)と最も多く、次いで一般道速度超過回数が 0.5 回(7 人に見られた)、高速道速度超過回数が 0.1 回(4 人に見られた)と続いた。

### ・睡眠測定

調査期間中の勤務前夜の主睡眠時間は 257 ケースの平均値が 5.7 時間で、分割睡眠を含む総睡眠

時間は 6.0 時間であった。分割睡眠をとっていたケースは全体の 17.2% を占め、1 回以上の分割睡眠をとっていたドライバーは 11 人 (58%) であった。

### ・出勤点呼時測定

出勤時の血圧値は、収縮期が 144.5mmHg、拡張期が 87.0mmHg であった。疲労 Checker による自覚症しらべ(主観的疲労感)の得点は 5.5 点、Psychomotor Vigilance Task(以下、PVT)の平均反応時間は 435.6msec(ミリ秒)、500msec 以上の遅延反応回数は 6.8 回であった。

表 2 解析対象トラックドライバーの勤務状況と出勤点呼時の測定結果

n=268勤務		mean	SD
デジタコ			
稼働時間	時間	9.8	1.7
走行時間	時間	4.7	1.2
一般走行	時間	3.9	1.3
高速走行	時間	0.7	0.9
深夜にかかる(22-5時)	時間	2.3	1.6
残業(稼働9時間以上)	時間	1.8	1.6
出庫時刻	時	3:39	3:28
入庫時刻	時	13:17	4:07
乗務間インターバル	時間	14.1	1.8
休日含む	時間	19.7	14.7
不安全運転	回/乗務	1.6	3.4
一般道速度超過	回/乗務	0.5	1.5
高速道速度超過	回/乗務	0.1	1.1
急発進加速	回/乗務	0.9	2.2
急減速	回/乗務	0.04	0.2
急ブレーキ	回/乗務	0.0	0.0
睡眠			
総睡眠時間(勤務前)	時間	6.0	1.9
分割睡眠あり	(%)	(17.2)	
主睡眠時間(勤務前)	時間	5.7	1.9
出勤点呼			
収縮期血圧	mmHg	144.5	17.6
拡張期血圧	mmHg	87.0	15.6
自覚症しらべ(0-100点)	点	5.5	7.7
PVT 平均反応時間	msec	435.6	106.6
PVT 遅延反応回数	回	6.8	6.9

表3 血圧と労働・休息条件の関連

	収縮期血圧				拡張期血圧			
	係数 <sup>a</sup>	95%信頼区間	p値	係数 <sup>a</sup>	95%信頼区間	p値	係数 <sup>a</sup>	95%信頼区間
年齢	<b>0.32</b>	<b>0.07</b>	<b>0.58</b>	<b>0.016</b>	0.13	-0.10	0.37	0.242
既往歴	<b>17.68</b>	<b>11.06</b>	<b>24.30</b>	<b>0.000</b>	<b>7.25</b>	<b>1.25</b>	<b>13.25</b>	<b>0.021</b>
出勤時間帯	<b>18.04</b>	<b>3.04</b>	<b>33.04</b>	<b>0.021</b>	<b>26.10</b>	<b>12.37</b>	<b>39.83</b>	<b>0.001</b>
分割睡眠	<b>8.50</b>	<b>2.34</b>	<b>14.67</b>	<b>0.009</b>	<b>8.55</b>	<b>2.95</b>	<b>14.15</b>	<b>0.005</b>
総睡眠時間_個人間	<b>4.15</b>	<b>1.55</b>	<b>6.74</b>	<b>0.003</b>	<b>5.88</b>	<b>3.51</b>	<b>8.24</b>	<b>0.000</b>
総睡眠時間_個人内	0.42	-0.31	1.14	0.258	0.68	-0.26	1.63	0.155
出庫時刻_個人間	1.22	-0.67	3.11	0.194	1.53	-0.20	3.25	0.080
出庫時刻_個人内	<b>2.12</b>	<b>0.57</b>	<b>3.66</b>	<b>0.007</b>	-0.40	-2.40	1.60	0.691
乗務間インターバル_個人間	<b>-1.65</b>	<b>-2.49</b>	<b>-0.80</b>	<b>0.001</b>	<b>-1.24</b>	<b>-2.01</b>	<b>-0.47</b>	<b>0.003</b>
乗務間インターバル_個人内	0.00	-0.06	0.07	0.892	-0.01	-0.11	0.08	0.750

a 線形混合モデルによるパラメーター推定量

有意な関連が見られた項目の数値を太字で示した

表4 疲労指標と労働・休息条件の関連

	自覚症しらべ得点				PVT 平均反応時間				PVT 遅延反応回数			
	係数 <sup>a</sup>	95%信頼区間	p値	係数 <sup>a</sup>	95%信頼区間	p値	係数 <sup>a</sup>	95%信頼区間	p値	係数 <sup>a</sup>	95%信頼区間	p値
年齢	-0.17	-0.44	0.09	0.189	<b>-3.42</b>	<b>-6.57</b>	<b>-0.27</b>	<b>0.035</b>	<b>-0.27</b>	<b>-0.45</b>	<b>-0.09</b>	<b>0.006</b>
既往歴	2.42	-4.40	9.24	0.466	<b>82.16</b>	<b>1.28</b>	<b>163.04</b>	<b>0.047</b>	<b>5.63</b>	<b>0.98</b>	<b>10.27</b>	<b>0.020</b>
出勤時間帯	5.26	-10.06	20.58	0.481	-93.40	-275.69	88.88	0.297	-8.92	-19.43	1.59	0.092
分割睡眠	0.71	-5.62	7.04	0.818	-41.70	-116.92	33.51	0.260	<b>-4.37</b>	<b>-8.69</b>	<b>-0.05</b>	<b>0.048</b>
総睡眠時間_個人間	<b>-3.31</b>	<b>-5.97</b>	<b>-0.65</b>	<b>0.017</b>	24.19	-7.47	55.85	0.126	1.70	-0.12	3.52	0.065
総睡眠時間_個人内	-0.10	-0.37	0.16	0.436	-4.00	-10.15	2.16	0.202	<b>-0.44</b>	<b>-0.84</b>	<b>-0.04</b>	<b>0.031</b>
出庫時刻_個人間	1.08	-0.86	3.02	0.259	-15.88	-38.93	7.17	0.166	<b>-1.48</b>	<b>-2.81</b>	<b>-0.16</b>	<b>0.030</b>
出庫時刻_個人内	<b>0.71</b>	<b>0.13</b>	<b>1.29</b>	<b>0.017</b>	8.66	-4.81	22.13	0.207	0.50	-0.39	1.38	0.270
乗務間インターバル_個人間	-0.19	-1.06	0.68	0.657	-1.56	-11.86	8.74	0.755	-0.24	-0.83	0.35	0.401
乗務間インターバル_個人内	0.01	-0.02	0.03	0.505	0.01	-0.58	0.60	0.965	0.00	-0.04	0.03	0.824

a 線形混合モデルによるパラメーター推定量

有意な関連が見られた項目の数値を太字で示した

### 3) 健康・安全指標と関連する労働・休息条件・血圧(表3)

収縮期血圧値は、年齢が1歳上がると0.32mmHg、既往歴があると17.68mmHg、出勤時間帯が夜間であると18.04mmHg、睡眠を分割してとっていると8.50mmHg上昇する傾向が見られた。また、総睡眠時間が1時間延びると4.15mmHg、個人内で出庫時刻が1時間遅くなると2.12mmHg上昇する傾向が見られた。反対に、乗務間インターバルが1時間延びると1.65mmHg下降する傾向が見られた。拡張期血圧は、既往歴があると7.25mmHg、出勤時間帯が夜間であると26.10mmHg、睡眠を分割してとっていると8.55mmHg上昇する傾向が見られた。また、総睡眠時間が1時間延びると5.88mmHg、上昇する傾向が見られた。反対に、乗務間インターバルが1時間延びると1.24mmHg下降する傾向が見られた。

### ・疲労(表4)

自覚症しらべ得点は、総睡眠時間が1時間延びると3.31点減少し、反対に個人内で出庫時刻が1時間遅くなると0.71点増大する傾向が見られた。

PVTの平均反応時間は、年齢が1歳上がると3.42msec速くなり、反対に既往歴があると82.16msec遅くなる傾向が見られた。

PVTの遅延反応回数は、年齢が1歳上がると0.27回、睡眠を分割してとっていると4.37回、個人内の総睡眠時間が1時間延びると0.44回、出庫時刻が1時間遅くなると1.48回減少する傾向が見られた。反対に、既往歴があると5.63回増加する傾向が見られた。

### ・不安全運転(表5)

不安全運転は、睡眠を分割してとっていると3.11回、個人内で総睡眠時間が1時間延びると0.35回増加する傾向が見られた。

表5 不安全運転と労働・休息条件の関連

	不安全運転回数			p値
	係数 <sup>a</sup>	95%信頼区間		
年齢	0.01	-0.06	0.08	0.750
既往歴	0.42	-1.59	2.43	0.669
出勤時間帯	0.67	-4.35	5.68	0.784
<b>分割睡眠</b>	<b>3.11</b>	<b>0.92</b>	<b>5.29</b>	<b>0.008</b>
総睡眠時間_個人間	0.13	-0.68	0.93	0.742
<b>総睡眠時間_個人内</b>	<b>0.35</b>	<b>0.14</b>	<b>0.56</b>	<b>0.001</b>
出庫時刻_個人間	0.19	-0.57	0.96	0.601
出庫時刻_個人内	0.07	-0.53	0.68	0.810
乗務間インターバル_個人間	-0.12	-0.49	0.24	0.490
乗務間インターバル_個人内	0.02	0.00	0.04	0.056
稼働時間_個人間	-0.68	-2.56	1.19	0.457
稼働時間_個人内	-0.07	-0.40	0.26	0.666
残業時間_個人間	2.35	-0.43	5.12	0.093
残業時間_個人内	-0.01	-0.42	0.40	0.979
走行時間_個人間	-0.38	-2.82	2.06	0.746
走行時間_個人内	0.21	-0.28	0.69	0.400
深夜時間_個人間	0.20	-0.85	1.24	0.700
深夜時間_個人内	0.51	-0.28	1.30	0.204

a 線形混合モデルによるパラメーター推定量  
有意な関連が見られた項目の数値を太字で示した

表6 勤務前の総睡眠時間と労働・休息条件の関連

	総睡眠時間			p値
	係数 <sup>a</sup>	95%信頼区間		
年齢	0.00	-0.05	0.04	0.880
既往歴	-0.26	-1.46	0.95	0.660
出勤時間帯	0.46	-2.15	3.07	0.719
分割睡眠	-0.04	-1.50	1.43	0.960
前日入庫時刻_個人間	-0.03	-0.56	0.50	0.906
前日入庫時刻_個人内	0.06	-0.01	0.14	0.111
出庫時刻_個人間	0.30	-0.25	0.84	0.273
出庫時刻_個人内	0.14	-0.14	0.41	0.323
乗務間インターバル_個人間	<b>0.32</b>	<b>0.11</b>	<b>0.52</b>	<b>0.003</b>
乗務間インターバル_個人内	<b>0.24</b>	<b>0.09</b>	<b>0.38</b>	<b>0.002</b>

a 線形混合モデルによるパラメーター推定量  
有意な関連が見られた項目の数値を太字で示した

・睡眠時間(表6)

勤務前の総睡眠時間は、乗務間インターバルが1時間延びると0.32時間、また個人内の乗務間インターバルが1時間延びると0.24時間増大する傾向が見られた。

④考察

地場トラックドライバー19人の2~4週間の睡眠、点呼時測定(血圧、疲労 Checker)とデジタコ記録より、対象ドライバーの平均的な乗務間インターバル

の延長は収縮期血圧と拡張期血圧ともに抑制する変化を示し、また勤務前の総睡眠時間を延長する変化を示した。しかし、睡眠を分割してとることや延長することは、疲労指標を改善する傾向を示したものの、反対に血圧値を増大させ、不安全運転回数を増加させる変化を示した。

出勤時刻が不規則なトラックドライバーにおいて職場全体の乗務間インターバルの延長には、血圧値を改善する効果があり、間接的に総睡眠時間を延長することで疲労を改善する効果があることが読み取れた。だが、同時に見られた睡眠を分割してとることや総睡眠時間が延びることによる血圧値の上昇や不安全運転回数の増加の変化からは、睡眠を一括してとるような質的改善の重要性がうかがえた。

本調査において、地場トラックドライバーの健康・安全確保には、疲労の発現と進展にかかわる働き方以上に、乗務間インターバルや睡眠量・質といった、回復にかかわる休み方の関連が強いことが確認された。

⑤成果の活用

質問紙による横断的な検討、客観的な生理・心理指標による現場調査、長期間のデジタコデータ収集の成果を基に、夜間早朝勤務を行う地場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論文や講演等で広く周知する。

【研究業績・成果物】

[原著論文]

- 1) Hiroki Ikeda, Shun Matsumoto, Tomohide Kubo, Shuhei Izawa, Masaya Takahashi (2021) Relationship between sleep problems and dangerous driving behaviors in Japanese short-haul commercial truck drivers: a cross-sectional survey using digital tachograph data. Sleep Biol Rhythms, Vol.19, No.3, pp.297-303.

[著書・単行本]

- 1) 高橋正也(印刷中)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. pp.312-317, 東京, 朝倉書店.
- 3) 高橋正也(2020)交替勤務障害, 時差障害, その他, 日本睡眠学会編. 睡眠学 第2版.

pp.584-586, 朝倉書店, 2020.

[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.
- 2) 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.11, No.9, pp.24-27.
- 3) 高橋正也(2019)交代制勤務にかかわる働き方改革. 睡眠医療, Vol.13, No.3, pp.273-278.
- 4) 小田切優子, 高橋正也(2020)運輸・交通業におけるストレスー自動車運転従事者のメンタルヘルスをめぐる問題ー. 産業ストレス研究, Vol.27, No.3, pp.333-341.

[国内学術集会]

- 1) 高橋正也(2018)充実して働くための睡眠と体内時計. ランチョンセミナー2, 第10回 Integrated Sleep Medicine Society Japan 学術集会, 抄録集 p.17.
- 2) 高橋正也(2019)座長:OSA and fatigue as causes of transportation accidents . Keynote Lecture, 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40.
- 3) 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.

- 4) 池田大樹, 松元 俊, 久保智英, 井澤修平, 高橋正也(2020)地場トラックドライバーの睡眠問題と危険運転の関連性:デジタルタコグラフを用いた横断調査研究. 第30回日本産業衛生学会全国協議会, 講演集, p.215.

[その他]

- 1) 高橋正也(2018)国土交通省, 第3回疲労管理基準に関する勉強会, 平成30年6月1日.
- 2) 高橋正也(2018)国土交通省, 第1回操縦士の疲労管理に関する検討会, 平成30年7月23日.
- 3) 高橋正也(2018)国土交通省, 第2回操縦士の疲労管理に関する検討会, 平成30年11月12日.
- 4) 高橋正也(2019)国土交通省, 第3回操縦士の疲労管理に関する検討会, 平成31年2月18日.
- 5) 高橋正也(2019)国土交通省, 第4回操縦士の疲労管理に関する検討会, 平成31年3月18日.
- 6) 国土交通省, 操縦士の疲労管理に関する検討会報告書「操縦士の疲労管理について」, 平成31年3月29日.
- 7) 疲労測定アプリ「疲労 Checker」Android版の公開  
[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/application/application\\_2020\\_01.html](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/application/application_2020_01.html)

## (8) 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3年目】

岩切一幸(人間工学研究 G), 外山みどり(同), 高橋正也(過労死等防止調査研究 C)  
劉 欣欣(人間工学研究 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年度～令和2年度

【実行予算】 2,240千円(令和2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つを柱にしている[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、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、介護者のQWL向上に有効な具体的な項目とその取り組みは十分に分かっていない。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、離職防止や雇用促進にもつながると思われる。

#### (2) 目的

本研究では、介護者のQWL向上を目的に、現在の介護労働における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について検討する。

#### (3) 方法

##### 1) 研究1年目

2018年度前半には、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2018年10月に実施した。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、労働者のQWLが心身の健康状態と関連すると報告されていることから[5][6]、全国調査では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を向上させる具体的な取り組みを検討するために、2回の追跡調査(以下、追跡調査と記載)のうちの1回目調査を実施した。調査対象は特別養護老人ホーム7施設とし、調査時期は2020年2月とした。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)[7]と比較しながら、介護者のQWLに影響する腰痛の予防対策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回目調査を2020年10月に実施した。この調査では、介護者のQWLに関連する施設の取り組みや介護者の満足／不満足感などを調査した。また、介護施設における人材育成や就業環境などの改善効果を確認するのに使用できる、介護者のQWLを簡易的に評価するための尺度(以下、介護者QWL簡易尺度と記載)の妥当性および信頼性についても検討した。

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手助けするための「介護施設における介護者の労働生活の質(QWL)向上のためのアクション・チェックポイント」(以下、QWLアクション・チェックポイント記載)を作成し、当研究所ホームページにて公開した。

##### (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に着目した点である。これらの取り組みは、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た。

## 【研究内容・成果】

### (1) 追跡調査

追跡調査では、2 回のアンケート調査を実施し、その間の施設の取り組み、介護者の QWL、業務に対する満足／不満足感の変化などを測定し、それらの関係から、介護者の QWL に影響する要因とその具体的な対策について検討した。

#### 1) 方法

調査対象は、同県の特別養護老人ホーム 7 施設に勤務し、直接介護に携わっている全介護者のうち、2 回の調査に回答していただいた者とした。介護施設は、人材育成、キャリアパスおよび給与・昇級の明確化、労働時間の見直し、施設サポートの促進などを実施している、または今後実施すると宣言した施設を無作為に選定した。調査は、1 回目調査を 2020 年 2 月、2 回目調査を 2020 年 10 月に実施した。調査票は、施設管理者記載の施設用アンケートと介護者記載の介護者用アンケートを独自に作成した。両調査票とも、施設管理者経由にて配布し、回答後は回答者本人が封をして施設ごとに送付していただいた。

施設用アンケートの調査項目は、施設の基本情報、職場改善の取り組み、安全衛生活動などとした。介護者用アンケートの調査項目は、介護者の基本情報、介護者の QWL、業務に対する満足／不満足感、安全衛生活動などとした。

介護者の基本情報では、職業性ストレス簡易調査票の仕事の量的負担、仕事のコントロール、上司・同僚からのサポートに関する項目を用いて精神的ストレスの状態を調査した[8]。介護者の QWL は、我々が独自に提案している介護者 QWL 簡易尺度の 4 項目と、既に妥当性および信頼性が証明されているケアワーカーを対象にした QWL 尺度の 15 項目(以下、ケアワーカー QWL 尺度と記載)[4]、ユトレヒト・ワーク・エンゲイジメント尺度の 3 項目(以下、ワーク・エンゲイジメント尺度と記載)[9]、日本版バーンアウト(燃え尽き症候群)尺度の 17 項目(以下、バーンアウト尺度と記載)[10]を用いて測定した(後者の 3 尺度は、以下、既存尺度と記載)。

介護者 QWL 簡易尺度は、働く「意欲」、働き続けたい「意思」、業務に対する「満足度」、仕事の「達成感」を、「大変低い(大変弱い)」、「低い(弱い)」、「どちらとも言えない」、「高い(強い)」、「大変高い(大変強い)」の 5 件法にて測定し、その合計点数にて評価した。

得られたデータは、単純集計し、平均値±標準偏差または割合を算出して、1 回目調査と 2 回目調査の値を  $\chi^2$  検定または対応のある t 検定にて解析した。その後、介護者 QWL 簡易尺度の妥当性および信頼性を検証するために、尺度間の関係を相関分析にて解析した。次の

で、介護施設における職場改善の取り組みが介護者の QWL に及ぼす影響について  $\chi^2$  検定にて解析した。さらに、介護者の QWL と業務に対する満足／不満足感の関係を重回帰分析にて解析した。この解析では、従属変数を介護者 QWL 簡易尺度の差分値(2 回目調査値-1 回目調査値)、独立変数を性別、年齢、満足／不満足感の差分値とした。

#### 2) 結果

施設用アンケートの回収数は、1 回目および 2 回目調査ともに 7 部(100%)であり、これを解析対象施設とした。介護者用アンケートの回収数は、1 回目調査が 211 部(84.4%)、2 回目調査が 189 部(75.3%)であった。解析対象者は、そのうち 2 回の調査に回答していただいた介護者 139 名(男性 54 名、女性 85 名)とした。

表 1 介護施設の基本情報

n=7	1回目調査	2回目調査	p
施設形態 (多床室/ユニットケア)	6施設/1施設	6施設/1施設	-
労働者数	57.4 ± 24.2	65.7 ± 33.7	0.213
介護者数	37.0 ± 14.8	41.3 ± 18.1	0.097
長期入居者数	74.6 ± 28.1	77.3 ± 33.3	0.280
平均要介護度	3.9 ± 0.3	3.9 ± 0.3	0.829
前年度の離職介護者数	5.4 ± 6.6	6.9 ± 5.4	0.426
前年度の休業介護者数	0.4 ± 0.5	0.1 ± 0.4	0.172

p: 対応のある t 検定の危険率

表 1 に介護施設の基本情報を示す。いずれの項目においても、1 回目調査と 2 回目調査の間に有意差は認められなかった。

表 2 介護施設における職場改善の取り組み

n=7	1回目調査	2回目調査
給与表・昇給システムの周知・公開	85.7	100
キャリアアップに関する費用の助成	100	100
有給休暇の取得推奨	100	100
昇進・昇給の相談窓口設置	14.3	71.4
昇進・昇給の相談者対応	71.4	71.4
作業人数・配置の相談窓口設置	57.1	71.4
作業人数・配置の相談者対応	85.7	85.7
勤務時間・休みの相談窓口設置	57.1	71.4
勤務時間・休みの相談者対応	85.7	100
精神的ストレスの相談窓口設置	71.4	71.4
精神的ストレスの相談者対応	100	100
ハラスメントの相談窓口設置	42.9	85.7
ハラスメントの相談者対応	71.4	100

表 2 に介護施設における職場改善の取り組みを示す。キャリアアップに関する費用の助成、有給休暇の取得推奨、精神的ストレスの相談者対応は、2 回の調査におい

て全ての施設にて行われていた。また、他の取り組みに関しても、多くの施設にて行われていた。

表3 介護者の基本情報

n=139	1回目調査	2回目調査	p
性別			
男性	38.8	38.8	1.000
女性	61.2	61.2	
年齢(歳)	45.2 ± 12.6	45.9 ± 12.7	<0.001
Body mass index(BMI)	22.2 ± 3.3	22.3 ± 3.3	0.257
資格(複数回答可)			
介護福祉士	68.3	70.5	0.793
ホームヘルパー(1~3級)	36.0	34.5	0.900
ケアマネージャー	12.9	13.7	1.000
保健師または看護師	3.6	3.6	1.000
資格なし	7.2	6.5	1.000
勤務形態			
常勤者	76.3	74.8	0.889
非常勤者・パートなど	23.7	24.5	
勤務体制			
日勤	25.9	24.5	0.625
二交代制	12.9	18.0	
三交代制	32.4	32.4	
変則3交代制など	25.2	20.9	
週労働時間			
<35時間	11.5	9.4	0.216
35時間 ≤, <40時間	20.9	27.3	
40時間 ≤, <45時間	54.0	44.6	
45時間 ≤	10.1	15.8	
休職日数(日)	10.5 ± 17.7	9.1 ± 16.6	0.136
職業性ストレス			
仕事の量的負担(3:低い~12点:高い)	8.8 ± 2.0	8.6 ± 1.6	0.279
仕事のコントロール(3:できる~12点:できない)	7.9 ± 1.9	7.9 ± 2.0	0.617
上司・同僚からのサポート(6:非常にある~24点:全くない)	14.7 ± 3.6	15.0 ± 3.7	0.221

p:  $\chi^2$ 検定または対応のあるt検定の危険率

表3に介護者の基本情報を示す。年齢を除き、1回目調査と2回目調査の間に有意差は認められなかった。

表4 介護者QWL簡易尺度および既存尺度の点数

n=139	1回目調査	2回目調査	p
合計点数			
介護者QWL簡易尺度(A)	12.5 ± 2.9	12.7 ± 2.6	0.505
ケアワーカーQWL尺度(B)	55.4 ± 9.8	54.9 ± 9.0	0.270
ワークエンゲイジメント尺度(C)	11.5 ± 3.4	11.3 ± 3.3	0.446
バーンアウト尺度(D)	48.9 ± 11.9	48.7 ± 11.1	0.854
合計点数の差分値			
B-A	43.0 ± 8.4	42.1 ± 8.1	0.161
C-A	-10.9 ± 2.7	-11.1 ± 2.4	0.349
D-A	36.5 ± 14.0	36.6 ± 12.6	0.953

p: 対応のあるt検定の危険率

表4に介護者QWL簡易尺度および既存尺度の点数を示す。各尺度の合計点数は、1回目調査と2回目調査

の間に有意差は認められなかった。また、合計点数の差分値においても、有意差は認められなかった。

表5 介護者QWL簡易尺度と既存尺度の相関関係

n=139		ケア	ワーク・	バーン
		ワーカー	エンゲイジ	アウト尺度
		QWL尺度	メント尺度	(17項目
		(15項目	(3項目	合計)
		合計)	合計)	
介護者QWL簡易尺度				
(4項目合計)				
1回目調査	$\rho$	0.62 ***	0.68 ***	-0.69 ***
2回目調査	$\rho$	0.52 ***	0.59 ***	-0.63 ***

$\rho$ : Spearmanの順位相関係数, \*\*\*:  $p < .001$

表5に介護者QWL簡易尺度と既存尺度との相関関係を示す。1回目および2回目調査ともに、介護者QWL簡易尺度の合計点数と各既存尺度の合計点数との間に、それぞれ有意な相関関係が認められた。また、介護者QWL簡易尺度の合計点数において、1回目調査と2回目調査の間にも有意な相関関係が認められた( $\rho=0.60$ ,  $p < 0.001$ )。

表6 介護施設における職場改善の取り組みが介護者のQWLに及ぼす影響の一例

(例)

【介護者用アンケート】 介護者QWL簡易尺度 の合計点数	【施設用アンケート】 昇進・昇給に関する相談窓口		
	1回目:なし →2回目:なし	1回目:あり →2回目:あり	1回目:なし →2回目:あり
1回目調査 →2回目:上昇	16名	6名	35名
1回目調査 →2回目:下降/変化なし	29名	18名	34名

$p=0.055$

表6に介護施設における職場改善の取り組みが介護者のQWLに及ぼす影響の一例を示す。これは、施設用アンケートによる介護施設の取り組みの変化と、介護者用アンケートによる介護者QWL簡易尺度合計点数の変化をクロス集計した結果である。 $\chi^2$ 検定の結果、介護者のQWLを向上させる、介護施設における職場改善の取り組みは、いずれも見いだせなかった。

表7に介護者QWL簡易尺度と業務に対する満足/不満足感の重回帰分析の結果を示す。解析の結果、強制投入法では「上司・同僚との人間関係」が最も高い標準化係数 $\beta$ を示し、次いで「入居者・その家族との人間関係」が高い値を示した。また、ステップワイズ法においても、「上司・同僚との人間関係」と「入居者・その家族との人間関係」の項目が抽出された。



表7 介護者 QWL 簡易尺度と業務に対する満足／不満足感の重回帰分析の結果

独立変数	強制投入法		ステップワイズ法	
	$\beta$	$p$	$\beta$	$p$
性別	-0.03	0.761	-	-
年齢	0.02	0.832	-	-
給与	0.06	0.529	-	-
昇進・役職	0.09	0.351	-	-
施設からの助成	0.11	0.286	-	-
労働時間・休み	-0.05	0.620	-	-
人員配置	0.10	0.287	-	-
上司・同僚との人間関係	0.29	0.004	0.34	<0.001
入居者・その家族との人間関係	0.17	0.087	0.21	0.023
介護技術	0.01	0.940	-	-
研修	-0.06	0.553	-	-
施設の安全衛生管理体制	0.01	0.892	-	-
家庭・個人の出来事	0.10	0.288	-	-
$R, R^2, p$	0.515, 0.265, 0.003		0.450, 0.202, <0.001	

$\beta$ : 標準化係数,  $p$ : 重回帰分析の危険率,  
 $R$ : 重相関係数,  $R^2$ : 決定係数

表8 上司・同僚および入居者・その家族との人間関係の不満の相手と理由

	1回目調査		2回目調査	
	n	%	n	%
上司・同僚との人間関係				
大変不満・不満	26	18.7	29	20.9
相手(複数回答可)				
上司	19	73.1	22	75.9
同僚	12	46.2	8	27.6
理由(複数回答可)				
サポートがない/不十分	11	42.3	15	51.7
コミュニケーションがない/不十分	11	42.3	11	37.9
理不尽なことを言われる	8	30.8	12	41.4
指示がない/不十分	8	30.8	8	27.6
相談がない/不十分	5	19.2	7	24.1
ハラスメントを受ける	1	3.8	2	6.9
入居者・その家族との人間関係				
大変不満・不満	17	12.2	9	6.5
相手(複数回答可)				
入居者	11	64.7	6	66.7
入居者の家族	7	41.2	5	55.6
理由(複数回答可)				
文句や注文が多い	9	52.9	6	66.7
暴力を受ける	6	35.3	5	55.6
指示に従ってくれない	3	17.6	1	11.1
ハラスメントを受ける	0	0.0	1	11.1

表8に上司・同僚および入居者・その家族との人間関係の不満の相手と理由を示す。上司・同僚との人間関係に不満を持っている者の相手は、2回の調査ともに上司が多く、また同僚も一定数いた。不満の理由としては、サポートがないまたは不十分、コミュニケーションがないまたは不十分、理不尽なことを言われる、指示がないまたは不十分などが多かった。入居者・その家族に不満を持っている者の相手は、2回の調査ともに、利用者が多く、また利用者の家族も一定数いた。不満の理由としては、文句や注文が多い、暴力を受けるなどが多かった。

### 3) 考察

介護者 QWL 簡易尺度の合計点数は、妥当性および信頼性が証明されている3つの既存尺度と有意な相関関係を示した。また、1回目調査と2回目調査の間に有意な相関関係が認められた。さらに、既存尺度および介護者 QWL 簡易尺度の合計点数において、1回目調査と2回目調査との間に有意差は認められず、既存尺度と介護者 QWL 簡易尺度の合計点数の差分値においても両調査間に有意差は認められなかった。1回目調査と2回目調査の間には8か月の期間があいていた。しかし、1回目調査に加え、2回目調査においても、介護者 QWL 簡易尺度の合計点数は、既存尺度と同様の値となった。これらの結果から、介護者 QWL 簡易尺度の合計点数は、一応の妥当性および信頼性が得られたと思われる。

その介護者 QWL 簡易尺度を用いた重回帰分析の結果、上司・同僚との人間関係および入居者・その家族との人間関係に満足している介護者ほど、QWL が高くなる傾向が示された。一方、2018年度の全国調査では、人間関係に加え、労働時間や人員配置などの多くの項目が QWL に関連した[11]。今回の対象施設は、人材育成、キャリアパスおよび給与・昇級の明確化、労働時間の見直し、施設サポートの促進などを実施しているかまたは今後実施すると宣言した施設であった。このことから、今回の介護施設では、種々の職場改善が進んでいたと思われる。しかし、その様な状況においても、人間関係に関する改善余地は残っていた。人間関係の改善対策としては、介護者の不満理由から勘案して、上司・同僚からの具体的なサポート方法を予め議論して実施し、適宜コミュニケーションの場を設けることが必要と思われる。利用者・その家族との人間関係では、担当者を設けて取り組むとともに、可能な範囲にて、予め文句や注文の理由を読み解き、事前に対応することが必要と思われる。介護施設では、これらの人間関係を改善する対策を施設が主体となって組織的に実施することが、介護者の QWL 向上に繋がると思われる。

(2) QWL アクション・チェックポイント

本プロジェクト研究の実態調査、全国調査、追跡調査の結果をまとめ、介護者の QWL を向上させる取り組みを手助けするための QWL アクション・チェックポイント(図 1)を作成した。QWL アクション・チェックポイントは、8 頁の紙版と 16 頁の電子版を作成し、電子版の 9~16 頁には研究結果に基づいた掲載内容の根拠を示した。想定する使用対象者は、施設管理者とした。使用方法は、まず施設で行っている介護者の QWL 向上につながる取り組みの有無をチェックリストにて確認する。次いで、不十分な施設の取り組みについて、具体的対策例を参考に、施設に合った対策を検討する。これにより、全ての問題が解決する訳ではないが、介護者にとって働きやすい職場環境を構築する切っ掛けになることを願っている。電子版は、当研究所ホームページ(URL: [https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/houkoku/2021\\_01/QWL\\_web\\_2021.pdf](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/houkoku/2021_01/QWL_web_2021.pdf))にて公開し、無料で活用していただけるようにした。



図 1 QWL アクション・チェックポイント

【参考文献】

[1] 厚生労働省(2018) 福祉・介護人材確保対策等について。  
 [2] 公益財団法人社会福祉振興・試験センター(2014) 平成24年度社会福祉士・介護福祉士就業状況調査。  
 [3] 西川真規子(2013)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, pp.48-60。  
 [4] 李政元(2011)ケアワーカーの QWL とその多様性ギルド理論による実証的研究。関西学院大学出版会。  
 [5] 丸山総一郎, 佐藤寛, 森本兼曩(1991)労働者の働きがい感と健康習慣・自覚症状との関連性。日本衛生学雑誌。第45巻6号, pp.1082-1094。  
 [6] 宮川路子, 伊津野孝, 吉田勝美, 石田千恵子, ほ

か(1995)女性就労者における QWL(Quality of Working Life)の健康管理上の意義。ストレス科学。第9巻4号, pp.61-69。

[7] Iwakiri K, et al. (2019) Priority approaches of occupational safety and health activities for preventing low back pain among caregivers. JOH. No.61, pp.339-348。  
 [8] 労働省「作業関連疾患の予防に関する研究班」ストレス測定研究グループ(2005)職業性ストレス簡易調査票を用いたストレスの現状把握のためのマニュアルより効果的な職場環境等の改善対策のために一。  
 [9] Shimazu A, et al. (2008) Work engagement in Japan: Validation of the Japanese version of Utrecht Work Engagement Scale. Applied Psychology: An International Review. No.57, pp.510-523。  
 [10] 久保真人(2014)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。No.85, pp.364-372。  
 [11] 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。産業衛生学雑誌。Vol.61 (Suppl.), p.447。

【研究業績・成果物】

【調査報告(査読付)】

1) Iwakiri K, Sotoyama M, Takahashi M, Liu X (2021) Changes in risk factors for severe low-back pain among caregivers in care facilities in Japan from 2014 to 2018. Industrial Health (Accept: March 26, 2021).

【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。

【著書・単行本】

1) 岩切一幸(2021)第2部 腰痛の原因と対策。リフトリーダー養成研修テキスト 六訂版, 公益財団法人テクノエイド協会(印刷中)。

【国内学術集会】

1) 岩切一幸, 外山みどり, 高橋正也, 劉欣欣(2020)介護施設における介護者の腰痛とその予防に関する取り組み~H30年度とH25年度の比較~。第93回日本産業衛生学会, 誌上開催・web開催。  
 2) 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。

## (9) 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3年目】

山田 丸(ばく露評価研究部), 鷹屋 光俊(同), 韓 書平(同), 小野真理子(化学物質情報管理部),  
篠原也寸志(元労働安全衛生総合研究所), 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】 5,957千円(令和2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せない。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

昨年度に引き続き、SEMおよび付属のエネルギー分散型X線分析装置(EDS)を用いて、以下の項目に関して検討した。

##### ・電子顕微鏡分析に最適な粒子捕集法の検討

前年度、ポリカーボネートフィルター(以下、PCフィルター)を個人ばく露測定用のインハラブルサンプラー(IOMサンプラー)に装着した電子顕微鏡分析用粒子捕集法により、SEM分析に好ましい捕集量を検討した。本年度は、その方法を確認するために実作業環境(ずい道掘削粉じん)にてサンプリングを行い、データを取得した。

##### ・SEM-EDS分析条件の検討

SEM-EDSにより試料を観察する際には、SEM観察像およびEDS元素分析に影響を及ぼす試料表面の帯電現象(チャージアップ)を防止する必要がある。本研究の1,2年目に、観察試料(非導電性のフィルターに捕集した粒子)を導電化するための導電性物質のコーティング条件を検討した。本年度は、コーティング材にオスミウムを使用したプラズマCVD(化学気相成長法)による前処理法を検討した。

粒子の形状に影響を及ぼすアーチファクトが少ないだけでなく、形状が複雑なフィルターでもチャージアップがほとんど発生しないことが確かめられた。本研究では、一般的に使用されている導電化処理方法を網羅的に検討し、各処理法のメリット・デメリットを明確にするとともに、観察対象の粒子サイズや化学成分を考慮したうえで、どの処理法が適しているか確認した。SEM 像の確認においては、ナノサイズの塩化カリウム (KCl) 粒子を用いて、ナノ粒子観察時の注意点を洗い出した。近年、SEM の分解能が飛躍的に向上しており、ナノサイズの粒子も観察できるようになっているが、一方で、そのような高倍率観察においては前述したコーティングの種類によってはナノ粒子の粒径や粒子表面のナノ構造の解釈を誤る可能性がある。この点については、本研究で得た知見に基づき、ナノマテリアル取り扱い時の安全性評価に関する国際プロジェクト (NanoHarmony project, EU Horizon 2020) のワークショップにおいてコメントした (本報告書【研究業績・成果物】に記載)。また、近年はコーティング材の選択肢が広がっていることから、EDS 分析においては分析対象元素を考慮してコーティング材を選択することも重要であると考えられる。

#### ・SEM による自動粒子分析を目指した検討

前年度は、ミクロンサイズの粒子に対して、広範囲の自動撮影及び二値化による自動分析が適用可能であることを確認した。本年度は、シリカ粒子と実環境試料 (ずい道掘削粉じん) に対して、個々の粒子の形状と元素組成を計測する自動分析を試みた。0.3  $\mu\text{m}$  以上の粒子に対して高い精度で検出できることが確認された。今後、より微小な粒子に対して検出感度を向上させることができるか検証し、また各種サンプルに対して自動分析の妨げとなる要因 (例えば、サンプリング時や前処理におけるアーチファクト、粒子の形状や構成元素による測定への影響など) がないか確認した上で、自動化の導入や分析時間を短縮できる測定方法を提案する予定である。

## 2. エアロゾル測定装置を用いた個別粒子分析

本研究では、作業環境中における気中粒子の状態把握や作業者のばく露評価のために、SEM による個別粒子分析法の導入を目指し様々な検討を行っている。しかしながら、この方法は時間分解能やデータ取得の簡便さの点においてまだ課題が残されている。一方で、リアルタイムでデータを取得できるエアロゾル測定装置は、使用方法が簡便であり、時間分解能も数秒から数分程度で連続的にデータ

を取得できる利点を持つ。ただし、エアロゾル測定装置は気中粒子のある物理量 (光散乱強度、粒子緩和時間、電気移動度など) を測定し、その値から間接的に粒径を求めるため、測定原理や設計が異なる装置間では、結果にずれが生じる可能性がある。そこで、本研究では、多様なエアロゾルを想定し、複数種のエアロゾルを用いて測定を行い、各機種および前述の SEM 個別粒子分析法により測定した値を比較検討し、装置の特性を確認した。その一つが吸入性結晶質シリカである。

#### ・リアルタイム測定装置による吸入性結晶質シリカ粒子の測定

この物質は、管理濃度が 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (遊離ケイ酸含有率が 100% の場合)、日本産業衛生学会許容濃度が 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (遊離ケイ酸含有率が 10% 以上) である。これらの濃度付近あるいはそれ以下の環境において濃度を測定する場合、気中粒子をろ過捕集したフィルターを、天秤により重量測定する方法や粉末 X 線回折 (XRD) で定量する方法がとられる。しかし、個人サンプラーのような吸引流量の低い捕集装置を使用する場合、気中濃度が数 10  $\mu\text{m}/\text{m}^3$  という低濃度に対しては、数時間以上あるいは終日のサンプリングが必要となる。粉じん計を用いれば高い時間分解能で濃度の変動を確認できるが、測定対象のシリカ粉じんがバックグラウンド (例えば外気) のエアロゾル濃度と同程度かそれ以下の場合は、測定値が利用できない可能性がある。したがって、これに代わる手法として、粒径別に個々のエアロゾル粒子をカウントするエアロゾル測定装置の利用が望ましいと考える。本研究では、実験室においてシリカ粒子を発生させ、原理または特性の異なる 3 種類のリアルタイムエアロゾル測定装置 (空気力学粒子サイザー (APS, Model 3321, TSI Inc.)、光散乱式粒子サイザー (OPS, Model 3330, TSI Inc.)、白色光エアロゾルスペクトロメーター (Welas 2070, Palas GmbH)) による粒径分布測定装置を行った。さらに、SEM 分析用試料を取得しており、現在これらの装置および SEM で測定した粒径分布の違いについて解析を進めている。

#### ・ナノ粒子凝集体の密度推定法の検討

エアロゾル粒子の気中での振る舞い (空気力学的な挙動) は、主に粒径、粒子形状、粒子の密度 (見かけの密度; 空隙を考慮した密度) のパラメータで決定される。単純な形状の粒子 (例えば空隙のない球状粒子) であれば、顕微鏡の観察像 (幾何学径) から粒子ひと粒の質量を容易に推定できるため、その粒子の空気力学的な挙動も推定できる。一方で、凝

集体の場合は空隙率や凝集の程度が不明のため、顕微鏡観察のみでは凝集粒子の密度の推定は困難である。そこで、空気力学エアロゾル分級装置 (AAC) を使用して分級したナノチタン粒子凝集体を SEM で観察し、既知の空気力学径と粒子の形状から粒子の密度の推定を試みた。

図 1 に本研究で実施した実験システムのプロットを示す。ここでは、2 種類の二酸化チタンナノマテリアル粉体 (表 1) を試料として用い、ナノ粒子凝集体エアロゾルを発生させた。次に、AAC によりエアロゾルを異なる空気力学径 ( $d_a=400, 600, 800 \text{ nm}$ ) で分級した。そして、その分級した粒子を PC フィルター上に捕集し、SEM 観察により各空気力学径に対応する幾何学径 (円相当径 ( $d_{PA}$ )) とアスペクト比を計測した。この 2 つの測定値から簡易的な粒子の密度推定を行った。なお、不規則形状の粒子の密度推定には球相当径 ( $d_{ve}$ ) と動力的形状係数 ( $\chi$ ) が既知である必要があるが、本研究ではそれらの値が得られていないため、 $d_{ve}$  と  $\chi$  を次のように仮定して粒子の密度を推定した。 $d_{ve}$  は、 $d_{PA}$  とアスペクト比から回転楕円球体として求めた。 $\chi$  は、一次粒径約  $30 \text{ nm}$  のディーゼル排気粒子凝集体の文献値を参考に  $\chi=1.11\text{--}2.21$  を使った (Park et al., *Aerosol Sci. Technol.*, 8:881-889, 2004)。以上の仮定のもとに求めたエアロゾル粒子の密度の推定値は、両試料  $d_a=400\text{--}800 \text{ nm}$  のいずれの粒径においても、 $1.0\text{--}2.6 \text{ g/cm}^3$  となった。二酸化チタンの真密度が約  $4.2 \text{ g/cm}^3$  に対して、凝集体の密度はおおよそ  $1/4\text{--}1/2$  であることが示唆された (Yamada et al., 9<sup>th</sup> Nano Conference, 2020)。

今後、この推定値の正確さを評価するために、DMA による電気移動度径の測定を加えて再解析する予定である。その後、実験を進めて、サブミクロン～数ミクロンまでの凝集体ひと粒の粒子の密度を求め、電子顕微鏡で観察した粒子形態から質量濃度の推定を試みる。

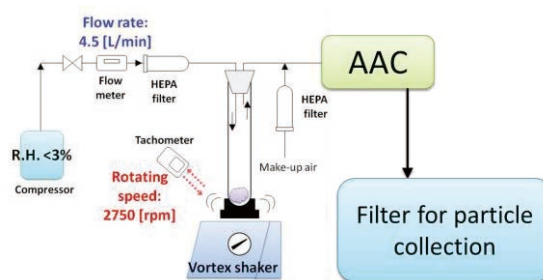


図 1 実験システムのプロット

表 1 二酸化チタン粉体試料

試料	一次粒径	比表面積	かさ密度
Aeroxide P25 (Evonik)	21 nm	50 m <sup>2</sup> /g	100 mg/cm <sup>3</sup>
Rutile (Aldrich) [P/N: 637262]	30 nm	130-190 m <sup>2</sup> /g	330 mg/cm <sup>3</sup>

#### 【研究業績・成果物】

##### 【国際学術集会】

- 1) Maromu Yamada, Mitsutoshi Takaya, Mariko Ono-Ogasawara (2020) Characterization of particle shape and density of TiO<sub>2</sub> nanomaterial agglomerates through individual particle observation with SEM. 9<sup>th</sup> Nano Conference-International Symposium on Nanotechnology, Occupational and Environmental Health, Online.

##### 【その他】

- 1) NanoHarmony project (EU Horizon 2020) ‘Workshop on Gap Analysis and Data Requirements to support Test Guideline and Guidance Document Development’ にエキスパートとして参加し、ナノマテリアル粉じんの電子顕微鏡観察法に関して本研究で得た知見を基にコメントした。

## (10) 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2年目】

王 瑞生(有害性評価研究部), 豊岡達士(同), 小林健一(同), 柳場由絵(同), 小林沙穂(同), 柏木裕呂樹(同), 須田 恵(研究推進国際センター), 鷹屋光俊(ばく露評価研究部), 山田 丸(同), 小野真理子(化学物質情報管理部), 甲田茂樹(所長代理)

【研究期間】 平成31～令和4年度

【実行予算】 15,997千円(令和2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う、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の開発し、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確かな把握」、「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体の評価および特性(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を比較検証する。

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、生物学的モニタリング指標(BEI: Biological Exposure Indices)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(*in vitro*)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: *n 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*

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

令和 2 年度の研究成果は以下の通りである。

##### 1. 産業化学物質の in vitro 皮膚透過性評価手法における実施条件の妥当性について

<sup>14</sup>C ラベルされたアニリン (ANL) を用いて、in vitro 皮膚透過性評価手法における実施条件を詳細に検討した。これにより、①滴下溶液の体積が一定であれば、ANL 分子数によらず (ANL 濃度に関わらず)、透過率はほぼ一定であること、②滴下する ANL 分子数が一定であれば、滴下溶液体積が増えるにつれ (ANL 濃度が薄くなる)、透過率は低くなること (ANL 分子が皮膚に接触する機会が減るため)、③ANL 濃度が一定であれば、滴下溶液体積が増えるにつれ、カップ内の ANL 分子数が増えるため、透過率は、低く算出されることが明らかになった。これらの結果から、滴下溶液の量 (体積) は、透過率に大きく影響すると言え、化学物質の in vitro 透過性試験においては、皮膚に対して、被験物質を含む溶液が適度にいきわたる 100-200 μl が適切であることが判明した。

##### 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 (スクリーニング)

本年度は MOCA を含め、その類似構造物質等合計 7 種類の産業化学物質 (MOCA, Benzidine, o-chloroaniline, 4,4'-methylenedianiline, 3,3'-dimethylbenzidine, Water, Caffeine) についてスクリーニングを実施した。ここで、以下結果について、被検物質が皮膚内に入ることを「吸収」、皮膚に吸収された被検物質が皮膚内に留まることを「蓄積」、被検物質が皮膚からボトル内 (リザーバー側) へ移行することを「透過」と表記する。それぞれの化学物質の皮膚透過性について、添加した物質の半量が皮膚を透過する時間を半量透過時間として算出すると、MOCA: 39 時間、Benzidine: 4.7 時間、o-chloroaniline : 5.1 時間、4,4'-methylenedianiline : 6 時間、3,3'-dimethylbenzidine: 6.5 時間、Water: 8.6 時間、Caffeine: 18.4 時間であった。なお、OT (オルトトルイジン) の半量透過時間は 3.7 時間であり、これに比べると、o-chloroaniline、Benzidine、4,4'-methylenedianiline、3,3'-dimethylbenzidine は遅いものの、Water よりは透過性が高い結果となった。また、これら物質の蒸気圧は、いずれも水の蒸気圧 (23.8 mmHg, 25°C) に比べるとはるかに低い (ほぼ 0 mmHg) ものであるため、気中における吸入ばく露よりも、経皮ばく露を考慮すべき物質

であると考えられた。一方で、MOCA は、皮膚透過性自体は低いが、図 1 に示すように、試験開始後 30 分で添加量の約 40%が皮膚内に吸収されていること、また、皮膚内の MOCA 存在率が 6 時間程度でピークになっていることより、MOCA の皮膚吸収性、及び皮膚蓄積性は高いものであることが示唆された。

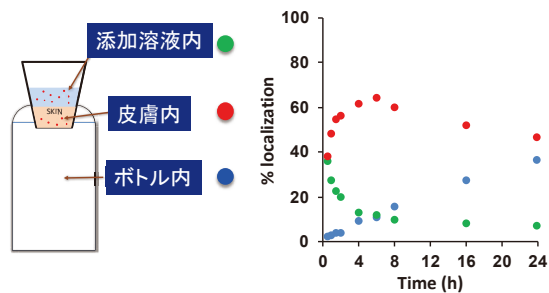


図 1. MOCA の皮膚吸収性・透過性・蓄積性の解析

なお、他物質の皮膚内存在率は試験開始 30 分時点で 10%以下である。MOCA の極めて高い皮膚吸収性は、MOCA のオクタノール/水分配係数 (log Kow: 3.9) が他物質 (log Kow: 1~2 前後) よりも約 100 倍以上高いことが理由であると考えられた。これらの結果より、産業化学物質の経皮ばく露評価には、皮膚透過性に加えて、皮膚吸収性を考慮した評価が必要であると考えられる。また、オクタノール/水分配係数から、皮膚透過性の高い物質、皮膚吸収性の高い物質等、ある程度の予測がつけられるものと推察された。

### 3. In vitro (三次元培養皮膚)・Ex vivo (動物摘出皮膚)の関係性について

三次元培養皮膚における実験と同一の被検物質について、ユカタンマイクロピッグ (YMP) 皮膚 (背側) における皮膚透過性をフランツセル法で検討し、三次元培養皮膚による透過性実験の結果との整合性を確認した。三次元培養皮膚における被検物質の皮膚透過性の高さを透過時間で順位づけたものと、同様に YMP 皮膚において順位づけたものは一致していた (ただし、透過時間自体は両系で異なる)。また、被検物質を YMP 皮膚に添加し、その 24 時間後における、被検物質の存在率を、ドナーチャンパー (YMP 皮膚の上)、YMP 皮膚内、レセプター溶液中 (YMP 皮膚透過分) に分けて解析したところ、被検物質の皮膚吸収性、透過性、蓄積性の傾向は、in vitro (三次元培養皮膚) で得られた結果とほぼ整合することが確認できた (データ示さず)。

三次元人培養皮膚では、動物摘出皮膚と比べて、

角質層の厚みが薄いことや、細胞内構造物密度が低いこと等の理由により、一般的に、物質透過率は高く見積もられることが知られている。そこで、三次元培養皮膚、及び YMP 皮膚で物質透過率が 25% となる時間を、各被検物質ごとにそれぞれ算出し、YMP 皮膚における 25%物質透過時間を、三次元培養皮膚におけるその時間で除し、さらに皮膚面積補正をすると、これまでに検討した 8 物質では、3~5 前後の数値になることがわかってきた。今後さらに被検物質の数を増やして精査する必要があるが、この値は、in vitro (三次元培養皮膚) と Ex vivo (動物摘出皮膚) の両評価システムをつなぐ補正係数になる可能性があると考えられる。

### 4. オートラジオグラフィーを用いた MOCA の体内分布解析

MOCA の体内動態を確認するために、ラットを用いた  $^{14}\text{C}$ -MOCA 経皮投与実験を行った。投与開始から 8 時間の時点で塗布した MOCA をふき取り、投与開始から 8 時間、24 時間、48 時間、72 時間後の体内分布について全身オートラジオグラフィーにより確認した (図 2)。各組織への MOCA の移行が確認できたが、投与した MOCA の約 50% が 48 時間後、約 25% が 72 時間後にも投与部位 (皮膚) に留まっていることが確認された。この結果は、MOCA の皮膚蓄積性が非常に高いことを示すものである。また、24 時間の蓄積尿からは投与した  $^{14}\text{C}$ -MOCA の約 5% 程度が検出された。このように尿中への排泄率が低いことは過去の文献とも一致する。

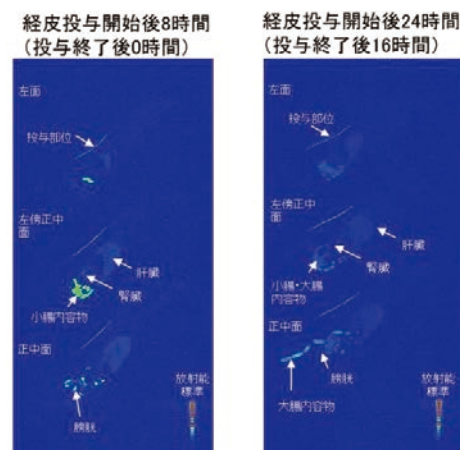


図 2. 雄性ラットに  $^{14}\text{C}$ MOCA を 50 mg/517 kBq/4 mL/kg の用量で単回経皮投与後の体内分布経時的変化

### 5. MOCA ばく露による染色体安定性への影響について (R02 年度新規実験)



MOCA の染色体への影響について、ヒト肝臓細胞 (HepG2)、膀胱上皮細胞(1T1)モデルを用い検討した。MOCA100  $\mu\text{M}$ , 200  $\mu\text{M}$  に 24 時間ばく露させると、約 6 割に姉妹染色分体が早期に分離されるコヒーシン異常が確認された(図 3-1 と図 3-2)。1T1 細胞において、より低濃度の MOCA を 2 週間反復ばく露し、細胞周期への影響を検討したところ、コントロール (DMSO 処理) に比べ、MOCA ばく露群における細胞周期は、正常分布とは明らかに異なる場合が認められた(図 3-3)。また、MOCA をばく露した細胞では、その DNA 量が、増加または減少しており、染色体の異数化が生じていることが示唆された。

上記のコヒーシン異常や染色体数の不安定化には、紡錘体(分裂期)チェックポイントの異常が関与する機会が多いことから、紡錘体阻害剤ノコダゾール処理によるチェックポイント惹起時における MOCA の分裂期への影響を調べた。ノコダゾールの単独作用では、紡錘体チェックポイントが機能し、分裂期において細胞周期の進行が停止したが、MOCA (100  $\mu\text{M}$ , 200  $\mu\text{M}$  3 時間)をばく露すると、紡錘体チェックポイントを何らかの理由によりすり抜け、早期に分裂期を脱することが判明した (図 3-4)。これらの結果は、MOCA は、これまで報告されている DNA 損傷性に加えて、紡錘体チェックポイント機能の異常に起因する染色体の数的異常も引き起こすことを示唆するものであり、これらの要因が MOCA の発がんメカニズムに一部関与している可能性があると考えられる。今後は、MOCA による損傷の DNA 修復経路や紡錘体チェックポイントへの作用

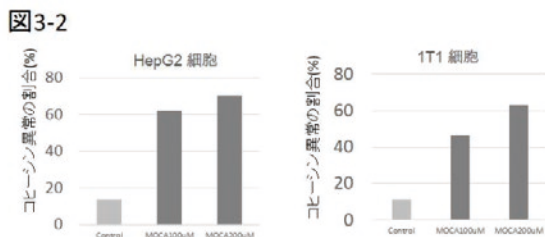
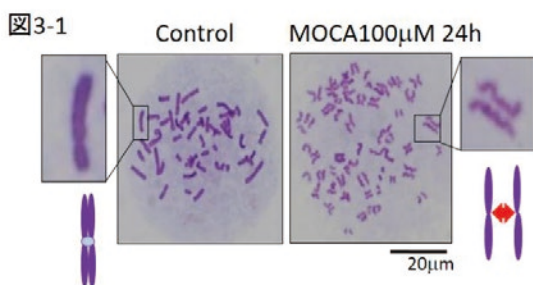


図 3-1. MOCA 処理後の HepG2 における染色体異常の観察像

図 3-2. 染色体 (コヒーシン) 異常の定量

機序について検討するとともに、経皮ばく露の動物モデルにおいて、染色体の異常等が引き起こされるか否か等を検討する予定である。

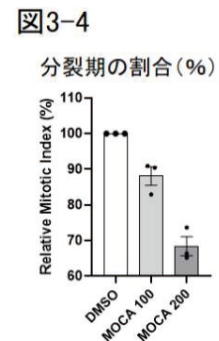
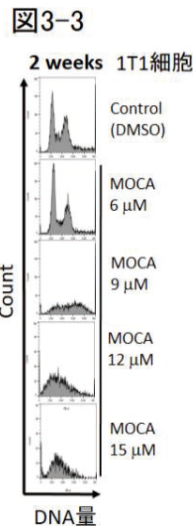


図 3-3. MOCA 処理後の 1T1 細胞における細胞周期変化

図 3-4. ノコダゾール処理時の分裂期の割合

#### 【研究業績・成果物】

[その他の専門家向け出版物]

- 1) Yonggang Qi, Tatsushi Toyooka, Jisheng Nie, Hisayoshi Ohta, Shigeki Koda, Rui-sheng Wang (2020) Comparative  $\gamma$ -H2AX analysis for assessment of the genotoxicity of six aromatic amines implicated in bladder cancer in human urothelial cell line. Toxicology In vitro, 66, issue 104880.

[国内外の研究集会発表]

- 1) 豊岡達士 (2020) 三次元ヒト培養細胞皮膚を用いた産業化学物質経皮吸収評価の試み. 日本産業衛生学会教育講演, WEB 発表.
- 2) 柳場由絵, 豊岡達士, 王 瑞生, 甲田茂樹 (2020) ラットへのオルト-クロロアニリン経皮投与後の全身オートラジオグラフィと尿中排泄に関する検討, 第 47 回日本毒性学会学術年会, J. Toxicol. Sci, Supplement, Vol.45, p.130.
- 3) 王 瑞生, 祁 永剛, 豊岡達士, 甲田茂樹 (2020) 職業性膀胱がん事例の工場で使用した芳香族アミン類等の遺伝毒性について. 第 93 回日本産業衛生学会. WEB

- 発表, 講演集, p.609.
- 4) 柏木裕呂樹, 豊岡達士, 王 瑞生, 甲田茂樹 (2020) オルトトルイジン及び 4-クロロオルトトルイジンにおける DNA 損傷性の比較検討, 第93回日本産業衛生学会, 抄録, p.608.
  - 5) 祁 永剛, 豊岡達士, 堀口兵剛, 王 瑞生, 甲田茂樹(2020) 2-メルカプトベンゾチアゾール作用による $\gamma$ -H2AX 生成とその誘導メカニズムに関する研究. 日本環境変異原学会第 49 回大会 2020 年 11 月.
  - 6) 小林沙穂, 豊岡達士, 王 瑞生, 甲田茂樹 (2020) 職業性膀胱がん発症への関与が疑われるMOCAの単回と分割ばく露に対する細胞応答の違いについて 日本環境変異原学会第 49 回大会. 2020 年 11 月.
  - 7) 柏木 裕呂樹, 豊岡 達士, 王 瑞生, 甲田 茂樹(2020) 4-クロロ-オルトトルイジンのDNA 損傷性および損傷誘導メカニズムに関する検討. 日本毒性学会, WEB 発表, P186.

## (11) 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2年目】

柴田延幸(環境計測研究 G), 外山みどり(人間工学研究 G), 齊藤宏之(環境計測研究 G), 高橋幸雄(同), 上野 哲(同), 時澤 健(人間工学研究 G), 山口さち子(環境計測研究 G), 吉田兼一(労働災害調査研究 C), 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】 平成 31～令和 4 年度

【実行予算】 24,038 千円(平成 31 年度)  
19,180 千円(令和 2 年度)

### 【研究概要】

#### (1)背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズなど)

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的サブテーマ、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により、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」

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)

##### ① 被験者実験

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)が参加する計画のうち、1 年目取得済みの高齢者群 6 名に加え、若年者群 8 名および高齢者群 4 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  $60 \pm 5$  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。

## ② 現場調査

建設現場における作業者を対象とした予備的な調査を行った。対象作業にはリストバンド型心拍計および活動量計を着用し、作業中の心拍数ならびに活動量を取得するとともに、心拍計からのビーコン信号による作業場所データと、現場の複数箇所に設置した WBGT 測定器の結果より、作業者がばく露されている WBGT 値を推定した。これらのデータと、作業内容記録票に基づく作業内容(作業強度)のデータを用い、作業強度別の WBGT-心拍数の関連性についての解析を行った。

## ③ 労働災害データの解析

実際の労働災害復命書の調査に先立ち、厚生労働省が Web サイト(職場のあんぜんサイト)にて公開されている死亡災害データベースより、過去 10 年間(2009~2019 年)の熱中症死亡災害データを業種別・年代別に集計する。

### (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)

初年度は、60~75 歳の高齢者ばく露群健康常男性 6 名および同じく 60~75 歳の高齢者非ばく露群健康常男性 8 名について、大きさの異なる 2 種類の手腕振動、9 分間の振動ばく露の方法の違い(連続/10 分休憩をはさんで 3 分ずつ断続的に 3 回に分けてばく露)による 4 条件について、右手への振動ばく露時の手腕の動特性および振動ばく露直後から 30 分後までの 5 分ごとの右手人差し指の指先振動感覚閾値(試験周波数:125 Hz および 31.5 Hz)の変化を測定した。

### (サブテーマ 4)

高齢労働者を中心に物理的因子による業務上疾病に関するアンケート調査を実施する。質問項目は、高温条件だけでなく寒冷条件、振動、騒音等も含め現状把握をする。作業様態、労働の三管理、個人が行っている疾病防止対策や個人の知識についての質問も含める。物理的因子による業務上疾病と関連性が指摘されている項目はアンケートに含め疾病との関連性を検討する。

## (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し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)

高齢者労働者に関する物理的因子の業務上疾病についての実態把握や作業様態、労働管理、業務上疾病の知識や防止策のアンケート調査をおこなう。物理的因子全般についての対策に重点を置いたアンケート調査は少ない。特に高齢労働者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。複数の業種に対してアンケートを実施することも本研究の特色である。

#### 【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)

##### ① 被験者実験

前年度に引き続き高齢者群 4 名を対象に実験を行い、合計で予定の 10 名分のデータを取得した。若年者群は 8 名分のデータを取得し、来年度に 2 名分を追加する予定である。ここまでの結果から、4 段階の WBGT(暑さ指数)における 高齢者群と若年者群の作業時体温調節反応を比較すると、WBGT27.0℃、28.5℃、および 30.0℃では群間に差は見られなかったが、WBGT31.5℃において深部体温(直腸温)の上昇は高齢者群の方で大きかった。また、体幹部および体肢で測定した発汗率は高齢者群の方で低かったほか、額における発汗率に群間の差は見られなかった。加齢に伴う部位別の発汗の低下は先行研究で報告されていたが、暑熱環境がよりシビアになる状況においてそれが顕著になることが示唆される。発汗による熱放散が低下したことによって深部体温が上がりやすくなることは、熱中症を発症するリスクとなるため、60 歳以上の高年齢労働者においては、WBGT 基準値を下げることや熱放散の低下を補うような対策が必要と考えられる。3~4 年目にそれらの対策を検討する予定である。

##### ② 現場調査

建設現場 1 箇所において作業員 30 名を対象とした調査を行い、うち 16 名から心拍数、活動量、WBGT 値ならびに作業記録の有効なデータを得た。16 名の内訳を表 1 に示す。

今年度は予備的検討として、心拍数の変動要因の一つである作業強度の把握方法を中心に検討した。その結果、活動量計の値ならびに作業記録を用いることにより、ある程度の把握が可能であること

表 1: 対象者の年代別・業種別内訳

年代	人数	業種内訳(人数)
30 代以下	0	
40 代	7	防水工(2)、土工(2)、配管工(1)、鍛冶工(1)、軽量鉄骨工(1)
50 代	4	設備(1)、はつり工(1)、軽量鉄骨工(1)、墨出し工(1)
60 代	3	配管工(1)、ボード工(1)、シーリング工(1)
70 代以上	2	電工(1)、配管工(1)
合計	16	

が確認された。現在、解析を実施中である。

その一方、Covid-19 感染防止の観点から現場への立ち入りが難しく、担当者の目視による作業内容の把握が困難であったことから、作業者に装着した小型カメラの映像により把握する手法について、次年度検討することとした。

##### ③ 労働災害データの解析

過去 10 年間(2009~2019 年)の厚生労働省公開情報より、業種別・年代別の熱中症死亡事例を整理した。10 年間の総死亡者数 244 名のうち、60 代以上は 37 名(15.2%)であった。業種別では建設業が 8 名、警備業、農業、サービス業が各 5 名、製造業、その他の事業が 4 名であった。また、林業は全年齢の死亡者数 7 名のうち 3 名が 60 歳以上で占めており、死亡者に対する高齢者の割合が最も高かった(表 2)。

表 2: 業種別の熱中症死亡者数(2009~2019 年)

業種	~59 歳	60 歳~	合計
建設業	93	8	101
製造業	30	4	34
警備業	21	5	26
農業	12	5	17
サービス業	10	5	15
その他の事業	11	4	15
商業	10	0	10
運送業	6	2	8
林業	4	3	7
運輸業	4	1	5
その他の業種	6	0	6
合計	207	37	244

## (サブテーマ 2)

2 年目(令和 2 年度)は、被験者実験で使用する実験用作業課題を選定し、実験システム(作業課題呈示装置、騒音再生システム)を導入した。当初は騒音再生システムについても更新する予定であったが、実験条件の検討の結果、それほど複雑なばく露条件を設定する必要がなくなったため、既存のシステムをそのまま活用することとした。

当面は、江川の研究(SRR, No.13 (1993))で使用された作業課題を用いた被験者実験を行う(コロナ禍によって当初の見込みよりも開始が遅れた)。

## (サブテーマ 3)

上昇法によって得られた指先振動感覚閾値 Ta (dB) と下降法によって得られた指先振動感覚閾値 Td (dB) の差 Ta-Td において、高齢者ばく露群(G1)の方が高齢者非ばく露群(G2)より有意に大きい ( $p<0.05$ ) ことを見出した。この傾向は、ばく露する振動が大きくなるほど顕著となり、指先振動感覚の試験周波数 125Hz の方でより顕著であった(図 1)。

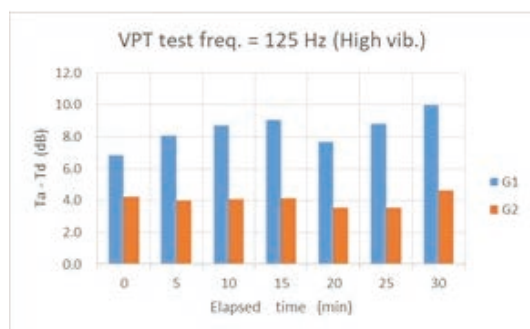


図 1 Ta-Td の振動ばく露後変化(125Hz の時)

閾値の差 Ta-Td は、指先感覚振動閾値の分解能に相当する評価指標と考えており、振動ばく露履歴に応じた指先振動感覚の鈍麻の進行度を表すリスク評価指標としての活用が今後期待される。

手腕の動特性から導出した周波数補正係数については、今のところ高齢者ばく露群(G1)と高齢者非ばく露群(G2)の間に有意な差は認められていない。次年度の若年者非ばく露群(G3)の測定を待って、年齢に起因する有意差に関して検討する予定である。

## (サブテーマ 4)

Web 調査の結果は、春の日本産業衛生学会で温熱、振動、騒音の 3 つの物理因子のそれぞれについて発表した。

Web 調査の結果を鑑みて、温熱に関するアンケート項目を修正しアンケート票を作成した。春には新型コロナウイルス感染症の拡大のため建設業で作業中止が相次ぎアンケート調査及び対面の聞

き取り調査ができない事態になった。神奈川県建設業労働組合連合会に依頼して組合員の健康診断の時にアンケート調査を実施する予定だったががコロナ感染拡大で健康診断が中止になり予定していた被験者を集めるのが困難となった。各支部の集会に出席する組合員を対象にアンケート調査を行うことに変更し、規模を縮小してアンケート調査を行うこととなった。研究計画は研究倫理委員会に申請し仮承認された。次年度の予備調査としてアンケート調査を実施した。

コロナ感染予防のため建設業では作業時のマスク着用が国土交通省の指針に盛り込まれた。夏の暑熱環境でのマスク着用が及ぼす身体への負担についての文献を集めて総説に執筆した。

騒音に関しては、初年度に実施したアンケート調査結果を継続して分析した。全回答(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)だった。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、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)を年齢別(5 歳ごとのカテゴリーに区分)に見ると、30 歳以上では年齢とともに「まったくない」が減少し、「たまにある」や「よくある」が増加する傾向がみられた。しかし一方、24 歳以下、25~29 歳の 2 カテゴリーでは「まったくない」よりも「よくある」の回答が多かった。「ヘッドホン等で音楽を聴くことがあるか」という質問に対して、若年層では「よくある」、高齢層では「まったくない」が多くなる明確な傾向があったことを考慮すれば、若年層での主観的聴覚影響には、レジャー騒音が影響している可能性があることが推測できた。「TV 等の音を大きくしていると言われるか」と尋ねた結果では、全体的に「まったくない」が年齢とともに減少し、逆に「たまにある」、「時々ある」、「よくある」が増加するという傾向が見られた。これらの結果は、年齢別ではなく経験年数別にみても同様であった。

「耳の聞こえが悪いと感じることがあるか」に対する回答を、「職場に大きな音が発生する据置き型機器があるか」に対する回答と比較すると、耳の聞こえが悪いと感じることが「時々ある」や「よくある」の回答群で、据置き型機器がある(または、あった)と回答した人の割合が高い傾向があった。同様に、「職場で大きな音が発生する手持ち工具・機器を使用するか」に対する回答と比較した結果でも、似た傾向が認められた。主観的な聴覚影響と騒音源となる機器・工

具の使用には相関があることが推測できた。

高齢者では相対的に高周波域での聴力が低下することが多いため、低周波域成分を多く含む音や、逆に高周波域成分を多く含む音に対する感じ方が変わる可能性がある。これを調べるために、低周波域成分を多く含む音による主観的な影響として「自動車・バイクのエンジン音が気になるか」、「ヘリコプターの音が気になるか」、「エアコン・空調機の音が気になるか」を尋ねたが(選択肢は上記と同じく4カテゴリー)、年齢による明らかな傾向は見られなかった。また、高周波域成分を多く含む音についての「電話の呼出音が気になるか」、「家電製品の通知音が気になるか」でも同様に、年齢による明らかな傾向は見られなかった。

**【研究業績・成果物】**

[論文・総説(査読有)]

1) 上野 哲(2021)マスク着用による生理学的負担.  
日本職業・災害医学会会誌, Vol. 69, p1-8.

[国内外の研究集会発表]

1) 上野 哲, 柴田延幸, 高橋幸雄, 齋藤宏之, 外山みどり(2020)高年齢労働者に対する物理因子の健康影響に関するWeb調査. ～その1 暑熱ばく露～第93回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 62, (Suppl.), p.375.

2) 高橋幸雄, 上野 哲, 柴田延幸, 齋藤宏之, 外山みどり(2020)高年齢労働者に対する物理因子の健康影響に関するWeb調査. ～その2 騒音ばく露～第93回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 62, (Suppl.), p.375.

3) 柴田延幸, 上野 哲, 高橋幸雄, 齋藤宏之, 外山みどり(2020)高年齢労働者に対する物理因子の健康影響に関するWeb調査. ～その3 振動ばく露～第93回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 62, (Suppl.), p.376.

## (12) 健康のリスク評価と衛生管理に向けた労働体力科学研究【3年計画の1年目】

松尾知明(人間工学研究 G), 蘇 リナ(同), 時澤 健(同), 小山冬樹(同),  
西村悠貴(産業保健研究 G),  
甲田茂樹(所長代理), 田中喜代次(筑波大学), 水上勝義(同), 日野俊介(㈱ルネサンス)

【研究期間】 令和 2~4 年度

【実行予算】 11,850 千円(令和 2 年度)

### 【研究概要】

#### (1)背景(主要文献, 行政的・社会的ニーズなど)

「少子高齢化・労働人口減少」の問題が顕在化する中、「病気を予防し元気に働き続けること」へのニーズは、国、事業場、個人いずれの立場からも今後ますます高まりそうである。この問題で課題先進国とされる本邦において、疾病予防の観点から“労働者の体力”に関わる知見を深め、得られた研究成果を国内外に発信する意義は大きい。

“体力”の概念としては持久力や筋力など身体機能のイメージが先行するが、学術的には、体力を“身体的要素”と“精神的要素”の 2 要素で捉えようとする考えが古くからある<sup>[1]</sup>。人が様々なばく露因子から身を守る力(体力)には、身体的な要素だけでなく精神的な要素も必要とする考え方である。しかし、このような考え方は概念的なものに留まっており、科学研究としての知見が深まっているわけではない。我々はこの課題に疫学研究の手法を用いて取り組もうとしているが、エビデンスレベルの高い疫学研究を進めるためには、労働者の実状を的確に捉えるための評価指標が必要となる。

身体的体力(physical fitness: PF)としては心肺持久力(cardiorespiratory fitness: CRF)が顕要である。多くの危険因子(高血圧、喫煙、糖尿病など)の中で死亡リスクへの影響が最も強いのは CRF であることが著名な疫学研究<sup>[2]</sup>で示されるなど、CRF は疾病予防の観点で重要とされる。その一方で、「多くのリスクファクターの中で唯一定期検査の項目に入っていないのは CRF である」<sup>[3]</sup>といった学会声明(American Heart Association)が出されるなど、CRF 評価は疾病予防策として普及していない。本邦でも、1988 年の労働安全衛生法改正により THP(トータルヘルスプロモーションプラン)が推進され、その一環として労働者の CRF を向上させる試みがなされたが、現在に至り、CRF 向上の成果は得られていない。その最大の要因として、CRF 評価法に関わる問題、すなわち、既存の CRF 評価法が労働者の実情に適していないことが挙げられる。

他方、精神的体力(mental fitness: MF)は、言葉としては存在するものの、その概念が研究で深く掘り下げられていないわけではないため、MF は本研究が掲げる新しい理論とも言える。現段階では、本研

究内での MF の定義を「職務に向き合った際に体躯や神経を発動させるための主観的な精神エネルギー」としている。労働者の心理状態に関わる理論として代表的なものには、“ワーク・エンゲイジメント<sup>[4]</sup>”、“SOC(首尾一貫性)<sup>[5]</sup>”、“レジリエンス<sup>[6]</sup>”などがある。これらにはそれぞれ評価指標(質問票)が存在するが、評価指標開発に当たっては、事前に理論生成のための質的研究がなされている場合が多い。評価指標考案を目指す MF においても、理論生成に向けた質的研究がまず必要となる。

#### (2)目的

本研究では、“労働者の体力”を「健康を脅かす様々なばく露因子(労働環境、人間関係、加齢等)から労働者自身が自らを守る力であり、PF と MF の 2 要素から成るもの」と定義した上で、職域における疫学調査や健康管理施策での活用を企図した PF・MF それぞれの評価指標を検討すると共に、それら評価指標を用いた大規模調査を効率的に行うためのデータ収集システムを構築する。

#### (3)方法

##### 1) 課題① PF 評価の妥当性検証のための介入実験とデータ収集システムの構築

本研究の PF 評価には CRF 値を用いる。我々は本研究に先行し、労働者の CRF を簡便、且つ、安全に評価するための方法を開発する研究に取り組んでおり、質問票(WLAQ\_CRF, 以下 WLAQ)<sup>[7]</sup>や簡易体力測定法(JNIOOSH step test, 以下 JST)<sup>[8]</sup>など、一定水準の評価法を確立させつつあるが、これらの実用化に向けては、WLAQ や JST が実測 CRF 値( $\dot{V}O_{2max}$ )の変化にどの程度対応するかを検証する必要がある。よって課題①では、まず、この検証を目的とした 4 ヶ月程の介入実験を行う(1 年目)。さらに課題①では、事業場で CRF データを収集するための、また、収集データの分析結果を健康情報として参加者に返却するための仕組み(WEB サイトやアプリ、サーバー等を連動させたデータ収集システム)を構築し(通年)、システムを用いた横断調査(3 年目)を行う。

将来的には、課題②で検討する MF 評価もこのシステムに組み込むことを想定しているが、システム開発に関しては、先行研究で評価指標開発の目的が揃っている PF 評価をベースに進める。



## 2) 課題② MF 評価指標の検討

課題②は「職務に向き合った際に体躯や神経を発動させるための主観的な精神エネルギー(MF)」を評価するための指標開発を目指す萌芽的な取り組みである。本研究期間内に指標開発のベースとなるデータ収集を行う。研究手順としては、まず、ワーク・エンゲイジメントやSOCなど、労働者の心理状態に関するすでに確立された理論について、理論そのものや理論に基づく質問票が開発された経緯を精査する(1年目)。続いて、MF理論生成に向けた質的研究を行う(2年目)。質的研究の方法としては、Modified Grounded Theory Approach (M-GTA) 法<sup>9)</sup>に基づく、インタビュー形式による調査を予定している。M-GTA法は、理論生成を目的とした多くの質的研究で活用されている研究手法である。最後に、MFに関する被験者実験を行う(3年目)。被験者実験では、質的研究で生成したMF理論に基づき考案する予定の質問票(occupational mental fitness questionnaire: OMFQ)や、ウェアラブル機器から得られる心拍変動(自律神経機能)、唾液から得られるコルチゾール(ストレス)などを測定項目に含める予定である。

### (4)研究の特色・独創性

本研究により、労働者のPFとMFを調査するための評価指標(評価ツール)とそれらを事業場で運用し、疫学調査を円滑に進めるためのデータ収集システムが構築される。その結果、体力を身体面と精神面の両面から捉えることにより労働者の疾病予防策を検討する、国内では唯一の、国際的にも貴重な疫学調査研究の基盤が構築される。

### 【研究内容・成果】

1年目は、課題①として、PFの評価指標であるWLAQやJSTを検証対象とした介入実験とデータ収集システム構築作業を、課題②として、MF理論生成のための質的研究に向けた準備作業を行った。

#### (1) 課題①:

##### 1) 介入実験

PF評価指標として開発したWLAQやJSTは、実測CRF(実測 $\dot{V}O_{2max}$ 値)を妥当基準とした検証実験で妥当性が示されており、横断的な調査研究ではすでに活用されている。しかし、これらの評価法を横断研究だけでなく、縦断研究や労働者個人の健康管理に用いるためには、開発した評価法がCRFの変化をどの程度捉えられるかを確認する必要がある。そこで、運動トレーニングによる実測 $\dot{V}O_{2max}$ 値の変化に、開発した方法による評価値がどの程度連動するかを検証するための介入実験を行った。

対象者(運動習慣のない20~29歳の男性15名)は、指定された運動施設で、週3回×8週間の運動トレーニングを行った。運動トレーニングは、体力低位者の $\dot{V}O_{2max}$ を効率的に高める方法として我々が先行研究で開発したトレーニング方法(J-HIAT)<sup>10)</sup>を用いた。介入4週目に中間測定、8週目に介入後測定を行い、運動トレーニング期間終了後8週間の非介入期間を経て、16週目に最終測定を行った。主な測定・調査項目は、 $\dot{V}O_{2max}$ 、WLAQ、JSTである。

この実験の成立には、対象者の実測 $\dot{V}O_{2max}$ の平均値を有意に高められる実験技術が必要条件となる。図1に示すように、運動介入により対象者の実測 $\dot{V}O_{2max}$ の平均値は有意に増加し、運動トレーニング終了後の非介入期間を経て、有意に減少した。現在、WLAQやJSTそれぞれから、あるいはその組み合わせから得られたCRF評価値の経時変化を分析中である。研究論文としての公開を済ませた後、次年度以降の報告書にその詳細を記したい。

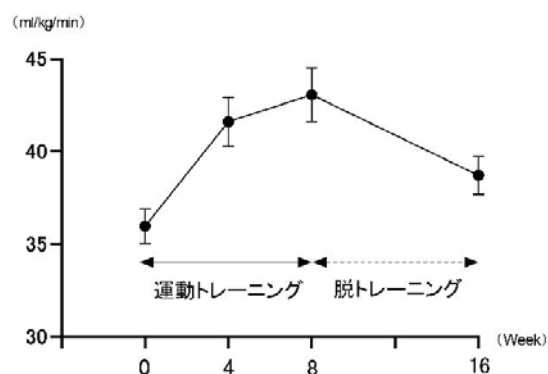


図1 実験期間中の実測 $\dot{V}O_{2max}$ 平均値の経時変化

##### 2) データ収集システム構築

今年度は、企業等で勤務する労働者がWLAQによるPF評価を専用WEBサイトで行うための、また、そのWLAQデータと企業保有の健診データとを突合せするためのシステム(WLAQシステム)を開発した。WLAQシステムは、企業参加者サイト、企業管理者サイト、研究所管理者サイト、情報を管理するデータベースで構成される。その特徴は、参加者が自身のパソコンやスマートフォンを用いて質問に回答できる点、協力企業と研究所間のデータの受け渡しを、参加者の氏名やメールアドレス、社員番号などの個人情報を省いた形で行える点、自動集計されたデータセットをCSVファイルで速やかにダウンロードできる点などである。このシステムを用いることで、数千人規模の企業複数社の質問票調査を、数

名の担当で効率よく行うことができる。2～3年目にこのシステムを用いた横断調査を、企業の協力を得て行う予定である。

## (2) MF理論生成の質的研究準備

広辞苑では“エネルギー”を“活動の源として体内に保持する力”と説明している。精神的体力の意義を唱える猪飼<sup>[1]</sup>は、体力をエネルギー論的に考察することの重要性を説いており、トップアスリートの心理研究で著名な Jim Loehr & Tony Schwartz<sup>[11]</sup>も、試合や記録に挑むアスリートの精神状態をエネルギーの観点から説明している。本研究ではこのような学説を支持する立場から、本研究内においては、PF を“身体を継続的に活動させるために体内に保持されている肉体エネルギー”、MF を“職務に向き合った際に体躯や神経を発動させるための主観的な精神エネルギー”とそれぞれ定義付けた。図 1 に示すように、労働者が職務に向き合うにあたっては、資本となる肉体エネルギーだけでなく、それを発動させるための精神エネルギー（いわゆるモチベーション、やる気）も重要と捉える見方である。この定義を土台とした上で、本研究で生成したい MF 理論モデルは「労働者が自身の職務に“意欲的に”あるいは“無気力な状態で”取り組むに至るプロセスとそれに関わる要因」についてである。この理論モデル生成に向けて、2 年目に M-GTA 法に基づく、インタビュー形式による調査を行う予定である。

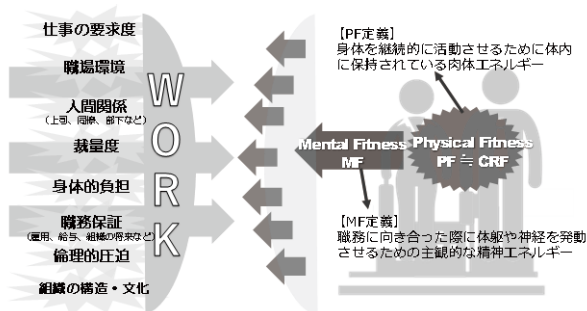


図 2 本研究におけるPFとMFの位置づけと仮定義

## 【参考文献】

[1] 猪飼道夫(1967), 日本人の体力, 心とからだのトレーニング, 日本経済新聞社.  
 [2] Jonathan Myers, Manish Prakash, Victor Froelicher, Dat Do, Sara Partington, J Edwin Atwood (2002) Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. The New England Journal of Medicine, 14;346(11):793-801.

[3] Robert Ross, Steven N Blair, Ross Arena, Timothy S Church, Jean-Pierre Després, Barry A Franklin, William L Haskell, Leonard A Kaminsky, Benjamin D Levine, Carl J Lavie, Jonathan Myers, Josef Niebauer, Robert Sallis, Susumu S Sawada, Xuemei Sui, Ulrik Wisløff (2016) Importance of Assessing Cardiorespiratory Fitness in Clinical Practice: A Case for Fitness as a Clinical Vital Sign: A Scientific Statement From the American Heart Association. Circulation, 134(24):e653-e699.  
 [4] Wilmar B. Schaufeli, Akihito Shimazu, Jari Hakanen, Marisa Salanova, Hans De Witte (2019) An ultra-short measure for work engagement, European Journal of Psychological Assessment, 35(4), 577-591.  
 [5] Monica Eriksson 1, Bengt Lindström (2005) Validity of Antonovsky's sense of coherence scale: a systematic review. Journal of Epidemiology and Community Health, 59(6):460-6.  
 [6] 井隼経子(2017).心のレジリエンスを測定する. Re 特集レジリエンス, 194, 48-51.  
 [7] Tomoaki Matsuo, Rina So, Masaya Takahashi (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. 20(1):22.  
 [8] Tomoaki Matsuo, Rina So, Masaya Takahashi (2020) Estimating cardiorespiratory fitness from heart rates both during and after stepping exercise: a validated simple and safe procedure for step tests at worksites. European Journal of Applied Physiology, 120(11), 2445–2454.  
 [9] 木下康仁(2003)グラウンデッド・セオリー・アプローチの実践, 弘文堂.  
 [10] Tomoaki Matsuo, Rina So, Kiyoji Tanaka, Chiaki Mukai (2021) High-intensity interval aerobic exercise training (HIAT) in occupational health. The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 10 (3): 144-149.  
 [11] Jim Loehr, Tony Schwartz (2003) The Power of Full Engagement, Free Press.

## 4. 基盤的研究成果概要

### a. 化学物質情報管理研究センター

#### (1) 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(有害性評価研究部), 柳場由絵(同), 大谷勝己(同), 鷹屋光俊(ばく露評価研究部), 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、 $\text{SiO}_2$ )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方法により検討し、確立を試みる。

##### (3) 方法

実験動物に  $\text{SiO}_2$  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。従来の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。気管投与方法は 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】

実験動物を用いたサブミクロンサイズのシリカ単回気管内投与により、適切なばく露条件の下で毒性の解析を行なう。投与後、光学顕微鏡により、肺の組織学的観察を行う。あわせて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 等)を測定し、障害の程度を調べる。次に解析可能なシリカ特異的に肺の障害となる候補群(TNF- $\alpha$ 、TGF、collagen 等)から、毒性評価に適切な因子を選抜し、免疫染色による組織観察、遺伝子発現、タンパク質発現等を調べる。新たなストック液で再現性のあるサブミクロンサイズの粒子が得られ、透過型電子顕微鏡による形態観察およびX線回折法による超音波処理後の結晶構造変化の有無についても、あらためて確認を行なう。

シリカ粒子の化学的キャラクタリゼーションに関しては、引き続き、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】

二種類の天然由来石英シリカ (Min-U-Sil 5 および SiO<sub>2</sub>(IV)) をサブミクロンサイズに調製する条件が決定できたのを踏まえ、継続して物性評価を行った。液状分散液中のシリカ光顕観察 (明視野、位相差、偏向) を行った。シリカは分散しており、多数の

多角形をした像が観察された。TEM および SEM 観察では、Min-U-Sil 5 および SiO<sub>2</sub>(IV) とともに、多様な形態 (多角形、針状、棒状等) ・表面構造を呈する像が観察された。今後は、蛍光 X 線分析による元素定量による純度評価および新たに導入される粉末 X 線回折装置 (XRD) により、結晶構造の解析を進め、物性のデータの追加を行なう予定である。以上の結果をもとに、吸入実験におけるエアロゾル粒子発生に向けて、再び同じ項目の測定を実施することにより、毒性影響をもたらす物性をとらえることに役立てる。

## (2) 産業化学物質の DNA 損傷性スクリーニングに関する研究: $\gamma$ -H2AX システムの高度化と応用

豊岡達士(有害性評価研究部), 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 ( $\gamma$ -H2AX システム) の基盤を開発した。一方で、 $\gamma$ -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  $\gamma$ -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  $\gamma$ -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  $\gamma$ -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  $\gamma$ -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、 $\gamma$ -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  $1 \mu\text{M}$ - $100\text{mM}$  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  $\gamma$ -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  $\gamma$ -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、 $\gamma$ -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】

##### $\gamma$ -H2AX システムによるテスト(限定)スクリーニングについて

R1年度に引き続き、芳香族アミン類、及びその構造類似物質に加え、ハロゲン化合物を中心にスクリーニングを実施する予定である。ただし、労働災害等で、優先性が高い化合物が出てきた場合は、それらにも柔軟に対応できるようにしたいと考えている。

##### 強 DNA 損傷性物質の損傷誘導メカニズムの解析

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。R2年度は、現在解析中である、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、結晶性シリカについて、解析を継続しつつ、新たに、スクリーニングにより見出された強 DNA 損傷性物質があれば、それらについても解析を実施する予定である。

#### 【研究成果】

##### (DNA 損傷誘導メカニズムの検討)

R2年度では、昨年度実施した  $\gamma$ -H2AX システムによる DNA 損傷性スクリーニングにより、DNA 損

傷性が強いと判断され、かつ労働衛生研究上重要な化学物質であると考えられる MOCA, 4-chloro-ortho-toluidine, 2-mercaptobenzothiazole について DNA 損傷誘導メカニズムの検討を実施した。MOCA については、これまでに DNA 付加体の生成が報告されているが、本研究により MOCA は細胞内で活性酸素種の生成を強く誘導することが明らかとなり、活性酸素種に DNA 損傷誘導の可能性も示唆された。また、4-chloro-ortho-toluidine, 2-mercaptobenzothiazole についても、化学物質の代謝の際に発生する活性酸素種による DNA 損傷誘導が確認されているが、各種抗酸化剤では、これら化学物質が誘導する  $\gamma$ -H2AX を完全に抑制することはできなかった。この結果は、4-chloro-ortho-toluidine, 2-mercaptobenzothiazole は細胞内活性酸素種量の増加による DNA 損傷誘導に加えて、一部 DNA 付加体形成が関与しているものと考えられた。これについては、今後、さらに追求していく予定である。

加えて、昨年度、 $\gamma$ -H2AX システムにより DNA 損傷性を有することが確認された結晶性シリカ (MIN-U-SIL) についても、その損傷誘導メカニズムを検討した。結晶性シリカの毒性メカニズムの一つとして活性酸素種の関与が仮説として提唱されているところであるが、In vitro 系である本研究の結果では、活性酸素種の関与は少ないことが示唆された。一方で、シリカ粒子表面の活性シラノール基が結晶性シリカの DNA 損傷誘導に重要であるであろう結果が得られた。これについても引き続き検討を進める。

##### ( $\gamma$ -H2AX システムによるスクリーニング)

R2年度には、o-Toluidine 等芳香族アミン類や MOCA 等と類似化学構造を有している産業化学物質を中心に約 30 種類程度 DNA 損傷性スクリーニングを実施した。この結果、Phenylenediamine 類 (o-, m-, p-)、2,2'-dimethylbenzidine, 3,3'-diaminobenzidine (o-tolidine), 3,3'-dichlorobenzidine, 4,4'-methylene-bis (2-methylaniline), 2,2'-methylene-bis (4-chlorophenol) 等が強い DNA 損傷性を誘導することが明らかとなった。今後、これらの中から、過去の知見や労働衛生研究上の意義を調査した上で、メカニズム解析をする価値がある物質を選定する。

また、現場で使用されていた結晶性シリカ 16 種類についても DNA 損傷性のスクリーニングを実施し、明らかに DNA 損傷性が強いと考えられる粒子の目星をつけた。

### (3) 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(有害性評価研究部), 小林健一(同),  
ガイージェモーセン(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究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目を果たすことから、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】

引き続き、Cd、DEHP の検体を測定し、詳細データをまとめて妊娠の影響を解析する。これらの結果を踏まえて、現在までに確立されたプロトコールに従い、被験物質として決定した塩化マンガン雌マウスに低濃度で投与し、妊娠へのどのような影響があるか、どのような時期に作用するか、蓄積性による妊娠への影響を調べる。最終的にリスクとなりうる共通標的・異なる標的を見出し、妊娠前、妊娠後胎児期における金属の低濃度ばく露が妊娠へおよびばく露の影響を総合的に解析する。

#### 【研究成果】

前年度は妊娠前、妊娠初期、妊娠中期、妊娠後期の4期に同一容量(0.2mg/kg)のCdを投与して比較したが、今年は先ず最も感受性が高いと疑われる妊娠前に着目し、Cdの投与量を変えて(0.2mg/kgより低濃度)投与して、妊娠への影響を調べた。その結果、妊娠前の投与では他の時期に比しても低濃度で妊娠率の低下が認められ、妊娠率の低下が認められなかった用量においても対照群に比して胎児重量の低下が認められた。妊娠前におけるCdのばく露が4期のうち最も強いことが確実となった。

### (4) 拡散捕集管の個人ばく露測定への応用に関する研究

萩原正義(ばく露評価研究部)

#### 【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)

化学物質のリスクアセスメントが義務化され、作業環境管理の徹底と改善が求められている。また、化学物質を取り扱う作業自体も多様化しており、常に一定濃度にばく露されるわけではなく、ごく短時間だ

けばく露する作業なども増えている。そのため、従来の定点の濃度測定ではなく、作業者のばく露濃度を直接測定する個人ばく露測定が注目されている。加熱脱着による測定法は、個人ばく露測定にも直ちに適用できる手法であり、この内、拡散捕集(パッシブサンプリング)による方法は、ポンプを必要としないため作業者への負担も少なく、長時間の試料採取にも

向く特徴を有する。また加熱脱着法は捕集した物質全量を GC/MS へ導入できるため、高感度分析も可能である。

#### (2) 目的

我々はこれまで、加熱脱着用捕集管を用いた有機溶剤ガスの拡散捕集について種々の検討を重ねてきた。その中で、本来一定のはずの捕集速度が捕集時間・捕集量の増大に伴って少しずつ減少する、という問題点が明らかとなった。長時間(例えば8時間)捕集に十分対応するためには、捕集管を改良し捕集速度を再設計するなどの対策が必要である。一方で、作業環境濃度は短時間のうちに高低様々に変化する。そうした状況にも対応可能であるか、実験によって検証する必要がある。本研究の目的は、これらの状態を明らかにし適切な測定法を提案することである。

#### (3) 方法

まず、長時間捕集に対応させるため、捕集管の導入経路を細くするなど形状の見直しを行い、捕集管の捕集速度を調整する。また、一般的に既知濃度の溶液や蒸気・ガスを用いた添加回収実験でしか捕集剤の評価はされていない。我々もこれまでは、有機溶剤濃度は一定な条件の下でしか実験を行ってこなかった。本研究では、タイムプログラム可能なガス混合装置を用いて、生成したガス中の有機溶剤濃度を典型的なパターンで時間変化させ、それを拡散捕集させる。特に高濃度から低濃度あるいは清浄空気へと変化した場合にばく露量を正しく評価できるか検証する。

#### (4) 研究の特色・独創性

有機溶剤濃度が変化する場合の拡散捕集につい

ては詳しく検討されていない。より現場に近い条件での知見を得ることによって、個人ばく露の精度を向上させる。

#### 【研究計画】

##### (1) 令和2年度

まず、作業環境を模した実験において濃度変化の影響を正確に評価するため、安定した濃度で有機溶剤ガスが発生・混合・調製出来ているか、捕集管のばく露チャンバー内の濃度変動を把握する。

次に、捕集管の導入経路を細くするなどの工夫を加える。これにより捕集速度を遅くすることができ、長時間捕集に対応させる。

#### 【研究成果】

加熱脱着用の捕集管をパッシブサンプラーとしての使用可能性を評価するシステムとして、複数成分の有機溶剤蒸気をそれぞれの成分濃度の時間変化をプログラム可能な蒸気発生システムの装置については完成に近づき、正確に評価するための精度の確認を行っている。

しかし、4～6月は新型コロナウイルスの流行、9月からは大阪労働局大阪南労働基準監督署から依頼された労働安全衛生法違反被疑事件に関する試料中の有機溶剤含有率の鑑定分析と、化学物質対策課から依頼された富山労働局管内で発生した道路橋再塗装工事における有機溶剤(ベンジルアルコール)中毒が疑われる労働災害の調査と予備実験に専念したため、本研究のための実験がほとんど出来なかった。

年度内の残された時間で、パッシブサンプラーとしての使用可能性を正確に評価するためのシステム精度を高める予定である。

## b. 安全研究領域

### (1) 高温腐食環境下における非石綿ガスケットの密封特性評価

山口篤志(機械システム安全研究 G), 本田尚(同), 山際謙太(同)

#### 【研究概要】

##### (1) 背景

フランジ締結体に使用されるガスケットの非石綿化が進められてから約9年経過し、多種多様な非石綿ガスケットが開発され、使用されてきている。非石綿化の当初は、繊維とゴムを主成分とした安価なガスケットが使用されていた。しかし、この安価ガスケットは、長期間使用するとフランジに固着し、交換が困難となるばかりでなく、交換時にフランジを傷つけ、フランジまでを交換することになるなど、経済的な問題が発生している。このため、近年、交換が容易な PTFE (PolyTetraFluoroEthylene: 4 フッ化エチレン樹脂)を使用した樹脂系ガスケットが使用されるようになってきた。

しかし、PTFE ガスケットは、これまでの安価な非石綿ガスケットと比べて、経年による変形(クリープ変形)が大きく、内部流体が漏洩するという事例が多い。一方で、漏洩を防ぐために、増締めを行う必要があるが、それを行う時期が明確になっておらず、PTFE ガスケットを使用した締結体の維持管理方法の開発が求められている。

##### (2) 目的

PTFE ガスケットを使用する締結体からの漏洩は、PTFE ガスケットのクリープ変形に起因している。PTFE ガスケットをはじめとした非石綿ガスケットのクリープ変形の予測し、ガスケットの適切な交換時期を決定する方法を提案する。

##### (3) 方法

- ・微小硬さ試験機による PTFE の物性値の測定
- ・粘弾塑性モデルの検討

##### ・クリープ試験の実施

##### (4) 研究の特色・独創性

ガスケットのクリープ挙動を予測する研究はいくつかあるが、クリープ挙動を予測できる粘弾塑性モデルの開発および粘弾塑性構成式を示した研究はない。

#### 【研究計画】

・中断期間における技術開発の向上等の影響(新製品の開発等)について調査、および中断期間中の文献調査

・PTFE およびその他シートガスケットのクリープ試験の実施

・粘弾塑性構成式・ガスケット交換時期の検討

#### 【研究成果】

常温のクリープ試験および高温のクリープ試験を実施し、1週間以上のクリープ挙動を取得した。試験温度によらず、クリープ挙動の収束が見られないことから、粘弾性モデルはひずみが収束しないモデルを検討した。粘弾性モデルは縦弾性係数、短期クリープ、および長期クリープの要素を有するものとした。

短時間の試験で、長期のクリープ挙動を予測する手法を検討するために、時間-温度換算則の適用を行い、マスターカーブを作成した。マスターカーブからのクリープ挙動の推定は可能と考えられるが、面積が増大したことによる応力の低下を考慮する必要がある。

また、高温時のマスターカーブを作成するためには、基準温度よりも高い温度の試験の実施が必要である。

### (2) 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(東京都立大学)

#### 【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.43-2-3)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



れは始めている。

## (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

まず、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において、同システムの機能面の開発・実験と安全面の検討・検証との2つの側面の開発行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】

昨年に引き続き、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。

昨年度は、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、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てきた。今年度は、WRS 競技会における共存の内容や形態が定まり、そのための安全ルールや安全面の機能要件が実装されることとなったため、それらの実用性や有効性について競技会を通じて確認する。

安全規格等の出力(成果)の形態を定めるように関係団体との情報共有も引き続き行う。

### 【研究成果】

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した。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した。

作業者との協調・協働作業に関する想定を検討し、狭小環境特有の共存機能を具体化した。今年度開催予定であった WRS2020 競技会で共存機能の特徴を踏まえて安全課題を確認する計画であったが、2021 年度に開催が延長されることとなった。そのため、安全課題とその対策についての実験的検証に関しては実施困難となった。そこで、総合的安全方策の有効性、妥当性確認は、新たな研究課題として今後の基盤研究等で取り組むこととした。

これまでに実施した WRS 競技会で設定した共存環境(社会導入形態)を参考として、狭小環境特有の共存機能に対する、使用者の安全手引書(ガイドライン)を検討した。産業ロボットと無人搬送車の安全規格を適用した場合の課題を技術面と運用面から明らかにし、次世代昇降搬送機械における特有の配慮事項を導入・設置と運用・管理にて整理した。新規の共存機能を備えた、次世代将校搬送機器は、産業用ロボットないし無人搬送車の安全規格の枠組みで運用可能と判断されたが、一方で、安全管理面には問題があると判断された。実運用時に生じると予想される安全課題については、使用者側の対応(保護方策)では適切に対処することは困難であると判断される。最新の産業用ロボットの安全規格による安全設計を持ってしても、新規共存機能に由来するリスクは十分に技術的に低減できず、残留リスクを安全運用だけで管理するのは現実的ではない。技術的安全方策の実験的検証が今後必要である。

産業用ロボットと無人搬送車の安全規格を外れた運用形態となる、マニピュレータと搬送車の同時

稼働の需要について、WRS 参画メーカーと非公式ではあるが意見交換を行い、同時稼働の必要性について調査した。聞き取り調査では、現状の技術水準では同時稼働を実装するのは困難であり、現時点で同時稼働の具体的なニーズは挙げられなかった。一方で、同時稼働が安全確保の手段として期

待できる一面があることが分かった。この同時稼働については、サービスロボットの新規 JIS 規格で検討されることとなったため、JIS 策定委員会に参画し情報共有して委員会で検討されるようにした。委員会の動向を見て、今後の対応を吟味する必要がある。

### (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 日以上での死傷災害では値が 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止め無しで発注されることが多い。一方、小規模な溝工事では死亡災害もさることながら負傷災害が近年多く発生しており、その安全対策は重要な課題と考えられる。

##### (2) 目的

本研究の目的は、小規模な溝工事において容易に使用できる新たな防護機材を開発することである。一般的に崩壊防止では「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。

本研究ではこれに代わる防護機材を検討するものである。この検討では従来前提となっていた「崩壊防止」を作業者の「被災防止」に発想を転換して新たな要求性能を検討することとしている。具体的には、生存空間を確保されれば「ある程度」の変位は許容する考え方であり土砂から作業者を防護する機材を開発するものである。

##### (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実際に崩壊土砂を作用させてその作用荷重や変形を検証しつつ構造を最適化する。崩壊土砂から機材に作用する土圧(設計外力)については小規模の溝工事の特徴を考慮するものとし、発生土圧レベルを検証したうえで、それに基づいた必要性能を検討する。

開発中の機材はフレームがアルミの中空構造であり、受圧部にはシート材が使用されている。従来の鋼製土止め支保工に比べておよそ 1/100 と大幅

な軽量化が実現されている。また、土圧によってシートに発生する張力の分力を土壁に対する保持力に転用する技術は切り梁無しで土圧に抵抗させる新たなものであり 2018 年に特許査定(特許第 6431239 号)された。本技術の実証では国内企業や国内外の研究機関と連携しつつ研究を進めている。

##### (4) 研究の特色・独創性

本研究の特色と独創性は、規制等の空白とも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、人的被災防止の観点から有効な防護機材を開発することである。生存空間の確保を第一の目的に保護具的な視点で崩土を受け止める機材を開発する。他にはない独創性を有する。

#### 【研究計画】

##### 1 土砂ガードの最終モデルの製作とその性能評価

- ・課題を整理して解決方法を検討
  - 受圧後に残置可能な空間の検証
- ・試作したガードモデルを用いた実験的検証
- ・衝撃試験による最大荷重作用時の損傷確認
- ・実現場における実用化テスト
  - 耐久性に加えて作業性などの確認

##### 2 総合的な検討とまとめ

- ・土砂ガード技術の研究成果をとりまとめ
- ・適用条件、必要強度や使用方法を整理
- ・本技術の応用やさらなる発展の検討

#### 【研究成果】

- ・前年度の実験結果に基づいて土砂ガードの各部材に働く荷重等の上限値を解析し安全の余裕を見込む形で材質と断面を決定し最終モデルを製作した。このモデルは重量が約 20kg と軽量であり掘削溝でのハンドリングもよく小規模工事で使用しやすいものとなった。
- ・最終モデルを用いて実大模型実験をおこなった。本実験では関東ロームを高さ 2.5m で盛土して自重で締め固めた後に、表層 1m を取り除くことで深さ 1.5m の過圧密な模型地盤を作製した。さらに模型地盤の端部を垂直に掘削して模擬溝を作製し、

その溝部分に土砂ガードモデルを設置して崩壊実験をおこなった。深さ 1.5m での締固め圧力から換算してもとめた土のせん断強さは  $5\text{kN/m}^2$  であり推定限界高さは 2.0m であり、安定度比(高さの比)が約 1.3 の条件で実大実験はおこなった。

- ・崩壊は溝背面側に均等となるよう盛土して上載荷重を増加させ溝を不安定化させた。盛土にはバケツ容量  $0.5\text{m}^3$  のドラグ・ショベルを用い、バケツ 2 杯を 1 段階分の盛土とした。崩壊は共通して第 20 盛土の前後で再現され、すなわち上載荷重の換算値は約 20 トンであった。
- ・崩壊は溝の壁から奥行き 0.5m 程度で薄く剥落するように再現された。溝長手方向に土砂ガードを設置した部分と無しの部分を設け、この設置による労働災害の防止の効果を観察した。その結果、土砂ガードは崩土を衝突してもその斜材の交差角度はほぼ一定を保つことが確かめられた。これは受圧したシートは撓むことによって張力が斜材の軸力成分とせん断力成分に分解され、これが半自動的にバランスするためと見られる。
- ・画像解析から求めた最小溝幅は約 0.56m であった。(独)産業技術総合研究所の AIST/HQL 人体寸法・形状データベースでは背肩幅約 0.44m とされ、少なくともこれを上回る空間が残存することを確認した。受圧シートに作用した張力  $T$  を計測したとこと、今年度は総じて  $1.5\text{kN/m}$  以下であった。一方、シート材の強度は  $49\text{kN/m}$  であることから安全率  $F_s$  は 32 以上である。これまでに起こった実大実験と遠心模型実験の結果を総合しても  $T_{\max}$  は  $2\text{kN/m}$  以下であり  $F_s$  は少なくとも 24 以上とな

ることがわかった。

- ・斜材に作用する曲げモーメントは理論上ゼロとなるが実際には土砂の衝突やその反動並びに境界での摩擦の影響によって生じることがわかった。ただし、その値自体は大きなものでなく今年度の結果では  $0.3\text{kN}\cdot\text{m}$  程度であり、全実験結果を総合しても  $1.1\text{kN}\cdot\text{m}$  以下であった。斜材に生じる曲げモーメントは端部でゼロ、交差点で最大値となる。溝の肩部を支持する上側斜材で曲げモーメントは下側よりも大きくなった理由は、崩土は水平移動による土圧に加えて落下による鉛直荷重が作用したためと見られ、シートと土の摩擦によって生じた下向きの荷重が上側の梁には生じるために下側よりも曲げモーメントは大きくなるためである。実験的な上限値に基づいて計算した安全率は少なくとも 2.1 以上となることがわかった。

以上より、本研究では目標とした性能を有する機材「土砂ガード」を提案することができた。これを可能とした理由の一つは要求性能を「土の崩壊防止から人の被災防止」に改めたことであり、従来の土止め支保工とは異なる機材を開発したためである。崩土圧力の実測による機材の必要強度を求めた上で、これを満足する機材を製作しその抑止効果を確かめた。

本研究では従来切梁の圧縮力で土圧に抵抗させてきた抵抗機序をシートの引張力に変えたことで軽量かつ簡易な機材とすることができた。今後はこの考えを土止め支保工に応用可能か本技術の普及と同時に性能的な高度化を行いたいと考えている。

#### (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、建設業全体を対象に、その減少した要因を総合的に分析した研究は見受けられない。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求められている。

###### (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・転落等計 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、様々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、建対室、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】

#### 1. 労働災害データ詳細分析

以下について、労働災害データの詳細分析を行う。

重機はさまれ・巻き込まれ(ドラグショベル、タイヤローラー、トラック)／重機転倒(ドラグショベル、タイヤローラー、トラック、動力式草刈機)／クレーン作業災害(ラフター、積載型、ドラグショベル)／つり足場からの墜落／土砂崩壊(溝掘削、切土)／立木災害(伐木飛来落下、チェーンソー)／もらい事故(交通事故)／法面・斜面からの墜落／コンクリート打設作業時の災害／コンクリート2次製品の倒壊災害／熱中症／CO中毒／硫化水素中毒／転倒災害／足場からの墜落(組立・解体、足場上作業)／屋根からの墜落(スレート、明り取り部)／屋上からの墜落／トラック荷台からの墜落／はしごからの墜落／脚立からの墜落／ローリングタワーからの墜落／鉄

骨梁からの墜落／開口部からの墜落／解体作業中の墜落／解体物の倒壊／解体作業中の重機関連災害／感電災害／電動丸ノコ／有機溶剤中毒／火災

#### 2. アンケート結果の分析

昨年度実施したアンケート調査結果の分析を行う。

#### 3. ヒアリング調査の実施

文献調査結果、アンケート調査分析結果を基に、重機メーカー、建設産業団体、建設会社等にヒアリング調査を行う。

#### 4. 減少要因の総合的分析

調査結果を基に、建設業における労働災害の減少要因の分析を行う。

### 【研究成果】

#### 1. 研究成果

研究成果を以下に示す。

- ①墜落災害(足場／屋根(踏み抜き))減少要因の特徴
- ②墜落災害2(トラック荷台／はしご／脚立)減少要因の特徴
- ③土砂崩壊災害(小規模溝掘削工事／切土工事)減少要因の特徴
- ④建設機械(ドラグショベル／トラック)はさまれ・巻き込まれ災害減少要因の特徴
- ⑤建設機械(ドラグショベル／トラック)転倒災害減少要因の特徴
- ⑥クレーン(ラフタークレーン、積載型移動式クレーン、ドラグショベル)関連災害減少要因の特徴
- ⑦感電災害減少要因の特徴
- ⑧その他の建築工事の労働災害が減少しない要因

#### 2. 今後の課題

分析結果を基に、今後、建設業における労働災害のさらなる減少のための課題を以下に示す。

- ・浅い溝掘削(土止め支保工なし)の土砂崩壊対策
- ・地山の点検の正確性
- ・ドラグショベルやトラック等の死角をなくす
- ・積載型移動式クレーンのリミッター普及促進
- ・はしごや脚立を使用せざるを得ない作業の墜落災害防止対策
- ・より効果的な作業者安全教育
- ・専門工事業者の安全管理水準向上

## (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

表層をセメント改良した模型地盤を作製し、支持力実験を行う。セメントの添加量は、一般的に現場で採用されている配合(100kg/m<sup>3</sup>等)とする。改良厚を変えて実験を行い、荷重分散効果を定量的に評価する。

#### (2) 碎石敷設地盤の支持力特性に関する研究

前年度に引き続き、碎石を敷設した場合の荷重の影響範囲を実験的に明らかにする。R02 年度は、遠心模型実験を実施する。

### 【研究成果】

大型建設機械の転倒防止措置として、地表面に碎石を敷設する場合がある。碎石を敷設した場合、荷重分散法(ポストンコード法)により機械設置時の安定性を検討している。その際、荷重の分散角 $\alpha$ は30度や45度が一般的に採用されており、この値は機械設置時の安全性を大きく左右する重要なパラメータである。本研究では、碎石の荷重分散の効果を比較するため、軟弱地盤を模擬した地盤と強度の高い地盤も模擬した模型地盤を作製して、遠心力場において支持力実験を行なった。

模型地盤は締め固め圧 20kPa および 100kPa で作製し、その上に碎石層を模擬した硅砂 3 号を相対密度  $Dr=90\%$ 程度となるよう敷設した。碎石層の厚さは載荷盤直径(=40mm)およびその 1/2(=20mm)とし、遠心模型加速度 20g の高重力場で載荷実験を行なった。

荷重と変位が直線的な関係を示す最大の荷重を弾性限界荷重  $F_{EL}$  と定義して、関東ローム地盤と碎石を敷設した地盤の  $F_{EL}$  の比を比較した結果、締め固め圧の違いによらず、弾性限界荷重比はほぼ一定の値であることが確認された。また、その値は碎石層の厚さ  $H=20\text{mm}$  で約 1.7 であり、 $H=40\text{mm}$  で約 2.25 であった。

弾性限界荷重比の関係から推定される荷重分散角  $\alpha$  を求めた結果、 $H=20\text{mm}$  では  $\alpha=16.9$  度であり、 $H=40\text{mm}$  では  $\alpha=14.0$  度であった。いずれの値も現行の安定性の検討で使用されている30度ないし45度に比べ著しく小さいものであった。したがって、現在の設計標準を適用すると機械の接地圧を過小評価するケースのあることが明らかとなり安全上問題のあることがわかった。

## (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。本研究では、死亡災害事例のあった不連続性岩盤斜面を対象とし、流れ盤構造を有する斜面の安全性について検討する。

#### (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、事故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手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】

人工軟岩を再現する具体的な方法として、石灰石粉末や水の配合比率の変更や、トチクレーの混入などが考えられる。これらは一面せん断試験によって強度試験を実施し、実験条件に満足するか検討する。

流れ盤を再現する方法として、層理面で人工軟岩材料を打ち直す方法があげられる。一度、斜面を形成した土槽にワセリンを塗り、再度その上から人工軟岩材料を打ち直す。これは 1969 年に赤井らが軟岩の不連続面を再現する際に用いていた手法である。1 つ目の斜面形成の形によって自由な形状に層理面を形成でき、テフロンのように斜面内に残置するものがないので、掘削に適している。

### 【研究成果】

#### 1. 遠心模型実験

人工軟岩材料は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たものを昨年度に引き続き作製した。人工軟岩材料の一軸圧縮強度は 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。

岩盤不連続面は、基盤層と表層を別々に打設することで再現した。表層と基盤層の境界には、表層打設前に層境界を明確にするために朱液を塗り、またセメント材の水分が基盤層へ染み込みづらくするためにワセリンを薄く塗布した。本模型を用いて遠心加速度を徐々に上昇させたところ 28.9 G で崩壊した。これはプロトタイプスケールで斜面高さ 8.13 m に相当する。

#### 2. 地盤強度の検証(一面せん断試験)

遠心力模型実験に用いた人工軟岩の物性を調べるため、岩盤不連続面の一面せん断試験を実施した。岩盤不連続面の一面せん断試験は、遠心模型の作製方法に合わせて供試体を作製した。一面せん断試験から得られた垂直応力とせん断強度の関係から、モール・クーロン則に従って地盤強度を求めると、粘着力  $c = 30.3 \text{ kPa}$ 、内部摩擦角  $\phi = 41.0^\circ$  となった。

#### 3. 極限平行法による斜面安定解析

不連続性岩盤斜面の掘削工事時の設計基準について、以下のような検討手法がある。

- 1) 地すべりの安定計算方法である逆算法を援用する。 $c$ 、 $\phi$ を逆算し、安全率を求める手法。
- 2) 不連続面勾配と法面勾配の関係図から  $c$ 、 $\phi$ を逆算し、安全率を求める。
- 3) ボーリング等によって不連続境界の試料をサンプリングし、土質試験によって地盤強度を求め、安定計算する。

4)現場で岩盤一面せん断試験や三軸圧縮試験を実施して地盤強度を求め、安定解析をする。

本年度は比較的、力学的根拠の高い3)の手法を用いて、斜面安定解析を実施し、遠心模型実験の結果を正しく評価できるか検証した。

表層と基盤層の不連続面における平面ひずみ状態を仮定し、滑動力と抵抗力から安全率を求める。滑動力は自重によるものとし、抵抗力はせん断強度と不連続面の面積の積から算出した。不連続性岩盤の破壊基準については、室内試験による強度定数から種々の検討がなされているが、その結果を用いた斜面安定性までを検討した事例は少ない。本稿では古典的な4手法であるPattonの式、Jaegerの式、Ladanyi and Archambaultの式、Barton and Choubeyの式およびモール・クローンの式を適用し、

それぞれの結果を比較した。また、全ての手法においてモール・クローン則の内部摩擦角 $\phi$ をすべり面上の摩擦角 $\phi_{\mu}$ や残留摩擦角 $\phi_r$ とし、 $\phi=41.0^{\circ}$ とした。

一般に使用されているモール・クローンの破壊基準が低拘束圧下でせん断強度を過大評価し、危険側の計算となることがわかった。また、これらの式から求めたせん断強度から安全率を計算すると、Bartonの式(JRC=2)を除いた結果がせん断強度を過大評価し、危険側の判定となった。なお、Bartonの式においてJRC=2.7とすると28.9Gで崩壊する計算結果となり、遠心模型実験の結果を再現した計算となる。Bartonの式が最も精度良く評価できるが、各種パラメータの決定方法について、検証が必要である。

## (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】

- ・静電気着火リスク分析手法の確立
- ・種々のリスクアセスメントの運用結果を例示として集録(ガイド付録)
- ・静電気放電着火の速度論的解析手法の確立
- ・静電気帯電・緩和・放電の理論の修正と統一的理論の確立
- ・静電気ハザード同定に用いる測定法の理論構築

#### 【研究成果】

○ISO/IEC Guide 51 の流れに沿った科学的・系統的・網羅的な静電気リスク分析手法

○静電気着火のフロー(シナリオ)に基づいた方法

○目標

- 1) 現実的であること(安全管理者誰もが実施できる)。
- 2) 科学的根拠があること。
- 3) 事故に学ぶこと。
- 4) ハザードを抜けがなかつた確に同定できること。
- 5) ハザードに発生可能性(確率)を考慮して評価できること。
- 6) 意思決定できるリスクを求めること。
- 7) 静電気対策の不備を確認できること。
- 8) 必要な静電気対策を的確に実施できること

○静電気着火ハザード同定手法

・4項目のハザード同定

1)可燃性雰囲気形成ハザード、2)帯電ハザード、3)静電誘導ハザード、4)静電気放電ハザード

・30のチェック項目とその調査手順によるハザード同定

・可燃性雰囲気形成、帯電、静電誘導、静電気放電ハザードレベル(マトリックス法)の提唱  
→これによるハザードの数値化(優先順位の設定)

○静電気着火リスク評価

・可燃性雰囲気形成、帯電、静電誘導、静電気放電ハザードレベルハザードレベルの積と  
・危害のひどさの組合せ

○ガイド「静電気リスクアセスメント」

・研究成果に基づいた改訂

・ブラシ放電同定手法

・沿面放電ハザード同定手法

・液体充てん速度

・ハザード同定に必要な測定法

・最新情報も含めた包括的なリスク低減策(静電気対策)の提供

○リスクアセスメントシートの提供

開発手法に沿ったハザード同定、リスク見積・評価およびリスク低減策(静電気対策)を実施するためのチェックシート

○手法の運用(研究協力者の支援)

液体への粉体投入、攪拌容器から製品の輸送とドラム充てん、ウェットケーキの掻出、遠心分離器による固液分離、トルエン小分け作業、水素ガードルの切替作業、接着剤生産作業、金属製小容器清掃作業、反応容器上部からのサンプリング、ドレインバルブからの液体のサンプリング、タンクローリー荷下ろし作業、ケミカルドラム充てん、粉体の小型タンク充てん、粉体のマニュアル充てん、FIBC充てん、FIBCからの粉体排出、絶縁性ガラスライニング反応槽での攪拌、原油タンクの清掃作業、フィルタ内のウェットケーキ掻き出しと廃棄、タンク洗浄および断熱材製造の押出工程

○その他

- ・液体充てんのリスク評価と充てん速度の計算手法の提供 労働安全衛生研究
- ・火花放電の速度論的着火性解析手法の開発(実用段階ではない)J. Phys. Conf. Ser.
- ・表面抵抗測定規格による違いのモデリング
- ・インターネット公開(4.5千件ダウンロード)



## (8) 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 G)

### 【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典型的な事例を分類(パターン化)した上、各パターン(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、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、そのパターンに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】

H31 年度の研究結果を踏まえ、パターン判断を用いた情報抽出方法をより普遍的に利用できるように、下記問題の解決が必要になる。

1) 如何に「起因物=フォークリフト」×「事故の型=激突され」以外の条件を設定し適用するか？

2) 条件設定の変化に伴い、パターン化で抽出する情報は如何に一般化にするか。例えば作業の種類、不安全な状態や不安全な行動、加害物などの抽出ができるか。

上記1)と2)のような状況に伴い、抽出する情報の種類(パターン数)の増加、学習事例の増加、適切な学習方法の選定の難しさが予想される。そこで、提案する手法の一般化について検討するため、一年間、延長申請する。具体的には、全事故の型と全起因物の事例を対象とし、それぞれの情報を次の2種類に分けて抽出することを検討する：

【属性特徴情報】事故の型及び起因物や、被災者年齢、事業場規模など災害事例の属性と関係性のある特徴的な情報

【個別情報】災害事例の属性と関係性が低い、其々個別な災害事例に関係する特有な情報

また、実施項目として、上半期に①と②、下半期に③と④を其々実施する。

①【データの準備】「職場のあんぜんサイト」に掲載されているデータより、3~5年分の災害事例データについて前処理を行った後、テキスト分析を行い、出現する単語を分析する。

②【属性特徴情報の抽出】教師なしの分類手法を用いて、属性特徴情報を抽出するためのプログラムを開発し、各事例の属性特徴に対応する情報を抽出する。

③【個別情報の抽出】深層学習手法を用いて、個別情報を抽出するためのプログラムを開発し、各災害事例に特有の個別情報の抽出を行う。

④【結果の公表】抽出した情報を如何に労働災害の分析・予測及び労働災害の低減に利用するか、その手法や方向性をまとめ、適宜公表する。

### 【研究成果】

①事前に分析対象を設定している場合において、保健衛生業の腰痛関連災害を例として、テキスト部分から重要情報を自動抽出する方法を提案した。また、これら情報と既存属性情報(例えば年齢や発生時間)を統合利用した災害要因分析手法を示した。従来手法と比べると、災害要因の分析を効率的かつ網羅的に行うことができ、具体的な労働災害防止対策の検討に役立つ。

②事前に分析対象を設定していない場合において、一般的な災害事例や全事例を対象として、既存属性情報と関連する用語(「属性特徴語」と呼ぶ)の抽出方法を検討した。抽出した情報を用いた災害分析に

ついて、手法をまとめた論文を投稿する予定。

#### (9) 漏洩磁束法によるワイヤロープの非破壊損傷検査の高度化

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

##### 【研究概要】

###### (1) 背景

クレーンに使用されている巻上げ用ワイヤロープが破断して、つり荷が落下することによる労働災害が引き続き発生している。このような災害の防止には、ワイヤロープの損傷を非破壊的に検出する手法が必要であるが、現状実用化されている漏洩磁束法では原理上ワイヤロープ内部の損傷検出は困難であるとされている。

###### (2) 目的

漏洩磁束法によって、ワイヤロープの損傷が定量的に評価可能かどうか、またワイヤロープ内部の損傷検出が可能かどうかを検討する。

###### (3) 方法

ワイヤロープの素線に人工的に傷をつけた損傷模擬試験体を作成し、それに漏洩磁束法を適用することにより、損傷の定量的評価、ロープ内部の損傷評価の可能性について検討する。

###### (4) 研究の特色・独創性

漏洩磁束法によってワイヤロープ表面の損傷が定量的に評価可能であることは示されているが、定量性

や内部損傷評価への適用性についてはこれまで明らかにされていない。

##### 【研究計画】

- ・ワイヤロープ素線に人工的な傷を付与した模擬損傷試験体の作成。
- ・模擬損傷試験体に漏洩磁束法を適用。
- ・実験結果の評価。

##### 【研究成果】

本研究は次年度 R03 年度開始のプロ研「吊り上げ用具類の寿命予測手法の開発」の予備的研究であり、次の成果を得た。

###### 1. ノイズ処理による検出性の向上

Wavelet 変換によるフィルタリングによって、ノイズ低減ができることを確認した。

###### 2. 疲労損傷ロープの信号測定

S 字曲げ疲労試験により、疲労損傷ロープを作成後、ワイヤロープテストによる信号計測を実施し、素線断線数でロープテスト信号出力に明確な変化が現れることを確認した。今後、1. のノイズ処理を適用し、断線状態との関係性を評価する。

#### (10) 鋳鉄破断面の性状分類におけるディープラーニングの活用

山際謙太(機械システム安全研究 G)

##### 【研究概要】

###### (1) 背景

破断面の分類において、破断の原因が繰り返し荷重によるものか、もしくは過荷重によるものかの判別は重要な要素である。ただ、炭素量が高い鋳鉄においては、破断面の様相が繰り返し荷重により生じた破断面と過荷重により生じたそれとが類似していることから、判別が困難である。

一方でディープラーニングまたはそれにより作成される AI を活用した破断面の分類については、実機のような判別が困難な破断面であっても性状の分類は精度が 99.3%という結果が出ている。また、ディープラーニングでは、人間が学習できる破断面の枚数をはるかに超える枚数を学習できることから、鋳鉄等の判別が困難な破断面であっても判別できる可能性がある。

###### (2) 目的

鋳鉄等の判別が困難である破断面においても、繰り返し荷重または過荷重による破断を判別するための AI の開発を試みる

###### (3) 方法

- 1) 疲労試験を行い、ディープラーニングに必要な破断面を得る
- 2) 電子顕微鏡を使った観察により画像を作成する
- 3) これまで作成してきたニューラルネットワークに適用し、推論用モデルファイルを作成する
- 4) 推論用モデルファイルの評価(精度・誤差・F 値など)を行う

###### (4) 研究の特色・独創性

破断面における機械学習はこれまで多くの研究がなされてきたが、鋳鉄に適用した例はない。また、これまでの破断面への機械学習の適用は、人間でも判別可能な破断面への機械学習の適用であったが、本研究は人間による判別が困難である破断面の事

例であるところが特色である。

#### 【研究計画】

- 1) 疲労試験を行い、ディープラーニングに必要な破断面を得る
- 2) 電子顕微鏡を使った観察により画像を作成する
- 3) これまで作成してきたニューラルネットワークに適用し、推論用モデルファイルを作成する
- 4) 推論用モデルファイルの評価(精度・誤差・F 値など)を行う

#### 【研究成果】

- 1) 破断面分類を行うためのニューラルネットワークについて、これまでは教師あり学習を行っていた

が、教師なし学習と教師あり学習の混在型のニューラルネットワークへと変更した。

- 2) ハイパーパラメータは、解析者が経験的に決定しているパラメータであり、ニューラルネットワークの性能を向上させるためには、この探索が重要になる。本研究では、これにベイズ推定の理論を導入し、探索の自動化を行なった。
- 3) その結果、正答率はこれまで通り 90%超であり、誤差については、従来は 1.5 程度であることが多かったが、0.4 程度まで減少させることができた。
- 4) 破断面の領域を画素単位で分割するニューラルネットワーク(SegNet)についても、試計算を実施した。

### (11) シールドセグメントの崩壊災害等の防止に関する研究

吉川直孝(建設安全研究 G), 平岡伸隆(同), 伊藤和也(東京都市大学)

#### 【研究概要】

##### (1) 背景

海底地盤下のシールド工法を用いた建設工事において、シールドセグメントが崩壊し、坑内が水没した災害等、社会的なインパクトの大きい重大災害が発生している。同災害では、コスト削減のため、同セグメントの厚さを標準的な厚さよりも薄くし、またセグメント間の継ぎ手も簡略化したものであった。そのため、施工時にセグメントに加わる土水圧、シールドマシンの競りによる圧力、ジャッキによる圧力等により、Key となるセグメントが抜け出し、セグメントリングが崩壊し、坑内に海底地盤が流入し作業員 5 名が死亡する災害であった。

そこで、本研究では、シールド工法において支保として多く使用される鉄筋コンクリートセグメントの耐力等を適切に把握するため、セグメント模型を作製し、様々な圧力条件下でのセグメントの応力ひずみ挙動を計測し、また個別要素法と呼ばれる数値解析手法により、その挙動を予測する。これにより、適切なセグメントの寸法、セグメント間の継ぎ手の有無等が検討できると考えている。

##### (2) 目的

シールドセグメントでは、セグメントの適切な寸法、継手等を明らかにする。

##### (3) 方法

セグメント模型実験については、セグメントの厚さ、弧長等をパラメータとして、種々のセグメント模型を作製する。これらの各セグメントに対し、等方的な圧力、偏圧、施工時荷重としてジャッキ圧等を作用させ、個々のセグメントの曲げモーメント(M)と軸力(N)の挙動を評価する。検討結果から、厚さ、弧長について、

セグメントの適切な寸法等を提示する。また、それら実験を個別要素法によりシミュレートする。

##### (4) 研究の特色・独創性

鉄筋コンクリートセグメントの縮尺模型を作製し、種々の圧力下での個々のセグメントに作用する曲げモーメント(M)と軸力(N)を評価している研究は、研究代表者が調べた限りでは皆無である。また、それらを個別要素法によりシミュレートした研究もない。

#### 【研究計画】

##### (1) セグメント模型実験

セグメント模型実験により、セグメントの厚さの影響を検討する。

##### (2) 個別要素法によるシミュレーション

載荷除荷試験装置のジャッキの反力係数を適切に設定し、セグメントの曲げモーメント(M)と軸力(N)の挙動を実験結果と比較検討する。

#### 【研究成果】

##### (1) セグメント模型実験

セグメント模型実験により、セグメントに加わる曲げモーメント(M)と軸力(N)の関係を算出し、コンクリートの破壊包絡線と比較した。セグメント模型には、6 つのセグメントに分割された分割型と、セグメントに分割せずリング状になった一体型の両者を作製した。分割型と一体型に対してそれぞれ載荷除荷試験を実施し M-N 関係を計測したところ、両者の関係はほとんど類似したものとなることが明らかとなった。

##### (2) 個別要素法によるシミュレーション

個別要素法により、分割型のセグメントに対する載荷除荷試験をシミュレートした。応力とひずみ関係を実験結果と比較したところ、ひずみの増減の傾

向は実験結果と非常に類似しているが、圧力を実験結果の2倍ほど必要とした。今後、シミュレーショ

ンのパラメータの設定方法等、見直していく必要がある。

## (12) トラック荷台等からの転落防止に求められる昇降設備の検討

大西明宏(リスク管理研究 G), 高野倉雅人(神奈川大学)

### 【研究概要】

#### (1) 背景

陸上貨物運送事業において労働災害が減少していない実情を踏まえ実施してきた行政要請研究「陸上貨物運送事業における労働災害の背後要因及び発生要因の分析と新たな労働災害防止対策の検討(平成29~30年度)」において、荷役作業時の災害の特徴として、トラック荷台からの転落等が全体の2割以上で最も多く、とりわけ荷台昇降によるものが3割から4割を占めることが分かった。この原因として考えられるのが、トラック荷台へのアクセスとして必要な昇降設備が不適切であるため、作業者が適切に移動できないこと等が挙げられる。しかしながらトラック荷台等に昇降設備を設けるには車両法令の範囲内で対応しなければならないため、作業者にとって理想的と言える設備を提供するのが困難な状況も想定される。

#### (2) 目的

トラック荷台等に必要な昇降設備であるハンドルやステップ等に求められる最低限の条件(幅や形状、位置など)を被験者実験で明らかとし、適切な昇降方法を提案するための基礎的資料を得ることを目的とする。

#### (3) 方法

ユーザーや業界団体等へのヒアリングにより実際に用いられている昇降方法を調査する。この調査結果等を踏まえ、複数の昇降方法(設備)を実現するためのモックアップを作成し、被験者実験によりこれら条件にて昇降する際の身体に加わる加速度の大きさや重心位置の変化等のバイオメカニカルな評価とあ

わせて主観的評価により昇降しやすい条件を見出す。

### 【研究計画】

男女約20名を対象とした被験者実験により、昇降条件の違いによる重心加速度および床反力の大きさなどを評価指標としてデータ分析を進める。なお、実験に必要な器具等の準備が進んでいるが、コロナ禍の影響により格納式ステップの現場調査が遅れたことで、トラックへの装束が12月になってしまった。そのため、年明けに最終の予備実験を行い、その結果を踏まえて研究倫理審査委員会に申請し、3月に承認を得た。被験者実験は次年度の早期から開始する予定である。

### 【研究成果】

本研究実施の背景となった荷台からの転落災害の分析結果等に関しては日本人間工学会第61回大会および安全工学シンポジウム2020にて発表した。陸運事業者を対象とした昇降方法に関する現場調査は都内近郊の事業場にて行ったが、これまで報告されている方法のみが実施されていることは確認できた。また11月に宮城県に格納式ステップを装束しているトラックを複数台所有している事業場を対象にヒアリング調査を行い、荷を持ちながら昇降しなければならない事情から装束するに至ったことなどを把握した。実際にステップを使用している複数名のドライバーからは本ステップを使わないと仕事にならないとのコメントもあったことから、リーフレット等で周知するだけでなく、体感する機会を提供することが普及への近道になるのではないかとの感触が得られた。

## (13) 疲労損傷ワイヤロープの残存強度評価

緒方公俊(機械システム安全研究 G), 山際謙太(同)

### 【研究概要】

#### (1) 背景

平成30年におけるクレーンに起因する労働災害による死傷者数は828人であり、ここ数年増加傾向にある。本研究が対象とするワイヤロープの破断による死亡事故も発生しており、労働災害事故の防止が求められている。

ワイヤロープは直径数mmの金属線が複数束ねられた構造をしており、滑車部の擦れといった負荷によってこの金属線が徐々に断線していき、残存強度が低下することで最終破断に至る。先行研究により、ワイヤロープ表面の断線本数が同じでも、疲労試験条件によって残存強度が変化することが明らかになっている。そのため、ワイヤロープ残存強度の推定精度向上の

ためには、疲労損傷が残存強度に及ぼす影響を解明する必要がある。

#### (2) 目的

損傷後のワイヤロープ残存強度の推定精度向上のため、疲労試験後のワイヤロープ損傷状態が残存強度に及ぼす影響の解明を試みる。

#### (3) 方法

- ・ワイヤロープ疲労試験機による疲労試験の実施
- ・疲労試験後ワイヤロープの引張強度試験の実施

#### (4) 研究の特色・独創性

ワイヤロープの疲労強度(印加荷重と破断繰返し数の関係など)に関する研究報告は多数あるが、例えば疲労試験を中断したときのワイヤロープの損傷状態と残存強度の関係の明確化を試みた研究は少なく、本研究は独創性を有する。

#### 【研究計画】

- ・ワイヤロープ疲労試験機による疲労試験の実施

- ・疲労試験後ワイヤロープの静強度試験の実施

#### 【研究成果】

- ・ワイヤロープの疲労試験を実施し、疲労損傷ワイヤロープを作成。
  - ・同一張力下での可視断線数と繰返し数の関係を取得。
  - ・ロープ断面内の素線断線位置を推定し、断線状態を詳細化できる手法を開発。
- 11月に国内学術会議にて成果発表。
- ・疲労損傷ワイヤロープの引張試験を実施し、残存強度を計測。
  - ・疲労損傷ワイヤロープの分解調査を実施し、素線断線状態を取得。
  - ・疲労試験の繰返し数、残存強度、ロープの断線状態(可視断線 / 総断線 / 断線分布)の関係を整理。

### (14) 水分が関係する化学反応によるマグネシウム発火事故の防止に関する研究

西脇洋佑(化学安全研究 G), 八島正明(同), 佐藤嘉彦(同)

#### 【研究概要】

##### (1) 背景

反応性の高い物質の火災・爆発による災害は、第13次労働災害防止計画でも撲滅が目的とされる死亡災害の発生へ容易に発展しうるため、各事業者には事故の未然防止と発生時の適切な対処が求められている。しかし、水分が関係する反応による発火は、温度上昇に従って水分の蒸発等の影響が変化する点で予測が難しく、また通常の消火や延焼防止策で利用されている水が使用できない点から適切な対処が難しい。

水分が関係する発火事故の中でも、マグネシウムに由来する事故の防止は大きな課題となっている。マグネシウムを利用した合金の世界的な利用量は拡大しており、マグネシウムやその合金の火災・爆発事故は日本においても、近年、発生し続けている。特に構造部材加工後の切削屑は度々火災・爆発の原因となっており、未然防止のための理論式の構築と適切な対処方法の確立が求められている。

##### (2) 目的

水分を原因としたマグネシウムの発火事故に適用可能な熱発火理論式を構築し、他の水分との反応性が高い化学物質の発火危険性の評価にも応用可能とすることを主な目的とする。得られた理論式を元に、発火に至る貯蔵条件を計算することが可能となることで、今後発生しうる火災・爆発事故のリスクの見積り、

および事故発生前の迅速な対策から労働者の安全性向上が期待される。

また、マグネシウムの発火の機構に関する知見を取得し、発火防止手法・延焼防止手法を提案することで、マグネシウムを扱う労働者の安全性向上を図る。

##### (3) 方法

マグネシウム粉末をモデル物質として、水分接触時の発熱・蓄熱挙動を測定し、マグネシウム粉末と水分の反応機構に水分の状態変化が与える影響を明らかにすると共に、従来の熱発火理論式で対応できない要素の抽出を行う。得られた機構と問題点から、熱発火に関する理論を構築する。並行して、得られた水分によるマグネシウム粉末の発火までの機構から、発火事故防止のための方法を考案することを目指す。現在、界面活性剤について検討を行うこととしており、実験結果を基にさらなる改良を目指す。

##### (4) 研究の特色・独創性

本研究では、発火する物質として、マグネシウム粉末に注目して研究を行うが、水分の影響を考慮する際に、水の蒸発などの相変化に注目し、熱発火理論を適用する点に特色を有する。

加えて、マグネシウム粉末の発火においては、基本的に消火や冷却のための水の利用は不適切であるとされてきたが、界面活性剤を利用し、水分を含む組成で発火の抑制を試みる点に独創性を有する。

#### 【研究計画】

- ・水分とマグネシウム粉末の化学反応による発熱・蓄熱の測定手法の確立
- ・水分とマグネシウム粉末の化学反応による発熱・蓄熱の測定
- ・マグネシウムに利用可能な安定剤として界面活性剤の効果を検証

#### 【研究成果】

示差型断熱熱量計、カルベ式熱量計、等温反応熱量計それぞれで水分蒸発による効果を確認し、水分の状態(気体-液体)の制御が可能な測定手法を確立した。確立した測定手法を用いて以下の成果を得た。

粒径の異なるそれぞれのマグネシウム粉末に異なる量の水分を添加した時の蓄熱による断熱温度上昇を示差型断熱熱量計で計測し、温度上昇時の圧力挙動から水分の相変化が発火危険性の評価に用いる反応速度パラメータに影響を与えることを明らかにした。マグネシウム粉末に接触する水の量や状態(液体-気体)などの条件を変えた際の発熱

挙動の変化を、カルベ式熱量計を用い、複数の昇温速度で測定することで反応速度論的解析を実施した。示差型断熱熱量計およびカルベ式熱量計による測定結果から、接触する水分量がマグネシウムに対して少ない場合、熱容量の減少によって断熱時の温度上昇が大きくなることに加え、反応速度パラメータが変化し、特に見かけの活性化エネルギーが小さくなることが明らかになった。

さらに、様々な界面活性剤を安定剤として添加した際の過塩素酸アンモニウム水溶液とマグネシウム粉末の発熱反応を等温反応熱量計により測定した。温度 30°Cから 50°Cの反応条件で、界面活性剤の添加により発熱速度が低下したことから、界面活性剤が安定剤としての効果を示すことが分かった。また飽和脂肪酸ナトリウム塩系界面活性剤では炭化水素鎖が長いほど、そして親水性パラメータが低いほど発熱速度が低下し、安定剤としての効果が大きくなることが明らかとなった。

## c. 健康研究領域

### (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

井上直子(環境計測研究 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、様々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  $\mu\text{m}$  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軽く、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】

内部評価の結果 1 年の延長が認められたので R02 年度は下記の研究を行う。

R02 年度は R01 年度に引き続き、下記(1)-(4)について検討を行う。

#### (1) 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。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。

(2) 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。

#### (3) 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。CE と同様に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。

#### (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】

R2 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)を昨年度に引き続き行った。

昨年度は、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

たが、分析法として再現性 (添加回収による測定との比較)が良好ではなく、分析法の確立には更なる条件検討が必要であった。そのため、R2 年度は再現性の向上を図るため、試料溶解溶液による検出感度の影響について検討を行い、抽出条件 (抽出溶体量)が異なる場合においても、検出感度に影響を受けない試料抽出溶液条件および試料濃縮条件を確立した。本条件では、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  $0.2 \mu\text{g/mL}$  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。

## (2) 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 (環境計測研究 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 (周波数が概ね 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】

現在、(公社)神奈川県環境保全講義会に協力を依頼し、低周波音のアンケート調査(小規模な予備調査)の準備を進めている。この調査(2020年1~2月を予定)を通じて、調査票の基本的部分、特に低周波音の音源や影響等を尋ねる質問形式の確立を図る。次年度はその結果を受け、規模を拡大(対象人数、対象作業場等を拡大)した本調査を行う予定である。この本調査により、作業環境中の低周波音の音源・影響・対策等の概要把握を図りたい。また、適当な現場を確保できれば、アンケート調査と併せて、低周波音の実測調査も実施したい。この実測調査では、低周波音に加えて可聴域騒音も測定する。測定対象の機器・設備は、アンケート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したい。

##### 【研究成果】

#### (3) 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(環境計測研究 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

く、昨年一部を報告したように、(公社)神奈川県環境保全協議会の協力を得て、予備調査を実施した。その結果、回答数は少なかったものの、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。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」が多く、その他に「疲労感を感じる」や「空気が揺れているように感じる」という回答もあった。それらの影響に対して回答者個人が取っている対策では、「耳栓を着用する」が多かった。また、勤務先が取っている対策では、「その音を出す機器・設備を以前よりも静かなものに交換した」、「その音を出す機器・設備を遮音壁などで囲っている」などが回答された。

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。また、低周波音についてもっと知りたいかについては、「積極的に知りたい」という回答は無く、「機会があれば知りたい」が最多であった。「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おらず、積極的に知りたいという意味での関心度も高くないことが推測された。

予備調査票の質問項目に対する回答者の意見(質問の意味が分かりづらくないか等について、自由記述させた)を参考にしてアンケート調査票を修正し、規模を拡大したアンケート調査を実施したいと考えていたが、春以降の新型コロナウイルスの感染拡大の影響により、実施できなかった。同様に、現場での騒音・低周波音測定も実施できなかった。

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収缶を模した活性炭層での有機ガス破過測定（性能試験）の実験データを元に、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概ね好評であり、講演や執筆の依頼のほか、さら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ことを希望する。

#### (3) 方法

##### 【捕集剤】

「作業環境測定ガイドブック」においては、活性炭なら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元に、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収缶を模した重量 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、呼吸保護具吸収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】

##### 【捕集剤】

平成 30 年度終了の基盤的研究課題 N-F28-03 での文献調査の結果から、低濃度領域での活性炭捕集剤における脱着率が低下すると判断される有機化学物質がベンゼンをはじめとして 9 種類あることがわかっている。これらを中心に測定対象を選定し、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。

##### 【研究成果】

令和 2 年度は捕集剤に関する実験測定を進め、本研究としてのまとめも行う計画であったが、令和 2 年 3 月末頃より新型コロナウイルス感染症への対処の必要から研究所施設内での時間をかけた実験の実施が難しい状況となった。同年 4 月には緊急事態宣言の発令に伴い、研究所施設内での作業そのものが困難となったことから、今年度内に当初の目的であった実験を完了することの目途が立たなくなった。以上の事情より今年度は方針を変更し、まず 4 月時点までにまとめられた成果に関する公表を、論文投稿等を通じて先行させることとした。

##### 【除毒剤】

成果公表状況に示すとおり国際誌への論文投稿を行い、同論文は令和 2 年 9 月に刊行となった。成果内容の日本国内における周知を目的として、関連の学会発表を令和 3 年 5 月開催予定の第 94 回日本産業衛生学会において実施することを計画している。

##### 【捕集剤】

成果公表状況に示すとおり国際誌への論文投稿を行い、査読の結果として令和 2 年 10 月 27 日、改訂の後に掲載可との通知があった。現在は修正

原稿の作成中であり、完了次第に返送の予定である。また、関連の技術報告が同年 9 月に産業衛生学雑誌に掲載となったほか、今年度開催予定であった第 60 回日本労働衛生工学会の来年度への延期を受けて、同学会が本年 12 月 31 日までに募集している労働衛生工学誌への論文投稿に応じる予定である。

捕集剤に関する実験は、新型コロナウイルス感染症への対処と共に、夏季の高温等による有機溶剤

の揮発の影響を避けるために 10 月以降に作業を再開している。今後も長時間の実験の実施は難しいことから、比較的短時間での実験の積み重ねによってこれまでと同様の実験成果が得られないかどうかの検討を進めている。また、今年度までに完了し得なかった捕集剤に関する実験研究は、あらためて令和 3 年度以降の新規の基盤的研究として計画を立て直すことを希望する。

#### (4) 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(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 1.2~2.0m<sup>2</sup> 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者

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う。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者と、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、作業者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、管理者および作業者の運用方法についても今後検討を行う。

【研究計画】

人工環境室における実験においては、体格の影響を検討するとともに、ハンドエルゴメーターによる上半身運動の影響を検討する。また事前計画にはなかったが、高体温検知をより高めるため、これまでの深部体温の上限である 38.5℃から 39.5℃に上げて誤差検証を行う。それぞれ 8 名ずつの被験者とする。

現場調査については、夏季に村田製作所の関連施設で作業を行う 10 名に、パッチ型センサ装着およびスマートフォン携帯を終日行い、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を行う。

【研究成果】

人工環境室における実験においては、上半身運動の実験のみ予定通り実施し、体格の影響および 39.5℃まで深部体温を上げる実験はコロナの影響で実施できていない(被験者数制約とプロ研の被験

者実験を優先のため)。同様に現場調査も実施できていない。

上半身運動の結果として、8名の被験者が室温35°C・相対湿度50%の環境において、アームクラッキング運動(座位姿勢で両腕を使ってペダルを回す)を30分間行った。食道温は37.1±0.1°Cから37.9±0.1°Cに上昇し、直腸温は37.1±0.1°Cから37.3±0.1°Cに上昇した。これまで検証してきた歩

行運動においても直腸温の方が低い傾向にあったが、上半身運動での差(0.6°C)はより大きくなった。パッチ型センサによる深部体温の推定値は、37.1±0.1°Cから37.8±0.1°Cまで上昇し、食道温に近い応答となった。Bland-Altman分析による食道温と推定値の誤差は0.06±0.19°Cであり、歩行運動による誤差と同等であった。懸念されたパッチ近傍の活動筋による産熱の影響は少ないと考えられた。

## (5) 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(環境計測研究 G),木下弘壽、中森知毅(横浜労災病院),  
野口英一(戸田中央医科グループ)

### 【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)

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亡者数の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

個人の診療情報を病院からいただき横浜労災病院内でデータベースを構築する。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と気象データとを突合する。

(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。カルテには医療関係者による熱中症発症時の状況が記載されているものもあるため有効に活用する。業務上の熱中症についても、大部分が職種及び作業状況が記載されている。熱中症の発症要因が分析できるようなデータベースを構築する。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】

労災病院の熱中症患者のカルテを分析するためデータベースを作成する。救急で運ばれたのか自分の交通手段できたのかを区別する。カルテに記載されている熱中症発症時の状況をデータベース化して分析する。

### 【研究成果】

昨年10月初旬に第2回目の研究倫理委員会に提出して認められた研究計画では、データは一切横浜労災病院から持ち出さずデータベースを構築し、分析も病院内で行って、研究所には解析結果のみを持ち出す研究計画だった。昨年度末に病院でのカルテへのアクセスが許可されて分析を始めたが、同じ横浜市に停泊していた豪華客船で発生した多数のコロナ感染者の受け入れやその後のコロナ感染拡大による緊急事態宣言で本研究の受け入れ側の横浜労災病院の業務量が多くなり、共同研究を行う予定だった先生方との議論がなかなかできなくなった。7月には研究所内でも出張が制限された。現在もコロナの感染が拡大しており、病院との研究を行う状況でない。

過去 10 年間に横浜労災病院の救急を熱中症で受診した 1000 件以上のカルテをパソコン上で 1 件 1 件開き、熱中症発生に関連する項目をピックアップして、気象データや救急搬送時のデータとリンクしてデータベースの作成するため時間が必要である。更にデータベース作成後のデータの分析にも時間が必要である。来年度コロナが落ち着くのを待って研究を続けたいので、来年度までの基盤研究の延長を申請する。  
延長申請が認められた場合の計画：

データベース作成を継続して行う。データベース作成終了後、データを次の点に注目して分析する。  
①熱中症により救急車で運ばれた人数及び属性と自力で病院の救急を訪れた人数と属性を比較検討する。  
②熱中症により病院を受診した人の熱中症発症要因を分析する。  
③熱中症により救急搬送された人の搬送時の重症度と病院での重症度を比較する。  
公表目標：  
救急医学に関連する学会の雑誌に投稿する。

## (6) 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(人間工学研究グループ), 杜 唐慧子(同), 池田大樹(同),  
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、この用途に適合する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・獨創性

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。

## (7) 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(環境計測研究 G),萩原正義(ばく露評価研究 G), 的場史朗(高エネルギー加速器研究機構)

### 【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様々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が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と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, 大気圧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に数十秒～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出来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出来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出来る事の確認を行う。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. プロトタイプを完成させる。(～6月末)
2. 動作試験および装置開発期間中に発生した問題点について改善を施す。(7月～9月)
3. 測定対象化学物質について実験室実験を行うことにより、検量線を得る。検量線については、来年度購入予定のパーミエーターにてキャリアガス(N<sub>2</sub>)で濃度調整をした試料をドリフトチューブ前方から小型ポンプにて 200ml/min の流量で導入する予定。(10月～1月)

作業環境中に存在する妨害ガスについての対策法を検討する。理論計算の結果、妨害ガスの影響を避けるためには ns オーダーで立ち上がるパルスが必要となる見込みである。(2月～3月)

#### 【研究成果】

- ①プロトタイプを完成させる。(～6月末)

プロトタイプは当初の予定通り6月に完成した。

#### ②動作試験および装置開発期間中に発生した問題点について改善を施す。(7月～9月)

測定対象化学物質の定量分析を行えないといった問題点があったが、測定条件や測定手法を変更することによって問題解決した。

#### ③測定対象化学物質について実験室実験を行うことにより、検量線を得る。検量線については、来年度購入予定のパーミエーターにてキャリアガス(N<sub>2</sub>)で濃度調整をした試料をドリフトチューブ前方から小型ポンプにて 200ml/min の流量で導入する予定。(10月～1月)

測定対象化学物質の検量線を得る作業を予定通り、現在進めている。現在の測定系では小型ポンプを使用しなくてもサンプルガスを導入できるようになっている。

#### ④作業環境中に存在する妨害ガスについての対策法を検討する。理論計算の結果、妨害ガスの影響を避けるためには ns オーダーで立ち上がるパルスが必要となる見込みである。(2月～3月)

予定通り③が終了次第速やかに行う予定である。現在の測定系では高性能パルスアンプを必要としない予定である。

#### 「成果公表状況」

国内学会および国際会議において成果発表をすることを目標とする。

第93回日本産業衛生学会にて研究成果発表を行った。また、国内誌の総説論文において研究成果報告を行った。

## (8) 若年労働者の健康リテラシー評価尺度の検討

佐藤ゆき(産業保健研究 G), 佐々木 毅(同), 岩切一幸(人間工学研究 G), 松尾知明(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)

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な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度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。

#### (4) 研究の特色・独創性

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、本研究の独創性は、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独創性が高いと考える。

#### 【研究計画】

(1) 新たな評価尺度の開発、(2) 評価尺度の応用に関する実践的検証の一部を行う。

(1)ではR1年度（初年度）の予備的調査からのデータをもとに考案される調査最終項目を入れた質問票の構成等を共同研究者間で検討し、調査票の最終形を作成する。

(2)では調査票の最終形を用いて、新卒予定の学生を対象とした縦断調査（追跡調査）を行う。R2年度は協力者のリクルートとベースライン調査を実施する。またベースライン調査の中間集計、縦断調査（追跡調査）のフォローアップ調査（R3年度）の準備も行う。

#### 【研究成果】

初年度の研究計画に従い横断調査（パネル型WEB調査）を実施した。これらのデータをもとに主要関連要因の抽出等各解析を行い、研究2年目に計画している縦断調査（追跡調査）のアンケート項目を確定した。縦断調査は2020年10月から開始する計画で各準備を進め、調査対象者（新卒予定の学生）のリクルート窓口となる大学・専門学校との調整を行い、研究倫理審査の承認を得て現在予定どおりに調査を実施している。年内2020年12月までに1回目調査（ベースライン調査・就職前調査）が終了する予定である。

## (9) ピエゾバランス粉じん計による溶接ヒューム測定に関する研究

小嶋 純(環境計測研究 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)

先般、IARC が溶接ヒュームの発がん分類をグループ 1 へ引き上げたことにより、今後国内においても溶接ヒュームに対する有害性評価が厳しくなり、機械、金属加工、造船、橋梁等の業種では、従来以上のリスク管理もしくはばく露防止対策が必要になると予想される。同時に、溶接作業者のばく露リスク評価を左右するヒュームの濃度測定においても、より信頼性の高い手法が求められると予想される。しかし、現在粉じん測定で広く使用される光散乱式粉じん計は、溶接ヒュームの濃度測定に適さないことがこれまでの研究で明かされている。

(2) 目的

光散乱式粉じん計が溶接ヒュームに適さない理由は、溶接現場では同粉じん計の感度が著しく不安定となるからである。そこで当研究では、粉じんの性質に影響されず、近年性能向上が目覚しいピエゾバランス粉じん計に注目し、これが溶接ヒュームの測定に適用可能かを実験により検証する。

(3) 方法

実験室内で種々の条件でガスアーク溶接を行い、溶接ヒュームを発生させる。発生と同時に、ろ過捕集による質量濃度測定とピエゾバランス粉じん計による測定を並行して行い、両者の整合性を調べる。

(4) 研究の特色・独創性

ピエゾバランス粉じん計と溶接ヒュームとを組み合わせた研究例は過去にないので、当研究は新規性及び独創性を主張できるものと考えられる。

### 【研究計画】

実験はすべて研究代表者1名によって行うため、一人で溶接とヒューム測定を同時に行える実験装置の構築が必要となる。幸い、先年の基盤的研究「金属ヒュームの粒径と化学状態に着目した定量分析手法の開発」・他で使用した実験装置(半自動溶接機と母材の自動供給装置を組み合わせたもの)が残っており、これに種々の改造等を施せば、ワンマン実験が可能な装置に組み替えることが可能である。ただし、実験装置として有効に機能するまでには、試行錯誤的に試運転・予備実験を繰り返さなければならないため、初年度は機材・部材の調達と上記予備実験で終わるものと見込んでいる。

### 【研究成果】

緊急事態宣言下で在宅勤務期間にあった2か月間は実験が行えなかったため、その分だけ研究に遅延が生じた。初年度中に、溶接電流、溶加材、シールドガス流量などの実験条件を変え数十回の溶接実験を行ったが、基準値(ろ過捕集による質量濃度の測定値)とP粉じん計の指示値との乖離は非常に大きく、両者の整合性は極めて低い、と云う結果を得た。この乖離が生じる原因は不明で、乖離の程度においても、規則性(溶接条件等との相関性など)を見出すことはできなかった。なお、ここでの実験条件は、現場ではごく一般的な溶接条件に合わせたものである。これより、P粉じん計の溶接ヒュームの濃度測定への利用は不適なことが明らかとなった。

## (10) 視認性のよい漏洩磁界マップの作成とその応用に関する研究

山口さち子(環境計測研究 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)

MRI 装置より発生する静磁界については、作業者は機器の誤作動や磁性体の吸着防止のための5G(0.5 mT)ラインは認知しているものの室内の漏洩磁界分布の認知は十分でない[1]。MRI 装置操作者のような常時立入者にとって作業環境を理解することは、高磁界中作業による一時的体調変化(体動による誘導電流)防止だけでなく、いまだ年

130 件前後発生する吸着事故の防止にも資すると考えられる[2]。申請者はこれまで風景画像に漏洩磁界分布を重畳した視認性の高い漏洩磁界マップ作製に取り組んできたが(N-P29-01)、

- ①磁界勾配の図示化が未実装であること
  - ②測定点数の削減(現状で 2073 又は 1422 点)
  - ③オブジェクト(MRI 装置)の 3D モデル化
- などが現場に実装するための課題が残されている。

(2) 目的

本研究では視認性のよい MRI 室内の漏洩磁界マップの作成の構築を目的とする。また、常時立入者及び随時立ち入り者(清掃業者等)を対象にアンケート調査を行い、応用性を検討する。

### (3) 方法

#### ①磁界勾配の図示化

現在、国内では MRI 装置が 6000 台以上インストール済みである(2016 年時点) [3]。このうち 3 T 装置について対象とする。既存の測定データ(Siemens 社製 3 T MRI 装置 2 種類、データ点数 2073 又は 1422 点)について、既に 3 軸合成値(ベクトルのノルムに相当)と風景情報の重畳は実施しているが、勾配(ベクトルの方向)については図示化に至っていない。そこで、勾配の向きと強さを表すための 3D ベクトルプロット図を作成する。あわせて、どの距離で何点のデータを取得することが望ましいか漏洩磁界マップを元に検討する。

#### ②測定点数の削減

スタンドアロン使用が可能な小型磁界計測装置を測定に使用する。格子状の治具を作成し、削減した測定点数で簡易測定を実施する。高精度磁界計での実測結果と比較し、精度がどの程度変化しているか確認する。

#### ③オブジェクト(MRI 装置)の 3D モデル化

現在使用している図示ソフトウェアはフリー利用可能であるが、図示化において他のソフトウェアとの互換性も検討に入れる必要がある。格子状の治具にカメラホルダーを装着し、全天球カメラ又は複数個のカメラ部品を装着し、一度に室内を複数角度から撮影できるようにする。その後、市販のソフトウェア(photoscan 等)で 3D モデルを作成し、Matlab 等他の汎用ソフトウェアに移行可能か検討する。

#### ④現場からのフィードバック

常時立入者及び随時立入者を対象に調査票を実施し、視認性や応用可能性を検討する。

### (4) 研究の特色・独創性

MRI 装置への吸着事故は死傷等の重大事故につながる恐れがあるため現場で最も注意が払われている。しかしながら、年間 100 件以上吸着事故が発生していることから継続的な啓蒙活動が必要である。本研究で視認性の良い漏洩磁界マップが作成できれば漏洩磁界に対する気づきが身近となり、吸着事故低減に寄与できる可能性がある。

[1]山口ら(2018) 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 38, 103-119.

[2] JIRA HP: [http://www.jira-net.or.jp/ankenkanri/02\\_seizouhanbaigo/02-03.html#02-03\\_2018\\_0416](http://www.jira-net.or.jp/ankenkanri/02_seizouhanbaigo/02-03.html#02-03_2018_0416)

[3] 日本医療システム白書(2017)

### 【研究計画】

既存の測定データ(Siemens 社製 3 T MRI 装置 2 種類、データ点数 2073 又は 1422 点)について、勾配の向きと強さを表すための 3D ベクトルプロット図を作成する。図示化には Grapher 等市販のソフトウェアを使用する。

どの距離で何点のデータを取得することが望ましいか漏洩磁界マップを元に検討し格子状の治具を作成する。治具にはカメラを設置できるようにし、後日風景画像を重畳させる。

高精度磁界系との比較測定が可能な協力施設において予備測定を実施する。

### 【研究成果】

R2 の計画で

①既存の測定データ(Siemens 社製 3 T MRI 装置 2 種類、データ点数 2073 又は 1422 点)について、勾配の向きと強さを表すための 3D ベクトルプロット図を作成する。図示化には Grapher 等市販のソフトウェアを使用する。

②どの距離で何点のデータを取得することが望ましいか漏洩磁界マップを元に検討し格子状の治具を作成する。治具にはカメラを設置できるようにし、後日風景画像を重畳させる。

③高精度磁界系との比較測定が可能な協力施設において予備測定を実施する。

を予定していた。このうち、①についてはソフトウェアの拡張機能を用いて 3D ベクトルプロットの作成を実施できることを確認したが、②及び③については今年度協力施設との調整が出来なかったため、下記のような変更を行った研究を実施した。

### < 研究の変更点 >

本研究は幾つかの医療施設において MRI 装置からの漏洩磁界の測定や作業員への聞き取りを実施する予定であった。しかしながら、新型コロナウイルス感染拡大により病院への立ち入りが難しくなった。このため予定を変更し、MRI 検査業務従事者の作業環境に対する安全意識の調査として、漏洩磁界の認知度に影響を与える要因について解析し、吸着事故防止への貢献可能性について検討した。

その結果、下記に示すような結果が得られ一定の区切りとなったこと、また、今後医療施設での研究

再開の見込みが不透明であることから、予定を繰り上げて研究を終了したい。

#### <既存のデータによる漏洩磁界マップの作成>

既存の測定データを用いて、磁界の向き及び勾配を示す 3D ベクトルプロット図を作成し、構造物の測定位置情報を元に風景画像に重畳させた。勾配の向きより MRI 装置の Z 軸方向(長軸方向)に対する勾配を計算し、磁気力はその最大値を示すガントリ末端から長軸方向に 30 cm 程度離れることで約 1/5 に減衰しており、100 cm 離れると 1/25 程度であった。このため、このような急峻な磁気力変化について注意喚起が必要であると考えられる。また、吸着事故は勾配、距離、質量、磁化率に依存するため、吸着事故のあった物体について物性情報が得られないか 3 月末までに調査を行う予定である。

<常時立入者を対象とした、漏洩磁界の認知度に影響を与える要因の解析>

MRI 装置への吸着事故事例のうち非磁性誤認に基づく吸着事故は、MRI 室に入室時点ではなく磁界勾配が急激に増大する装置近傍で発生する。これら事例は漏洩磁界の特性を理解することで回避可能であるため、作業環境に対する意識を向上させることで吸着事故防止に貢献できる可能性がある。

本研究では、MRI 検査業務従事者の作業環境に対する安全意識の調査として、漏洩磁界の認知度に影響を与える要因について解析した。対象は最も入室機会が多い常時立入者とした。データは 2018 年に男性 2422 名、女性 1175 名の MRI 検査に携わる就業者から取得したもののうち男性

1620 名、女性 717 名の常時立入者(「日常的に使用(担当)」)を対象とした。漏洩磁界の認知状況は、漏洩磁界マップを認知し磁束密度まで把握している人は 8.8%に対し、あまり意識したことがないという回答は 54.5%であった。

漏洩磁界の認知状況に影響を与える要因を決定木にて解析した。従属変数を漏洩磁界の認知状況とし、基本属性(6 項目)、施設属性(3 項目)、作業環境(9 項目)及び教育機会(5 項目)を独立変数として解析を行った結果、MRI 安全に関する情報源の数が第一層に現れ、第二層では MRI 検査への従事歴及び年代が現れた。漏洩磁界に対し注意を払う層は、①MRI の安全性情報に対し関心が高い(情報源 3 つ以上)40 代以上の就業者、②MRI 専任の若年就業者、③MRI 検査従事歴が長く非電離放射線に関心のある就業者、と限定された層のみに分布していることが明らかとなった。

一方で最も意識状況が低い回答者は、安全情報に対し関心が低いキャリア形成初期の就業者で、比較的小規模施設勤務者であった。装置種類や保有設備数は依存しなかった。これらの結果より、漏洩磁界の認知状況の向上のためには教育機会への接触が重要であること、また、非専任技師や小規模施設のキャリア形成初期の就業者へのサポートが必要であると考えられた。また、磁気共鳴専門技術者認定機構の全国施設調査において、金属・磁性体探知機の使用状況について活用度を尋ねる設問を設定した。得られた結果は、従来の水際対策の活用度を示すものであり、非磁性誤認による事故事例の防止の考え方とともに実務者と検討予定である。

#### (11) 職場における暴言の間接的聴取が作業者のパフォーマンスと精神的健康に与える影響

西村悠貴(産業保健研究 G),佐々木 毅(同),久保智英(同),松元 俊(同),  
玉置應子(同),川上澄香(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)

##### 対象とする労働環境: 職場における暴言

職場には、その手段や関係性によって様々な種類のハラスメントが存在し、労働安全衛生上、解決すべき重要な問題である。その中でも、職場内の人間関係で生じるパワーハラスメント(以降パワハラと

いう)については本年 6 月に関連する法令の改正が施行され、暴行・傷害といった肉体的攻撃に加え、脅迫や侮辱、暴言などの精神的な嫌がらせがパワハラの類型として厚生労働省より例示されている。日本労働組合総連合会は、2019 年 5 月に 1,000 名の被雇用者に対して実施した「仕事の世界におけるハラスメントに関する実態調査 2019」の結果を発表し、全体の 38%の労働者が「職場でハラスメントを受けたことがある」と回答したことを明らかにしている。

また、職場で受けたハラスメントの行為類型では「脅迫・名誉棄損・侮辱・ひどい暴言などの精神的攻撃」が41%を占めており、その他ハラスメント(詳細不明:42.9%)やセクシュアルハラスメント(26.7%)などと並んで、深刻な職場環境が依然存在していることを示している。また先の調査では、暴言などの精神的な攻撃については、上司(589件中21.7%が精神的攻撃、以下同様)や先輩(258件中19.4%)から受けただけでなく、同僚(170件中15.3%)や部下(17件中23.5%)からの攻撃も一定数報告されており、必ずしも職場における上下関係に依らずに存在する幅広い問題であることが示唆されている。

### 関連する先行研究等

パワハラなど職場における暴言・暴力・いじめなどが労働者の健康に与える影響については、多くの研究が行われ、レビュー論文も多く執筆されている(e.g, Leach et al. *Occup Environ Med* 74(1):72-79, 2017)。労働災害の補償申請に関する調査復命書の当研究所による解析でも、業務上の出来事によって精神障害を発症したと認められた事案では、「仕事内容や量の大きな変化」に次いで「(ひどい)嫌がらせ、いじめ、または暴行を受けた」や「上司とのトラブルがあった」といった出来事が多く認められている。また申請者が昨年度に担当した、労災事案の中でも精神障害発症後の自殺事案の解析でも、精神事案全体の傾向と同様に「仕事内容や量の大きな変化」に次いで上司や顧客とのトラブルが多く報告されており、深刻な影響をもたらしていることが示されている。

一方で、上で紹介したようなこれまでの研究は、パワハラの被害者に対する影響に着目した研究が圧倒的多数であり、パワハラが職場環境の悪化に与える影響に関しては研究が十分であるとは言えない。先行する事例として Tsuno et al.らによる2018年の報告(*J Occup Environ Med* 60(12):1067-1072)では、パワハラに特有の健康影響として周囲への影響(スピルオーバー効果)に着目し、パワハラの存在がその職場の職員の健康やモチベーションに与える影響を長期的な視点で検証している。2,000名の地方公務員を1年間追跡した結果、職場にパワハラが存在すると回答した職員は追跡調査時にメンタル不調のリスクが高く、離職の意思も高まることが示されている。また、Porath と Erez は、他者に対する暴言をごく短時間目撃するだけで(暴言を直接受けなくても)、作業パフォーマンス、発想力、他者に対する親切さのいずれについても、暴言を受けなかった群と比較して最大で6割前後低下することを報告して

いる(*Organ Behav Hum Decis Process* 109:29-44, 2009)。このように、職場におけるパワハラの直接的な被害者でなくても、労働者の生産性と健康の両面に悪影響を及ぼすことが示されてきている。一方で、長期的な影響の原因を理解し、対策をとるには暴言聴取な即時的な影響も明らかにする必要がある。また、暴言の現場を目撃する人よりも、他者に対する暴言を聞きながら職務に当たる労働者のほうが多いことが想定されるにも関わらず、暴言を聞いてしまうことによる影響に絞った研究も見当たらない。

### 本研究の対象範囲

本研究では、暴言のパフォーマンスと精神衛生への影響を明らかにするにあたり、パワハラで発せられる暴言が、それを聞いてしまった労働者のパフォーマンスにどのように影響を及ぼすのか検証する。これは特に、音の持つ伝搬性の高さ(≡影響範囲の広さ)に着目したからである。暴言は基本的に被害者に向かって発せられるものである。しかしその場に同席している他の労働者に対しても、音情報である暴言は瞬時に伝播してしまう。顔を背けたり衝立などの遮蔽物を使ったりすれば視覚的な情報については遮断できることもあるが、音情報を遮るのは視覚情報と比較して格段に難しい。したがって、ある職場において暴言を吐いた人と浴びた人がいた場合、その現場を目撃する人よりも聞いてしまう人のほうが多く、音情報によって影響を受ける人のほうが多いことが考えられる。また、視覚的にネガティブな情報を提示し影響を検証した研究は多く存在するが、聴覚を通してネガティブな情報(今回の場合は暴言)を受け取った時の人の心理生理的反応を検証した研究は比較的少なく、学術的にも研究が求められている分野である。

今回取り組む暴言の影響については、人の認知作業パフォーマンスへの影響を中心に、生理指標と行動指標を用いて検証する。また、暴言への曝露直後の影響だけでなく、その後の回復過程に着目して検証を行う。日本の労働生産性は、調査による差はあるものの先進国の中でも低いレベルにとどまっているとされる。本研究によって、パワハラの撲滅が被害者だけでなく職場全体の生産性を底上げすることを示すことができれば、パワハラ撲滅を啓蒙するうえで関係者に対して特に強い動機付けとなると考えられる。また、ストレス反応を反映する心電指標や皮膚電気反応なども併せて計測することで、音によって受けたストレスとパフォーマンス変化の関係性についても検証する。暴言を聞くことによるストレス、そし

てパフォーマンス変化について単一の実験内で検証することで、より詳細に暴言が周囲の傍聴者に与える影響を検証する。

また先行研究より疲労や睡眠不足など特定の状況では、自己の発揮したパフォーマンスに対する認知が実際のパフォーマンスなどと比べてずれてしまうことが知られている(e.g. Dorrian et al. *J. Sleep Res* 9, 137-144, 2000)。そこで本研究においても、暴言を聞いてしまうことによるパフォーマンス変化が、本人に正確に認知されているかも調査する。自己パフォーマンスの過大評価は事故など安全を直接脅かすが、過小評価でも労働者やサービスの受益者(患者など)の安全を脅かす事態につながりうる。また認知のずれにより、本人が自身の不調に気づくのが遅れるなど、健康面の悪影響も想定される。したがって、暴言などネガティブな音声を聞くことによるパフォーマンス変化が、労働者にどのように認知されているかの検証も、労働衛生上重要な知見を提供すると予想される。

### 本研究の行政的貢献

厚生労働省を筆頭に政府は職場における種々のハラスメントの防止に取り組んでおり、例えば令和 2 年厚生労働省告示第 5 号においてはパワハラの種類に触れるとともに、対策の必要性を強調している。本研究の成果は、パワハラによる職場環境の悪化を通して多くの労働者の健康のみならず生産性をも損なうことを客観的に示すことにより、対策の重要性を周知し動機づけすることが期待される。また、今後少なくとも生じてしまうであろう暴言の直接的・間接的な被害者に対して、どのようなケアが有効なのか検討する際にも本研究の成果が活用される。

先に紹介したように、改正労働施策総合推進法で事業主にパワハラ防止措置を講じる義務が生じることとなり、職場におけるパワハラは今後解決が進むことが期待されている。このように、労働現場の環境改善には、法的整備が最も基本的な施策として重要な役割を担う。一方で、罰則規定のない法律(令和 2 年 6 月 1 日現在:厚生労働大臣が必要と認めれば助言や指導、勧告が行われることがある)には実効性の問題があり、問題の解決には時間がかかる可能性も指摘されている。また、罰則のある規制でも、事業者によっては如何にパワハラをなくすかではなく如何に規制をかいくぐるか、といった反応につながってしまう可能性がある。したがって規制のみでは、事業主やパワハラに加害者にとってパワハラ対策が重要な検討課題として捉えられず、パワハラ

の撲滅に時間がかかってしまう可能性がある。そこで有効と考えられるのが、雇用主やパワハラ加害者に対して、パワハラの影響を啓蒙することである。つまり、パワハラ対策は法律が施行されたから取り組むだけでなく、会社の生産性向上に資する施策として捉えてもらうのである。職場における暴言は、「お前のために俺は怒っているんだ」や「会社のために君を叱っている」など、業務上必要な行為であると正当化される傾向にある。本研究のような実験研究によって、パワハラは企業業績に貢献しないどころか悪影響であることが示されれば、生産性向上にはパワハラの影響が有効であることが実証できる。そうすれば既に行われた法令整備と合わせ、雇用主などに対して、パワハラ対策を実施するより強い動機付けとなることが期待される。

### (2) 目的

今日のパワハラでは、必要以上の叱責や人格を否定するような暴言といった精神的攻撃が多く見受けられる。そのような暴言にはネガティブな情動情報が含まれており、聞いた人のパフォーマンスに影響することが予想される。そこで本研究では、直接の暴言の被害者ではない労働者が暴言を聞いてしまった場合において、認知作業パフォーマンスに生じうる影響およびその回復過程をアンケート調査及び実験を通して検証する。

アンケート調査では、職場でパワハラを受けた経験のみならず、パワハラの実態を目撃してしまった、あるいは聞いてしまった経験に重点を置き、現代社会におけるパワハラの実態について WEB 調査を行う。併せてどのような対策が組織や個人のレベルで採られているのかも調査し、調査対象者の精神的健康、ストレス、生産性などとの関連を明らかにする。また、暴言の実態(内容や頻度、加害者と被害者の関係性)についても調査を行うことで、2 年目以降に予定している実験室実験へ労働現場の実態を反映することを目的としている。

実験室実験では、1 年目の WEB 調査で得られた労働現場の実態を可能な限り実験室に再現したうえで、パワハラに含まれる暴言の聴取が、労働者の認知作業パフォーマンスや精神的健康にどのように影響を及ぼすか明らかにする。また、暴言によって落ち込んだパフォーマンスについては、休憩の取り方によってその回復に違いがあるのかを検証する。また暴言のパフォーマンスへの影響は、客観的な手法で評価するだけでなく実験参加者に対する簡易的なインタビューを通じた主観的な手法でも評価を

行う。これによって、パワハラを聞いてしまった人が感じ取った影響と、実際に生じた影響(作業効率)の間に齟齬があるかについても明らかにする。

### (3)方法

#### 実験デザイン

WEBを活用したアンケート調査と、実験室実験の2本立てで実施する。WEB調査では、実際の労働現場における暴言の実態と影響を調査するだけでなく、世間の実態を実験研究に反映するために実施する。実験室実験では、暴言に曝露したのち複数の休憩条件の下で実験を実施する。認知作業パフォーマンスを反映するとされている複数の課題を実施して作業パフォーマンスを評価するとともに、課題中の生理値も計測して脳活動への影響や暴言に対する生体反応と作業パフォーマンスとの関連を検証する。

#### WEB調査

職場における暴言と取られている対策に関する情報収集と実験室実験への実態反映を目的として、3ヵ年計画の1年目にオンライン調査を実施する。

##### ・調査対象者

オンライン調査会社にモニター登録されている被雇用者500名程度。予算の効率的な執行のため、当研究所の労働災害(精神障害)データベースから特に具体的出来事No.29「(ひどい)嫌がらせ、いじめ、または暴行を受けた」の該当数や該当率が高い業種(金融業、卸売・小売業、製造業など)の労働者に絞った調査を行う。また、調査の実施に当たっては現場の産業保健スタッフの協力を得ることも検討している。

##### ・調査内容

- ◆ 属性(性別・年代・業種・職種)
- ◆ 自身のパワハラ被害(類型・関係性・相談など)
- ◆ 自身が見聞きしたパワハラ被害(同上)
- ◆ 自身や所属組織でとっている対策
- ◆ 精神的健康・ストレス・労働生産性に関する質問項目

##### ・解析方法

回答の記述統計の算出によって、職場に存在するパワハラ(特に暴言)の現状を把握するとともに、どのような対策が労働者の健康や生産性を守ること

につながるのか、精神的健康指標や生産性の指標をアウトカムとした回帰分析的手法で明らかにする。

#### 実験室実験

##### ・実験参加者

40から60名の男女を予定している。

##### ・実験の流れ

実験室実験は、1.前夜の睡眠に関する質問回答(自宅)、2.実験室での実験、3.実験当夜の睡眠に関する質問回答(自宅)の3要素で構成される。1と3の質問回答については、睡眠の前後に睡眠の質や量に関する質問にオンラインフォームで回答してもらう。2の実験については以下に詳述する。

実験室に参加者が到着したら、実験の説明と同意書による実験参加の同意確認ののち、電極等の装着を行う。実験室に入った後は、練習として本番実験で実施する各課題を体験してもらう。本番ではまず、事前計測(ベースライン:BL)としてすべての課題を実施し課題パフォーマンスと生理指標を計測する。続いて曝露フェーズとして、WEB調査をもとに作成した暴言の音声聞きながら、BLと同様の課題を実施し指標の計測も行う(曝露中データ)。その後、曝露後フェーズとして2回、同様の計測(曝露後データ1,2)を実施したのちに休憩をとる。この休憩については、後述するように3条件設けることで暴言聴取からの回復過程におけるより良い休憩方法を検証する。休憩条件は、年齢と性別を統制したうえでランダムに割り当てを行う。休憩後は曝露後計測をさらに6セッション(曝露後データ3~8)実施し、計測3回ごとに休憩を挿入する。最後の休憩ののちに最後の計測(曝露後データ9)を計測し、実験終了とする。暴言を聞くなど実験参加者には心理的負荷がかかることが予想されるため、すべての実験が終了したら実験内容に関する十分な事後説明(ディブリーフィング)を実施する。

##### ・休憩の条件

- 単独条件(PC画面を通じて休憩を指示し、緊急時を除いて実験者との交流はない)
- 通話条件(実験者と音声通話を通じて休憩を指示し、加えて感想の聴取やその他雑談を行う)
- 対面条件(実験室内に実験者も入室し、感想の聴取やその他雑談を行う)

##### ・取得予定の各指標

- 生理指標
  - 脳波(最大 13ch 現用品を活用):事象関連電位で課題に関連した脳活動を計測する
  - 心電図(脳波計の機能を活用):心拍変動解析で自律神経系の活動を計測する
  - 皮膚電気活動(機器調達あるいは借用):ストレス反応の指標として精神性発汗を計測する
- 行動指標(予備実験の段階で課題は入れ替えることがある:PCプログラムで取得)
  - Go Nogo task:脳の基本的な認知機能である行動抑制や注意の持続を反映する。情動を含む顔画像の影響を受けることが知られている
  - Psychomotor vigilance task (PVT):持続的注意(覚醒度)の評価に広く用いられている
  - 計算課題:数的処理のパフォーマンス指標として広く用いられている
- その他指標(質問紙など)
  - NASA-TLX(NASA Task Load Index):メンタルワークロードの評価に用いられている質問紙
  - STAI(State-Trait Anxiety Inventory):不安をあまり変化しない特性不安と、状況によって変化する状態不安の2側面から評価する質問紙
  - POMS(Profile of Mood States):変動する気分や精神状態を評価する質問紙。緊張、抑うつ、怒り、活気、疲労、混乱などの下位尺度で構成される。
  - PANAS(The Positive and Negative Affect Schedule):ポジティブ情動およびネガティブ情動の尺度から気分を評価する質問紙。教示を工夫することで現在の気分を評定できる

#### 統計処理

各指標について、実験条件とフェーズを要因とする二元配置分散分析を行う。必要に応じて、ノンパラメトリックな手法も活用する。多重比較補正はHolm法を用いて行う。

#### (4)研究の特色・独創性

本研究は特に、パワハラの直接の被害者ではなくその周囲への影響に着目した点、およびその媒体として音環境に着目した点において独創性がある。また、質問紙や簡単な課題を用いて影響を評価する研究が多い中、実験的手法を用いて暴言の影響を客観的に評価する点、および暴言による影響のみならず影響を受けた後の回復過程に着目した点が特色である。

#### 【研究計画】

初年度には、WEB調査の準備・実施とともに、文献調査、実験の準備、そして予備実験を実施する予定である。

#### (1) WEB調査

➢ パワハラの中でも精神的攻撃の一種である暴言に着目し、実態の把握を行う。

#### (2) 文献調査

➢ 実施する課題の最終的な選定のため、文献調査を行う。

#### (3) 実験準備

➢ WEB調査の内容を受けて、暴言刺激の選定を行う。

➢ 文献調査の結果を参考に、実験で用いる課題の作成を行う。

#### (4) 予備実験

新型コロナによる感染症の状況を見極めながら、刺激や課題の妥当性を確認する予備実験を年度の後半に実施する。

#### 【研究成果】

令和2年6月の事前評価終了後から、主にWEB調査の準備と文献調査を実施した。

#### (1)WEB調査

職場におけるハラスメントの中でも、精神的攻撃の一類型である暴言に着目し、実態の把握のために行うものである。後述する文献調査と分担研究者との打ち合わせを通して、調査に盛り込む質問項目や質問紙の選定を行った。質問紙の構成が決まったため、令和2年10月末に研究倫理委員会の審査を受け、11月10日現在では倫理審査の結果通知を待っている状況である。

WEB調査は倫理審査の結果が通知され次第、すぐに調査会社に発注し年内に結果を受け取る予定である。結果を受け取った後は、暴言の悪影響について検証するとともに、調査によって明らかになった暴言の実態についても取りまとめを行う、この結果は、来年度実施予定の実験に活用する予定である。

#### (2)文献調査

職場に存在するストレスとその影響に関する研究を中心に、文献調査を実施した。その中で、WEB調査に盛り込むべき質問項目や、質問紙について情報を収集した。調査結果については、年度内に実施予定のWEB調査の質問項目として活用している。

#### (3)実験準備

実験に使用する刺激については、WEB調査で暴言の実態を把握したのちに準備する。

実験で用いる課題については、文献調査を続けている。



#### (4) 予備実験

新型コロナの新規感染が収まらないため、外部から被験者を呼んで行う予備実験は行わないことと

した。代わりに刺激の選定が終わり次第、所員を対象とした予備実験の年度内の実施を計画している。

#### (12) 高年齢労働者における技能学習の促進と定着における睡眠の効果に関する多角的検討

玉置應子(産業保健研究 G),久保智英(同),西村悠貴(同),川上澄香(同),佐々木 毅(同),池田大樹(人間工学研究 G),高橋正也(過労死等防止調査研究 C)

##### 【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)

##### ● 高年齢労働者と労働災害

日本社会では高齢化が特に進行しており、65 歳以上の高齢者が総人口に占める割合は 2019 年 9 月時点で 28.4%である(総務省統計局)。これにともない、高齢者の就業率も上昇しており、高齢者の就業者数は過去 10 年間で約 1.5 倍に増加し(厚生労働省 第 5 回「人生 100 年時代に向けた高年齢労働者の安全と健康に関する有識者会議報告書」報告書案より)、2018 年の時点で過去最多の 862 万人を記録している(総務省統計局)。一方で、労働災害による休業4日以上死傷者数のうち、高齢の労働者が占める割合も増加傾向にあり、2018 年には、休業 4 日以上死傷者の約 26%が 60 歳以上の労働者を占めていた(厚生労働省 第 5 回「人生 100 年時代に向けた高年齢労働者の安全と健康に関する有識者会議」報告書案より)。とりわけ高齢者には、転倒・墜落・転落災害、動作の反動・無理な動作などの発生率が高く、今後一層、高年齢労働者が増えていくことから、これらの災害の増加をいかに抑制するかが重要となる。人生 100 年時代を見据えて、加齢に関連した労働災害を減らし、高年齢労働者が安心して健康に働くことができる持続可能な労働社会の実現を目指すことは急務の課題である。

これまで高齢者の労働災害には、主として高齢者の身体機能の低下が検討され、対策が講じられてきている(厚生労働省「高年齢労働者の安全と健康確保のためのガイドライン」)。厚生労働省のホームページや公開されているマニュアル等も、身体的機能の低下に対する留意点が主に示されている。しかし、ここで大事なことは、加齢による機能低下は身体的なものだけでなく、認知的な機能にも影響があることである(Nyberg et al., 2008; Craik & Rose, 2012; Baran et al., 2016)。

まず、労働者が再就職する場合には、解雇その他の事業主の都合、または定年退職による再就職が多いため、同じ職場で継続雇用される再雇用という形態であるとは限らない(厚生労働省 高齢・障害者雇用対策部高齢者雇用対策課調べ)。65 歳以上の男女が退職後に同じ仕事内容についている人の割合は 25%にとどまり、16%は異なる仕事内容に就いたと回答している(JILPT「高年齢者の雇用・就業の実態に関する調査」2009)。これは一定数の高齢者が、これまでに経験したことのない不慣れた業務に就労することを意味している(厚生労働省 第 5 回「人生 100 年時代に向けた高年齢労働者の安全と健康に関する有識者会議報告書」報告書案より)。たとえば 65 歳以上の高年齢労働者では、サービス業、運搬業、事務業に従事することが多く(政府統計の総合窓口(e-Stat); <https://www.e-stat.go.jp/>)、こういった職業で新たな訓練が必要になると考えられる。しかし、加齢に伴い学習・記憶などの認知機能は悪化することが知られている(Nyberg et al., 2008; Craik & Rose, 2012)。そして、労働災害の発生には、高齢であることだけでなく職務経験の浅いことが関係するという報告があり(Cellier et al., 1995; Liisa, 1994)、加齢に伴う学習などの認知機能の悪化が労働災害の発生に関与する可能性がある。さらに、高齢者が再就職に成功しても職場に不適応を起こし、メンタルヘルスが悪化するなどし(Mitchell & Anderson, 1989)、その結果として多くの退職者の存在があることも危惧されている(中央調査報 No.527)。つまり、高齢者における学習の悪化に関連し、高齢者が新しい職場に十分に適応できず、その結果、メンタルヘルスの悪化や作業ミスによる怪我及び事故の発生によって、退職せざるを得ないという状況が水面下で生じていることが懸念される。これらのことから、高齢者が新たな職場環境において新しい技術を身につける状況を想定し、加齢に伴う身体機能の変化だけでなく、新しい技術を習得するプロセスである学習という認知機能についても掘り下げて検討する必要がある。年齢に即した安全で効果的な仕事を行う

ための学習方法を提案することで、国際目標である「持続可能な開発目標」(Sustainable Development Goals: SDG)の少なくとも一部(成長・雇用を促進することや不平等をなくすこと)に貢献することができると考えられる。本研究では、このような行政的ニーズや労働現場におけるニーズを考慮し、高齢労働者における学習プロセスを多角的に検討することを目的とする。とりわけ学習における睡眠の役割を明らかにする。以下に詳しく述べるように、学習においては睡眠がクリティカルな役割を果たし、加齢における睡眠の変化は、脳機能ひいては労働災害にも関わると考えられる。まず、睡眠障害や睡眠の質の低さは労働災害に強く関係することが先行研究から示されている(Uehli et al., 2014)。さらに、高齢であるという要因は、睡眠障害に関わる労働災害のリスクを高める(Uehli et al., 2014)と注意が喚起されている。実際に、高齢者では睡眠障害があると転倒リスクが高まることも報告されている(Avidan et al., 2005)。加齢・学習・睡眠の関係は、人生100年時代に向けて、今後精力的に開拓をしていくことが重要となる研究領域である。本研究成果をとおして、高齢労働者が安全かつ円滑に新しい技能を習得できるよう、作業環境についての指針を示すことも可能になると考えられる。

- 高齢労働者における技能学習と睡眠

本研究では、学習の中でもスキルの習得である技能学習を検討し、技能学習における睡眠の役割を検討する。技能学習は、コンピュータの操作、車両の運転や機械の操作など、様々の場面で必要とされ、労働現場で高齢労働者が安全に働くために非常に重要な役割を果たす。それでは、技能学習はどのようにして習得されるのだろうか？まず実際に課題に取り組み訓練することによって、技能が向上することが知られている(技能の獲得)。しかし、学習は技能の獲得段階で完了するわけではない。実際の訓練なしに、休憩中に学習の処理が進むことがわかりつつある。訓練なしに学習が向上することをオフライン学習といい、近年、睡眠がオフライン学習において重要な役割を果たす可能性が指摘されている(Tamaki et al., 2007, 2008, 2009, 2013, 2019, 2020)。申請者らの研究から、睡眠中のオフライン学習には、技能の飛躍的な向上である学習の促進と、技能が他の課題によって壊されにくく強固になる学習の定着という2つの異なるプロセスがあり、ノンレム睡眠(nonrapid eye movement (NREM) sleep)とレム睡眠(REM sleep)という異なる睡眠が関わることを示されている。また、この異なるプロセスには、脳の可塑性(plasticity)の度合

いに関係することもわかりつつある。脳の可塑性とは、脳の神経系の変化のしやすさである。たとえば乳幼児が成長するに伴い、物を目で追ったり、つかんだり、言葉を話すことができるようになる、これらの変化は幼少期の脳の可塑性の高さに関係している(e.g. Hensch et al., 1998; Hensch, 2005)。ただし、脳の可塑性は大人になっても消失するわけではなく、たとえば、訓練によって、以前にはできなかった難しい作業ができるようになる。これが学習である(e.g. Karni et al., 1995, 1997; Schmidt-Hieber et al., 2004; Doyon, 2005)。つまり脳の可塑性とは学習の基盤として考えられている。申請者の研究から、学習の2つのプロセスには、睡眠中の相反する脳の可塑性の度合いが関係することがわかった。具体的には、学習の促進にはノンレム睡眠における脳の可塑性の高さ(変化のしやすさ)が関係し、学習の定着はレム睡眠における脳の可塑性の低さ(変化のしにくさ)に依存することが示された。言い換えると、技能課題の訓練後の睡眠中には、まずノンレム睡眠において、脳の可塑性が高まり、これが学習の促進、変化を促す。そして、その後続くレム睡眠によって、脳の可塑性が著しく低下し、これが、ノンレム睡眠中に生じた変化を固定する。このような2段階のプロセスが申請者の研究から明らかにされた。

ただし、この知見は若年成人の研究結果に基づいている。高齢化によって、寝つきにくくなる、睡眠の持続が悪くなるなど、睡眠の質は低下し(Mander et al., 2016; Fogel et al., 2017)、学習に関連するノンレム睡眠やレム睡眠の量が減る(Cajochen et al., 2006; Carrier et al., 2001; Martin et al., 2013; Van Cauter et al., 2000)などの構造的な変化も報告されている(睡眠の歪み)。学習の促進はノンレム睡眠、学習の定着はレム睡眠に依存し(Tamaki et al., 2017, 2018; Tamaki et al., *Accepted*)、高齢者ではいずれの睡眠も減る(Van Cauter et al., 2000)ことをあわせて考えると、学習の促進と定着の両方が低下している可能性がある。本研究ではまず、加齢が技能学習の促進と定着の両方に影響するという仮説を検証する。

- 睡眠中の自発脳活動と技能学習

ノンレム睡眠とレム睡眠の何が学習の促進と定着に貢献するのだろうか？申請者らの研究から、睡眠中の自発脳活動が学習において重要な役割を果たすことが示されている(Tamaki et al., 2013, 2019, 2020)。とりわけ、ノンレム睡眠中の主要な自発脳活動である睡眠紡錘波(sleep spindles, 10-16 Hz)は脳の可塑性の高さと学習促進に、レム睡

眠中の主要な自発脳活動であるシータ波 (theta waves, 5-9 Hz) は脳の可塑性の低さと学習定着に、それぞれ関係することが示唆されている。高齢者ではこれらの主要な自発脳活動にも変容が生じ、それが学習の促進や定着に影響する可能性がある。先行研究では、とりわけノンレム睡眠中の睡眠紡錘波が高齢者では低いと指摘されている (Spencer et al., 2007; Brown et al., 2009; Fogel et al., 2012; King et al., 2013)。さらにレム睡眠中のシータ波が加齢で影響する可能性も示唆されており (Scarpelli et al., 2019)、このようなレム睡眠の変容が学習の定着にも影響している可能性がある。これらを踏まえて本研究では、高齢労働者におけるノンレム睡眠とレム睡眠中の自発脳活動が、技能学習の促進過程と定着過程に寄与するという仮説を睡眠ポリグラフ (PSG) を用いた厳密な生理実験により検証する。具体的には、これらの自発脳活動のどのような特徴が加齢の影響を受けるのか詳細に検討する。

これらの一連の研究により、加齢による睡眠中の学習機能への影響とそのメカニズムが解明されることが予想される。これらの情報をエビデンスとして、高齢者の安全かつ効果的に働くための作業の手順を提案することも可能となり、それが実施されれば、高齢労働者における怪我や事故を防いだり、学習が遅れることによるメンタルヘルスの悪化や適応障害を防ぐこともできる可能性がある。これらの研究成果は、厚生労働省の「高齢労働者の安全と健康確保のためのガイドライン」や、「高齢労働者に配慮した職場改善マニュアル」(厚生労働省)、「高齢労働者の活躍促進のための安全衛生対策」(中央労働災害協会)などのマニュアルに認知機能についての新たな項目の追加を提案することにも結びつく可能性がある。

## (2) 目的

### 目的:

本研究では、高齢労働者における技能学習の促進と定着における睡眠の影響を多角的に検討することを目的とする。具体的には次の 2 点を検討する。

目的1. 高齢者と若年者における技能学習の活動量計による比較 (研究1)

目的2. 高齢者と若年者における睡眠構造と技能学習の関係性についての睡眠ポリグラフによる検討 (研究2)

### 予測:

研究 1: 技能学習を訓練した後の睡眠時間、質、位相などの情報をアクチグラフィ(活動量計)により

求め、高齢労働者では睡眠の質が低下し、学習の促進・定着も低下しているという仮説を検証する。この仮説が正しい場合には、以下の結果が予測できる。

予測 1-1. 学習の促進の度合いは、高齢者では若年者に比べて低い。

予測 1-2. 学習の定着の度合いは、高齢者では若年者に比べて低い。

予測 1-3. 高齢者における学習の促進と定着は、睡眠の質に相関する。

研究 2: 高齢労働者では学習の促進と定着の機能が低下しているが、それぞれはノンレム睡眠およびレム睡眠中の自発脳活動の強さに相関するという仮説を検証する。この仮説が正しい場合には、以下の結果が予測できる。

予測 2-1. 学習の促進はノンレム睡眠における睡眠紡錘波の活動の強さに相関する。

予測 2-2. 学習の定着は、レム睡眠におけるシータ波の活動の強さに相関する。

予測 2-3. これらの相関関係は、高齢者では若年成人と比べて弱い。

## (3) 方法

### 研究 1 の方法

**予備実験** あらかじめ少人数の被験者で予備実験を実施し、難易度や試行数など課題のパラメータを調整しておく。予備実験のデータを用いてパワアナリシス (Faul et al., 2007) を実施し本実験でのサンプルサイズ (被験者数) を決定する。

**被験者** 実験には健康な高齢者男女 (高齢群: 65-80 歳) と若年成人男女 (若年群: 20-35 歳) の異なる被験者グループが参加する。右利きで、運動技能課題の訓練を受けたことがないものとする。若年者も高齢者もある程度ブラインドタッチのできるものとする。教育歴などバックグラウンドの条件を統制するため、高齢者はホワイトカラーとして働いている者とする。実験参加希望者には詳細な事前調査を実施し、正常な視力や運動能力があり、規則的な睡眠覚醒習慣があり、睡眠など健康上の問題のなく、非喫煙者である参加者を厳密に選定する。事前調査として、ピッツバーグ睡眠質問票日本語版 (PSQI; Buysse et al., 1989; Doi et al., 2000)、朝型夜型質問紙 (MEQ; Horne and Östberg, 1976)、自己評価式抑うつ性尺度 (SDS; Zung, 1965)、状態-特性不安尺度 (STAI; Spielberger et al., 1983) についても調査する。睡眠の質を評価する PSQI global score が著しく高く睡眠の質が悪いことが示唆される者や MEQ スコアにより極端な夜型・朝型に相当する者、睡眠愁訴のある者、鬱や不安の程

度の高い者、その他にも現在健康上に問題のある者は除外する。睡眠前の覚醒時間の影響をコントロールするために昼寝の習慣のない人とする。睡眠へのカフェインの影響を考慮するため日常的なカフェイン摂取量が1日10杯未満の人とする。1週間以内に時差のある旅行をしていないことも確認する。

**実験デザイン** 実験一週間前から生活統制期間を開始し、睡眠ログに記入し活動量計を装着してもらい、睡眠・覚醒のタイミングや睡眠の質などを検出する。睡眠覚醒習慣に著しい乱れが確認される場合には、実験を延期する。実験当日は日中に研究所に来所してもらい、課題Aの訓練などを実施してもらい、その後、自宅にて通常の睡眠をとってもらい、翌日に再び来所し、課題B訓練などを実施してもらい、実験前日から実験終了までの間はアルコール摂取を控えてもらい、活動量計の装着と睡眠ログへの記録は、実験終了まで継続してもらい、睡眠・覚醒などを検出する。実験当日は、コンピュータゲーム、アルコールやカフェインの摂取、非日常的な活動(例えばマラソンに参加する等、非日常的で急激な活動量の変化を伴うもの)を控えてもらい、通常の就床時刻に寝て、通常の起床時刻に起きてもらう。

**系列学習課題** 系列学習には、標準的な課題であるフィンガータッピング課題(finger-tapping motor-sequence task; Karni et al., 1995; Tamaki et al., 2013)を用いる。

被験者は非利き手である左手を用いてあらかじめ決められた系列で標準的なキーボードをできるだけ素早く正確にタイプする。入力する数値は画面に提示されている。系列は4つの数値から構成される複数要素の系列とする。課題AとBとで異なる系列を用いる。この課題では、訓練される系列に学習が特有に起きるといった特異性がある。たとえばある系列で訓練した(「課題A」)すぐ後に、別の系列で訓練する(「課題B」)と、課題Bの訓練によって課題Aの学習が破壊される(逆行性干渉; Korman et al., 2008)。しかし課題A訓練の後で学習が定着するまでの時間をおくと課題Bの訓練はもはや課題Aの学習を破壊せず、逆行性干渉はみられなくなる。本研究では、課題Aと課題Bとで異なる系列を使用することで、学習の促進と定着を調べる。課題A後テストから睡眠後テストにかけての運動速度を、技能の促進率(%)とする。睡眠後テストから課題B後テストへの運動速度を技能の定着率(%)とする。

**睡眠ログと活動量の計測** 実験一週間前から実験終了までの間、睡眠ログと活動量計を計測する。

活動量計から得られたデータにより、睡眠と覚醒期間を分離し、睡眠の量、質、位相なども解析する。

## 研究2の方法

**予備実験** あらかじめ少人数の被験者で予備実験を実施し、実験デザインを調整する。予備実験のデータを用いてパワアナリシス(Faul et al., 2007)を実施し本実験でのサンプルサイズ(被験者数)を決定する。

**被験者** 実験の被験者は合計24名とする。高齢群(65-80歳)と若年群(20-35歳)の2つのグループを設ける。被験者の選定基準は研究1と同様とする。

**実験デザイン** 実験前一週間にわたり、生活統制期間を設け、睡眠や労働時間についての記録をとり、活動量計(マイクロミニ・RC型 A.MI社製)も計測してもらい、労働時間や睡眠覚醒の規則性を確認する。睡眠覚醒の規則性の確認ができなかった被験者は本実験の対象から除外する。実験は順応睡眠セッションと本実験セッションの合計2セッションから構成される。順応睡眠セッションと本実験セッションは一週間程度の間隔をあけて実施する。順応睡眠セッションは、第一夜効果と呼ばれる一過性の睡眠障害を抑制するために実施する。順応睡眠セッションを実施することで、本実験で質の良い睡眠データが得られることがわかっている(Agnew et al., 1966; Tamaki et al., 2005, 2014, 2016, 2019)。順応睡眠セッションでは、学習課題を実施せず、ただし本実験と同じ条件で睡眠をとってもらい。被験者は午後の早い時間帯に実験室に来所し、睡眠ポリグラフィ(PSG)の電極を装着したのち、睡眠実験室にて仮眠をとる。1~2時間後に起床し、電極を脱着し、帰宅してもらう。昼寝は夜間睡眠と学習に対して同等の効果であることが先行研究から示されている(Mednick et al., 2003; Tamaki et al., 2019, 2020など)。本研究ではこれらの先行研究に準拠し昼寝で実施する。本実験セッションでは、被験者は同様に午後の早い時間帯に研究所に来所し、まず系列学習(「系列学習課題」を参照)の課題Aの訓練を実施し、その後、電極を装着、1~2時間の仮眠中に睡眠ポリグラフィ(PSG)を記録する。仮眠後、電極を脱着し、洗髪をしてもらった後で、しっかり眠気がなくなったことを確認する。睡眠直後の眠気によるパフォーマンス低下(sleep inertia)が報告されているため、仮眠後は30分以上は休憩をとる。課題A訓練前後、睡眠後、そして課題B訓練後の合計4回実施する。主観的および行動的覚醒度を計測するために、各テストセッション前に、スタンフォード眠気尺度(Stanford Sleepiness Scale; Hoddes et al., 1972)とビジランスタスク

(Psychomotor Vigilance Task; Dinges & Powell, 1985)を実施する。

**系列学習課題** 研究1と同様の方法を採用する。

**睡眠ポリグラフィと自発脳活動計測** 睡眠ポリグラフィ(PSG)は脳波(EEG)、眼電図、筋電図から構成される。PSG 記録には PolymatePro MP6000(ミユキ技研)を用いる。PSG データは、標準的な方法で下処理を実施し、睡眠ステージを覚醒、ノンレム睡眠(ステージ1-3)、およびレム睡眠に判定する。ノンレム睡眠中の睡眠紡錘波とレム睡眠中のシータ波は、申請者が開発した自動検出方法によって検出する(Tamaki et al., 2007, 2008)。検出したそれぞれの自発脳活動の強さを周波数解析によって求める(Tamaki et al., 2007, 2008, 2013, 2019, 2020)。自発脳活動の強さと学習パラメータの相関を求める。解析には主として SPSS や Matlab(The MathWorks, Inc.)を使用する。

(4) 研究の特色・独創性

1. 加齢による睡眠中の技能学習の促進と定着への影響を調べることは、世界で初めての試みである。現代では加齢に伴う不眠症などの睡眠障害や睡眠不足によって、学習と記憶に問題が生じることが示唆されている。したがって、高齢労働者の増えている日本社会において、学習・記憶における睡眠の役割を明らかにすることの需要は高い。本研究は、労働科学と脳科学を包括した新たな研究分野を切り開く可能性のある革新的・先駆的な研究として発展する可能性がある。

2. 本研究成果は技能学習にとどまらず他の学習にも応用可能である。運動技能の学習は視覚学習など他の学習と共通する要素が多くあるため、高齢労働者における技能学習のオフラインプロセスを検討することは、技能学習にとどまらず、高齢者における脳の可塑性および学習全般における睡眠の役割を明らかにすることにつながる。したがって本研究の成果は、学習や記憶に問題を持つ人全般への治療的介入を提案することにも結びつく可能性がある。

3. 高齢労働者におけるノンレム睡眠・レム睡眠の技能学習への役割を明らかにすることで、若年健康成人だけでなく高齢者もあわせた、オフライン学習におけるメジャーなモデルを包括し統合する新たな枠組みを提案し、労働科学と神経科学の双方における重要なテーマに貢献することができる。

高齢者の再就職には、自分の希望にそった仕事につくことができないなど、様々な問題が発生すると考えられ、新しい職場に不適應を起こす人も多いのではないかと考えられている。本研究の結果、加齢を考慮した安全で効果的な仕事を行うための学習方法を提案することは、人生100年時代を見据えたサステナブルな労働社会の実現に貢献することができると考えられる。

**【研究計画】**

(1) 研究1と2を実施するための環境を整える。例えば、課題用のプログラムのコーディングなどの行動実験に向けた環境設定、データ解析用のプログラムのコーディング、睡眠実験室のセットアップ、睡眠ポリグラフィ記録に使用するコンピュータセットアップなどを準備する。

(2) 研究1に着手し、予備実験から着実に進める。予備実験の解析結果をよく検討し、仮説の設定、実験デザインやパラメータに問題がないか等を検証する。

(3) 予備実験のデータをもとに、パワーアナリシスを実施し、本実験での被験者数を決定する。その後、研究1でのデータコレクションと解析に着手する。

**【研究成果】**

**予備実験の目的:** 若年成人を対象とした一連の研究から、技能促進と定着はノンレム睡眠とレム睡眠中の脳の可塑性の程度を反映する興奮抑制バランスの変動に依存することがわかった(Tamaki et al., 2020, *Nature Neuroscience*)。さらに興奮抑制バランスの調整には、睡眠中の自発脳活動が関係することが示唆された(Tamaki et al., 2020, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*; Tamaki et al., 2020 bioRxiv)。しかし現代の日本社会においては高齢化に伴い不眠症の有病率が増加している。そこで不眠症による学習変化と学習における自発脳活動の役割を明らかにすることは、労働力の高齢化する日本社会において急務の課題である。本研究では、研究1の本実験を実施するための実験デザインやパラメータ調整のため、および、不眠症による睡眠中の自発脳活動の学習関連の脳領域での変容と運動技能学習の促進・定着への影響を包括的に検討することを目的として実施した。

**予備実験の方法と結果:** 所内の参加希望者(20~50歳台)を対象として、予備実験を実施した。夜間睡眠の質と運動技能学習の関係を検討することを目的として選定基準は設定せずに一晩の睡眠を

はさみ技能の促進(前日を超えるパフォーマンス向上)と定着(パフォーマンスの干渉に対する頑健性)の2側面を検出した。夜間睡眠は活動量計を用いて計測した。

予備実験の結果、合計13名のデータが集まった。それらのデータを、以下の手続きにより、睡眠に問題あり(不眠症状)と問題なし(健常)の2群に分けた。まず活動量計のデータから、睡眠効率が80%未満であった場合に問題ありと判定した。その後、問題ありの場合には、夜間前半における睡眠効率が80%未満であった場合を「中途覚醒」、夜間後半における睡眠効率が80%未満であった場合を「早朝覚醒」、いずれも80%未満であった場合をハイブリッド型として分類した。その結果、健常な睡眠を示すデータは8名(健常群:女性3名,睡眠効率 $90.8 \pm 1.93\%$ , mean  $\pm$  SEM)と睡眠に何らかの問題は5名(不眠症状群:女性2名,睡眠効率 $69.2 \pm 5.21\%$ , mean  $\pm$  SEM)となった。活動量計からは問題はみられなかったがピッツバーグ調査票により睡眠の質が低いことを示したデータは主観的不眠群とした。

### (13) COVID-19 等による医療従事者のメンタルヘルスへの影響と対策の検討

川上澄香(産業保健研究 G),佐々木 毅(同),久保智英(同),井澤修平(同),西村悠貴(同),玉置應子(同),上床輝久(京大(医)精神科神経科),磯部昌憲(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)

COVID-19の流行している今、医療従事者は感染リスクのある中で働いており、既にCOVID-19に関連した労災請求件数は100件を超えている。直接的な感染リスクがあるという点以外にも様々なストレスがある中で医療従事者は業務を行わなければならないため、今後これらが原因の精神障害や過労死事案が日本のみならず世界中で増加する可能性がある。COVID-19流行時の医療従事者のメンタルヘルス対策として、組織的な対応と個人的な対応の2つが考えられる。組織的な対応としては、例えば、こうした非常時においても業務自体を行うための体制づくり(物品調達や業務・担当・ローテーションを調整など)や、職員への情報提供、相談窓口等の紹介などが挙げられるだろう。また医療従事者個人が行える対応としては、感染症対応に必要な職務遂行のための知識等(例:標準予防策や守秘義務など)を得て実践することや、ストレス反応やその対処法について知識を得て自身の心身をチェッ

クすること、周囲(同僚や組織、自身の家族など)から得られ得るサポートを把握しコミュニケーションをとること、などが挙げられる。こうした対策は今年の3月末の時点で日本赤十字社ホームページにおいて公開されている。加えて、SARSや新型インフルエンザなど、これまでに起こった大規模感染症流行の際に行われた研究も、今回に活かし得る知見である。例えば、Maunder(2004)は、2003年にカナダにおいてSARSが流行した際に研究を行い、医療従事者の急性ストレス障害に関連する要因を明らかにし、今後に向けていくつか対策を提案した。1つめは、対人隔離の悪影響を考慮し、通信手段を活用するなどして対人隔離によるストレスを軽減すること。2つめは、感染リスクを皆が正しく知ること。3つめは、医療従事者のメディア描写の影響に注意すること。4つめは、医療スタッフや彼らをまとめる立場の者が、危機的状況においても自分たちの回復力を維持することの重要性を認識するために、時間や場所、専門知識を用意すること。5つめに、防護具や感染した場合の生活保障など、実質的なサポートをすることであった。

健常・不眠群それぞれについて、運動技能の促進と定着を検討した結果、健常群では、有意な促進と定着がみられたが、不眠症状群では、促進と定着のいずれもが低下していた。さらに、睡眠問題の種類ごとに促進と定着を検討した結果、入眠障害や

夜間前半の中途覚醒は技能促進の低下に関係し、早朝の中途覚醒は技能定着の低下に関係していた。入眠障害と中途覚醒はノンレム睡眠における自発脳活動に変容をもたらす脳の可塑性が上昇せず、早朝覚醒はレム睡眠における自発脳活動の変容により脳の可塑性がうまく低下しないことに関係する可能性がある。高齢者では早朝覚醒タイプが多いことから、不眠症を抱える高齢者では、学習の定着が弱い可能性がある。

(3) 研究1の本実験の参加希望者を募るとともに、実験を進めている。現時点で、事前調査票への記入者は合計20名まで完了し、これらをクリアした条件を満たす参加者は研究所に来所いただき実験セッションを行っている。

しかし、今回 COVID-19 が日本において流行した際には、どれくらいの医療機関がこれらの医療従事者のメンタルヘルスを守るための知見を活かしていたのか、また、そうした対策がとられていた場合に効果があったのかは不明である。加えて、周囲から得られうるサポートを把握しコミュニケーションをとるなどの様に、個人的な要因によって左右され得るものも含まれているため、管理者側が行う対応だけでなく、個人的な対応や資質についても、メンタル不調の予防要因として扱い、その効果を検討する必要がある。今後、第2波がくることも懸念されるなか、上記の点を明らかにすることは労働衛生上、重要な課題となる。

## (2) 目的

本研究では、新型コロナへの対応などによる医療従事者のメンタルヘルスへの影響を明らかにすることとともに、有効な対策を検討することが目的である。そのために、1) 医療従事者へのヒアリング等、2) Web アンケート、3) 他国(例えばコロナへの対応がうまくいった台湾など)の状況との国際比較調査を実施する。その際、コロナへの対応などの突発的に生じたストレスに対して、医療従事者が現状で入手可能だったサポートと、医療機関の管理者側が用意していた対策について調査をおこなう。加えて、メンタル不調の予防要因として、サポートの得られやすさや、柔軟な組織対応につながる医療従事者本人の要素を明らかにする。

## (3) 方法

本研究では、COVID-19 に関連した業務による医療従事者のメンタルヘルスへの影響と対策について検討する。大規模感染症流行のような突発的に生じたストレスに対して、医療機関やそこに勤める医療従事者がとらうる対策について先行研究のレビューを行い検討する。また、ヒアリングや医療従事者における精神障害労災認定事案を通して、対策を十分にとる余裕のない現場の現実的な側面についても情報を得る。

続いて、それらの結果を踏まえて、500~1000名程度の医療従事者を対象としたアンケート調査を行い、医療機関の管理者側が行った組織的な対応と、医療従事者側ではどのようなサポートを必要としていたのか、医療機関の管理者側は医療従事者側のニーズに合わせて柔軟に対応できていたのか情報を得る。また、メンタル不調の予防に関連する医療従事者本人の要素についても手掛かりを得る。さらに、国際比較も行うことも計画している。

また、アクセス可能な医療機関において、直近3ヵ月程度にサポートの必要性を感じた出来事の

あった者を対象に、ストレスの評価(毛髪などから)と質問紙や行動実験による本人の要素に関する評価も行い、医療従事者の精神状態に対するサポートや個人の資質の効果を検証する。

## (4) 研究の特色・獨創性

本研究の特色は、COVID-19 に関連した業務による医療従事者のメンタルヘルスへの影響と対策に着目した点にある。具体的には、メンタルヘルスへの影響として、COVID-19 などの突発的な危機が生じた際、労働安全衛生管理などの職場の体制と労働者側の特性の相互にどのような影響があったかを明らかにする。加えて、対策面では、医療従事者に対するヒアリングや精神障害の労災認定事案の情報を活用することと、他国との国際比較調査を通じて、医療従事者のメンタル不調を予防するための有効な対策を探る点が獨創的であると考えられる。

## 【研究計画】

初年度では、主にアンケート調査を行うための予備調査を行う。具体的には、以下を計画している。

(1) 大規模感染症流行のような突発的に生じたストレスに対して、医療機関やそこに勤める医療従事者がとらうる対策について先行研究のレビューを行う。

(2) ヒアリングや医療従事者における精神障害労災認定事案も参考とし、現場の制約について情報を得る。

(3) 年内に研究倫理審査委員会で予備調査の研究計画の審査を受ける。

(4) (1)~(3)で得た情報をもとに、2年目の本調査の項目を選定する。

(5) 医療従事者の精神的アウトカムに関与する個人要因について文献収集を行い、3年目に行う調査に備えて課題の作成や評価尺度の選定を行う。

## 【研究成果】

本年度は、大規模感染症流行への対策に関する文献収集と、医療従事者等へのインタビュー調査を行った。COVID-19 は昨年末から流行が始まったが、既にフロントラインで働く医療従事者のストレスに関する文献がいくらか発表されている。加えて、さまざまな学会が、これまでに流行した感染症の教訓から得られる対策を取りまとめ、HP等で公開している。こうした情報を参考に、アンケート調査票の原案を作成した。

続いて、調査票に含める項目の妥当性を検討するために、労災病院において管理者側と現場のスタッフ側の両者に対しインタビュー調査を行った。機構本部の協力を得てヒアリング対象病院を紹介いただき、現時点では、COVID-19 患者の受け入れを

行っており、院内クラスターも発生したことがある 2 施設において調査を行ったところである。看護部長、医療安全管理者、感染管理認定看護師、病棟看護師、外来看護師などを含む 8 名から、本人にとって仕事やプライベートでストレスとなっていること、勤務先の病院の院内体制整備状況、職場の周りの人に体調面・精神面を崩した人はいないか等について

情報を収集した。現在、インタビューの結果を踏まえて調査票の修正を行っている。

今後、調査票を完成させ、年度内に全国の労災病院職員を対象とした WEB を利用したアンケート調査を実施する予定で、機構本部に調整していただきながら準備を進めている。

#### (14) 在宅勤務者の作業環境および姿勢・動作を評価する指標の開発とその妥当性の検証

杜 唐慧子(人間工学研究 G),岩切一幸(同),外山みどり(同),  
時澤 健(同),小山冬樹(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)

令和 2 年春から広まった新型コロナウイルス感染症の影響により、多くの者が在宅勤務を強いられるようになった。また、政府が推進する働き方改革においても、在宅勤務を含むテレワークが推奨されている。在宅勤務は、通勤負担がなくなるといったメリットがある一方で、オフィスのように十分な作業環境を整えることができないといったデメリットがある。これまでは、比較的、テレワークのシステムや作業環境が整った者のみが在宅勤務を行ってきた。しかし、新型コロナ禍においては、システムや作業環境が整っていない者までも在宅勤務となっている。このような者は、個々の生活スタイルにおいて、本来適切ではない姿勢や動作において仕事をしていると思われる。厚生労働省は web ページ「自宅等でテレワークを行う際の作業環境整備」において、在宅勤務時の椅子、机、照明、空調に関する推奨値などを示している。しかし、そのような推奨値を確保するのは容易ではない。その様な中、生活スタイルに合わせた様々な在宅勤務環境が労働者の身体的負担や疲労感にどのような影響を与えるのか、またそれをどのように評価すべきなのかを検討することは有用と考える。

##### (2) 目的

そこで本研究では、在宅勤務者の作業環境および姿勢・動作を評価する指標を作成し、その妥当性を検証することを目的とする。

##### (3) 方法

まず実験室実験において、作業環境や姿勢・動作を評価する指標を提案する(以下、研究①と記載)。事前のヒアリング調査(以下、事前調査と記載)により、在宅勤務で行われている代表的な作業環境や姿勢・動作をピックアップし、実験条件を設定

する。実験条件は、例えば、食卓・椅子を用いた椅座位姿勢にてデスクトップ PC を使用、テーブル・ソファを用いた椅座位姿勢にてノート PC を使用、こたつ台を用いた床に座る姿勢にてノート PC を使用などとする。

実験参加者には、実験条件ごとに 1 時間の VDT 作業を行わせる。測定項目は、首、肩・腕、腰などの三次元的な動作角度および動作の変化頻度、肩と腰部の筋電図(僧帽筋と脊椎起立筋)、心拍数、主観評価などとする。三次元動作角度およびその変化頻度は、予め測定した動作範囲および生理学的・主観的な評価を元に数値化する。例えば、首の角度の場合、ニュートラルな直立姿勢時の角度を基準にし、そこからの可動域限界角度を測定する。その間の角度を、先行研究などをもとに、ニュートラルゾーン(0 度~可動域の約 50%)、エラスティックゾーン(可動域の約 50%~可動域限界値)などに分類して、作業時の姿勢を点数化する。点数は 100 点を満点とし、点数化する項目は首の角度、肩・腕の角度、腰の角度、僧帽筋の筋電図、脊椎起立筋の筋電図、心拍数、各部位の主観評価などとする。これらにより、各条件における平均点数と標準偏差を算出し、例えば、食卓と椅子を用いた椅座位姿勢においてデスクトップ PC を使用する場合の評価得点を確定する。

動作角度の測定に関しては、従来の磁気式または慣性式センサーなどを用いる予定だが、より計測の便利さと精度を上げるため、位置情報を取得する全世界測位衛星装置(GNSS: Global Navigation Satellite System)を実験参加者に装着し、探索的にそれらの装置が人の姿勢変化や動作を捉えられるか検証する。

次いで、在宅勤務者 200 名を対象に、アンケート調査により、在宅勤務時の椅子・机、作業姿勢、動作の有無、使用 PC(ノート/デスクトップ)、作業時



間、パフォーマンス、自覚症状(首、肩・腕、腰などの負担感や疲労感)、身体パラメータ(身長、体重)などを調査する(以下、研究②と記載)。在宅勤務時の椅子・机と作業姿勢は、研究①の結果をもとに点数化する。自覚症状またはパフォーマンスの結果を従属変数、在宅勤務時の椅子・机と作業姿勢の結果を数値化したもの、動作の有無、作業時間、身体パラメータを独立変数として、重回帰分析により、各係数を算出する。これは、200名中150名に対して行い、残りの50名には150名のデータで得られたモデルを当てはめてその妥当性について検討する。

以上の取り組みにより、作業環境や姿勢・動作が在宅勤務者の身体的負担や疲労感へ与える影響を評価する指標の完成を目指す。さらには、評価指標に基づいて作業環境や姿勢・動作の改善策を提案し、小規模の介入研究により、評価指標の効果を検証する。

#### (4) 研究の特色・独創性

本研究の特色は、在宅勤務者の作業環境や姿勢・動作を系統的に評価する指標を提案することである。現在、在宅勤務者の作業環境を人間工学的な視点から評価する指標はなく、とりわけ様々な生活スタイルに合わせた内容のものもない。また、本研究では、萌芽的な研究としてGNSSセンサーを用いた人の姿勢や動作を測定するウェアラブルセンサーの有効性についても検討する。バイオメカニクス研究の分野においては、今後、個々の詳細なデータ収集に加え、簡便かつ大量のデータ収集と系統的な分析が求められる。GNSSセンサーによる姿勢や動作の測定は、船やトラクターなどの乗り物に関しては応用されているが、人の姿勢や動作には用いられていない。もしこれが実現すれば、在宅勤務以外の労働現場などにも応用することができ、ビッグデータの収集ツールとして有用と考える。

### 【研究計画】

#### 研究①

##### (1) 実験前の事前調査

先行研究を調査し、また在宅勤務時の作業環境や姿勢・動作についてヒアリング調査を行う。その結果に基づいて、実験参加者に課せる実験条件を設定する。主には、座り方(床、椅子など)、作業台の有無(机、ひざ上)、モニターのサイズ(ノートパソコン、デスクトップなど)をパラメータにする予定である。

##### (2) GNSSセンサーの検討

高精度なGNSSセンサーを購入し、慣性センサーなどと組み合わせて、人の姿勢や動作が測定可能か検討する。

##### (3) 実験室における被験者実験(予備実験と本実験)

まずは数名の実験参加者を対象にした予備実験を行い、その結果をもとに本実験を実施する。本実験の参加者は予備実験参加者も含め合計で約30名とするが、測定可能な人数までとする。

### 【研究成果】

#### (1) GNSSセンサーの検討

ソフトバンク株式会社から、センチメートル単位の測位精度を持つGNSS機器の提供を受け、それを用いて人体の姿勢・動作を探索的に計測した。GNSSセンサーを被験者の体幹、左右大腿側面に固定し、屋内と屋外において座位、歩行、ストレッチ運動など様々な動作を行わせた。その結果、屋外では、精密な測位のために必要なRTK(Real Time Kinematic)補正信号が十分に受信可能であり、センサーごとの時系列位置データも妥当かつ連続的であった。ただし、センサー間の相対位置にはかなりの誤差が生じた。屋内では、RTK補正信号がほぼ受信できなく、測位値は精確ではなかった。人の姿勢動作をトラッキングするためには、屋内および屋外ともに追跡可能かつ相対位置の精度が正確である必要があるため、現存のGNSS機器では測定に適していないと考えられた。引き続き、ソフトバンク株式会社や他の測位サービス会社と上記の問題について検討していく。

#### (2) 実験条件の決定

在宅勤務時の作業環境や姿勢・動作についてヒアリング調査を行い、実験条件を最終的に13条件に絞り込んだ。作業台はダイニングテーブル、こたつテーブル、テーブル無しとし、作業台に合わせてダイニングチェア、座椅子、座布団、ソファを用意し、情報端末機器はデスクトップPC、ノートPC、タブレットとした。そのうち、ダイニングテーブル+ダイニングチェア+デスクトップPC条件は、コンピュータ使用時の基本姿勢および基本環境に近似することから、コントロール条件とした。

##### (3) 実験室における被験者実験(予備実験と本実験)

現在は、研究所内に在宅勤務を模擬した作業環境を整え、測定機材の妥当性を予備実験にて検討している。本実験は、10月に研究倫理審査委員会にて承認されたことから、12月から年度末にかけて行う予定である。

## 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 「安全で安心な店舗・施設づくり推進運動」の広報及び運動習慣定着支援等事業（第三次産業安全衛生対策関係）に係る技術審査委員会
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（外国人安全衛生管理支援事業（外国人共生センター事業））に係る技術審査委員会
4) 厚生労働省 安全管理支援事業（技能講習補助教材作成事業）に係る技術審査委員会
5) 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
6) 厚生労働省 外国人労働者安全管理支援事業（外国人在留支援センター）に係る技術審査委員会
7) 厚生労働省 外国人労働者安全管理支援事業（技能講習補助教材の作成）に係る技術審査委員会
8) 厚生労働省 外国人労働者安全管理支援事業（安全衛生教育教材の作成）に係る技術審査委員会
9) 厚生労働省 ボイラー等に係る開放検査周期の延長等検討事業技術審査委員会
10) 厚生労働省 温水ボイラーの規制区分の見直し検討事業技術審査委員会
11) 厚生労働省 新技術の導入等を踏まえたボイラー等に係る検査の在り方検討事業技術審査委員会
12) 厚生労働省 「エイジフレンドリー補助金」に係る評価委員会
13) 厚生労働省医政局 プラチナ・ナース就業における実態調査事業検討委員会
14) 厚生労働省計画課 設計・施工管理技術者向け安全衛生教育支援事業の検討会
15) 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
16) 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
17) 厚生労働省 大規模建設工事計画審査委員会
18) 厚生労働省 薬事・食品衛生審議会取扱技術基準等調査会
19) 厚生労働省 令和2年度「見える」安全活動コンクール優良事例選考委員会
20) 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
21) 厚生労働省 安衛法 GLP 査察専門家
22) 厚生労働省 事務所衛生基準のあり方に関する検討会
23) 厚生労働省 化学物質のリスク評価検討会
24) 厚生労働省 リスク評価検討会ばく露評価小検討会
25) 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
26) 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
27) 厚生労働省 職場における熱中症予防に用いる機器の適正な使用法等周知事業に係る検討委員
28) 厚生労働省 「第三次産業労働災害防止対策支援事業（保健衛生業・陸上貨物運送事業）」に係る総合評価落札方式技術審査委員会
29) 厚生労働省 「第三次産業労働災害防止対策支援事業（保健衛生業）」に係る総合評価落札方式技術審査委員会
30) 厚生労働省 「労災疾病臨床研究事前評価委員会」
31) 厚生労働省 「労災疾病臨床研究中間・事後評価委員会」
32) 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
33) 厚生労働省 「トンネル建設工事における粉じん対策調査業務」に係る技術審査委員会
34) 厚生労働省 令和2年度騒音作業場に関する実態把握事業に係る総合評価落札方式技術審査委員会
35) 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
36) 厚生労働省委託事業 「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
37) 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）
38) 厚生労働省 有害性評価原案作成委員会
39) 厚生労働省 芳香族アミン取扱事業場で発生した膀胱がんの業務上外に関する検討会

委員会等の名称

- 40) 厚生労働省 職場における化学物質等の管理のあり方に関する検討会リスク評価ワーキンググループ
- 41) 厚生労働省 脳・心臓疾患の労災認定の基準に関する専門検討会
- 42) 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
- 43) 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」
- 44) 厚生労働省 変異原性試験結果検討委員会
- 45) 厚生労働省 リスク評価検討会ばく露評価小検討会
- 46) 厚生労働省 労災疾病臨床研究中間・事後評価委員会
- 47) 内閣府 食品安全委員会 肥料・飼料等専門調査会
- 48) 内閣府 食品安全委員会 農薬第四調査会
- 49) 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
- 50) 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」
- 51) 経済産業省 「プラントにおける AI の信頼性評価」に関する検討会
- 52) 経済産業省 鉱山における粉じん対策研究会
- 53) 文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター 専門調査
- 54) 総務省 公害等調整委員会
- 55) 環境省委託事業 「令和2年度化学物質の内分泌かく乱作用に関連する総合的調査・研究業務」に係る検討委員会
- 56) 人事院 2021 年度労働基準監督官採用試験 試験専門委員会
- 57) GHS 関係省庁会議 国連 GHS 専門小委員会への対処検討会
- 58) 東京消防庁 警防業務事故再発防止対策検討部会
- 59) 消費者庁 消費者安全調査委員会
- 60) 東京都 環境影響評価審議会
- 61) 埼玉県化学物質対策専門委員会
- 62) 静岡県診療用放射性同位元素(RI)審査会
- 63) 静岡市診療用放射性同位元素(RI)審査会
- 64) 郡山市原子力災害対策アドバイザー
- 65) 厚木市 セーフコミュニティ職場（労働）の安全対策委員会
- 66) 大阪商工会議所 メンタルヘルス・マネジメント検定委員会
- 67) 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
- 68) 中央労働災害防止協会 騒音作業場実態把握に関する検討委員会
- 69) 中央労働災害防止協会 ばく露評価委員会ナノマテリアル測定手法等検討分科会
- 70) 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
- 71) 中央労働災害防止協会 ばく露評価委員会測定手法検討分科会（化学物質）
- 72) 中央労働災害防止協会 ばく露評価委員会
- 73) 中央労働災害防止協会 経皮ばく露評価委員会
- 74) 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）
- 75) 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
- 76) 中央労働災害防止協会 フィットテスト実施人材育成検討分科会
- 77) 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 防爆に関する遠隔監視による新規検定検討委員会
- 78) 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
- 79) 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
- 80) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 令和2年度補正産業保安高度化推進事業（防爆ドローンの要件に関するガイドラインや仕様設計等の調査）有識者委員会
- 81) 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
- 82) 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 原子力における水素安全対策高度化ハンドブック検討会
- 83) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農作業事故詳細調査・分析に係るアドバイザー会議

委員会等の名称

- 84) 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
- 85) 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)
- 86) 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
- 87) 建設業労働災害防止協会 「トンネル建設工事における粉じん対策調査業務」に関する検討会
- 88) 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
- 89) 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
- 90) 建設業労働災害防止協会 「ずい道等建設工事における換気技術指針」改訂委員会
- 91) 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
- 92) 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
- 93) 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
- 94) 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委員会
- 95) 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
- 96) 公益社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会
- 97) 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
- 98) 公益社団法人全国労働衛生団体連合会 労働衛生サービス評価委員会
- 99) 公益社団法人日本保安用品協会 ISO/TC94/SC13
- 100) 公益社団法人日本保安用品協会 呼吸用保護具フィットテスト実施マニュアル等検討委員会
- 101) 公益社団法人日本作業環境測定協会 石綿分析技術評価事業検討委員会
- 102) 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
- 103) 公益社団法人日本作業環境測定協会 サンプリングとデザインの実務(ガイドブック) 改定委員会
- 104) 公益社団法人日本作業環境測定協会 作業環境足底ガイドブック0(総論) 改定委員会
- 105) 公益社団法人日本看護協会 看護労働委員会
- 106) 公益社団法人日本看護協会 看護サミット2021 実行委員会
- 107) 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
- 108) 一般社団法人日本医学会連合 労働環境検討委員会
- 109) 一般社団法人日本機械学会 ISO/TC108/SC4 国内委員会
- 110) 一般財団法人日本海事協会 NK救命艇基準改正検討会
- 111) 一般社団法人日本粉体工業技術協会 粉じん爆発委員会
- 112) 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
- 113) 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
- 114) 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
- 115) 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委員会
- 116) 一般社団法人全国登録教習機関協会 電気自動車整備業務等-特別教育テキスト編集委員会
- 117) 一般社団法人日本建設機械施工協会施工技術総合研究所 建設機械の安全装置に資する技術部会
- 118) 一般社団法人日本トンネル技術協会 ITA 小委員会 展示WG
- 119) 一般社団法人日本マグネシウム協会 消火器開発委員会
- 120) 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
- 121) 一般社団法人仮設工業会 技術委員会
- 122) 一般社団法人仮設工業会 承認審査委員会
- 123) 一般社団法人仮設工業会 単品承認審査委員会
- 124) 一般社団法人仮設工業会 認定検査審査委員会
- 125) 一般社団法人日本クレーン協会 クレーン委員会
- 126) 一般社団法人日本クレーン協会 材料評価分科会
- 127) 一般社団法人日本クレーン協会 設計原則検討委員会

委員会等の名称

- 128) 一般社団法人日本クレーン協会 ロープ委員会
- 129) 一般社団法人日本クレーン協会 移動式クレーン委員会
- 130) 一般社団法人日本クレーン協会 エレベータ小委員会
- 131) 一般社団法人日本ボイラ協会 「ボイラー等に係る開放検査周期の延長等検討事業」における専門委員会
- 132) 一般社団法人日本鋼構造協会 鋼構造と風研究小委員会
- 133) 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・ワーキンググループ 1 及び 3
- 134) 一般社団法人日本電気協会 電気安全関東委員会
- 135) 一般社団法人日本電気協会 濫賞受賞者選考委員会
- 136) 一般社団法人日本電気協会 電気安全全国連絡委員会
- 137) 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会
- 138) 一般社団法人日本電機工業会 「令和 2 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）
- 139) 一般社団法人日本農業機械化協会 ロボット技術安全性確保策検討委員会
- 140) 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
- 141) 一般社団法人日本溶接協会 電気溶接機部会 EMF 対応 WG
- 142) 一般社団法人日本溶接協会 安全衛生・環境委員会
- 143) 一般社団法人日本労働安全衛生コンサルタント会 令和 2 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」
- 144) 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
- 145) 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
- 146) 一般社団法人日本音響学会 音響規格委員会・ISO/TC 43/SC 1 専門委員会
- 147) 一般社団法人日本音響学会 ISO/TC43 国内委員会
- 148) 一般社団法人日本人間工学会 ISO/TC159/SC5/WG1
- 149) 一般社団法人日本人間工学会 ISO/TC159
- 150) 一般社団法人日本人間工学会 ISO/TC159/SC5/WG1+4 分科会
- 151) 一般社団法人日本人間工学会 JIS Z8504 原案作成委員会
- 152) 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
- 153) 東京大学 環境安全総括委員会
- 154) NPO 法人抗がん剤曝露対策協議会
- 155) 日本産業保健法学会
- 156) 全国自動ドア協会 JIS 原案作成委員会本委員会・分科会
- 157) テクノヒル株式会社 (厚生労働省委託事業) ラベル・SDS 活用促進事業検討会
- 158) みずほ情報総研株式会社 安全衛生教育に係る VR 技術の活用検討委員会
- 159) みずほ情報総研株式会社 溶接に係る安全衛生教育教材作成ワーキンググループ
- 160) みずほ情報総研株式会社 陸上貨物運送業・フォークリフト作業に係る安全衛生教育教材作成ワーキンググループ
- 161) みずほ情報総研株式会社 (厚生労働省委託事業) 化学物質, 化学物質管理に係る安全衛生教育教材作成ワーキング
- 162) みずほ情報総研株式会社 (厚生労働省委託事業) 玉掛け、クレーンに係る安全衛生教育教材作成ワーキング
- 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検討委員会・ワーキンググループ委員会
- 164) 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
- 165) 高圧ガス保安協会 事故調査解析委員会
- 166) 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
- 167) 日本建築衛生管理教育センター 粉じん計較正技術委員会
- 168) 全国労働衛生団体連合会 労働衛生サービス評価委員会

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) ISO/TC199 TR22053 (支援的保護システム) 第 1 回国際会議(Fremont)	清水 尚憲
2) ISO/TC199 TR22053 (支援的保護システム) 第 2 回国際会議(Mainz)	清水 尚憲
3) ISO/TC199 TR22053 (支援的保護システム) 第 5 回国際会議(Edinburgh)	清水 尚憲
4) ISO/TC199 TR22053 (支援的保護システム) 第 6 回国際会議(online)	清水 尚憲
5) ISO/TC199/WG3(統合生産システムの安全性) 第 2 回国際会議(Mainz)	清水 尚憲
6) ISO/TC199/WG3(統合生産システムの安全性) 第 3 回国際会議(Fremont)	清水 尚憲
7) ISO/TC199/WG3(統合生産システムの安全性) 第 4 回国際会議(Svedala)	清水 尚憲
8) ISO/TC199/WG3(統合生産システムの安全性) 第 6 回国際会議(online)	清水 尚憲
9) ISO/TC199/WG6 (機械類の安全性：安全距離と人間工学) 第 32 回国際会議 (online)	齋藤 剛
10) ISO/TC199/WG6 (機械類の安全性：安全距離と人間工学) 第 33 回国際会議 (online)	齋藤 剛
11) ISO/TC199/WG6 (機械類の安全性：安全距離と人間工学) 第 34 回国際会議 (online)	齋藤 剛
12) ISO/TC199/WG6 (機械類の安全性：安全距離と人間工学) 第 35 回国際会議 (online)	齋藤 剛
13) ISO/TC39/SC10/WG1 (工作機械の安全性：動力プレス) 第 21 回国際会議 (online)	齋藤 剛
14) ISO/TC39/SC10/WG3 (工作機械の安全性：旋盤) 第 12 回国際会議 (online)	齋藤 剛
15) ISO/TC39/SC10/WG3 (工作機械の安全性：旋盤) 第 13 回国際会議 (online)	齋藤 剛
16) 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 13 回国際会議 (online)	齋藤 剛
17) 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 14 回国際会議 (online)	齋藤 剛
18) IEC TC 101 PT 61340-4-9 Project team member	大澤 敦
19) IEC TC 31/101 JWG29 14th meeting (online)	大澤 敦
20) IEC TC 31/101 JWG29 15th meeting (online)	大澤 敦
21) IEC TC 31/101 JWG29 16th meeting (online)	大澤 敦
22) IEC TC 31/101 JWG29 17th meeting (online)	大澤 敦
23) IEC TC 31/101 JWG29 Expert member	大澤 敦
24) 国際連合「化学品の分類および表示に関する世界調和システム (GHS) 専門家小委員会」	城内 博
25) Joint meeting OECD WPEA and WPHA のバイオロジカルモニタリング専門家会議 (online)	柳場 由絵 小野真理子
26) ECOSOC Sub-Committee of Experts on the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (39th session) (online)	小野真理子
27) OECD 2nd webinar of the Occupational Biomonitoring Project Webex conference	柳場 由絵
28) OECD 3rd webinar of the Occupational Biomonitoring Project Webex conference	柳場 由絵
29) ISO/TC 43(音響)総会 (online)	高橋 幸雄
30) ISO/TC 43/SC 1(騒音)総会 (online)	高橋 幸雄
31) ISO/TC 43/SC 1/WG 67 会議 (online)	高橋 幸雄

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) 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	大塚 輝人
2) 公益社団法人日本保安用品協会 プロテクティブスニーカーに係わる型式認定・推奨事業適正化委員会	清水 尚憲
3) 公益社団法人日本保安用品協会 プロテクティブスニーカー規格改定原案作成委員会	清水 尚憲
4) 公益社団法人日本保安用品協会 安全靴適正化委員会	清水 尚憲
5) 公益社団法人日本保安用品協会 日本安全帯研究会合同委員会	清水 尚憲
6) 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	岡部 康平

	委員会等の名称	担当研究員
7)	一般社団法人日本ロボット工業会 マニピュレータを備えたサービスロボット等標準化調査専門委員会	岡部 康平
8)	一般社団法人レーザー施工研究会 安全部会安全標準作成委員会	清水 尚憲
9)	一般社団法人レーザー施工研究会 人材育成部会教本作成委員会	清水 尚憲
10)	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	板垣 晴彦
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	大西 明宏 菅間 敦
12)	一般社団法人日本クレーン協会 JIS 原案作成委員会	佐々木哲也
13)	一般社団法人日本クレーン協会 JIS 原案作成分科会 (移動式クレーン)	山口 篤志
14)	一般社団法人日本高圧力技術協会 圧力設備規格審議会	佐々木哲也
15)	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	山際 謙太
16)	一般社団法人日本電機工業会 第31小委員会	大澤 敦 大塚 輝人
17)	一般社団法人日本電気協会 需要設備専門部会	大澤 敦 遠藤 雄大
18)	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 遠藤 雄大
19)	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
20)	一般社団法人日本電気協会 需要設備専門部会 電気設備技術基準関連規格等調査委員会需要設備作業会	大澤 敦
21)	一般社団法人日本電気協会 需要設備作業会	遠藤 雄大
22)	一般社団法人日本溶接協会 化学機械溶接研究委員会 WES 2820 改正 WG	山口 篤志
23)	中央労働災害防止協会 機械の安全対策の強化に向けた検討委員会 WG	清水 尚憲
24)	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
25)	高圧ガス保安協会 多孔質物性能試験委員会	板垣 晴彦
26)	みずほ情報総研株式会社 (経済産業省委託事業)「化学物質安全対策」に関わる GHS 分類検討委員会	板垣 晴彦
27)	みずほ情報総研株式会社 (厚生労働省委託事業) 化学設備に係る新たな検査手法の検討会	島田 行恭
28)	静電気対策 JIS 原案作成 E1 分科会	大澤 敦
29)	静電気対策 JIS 原案作成 E2 分科会	大澤 敦
30)	IEC/TC101 国内委員会	大澤 敦
31)	IEC/TC101 PT 61340-4-2 国内委員会	大澤 敦
32)	IEC/TC101 PT 61340-4-9 国内委員会	大澤 敦
33)	IEC/TC31/101/JWG29 国内委員会	大澤 敦
34)	JIS C 61340 4-4 JIS 原案作成委員会	崔 光石
35)	国際連合「化学品の分類および表示に関する世界調和システム (GHS) 専門家小委員会」	城内 博
36)	国際連合「危険物輸送 (TDG) ならびに化学品の分類および表示に関する世界調和システム (GHS) に関する専門家委員会」	城内 博
37)	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
38)	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
39)	ISO/TC146/SC2	鷹屋 光俊
40)	ISO/TC283 国内審議委員会	吉川 徹
41)	ISO/TC108/SC4	柴田 延幸
42)	ISO/TC 43/SC 1	高橋 幸雄
43)	ISO/TC 43/SC 1/WG 17	高橋 幸雄

	委員会等の名称	担当研究員
44)	ISO/TC 43/SC 1/WG 67	高橋 幸雄
45)	International Congress on Occupational Health, Scientific Committee (Thermal Factor)	上野 哲
46)	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

## 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, Satoshi Anraku, Takuma Endo and Kwangseok Choi (2020) Flammability and flame propagation of propane/L-leucine powder hybrid mixtures. Powder Technology, Vol.372, 2020, pp. 694-702.
2) Kwangseok Choi, Hosu Choi and Teruo Suzuki (2020) Charging behavior of glass beads using a spiral air type tribocharging apparatus that utilizes a faraday cup. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol.65, May 2020, p. 104124.
3) Kwangseok Choi, Yuta Endo, Yuki Osada and Teruo Suzuki (2020) Experimental study on the effect of metal protrusions inside silos on electrostatic discharges. Powder Technology, Vol.366, 2020, pp. 661-666.
4) Milad Taghavivand, Poupak Mehrani, Andrew Sowinski and Kwangseok Choi (2021) Electrostatic charging behaviour of polypropylene particles during pulse pneumatic conveying with spiral gas flow pattern. Chemical Engineering Science, Vol.229, 116081.
5) Rieko Hojo, Shoken Shimizu(2020) Behaviour-based safety – humans at the centre. IEC/MSBWhite paper [Safety in the future], pp. 20-22.
6) Rieko Hojo, Christoph F. Bördlein, Naotaka Kikkawa and Shoken Shimizu (2020) Schwerpunkt, Wearables und Smart DevicesWearables und verhaltensorientierte Sicherheit im Rahmen des unterstützenden Sicherheitssystems SSS in Japan. DGUV Forum, 9/2020, pp. 26-28. .
7) Genji Abe, Hideki Oyama*, Keita Honda, Kenji Yashima and Shin-Ichi Izumi (2020) Difference in pain and discomfort of comparable wrist movements induced by magnetic or electrical stimulation for peripheral nerves in the dorsal forearm. Medical Devices: Evidence and Research, 13, 439-447. *Equal contribution. doi: 10. 2147/MDER. S271258.
8) Hitoshi Mori, Shin-Ichi Izumi, Hitoshi Kagaya, Hideki Oyama, Genji Abe, Kenji Yashima and Toshiyuki Takagi (2020) Evaluation of the myoelectric potential of the infrahyoid muscles as a means of detecting muscle activity of the suprahyoid muscles. Jpn J Compr Rehabil Sci 11: 52-58, (Published May 25, 2020) . doi. org/10. 11336/jjcrs. 11. 52.
9) Natsu Sasaki, Kazuhiro Watanabe, Kotaro Imamura, Daisuke Nishi, Mayumi Karasawa, Chiemi Kan, Carol Diane Ryff and Norito Kawakami (2020) Japanese version of the 42-item psychological well-being scale (PWBS-42) : a validation study. BMC Psychol. Vol.20, 8(1) :75. doi: 10. 1186/s40359-020-00441-1.
10) Sugama Atsushi, Tonoike Yasuhiro and Seo Akihiko (2020) Investigation of the functional stability limits while squatting. Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, Vol.30, No.3, pp. 195-203.
11) Hironobu Abiko (2021) Extraction efficiency of alcohols from activated carbon and silica gel sampling agents in the low concentration region. SN Applied Sciences, Vol.3, No.2, Article number 206.



- 12) Norimichi Suzuki, Hiroko Nakaoka, M. Yoshitake Nakayama, Kaya Tsumura, Kohiki Takaguchi, Kazunari Takaya, Akifumi Eguchi, Masamichi Hanazato, Emiko Todaka, Chisato Mori (2021) Association between sum of volatile organic compounds and occurrence of building-related symptoms in humans: A study in real full-scale laboratory houses. *Science of the Total Environment*, Vol.750, No.141635, pp.1-7.
- 13) Hidenori Otani, Mitsuharu Kaya, Akira Tamaki, Heita Goto, Ken Tokizawa, Ronald J Maughan (2021) Combined effects of solar radiation and airflow on endurance exercise capacity in the heat. *Physiol Behav*, Vol.229, pp.113264.
- 14) Tomoaki Matsuo, Rina So (2021) Socioeconomic status relates to exercise habits and cardiorespiratory fitness among workers in the Tokyo area. *Journal of Occupational Health*.63(1):e12187.
- 15) Shigeharu Numao, Rina So, Tomoaki Matsuo, Masaki Nakagaichi, Kiyoji Tanaka (2021) A favorable metabolic profile in metabolically healthy obesity is associated with physical activity level rather than abdominal fat volume in Japanese males. *Journal of Physical Therapy Science*, 33(2): 137-141.
- 16) Takashi Yamauchi, Kunihiko Takahashi, Machi Suka, Takeshi Sasaki, Masaya Takahashi, Toru Yoshikawa, Hiroto Okoshi, Shigeo Umezaki, Hiroyuki Yanagisawa (2020) Longitudinal association between near-misses/minor injuries and moderate/severe injuries in industrial settings by presence/absence of depressive symptoms in a nationally representative sample of workers in Japan. *Occup Environ Med*, Vol. 77, No.12, pp.832-838.
- 17) Sayaka Kawakami, Shota Uono, Sadao Otsuka, Sayaka Yoshimura, Shuo Zhao, Motomi Toichi (2020) Atypical Multisensory Integration and the Temporal Binding Window in Autism Spectrum Disorder. *J Autism Dev Disord*, Vol.50, No.11, pp.3944-3956.
- 18) Taisuke Eto, Petteri Teikari, Raymond P. Najjar, Yuki Nishimura, Yuki Motomura, Manami Kuze, Shigekazu Higuchi (2020) A Purkinje image-based system for rapid and objective assessment of the density and transmittance spectra of the human crystalline ocular lens in vivo. *Sci Rep*, Vol.10, 16445(online).
- 19) Working group on heatstroke medical care during the COVID - 19 epidemic (Japanese Association for Acute Medicine, Japanese Society for Emergency Medicine, Japanese Association for Infectious Diseases, Japanese Respiratory Society) (Task force: Shoji Yokobori, Jun Kanda, Yohei Okada, Yuichi Okano, Hitoshi Kaneko, Tatsuho Kobayashi, Yutaka Kondo, Junya Shimazaki, Shuhei Takauji, Kei Hayashida, Toru Hifumi, Motoki Fujita, Takashi Moriya, Masaharu Yagi, Junko Yamaguchi, Yasutaka Oda, Shinichiro Shiraiishi, Masahiro Wakasugi, Keiki Shimizu, Yasufumi Miyake, Hiroyuki Yokota, Arino Yaguchi, Takeshi Shimazu, Masahiro Asami, Jun Hamaguchi, Tadashi Ishihara, Toshiomi Kawagishi, Yutaka Igarashi, Yohei Hirano, Ryuta Nakae, Yuki Arakawa, Soma Miyamoto, Eri Yamada, Daisuke Ikechi, Junichi Sasaki, Shinji Nakahara, Masashi Ono, Takashi Kawahara, Michihiko Tonouchi, Toshiharu Ikaga, Yuzo Sakamoto, Satoru Ueno, Yasumitsu Mizobata, Naoto Morimura, Joji Tomioka, Satoshi Fujimi, Kiyoshi Matsuda, Shun Moriya, Seizan Tanabe, Kimiyuki Nagashima, Toshimitsu Morizumi, Noriaki Sato, Hiroko Unei, Shigeaki Nishiike, Hiroshi Okudera, Seiya Kato, Hideharu Tanaka, Tetsuya Sakamoto, Hiroki Ohge, Kazuhiro Tateda, Tomoshige Matsumoto, Hiroshi Mukae, Akihito Yokoyama) (2020) Heatstroke management during the COVID - 19 epidemic: recommendations from the experts in Japan. *Acute Medicine & Surgery*, Vol. 7, No.1, e560.
- 20) Hidenori Otani, Takayuki Goto, Yuki Kobayashi, Minayuki Shirato, Heita Goto, Yuri Hosokawa, Ken Tokizawa, Mitsuharu Kaya (2020) Greater thermoregulatory strain in the morning than late afternoon during judo training in the heat of summer. *PLoS One*, Vol.15, No.12, pp.e0242916.
- 21) Wan-Ju Cheng, Li-Chung Pien, Tomohide Kubo, Yawen Cheng (2020) Trends in work conditions and associations with workers' health in recent 15 years: the role of job automation probability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15):1-12. [5499].

- 22) Masako Tamaki, Zhiyan Wang, Tyler Barnes-Diana, DeeAnn Guo, Aaron V. Berard, Edward Walsh, Takeo Watanabe, Yuka Sasaki (2020) Complementary contributions of non-REM and REM sleep to visual learning. *Nature Neurosci*, Vol.23, No.9, pp.1150-1156. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41593-020-0666-y>
- 23) Satoru Ueno (2020) Comparison of correction factor for both dynamic total thermal insulation and evaporative resistnace between ISO 7933 and ISO 9920. *Journal of Physiological Anthropology*, Vol.39:23.
- 24) Hironobu Abiko, Mitsuya Furuse, Tsuguo Takano (2020) Application of Wheeler–Jonas equation and relative breakthrough time (RBT) in activated carbon beds of respirator gas filters. *Air Qual Atmos Health*, Vol.13, No.9, pp.1057-1063.
- 25) Mikko Härmä, Aki Koskinen, Mikael Sallinen, Tomohide Kubo, Annina Ropponen, David A Lombardi (2020) Characteristics of working hours and the risk of occupational injuries among hospital employees: a case-crossover study. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 46(6):570-578.
- 26) Kentaro Shirotsuki, Shuhei Izawa, Nagisa Sugaya, Kenta Kimura, Namiko Ogawa, Kosuke Chris Yamada, Yuichiro Nagano (2020) Imbalance between salivary cortisol and DHEA responses is associated with social cost and self-perception to social evaluative threat in Japanese healthy young adults. *Int J Behav Med*, Vol.27, No.3, pp.316-324.
- 27) Nagisa Sugaya, Shuhei Izawa, Namiko Ogawa, Kentaro Shirotsuki, Shusaku Nomura (2020) Association between hair cortisol and diurnal basal cortisol levels: a 30-day validation study. *Psychoneuroendocrinology*, Vol.116, pp.104650.
- 28) Sang-il Lee, Saki Kinoshita, Anna Noguchi, Taisuke Eto, Michihiro Ohashi, Yuki Nishimura, Kaho Maeda, Yuki Motomura, Yasuhiro Awata, Shigekazu Higuchi (2020) Melatonin suppression during a simulated night shift in medium intensity light is increased by 10-minute breaks in dim light and decreased by 10-minute breaks in bright light. *Chronobiol Int*, Vol.37, No.6, pp.897-909.
- 29) Yuki Ikeda, Yuki Nishimura, Nakyeong Shin, Shigekazu Higuchi (2020) A study of EEG mu neurofeedback during action observation. *Exp Brain Res*, Vol.238, No. 5, pp.1277-1284
- 30) Shigeharu Numao; Yasutomi Katayama, Yoshio Nakata, Tomoaki Matsuo, Masaki Nakagaichi, Kiyoji Tanaka (2020) Association of abdominal fat with metabolic syndrome components in overweight women: effect of menopausal status. *Journal of Physiological Anthropology*, 39(1):12.
- 31) Rina So, Tomoaki Matsuo (2020) Effects of using high-intensity interval training and calorie restriction in different orders on metabolic syndrome: A randomized controlled trial, *Nutrition*. 75-76:110666.
- 32) Rina So, Tomoaki Matsuo (2020) The Effect of Domain-Specific Sitting Time and Exercise Habits on Metabolic Syndrome in Japanese Workers: A Cross-Sectional Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17(11), 3883.
- 33) Makiko Nakano, Takefumi Shinagawa, Yoko Eitaki, Kasuyuki Omae, Ayano Takeuchi, Kota Fukai, Noriyuki Yoshioka, Shigeru Tanaka, Shigeki Koda, tomotake Sobue, Toru Takebayashi. Published online:02 March 2021.; Risk of bladder cancer in male Japanese workers exposed to ortho-toluidine and other aromatic amines. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, <http://doi.org/10.1007/s00420-021-01658-2>
- 34) Mohsen Vige, Kazuhito Yokoyama, Takehisa Matsukawa, Atsuko Shinohara, Katsumi Ohtani, Manak Shariat (2020) Hair Metals Levels and Childhood Weight Gain. *Iranian Journal of Public Health*, 49, 1510-1519.
- 35) Yonggang Qi, Tatsushi Toyooka, Jisheng Nie, Hisayoshi Ohta, Shigeki Koda, Rui-sheng Wang (2020) Comparative  $\gamma$ -H2AX analysis for assessment of the genotoxicity of six aromatic amines implicated in bladder cancer in human urothelial cell line. *Toxicology In vitro*, 66, issue 104880
- 36) Liping Lin, Megumi Suda, Chenlan Xu, Yuehan Zhang, Yukie Yanagiba, Jisheng Nie, Tamie Nakajima, Zuquan Weng, Rui-Sheng Wang (2020) Aldehyde dehydrogenase 2 deficiency significantly exacerbates tert-butyl alcohol-induced toxicity in mice. *J Appl Toxicol*, Vol.40, pp.979-990.

- 37) Araki Kanto, Kiuchi Keita & Kishi Katsumasa. (2021) Risk and Protective Factors for Poorer Overall Health, Increased Psychological Distress, and Suicidal Ideation Due to SARS-CoV-2 outbreak in the General Japanese Population. *OBM Integrative and Complementary Medicine* Vol.6, No.1, p.30. doi:10.21926/obm.icm.2101008.
- 38) Hiroki Ikeda, Tomohide Kubo, Takeshi Sasaki, Xinxin Liu, Tomoaki Matsuo, Rina So, Shun Matsumoto, Masaya Takahashi (2021) Daytime workers with longer daily rest periods have smaller sleep debt and social jetlag: a cross-sectional web survey. *Behavioral Sleep Medicine*, Vol. 19, No. 1. PP. 99-109.
- 39) Kiuchi Keita, Kishi Katsumasa & Araki Kanto (2020) A foundational assessment of the effects of the spread of COVID-19 virus infection and related activity restrictions on mental and physical health, psychological distress, and suicidal ideation in Japan. *Asia Pacific Journal of Public Health* Vol.32, No.8, pp.463-366. doi:10.1177/1010539520965449.
- 40) Yuki Nishimura, Takeshi Sasaki, Toru Yoshikawa, Tomohide Kubo, Tomoaki Matsuo, Xinxin Liu, Masaya Takahashi (2020) Effect of work-related events on depressive symptoms in Japanese employees: a web-based longitudinal study. *Ind Health*, Vol.58, No.6, pp.520-529.
- 41) Tomoaki Matsuo, Rina So, Masaya Takahashi (2020) Estimating cardiorespiratory fitness from heart rates both during and after stepping exercise: a validated simple and safe procedure for step tests at worksites. *European Journal of Applied Physiology*, 120(11), 2445–2454.
- 42) Akihito Shimazu, Arnold B. Bakker, Evangelia Demerouti, Takeo Fujiwara, Noboru Iwata, Kyoko Shimada, Masaya Takahashi, Masahito Tokita, Izumi Watai, Norito Kawakami (2020) Workaholism, work engagement and child well-being: A test of the spillover-crossover model. *Int J Environ Res Public Health* Vol.17, p.6213.
- 43) Akiomi Inoue, Akizumi Tsutsumi, Hisashi Eguchi, Yuko Kachi, Akihito Shimazu, Koichi Miyaki, Masaya Takahashi, Sumiko Kurioka, Kazuhiko Enta, Yuki Kosugi, Takafumi Totsuzaki, Norito Kawakami (2020) Workplace social capital and refraining from seeking medical care in Japanese employees: a one-year prospective cohort study. *BMJ Open* Vol.10, p.e036910.
- 44) Ro-Ting Lin, Ying-Wen Liang, Masaya Takahashi, Hisashi Eguchi, Akizumi Tsutsumi, Sheng-Hsuan Lin (2020) Effect of implementing an overwork-prevention act on working hours and overwork-related disease: A mediation analysis. *J Occup Health* Vol.61, No.2, p.e12148.
- 45) Yuko Ochiai, Masaya Takahashi, Tomoaki Matsuo, Takeshi Sasaki, Kenji Fukasawa, Tsuyoshi Araki, Masao Tsuchiya, Yasumasa Otsuka (2020) Objective and subjective working hours and their roles on workers' health among Japanese employees. *Ind Health*, Vol.58, No.3, pp. 265-275.
- 46) Koji Mori, Seiichiro Tateishi, Tatsuhiko Kubo, Yuichi Kobayashi, Ko Hiraoka, Futoshi Kawashita, Takeshi Hayashi, Masaki Kobashi, Yoshifumi Kiyomoto, Kota Fukai, Hiroyuki Tahara, Ryuji Okazaki, Akira Ogami, Kazuyuki Igari, Katsunori Suzuki, Hiroshi Kikuchi, Toru Yoshikawa, Takahiro Mori, Ryotaro Ito, Kazuhiro Sakai(2020) Follow-up of Occupational Health Issues and Measures Taken in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Where Decommissioning Work Has Continued Over Six Years Since 2014. *J Occup Environ Med*. Vol.62, No.09, pp.669-679.
- 47) Takumi Iwaasam, Motoki Mizuno (2020) Job Satisfaction and Intention to Stay in Relation to Sport and Exercise Activities Among Nurses of University Hospitals. *Juntendo Medical Journal*, Vol. 66 (2), pp.142-153.
- 48) Katsuya Uchida, Kentaro Hasuoka, Toshimitsu Fuse, Kenichi Kobayashi, Takahiro Moriya, Mao Suzuki, Norihiro Katayama, Keiichi Itoi (2021) Thyroid hormone insufficiency alters the expression of psychiatric disorder-related molecules in the hypothyroid mouse brain during the early postnatal period. *Sci Rep*, Vol.11, No.1, 6723
- 49) Kiuchi, Keita, Kishi, Katsumasa, & Araki, Kanto (2021) Impact of SARS-CoV-2 Outbreak on Physical and Mental Health, Psychological Distress, and Suicidal Ideation, and the Mediating Role of Stressors. *OBM Integrative and Complementary Medicine* Vol.6, No.1, p.18. doi:10.21926/obm.icm.2101010.

表 2-5 原著論文として国内誌(和文)に公表された成果

	国内誌(和文)に公表された論文名
1)	杜丘世豪, 馬場久昌, 板谷海帆, 木村吉郎, 西村宏昭, 大幢勝利(2020) 空力振動時に斜円柱に作用する空気力の特性. 風工学研究論文集, Vol. 26, pp. 288-296.
2)	有木高明, 玉手聡, 堀智仁(2020) 直接基礎と杭の併用基礎の支持特性に関する実験的考察. 地盤工学会, 地盤工学ジャーナル, Vol.15, No.2, pp. 295-310.
3)	遠藤雄大 (2020) 酢酸エチルの噴霧帯電量と噴霧条件の関係. 安全工学, Vol.59, No.5, pp. 296-307.
4)	遠藤雄大 (2020) 可燃性溶剤の噴霧帯電量と導電率の関係. 安全工学, Vol.59, No.3, pp. 175-183.
5)	長田裕生, 鈴木輝夫, 崔光石(2020) エアモータを用いた静電界センサの開発. 粉体工学会誌, Vol.57, No.6, pp. 311-316.
6)	横田英範, 松永武士, 吉原俊輔, 崔光石 (2021) 漏電遮断器における放射イミュニティ性能とその対策例について. 労働安全衛生研究, Vol.14, No.1, pp. 59-64.
7)	小山秀紀, 北條理恵子, 池田博康 (2020) 脊髄損傷に対する動力付外骨格型機器の現状とリスク対策, 労働安全衛生研究, Vol.14, No.1, pp. 15-28.
8)	小山秀紀, 可部明克(2020) 対話型ロボットの動作と音声感情状態に与える影響: 予備調査. 人間工学, Vol.56, No.4, pp. 123-129.
9)	菅知絵美, 吉川徹, 梅崎重夫, 佐々木毅, 山内貴史, 高橋正也 (2020) 情報通信業のシステムエンジニアとプログラマーにおける過労死等の労災認定事案の特徴. 労働安全衛生研究, Vol.13, No.2, pp. 107-115.
10)	高橋弘樹, 高梨成次, 堀智仁 (2020) 転倒工法における縁切り型に関する検討, 労働安全衛生研究, Vol.13, No.2, pp. 125-138.
11)	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.
12)	八島正明 (2020) 産業現場からの乾式安全器の回収と測定. 安全工学, Vol.59, No.6, pp. 424-432.
13)	大西明宏(2020) 休業4日以上での労働災害における転倒原因 月ごとの集計からみた特徴. 人間工学, Vol.56, No.3, pp. 101-107.
14)	高橋潤也, 中島均, 小嶋純, 藤井信之(2021)軟鋼及びオーステナイト系ステンレス鋼溶加材を用いて接合された球状黒鉛鑄鉄の溶接継手に及ぼす溶接後熱処理の影響, 溶接学会論文集, Vol.39, No.1, pp. 24-31.
15)	上野哲 (2021) マスク着用による生理学的負担. 日本職業・災害医学会会誌, Vol.69, No.1, pp. 1-8.
16)	高谷一成(2020)作業環境中の化学物質測定のためのイオン移動度分析装置の開発. しょうとつ, Vol. 17, pp.67-69.
17)	須田恵, 柳場由絵, 豊岡達士, 王 瑞生, 甲田茂樹(2021)マトリックス効果を補正する液体クロマトグラフィ-タンデム型質量分析装置を用いたヒト尿中芳香族アミン類の定量方法. 労働安全衛生研究, Vol.14, No.1, pp. 3-14.
18)	韓書平, 鷹屋光俊(2020)模擬汗へのマンガン化合物溶解評価. 一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の定量一. 労働安全衛生研究, 13 巻 2 号, pp.117-124.
19)	豊岡達士, 甲田茂樹(2020)ベリリウム及びその化合物による健康障害の防止と職場における労働衛生管理一最近の動向と我が国の課題一. 産業衛生学会誌総説, J-STAGE 早期公開 (2020年8月12日)
20)	高田琢弘, 吉川徹, 佐々木毅, 山内貴史, 高橋正也, 梅崎重夫 (2021) 教育・学習支援業における過労死等の労災認定事案の特徴. 労働安全衛生研究. Vol.14, No.1, pp. 29-37.
21)	蘇リナ, 村井史子, 松尾知明(2020) 労働者の身体活動と体力に関する研究 一労働安全衛生総合研究所の取り組み一, 体力科学 69(6):437-445.
22)	山内貴史, 吉川徹 (2020) 業種・職種別に見た精神障害の労災認定事案の分析結果について 産業ストレス研究, Vol.27, No.3, pp.289-298.
23)	吉川悦子, 中尾豊樹, 吉川徹(2020)介護サービス業のストレスとメンタルヘルス一次予防策 産業ストレス研究, Vol.27, No.3, pp.327-332.
24)	佐野友美, 吉川徹, 中嶋義文, 木戸道子, 小川真規, 横本宏子, 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 産衛誌, Vol.62, No.3, pp.115-126.

国内誌(和文)に公表された論文名

- 25) 黒木仁美, 原谷隆史, 吉川悦子, 吉川徹, 川上憲人, 森口次郎, 内田陽之, 大橋史子, 五十嵐千代, 小田切優子, 島津明人, 堤明純, 錦戸典子 (2020) 従業員 8 名の小規模零細企業における参加型職場環境改善モデル事業の 2 年間の取り組み 産衛誌, Vol.62, No.6, pp.249-260.
- 26) 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.

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) Nobutaka Hiraoka, Naotaka Kikkawa and Kazuya Itoh (2020) Centrifuge Modelling of Slope Failure due to Groundwater during Excavation, ICL Contribution to Landslide disaster risk reduction, ISSN 2662-1894.
- 2) Ken Tokizawa, Hirofumi Tsuchimoto, Toru Shimuta (2020) Wearable Technologies For Real-time Monitoring Of Core Temperature In The Heat. Medicine and Science in Sports and Exercise, Vol.52, No.5, pp.S764.
- 3) Su-young Son, Ken Tokizawa (2020) Effect of Fatigue of the Protective Clothing Wearer on Body Balance Performance Caused by Shorten or Prolonged Workload with Heat Exposure. Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol. 1202, pp.856-861.
- 4) Takumi Iwaasa, Takeshi Sasaki, Toru Yoshikawa, Yuko Ochiai, Tomohide Kubo, Tomoaki Matsuo, Xinxin Liu, Masaya Takahashi (2020) Effects of Occupational Stressors on Depressive Symptoms: Longitudinal Study Among Medical Services and Welfare Workers, Ed by W Karwowski, R Goonetilleke, S Xiong, R Goossens, A Murata, Advances in Physical, Social & Occupational Ergonomics, pp.309-315, Cham, Switzerland, Springer.

表 2-7 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) 山際謙太 (2020) 破断面解析におけるディープラーニングの活用事例の紹介. 材料, Vol.69, No.9, pp 644-649.
- 2) 高木元也, 庄司卓郎, 呂健 (2020) 建設業における外国人労働者の労働災害防止に関する研究. 労働安全衛生研究, Vol.13, No.2, pp. 145-150.
- 3) 高木元也 (2020) 小売業, 飲食店, 社会福祉施設における労働災害防止に関する取り組み事例報告. 労働安全衛生研究, Vol.14, No.1, pp. 39-49.
- 4) 富田一 (2020) 帯電金属球の接近時に発生する静電気放電に伴う過度電界の測定. 労働安全衛生研究, Vol.14, No.1, pp. 65-71.
- 5) 大久保利晃 (2020) 健康の疫学、健康管理、Vol.67(11), pp.2-11.
- 6) 大久保利晃 (2020) 第 2 回産業医の専門性、産業医学ジャーナル、Vol.43(3), pp113-116.
- 7) 大久保利晃 (2020) 第 3 回専門産業医を育てる、産業医学ジャーナル、Vol.43(4), pp100-103.
- 8) 大久保利晃 (2020) 第 4 回産業保健の領域、産業医学ジャーナル、Vol.43(5), pp94-98.
- 9) 大久保利晃 (2020) 第 5 回誰のための産業保健、産業医学ジャーナル、Vol.43(6), pp115-119.
- 10) Jun OJIMA (2020) Features of the Japanese Industrial Safety and Health Act: some key points regarding the organization of safety and health management Ind Health Vol.58, No.5, pp.479-486.
- 11) 安彦泰進(2020) 作業環境測定用活性炭捕集剤における有機溶剤脱着率の濃度依存性. 産業衛生学雑誌, Vol.62, pp.192-197.

表 2-8 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) 大嶋勝利 (2020) 計画・設計段階から考える建設工事の安全衛生. 巻頭言, 仮設機材マンスリー, No.433, 仮設工業会, p. 1.

- 2) 大幢勝利 (2020) 巻頭発言 労働災害. 公衆災害の防止. 建設マネジメント技術編集委員会, 建設マネジメント技術, 2020年6月号, p. 5, 東京, 経済調査会.
- 3) 大幢勝利 (2021) ワシントン DC で見かけたくさび緊結式足場. 仮設機材マンスリー, No.437, 表紙及び編集後記, 仮設工業会.
- 4) 大幢勝利 (2021) Sidewalk Sheds in New York. 仮設機材マンスリー, No.438, 表紙及び編集後記, 仮設工業会.
- 5) 遠藤雄大 (2020) 建設現場における感電災害を防ぐ. 仮設機材マンスリー, No.429, pp. 11-16, 仮設工業会.
- 6) 崔光石, 崔旻 (2020) 静電気放電による粉じん爆発及びその対策. 粉体技術, Vol.12, No.9, pp. 18-22.
- 7) 清水尚憲 (2020) 災害事例に学ぶ 機械安全 「インターロック不備による巻き込まれ災害」. 安全と健康, 2020年4月号, Vol.71, No.4, pp. 88-91.
- 8) 清水尚憲 (2020) 災害事例に学ぶ 機械安全 「頻度の高い非正常作業に対する設備対策不備による巻き込まれ災害」の考え方. 安全と健康, 2020年5月号, Vol.71, No.5, pp. 82-85.
- 9) 清水尚憲 (2020) 災害事例に学ぶ 機械安全 「制御機能付き光線式安全装置(PSDI) を取り付けたプレス機械による挟まれ災害」. 安全と健康, 2020年6月号, Vol.71, No.6, pp. 82-85.
- 10) 清水尚憲 (2020) 災害事例に学ぶ 機械安全 「自動搬送装置の点検中に発生したはさまれ死亡災害」. 安全と健康, 2020年7月号, Vol.71, No.7, pp. 82-85.
- 11) 清水尚憲 (2020) 災害事例に学ぶ 機械安全 「機械を停止せずに除去作業をされていて手がロールに巻き込まれた災害」. 安全と健康, 2020年8月号, Vol.71, No.8, pp. 82-85.
- 12) 清水尚憲 (2020) 災害事例に学ぶ 機械安全 「フィルム貼り合わせ機の修理時にフィルム押さえアームに挟まれた災害」. 安全と健康, 2020年9月号, Vol.71, No.9, pp. 82-85.
- 13) 清水尚憲 (2020) 災害事例に学ぶ 機械安全 「金型に付着した金属くずを取り除く作業中に死亡した災害」. 安全と健康, 2020年10月号, Vol.71, No.10, pp. 82-85.
- 14) 清水尚憲 (2020) 災害事例に学ぶ 機械安全 「移動式クレーンの過負荷防止装置を解除した吊り上げを行い補助ジブが折れた災害」. 安全と健康, 2020年11月号, Vol.71, No.11, pp. 80-83.
- 15) 清水尚憲 (2020) 災害事例に学ぶ 機械安全 「天井クレーンの清掃中に感電した災害」. 安全と健康, 2020年12月号, Vol.71, No.12, pp. 82-85.
- 16) 清水尚憲 (2021) 災害事例に学ぶ機械安全 「手持グラインダーで鋼板の切断面バリ取り作業中の災害」. 安全と健康, 2021年1月号, Vol.72, No.1, pp. 76-79.
- 17) 清水尚憲 (2021) 災害事例に学ぶ機械安全 「天井クレーンの巻過防止装置が作動せず, ワイヤロープが切断されてフックが落下した災害」. 安全と健康, 2021年2月号, Vol.72, No.2, pp. 76-79.
- 18) 清水尚憲 (2021) 災害事例に学ぶ機械安全 「木工用の携帯用丸のこ盤でアルミ板を切断中, のこ歯に接触し死亡した災害」. 安全と健康, 2021年3月号, Vol.72, No.3, pp. 76-78.
- 19) 清水尚憲 (2020) 講座「クレーンの安全を考える(12)」クレーン協会機関誌「クレーン」10月号, Vol.58, No.679, pp. 4-7.
- 20) 清水尚憲 (2020) 編集後記, 安全衛生コンサルタント機関誌, Vol.40, No.136, p. 119.
- 21) 濱島京子(2020) コンベア作業の災害防止対策. 安全と健康, 11月号, Vol.71, No.11, pp. 22-25, 中央労働災害防止協会.
- 22) 濱島京子 (2020) 溶接施工における安全意識向上への取組み 労働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. 溶接技術, 7月号, Vol.68, pp. 36-42.
- 23) 濱島京子 (2021) 労働災害防止の考え型をどのように初学者に説明するか～大学講義の取り組みから～. 採録 第55回電気関係事業安全セミナー パネルディスカッション 安全人育成のための基礎・基本-新たな視点-(前編), 電気現場, 2月号, Vol.60, No.705, pp. 50-56.
- 24) 濱島京子 (2021) 討論. 採録 第55回電気関係事業安全セミナー パネルディスカッション 安全人育成のための基礎・基本-新たな視点-(後編), 電気現場, 3月号, Vol.60, No.706, pp. 49-57.
- 25) 山際謙太 (2020) クレーン等の強風対策 特集記事の掲載にあたって. クレーン, Vol.58, No.676, p. 15.
- 26) 北條理恵子 (2020) 安全行動は繰り返し行おう. 安全衛生のひろば, 4月号, No.13404, pp. 20-22.
- 27) 北條理恵子 (2020) それが行動分析学なのだ!. 安全衛生のひろば, 5月号, No.13405, pp. 20-22.

- 28) 北條理恵子 (2020) 安全行動が増えれば不安全行動が減る?! . 安全衛生のひろば, 6月号, No.13406, pp. 20-22.
- 29) 北條理恵子 (2020) スライサーで考えてみよう . 安全衛生のひろば, 7月号, No.13407, pp. 20-22.
- 30) 北條理恵子 (2020) ヒヤリハットにはご褒美を! . 安全衛生のひろば, 8月号, No.13408, pp. 20-22.
- 31) 北條理恵子 (2020) ヒヤリ・ハット行動と報告行動. 安全衛生のひろば, 9月号, No.13409, pp. 20-22.
- 32) 北條理恵子 (2020) 行動と結果の関係を明確に. 安全衛生のひろば, 10月号, No.13410, pp. 20-22.
- 33) 北條理恵子 (2020) 行動分析は創意工夫. 安全衛生のひろば, 11月号, No.13411, pp. 20-22.
- 34) 北條理恵子 (2020) 危険感受性を鍛えよう 行動分析学を使って良い行動へ導くには. 安全衛生のひろば, 2020年12月号, No.13412, pp. 20-22. .
- 35) 北條理恵子 (2021) 風通し良い職場に 職場の問題も行動分析学で解決! . 安全衛生のひろば, 2021年1月号, No.13301, pp20-22.
- 36) 北條理恵子 (2021) 風通し良い職場に 寸劇で解説 会議に遅れる理由. 安全衛生のひろば, 2021年2月号, No.13302, pp20-22.
- 37) 北條理恵子 (2021) 風通し良い職場に 愚痴が止まらないのは性格のせい? 安全衛生のひろば, 2021年3月号, No.13303, pp.20-22.
- 38) 北條理恵子, 大塚輝人, 堀智仁, 菅間敦, 崔光石 (2020) 労働安全衛生総合研究所における諸外国の最新の動向を踏まえた労働安全研究の推進. 労働安全衛生研究, Vol.13, No.2, pp. 151-155.
- 39) 岡部康平, 金子龍三, 於保鴻一 (2020) 品質関連不正行為への提言(実務型QMS) についての研究会質疑. 品質, Vol.50, No.4, pp. 50-56.
- 40) 岡部康平, 永原賢造, 金子龍三, 於保鴻一, 横山真弘 (2020) 品質関連不正行為への提言についての研究会討論(前編). 品質, Vol.50, No.4, pp. 43-49.
- 41) 岡部康平, 永原賢造, 金子龍三, 於保鴻一 (2021) 品質関連不正行為への提言についての研究会討論(後編). 品質, Vol.51, No.1, pp. 13-19.
- 42) 佐藤嘉彦 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等にかかわる最近の動向. 安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.137, pp. 24-32.
- 43) 高木元也 (2021) なぜいま, エイジフレンドリーな職場づくりが注目されているか. エルダー, No.494, pp.38-41.
- 44) 高木元也 (2021) エイジフレンドリーガイドライン—高齢者一人ひとりの健康や体力の状況の把握とそれに応じた対策— . エルダー, No.495, pp.36-39.
- 45) 高木元也 (2021) 高年齢労働者の労働災害防止対策について(ハード対策とソフト対策) . エルダー, No.496, pp.34-37.
- 46) 高木元也 (2021) エイジフレンドリーな現場をつくる. 林材安全, No.864, pp.2-10.
- 47) 高木元也 (2020) 伐木作業, 周辺作業等が被災する労働災害の詳細. 林材安全, No.857, pp. 9-14.
- 48) 高木元也 (2020) 建設現場の安全とコミュニケーション. Re, No.208, pp. 44-47.
- 49) 高木元也 (2020) 伐木作業が被災する労働災害の詳細. 林材安全, No.856, pp. 5-12.
- 50) 高木元也 (2020) ヒューマンエラー対策を考える. 林材安全, No.861, pp. 10-15.
- 51) 高木元也 (2020) 下水道工事事故対策(流され). JASCOMA, Vol.27, No.53. pp. 62-63.
- 52) 高木元也 (2020) リスクを熟知する人を育てるには(トラック編: 交通事故). 安全スタッフ, No.2351, pp. 32-35.
- 53) 高木元也 (2020) リスクを熟知する人を育てるには(トラック編: 墜落・転落①). 安全スタッフ, No.2352, pp. 38-41.
- 54) 高木元也 (2020) リスクを熟知する人を育てるには(トラック編: 墜落・転落②). 安全スタッフ, No.2353, pp. 36-37.
- 55) 高木元也 (2020) リスクを熟知する人を育てるには(トラック編: ひかれる). 安全スタッフ, No.2354, pp. 40-43.
- 56) 高木元也 (2020) リスクを熟知する人を育てるには(トラック編: クレーン編①). 安全スタッフ, No.2355, pp. 30-32.

- 57) 高木元也 (2020) リスクを熟知する人を育てるには(クレーン編②). 安全スタッフ, No.2356, pp. 40-42.
- 58) 高木元也 (2020) リスクを熟知する人を育てるには(クレーン編③). 安全スタッフ, No.2357, pp. 28-31.
- 59) 高木元也 (2020) リスクを熟知する人を育てるには(足場からの墜落・前編). 安全スタッフ, No.2359, pp. 30-32.
- 60) 高木元也 (2020) リスクを熟知する人を育てるには(足場からの墜落・後編). 安全スタッフ, No.2360, pp. 36-39.
- 61) 高木元也 (2020) リスクを熟知する人を育てるには(荷姿の物). 安全スタッフ, No.2361, pp. 30-33.
- 62) 高木元也 (2020) リスクを熟知する人を育てるには(有害物との接触). 安全スタッフ, No.2362, pp. 36-39.
- 63) 高木元也 (2020) リスクを熟知する人を育てるには(転倒災害). 安全スタッフ, No.2363, pp. 32-35.
- 64) 高木元也 (2020) 現場の安全作業の基本その 1 : はしご使用・脚立作業. 安全スタッフ, No.2364, pp. 40-43.
- 65) 高木元也 (2020) 現場の安全作業の基本その 2 : 足場作業・高所作業. 安全スタッフ, No.2365, pp. 28-30.
- 66) 高木元也 (2020) 現場の安全作業の基本その 3 : トラック荷役・移動式クレーン・荷役. 安全スタッフ, No.2366, pp. 42-45.
- 67) 高木元也 (2020) 厳しい作業環境の下. 繰り返し発生する労働災害を防止するためには 一 小規模事業場の安全教育の必要性一. 林材安全, No.855, pp. 2-5.
- 68) 高木元也 (2020) 下水道工事で繰り返し発生する労働災害-硫化水素中毒と飛来・落下災害-. 防水ジャーナル, Vol.51, No.4, pp. 79-84.
- 69) 高木元也 (2020) 建設業で働く外国人労働者の安全問題と対策について. 産業医学ジャーナル, Vol.43, No.3, pp. 23-30.
- 70) 吉川直孝 他(2020) JTA 国際委員会 ITA 統括ワーキング, 第 46 回 ITA 総会および世界トンネル会議(マレーシア報告), トンネルと地下, 一般社団法人日本トンネル技術協会.
- 71) 堀智仁 (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-平成 22 年から平成 26 年の 5 年間に発生した死亡災害-. クレーン, Vol.58, No.680, pp. 18-23.
- 72) 堀智仁 (2020) ドラグ・ショベルの斜面降下時における進行方向の違いと機体の安定性の関係, 建設機械施工, Vol.72, No.3, pp. 22-25.
- 73) 堀智仁 (2020) 建設機械の転倒を防ぐ. 仮設機材マンスリー, No.428, pp. 15-17.
- 74) 平岡伸隆, 広部伸二, 小林繁男ほか(2020) チェーンソーを用いた伐木作業安全マニュアル, pp. 1-92.
- 75) 八島正明 (2020) 産業現場の粉じんの爆発と火災について. セイフティエンジニアリング, No.201, pp. 15-20.
- 76) 八島正明 (2020) ガス切断中に誤って切れたガスホースによる火災. 火災, Vol.70, No.4, pp. 48-53.
- 77) 大塚輝人 (2020) 双方向ライブ通信とプラント安全. THIS ニュース, No.282, pp. 13-14.
- 78) 三浦崇 (2020) 統計でみる感電災害の現状. 北海道のでんき, 令和 2 年 8 月 15 日発行第 748 号, 一般社団法人日本電気協会北海道支部から依頼, pp. 5-13.
- 79) 島田行恭 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施の 5W1H, 安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.137, pp. 33-38.
- 80) 大西明宏 (2020) ロールボックスパレットを安全に取り扱うためのポイント. 安全と健康, Vol.21, No.11, pp. 26-30.
- 81) 大西明宏 (2020) テールゲートリフターからの転落 重傷につながる恐れ. 安全スタッフ, No.2359, pp. 24-29.
- 82) 大西明宏 (2020) トラック荷台からの転落防止を考える 第 1 回: 年間件数はどれくらい?. 陸運と安全衛生, No.612, pp. 12-13.
- 83) 大西明宏 (2020) トラック荷台からの転落防止を考える 第 2 回: どのように転落したのか?. 陸運と安全衛生, No.613, pp. 10-12.
- 84) 大西明宏 (2020) トラック荷台からの転落防止を考える 第 3 回: グリップ・ステップを使った昇降のポイント. 陸運と安全衛生, No.614, pp. 4-6.
- 85) 高橋明子 (2020) 各分野における安全教育 建築. セイフティエンジニアリング, Vol.47, No.200, pp. 22-23.



- 86) Zhiyan Wang, Masako Tamaki, Kazuhisa Shibata, Michael S. Worden, Takashi Yamada, Mitsuo Kawato, Yuka Sasaki, Takeo Watanabe (2020) Visual perceptual learning of a primitive feature in human V1/V2 as a result of unconscious processing, revealed by Decoded fMRI Neurofeedback (DecNef). bioRxiv, DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.11.30.405209> (プレプリント)
- 87) Masako Tamaki, Yuka Sasaki (2020) Sleep-dependent offline performance gain in visual perceptual learning is consistent with a learning-dependent model. bioRxiv, DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.08.16.253260> (プレプリント)
- 88) 鈴木陽一, 佐藤洋, 堀内竜三, 今泉博之, 倉片憲治, 赤松友成, 高橋幸雄 (2021) 音響に関連した標準化と学会の役割 — ISO 規格, IEC 規格, JIS —. 日本音響学会誌, Vol.77, No.2, pp.120-127.
- 89) 倉片憲治, 井上保雄, 大屋正晴, 落合博明, 高橋幸雄, 町田信夫 (2021) 低周波音を含む騒音の測定方法の再検討 — 近年の技術動向及び低周波音問題の現状を踏まえて —. 騒音制御, Vol.45, No.1, pp.16-20.
- 90) 高橋幸雄 (2021) 公害等調整委員会の係属事件から見た近年の低周波音苦情. 騒音制御, Vol.45, No.1, pp.37-40.
- 91) 小嶋純 (2021) ポータブル FT-IR による粉じん中の結晶質シリカの on-site 分析. 安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.137, pp.39-46.
- 92) 山口さち子 (2021) MRI 従事者の安全性と胎児の MRI. 臨床画像, Vol. 37, No. 3, pp.375-379.
- 93) 井上直子 (2021) 海外研究紹介 (Journal of Occupational and Environmental Hygiene Vol.17, No.6-8, 2020). 作業環境, Vol.42, No.1, pp.43-46.
- 94) 高谷一成 (2021) 海外研究紹介 (Journal of Occupational and Environmental Hygiene Vol.17, No.9-10, 2020). 作業環境, Vol.42, No.2, pp.54-57.
- 95) 田中喜代次, 蘇リナ, 沼尾成晴, 松尾知明 (2021) 内臓脂肪面積に及ぼす運動実践と食生活改善の効果. 臨床栄養, 138(2):156-160.
- 96) 田中喜代次, 蘇リナ, 沼尾成晴, 松尾知明 (2021) 減量にともなう内臓脂肪量の変化. 臨床栄養, 138(3):308-312.
- 97) 齊藤宏之 (2020) 書籍紹介—私がすすめるこの一冊—「カトク 過重労働撲滅特別対策班」. 健康開発, 25(2), pp.86.
- 98) 高谷一成 (2020) 海外研究紹介 (Journal of Occupational and Environmental Hygiene Vol.17, No.4-5, 2020). 作業環境, Vol.41, No.6, pp.54-57.
- 99) 時澤健 (2020) コロナ禍の体温—発熱、熱中症、体温計、ウェアラブル深部体温計について—. ビルと環境, Vol. 171, pp.16-23.
- 100) 松尾知明 (2020) 巻頭言：労働衛生分野における体力科学研究, 体力科学 69(6):419-420.
- 101) 小嶋純 (2020) 管理濃度が厳しい物質の管理について — ベリリウムの場合 — . 安全衛生コンサルタント, Vol.40, No.135, pp.37-41.
- 102) 上野哲 (2020) 建設現場における熱中症を防ぐ. 仮設機材 No.430, pp13-16.
- 103) 安彦泰進 (2020) 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. 労働衛生工学, No.59, pp.42.
- 104) 井上直子 (2020) 海外研究紹介 (Journal of Occupational and Environmental Hygiene Vol.17, No.1-3, 2020). 作業環境, Vol.41, No.5, pp.64-67.
- 105) 高谷一成 (2020) 海外研究紹介 (Journal of Occupational and Environmental Hygiene Vol.16, No.11-12, 2019). 作業環境, Vol.41, No.4, pp.50-53.
- 106) 上野哲 (2020) 熱中症の暑熱基準を適用するときの注意点. 安全衛生コンサルタント Vol.40, No.134, pp43-51.
- 107) 齊藤宏之 (2020) 熱中症対策用品を活用した適切な熱中症予防対策. セイフティダイジェスト, 66(4), pp.12-19.
- 108) 齊藤宏之 (2020) 職場の熱中症対策. 安全衛生の HIROBA, 61(5), pp.9-12.
- 109) 齊藤宏之 (2020) クレーン作業における熱中症予防対策. クレーン, 58(6), pp.53-58.
- 110) 齊藤宏之 (2020) 遠隔産業衛生について 産業衛生技術に関わる分野. 健康開発, 24(4), pp.76-78.

- 111) 井上直子 (2020) 海外研究紹介 (Journal of Occupational and Environmental Hygiene Vol.16, No.9-10, 2019). 作業環境, Vol.41, No.3, pp.57-60.
- 112) 岩切一幸 (2020) 腰痛を防ぐ. 仮設機材マンスリー, No.427, pp.32-34.
- 113) 城内博 (2020) クイズで覚えるラベル表示 (第1回) GHSに基づいたラベル,安全衛生のひろば, 2021, 1月号, pp.38-39.
- 114) 城内博 (2020) クイズで覚えるラベル表示 (第2回) GHSの絵表示及びUNRTDGの標札、安全衛生のひろば, 2021, 2月号, pp.26-27.
- 115) 城内博 (2020) クイズで覚えるラベル表示 (第3回) 危険性・有害性区分、絵表示および注意喚起語①,安全衛生のひろば, 2021, 3月号, pp.28-29.
- 116) 甲田茂樹(2020) 巻頭言 現場目線でもばく露を評価する. 作業環境 Vol.41, No.4, p3.
- 117) 鷹屋光俊(2020) 労働環境における粒子状化学物質のばく露管理と測定・分析技術, SAS NEWS 2020-II, vaol. 52, pp. 3-61.
- 118) 甲田茂樹(2020) 俯瞰 (巻頭言) 災害に立ち向かう労働者の安全衛生を考える. 労働の科学 Vol.75, p.257(1).
- 119) 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(2020) 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, 労働衛生工学会, vol. .59, pp. 59-61.
- 120) 高橋正也 (2021) 在宅勤務における労働時間管理. 安全と健康, Vol.22, No.1, pp.22-5.
- 121) 熊谷雅美, 森本俊子, 渡邊昌子, 吉川徹(2020) 今後の看護職の働き方を考える. 看護, Vol.73, No.01, pp.47-52.
- 122) 吉川徹 (2020) COVID- 19による医療施設における防護具の選定、備え等について. Clean Health Safety News 2021.1 No744, pp8-11.
- 123) 吉川徹 (2020) 労働者の安全, 感染対策 ICT ジャーナル Vol.16, No1.2021winter, pp47-52
- 124) 吉川徹 (2020) ストレスチェックの活用①ストレスチェックの職場における活用事例,健康管理 2 2021 第68巻2号通達800号, pp.2-20.
- 125) 吉田勝美,中村つかさ,吉川徹 (2020) ストレスチェックの活用②ストレスチェックの職場における活用事例,健康管理 3 2021 第68巻3号通達801号, pp.10-19.
- 126) 高橋正也 (2020) 概日リズム睡眠・覚醒障害群—交代勤務障害. 最新臨床睡眠学—睡眠障害の基礎と臨床. 日本臨牀 Vol.78, 増刊号 No.6, pp.453-458.
- 127) 木内敬太, 吉川徹, 山内貴史, 高橋正也 (2020) 過労死としての自殺とその予防対策に関する研究動向. 産業精神保健, Vol.28, No.3, pp.265-271.
- 128) 木内敬太 (2020) 仕事のストレスを防ぐ. 仮設機材マンスリー, No.435, pp.37-39.
- 129) 岩浅巧(2020)脳疾患・心臓疾患による過労死を防ぐ.仮設機材 No.434, pp.26-29.
- 130) 久保智英, 川上澄香 (2020) 新しい働き方、休み方へ: 増していく「つながらない権利」の重要性. 安全衛生コンサルタント, Vol.40, pp.48-54.
- 131) 久保智英 (2020) 交代制勤務の看護師 (職場環境改善に向けた介入研究). 令和2年版過労死等防止対策白書, pp.145-146.
- 132) 松元俊 (2020) 働く者の疲労と取組の意義. 安全と健康, Vol.71, No.12, pp.17-19.
- 133) 小田切優子, 高橋正也 (2020) 運輸・交通業におけるストレス—自動車運転従事者のメンタルヘルスをめぐる問題—. 産業ストレス研究 Vol.27, No.3, pp.333-341.
- 134) 吉川悦子, 吉川徹 (2020) ストレスチェック制度における集団分析から職場環境改善につなげるアプローチ, 産業精神保健, Vol.28, 特別号, pp.79-83.
- 135) 吉川徹 (2020) 対策指向型の職場環境改善—全ての働く人々の産業安全保健を—土屋健三郎記念産業医学推進賞受賞者挨拶, 健康開発, Vol.25, Vol.01, pp.10-16.
- 136) 高橋正也 (2020) 睡眠確保と勤務間インターバルの重要性. 整形・災害外科, Vol.63, No.7, pp.899-906.
- 137) 吉川徹 (2020) 過労死・過労自殺の防止, 精神科, Vol.36, No.04, pp.320-326.
- 138) 木内敬太, 吉川徹 (2020) 精神障害の労災認定事案に見るいじめ・ハラスメントと防止対策への視点. 労働の科学, Vol.75, No.4, pp.24-28.

表 2-9 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) 高木元也 (2020) 高齢労働者が安全・健康に働ける職場づくり -エイジフレンドリーガイドライン活用の方法-. 中央労働災害防止協会, pp. 11-56 及び pp. 119-131.
2) 松永猛裕, 菊池武史, 秋吉美也子, 佐藤嘉彦, 岡田賢 (2020) 松永猛裕編, 化学物質の爆発・危険性ハンドブック 評価と対策(分担執筆), 5. 2 節「断熱熱量計: ARC と DARC」, 7. 1 節「アルキルアルミニウム製造中の爆発事故」, 7. 4 節「NaK および NaK 過酸化物の危険性評価」, pp. 200-212, 289-298, 307-313,
3) 大澤敦 (2020) 静電気リスクアセスメント 2020, リスクアセスメントシート p. 223.
4) 玉置應子, 佐々木由香 (2020) 第 8 章 8.6 睡眠恒常性と局所睡眠. 日本睡眠学会編集, 睡眠学 (第 2 版), 東京, 朝倉書店. pp.238-241.
5) 池田大樹 (2020) 職場における睡眠衛生教育. 日本睡眠学会編集, 睡眠学第 2 版, pp.435-438, 東京, 朝倉書店.
6) 小林健一 (2020) 内分泌攪乱化学物質. 末光隆志総編集, 動物の辞典, pp.469-470, 東京, 朝倉書店.
7) 鷹屋光俊(2020)第 IV 章試料採取機器とその取り扱い.デザイン・サンプリングの実務(個人サンプリング) 編集委員会編著,作業環境測定のためのデザイン・サンプリングの実務-C・D 測定編一, pp.41-54,公益社団法人日本作業環境測定協会.
8) 高橋正也 (2020) 交通事故と産業事故, 日本睡眠学会編. 睡眠学 第 2 版. pp.312-317, 東京, 朝倉書店.
9) 高橋正也 (2020) 交替勤務障害, 時差障害, その他, 日本睡眠学会編. 睡眠学 第 2 版. pp.584-586, 東京, 朝倉書店.
10) 吉川徹 (2020) 過労死・過労自殺の労働災害の実態と予防対策. 日本産業衛生学会産業医部会編, 産業医ガイド-基本業務からメンタルヘルスまで 第 3 版, pp.623-629. 東京, 日本医事新報社.
11) 久保智英 (2020) 交替勤務 (第 11 章 社会と睡眠) 日本睡眠学会 睡眠学 第 2 版, pp.364-349. 東京, 朝倉書店.
12) 久保智英 (2020) ポジティブ・リカバリー〜仕事の疲労やストレスと上手く付き合うために〜, 安全スタッフ 別冊付録 4 月 1 日号, 東京, 労働新聞社.

表 2-10 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) 大嶋勝利 (2020) JICA 委託 海外の建設工事にかかる安全標準スペックに関する業務支援報告書. 第 5 章, 公益社団法人土木学会 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, pp. 28-32.
2) 清水尚憲, 北條理恵子 (2020) 情報通信技術(ICT) 等を利用した生産システムにおける安全確保を実現するための調査研究報告書. 日本機械工業連合会. pp. 1-150.
3) 吉川直孝, 大嶋勝利, 平岡伸隆, 梅崎重夫, 豊澤康男 (2020) 厚生労働科学研究費補助金 分担研究報告書 「労働安全衛生法の制定に係る労働災害等の調査」, pp. 35-58, 厚生労働科学研究費補助金 労働安全衛生総合研究事業 「労働安全衛生法の改正に向けた法学的視点からの調査研究」 令和元年度研究報告書(研究代表者: 三柴丈典).
4) 齊藤宏之, 萩原正義, 板垣晴彦 (2020) 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労働安全衛生総合研究事業令和元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.
5) 島田行恭, 渋野哲郎, 高橋明子 (2020) 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. 研究成果報告書, 日本学術振興会, pp. 1-9.
6) Yuki Sato, Chieko Suzuki, Reiko Suzuki, Michiko Shigihara (2020) Epidemiological study quality of diet and related social environmental factors in school children. 2019 Annual Report of Research Grants, Danone Institute of Japan Foundation.
7) 杜唐慧子 (2020) How to swim faster? Focusing on the propulsive force and kinematics of swimming. 年度報告書 (科学研究費助成事業 学術研究助成基金助成金, 若手研究, H30~R2)

報告書の名称	
8)	佐藤ゆき, 嶋原美智子, 鈴木智恵子, 鈴木礼子 (2020) 地産地消からみる震災後のこどもの食事実態と習慣変化に関する疫学研究. 2019 年度研究助成報告書, 公益財団法人日本食生活研究会.
9)	齊藤宏之 (2020) 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 労働安全衛生総合研究事業 令和元年度 総括研究報告書, pp.1-12, 厚生労働省.
10)	齊藤宏之 (2020) 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 労働安全衛生総合研究事業 総合研究報告書, pp.1-14, 厚生労働省.
11)	齊藤宏之 (2020) 室内環境における温湿度, 一酸化炭素ならびに二酸化炭素の基準の妥当性の検討. 労災疾病臨床研究事業費補助金 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 令和元年度 総括・分担研究報告書, pp.64-75, 厚生労働省.
12)	劉欣欣 (2020) 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~R2)
13)	池田大樹, 佐々木毅, 岩切一幸, 高橋正也 (2020) 副業・兼業を行う労働者の健康状況等に関する調査. pp.1-77.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.
14)	佐藤ゆき, 佐々木毅, 岩切一幸, 高橋正也, 吉川徹. 令和元年度行政要請研究報告書 労働者の健康確保対策に関する調査 (事業所調査). pp.1-46, 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.
15)	齊藤宏之, 柴田延幸, 山口さち子, 萩原正義, 高谷一成, 小山冬樹 (2020) 事務所における CO 等の測定頻度に関する研究, pp.1-74, 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.
16)	山田憲一, 北出和久, 鷹屋光俊, 田村三樹夫, 保利一, 宮内博幸, 海福雄一郎, 田中聡平, 寺内靖裕, 本間弘明, 吉栄康城(2021)令和2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.1-108.
17)	鷹屋光俊, 中村憲司, 山田丸, 酒井喜久雄, 西村章, 吉川直孝, 佐藤恭二, 諏訪至, 森正彦, 長谷川正明, 唐澤剛, 村田薫, 国谷勲, 野口真, 湯浅久史, 小島謙太郎(2021)トンネル建設工事における粉じん対策業務実施結果報告書,pp.1-309
18)	小野真理子, 韓書平, 鷹屋光俊, 山田丸, 甲田茂樹, 加藤伸之, 萩原正義, 中村憲司, 高谷一成 (2020)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,, 独立行政法人労働者健康安全機構協働研究報告書, pp. 1-23.
19)	甲田茂樹, 王瑞生, 小野真理子, 豊岡達士, 柳場由絵, 小林健一, 須田恵(2020) オルト・トルイジン等芳香族アミン類による膀胱がんの原因解明と予防に係る包括的研究. 令和元年度厚生労働科学研究費分担研究報告書
20)	甲田茂樹, 王 瑞生, 小野真理子, 豊岡達士, 柳場由絵, 小林健一, 須田恵(2020)オルト・トルイジン等芳香族アミン類による膀胱がんの原因解明と予防に係る包括的研究. 令和元年度厚生労働科学研究費分担研究総括報告書
21)	劉欣欣 (2020) 過労死等防止調査研究センターにおける実験結果の紹介. 令和2年過労死等防止対策白書, pp.160-162.
22)	高橋正也 (2020) 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. 令和元年度研究報告書, 厚生労働省労災疾病臨床研究事業費補助金.

表 2-11 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)	崔光石 (2021) 研究室めぐり. 静電気学会誌, Vol.45, No.1, p.34.
2)	北條理恵子 (2020) 研究会開催記, 日本機械学会ニューズレター, 5月号.
3)	高橋幸雄 (2021) 特集にあたって. 騒音制御, Vol.45, No.1, pp.2-3.
4)	鈴木陽一, 倉片憲治, 今泉博之, 佐藤洋, 山田一郎, 吉村純一, 杉江聡, 横田考俊, 小林知尋, 藤坂洋一, 山崎隆志, 高橋幸雄, 下田康平, 古賀貴士, 平光厚雄, 平川侑, 鈴木航輔 (2021) 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: 2020 パリ会議(オンライン開催) 一. 日本音響学会誌, Vol.77, No.2, pp.155-158.

成果の名称

- 5) 鈴木陽一, 倉片憲治, 今泉博之, 佐藤洋, 山田一郎, 吉村純一, 杉江聡, 横田考俊, 小林知尋, 藤坂洋一, 山崎隆志, 高橋幸雄, 下田康平, 古賀貴士, 平光厚雄, 平川侑, 鈴木航輔 (2021) 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: 2020 パリ会議(オンライン開催) 一. 騒音制御, Vol.45, No.1, pp.41-44.
- 6) 高橋幸雄 (2020) Q&A 工場の計画にあたって, 労働安全衛生上, 目標とすべき作業場内の騒音, 床の振動についてご教示ください。また, 関連して配慮すべき事項などがありましたら教えてください。騒音制御 Vol.44, No.6, p.336.
- 7) 小嶋純 (2020) 編集後記 安全衛生コンサルタント Vol.40, No.135, p.108.
- 8) 阿部一浩, 小笠原英城, 奥野諭, 西野入修, 丸山貴子, 鷹屋光俊(2021) 座談会 新しい測定法開発への挑戦. 作業環境, vol 42, No. 2, pp.4-17.
- 9) 中村憲司(2020)第 92 回日本産業衛生学会報告. 繊維状物質研究, Vol.7, pp.73-75.
- 10) 鈴木一弥(2021) 解題「桐原葆見著: 産業精神衛生の諸問題―不適応現象から比較文化研究まで」. 労働の科学, 76, No.1, p.17
- 11) 鈴木一弥 (2020) 創造的余暇とは何か: 桐原葆見の「創造的余暇」論(1) 労働の科学, 2020;75(8) : 489-491.
- 12) 鈴木一弥(2020)創造的余暇とは何か桐原葆見の創造的余暇論(2). 労働の科学, Vol. 75, No.9, pp.46-48.
- 13) 大久保利晃(2020) 座談会IV産業保健スタッフの役割, 産業保健 21 (100) 24-28
- 14) 大久保利晃(2020) 講演ぜひ皆に伝えたいこと! 健康管理 vol 729, 18-30

表 2-12 研究所出版物として公表された成果

成果の名称

- 1) 山際謙太, 本田尚, 佐々木哲也 (2020) 数値解析を活用した破損事故解析の高度化に関する研究「材料破断面の数値解析手法の開発」, 労働安全衛生総合研究所特別報告, JNIOOSH-SRR-No.50, pp. 9-19.
- 2) 山際謙太, 山口篤志, 本田尚, 佐々木哲也 (2020) 数値解析を活用した破損事故解析の高度化に関する研究「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報告, JNIOOSH-SRR-No.50, pp. 1-7.
- 3) 山口篤志, 山際謙太, 本田尚, 佐々木哲也(2020) 数値解析を活用した破損事故解析の高度化に関する研究「実験力学の援用による数値応力解析の高度化に関する研究-デジタル画像関連法の利用-」. 労働安全衛生総合研究所特別報告, JNIOOSH-SRR-No.50, pp. 21-30.
- 4) 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, 伊藤和也, 北條理恵子(2020) プロジェクト研究全体の概要「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」. 労働安全衛生総合研究所特別報告, JNIOOSH-SRR-No.50, pp. 31-42.
- 5) 吉川直孝, 伊藤真也, 保利彰宏, 酒井喜久雄, 平岡伸隆(2020) 落盤・崩壊災害の防止に関する研究. 労働安全衛生総合研究所特別報告, JNIOOSH-SRR-No.50, pp. 43-55.
- 6) 大塚輝人, 中村憲司, 酒井健二, 板垣晴彦 (2020) トンネル工事における換気効率化のための検討. 労働安全衛生総合研究所特別報告, JNIOOSH-SRR-No.50, pp. 57-67.
- 7) 清水尚憲, 濱島京子, 大嶋勝利, 北條理恵子 (2020) トンネル用建設機械による労働災害防止に関する研究. 労働安全衛生総合研究所特別研究報告, JNIOOSH-SRR-No.50, pp. 69-81.
- 8) 大西明宏, 清水尚憲, 山際謙太, 山口篤志, 吉田武, 山口勲 (2020) 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. 労働安全衛生総合研究所特別報告, JNIOOSH-SRR, No.50, pp. 83-87.
- 9) 大西明宏 (2020) テールゲートリフター使用に起因する労働災害の分析. 労働安全衛生総合研究所特別報告, JNIOOSH-SRR, No.50, pp. 89-97.
- 10) 大西明宏, 清水尚憲, 山際謙太, 山口篤志, 吉田武, 山口勲 (2020) テールゲートリフター使用時の荷・作業者の転落防止設備の開発. 労働安全衛生総合研究所特別報告, JNIOOSH-SRR, No.50, pp. 99-103.
- 11) 高木元也(2020) 小売業飲食店. 社会福祉施設の労働災害を防止しよう! 労働災害を減少させた好事例の紹介(パンフレット). pp. 1-8.

成果の名称

- 12) 吉川直孝, 大嶋勝利, 平岡伸隆, 濱島京子, 清水尚憲, 豊澤康男 (2020) トンネル建設工事における設計段階からの安全衛生対策の検討. 労働安全衛生研究, Vol.13, No.1, pp. 79-84.
- 13) 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(2020) 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」.
- 14) 板垣晴彦(2021) 爆発火災データベースの公開(第6次), 労働安全衛生総合研究所 Webpage.
- 15) 大塚輝人(2020) TR-No.44 参考資料 11, 12, pp. 278-304.
- 16) 大西明宏 (2020) 陸上貨物運送事業におけるトラック荷台からの転落を防ぐために 荷台昇降設備・装備はありますか? (電子ファイル・リーフレット:  
https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/houkoku/houkoku\_2020\_02.html).
- 17) 井上直子, 鷹屋光俊 (2020) 誘導体化反応により有害物質を捕集するパッシブサンプラーの共存物質による問題点と複数物質同時測定の可能性評価方法の検討. SRR-No50-04, pp.125-129.
- 18) 岩切一幸, 鷹屋光俊, 山田丸, 加藤伸之, 外山みどり, 小山冬樹 (2020) 個人ばく露測定用ポンプの装着位置および形状が作業のしやすさに及ぼす影響, SRR-No50, pp.117-124.
- 19) 山口さち子, ソンスヨン, 岩切一幸, 関野正樹, 中井敏晴 (2020) 身体動揺を指標にした磁界ばく露の影響評価, SRR-No50-05, pp.195-199.
- 20) 山口さち子, 井澤修平, 今井信也, 赤羽学, Rianne Stam, 王瑞生 (2020) 妊娠中のMRI 検査業務担当の現況と非電離放射線の意識状況調査—結果概要と対応状況, SRR-No50-05, pp.169-175.
- 21) 山口さち子, 今井信也, 赤羽学, 井澤修平, 王瑞生 (2020) 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, SRR-No50-05, pp.177-185.
- 22) 山口さち子, 井澤修平, 劉欣欣, ソンスヨン, 王瑞生, 中井敏晴, 今井信也, 小林宏一郎, 赤羽学, Rianne Stam, 調査表作成WG, 岩切一幸, 関野正樹 (2020) 医療施設における非電離放射線ばく露の調査研究 (プロジェクト研究全体の概要), SRR-No50-05, pp.159-167.
- 23) 山口さち子, 今井信也 (2020) 勤務日の身体的負荷を考慮に入れた個人磁界ばく露調査, SRR-No50-05, pp.187-194.
- 24) 鷹屋光俊, 山田丸 (2020) 蛍光 X 線測定による気中金属類分析と, 多分散エアロゾル発生システムを利用した気中粒子捕集フィルター標準試料作成の試み. SRR-No50-04, pp. 111-116.
- 25) 鷹屋光俊, 萩原正義, 山田丸, 井上直子, 岩切一幸, 加藤伸之, 菅野誠一郎, 韓書平 (2020) 化学物質のばく露評価への個人ばく露測定の活用に関する研究. SRR-No50-04, pp. 105-109.
- 26) 山田丸, 鷹屋光俊 (2020) 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4種類の粒子捕集効率の評価. SRR-No50-04, pp. 131-134.
- 27) 韓書平, 鷹屋光俊(2020) 個人サンプラーを利用した, 労働環境空気中の低濃度の金属測定・分析に関する検討, SRR-No50-04, pp.135-149.
- 28) 韓書平, 鷹屋光俊(2020) 模擬汗へのマンガン化合物溶解評価—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の定量—, SRR-No50-04, pp.151-157.

2) 学会・研究会における発表・講演

表 2-13 国内の学術集會にて発表・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・講演された論文名

- 1) 北條理恵子 (2020) 安全工学シンポジウム 基調講演.
- 2) 小山秀紀, 北條理恵子, 池田博康 (2020) 脊椎損傷患者に対する Exoskeleton の行動分析. 日本機械学会 2020 年度年次大会. 特別企画プログラム(ワークショップ).

- 3) 高木元也 (2020) 建設現場の労働災害の現状と課題- i-Con. 活用による労働災害防止について. 東京大学大学院工学系研究科 i Construction システム学寄付講座第 3 回ワークショップ「建設現場の安全管理システムの高度化」, 基調講演.
- 4) 西脇洋佑 (2020) 過塩素酸アンモニウム/マグネシウム混合物の湿気による劣化の研究. 2019 年度一般社団法人火薬学会奨励賞受賞講演, 春季研究発表会講演要旨集, pp. 13-16.
- 5) 大澤敦 (2020) 過去 50 年間の静電気爆発・火災事故に学ぶ. 2020 年度第 2 回静電気学会講習会「静電気障災害の実例と対策」.
- 6) 三浦崇 (2020) 統計でみる製造業での労働災害発生状況. VACUUM 2020 真空展 ONLINE, 主催者講演・セミナー「作業安全教育講座」オンライン配信 (30 分依頼講演)
- 7) 時澤健 (2021) 熱中症対策を目的としたウェアラブル深部体温計の開発. 第 85 回日本温泉気候物理医学会シンポジウム「暑熱に対するヒトの生理応答とその対策」, 要旨集, p.50.
- 8) 蘇リナ, 村井史子, 松尾知明 (2021) メタボリックシンドロームの改善に向けた高強度インターバルトレーニングの可能性. 第 41 回日本肥満学会シンポジウム「肥満治療としての運動・スポーツ・身体活動の可能性」, 肥満研究, Vol.26, supplement.
- 9) 劉欣欣, 池田大樹, 小山冬樹 (2021) 令和 2 年度過労死等防止調査研究センター 研究成果発表シンポジウム, 抄録集なし.
- 10) 井澤修平 (2020) 学会発表から論文への一歩. 日本健康心理学会第 33 回大会 機関誌編集委員会企画シンポジウム「健康心理学における研究動向と研究倫理—Journal of Health Psychology Research から見た論文傾向と研究倫理における留意点—」
- 11) 井澤修平 (2020) 爪試料に含まれるコルチゾールを利用したストレス研究. 第 27 回日本行動医学会学術総会シンポジウム「様々な生体試料を用いたストレス研究」(発表予定)
- 12) 山口さち子 (2020) 第 25 回講演会「MRI 安全性の考え方」web 生物学的影響., 第 79 回日本医学放射線学会総会, 要旨なし
- 13) 鷹屋光俊 (2020)NATM 山岳トンネル工事現場の切羽付近における粉じん濃度測定. 国際呼吸保護学会 日本支部 2020 年度呼吸保護に関する研究発表会,資料は同学会のホームページでのみ公開
- 14) 豊岡達士 (2020) ベリリウムによる DNA 損傷応答の抑制と変異上昇に関する研究.日本環境変異原学会第 49 回大会, JEMS/JSOT 合同シンポジウム「身近な遺伝毒性リスク」
- 15) 中村憲司 (2020) 個人用保護具による有害物ばく露防止対策 —災害の現場で身を守るために—, 第 13 回環境教育講演会 気候変動に化学はどう向き合うのか?
- 16) 大谷勝己 (2020)有害物質. 第 42 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 p1-53 (安全工学会).
- 17) 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)アクリル酸系水溶性ポリマー取扱い事業場における曝露状況について 第 93 回日本産業衛生学会, 講演集, p. 423.
- 18) 豊岡達士 (2020) 三次元ヒト培養細胞皮膚を用いた産業化学物質経皮吸収評価の試み.日本産業衛生学会教育講演, WEB 発表
- 19) 高橋正也 (2021) 働き方改革関連法案と産業精神保健学会—睡眠医学の見地から. 第 27 回日本産業精神保健学会・特別講演, 産業精神保健 Vol.28 (増刊号) , p.46.
- 20) 久保智英 (2021) 現場介入研究に関する成果報告. 令和 2 年度過労死等防止調査研究センター 研究成果発表シンポジウム, pp.22-30.
- 21) 木内敬太 (2020) 自閉スペクトラム症者の就労スキル向上を目的としたコーチング事例の報告. 日本 LD 学会第 29 回大会自主シンポジウム「大学生を中心とした成人期発達障害者へのコーチ」, 抄録は電子配布のみページ番号なし.
- 22) 木内敬太 (2020) ガイドラインとエビデンスから考える遠隔心理支援の倫理. 日本ブリーフセラピー協会第 12 回学術会議学会企画シンポジウム「コロナ禍の社会におけるブリーフセラピー」, 抄録は電子配布のみページ番号なし.
- 23) 木内敬太 (2020) コーチング心理学の国際動向とブリーフセラピー. 日本ブリーフセラピー協会第 12 回学術会議ワークショップ, 抄録は電子配布のみページ番号なし.

発表・講演された論文名

- 24) 久保智英 (2020) 過労死等が多発している 5 業種における精神障害事案の分析と予防対策への示唆. シンポジウム「過労死研究の現在と未来」, 第 93 回産業疲労研究会定例研究会, 抄録集なし
- 25) 劉欣欣 (2020) 模擬長時間労働時の血行動態反応, 日本産業衛生学会 産業疲労研究会 第 92 回定例研究会 (WEB 開催). 抄録集なし
- 26) 池田大樹 (2020) 日勤労働者における睡眠負債・社会的時差ぼけと勤務間インターバルの関連性. 第 27 回日本行動医学会学術総会, 抄録集, p.25.
- 27) 吉川徹 (2020) 医師の過労死等事案からみた過重労働対策. 第 93 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.62, (Suppl.), pp.220.
- 28) 吉川徹 (2020) 職場環境改善の意義と進め方. 第 93 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.62, (Suppl.), pp.238.
- 29) 松元俊 (2020) 過労死多発職種であるトラックドライバーの過労死リスク要因の検討. 第 93 回日本産業衛生学会産業疲労研究会自由集会「過労死研究の現在と未来—ミニシンポジウム」, 産業衛生学雑誌, Vol.62 (Suppl) , p.304.
- 30) 劉欣欣 (2020) 長時間労働時の循環器負担のメカニズム解明, 第 93 回日本産業衛生学会, 自由集会 (産業疲労研究会), 産業衛生学雑誌, Vol.62 (Suppl.), p.304.
- 31) 大久保利晃、朝永健太 (2020) 労働者放射線障害防止センターの発足について、大 68 回日本職業・災害医学会学術大会、日本職業・災害医学会会誌第 68 巻増刊号 p 192

表 2-14 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) Mohsen Isaac Nimvari, Milad Taghavivand, Kwangseok Choi, Andrew Sowinski and Poupak Mehrani (2020) Particle Velocity and Electrostatic Charge in Pulse Pneumatic Conveying. CCEC 2020 - 70th Canadian Chemical Engineering Conference, Abstract ID Number: 367.
- 2) Shoken Shimizu and Rieko Hojo (2020) Behavior tracking system under the Safeguarding Supportive System (SSS) at a tunnel construction site. Tunnel Safety and Ventilation 2020. On line, 2020 年 12 月 1 日.
- 3) S. Shimizu., K. Hamajima, S. Umezaki and R. Hojo (2020) Experimental trial of three-dimensional location detection of workers using the Safeguarding Supportive System (SSS) at a tunnel construction site. ITA-AITES World Tunnel Congress, WTC2020 and 46th General Assembly. On line, 2020 年 9 月 16 日.
- 4) Shoken Shimizu, Takahiko Shobu, Naoto Yoshida, Takeo Kiyohara, Christoph Bördlein and Rieko Hojo (2020) Dynamic Risk Assessment to promote collaborative safety among human, Machine, and Environment. Cultuo-Behavior Science Conference 2020 in ABAL, # 15(80) , On line, 2020 年 10 月 9 日.
- 5) Shoken Shimizu, Takahiko Shobu, Naoto Yoshida, Takeo Kiyohara, Christoph Bördlein and Rieko Hojo(2020) Fusion of the machinery safety and Behavior-Based Safety (BBS) – Application of Dynamic Risk Assessment using Task Analysis to manufacturing work site. The 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) , On Line, 2020 年 12 月 8-11 日.
- 6) Shoken Shimizu, Rieko Hojo (2021) Examination of reliability and convenience of the Safeguarding Supportive System (SSS) – Experimental evidence at a company, IEEE Life Tech 2021, Abstract book, p. 63.
- 7) R. Hojo, K. Hamajima, S. Umezaki and S. Shimizu(2020) 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. ITA-AITES World Tunnel Congress, WTC2020 and 46th General Assembly. On line, 2020 年 9 月 16 日.



- 8) Rieko Hojo, Takahiko Shobu, Naoto Yoshida, Takeo Kiyohara, Christoph Bördlein and Shoken Shimizu. A task analysis including worksite area and time factors at a manufacturing company. Cultuo-Behavior Science Conference 2020 in ABAI, # 15(74) , On line, 2020年10月9日.
- 9) Rieko Hojo and Shoken Shimizu(2020) Behavior-Based Safety (BBS) as a novel aspect of the safety risk assessment at a tunnel construction site. Tunnel Safety and Ventilation 2020. On line, 2020年12月1日.
- 10) Rieko Hojo, Christoph Bördlein and Shoken Shimizu(2020) Human Factor for Risk Estimation. the 3rd International Conference on Computational Engineering and Science for Safety and Environmental Problems (COMPSAFE2020) , On Line, 2020年12月8-11日.
- 11) Rieko Hojo, Hideki Oyama and Hiroyasu Ikeda (2021) Task analysis using behavior-based safety (BBS) for safety check list for physical therapist. 39th IEEE International Conference on Consumer Electronics. On line, 2021年1月12日.
- 12) Rieko Hojo, Tetsuo Suhino, Christoph Bordlein, Yuka Koremura and Shoken Shimizu (2021) , Risk distribution method from woker behavior measurement using Behavior-Based Safety Procedure. 2021 IEEE 3rd Global conference on Life Sciences and Technologies, p. 35-36.
- 13) Yuka Koremura, Rieko Hojo and Shoken Shimizu (2021) Principles of behavior for solving problems in man-machine collaboration. 2021 IEEE 3rd Global conference on Life Sciences and Technologies, p. 31-32.
- 14) Hiroki Takahashi, Seiji Takanashi and Tomohito Hori(2020) Fall-down Test of Columns with Lower Part Cutting. Proceedings of International Structural Engineering and Construction, 7(2) , CSA-01-1- CSA-01-6, PDF.
- 15) Kikkawa, N. , Ito, S. , Sakai, K. and Hiraoka, N. (2020) Experimental study on strength and deformation of fiber blended dry mix mortar sprayed in order to prevent a rockfall from cutting face. ITA-AITES World Tunnel Congress, WTC2020, p. 6, 2020.
- 16) Hiroyasu Ikeda, Tsuyoshi Saito and Kohei Okabe(2021) , Development of a Walking Dummy Reproducible Fall Sign Patterns of Wearable Walking Support Devices, IEEE International Conference On Intelligence And Safety For Robotics 2021.
- 17) Yasuyuki Shimada, Yoshihiko Sato, and Akiko Takahashi (2020) Checklist for Risk Assessment of Chemical Substance Hazards to Prevent Process Accidents. 30th European Safety and Reliability Conference and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, T39-17, 4933.
- 18) Atsushi Sugama (2020) Simulation of Human Body Falling from Stepladders and Comparison of Falling Patterns and Floor Materials. 2020 the 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications.
- 19) Ken Tokizawa, Hirofumi Tsuchimoto, Toru Shimuta (2020) Reliability and validity of a novel wearable device for measuring core temperature. virtual 8th International Conference on the Physiology and Pharmacology of Temperature Regulation (vPPTR) 2020, ePoster98.
- 20) Akemi Nishide, Yuki Sato, Tomoko Goto (2020) Consumption of egg and prevalence of physiological distress in Japanese adult after the 2011 Great East Japan Earthquake. Summer Conference of Nutrition: Nutrition Society Live 2020.
- 21) Masako Tamaki, Zhiyan Wang, Tyler Barnes-Diana, DeeAnn Guo, Aaron V. Berard, Edward Walsh, Takeo Watanabe, Yuka Sasaki. Different but complementary roles of NREM and REM sleep in facilitation of visual perceptual learning associated with neurotransmitters changes revealed by magnetic resonance spectroscopy. 25th Congress of The European Sleep Research Society.
- 22) Taisuke Eto, Michihiro Ohashi, Kotaro Nagata, Yuki Nishimura, Yuki Motomura, Shigekazu Higuchi (2020) Effects of age-related alteration in pupil size and ocular lens transmittance on differences between melatonin suppression in primary school children and that in middle-aged adults. 25th Congress of the European Sleep Research Society, J Sleep Res, Vol.29. No.S1, p.176.

発表・講演された論文名

- 23) Takashi Yamada, Masako Tamaki, Zhiyan Wang, Takeo Watanabe, Yuka Sasaki. Interactions of reward and sleep can be harmful to presleep visual perceptual learning by rendering the learning more vulnerable to interference or catastrophic forgetting. V-VSS 2020.
- 24) Maromu Yamada, Mitsutoshi Takaya, Mariko Ono-Ogasawara (2020) Characterization of particle shape and density of TiO<sub>2</sub> nanomaterial agglomerates through individual particle observation with SEM. Poster session abstracts p.15.
- 25) Takumi Iwaasa, Takeshi Sasaki, Toru Yoshikawa, Yuko Ochiai, Tomohide Kubo, Tomoaki Matsuo, Xinxin Liu, Masaya Takahashi (2020) Effects of Occupational Stressors on Depressive Symptoms: Longitudinal Study Among Medical Services and Welfare Workers. 11th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, Final Program, p.81.
- 26) Yuki Mizuno, Motoki Mizuno, Yasuyuki Yamada, Yasuyuki Hochi, Emiko Togashi, Takumi Iwaasa, Hidenori Hayashi, Hideko Aida, Aya Okada (2020) Characteristics of communication behavior from the viewpoint of building factors of human relationships in nursing organization. 11th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, Final Program, p.82.
- 27) Yasuyuki Hochi, Yuki Mizuno, Yasuyuki Yamada, Takumi Iwaasa, Emiko Togashi, Hidenori Hayashi, Hideko Aida, Aya Okada, Motoki Mizuno (2020) The relationship with assertiveness and mind state based on the mind monitoring system in nursing organization. 11th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, Final Program, p.83.
- 28) Yasuyuki Yamada, Yasuyuki Hochi, Yuki Mizuno, Takumi Iwaasa, Emiko Togashi, Hidenori Hayashi, Hideko Aida, Aya Okada, Motoki Mizuno (2020) Descriptive statistics of face-to-face communication during working time among Japanese hospital nurses. 11th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, Final Program, p.85.
- 29) Motoki Mizuno, Yasuyuki Hochi, Yasuyuki Yamada, Takumi Iwaasa, Emiko Togashi, Aya Okada, Hideko Aida, Hidenori Hayashi, Yuki Mizuno (2020) Feedback method of communication networks and patterns in nursing organization by AI technologies. 11th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, Final Program, p.86.
- 30) Tomohide Kubo, Shuhei Izawa, Hiroki Ikeda, Shun Matsumoto Yuki Nishimura, Masako Tamaki, Masaya Takahashi, Tsukasa Sasaki, Makoto Okumura, Miho Hashimoto (2020) Three-week observational study of intervals between shifts and fatigue among shift-working nurses: comparison of 12-hour and 16-hour shift schedules in a 2-shift system. 25th Congress of the European Sleep Research Society, Book of Abstracts, p.34.

表 2-15 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）

発表・講演された論文名

- 1) 大幢勝利, 吉川直孝, 高橋弘樹, 平岡伸隆 (2020) 欧州における建設業の労働安全衛生管理体制の調査・ドイツの制度. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 77-78.
- 2) 甲斐リサ, 松尾走, 木村吉郎, 大幢勝利 (2020) 防音パネルを使用した建物の解体工事の足場に作用する空気力の特性. 令和 2 年度土木学会第 75 回年次学術講演会講演概要集, I-356.
- 3) 大幢勝利, 高橋弘樹 (2020) 建築物の解体・補修工事等における強風による足場の倒壊調査. 日本建築学会大会, 講演梗概集, 材料施工, pp. 855-856, 千葉(誌上開催), 日本建築学会.
- 4) 大幢勝利, 吉川直孝, 平岡伸隆, 豊澤康男 (2020) アジア各国の建設業における労働災害の発生状況. 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp. 42-43, 東京, 電気学会(オンライン開催).
- 5) 遠藤雄大, 崔光石 (2020) 高引火点可燃性液体ミストの着火エネルギー測定. 第 53 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 39-42.
- 6) 崔光石, 崔旻, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2020) 除電器から発生する異常放電の電荷量測定の試み. 第 53 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 57-60.
- 7) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2020) ポリプロピレン粉体連続投入過程でサイロ内の突起物から発生する静電気放電. 静電気学会講演論文集 2020, pp. 173-174.
- 8) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2020) コンピューターシミュレーションによる粉体連続投入過程で発生する電界分布の検討(第 1 報). 第 44 回静電気学会全国大会, 静電気学会講演論文集 2020, pp. 175-178.

- 9) 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2). 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp. 160-161.
- 10) 長田裕生, 崔光石, 鈴木輝夫 (2020) ハンディータイプ接地確認装置の開発(その3). 第44回静電気学会全国大会.
- 11) 鈴木輝夫, 長田裕生, 崔光石 (2020) ハンディータイプ接地確認装置の接触電極における着火性放電抑制性能. 第44回静電気学会全国大会.
- 12) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2020) 粉体連続投入過程で発生する電界分布の検討(第1報). 第44回静電気学会全国大会.
- 13) 榎田英範, 松永武士, 吉原俊輔, 崔光石 (2020) 漏電遮断器における放射イミュニティ性能と対策例について. 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp. 148-151.
- 14) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2020) 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. 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp. 162-163.
- 15) 崔旻, 崔光石 (2020) 静電塗装機から発生する異常放電の電荷量測定に関する試み. 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp. 164-165.
- 16) 松永武士, 吉原俊輔, 鈴木善貴, 柳田建三, 崔光石 (2020) 静電塗装コントローラの放射イミュニティ特性. 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp. 152-155.
- 17) 崔光石, 金佑勁, 柳田建三, 白松憲一郎 (2020) 静電塗装ガンの着火性評価方法に関する実験的研究. 安全工学シンポジウム 2020, 講演予稿集, pp. 170-171.
- 18) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2021) COMSOL Multiphysics による粉体連続投入過程でサイロ内部の帯電粉体から発生する電界分布. 2021年第68回応用物理学会春季学術講演会.
- 19) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2021) 粉体連続投入過程でサイロ内の金属製突起物から発生する静電気放電. 2021年第68回応用物理学会春季学術講演会.
- 20) 崔旻, 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2021) ノズル型双極性除電器から発生する異常放電の着火危険性に関する実験的研究. 第22回静電気学会春期講演会, 論文集, pp. 25-28.
- 21) 玉手聡 (2020) 災害復旧工事における労働災害と土砂崩壊による被災防止の研究. 建設業労働災害防止協会, 第57回全国建設業労働災害防止大会資料集, pp. 402-408.
- 22) 玉手聡, 堀智仁, 菊田亮一 (2020) 土砂埋没時の圧迫軽減に関する実験的考察. 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会講演概要集, VI-999.
- 23) 菊田亮一, 玉手聡, 堀智仁 (2020) 溝崩壊時の被災防止システムに関する実大実験. 第55回地盤工学研究発表会講演概要集, 21-12-1-01.
- 24) 玉手聡, 堀智仁, 菊田亮一 (2020) クリープ的な崩壊前の溝肩付近に現れるせん断ひずみ速度の逆数の変化. 第55回地盤工学研究発表会講演概要集, 21-10-5-02.
- 25) 玉手聡, 堀智仁, 菊田亮一 (2020) 交差フレームに受圧シートを張った簡易構造体による溝崩壊時の生存空間確保の検討. 日本学術会議, 安全工学シンポジウム 2020 講演予稿集, pp. 138-141.
- 26) 菊田亮一, 前田英樹, 玉手聡, 堀智仁 (2020) 交差フレーム型溝用土止めシステムの必要強度に関する実験的解析. 令和2年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会, VI-985.
- 27) 遠藤雄大 (2020) 酢酸エチルの1流体ノズルからの噴霧帯電特性. 第53回安全工学研究発表会.
- 28) 遠藤雄大, 崔光石 (2020) 火花放電による灯油ミスの着火性. 第43回静電気学会全国大会.
- 29) 遠藤雄大 (2020) 2流体ノズルの噴霧帯電と各種噴霧条件の関係. 第43回静電気学会全国大会.
- 30) 遠藤雄大, 崔光石 (2020) 灯油ミスの着火エネルギー測定. 安全工学シンポジウム 2020. pp. 158-159.
- 31) 遠藤雄大 (2020) 酢酸エチルの噴霧帯電と各種噴霧条件の関係. 安全工学シンポジウム 2020. pp. 156-157.
- 32) 遠藤雄大 (2020) ノズルへの電圧印加による導電性液体の噴霧帯電低減効果. 2021年度静電気学会春期講演会.
- 33) 清水尚憲, 北條理恵子 (2020) トンネル施工現場における支援的保護システム - トンネル施工現場における支援的保護システム. 計測自動制御学会情報部門学術講演会 2020. On Line, 2020年11月16日.

- 34) 是村由佳, 清水尚憲, 北條理恵子 (2020) 作業環境における組織行動の定量評価 組織パフォーマンスマネジメント手法の紹介. 第 21 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. On Line, 2020 年 12 月 16 日.
- 35) 清水尚憲, 北條理恵子 (2020) リスクにおける人の要素について人の資格と権限を考慮したリスクアセスメントの提案. 第 21 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. On Line, 2020 年 12 月 16 日.
- 36) 清水尚憲, 北條理恵子 (2020) 人と機械の協調安全におけるダイナミックリスクアセスメント手法の提案(座長, キーノート講演). 第 21 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. On Line, 2020 年 12 月 16 日.
- 37) 筋野哲央, 清水尚憲, Christoph Bördlein, 是村由佳, 北條理恵子 (2020) 機械初心者の事故防止のための安全マネジメント. 第 21 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. On Line, 2020 年 12 月 16 日.
- 38) Shoken Shimizu, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki and Rieko Hojo (2020) Novel Safety Management for Current Industry Revolution-Dynamic Risk Assessment. 安全工学シンポジウム 2020. Online, 2020 年 7 月 1 日.
- 39) 清水尚憲, 北條理恵子 (2020) 機械安全におけるダイナミックリスクアセスメントの提案. 日本機械学会 2020 年度年次大会. 2020 年度日本機械学会年次大会 特別企画プログラム, W17201 (1), P. 8. On line, 2020 年 9 月 14 日.
- 40) 齋藤剛, 池田博康, 濱島京子 (2021) 中小機械製造業者を対象とした設計段階での危険源同定の支援に関する考察. 日本機械学会北陸信越支部第 58 期講演会, pp. B032.
- 41) 濱島京子, 齋藤剛 (2020) 協調条件の考察. 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2020, PDF 予稿集 SS9-1-4.
- 42) 濱島京子, 齋藤剛 (2020) Cyber Physical System における安全の原理展開の試み. 安全工学シンポジウム 2020. pp. 134-137.
- 43) 泉聡志, 山際謙太 (2020) クレーンワイヤロープの有限要素解析. 日本機械学会 2020 年度年次大会 公開先端技術フォーラム 大型機械構造物の安全化の過去・現在・将来, 2020/9/16 (オンライン).
- 44) 北條理恵子 (2020) 産業安全行動分析学への招待(基調講演). 安全工学シンポジウム 2020. Online, 2020 年 7 月 1 日.
- 45) 北條理恵子, 清水尚憲 (2020) 大型モータ製造工場の入退場管理システムに支援的保護システム(SSS)を導入した例. 計測自動制御学会情報部門学術講演会 2020. On Line, 2020 年 11 月 16 日.
- 46) 筋野哲央, Christoph Bördlein, 北條理恵子, 是村由佳, 清水尚憲 (2020) 避難行動における安全確保の原理. 第 21 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. On Line, 2020 年 12 月 16 日.
- 47) 北條理恵子, Christoph BÖLDLEIN, 是村由佳, 清水尚憲 (2020) ダイナミックリスクアセスメントにおける人の行動の定量計測(座長). 第 21 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. On Line, 2020 年 12 月 16 日.
- 48) 北條理恵子, 筋野哲央, Christoph BÖLDLEIN, 是村由佳, 清水尚憲 (2020) 作業者の行動計測から見たリスク分散手法の提案-作業標準の遂行における結果の分析による対策の振り分け(キーノート講演, 座長). 第 21 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. On Line, 2020 年 12 月 16 日.
- 49) Rieko Hojo, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Christoph F Bördlein and Shoken Shimizu(2020) Fusion of Safeguarding Supportive System (SSS) and Behavior-based Safety for dynamic risk assessment. 安全工学シンポジウム 2020. Online, 2020 年 7 月 1 日.
- 50) 北條理恵子, 清水尚憲 (2020) ダイナミックリスクアセスメントへの行動分析学の応用. 日本機械学会 2020 年度年次大会. 2020 年度日本機械学会年次大会 特別企画プログラム, W17201 (2), P. 8. On line, 2020 年 9 月 14 日.
- 51) 北條理恵子, 小山秀紀, 菅知絵美, 池田博康, 高木元也 (2020) せき損を対象とした自立歩行支援ロボットによる歩行訓練時の介助者への安全対策に関する検討. 第 53 回安全工学研究発表会.

- 52) 岡部康平, 堀智仁, 山口篤志, 五十嵐広希, 芳司俊郎 (2020) 模擬手指を用いたドローン回転翼接触試験の検討. 第 21 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, 3F2-05.
- 53) 山口篤志, 堀智仁, 岡部康平 (2020) ドローン作業に求められる保護手袋の性能検討. 第 21 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, 3F2-07.
- 54) 緒方公俊 (2020), ベクトル解析を用いたワイヤロープの素線断線可視化手法の提案. 日本機械学会第 28 回機械材料・材料加工技術講演会.
- 55) 菅知絵美, 梅崎重夫, 高橋正也, 佐々木毅, 山内貴史, 吉川徹 (2020) 建設業における過労死等の労災認定事案の特性. 第 93 回日本産業衛生学会, 講演集, p. 499.
- 56) 菅知絵美, 高木元也 (2020) 店舗販売小売業における労働災害発生状況に関する研究. 安全工学研究発表会, 講演集, pp. 165-168.
- 57) 高木元也 (2020) 小売業, 飲食店, 社会福祉施設における労働災害防止に関する取り組み事例調査. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 161-164.
- 58) 古賀陽平, 蟹澤宏剛, 秦明日香, 高木元也 (2020) 外国人の労働災害と安全衛生教育に関する研究. 日本建築学会大会梗概集, pp. 193-194.
- 59) 高木元也 (2020) 建設業における労働災害減少要因に関するアンケート調査. 土木学会全国大会 CD(VI-619).
- 60) 高梨成次, 高橋弘樹, 大幢勝利, 日野泰道, (2020) 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 (その 5 柱の転倒工法の安全性に関する実験的検討の概要) 日本建築学会大会 2020 年度大会, pp. 1097-1098.
- 61) 高橋弘樹, 高梨成次, 大幢勝利, 日野泰道, (2020) 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 (その 6 柱の転倒工法の安全性に関する実験的検討の結果と考察) 日本建築学会大会 2020 年度大会, pp. 1099-1100.
- 62) 高橋弘樹, 大幢勝利, 高梨成次, (2020) 土木工事業における解体工事の死亡災害の調査, 土木学会大会第 75 回年次大会 VI-482.
- 63) 高梨成次, 大幢勝利, 高橋弘樹 (2020) 耐震性に及ぼすタワークレーンの高さと建物の高さの関係に関する解析的一考察. 土木学会大会第 75 回年次大会 VI-492.
- 64) 高梨成次, 高橋弘樹, 大幢勝利 (2020) 2 × 4 木造工法構造体に及ぼす積載荷重の影響に関する一考察. 安全工学シンポジウム, pp. 142-143.
- 65) 高梨成次, 高橋弘樹, 堀智仁 (2020) 建築解体工事における外壁倒壊防止部材の強度実験. 第 53 回安全工学研究発表会, pp. 95-96.
- 66) 高梨成次, 高橋弘樹, 大幢勝利, 日野泰道 (2020) 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 その 5. 柱の転倒工法の安全性に関する実験的検討の概要. 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 1549, 材料施工, pp. 1097-1098.
- 67) 日野泰道 (2020) 墜落災害発生時に人体に生じる加速度と衝撃力などについて. 日本職業・災害医学会会誌, 第 68 巻, 臨時増刊号, p. 194.
- 68) 高橋弘樹, 高梨成次, 堀智仁 (2020) 下端を縁切りした鉄筋コンクリート柱の転倒強度の計算方法の検討. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 87-90.
- 69) 高橋弘樹, 大幢勝利, 高梨成次 (2020) 土木工事業における解体工事の死亡災害の調査. 令和 2 年度土木学会第 75 回年次学術講演会講演概要集, VI-482.
- 70) 高橋弘樹, 高梨成次, 大幢勝利, 日野泰道 (2020) 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 その 6. 柱の転倒工法の安全性に関する実験的検討の結果と考察. 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 1550, 材料施工, pp. 1099-1100.
- 71) 豊澤康男, 伊藤和也, 吉川直孝, 平岡伸隆 (2020) 労働安全分野における地盤工学者の役割(こ)についての一考察. 第 55 回地盤工学会研究発表会, 23-8-4-03.
- 72) 益子時佳, 伊藤和也, 吉川直孝, 平岡伸隆, 古畑拓馬 (2020) シールドセグメント模型の M-N 挙動に与える偏圧の影響. 令和 2 年度土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会.
- 73) 吉川直孝, 大幢勝利, 平岡伸隆, 豊澤康男 (2020) 建設プロジェクトの安全情報の整理について. 安全工学シンポジウム, pp. 28-29.

- 74) 吉川直孝, 平岡伸隆, 古畑拓馬, 益子時佳, 伊藤和也 (2020) 偏圧下におけるシールドセグメント模型の曲げモーメントと軸力の挙動. 第 55 回地盤工学会研究発表会, 23-8-4-03.
- 75) 堀智仁, 玉手聡, 菊田亮一 (2020) 溝崩壊時の被災防止システムに関する遠心模型実験. 第 55 回地盤工学会研究発表会講演概要集, 21-12-1-02.
- 76) 堀智仁, 玉手聡, 菊田亮一, 前田英樹 (2020) 交差フレーム型溝用土止めシステムの抵抗性能に関する遠心模型実験. 令和 2 年度土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会, VI-984.
- 77) 堀智仁, 山口篤志, 岡部康平 (2020) ドローン撮影作業における安全管理の基礎検討. 第 21 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, 3F2-06.
- 78) 伊藤和也, 藤馬怜央, 小山倫史, 梶谷姿和, 菊本統, 今井龍一, 大里重人, 平岡伸隆 (2020) 市町村レベルでの自然災害リスク指標 GNS の高度化と評価～東日本を対象としたケーススタディー～, 安全工学シンポジウム 2020, GS-3-31, pp. 188-191, 2020.
- 79) 平岡伸隆, 吉川直孝, 佐野瑠星, 岩崎夏美, 伊藤和也 (2020) 岩盤不連続面のせん断強度による斜面安定性の検討. 令和 2 年度土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会.
- 80) 中島卓哉, 尾崎匠, 松丸貴樹, 仲山貴司, 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也 (2020) 地盤改良体による変位抑止対策を講じた掘削土留め工の遠心模型実験. 第 55 回地盤工学会研究発表会.
- 81) 鳥居宣之, 桑本すみれ, 辻野裕之, 赤嶺辰之介, 永川勝久, 阪口和之, 平岡伸隆 (2020) 平成 30 年 7 月豪雨による被害状況からみた土砂災害警戒区域指定のあり方. 第 55 回地盤工学会研究発表会.
- 82) 平岡伸隆, 吉川直孝, 佐野瑠星, 岩崎夏美, 伊藤和也 (2020) 遠心力模型実験による岩盤不連続面のせん断強さに関する研究. 第 55 回地盤工学会研究発表会.
- 83) 板垣晴彦 (2020) 化学プロセス産業で発生した爆発火災事故の工程に着目した分析. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 115-116.
- 84) 板垣晴彦 (2020) 化学プロセス産業における爆発火災の発生状況の分析. 安全工学シンポジウム 2020 講演予稿集, pp. 166-167.
- 85) 板垣晴彦 (2020) 火災爆発事故における重篤度と発生率の分析. 2020 年度日本火災学会研究発表会概要集
- 86) 八島正明 (2020) 粉体貯蔵設備での火災の検知・昇温・発火の際に発生するガスの検知. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 149-152.
- 87) 八島正明 (2020) 木球堆積層内の燃え広がり. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 37-38.
- 88) 八島正明 (2020) 水素化マグネシウム粉じんの着火危険性. 火薬学会 2020 年度秋季研究発表会講演要旨集, pp. 65-68.
- 89) 八島正明, 佐藤嘉彦 (2020) 自然発火試験装置等による可燃性粉体の発火温度測定. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 47-50.
- 90) 西川慎太郎, 熊崎美枝子, 白川真一, 三角隆太, 大塚輝人 (2020) CFD データを利用した機械学習による温度予測及び最適センサー位置の検討. 第 53 回安全工学研究発表会, pp. 65-66.
- 91) 大塚輝人 (2020) 液体漏洩時の蒸気拡散挙動. 第 53 回安全工学研究発表会, pp. 55-56.
- 92) 佐藤嘉彦, 島田行恭, 板垣晴彦 (2020) 異常反応シナリオ支援のためのシナリオ図及び着眼点リストの検討. 化学工学会第 51 回秋季大会講演要旨, K121.
- 93) 佐藤嘉彦 (2020) 貯槽等で発生した爆発・火災における原因物質の物性等と被害状況との関係. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 139-140.
- 94) 佐藤嘉彦, 岡田賢, 秋吉美也子, 松永猛裕 (2020) 金属薄膜・硝酸の発熱反応に及ぼす異種金属接触の影響. 火薬学会 2020 年度春季研究発表会講演要旨集, pp. 63-66.
- 95) 佐藤嘉彦, 島田行恭, 板垣晴彦 (2020) 過去の暴走反応による災害事例で多く出現したシナリオの検討. 安全工学シンポジウム 2020 講演予稿集, pp. 122-125.
- 96) 猪瀬雄太, 西脇洋佑, 佐藤嘉彦, 熊崎美枝子 (2020) 二酸化窒素-水蒸気混合気との接触による硝酸グアニジンの圧力発生挙動変化. 火薬学会 2020 年度春季研究発表会講演要旨集, pp. 67-68.
- 97) 水谷高彰, 斎藤寛泰 (2020) 木材等有機物の爆発・火災初期における発生ガスのガスセンサ応答特性. 第 53 回安全工学研究発表会, 講演予稿集, pp. 141-144.

- 98) 西脇洋佑, 熊崎美枝子, 佐藤嘉彦 (2020) 界面活性剤を用いたマグネシウム系煙火組成物の水分による劣化の抑制. 一般社団法人火薬学会 2020 年度火薬学会秋季研究発表会講演要旨集, pp. 9-10.
- 99) 西脇洋佑, 佐藤嘉彦 (2020) 水存在下でのマグネシウム粉末の酸化反応による蓄熱挙動. 第 53 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp. 27-28.
- 100) 猪瀬雄太, 西脇洋佑, 佐藤嘉彦, 熊崎美枝子 (2020) 窒素酸化物-水混合ガスによる硝酸グアニジンの劣化. 火薬学会 2020 年度秋季研究発表会講演要旨集, pp. 63-64.
- 101) 西脇洋佑, 佐藤嘉彦 (2020) 水によるマグネシウム粉末の発火現象初期過程における発熱挙動. 熱測定オンライン討論会 2020 講演要旨集, p. 80.
- 102) 池田博康, 齋藤剛, 岡部康平 (2020) 装着型移動支援機器の転倒予兆検知機能に対する試験装置の開発. 第 38 回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2020AC3H2-01.
- 103) 池田博康, 北條理恵子, 小山秀紀 (2002) 脊髄損傷者用動力付歩行支援機器の使用実態調査とリスク分析. 第 68 回日本職業・災害医学会学術大会. (誌上開催).
- 104) 大澤敦 (2020) 静電気リスクアセスメントの最新版報告, 第 26 回静電気学会静電気 RA 研究会, 資料(静電気リスクアセスメント 2020 とリスクアセスメントシートのファイル).
- 105) 大澤敦 (2020) FIBC 等絶縁性袋・容器の粉体充てんにおける帯電・電撃防止, 第 25 回静電気学会静電気 RA 研究会, 資料: 静電気リスクアセスメント.
- 106) 大澤敦 (2020) ブラシ放電ハザードと対策, 第 24 回静電気学会静電気 RA 研究会, 資料: 静電気リスクアセスメント.
- 107) 大澤敦 (2020) 表面抵抗率測定における背面ガード電極の影響. 第 44 回静電気学会全国大会, 静電気学会講演論文集(電子データ).
- 108) 三浦崇 (2021) アルゴンガス封入による粒体攪拌の静電気低減. 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 16p-P08-4 オンライン開催.
- 109) 三浦崇 (2021) 低真空でのステンレスと石英の摩擦静電気の測定. 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 16a-P03-1 オンライン開催.
- 110) 武田和宏, 瀧野哲郎, 斉藤日出雄, 北島禎二, 井内謙輔, 島田行恭 (2020) 業務プロセスモデルに基づく変更管理のためのスマートエンジニアリング支援システムの要求仕様の検討. 第 51 回化学工学会秋季大会, K119.
- 111) 井内謙輔, 瀧野哲郎, 北島禎二, 島田行恭 (2020) LOPA 翻訳ワーキンググループ活動. 第 51 回化学工学会秋季大会, K115.
- 112) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子 (2020) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント実施のための簡易シナリオ同定法—塗装作業への適用例—. 第 53 回安全工学研究発表会, 52.
- 113) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子 (2020) 燃焼の 3 要素に着目した化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等の実施支援策. 日本職業・災害医学会会誌, Vol.68, 臨時増刊号, 第 68 回日本職業・災害医学会学術大会労働安全衛生総合研究所報告, p. 別 194.
- 114) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子 (2020) 化学物質の危険性リスクアセスメント等実施のための火災・爆発等発生シナリオ検討シート. 安全工学シンポジウム 2020 講演予稿集, pp. 120-121.
- 115) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子 (2020) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント実施のための簡易シナリオ同定法. 第 51 回化学工学会秋季大会, K120.
- 116) 大西明宏 (2020) トラック荷台からの転落災害の特徴. 日本人間工学会第 61 回大会(誌上開催), 2F2-04.
- 117) 大西明宏, 清水尚憲, 山際謙太, 山口篤志 (2020) 安全なテールゲートリフター使用に求められる装備. 安全工学シンポジウム 2020(誌上開催). pp. 104-105.
- 118) 呂健 (2020) 労働災害データベースのテキスト情報を利用した災害要因の関連性分析. 安全工学シンポジウム 2020. pp. 192-193.
- 119) 高橋明子, 三品誠 (2020) 大工職の建設作業者のハザード知覚スキル獲得過程の分析, 応用心理学研究大会発表代替論文集, p. 38.

- 120) 西野真菜, 中嶋良介, 高橋明子, 菅間敦 (2020) 建設現場を対象とした新人作業者に優しい安全作業手順書の検討. 日本設備管理学会 2020 年度秋季研究発表大会論文集, pp. 143-144.
- 121) 高橋明子, 島田行恭, 佐藤嘉彦 (2020) 化学物質リスクアセスメントにおけるヒューマンエラーの考え方の提案. 安全工学シンポジウム 2020 講演予稿集, pp. 106-109.
- 122) 菅間敦, 桂嶋健太郎, 西島悠介, 相沢舜羅, 新海弘史, 安部和広, 山川恵太, 渋谷美幸 (2020) 脚立への補助手すりの取り付けが作業者の姿勢安定性に与える影響. 第 21 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, 予稿集.
- 123) 樺島宏樹, 中嶋良介, 菅間敦, 高橋明子 (2020) 脚立の設置位置が上向き作業時の作業性に及ぼす影響. 日本設備管理学会 2020 年度秋季研究発表大会論文集, pp. 139-142.
- 124) 中嶋良介, 菅間敦, 高橋明子, 久我峻介 (2020) 可搬式作業台を用いた高所作業中の注視行動に作業方法の教示が及ぼす影響. 2020 年度日本設備管理学会春季研究発表大会, 予稿集, pp. 77-78.
- 125) 菅間敦, 中嶋良介, 高橋明子, 久我峻介 (2020) 可搬式作業台を用いた高所作業中の注視行動に用具の構造が及ぼす影響. 2020 年度日本設備管理学会春季研究発表大会, pp. 79-80.
- 126) 菅間敦, 高橋明子, 瀬尾明彦 (2020) 作業姿勢および床反力解析に基づく反動工具使用時の身体動揺評価. 日本人間工学会第 61 回大会, 人間工学, Vol.56, No.Supplement, pp. 2G2-03.
- 127) 佐藤ゆき, 高橋正也, 落合由子, 松尾知明, 佐々木毅, 深澤健二, JNIOOSH コホート共同研究グループ (2021) JNIOOSH コホート研究の概要と進捗. 第 31 回日本疫学会学術総会, 第 31 回日本疫学会学術総会講演集 Vol.31 (supplement 1) , p.129.
- 128) 安彦泰進 (2021) 作業環境測定用捕集剤における低濃度アルコールの抽出効率の決定に関する検討. 日本化学会第 101 春季年会, 講演予稿集 (Web), P05 - 3am - 07.
- 129) 川崎幹子, 中田光紀, 井澤修平, 頓所つく実, 井上由貴子 (2020) 被服製造労働者の爪コルチゾール値と努力報酬不均衡モデルとの関連. 第 27 回日本行動医学会学術総会, 抄録集, p.55.
- 130) 井澤修平, 川崎幹子, 菅谷 渚, 野村収作 (2020) 爪に含まれるコルチゾールの妥当性の検証: 妊娠女性を対象とした予備的検討. 第 27 回日本行動医学会学術総会, 抄録集, p.61.
- 131) 松永瑞希, 佐藤ゆき, 鈴木礼子 (2020) 消化性潰瘍疾患死亡率と食品供給量の相関 探索的断面調査—カンボジアの食環境の考察. 第 79 回日本公衆衛生学会総会.
- 132) 佐藤ゆき, 鈴木智恵子, 嶋原美智子 (2020) 学童の食生活習慣とその関連要因に関する疫学研究—保護者のヘルスリテラシーと子どもの生活活動時間との関連—. 第 67 回日本小児保健協会学術集会.
- 133) 河野寛之, 眞子杜都, 佐藤燦斗, 大橋路弘, 西村悠貴, 樋口重和 筋出力を用いた夜間断眠時の目的遂行能力. 日本生理人類学会第 81 回大会, 概要集, p75
- 134) 上野哲 (2020) 夏季屋外気象条件での呼吸による放熱量. 第 68 回日本職業・災害医学会, 日本職業・災害医学会会誌, Vol. 68, (Suppl.), 別 225.
- 135) 齊藤宏之, 澤田晋一 (2020) 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 (第二報) 測定器内部で使用可能な簡便な補正式の検討. 第 59 回日本生気象学会大会, 抄録集 p.S51.
- 136) 山口さち子, 今井信也 (2020) 身体負荷を考慮に入れた個人磁界ばく露調査. 第 63 回日本職業・災害医学会学術大会, 日本職業・災害医学会誌, Vol. 68, (Suppl.), p.191.
- 137) 時澤健, 土基博史, 志牟田亨 (2020) 暑熱下運動におけるパッチ型深部体温計の妥当性評価. 第 59 回日本生気象学会, 要旨集, pS55.
- 138) 小山冬樹, 劉欣欣, 岩切一幸 (2020) タッピングテストによる精神的疲労評価の実験的検討. 日本生理人類学会第 81 回大会, 第 81 回大会概要集, p.64.
- 139) 齊藤宏之, 澤田晋一 (2020) 電子式 WBGT 計の誤差要因ならびに自然湿球温度の推定手法の検討. 2020 年度第 2 回日本産業衛生学会温熱環境研究会, 抄録集 pp.4-5.
- 140) 時澤健, 土基博史, 志牟田亨 (2020) 様々な暑熱下運動における胸部パッチ型センサによる深部体温の推定. 第 75 回日本体力医学会, 要旨集, p.136.
- 141) 佐伯佳恵, 鈴木智恵子, 佐藤ゆき, 鈴木礼子 (2020) 起床時刻・就寝時刻による食卓の食品数の比較検討〜佐賀県の学童食事調査. 第 74 回日本栄養・食糧学会.



- 142) 西村悠貴, 佐々木毅, 吉川徹, 久保智英, 松尾知明, 劉欣欣, 高橋正也 (2020) 労働者一万人対象のWEB 追跡調査による職場における具体的出来事と高ストレス者の関連. 第 93 回日本産業衛生学会, Vol.62, p.367
- 143) 江藤太亮, 久瀬真奈美, 西村悠貴, Petteri Teikari, Raymond P. Najjar, 樋口重和 (2020) プルキンエ像を用いた水晶体光学濃度測定法および分光透過率推定法の提案. 第 50 回日本白内障学会総会・第 46 回水晶体研究会, p.41
- 144) 柴田延幸, 上野哲, 高橋幸雄, 齋藤宏之, 外山みどり (2020) 高年齢労働者に対する物理因子の健康影響に関する web 調査 ～その 3 振動ばく露～. 第 93 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 62 (Suppl.), p.376.
- 145) 高橋幸雄, 上野哲, 柴田延幸, 齋藤宏之, 外山みどり (2020) 高年齢労働者に対する物理的因子の健康影響に関するウェブ調査～その 2 騒音ばく露～. 第 93 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 62 (Suppl.), p.375.
- 146) 上野哲, 柴田延幸, 高橋幸雄, 齋藤宏之, 外山みどり(2020)高年齢労働者に対する物理因子の健康影響に関する Web 調査. ～その 1 暑熱ばく露～第 93 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 62, (Suppl.), p.375.
- 147) 齋藤宏之, 澤田晋一 (2020) 電子式 WBGT 計における誤差要因と有効な補正法の検討. 第 93 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.62, (Suppl.), p.577.
- 148) 山口さち子, 小島原典子 (2020) 自記式調査票に基づく国内 MRI 検査業務従事者の妊娠・出産に関する調査 (第一報). 第 93 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 62, (Suppl.), p.612.
- 149) 安彦泰進 (2020) 活性炭捕集剤での脱着率の有機溶剤濃度依存性. 第 93 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.62 (Suppl.), p.417.
- 150) 井上直子, 鷹屋光俊 (2020) DNPH サンプラーによるホルムアルデヒド以外の化合物測定の可否の簡易確認方法. 第 93 回日本産業衛生学会, 第 93 回日本産業衛生学会講演集, p.611.
- 151) 高谷一成, 鷹屋光俊 (2020) 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. 第 93 回日本産業衛生学会, 第 93 回日本産業衛生学会講演集, Vol.62, p.612.
- 152) 岩切一幸, 外山みどり, 高橋正也, 劉欣欣 (2020) 介護施設における介護者の腰痛とその予防に関する取り組み～H30 年度と H25 年度の比較～. 第 93 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.62 (Suppl.), p.572.
- 153) 松尾知明, 蘇リナ (2020) 東京圏で勤務する労働者の運動実践の実態に関する大規模調査, 産業衛生学雑誌, 62 巻, p.428.
- 154) 小林健一, 久保田久代, 柳場由絵, 大谷勝己, 山田 丸, 中村憲司, 鷹屋光俊 (2021) 高純度結晶質シリカ微小粒子の物理化学的特性および形態学的特徴. 第 91 回日本衛生学会学術総会講演集, S200.
- 155) 天本宇紀, 豊岡達士, 王 瑞生, 甲田 茂樹 (2021) サブミクロンシリカ粒子の粒子径と結晶度に起因する細胞毒性の評価. 日本薬学会第 141 年会 (広島), Web 要旨集, p.2588.
- 156) 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 王瑞生, 佐々木毅, 甲田茂樹 (2020) ベリリウム及びその化合物の健康障害と職場における労働衛生管理-ベリリウム感作と免疫学的検査の重要性-. (書面発表) 日本職業・災害医学会誌. 68, 192. 2020 年 12 月
- 157) 小林沙穂, 豊岡達士, 王瑞生, 甲田茂樹 (2020) 職業性膀胱がん発症への関与が疑われる MOCA の単回と分割ばく露に対する細胞応答の違いについて. 日本環境変異原学会第 49 回大会, 抄録, p. 94
- 158) 萩永剛, 豊岡達士, 堀口兵剛, 王瑞生, 甲田茂樹(2020) 2-メルカプトベンゾチアゾール作用による H2AX 生成とその誘導メカニズムに関する研究. 日本環境変異原学会第 49 回大会 2020 年 11 月
- 159) 豊岡達士, 張静波, 萩永剛, 山田丸, 王瑞生, 甲田茂樹 (2020) 吸入性結晶質シリカの in vitro DNA 損傷性とその誘導メカニズムの検討. 日本毒性学会, WEB 発表, P187
- 160) 柏木裕呂樹, 豊岡達士, 王瑞生, 甲田茂樹 (2020) 4-クロロ-オルトトルイジンの DNA 損傷性および損傷誘導メカニズムに関する検討. 日本毒性学会, WEB 発表, P186
- 161) 韓書平, 鷹屋光俊 (2020) 模擬汗を用いたニッケル化合物の経皮ばく露評価の検討, 日本分析化学会, 第 69 年会, 講演要旨集, p380.

- 162) 柏木裕呂樹, 豊岡達士, 王 瑞生, 甲田茂樹 (2020) オルトトルイジン及び4-クロロオルトトルイジンにおけるDNA損傷性の比較検討, 第93回日本産業衛生学会, 抄録, p.608.
- 163) 三浦伸彦, 大谷勝己, 横田理, 吉岡 弘毅 (2020) 概日リズム攪乱による雄性生殖機能障害. 第47回日本毒性学会学術年会, プログラム・要旨集, J. Toxicol. Sci. Vol.45 (Suppl.), S149.
- 164) 山田丸, 柳場由絵, 久保田久代, 天本宇紀, 甲田茂樹 (2020) SEM-EDSによる粒子分析法を応用したBALF中マクロファージの微細シリカ粒子貪食率測定法の開発. 第93回日本産業衛生学会学術総会講演集
- 165) 王瑞生, 祁永剛, 豊岡達士, 甲田茂樹 (2020) 職業性膀胱がん事例の工場で使用した芳香族アミン類等の遺伝毒性について. 第93回日本産業衛生学会. WEB発表, 講演集, p.608.
- 166) 韓書平, 鷹屋光俊 (2020) 溶接作業に伴う経皮ばく露評価についての検討, 第93回日本産業衛生学会, 講演要旨集, p422.
- 167) 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) 動物実験のための高純度結晶性シリカ粒子分散液の調製. 第47回日本毒性学会学術年会 プログラム・要旨集, S150-151.
- 168) 大谷勝己, 小林健一 (2020) カドミウムばく露の時期が妊娠に及ぼす影響. 第67回日本実験動物学会総会, 講演要旨集, p223.
- 169) 柳場由絵, 豊岡達士, 王瑞生, 甲田茂樹 (2020) ラットへのオルト-クロロアニリン経皮投与後の全身オートラジオグラフィと尿中排泄に関する検討, 第47回日本毒性学会学術年会, J. Toxicol. Sci, vol45, supplement, Vol.45, p.130.
- 170) 吉川徹 (2020) 精神疾患・自殺に関する公務災害認定事案の実態 (2010-2017): シンポジウム11「公務員等のメンタルヘルスに関する委員会主催シンポジウム」第27回日本産業精神保健学会 (大阪) 遠隔, 講演集, pp.93.
- 171) 落合由子, 高橋正也, 松尾知明, 佐々木毅, 深澤健二, 荒木剛, 土屋政雄, 大塚泰正 (2020) 労働者における残業蓄積と健康指標との前向きに関連の検討. 第26回日本産業ストレス学会, 抄録集, p.163.
- 172) 伊藤遼太郎, 森貴大, 立石清一郎, 鈴木克典, 岡崎龍史, 久保達彦, 吉川 徹, 森晃爾 (2020) 福島第一原子力発電所における新型コロナウイルス感染症対策を包括した健康経営優良事業場を目指した取り組みについて. 第30回日本産業衛生学会全国協議会, 講演集, pp.179.
- 173) 劉欣欣, 池田大樹, 小山冬樹, 鍛代京子, 赤間章英, 高橋正也 (2020) 高年齢層の模擬長時間労働時の心血管系反応. 日本生理人類学会第81回大会, 抄録集, p.52
- 174) 池田大樹, 松元俊, 久保智英, 井澤修平, 高橋正也 (2020) 地場トラックドライバーの睡眠問題と危険運転の関連性: デジタルタコグラフを用いた横断調査研究. 第30回日本産業衛生学会全国協議会, 講演集, p.215.
- 175) 木内敬太, 大崎理江 (2020) 日本語版サーバント・リーダーシップ尺度28項目 (Servant Leadership Measures Japanese Version 28: SLJ-28) の開発と妥当性の検証. 第84回日本心理学会, 抄録は電子配布のみページ番号なし.
- 176) 水野有希, 水野基樹, 山田泰行, 芳地泰幸, 富樫恵美子, 岩浅巧, 林英範, 會田秀子, 岡田 綾 (2020) AI 技術を用いた看護組織の人間関係を構築するコミュニケーション行動と心の健康状態について. 第24回日本看護管理学会学術集会, 学術集会抄録集, p.34.
- 177) 池田大樹, 劉欣欣, 小山冬樹, 赤間章英, 鍛代京子, 井澤修平, 高橋正也 (2020) 睡眠制限が模擬長時間労働時における心理反応に及ぼす影響. 日本心理学会第84回大会. 紙面アブストラクトなし.
- 178) 伊藤遼太郎, 立石清一郎, 鈴木克典, 岡崎龍史, 久保達彦, 吉川徹, 森晃爾 (2020) 福島第一原子力発電所における健康経営優良事業所表彰のための調査票開発. 第93回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.62, (Suppl.), pp.530.
- 179) 津野香奈美, 川上憲人, 堤明純, 島津明人, 井上彰臣, 吉川徹, 小田切優子, 下光輝一 (2020) 職場のハラスメントの経済損失: 疾病休業・労働生産性・離職の観点から. 第93回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.62, (Suppl.), pp.348.
- 180) 日高結衣, 川上憲人, 今村幸太郎, 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, 渡辺和広, 堤明純 (2020) 仕事の要求度コントロールサポートモデル及び努力報酬不均衡モデルとHRQoLの関連. 第93回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.62, (Suppl.), pp.395.

発表・講演された論文名

- 181) 吉川悦子, 吉川徹, 岡本裕樹, 高橋都 (2020)医療機関におけるがん患者就労支援を推進するアクションチェックリストの開発. 第93回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.62, (Suppl.), pp.501.
- 182) 高田琢弘, 吉川徹, 佐々木毅, 山内貴史, 高橋正也, 梅崎重夫 (2020) 教育・学習支援業における過労死等の労災認定事案の特徴に関する研究. 第93回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.62, (Suppl.), pp.501.
- 183) 鈴木一弥, 吉川徹, 高橋正也 (2020) 過労死等の防止支援ツールの開発・精神障害の労災防止に求められる対策事項の動向. 産業衛生学雑誌, Vol.62(臨時増刊号), p.438.
- 184) 木内敬太, 小関道代 (2020) 復職者対応セルフ・エフィカシー尺度および高感情表出尺度の開発. 第93回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.62, (Suppl.), p.399.
- 185) 渡辺裕晃, 甲田茂樹, 佐々木毅, 松葉史子, 伊藤昭好, 原邦夫, 堤明純, 丸山正治, 山口秀樹 (2020) 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26報. 第93回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.62 (Suppl.), p.548.
- 186) 久保智英, 松元俊, 池田大樹, 井澤修平, 佐々木毅, 高橋正也, 甲田茂樹 (2020) 交代勤務看護師の働き方と過労徴候: 過労死事案から抽出した前駆症状を用いた検討, 第93回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63 (Suppl.), p.439.
- 187) 蘇リナ, 松尾知明, 高橋正也 (2020) 勤務中座位時間と健康関連指標との関係—労働者生活行動時間調査票を用いて—第93回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, 62 巻, p.353.

### 3. 学会活動等

表 2-16 国際学会の活動への協力

役職名等	氏名
(1) International Conference on Safety of Industrial Automated Systems Member of the scientific committee	池田 博康
(2) IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) Member of the TPC	清水 尚憲 北條理恵子
(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) 日本セクレタリ	吉川 徹

表 2-17 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

役職名等	氏名
企画委員会 委員	大塚 輝人
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	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 吉川 直孝
関東支部 研究委員会グループ 幹事	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
パンデミック対応検討小委員会 委員	高橋 弘樹
トンネル工学委員会 委員	吉川 直孝
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) 公益社団法人日本材料学会	
フラクトグラフィ部門委員会 委員長	山際 謙太
高温強度部門委員会 損傷評価WG	山際 謙太
(6) 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
(7) 一般社団法人火薬学会	
企画委員会	板垣 晴彦
評議員	板垣 晴彦, 佐藤 嘉彦
煙火専門部会委員	西脇 洋佑
火工品専門部会委員	西脇 洋佑
(8) 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
仮設構造小委員会	日野 泰道
仮設構造運営委員会	日野 泰道
(9) 一般社団法人日本風工学会	

役 職 名 等	氏 名
風災害研究会 委員	大幢 勝利, 高橋 弘樹
(10) 一般社団法人日本機械学会 運営委員会 運営委員	清水 尚憲, 北條理恵子
産業・化学機械・安全部門 運営委員	清水 尚憲, 北條理恵子
産業安全行動分析学研究会代表	北條理恵子
標準事業委員会 委員	柴田 延幸
(11) 一般社団法人静電気学会 代議員	崔 光石
副会長	大澤 敦
学会賞審査委員長	大澤 敦
静電気リスクアセスメント研究委員会 委員長	大澤 敦
電気学会誌編集委員会 委員	遠藤 雄大
放電基礎研究委員会 幹事	遠藤 雄大
(12) 公益社団法人日本化学会 環境・安全推進委員会防災小委員会 委員	板垣 晴彦
(13) 公益社団法人化学工学会 安全部会・運営委員会委員 副部会長	島田 行恭
(14) 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
(15) 日本石灰協会 事例編集委員会	玉手 聡
(16) 日本学術振興会 プロセスシステム第 143 委員会	島田 行恭
(17) 日本ばね学会 破面解析研究会 主査	山際 謙太
(18) バイオメカニズム学会 評議員 評議員	大西 明宏
(19) 公益社団法人日本産業衛生学会 名誉会員	大久保利晃
代議員	甲田 茂樹, 吉川 徹 齊藤 宏之, 中村 憲司
作業関連性運動器障害研究会 世話人	山田 丸 菅間 敦
産業衛生技術部会 企画運営委員会 委員	齊藤 宏之
編集委員	齊藤 宏之
産業衛生技術部会 幹事	齊藤 宏之
産業衛生技術部会 広報委員長	齊藤 宏之

役職名等	氏名
産業衛生技術部会 広報委員	久保 智英
産業衛生技術部会 事務局長	齊藤 宏之
関東地方会 幹事	中村 憲司
産業衛生技術部会 企画運営委員	齊藤 宏之
関東産業衛生技術部会 副部長	齊藤 宏之
関東産業衛生技術部会 世話人	齊藤 宏之
ダイバーシティ推進委員会 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
(20) 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 部長	高橋 幸雄
低周波音分科会 委員	高橋 幸雄
低周波音分科会 主査	高橋 幸雄
研究部会 委員	高橋 幸雄
認定技士部会 委員	高橋 幸雄
(21) 一般社団法人日本環境感染学会	
評議員	吉川 徹
職業感染制御委員会 副委員長	吉川 徹
(22) 一般社団法人日本産業精神保健学会	
代議員	吉川 徹
医療従事者の産業精神保健支援委員会, 副委員長	吉川 徹
(23) 日本睡眠学会	
幹事	高橋 正也
評議員	玉置 應子
(24) 一般社団法人日本体力医学会	
評議員	松尾 知明, 時澤 健
(25) 一般社団法人電気学会	
マグネティックス技術委員会 1号委員	山口さち子
編集専門第一部会 委員	山口さち子
電磁界の健康リスク分析調査専門委員会(第二期) 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
(26) 一般社団法人日本人間工学会	
代議員	岩切 一幸
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

役職名等	氏名
関東支部会 評議員	吉川 徹
(27) 日本行動医学会 評議員 利益相反委員 編集委員	高橋 正也, 井澤 修平 井澤 修平 池田 大樹
(28) 日本ストレス学会 評議員	吉川 徹 井澤 修平
(29) 日本産業ストレス学会 評議員	吉川 徹
(30) 日本生理人類学会 理事 評議員  代議員 若手の会 関東地区委員	劉 欣欣 岩切 一幸, 劉 欣欣 西村 悠貴, 小山 冬樹 西村 悠貴 小山 冬樹, 西村 悠貴
(31) 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
(32) 日本労働衛生工学会 理事	小野真理子, 鷹屋 光俊 中村 憲司, 齊藤 宏之
(33) 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
(34) 局所排気装置等労働衛生工学研究会 運営委員	小嶋 純
(35) 炭素材料学会エコカーボン研究会 幹事	安彦 泰進
(36) 労働時間日本学会 会長 事務局長 事務局 ボードメンバー	高橋 正也 久保 智英 池田 大樹 松元 俊
(37) 日本生理人類学会 評議員	小山 冬樹
(38) 日本環境変異原学会	

役職名等	氏名
評議員	豊岡 達士
(39) 日本産業衛生学会	
代議員	中村 憲司, 山田 丸
ダイバーシティ推進委員会 委員	中村 憲司
関東地方会 幹事	中村 憲司
関東産業衛生技術部会 世話人	中村 憲司
産業衛生技術部会 幹事	中村 憲司
産業疲労研究会 代表世話人	松本 俊
(40) 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
(41) 日本職業・災害医学会	
評議員	上野 哲
(42) 人類働態学会	
広報委員会 幹事	岩浅 巧
(43) 日本健康支援学会	
評議員	松尾 知明
優秀論文賞審査委員会 委員	松尾 知明
(44) 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
(45) その他	
日本小型貫流ボイラ協会 評議委員	清水 尚憲
一般社団法人日本機械工業連合会機械安全推進特別委員会 委員	清水 尚憲
日本プラント・ヒューマンファクター学会 評議員	島田 行恭
日本体力医学会 評議員	松尾 知明
	時澤 健
Testis Workshop 精子形成・精巣毒性研究会 評議員	大谷 勝己
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
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
日本プ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 委員長	木内 敬太
寛容と連携の日本動機づけ面接学会 理事	木内 敬太
人類働態学会 広報幹事	岩浅 巧
人類働態学会 広報担当理事	岩浅 巧
第55回人類働態学会全国大会 実行委員	岩浅 巧
職業感染制御研究会 副理事長	吉川 徹



表 2-18 国際誌編集委員等(INDUSTRIAL HEALTH 誌を除く)

	雑誌名(学会・発行機関)	氏名
(1)	IEEE Xplore (ISR)	池田 博康
(2)	Advanced Robotics	岡部 康平
(3)	World Landslide Forum	平岡 伸隆
(4)	ISEC-11, Abstract	高橋 弘樹
(5)	ASEA-SEC-5	高橋 弘樹
(6)	Journal of Science and Technology of Energetic Materials	板垣 晴彦
(7)	Journal of Thermal Analysis and Calorimetry	西脇 洋佑
(8)	Journal of Electrostatics, Editorial Board	大澤 敦
(9)	Journal of Loss Prevention in the Process Industries	遠藤 雄大
(10)	Journal of Occupational Health	島田 行恭
(11)	Journal of Japan Industrial Management Association	菅間 敦
(12)	WORK Journal	菅間 敦
(13)	Scientific Reports	菅間 敦
(14)	Journal of Occupational Health, Field Editor (Ergonomics field) (The Japan Society for Occupational Health)	久保 智英
(15)	Environmental and Occupational Health Practice, Associate Editor (The Japan Society for Occupational Health)	久保 智英
(16)	Chronobiology International, Guest Editor of the Special Issue of Shiftwork2019 proceedings (Taylor & Francis)	久保 智英
(17)	Journal of Occupational Health, Associate Editor	井澤 修平
(18)	Journal of SLEEP Advances, Reviewing editor	玉置 應子
(19)	Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Member of Editorial Board (Sage Publishing Company)	高橋 幸雄
(20)	Journal of Occupational Health, Referee	小嶋 純
(21)	Journal of Occupational Health, Editors (日本産業衛生学会)	劉 欣欣
(22)	Journal of Occupational Health, Associate Editor (日本産業衛生学会)	劉 欣欣
(23)	Journal of Occupational Health, Editors (日本産業衛生学会)	時澤 健
(24)	Journal of Occupational Health, Associate Editor (日本産業衛生学会)	時澤 健
(25)	The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine 編集委員.	松尾 知明
(26)	Journal of Reproduction and Development, expert reviewer (Society for Reproduction and Development)	大谷 勝己
(27)	The Journal of Toxicological Sciences, Editorial board (The Japanese Society of Toxicology)	小林 健一
(28)	Fundamental Toxicological Sciences, Editorial board (The Japanese Society of Toxicology)	小林 健一
(29)	Journal of Reproduction and Development, Editorial board (The Society for Reproduction and development)	小林 健一
(30)	Scandinavian Journal of Work and Environmental Health, 編集委員 (Nordic Association of Occupational Safety and Health)	高橋 正也
(31)	Journal of Occupational Health, 編集委員・査読者 (Wiley)	高橋 正也
(32)	Environmental and Occupational Health Practice, 編集委員 (Wiley)	高橋 正也
(33)	IATSS Research, 編集委員・査読者 (Elsevier)	高橋 正也

表 2-19 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)	日本労働安全衛生コンサルタント会 編集委員会委員	清水 尚憲
(3)	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 委員	山口 篤志
(4)	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
(5)	安全工学誌 編集委員会 編集委員長(特定非営利活動法人安全工学会)	板垣 晴彦
(6)	土木学会論文集 F6(安全問題) 担当編集者	大幢 勝利 高橋 弘樹
(7)	土木学会論文集 F1 分冊編集小委員会 委員	吉川 直孝
(8)	Safety Engineering 編集委員	大塚 輝人
(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)	小児保健研究, 編集委員(日本小児保健学会)	佐藤 ゆき
(17)	小児保健研究, 79 巻第 6 号編集後記執筆(日本小児保健学会)	佐藤 ゆき
(18)	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
(19)	労働衛生工学, 編集委員長(日本労働衛生工学会)	齊藤 宏之
(20)	電気学会誌, 編集委員(電気学会)	山口さち子
(21)	安全工学, 審査委員(特定非営利活動法人 安全工学会)	安彦 泰進
(22)	人間工学, 編集委員(日本人間工学会)	岩切 一幸
(23)	スポーツ科学研究, 編集委員(早稲田大学)	時澤 健
(24)	産業衛生学雑誌, 編集委員(日本産業衛生学会)	時澤 健
(25)	体力科学, 編集委員(日本体力医学会).	松尾 知明
(26)	「体力科学」特集号企画編集:労働衛生分野における体力科学研究	松尾 知明
(27)	労働衛生工学 編集委員(日本労働衛生工学会)	小野真理子 鷹屋 光俊 中村 憲司
(28)	作業環境編集員(日本作業環境測定協会)	鷹屋 光俊
(29)	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
(30)	日本エアロゾル学会 編集委員(エアロゾル研究)	山田 丸
(31)	睡眠医療, 編集委員(株式会社ライフサイエンス)	高橋 正也
(32)	行動医学研究, 編集委員(日本行動医学会)	高橋 正也
(33)	産業保健と看護, 編集同人(メディカ出版)	吉川 徹
(34)	産業精神保健, 編集委員(一般社団法人日本産業精神保健学会)	吉川 徹
(35)	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 2-20 職員が授与された表彰及び学位等(令和2年度)

内 容	氏 名
(1) 日本高圧力技術協会科学技術振興賞. 2020年5月.	佐々木哲也
(2) 優秀講演賞. 第21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. 2020年12月.	北條理恵子 Christoph Bordlein 是村 由佳 清水 尚憲
(3) 令和2年度土木学会全国大会 第75回年次学術講演会優秀論文賞. 2020年10月.	平岡 伸隆
(4) 2019年度火薬学会奨励賞. 2020年5月.	西脇 洋佑
(5) 博士(工学) 統合生産システム(IMS)におけるICT機器を組み合わせた支援的保護システムの構築とリスク低減方策に関する研究. 日本大学, 2020年11月.	清水 尚憲
(6) 博士(工学) 中小建設業における安全活動推進のための公的支援・指導の実態と課題に関する研究. 東京大学, 2020年9月.	高木 元也
(7) 日本行動医学会 2020年度荒記記念賞. Stress underestimation and mental health outcomes in male Japanese workers: a 1-year prospective study, 2020年12月.	Shuhei Izawa, Nanako Nakamura- Taira, Kosuke Chris Yamada
(8) 第27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:妊娠女性を対象とした予備的研究, 2020年12月.	井澤 修平 川崎 幹子 菅谷 渚 野村 収作
(9) 第47回日本毒性学会 ファイザー賞. Chronotoxicity of bromobenzene-induced hepatic injury in mice, 2020年6月.	吉岡 弘毅 福石 信之 篠原 康郎 黄 基旭 大谷 勝己 三浦 伸彦
(10) 第22回土屋健三郎記念・産業医学推進賞. 特定非営利活動法人健康開発科学研究会. 2020年6月.	吉川 徹
(11) 第93回日本産業衛生学会 若手優秀演題賞. 教育・学習支援業における過労死等の労災認定事案の特徴に関する研究, 2020年5月.	高田 琢弘 吉川 徹 佐々木 毅 山内 貴史 高橋 正也 梅崎 重夫

#### 4. インターネット等による調査・研究成果情報の発信

表 2-21 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.58 No.3	A4, 105 頁	1,000
	Vol.58 No.4	A4, 96 頁	1,000
	Vol.58 No.5	A4, 88 頁	1,000

	刊行物名称	規格	発行部数
	Vol.58 No.6	A4, 101 頁	1,000
	Vol.59 No.1	A4, 62 頁	1,000
	Vol.59 No.2	A4, 79 頁	1,000
(2) 労働安全衛生研究	Vol. 13 No.2	A4, 99 頁	1,350
	Vol. 14 No.1	A4, 81 頁	1,350
(3) 特別研究報告	JNOSH-SRR-No.50(2020)	A4, 199 頁	500
(4) 安衛研ニュース	No.137~No.146	メール形式	21, 850
(5) 令和元年度年報		A4, 240 頁	1,100

表 2-22 テレビ・ラジオ放送による報道

	発表先	氏名
(1)	NHK ニュースウォッチ 9「急増する高齢者の労災」(2020年7月7日放送)	高木 元也
(2)	NHK クローズアップ現代+「あなたはいつまで働きますか? ~多発するシニアの労災~」(2020年7月1日放送)	高木 元也

表 2-23 新聞・雑誌等による報道

	発表先	氏名
(1)	毎日新聞 (くらしナビ)「高齢者の働く場の安全対策」(2020年1月13日)	高木 元也
(2)	読売新聞 福祉施設の労災増 高齢職員の安全策急務 (2020年11月25日)	高木 元也
(3)	物流ウィークリー「扱い方次第で大きな事故に カゴ車事故注意喚起を」(2020年12月14日)	大西 明宏
(4)	朝日新聞 Re ライフ on Saturday 「仕事中のけが」増える高齢者 (2020年9月12日掲載)	高橋 明子
(5)	Fole (みずほ総合研究所)「特集 深夜の仕事メール、返信しますか 「つながらない権利」が今こそ必要だ」(2020年10月号)	久保 智英
(6)	REPORT (情報労連)「睡眠の質の確保が大切ー「つながらない権利」の議論を」(2020年11月号)	久保 智英
(7)	朝日新聞土曜日付別刷り「be」取材 (9/12 付朝日新聞の朝刊に掲載)	玉置 應子
(8)	毎日新聞 (医療プレミアムオンライン)「休日に長時間座っているとメタボになりやすい」(2020年7月28日)	蘇 リナ

## 5. 講演会・一般公開等

### 1) 安全衛生技術講演会・研究所の一般公開

労働安全衛生に関する研究所の研究成果を一般の方に広くお知らせすることを目的として、安全衛生技術講演会と研究所の一般公開を毎年開催しているが、令和2年度については新型コロナウイルス感染症の感染拡大が収まらないことから、やむを得ず開催を断念することとした。

なお、令和2年度は、その代替として研究所のweb上にて最新の研究成果を紹介することとし、ポスターセッションのような形で、研究の概要がわかる資料を掲載した。

表 2-24 web 上で紹介した研究成果

1. トンネル建設工場の肌落ち災害事例とその再発防止対策 建設安全研究グループ 上席研究員 吉川 直孝
2. 脚立作業中の転落防止に向けた押し反力の知覚特性に関する研究 リスク管理研究グループ 主任研究員 菅間 敦
3. 労働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

## 研究所 web 上で紹介した研究成果

### 1. トンネル建設工事の肌落ち災害事例とその再発防止対策



・関連論文等

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

1. プロジェクト研究全体の概要, SRR-No.50-2-0

<https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/srr/SRR-No50-2-0.pdf> [PDF]

2. 落盤・崩壊災害の防止に関する研究, SRR-No.50-2-1

<https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/srr/SRR-No50-2-1.pdf> [PDF]

・その他の参考文献

1. 安衛研ニュースNo. 42 (2012-01-06) トンネル建設工事中の落石による労働災害 (1)

[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/mail\\_mag/2012/42-column.html](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/mail_mag/2012/42-column.html)

2. 安衛研ニュースNo. 43 (2012-02-03) トンネル建設工事中の落石による労働災害 (2)

[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/mail\\_mag/2012/43-column.html](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/mail_mag/2012/43-column.html)

3. 労働安全衛生総合研究所技術資料 JNIOsh-TD-No.2 (2012) トンネルの切羽からの肌落ちによる労働災害の調査分析と防止対策の提案

<https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/td/TD-No2.pdf> [PDF]

### 2. 脚立作業中の転落防止に向けた押し反力の知覚特性に関する研究



・関連論文等

1. 平成28年度年報 (p99~101)

[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/ar/ar\\_2016.pdf](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/ar/ar_2016.pdf) [PDF]

2. 平成29年度年報 (p98~100)

[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/ar/ar\\_2017.pdf](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/ar/ar_2017.pdf) [PDF]

3. 平成30年度年報 (p129~131)

[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/ar/ar\\_2018.pdf](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/ar/ar_2018.pdf) [PDF]

・その他の参考文献

1. 安衛研ニュースNo. 90 (2016-04-08) 脚立作業中の転落災害と作業姿勢の関わり

[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/mail\\_mag/2016/90-column-2.html](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/mail_mag/2016/90-column-2.html)

2. 労働安全衛生研究8巻 (2015) 2号 脚立に起因する労働災害の分析

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/josh/8/2/8\\_JOSH-2015-0009-CHO/\\_article/-char/ja\[J-Stage\]](https://www.jstage.jst.go.jp/article/josh/8/2/8_JOSH-2015-0009-CHO/_article/-char/ja[J-Stage])

### 3. 労働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



・関連論文等

1. Ikeda et.al. (2017)The relationship between sleep disturbances and depression in daytime workers: a cross-sectional structured interview survey. INDUSTRIAL HEALTH, 55, 455-459.

[https://www.jniosh.johas.go.jp/en/indu\\_hel/doc/IH\\_55\\_5\\_455.pdf](https://www.jniosh.johas.go.jp/en/indu_hel/doc/IH_55_5_455.pdf) [PDF]

・その他の参考文献

1. 平成28年度年報 (p42~43)

[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/ar/ar\\_2016.pdf](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/ar/ar_2016.pdf) [PDF]

2. 平成29年度年報 (p45~46)

[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/ar/ar\\_2017.pdf](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/ar/ar_2017.pdf) [PDF]

3. 平成30年度年報 (p36~37)

[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/ar/ar\\_2018.pdf](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/ar/ar_2018.pdf) [PDF]

#### 4. 熱中症予防のためのウェアラブル深部体温計の開発と評価



・関連論文等

1. 安衛研ニュースNo. 119 (2018-10-05) ウェアラブル深部体温計の実用化に向けて  
[https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/mail\\_mag/2018/119-column-1.html](https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/mail_mag/2018/119-column-1.html)

・その他の参考文献

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

1. プロジェクト研究全体の概要, SRR-No.49-2-0  
<https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/srr/SRR-No49-2-0.pdf> [PDF]
2. 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-, SRR-No.49-2-1  
<https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/srr/SRR-No49-2-1.pdf> [PDF]
3. 相転移型蓄冷材料を用いた手足冷却, SRR-No.49-2-2  
<https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/srr/SRR-No49-2-2.pdf> [PDF]
4. ウェアラブル深部体温計の開発, SRR-No.49-2-3  
<https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/srr/SRR-No49-2-3.pdf> [PDF]

## 2) 研究所見学の受入状況

表 2-25 研究所見学の受入状況

	機関等の名称	受入内容	年月日
1)	厚生労働省職員	施設見学	R2. 5. 19
2)	バイオアッセイ研究所研究員	施設見学	R2. 7. 21
3)	独立行政法人 労働者健康安全機構 理事長	施設見学	R2. 9. 4
4)	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 若手職員	施設見学	R2. 9. 11
5)	独立行政法人 労働者健康安全機構 監事	施設見学	R2. 9. 15
6)	東京労働局 若手職員	施設見学	R2. 11. 5

## 6. 知的財産の活用、特許

### 1) 登録特許等

表 2-26 登録特許(令和2年度登録特許3件)

(\*本年度分)

発明の名称(特許番号)	発明者	実施件数
1) 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	1
2) 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	
3) 除電器(特許第 3507898 号)	大澤敦	
4) ロール機用安全装置(特許第 3540294 号)	梅崎重夫, 他機関 5名	
5) 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	
6) 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	
7) ノズル型除電器(特許第 3686944 号)	山隈瑞樹, 児玉勉, 他機関 2名	
8) 遠隔操作型粉塵除去装置(特許第 3769617 号)	小嶋純	
9) 赤外分光分析用試料ホルダー(特許第 3777426 号)	小嶋純	
10) 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	
11) 横吊りクランプ(特許第 3858095 号)	玉手聡	
12) 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(特許第 3899412 号)	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
13) 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	
14) 異種多重シール装置(特許第 3991090 号)	齋藤剛, 他機関 1 名	
15) 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	
16) 斜面保護擁壁の施工法(特許第 4423390 号)	豊澤康男, 伊藤和也	
17) 丸鋸システム(特許第 4552030 号)	梅崎重夫, 清水尚憲, 小林茂信	
18) 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	
19) 車椅子転倒衝撃吸収装置(米国特許第 6722692)	深谷潔, 他機関 3 名	
20) 高電圧検出器(特許第 5058281 号)	富田一, 崔光石, 他機関 2 名	
21) 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	
22) 電荷量測定装置(特許第 5474001 号)	崔光石, 他機関 2 名	
23) 安全装置(特許第 5747019 号)	大塚輝人, 他機関 1 名	
24) 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	
25) 粉体の除電装置(特許第 5950963 号)	崔光石, 他機関 2 名	
26) 土砂遮断装置(特許第 6431239 号)	玉手聡, 堀智仁, 他機関 2 名	
27) 粉粒体の帯電装置(特許第 6351549 号)	崔光石, 他機関 2 名	
28) ロールボックスパレット作業用手袋(特許第 6690890 号)	大西明宏, 他機関 1 名	*
29) 昇降板用後付け柵(特許第 6752458 号)	大西明宏, 山際謙太, 山口篤志他機関 3 名	*
30) 静電気測定装置(特許第 6818328 号)	崔光石, 他機関 1 名	*
31) 貫入型パイプひずみ計(特許第 4942348 号)(TLO より移管)	玉手聡	
32) 貫入型パイプひずみ計(特許第 5500374 号)(TLO より移管)	玉手聡	

表 2-27 登録商標

(\*本年度分)

商標の名称(登録番号)	備考
1) JNIOOSH(商標第 5231608 号)	
2) JNIOOSH(第 1016166A 号, 指定国: 韓国)	

表 2-28 登録意匠

(\*本年度分)

意匠の名称(登録番号)	発明者	実施件数
1) 貫入型パイプひずみ計(意匠第 1414627 号)(TLO より移管)	玉手聡	
2) 貫入型パイプひずみ計(意匠第 1414925 号)(TLO より移管)	玉手聡	

## 2) 特許等出願

表 2-29 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) 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	
2) 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	
3) 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	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
掘削方法(特願 2019-113651)		
4) イオン生成装置(特願 2019-227924)	崔光石, 他機関 2 名	
5) 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	1
6) 電気特性測定装置(特願 2020-194859)	崔光石, 他機関 6 名	*
7) 覚醒状態推定装置及び覚醒状態推定方法(特願 2019-95167)	西村悠貴, 他機関 6 名	*



### 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. 労働衛生に関する WHO 協力センター(WHO-CC)交流会の概要

2021年3月9日に、産業医科大学産業生態科学研究所(産医大 IIES)と研究所(JNIOSH)の労働衛生に関する WHO 協力センター交流会がオンラインで行われた。例年、産医大 IIES と研究所で研究発表会の実地での交流会を行っていたが、令和2年度以降は研究発表会による交流から「労働衛生に関する WHO 協力センター(WHO-CC)」としての活動交流会として継続する方針として、両組織の WHO-CC 担当者による情報交換、意見交換の場として設定した。なお、WHO 西アジア太平洋総局からの WHO-CC 間の国内ネットワークの強化が推奨されていることも、本交流会設定の重要な背景となった。

産医大 IIES から3名、研究所から3名が参加した。お互いの WHO-CC の活動と今後の協力についての意見交換を行い、交流を深めた。具体的には、研究所の今期(2019-2023)の主な協力事項(TOR)は、①西太平洋地域における過重労働による健康障害に関するツールキットと実態報告の国際適用と促進、②西太平洋地域における職業性熱中症予防のためのツールキットと予防対策の国際適用と促進であることを報告した。産医大からは、2020年に新たにスタートした協力事項(TOR)は、①西太平洋地域の中低所得国における普遍的産業保健サービスの方針、戦略、プログラムの強化に関する WHO への支援、②職業性呼吸器疾患の一次予防、二次予防に関する支援、③西太平洋地域の中低所得国における労働安全衛生教育の支援などであることが報告された。これまでアスベスト関連疾患の疫学研究と世界的なアスベスト禁止に向けた WHO との協力活動、JICA 等と連携したアジア地域の産業保健実務者との遠隔教育など、国際的な取り組みを進めてきたが、アスベスト関連の活動を行ってきた担当教授が豪州のアスベスト研究所に異動になり、同研究所全体で新しいスキームを作成し申請を行ったなどが報告された。国内における WHO-CC の連携も期待されていることから、今後も定期的に WHO-CC 間での情報交換の場をもつこと、産医大 IIES が計画しているウェブでの遠隔教育研修内容に研究所から参加することなどが意見交換された。

#### 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 3-1 INDUSTRIAL HEALTH における論文の種類別投稿数の推移 (2012年~2020年)

	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
(1) Editorial	6	6	6	6	6	6	7	6
(2) Foreword	0	0	0	0	0	0	1	0
(3) Review article	9	17	18	13	12	22	25	23
(4) Original article	194	212	223	178	173	206	181	217
(5) Short comm.	18	12	5	11	17	18	11	10
(6) Case report	5	6	3	8	2	9	5	2
(7) Field report	9	11	8	11	14	12	7	5
(8) World report	0	0	0	0	0	0	0	0
(9) Country report	2	1	4	5	6	4	2	7
(10) Workshop report	0	0	0	0	0	0	0	0
(11) Research strategy	1	1	2	1	1	1	0	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	0	3	0	2	0	1
合計	245	267	269	236	231	280	239	271

表 3-2 INDUSTRIAL HEALTH Vol. 58(2020) 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	0	0	0	0	0	0
(3) Review article	0	0	2	0	0	2	4
(4) Original article	8	6	6	8	6	4	38
(5) Short comm.	1	0	1	0	1	0	3
(6) Case report	0	0	0	0	0	2	2
(7) Field report	1	2	1	1	1	0	6
(8) World report	0	0	0	0	0	0	0
(9) Country report	0	1	0	0	1	0	2
(10) Workshop report	0	0	0	0	0	0	0
(11) Research strategy	0	0	0	0	0	0	0
(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	11	10	11	10	10	9	61

表 3-3 INDUSTRIAL HEALTH における論文の種類別の掲載数推移 (2011~2020 年)

Year	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Volume	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
Impact Factor	0.940	0.870	1.045	1.117	1.057	1.168	1.115	1.319	1.471	2.179
(1) Editorial	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
(2) Foreword	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
(3) Review article	2	4	4	5	4	2	7	3	18	4
(4) Original article	68	37	51	37	44	44	40	41	32	38
(5) Short comm.	8	6	6	7	2	3	4	6	6	3
(6) Case report	3	0	1	3	2	1	0	4	1	2
(7) Field report	9	5	2	7	4	8	4	3	3	6
(8) World report	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(9) Country report	1	10	0	0	4	4	2	5	0	2
(10) Workshop report	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(11) Research strategy	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
(12) Practical tool	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(13) Technical report	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
(14) Letter to the Editor	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0
小計	98	71	70	65	67	68	64	68	68	61

表 3-4 INDUSTRIAL HEALTH Vol. 58(2020) における筆頭著者の所属地域ごとにみた論文掲載状況

(2020 年度は特集号の発刊なし)

	全論文		通常号論文	
	数	%	数	%
(1) 欧州	14	23.0	14	23.0
(2) 北米	5	8.2	5	8.2
(3) 中南米	2	3.3	2	3.3
(4) 中近東	3	4.9	3	4.9
(5) アジア	10	16.4	10	16.4

	全論文		通常号論文	
	数	%	数	%
(6) オセアニア	3	4.9	3	4.9
(7) アフリカ	0	0.0	0	0.0
(8) 国内・所内	6	9.8	6	9.8
(9) 国内・所外	18	29.5	18	29.5
合計	61	100.0	61	100.0

### 3. 若手研究者等の育成

#### 1) 大学との連携

表 3-5 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
	客員准教授	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]	連携教授	大学院医療系研究科:王 瑞生
	客員准教授	大学院医療系研究科:高橋 正也, 豊岡 達士
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
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
国立大学法人山口大学[H30.10.1]		

表 3-6 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) 順天堂大学スポーツ健康科学部(非常勤助教, 組織開発実習)	岩浅 巧
4) 武蔵野大学(非常勤講師, 生理実験演習 1・2)	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, 医療衛生学部保健科学科)	小野真理子
8) 東京大学(非常勤講師, 医学部公衆衛生学)	甲田 茂樹
9) 東京大学・大学院医学研究科(公共健康医学専攻)	甲田 茂樹
10) 東京大学(非常勤講師, 工学部都市工学科)	上野 哲
11) 東京大学(非常勤講師, 医学部精神保健学)	高橋 正也
12) 神奈川大学(非常勤講師, 工学部経営工学科)	齊藤 宏之
13) 東京理科大学(客員教授)	高橋 正也
14) 帝京大学医学部公衆衛生大学院(准教授)	吉川 徹
15) 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
16) 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
17) 慶應義塾大学総合政策学部 2020 年度秋学期「産業保健心理学」, 過労死・過労自殺.	高橋 正也
18) 東京大学(非常勤講師, SPH)	吉川 徹

名称(講義・実習)	担当研究員
19) 京都大学(客員研究員, 人間健康科学系専攻)	川上 澄香
20) 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
21) 明治大学理工学部(非常勤講師, 安全学概論)	濱島 京子
22) 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
23) 東京女子大学(非常勤講師, 2年次演習)	菅 知絵美
24) 西埼玉中央病院附属看護学校(非常勤講師, 人間工学)	高橋 明子

## 2) 若手研究者等の受入れ

表 3-7 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) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	1名 早稲田大学	崔 光石
2) 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
3) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	4名 旭サナック株式会社	崔 光石
4) 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
5) 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
6) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	1名 春日電機株式会社	崔 光石
7) イネーブルスウィッチの開発に関する研究	1名 日本大学	清水 尚憲 北條理恵子
8) 有限要素解析による応力評価の高度化	1名 東京電機大学	山際 謙太
9) ワイヤロープの応力解析モデルの妥当性検証および改善方法についての検討	1名 東京大学	山際 謙太 緒方 公俊
10) 柔らかい材料(樹脂、ゴム等)から構成される構造に対してのデジタル画像相関法についての研究	1名 東京大学	山際 謙太 緒方 公俊
11) ディープラーニングの活用による破断面の自動分類	1名 東京電機大学	山口 篤志 山際 謙太
12) 有限要素法と実験力学のハイブリッド化に関する研究	2名 東京電機大学	山口 篤志 山際 謙太
13) シールドトンネルの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
14) 岩盤地山の勾配と斜面安定性の検討	1名 東京都市大学	平岡 伸隆
15) 硝酸グ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
16) 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 3-8 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) 東京消防庁 消防隊員研修「ヒューマンエラーの防止対策について」(10月13日)	高木 元也

	講演の名称	担当研究員
2)	神奈川県労働局 職員研修「エイジフレンドリーガイドラインの解説」(11月25日)	高木 元也
3)	愛知県経済産業局 サービスロボットリスクアセスメント研修「リスクアセスメントの概要と安全設計手順」(11月4日)	池田 博康
4)	富山労働基準監督署 建設業労働災害防止協会富山県支部富山分会 共催 令和2年度建設業現場安全管理研修会「建設業における労働災害と地盤の安全対策について」(2月17日)	玉手 聡
5)	横浜南労働基準監督署 第1回大規模商業施設連絡協議会 講義「大規模商業施設における転倒災害防止対策」(10月5日)	大西 明宏
6)	宮崎県産業保健総合支援センター 産業保健研修「建設現場の死亡災害の実態とせき損等職業性外傷」(11月18日)	高木 元也
7)	宮崎県産業保健総合支援センター 産業保健研修「生活支援機器 リハビリ支援機器等の安全性に関する配慮について」(3月1日)	岡部 康平
8)	労働大学校 産業安全専門研修「爆発火災の防止対策」(11月)(12月)	八島 正明
9)	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)」(2020年7月)	大幢 勝利
10)	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)」(2020年10月)	大幢 勝利
11)	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)」(2021年2月)	大幢 勝利
12)	中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター 第34回静電気安全対策コース「静電気災害・障害の実例と対策」(2020年10月29日)	崔 光石
13)	中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター 2020年度安全衛生専門講座 第34回静電気安全対策コース(中災防)「液体取り扱い時の静電気対策(研究所訪問)」(2020年10月28日)	遠藤 雄大
14)	中央労働災害防止協会安全衛生教育センター 第82回電気取扱作業特別教育インストラクターコース「低圧電気基礎知識」講師(2020年9月23日)14:45-18:30)L-2 低圧の電気に関する基礎知識, L-3 低圧の電気設備に関する基礎知識, 講師(2020年9月23日)	三浦 崇
15)	中央労働災害防止協会安全衛生教育センター 第85回電気取扱作業特別教育インストラクターコース「低圧電気基礎知識」講師(2021年2月24日)14:45-18:30)L-2 低圧の電気に関する基礎知識, L-3 低圧の電気設備に関する基礎知識, 講師(2021年2月24日)	三浦 崇
16)	中央労働基準労働災害防止協会 第79回全国産業安全衛生大会 特別報告「テールゲートリフターを使用した荷役作業による災害とその特徴」(誌上開催)	大西 明宏
17)	国立研究開発法人産業技術総合研究所 ヒューマンロコモーション拡張技術協議会, 第2回ヒューマンロコモーション拡張技術協議会 招待講演「労働災害における転倒の特徴とその対策」(オンライン)(7月16日)	大西 明宏
18)	公益社団法人産業安全技術協会, 安全技術講演会(インターロック利用に関する海外規制の状況)(10月2日)	大塚 輝人
19)	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
20)	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」大阪	大幢 勝利
21)	一般財団法人全国建設研修センター 令和2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
22)	一般社団法人日本労働安全衛生コンサルタント会東京支部 令和2年度 第2回東京支部労働安全衛生研修会 講演「転倒災害防止対策」(3月23日)	大西 明宏
23)	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」静岡	高橋 弘樹
24)	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」仙台	大幢 勝利
25)	一般社団法人静電気学会講習会 2020年度第2回静電気学会講習会「静電気災害の実例と対策～基礎・計測, 液体災害, 粉体災害, リスクマネジメント～」粉体による静電気災害と対策(12月8日)	崔 光石
26)	一般社団法人日本粉体工業技術協会 粉じん爆発火災・安全研修【中級/技術編】Live 配信・Web研修(2月25日,26日)	崔 光石

	講演の名称	担当研究員
27)	一般社団法人日本粉体工業技術協会・労働安全衛生総合研究所 粉じん爆発・火災安全研修(中級/技術編)「金属粉・粉体の火災の危険性」および「事故解明と防爆改善の事例」(2月25日)	八島 正明
28)	一般社団法人日本粉体工業技術協会・労働安全衛生総合研究所 粉じん爆発・火災安全研修(中級/技術編)「法体系と関連法規、責務の理解」(2月26日)	板垣 晴彦
29)	特定非営利活動法人安全工学会 第42回安全工学セミナー プラント安全設計(11月11日)	島田 行恭
30)	特定非営利活動法人安全工学会 第42回安全工学セミナー「粉じん爆発危険物質」(8月28日)	八島 正明
31)	ビール酒造組合安全衛生セミナー 製造現場における挟まれ・巻き込まれについて(11月18日)	清水 尚憲
32)	日本工業出版「防爆電気機器検定機関の最新動向セミナー」(防爆電気機器型式検定制度2020)(7月2日)	大塚 輝人
33)	日本工業出版「防爆電気機器検定機関の最新動向セミナー」(防爆電気機器型式検定制度2021)(3月30日)	大塚 輝人
34)	第55回電気関係事業安全セミナー パネルディスカッション「安全人育成のための基礎・基本～新たな視点～」(労働災害防止の考え型をどのように初学者に説明するか～大学講義の取り組みから～講演とディスカッション)(2020年11月12日)	濱島 京子
35)	第35回首都高速道路工事に係わる安全管理講習会, 労働災害防止の考え型～問題解決の目線からリスクアセスメントを理解する～. 2020年9月28日動画撮影, 10月1日～21日配信予定	濱島 京子
36)	簡易なリスクアセスメント支援ツール活用促進講習会, 危険性リスクアセスメントツール(安衛研手法)の紹介. 2021年2月1日動画撮影, 2月15日～26日配信	島田 行恭
37)	埼玉産業保健総合推進センター 産業保健セミナー(オンライン)「不眠スコアとうつ病」	佐々木 毅
38)	(社)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」(映像授業)	柴田 延幸
39)	(公社)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 コース4(騒音, 超音波のリスク管理), 講師(オンライン)	高橋 幸雄
40)	令和2年度厚生労働省委託事業 職場における熱中症予防に関する講習会(名古屋)7月21日	上野 哲
41)	令和2年度厚生労働省委託事業 職場における熱中症予防に関する講習会(大阪)7月22日	上野 哲
42)	厚生労働省 職場における熱中症予防に関する研修会(東京会場)	齊藤 宏之
43)	厚生労働省 職場における熱中症予防に関する研修会(札幌会場, ZOOMにて遠隔講演)	齊藤 宏之
44)	厚生労働省 職場における熱中症予防に関する研修会(仙台会場)	齊藤 宏之
45)	(公社)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
46)	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
47)	労働大学校 安全衛生専門研修「腰痛防止対策」(オンデマンド配信)	岩切 一幸
48)	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」(オンデマンド配信)	岩切 一幸
49)	厚生労働省委託事業「勤務間インターバル制度導入促進シンポジウム」, 第一部:基調講演②「勤務間インターバルと心身の健康」, 第二部:パネルディスカッション「勤務間インターバル制度の効果的な運用に向けて」	高橋 正也
	<a href="https://www.tokiorisk.co.jp/seminar/2020/interval-symposium.html">https://www.tokiorisk.co.jp/seminar/2020/interval-symposium.html</a>	

#### 4) 海外協力

表 3-9 海外協力実績

	名称(内容)	受入/参加人数
1)	ドイツ労働安全衛生関連関連の有識者とのオンライン研究交流会において意見交換及び研究協力の打ち合わせ	2名
2)	国際労働安全衛生連合タスクグループ(Global Coalition on OSH TG)へのオンライン参加によるOSHの方向性等の検討	2名
3)	国際労働機関(ILO)が実施する労働市場統計作成への協力	3名
4)	労働衛生に関するWHO協力センターの活動報告取りまとめ	2名

名称(内容)	受入/参加人数
5) IEC 発行のMSB 白書の中で研究領域の紹介記事を担当	1名
6) 労働衛生に関するWHO 協力センター(WHO-CC)の国内交流(産業医科大との情報交換会を実施)	3名

#### 4. 研究協力

表 3-10 研究協力協定の締結状況(～令和2年度)

協定先	国	協定締結	令和2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	・特になし
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
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	・Byen 委員と崔首席研究員により、実施中の主な安全分野研究リストを含む情報交換を行った(令和2年12月18日)。
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 2019年(令和元年)6月再締結	・特になし
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(IRSSST)	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	・特になし
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	・特になし
安全生産科学研究院	中国	2016年(平成28年)2月制定	・特になし
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	・Christoph F. Bördlein 氏とともに、ドイツ法定災害保険(DGUV)Form 誌に労働安全に関する産業現場での現状を寄稿した(令和2年11月発行)。

労働安全衛生総合研究所年報

令和2年度版

---

発行日 令和4年 2月 28日

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

2020



NATIONAL INSTITUTE OF  
OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH  
1-4-6, Umezono, Kiyose, Tokyo 204-0024, JAPAN