

平成23年度外部研究評価報告書

平成24年3月

独立行政法人 労働安全衛生総合研究所

目 次

I	はじめに.....	1
II	独立行政法人労働安全衛生総合研究所外部評価規程.....	2
III	外部評価委員名簿.....	6
IV	外部評価委員会.....	7
V	研究課題一覧.....	9
VI	評価対象課題の研究概要及び評価結果.....	11
1	新規課題.....	11
1.1	建設機械の転倒及び接触災害の防止に関する研究.....	11
1.2	墜落防止対策が困難な箇所における安全対策に関する研究.....	17
1.3	労働者の心理社会的ストレスと抑うつ症状との関連及び対策に関する研究.....	23
1.4	金属酸化物粒子の健康影響に関する研究.....	29
2	継続課題.....	36
2.1	作業温熱ストレスの労働生理学的評価と予防対策技術研究.....	36
3	終了課題.....	42
3.1	災害多発分野におけるリスクマネジメント技術の高度化と実用化に関する研究.....	42
3.2	アーク溶接及び関連作業職場における有害因子に関する研究.....	56
3.3	中小企業における労働安全衛生マネジメントシステムの確立.....	64
3.4	生体内繊維状物質の高感度・多元的検出とばく露レベルに関する研究.....	74
4	基盤的研究課題.....	83
4.1	サブミクロン粉じんの発火・爆発性に関する研究.....	83
4.2	金属および無機化合物の作業環境管理に簡易測定手法を導入するための基礎研究.....	88

I はじめに

労働安全衛生総合研究所における平成23年度の外部研究評価委員会は、9人の外部評価委員(以下「委員」という。)の御出席の下、平成23年12月27日に開催した。評価いただいた課題は、平成24年度を初年度とする新規プロジェクト研究4課題(事前評価)、平成22年度を最終年度とするプロジェクト研究4課題(終了評価)、平成23年度が研究の中間年に該当するGOHNET研究(世界保健機構(WHO)の「労働者の健康推進に関するWHO アクションプラン」に基づく研究)1課題(中間評価)、そして平成23年度に実施している基盤的研究課題2課題の計11課題であった。

当研究所の外部研究評価は、昨年度までプロジェクト研究、イノベーション25研究(政府の長期戦略指針「イノベーション25」に基づく研究)、GOHNET研究を対象として実施してきたが、本年度は新たな試みとして基盤的研究課題の評価を行った。基盤的研究は、研究成果が労働災害、職業性疾病の予防等に直ちに貢献することが求められるプロジェクト研究等とは性格が異なり、中長期的スパンでの研究員の調査研究能力の涵養、将来のプロジェクト研究の基盤構築等を主たる目的としている。このため、評価に際しては将来のプロジェクト研究への発展性にも着目していただくこととした。

評価の方法については、例年と同様、研究課題に関する諸資料を事前に委員に送付して一読していただいた後、評価委員会当日に、研究代表者によるパワーポイント資料に基づくプレゼンテーション及び質疑応答を行った上で採点及びコメントを記入していただいた。このうち、終了課題については、研究成果を取りまとめた「労働安全衛生総合研究所特別研究報告」(JNIOOSH-SRR-No.41)を基礎資料としたが、紙数の関係から、本報告書には各研究報告の総論部分のみを掲載した。御関心のある方におかれては、当研究所のホームページで公表している各論の成果についても御一読いただければ幸いである。なお、事前評価での指摘事項については、研究担当者が研究計画の修正を図るとともに、当研究所の内部評価委員会で更に精査し、ブラッシュアップを図ったところである。本報告書ではこれら全てのプロセスをご紹介できないが、当研究所ではこのような流れで研究計画の修正、進捗管理を行っていることをご理解いただければ幸いである。

評価対象課題が多く、また、研究分野が多岐にわたるため、外部評価委員の先生方には、大変なご苦勞をおかけしたが、「国の研究開発に関する大綱的指針」(平成20年10月3日内閣総理大臣決定)で評価者の責務とされている「公平・公正で厳正な評価」及び「適切な助言」を十二分に果たしていただいた。この場で改めて御礼申し上げるとともに、御助言等を踏まえて、調査研究の前進や質の向上に活かしていくなど、研究主体としての責務を果たしていくことで、御恩に報いたいと考えている。

Ⅱ 独立行政法人労働安全衛生総合研究所外部評価規程

(総則)

第1条 独立行政法人労働安全衛生総合研究所(以下「研究所」という。)は、社会的・行政的ニーズ等に対応した労働安全衛生研究活動の効率化及び活性化を図り、研究所の研究能力を最大限に発揮して優れた研究成果を創出するため、研究課題等に係る研究所役職員による評価(以下「内部評価」という。)の客観性、公正性及び信頼性の確保及び評価の透明性と有効性を高めることを目的とする第三者による評価(以下「外部評価」という。)を実施する。

- 2 外部評価は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」(平成20年10月31日内閣総理大臣決定)に沿って行うものとする。

(外部評価委員会)

第2条 外部評価は、研究所の各研究グループの研究分野における有識者等 15 人以下で構成される外部評価委員会(以下「委員会」という。)において実施する。

- 2 委員会の委員は、研究所理事長(以下「理事長」という。)が委嘱する。
- 3 委員の任期は2年とする。
- 4 委員会に委員長をおく。委員長は、委員の互選により選任する。

(委員会の会議の開催)

第3条 理事長は、研究課題評価を行うため、原則として年度ごとに1回以上委員会の会議(以下「会議」という。)を開催する。ただし、次条第1項の「理事長が特に必要と認めた場合」については、別途書面のみによる評価を求めることができる。

- 2 理事長は、会議の開催に当たり必要と認める者の出席を求めることができる。
- 3 委員長は、会議の議長を務める。ただし、評価の対象となる研究課題に応じ、委員長があらかじめ指名する者に議長の職務を行わせることができる。

(研究課題評価)

第4条 研究課題評価は、プロジェクト研究(GOHNET研究を含む。)について事前評価、事後評価及び中間評価(実施期間が5年以上の研究の場合に限り3年目を目途に中間評価を実施する)を行う。

- 2 理事長が特に必要と認めた場合は、プロジェクト研究について追跡評価(研究終了時から一定期間経過後に、研究の直接の成果(アウトプット)及びアウトプットから生み出された直接的な効果(アウトカム)、アウトプットによりもたらされた間接的な社会経済的波及効果について評価するもの)を行うことができる。
- 3 理事長が特に必要と認めた場合は、基盤的研究について評価を行うことができる。
- 4 理事長は、研究課題評価の対象となる研究の課題ごとに研究の計画及び成果の概要に係る資料を作成し、委員会に提出する。資料の書式については別に定める。
- 5 研究課題評価は、別表に掲げる項目について実施する。

(評価結果の公表)

第5条 委員会における研究課題評価の結果は、報告書としてとりまとめ、公表する。

(事務局)

第6条 委員会の事務局は、研究企画調整部におく。

(補則)

第7条 この規程に定めるもののほか、外部評価の実施に関し必要な事項は、理事長が定める。

附則

この規程は、平成 20 年 2 月 26 日から施行する。

附則

この規程は、平成 21 年 11 月 1 日から施行する。

附則

この規程は、平成 22 年 4 月 1 日から施行する。

附則

この規程は、平成 23 年 12 月 1 日から施行する。

別表

1. 事前評価

下表の各項目について、次に示す5段階評価により評価する。

5点(優れている)、4点(やや優れている)、3点(水準(妥当な)レベル)、2点(やや劣っている)、1点(劣っている)

評価項目	評価内容
1 目標設定	労働現場ニーズ、行政ニーズを踏まえ、労働災害、職業性疾病の予防等に貢献する目標設定となっているか。具体的かつ明確に達成目標が示されているか。(プロジェクト研究にあつては中期計画との整合性がとれているか。)
2 研究計画	研究目標が達成できる適切な計画(スケジュール、人員体制、予算)となっているか。当研究所で研究を実施する必要性・意義が認められるか。(他の研究機関、大学等との重複がないか。)
3 研究成果の活用・公表	行政施策、労働安全衛生関係法令・規格、ガイドライン、特許等に反映させる等、得られた研究成果を社会へ還元する計画があるか、又は可能性があるか。学術誌、研究所刊行物・国内外の学術会議等における公表・研究所のホームページ等情報メディアによる公表を行う計画は適切か。
4 学術的視点	独創性、新規性があるか。学術的に意義のある成果が達成される可能性があるか。
5 その他の評価	上記1～4以外の評価内容(学際的視点、費用対効果、研究テーマのチャレンジ性、期待されるアウトカム、波及効果など)について評価する。

2. 中間評価及び事後評価

下表の各項目について、次に示す5段階評価により評価する。5点(優れている)、4点(やや優れている)、3点(水準(妥当な)レベル)、2点(やや劣っている)、1点(劣っている)

評価項目	評価内容
1 目標達成度	研究目標が計画どおりに達成されているか。研究経費が適切に執行されているか。
2 行政的・社会的貢献度	労働災害、職業性疾病の予防等に貢献する成果が得られ、行政施策、労働安全衛生関係法令・規格、ガイドライン、特許・実用新案等に反映されたか、又はその予定・可能性はあるか。
3 研究成果の公表	学術誌、研究所刊行物・国内外の学術会議での公表、研究所のホームページ等情報メディアによる公表を適切に行っているか。
4 学術的貢献度	独創性・新規性・新技術創出の観点からみて、研究成果の学術的意義が認められるか。

5 その他の評価	上記 1～4 以外の評価内容(学際的視点、費用対効果、研究テーマのチャレンジ性、期待されるアウトカム、波及効果など)について評価する。
----------	---

3. 備考

基盤的研究について評価を行うときは、評価項目の「その他の評価」の評価内容としてプロジェクト研究への発展性についても考慮するものとする。

Ⅲ 外部評価委員名簿

委員長	安達 洋	日本大学理工学部海洋建築学科特任教授
委員	上野満雄	全日本自治団体労働組合安全衛生対策室顧問医
委員	岡野一雄	職業能力開発総合大学校電気システム工学科教授
委員	川上憲人	東京大学大学院医学系研究科教授
委員	小泉昭夫	京都大学大学院医学研究科教授
委員	佐藤研二	東邦大学理学部生命圏環境科学科教授
委員	栃原 裕	九州大学大学院芸術工学院教授
委員	中村昌允	東京農工大学工学府産業技術専攻教授
委員	藤田俊弘	IDEC 株式会社 常務執行役員 技術戦略本部長
委員	保利 一	産業医科大学産業保健学部教授
委員	松原雅昭	群馬大学大学院工学研究科教授
委員	横山和仁	順天堂大学大学院医学研究科教授
委員	眞野芳樹	早稲田大学大学院商学研究科教授

IV 外部研究評価委員会

1 日 時 : 平成23年12月27日(火)13:30~17:20

2 場 所 : 女性就業支援センター・第1セミナー室

3 出席者

(1)外部評価委員(Ⅲ 外部評価委員名簿のとおり)

(2)研究所

前田理事長、小川理事、高橋理事

榎本監事(オブザーバー)

浅田研究企画調整部長、甲田研究企画調整部首席

豊澤安全研究領域長、宮川健康研究領域長、管野環境研究領域長

(3)厚生労働省

安全衛生部計画課 木口調査官(オブザーバー)

(4)事務局

佐々木(哲)上席、金田上席、中島企画専門員(書記)

4 議 事

(1)開会

(2)理事長挨拶

(3)委員紹介

(4)研究課題評価

ア)事前評価

事前-1 建設機械の転倒及び接触災害の防止に関する研究

(玉手)

事前-2 墜落防止対策が困難な箇所における安全対策に関する研究

(日野)

事前-3 労働者の心理社会的ストレスと抑うつ症状との関連及び対策に関する研究

(原谷)

事前-4 金属酸化物粒子の健康影響に関する研究

(宮川)

イ)中間評価

中間-1 作業温熱ストレスの労働生理学的評価と予防対策技術研究

(澤田)

ウ)事後評価

事後-1 災害多発分野におけるリスクマネジメント技術の高度化と実用化に関する研究

- 事後-2 アーク溶接及び関連作業職場における有害因子に関する研究 (高木、梅崎、島田)
- 事後-3 中小企業における労働安全衛生マネジメントシステムの確立 (奥野)
- 事後-4 生体内繊維状物質の高感度・多元的検出とばく露レベルに関する研究 (甲田)
- 事後-4 生体内繊維状物質の高感度・多元的検出とばく露レベルに関する研究 (篠原)
- エ) 基盤的研究
- 基盤-1 サブミクロン粉じんの発火・爆発性に関する研究 (八島)
- 基盤-2 金属および無機化合物の作業環境管理に簡易測定手法を導入するための基礎研究 (鷹屋)
- オ) 総合討論

V 研究課題一覧

1 プロジェクト研究

課題 番号	研究期間		研究課題名	代表者	分担・共同研究者
	開始 年度	終了 年度			
新規課題					
P-1	24	26	建設機械の転倒及び接触災害の防止に関する研究	玉手聡	吉川直孝, 堀智仁, 伊藤和也, 清水尚憲, 梅崎重夫
P-2	24	27	墜落防止対策が困難な箇所における安全対策に関する研究	日野泰道	大幢勝利, 高梨成次, 伊藤和也, 高橋弘樹, 梅崎重夫
P-3	24	26	労働者の心理社会的ストレスと抑うつ症状との関連及び対策に関する研究	原谷隆史	倉林るみい, 井澤修平, 土屋政雄
P-4	24	26	金属酸化物粒子の健康影響に関する研究	宮川宗之	王瑞生, 小林健一, 柳場由絵, 久保田久代, 須田恵, 北條理恵子, 三浦伸彦, 山口さち子
継続課題					
P-5	20	24	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	梅崎重夫	池田博康, 清水尚憲, 齋藤剛, 濱島京子, 呂 健
P-6	21	24	災害復旧建設工事における労働災害の防止に関する総合的研究	高梨成次	大幢勝利, 日野泰道, 伊藤和也, 高橋弘樹, 豊澤康男, 玉手聡
P-7	22	24	初期放電の検出による静電気火災・災害の予防技術に関する研究	富田一	山隈瑞樹, 大澤敦, 崔光石, 市川紀充(工学院大), 最上智史(春日電機), 鈴木輝夫(春日電機)
P-8	21	23	蓄積性化学物質のばく露による健康影響に関する研究	高橋正也	伊藤弘明, 齊藤宏之, 翁祖銓, 三浦伸彦, 大谷勝己, 小川康恭, 牧祥(愛知教育大), 伊藤弘明(順天堂大), 牛橋(中国・山西医科大学), 千田大(国立国際医療センター研究所)
P-9	21	23	メンタルヘルス対策のための健康職場モデルに関する研究	原谷隆史	倉林るみい, 井澤修平, 土屋政雄, 廣尚典(産医大), 池田智子(茨城県立医療大), 島津明人(東大), 北村尚人(三菱重工業), 高橋信雄(JFE スチール), 福井城次(富士通)
P-10	21	23	健康障害が懸念される化学物質の毒性評価に関する研究	王瑞生	須田恵, 大谷勝己, 翁祖銓, 北條理恵子, 柳場由絵, Lei GUO (NCTR/USA), 那須民江(名大), 李卿(日本医大)
P-11	22	24	勤務時間制の多様化等の健康影響の評価に関する研究	高橋正也	久保智英, 東郷史治, 田中克俊(北里大), 島津明人(東京大)
P-12	22	24	オフィス環境に存在する化学物質等の有害性因子の健康影響評価に関する研究	澤田晋一	齊藤宏之, 萩原正義, 岡龍雄, 安田彰典, 田井鉄男, 坂本龍雄(山口大), 榎本ヒカル(東京福祉大)

課題 番号	研究期間		研究課題名	代表者	分担・共同研究者
	開始 年度	終了 年度			
P-13	23	25	従来材及び新素材クレーン用ワイヤロープの経年損傷評価と廃棄基準合理化への応用	本田尚	佐々木哲也, 山際謙太, 山口篤志
P-14	23	26	貯槽の保守、ガス溶断による解体等の作業での爆発・火災・中毒災害の防止に関する研究	板垣晴彦	八島正明, 大塚輝人, 水谷高彰, 木村新太, 菅野誠一郎, 鷹屋光俊, 小野真理子, 齊藤宏之
P-15	23	27	建設業における職業コホートの設定と労働者の健康障害に関する追跡調査研究	佐々木毅	久保田均, 甲田茂樹, 久永直見(愛知教育大), 柴田英治(愛知医大), 毛利一平(労研)
P-16	23	25	発がん性物質の作業環境管理の低濃度化に対応可能な分析法の開発に関する研究	小野真理子	菅野誠一郎, 古瀬三也, 萩原正義
終了課題					
P-17	18	22	災害多発分野におけるリスクマネジメント技術の高度化と実用化に関する研究	高木元也	中村隆宏, 梅崎重夫, 清水尚憲, 濱島京子, 江川義之, 島田行恭
P-18	20	22	アーク溶接作業における有害因子に関する調査研究	奥野勉	小嶋純, 齊藤宏之, 久保田均, 山口さち子, 久永直見(愛知教育大), 毛利一平(労研), 村田克(労研), 大平明弘(島根大), 中西孝子(昭和大), 小笠原仁夫(日本溶接協会)

2 GOHNET 研究

課題 番号	研究期間		研究課題名	代表者	分担・共同研究者
	開始 年度	終了 年度			
継続課題					
G-1	19	24	作業温熱ストレスの労働生理学的評価と予防対策技術の研究	澤田晋一	上野哲, 田井鉄男, 岡龍雄, 安田彰典, 呂健, 井田浩文(東京電力), 中山和美(東京電力), 下田朋彦(東京電力)
G-2	20	24	ヘルスケアワーカー及びその他の労働者の職業性健康障害	高橋正也	岩切一幸, 毛利一平(労研), Derek R. Smith(オーストラリア・ニューキャッスル大学)
終了課題					
G-3	20	22	中小企業における労働安全衛生マネジメントシステムの確立	甲田茂樹	佐々木毅, 伊藤昭好(産医大), 原邦夫(久留米大), 堤明純(産医大), 渡辺裕晃(大牟田市役所), 鶴田由紀子(大牟田市役所), 丸山正治(大牟田市役所)

VI 評価対象課題の研究概要及び評価結果

1 新規課題

1.1 建設機械の転倒及び接触災害の防止に関する研究（平成24年度～平成26年度）

（1）研究の背景等

ア. 社会的背景・行政的要請

建設業における死亡災害は全産業の約40%を占めており、その災害防止は重要な課題となっている。特に建設業では「墜落・転落災害」、「建設機械等が原因の関連災害」、「飛来落下・崩壊・倒壊災害」が三大災害と呼ばれ、その約90%を占めている。

掘削用機械による激突、折損、転倒・転落、つり荷の落下などの災害が頻発しており、第11次労働災害防止計画では建設機械災害が防止対策の項目に掲げられている。特にクレーン機能付きドラグ・ショベルの使用では、はさまれ、巻き込まれなどの接触災害が多発する傾向にあり、接触防止のための警報装置や作業時における安全装置の開発が必要とされている。また建設工事に用いられる大型のくい打機等の転倒は現場内のみならず周辺社会に甚大な被害を与え、近年社会問題化している。

以上のとおり、建設機械による様々な労働災害が発生しており、その危険性の解明と安全対策の検討が必要とされている。

イ. テーマに関連した研究の現状

運転者が転倒時にキャビンから投げ出されることへの安全対策として、シートベルトの着用や保護構造(ROPS)が国内外で規格化されたことにより、オペレータの命は守られるようになった。しかしながら、その周辺にいた誘導員や監視員が巻き込まれる事例も多く見られることから、運転者の防護に加えて、建設機械を転倒、転落させない本質的な対策が必要とされている。さらに、挟まれ巻き込まれ等の接触防止装置については、作業性や人間特性を考慮した実用性の高い人体検知装置や連絡調整システムは存在しないのが現状であり、この視点からの新たな研究が必要とされている。

以上のことから、本研究では建設機械が転倒した際の施工条件や接触した際の機械と人間の位置関係等から危険を分析したうえで、安全作業に必要な定量的要件の検討と安全装置の開発を行う。

ウ. 当該研究の基となる代表者及び共同研究者の主要な成果

- 1) 堀智仁，玉手聡：実大走行実験によるくい打機の不安定化挙動の解析，労働安全衛生研究，Vol.2，No.1，pp.19-26，2009.
- 2) 堀智仁，玉手聡，末政直晃：くい打機の自走実験による揺れと履帯接地圧力の計測，土木学会論文集C，Vol.66，No.2，pp.342-355，2010.
- 3) 吉川，伊藤，堀，玉手：近年のトンネル建設工事における落盤・土砂崩壊災害の調査・分析，安全工学シンポジウム2010.
- 4) 玉手聡：移動式クレーンの安定設置に関する地盤の支持力要件：産業安全研究所安全資料

NIIS-SD-26, 2006.

- 5) 梅崎重夫, 清水尚憲, 濱島京子: 人間機械作業システムにおけるリスク低減戦略の基礎的考察—統合生産システム (IMS) と土木建築構造物の自動施工システムに共通するリスク低減戦略—, 土木学会安全問題研究論文集 (2008) pp.11-16

(2) 研究の概要等

ア. 研究期間内で行う研究の概要

【サブテーマの詳細】

サブテーマ1. 建設機械の転倒、転落及び接触災害の詳細分析(主担当:吉川)

建設機械による労働災害について、転倒、転落及び接触により被災したケースに着目し、災害事例から作業状況、地盤種類、法面勾配、建設機械と被災者との距離などのパラメータをピックアップして分析する。地盤種類については、地盤の硬軟や養生方法が重要なファクターとなる。過去の発生状況を調査するとともに施工中の現場を訪問して実態も調査する。訪問の際はサブテーマ2で行う支持力調査法の現場実験も行う予定である。転倒、転落災害では、地盤が平坦である場合の災害なのか、斜面上であればその法面勾配を調査する。接触災害については、被災する直前の被災者と建設機械との位置関係が重要である。分析結果に基づいてサブテーマ2、3の検討における重点項目を明確化し、効果的な対策の検討に生かす。また発生状況の詳細情報を迅速に発信し、災害防止に役立てる。

サブテーマ2. 建設機械の転倒、転落防止に関する研究(主担当:堀)

過去の転倒・転落災害では、建設機械が路肩や法肩部に近づきすぎたことが原因に見られ、その多くで法肩部の地盤が崩壊している。本サブテーマでは、機械荷重が法肩部に働いた際の分散効果と崩壊現象を実験と解析でシミュレートし、転倒、転落の危険要因を解明する。その結果に基づいて法面の勾配、高さ、支持力に応じた近接離隔等の作業標準を提案する。安全作業に必要な要件を明確化することにより、建設機械の転倒、転落災害を防止する。

移動式クレーンやくい打機等の大型機械が地耐力不足のために転倒する災害も発生しており、現場地盤が不安定な状態で使用されている状況が見られる。現場の支持力は目視や踏査により経験的に判断される場合が多く、これを見誤ったことによる転倒も発生している。一方、JIS等の基準試験法は実施に手間と時間を要し、現場の仮設的な適用には課題もある。そこで本研究では簡易な支持力試験法を検討して研究所指針として標準化し、地耐力確認の普及を促進する。

サブテーマ3. 建設機械と人間の接触等を防止するための安全装置に関する研究(主担当:清水)

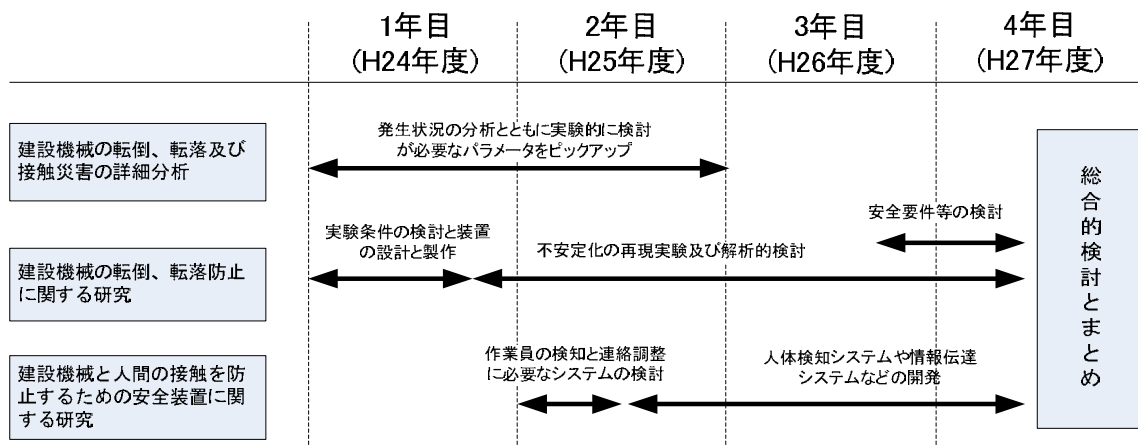
旋回中や走行中の建設機械による挟まれ、激突、荷の飛来、落下などの多様な災害が多発している。これらの災害を防止するために、オペレータに対する技能講習、作業員や誘導員に対する教育と訓練、及び通行人への適切な誘導を始めとした災害防止対策が実施されている。しかし、人の注意力に依存した対策には限界があり、確実性の高い設備対策の確立が不可欠である。このため、本研究では、最新のセンシング技術を活用したモニタリングシステム（人体検知、転倒予測、過荷重検知など）やICTを活用した情報伝達システムなどの開発を試みる。また、安全性と作業性の両立を考慮した総合的な設計指針を併せて提案する。

さらに、実際の災害は、キャビン空間や作業時の動的視野などの人間工学的条件の不具合に起因して発生しているケースも認められるため、これらに関連する ISO や JIS に対する提言なども併せて検討する。

年度ごとの研究費（概算）

1年目	10,000	千円
2年目	20,000	千円
3年目	15,000	千円
(もしあればそれ以降)	4年目	10,000 千円

【研究期間全体を通してのフローチャート】

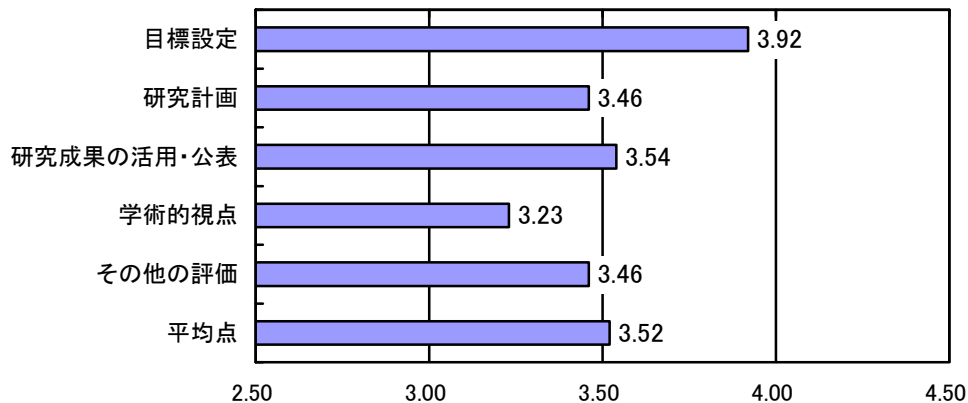


イ. 期待される研究成果

1. 建設機械の転倒、転落及び接触災害について、過去の災害事例の分析に基づいた発生状況の詳細を事業者に広く情報提供する。危険を再認識させ、労働者の安全意識を向上させる。
2. ドラグ・ショベルが転倒、転落する危険要因を明らかにし、安全作業の要件を提案する。この要件を定量的に示すことで、内容が明確となり危険作業も無くなる。
3. 施工現場の簡易な支持力試験法を当研究所で検討し標準化する。安定確認の普及により地耐力不足による転倒を防止する。
4. 建設機械による接触防止装置や情報伝達システムを開発する。その設計では作業性や人間特性も考慮した提案を行う。

(3) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(B委員) 現場に役立つ研究だと思います。

(C委員) サブテーマ 3「建設機械と人間の接触等を防止する安全装置に関する研究」は有望である。

サブテーマ 1「建設機械による・・・実施調査」は分析フレームワークが明確でなく、改善を期待する。

(D委員) 建設機械による事故の防止対策は労働安全上重要な課題である。ただし、スライドの2枚目には4つのサブテーマで構成と書いてあるが、提案票ではサブテーマは3つしか挙げられておらず、パワーポイント資料ではサブテーマ3はタイトルだけで、次のスライドはサブテーマ4の研究目標となっており、見出しの番号も含め混乱が見られるので、内容を整理、確認して研究にあたっていただきたい。また、タイトルの「建設機械による転倒・・・」からは、建設機械に接触することにより人が転倒し、災害が発生するのを防止するための研究というように取れるが、サブテーマ2は人というよりも建設機械自体の転倒に対する防止対策ということになっている。サブテーマは個別の課題であるのでこれでよいと思うが、全体を包括する研究課題としては「建設機械による転倒・・・」というよりも「建設作業現場における転倒・・・」あるいは「建設機械を取り扱う作業・・・」などのほうがよいのではないかと。

(E委員) 転倒に関わる要因をさらに総合的に取り上げ、また、できるだけ作業現場の調査などを行い、より現実に即した成果を得てください。

(F委員) 事故事例の分析、改善事例の紹介をタイムリーに情報発信して欲しい。

(G委員) 建設機械による転倒及び接触による事故は、死亡事故に即繋がる可能性もあり、また実際に起こっており、重要なテーマであると考えます。東日本大震災時、建設機械の過去における事故の詳細を検討し、より一層の災害防止に努める事が望ましいと考えます。

(H委員) これまで研究成果を踏まえて研究を進めて欲しい。

(I委員) 1. プロジェクト研究課題提案票の記述が理解しづらい、もう少し、分かり易い文章にすべきである。研究の4年間の見通しがはっきりしていない事が、その文章表現をわかりづらくしているのではないかと。もう一度、研究計画全体を見直し、何をどこまで明らかにするのか、整理して文章にして下さい。2. 建築機械の転倒を学術的に明らかにするため、模型と解析を駆使して研究を進めるとの姿勢は期待できる。

(J委員) 「期待される研究成果」が、「意識の向上」、「災害を防ぐ」、「転倒をなくす」、「総合的な指針の提案」となっています。いずれも抽象的な表現であり、真のターゲットが不明確です。「成果」に対す

る具体的な目標、表現を検討してください。

(K委員) 建設事故の死者数、死傷件数の内訳から、本研究テーマの重要性がうかがえる。過去にこの種の研究が十分進展してこなかった理由についてさらに十分に分析し、より具体的な計画を練ることを希望したい。目標とする成果を着実に得るためには、技術的な課題についても具体的に煮詰めておく必要があると思われる。

(L委員) 建設機械を墜落・転倒させないための本質的な対策につながる研究で、実用上の期待が大きい。過去の災害事例に基づいた発生状況の詳細を整理し、事業者に提供することを実施してほしい。

(M委員) 検討されている災害事例に対して適切な安全対策が策定されるよう研究を進めて戴きたい。

(4) 外部評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究に関して御指摘いただきありがとうございます。建設機械の転倒及び接触事故は死亡に即繋がる可能性があり、重要なテーマであるとのことご評価(G委員)や建設機械を墜落、転倒させないための本質的な対策につながる研究で、実用上の期待が大きいとのことご評価(L委員)、他にも本研究の成果に期待するコメント(B委員、D委員、I委員)を多くいただきました。担当者一同ご期待に応えられるよう努力する所存です。一方、準備の不手際により資料とスライドの記載に齟齬があったこと(D委員)、および資料の文章表現にわかりづらい点があったこと(I委員)をお詫び致します。ご指摘をふまえ修正を致しました。またテーマ名が建設機械自体の転倒を意味するのか、その周りの人間の転倒を意味するのかわかりにくいとのこと指摘(D委員)をいただきました。本研究は機械側の転倒防止をターゲットとすることがわかるよう、名称を「建設機械の転倒及び接触災害の防止に関する研究」に修正致しました。

次に本研究の内容に対するご指摘について各対応を述べさせていただきます。サブテーマ1の災害分析につきましては、フレームワークが明確でないとの指摘(C委員)をいただきました。これまでの研究では直接的原因の分析が主でしたが、本サブテーマ1では事故に至るまでの経緯や現場状況などの間接的原因についても詳細に分析したいと考えています。特に本研究では最初に行う分析項目表の作成を重要テーマに位置づけており、これを作成した上で過去5年分程度の事例を分析したいと考えています。ここで得られた結果はサブテーマ2と3で検討すべき問題点を明らかにするものと考えています。また、分析から明らかになった状況の詳細や改善方策は迅速に情報発信すべきとのことご意見(F委員、L委員)につきましては、これに従い得られた結果を当研究所のホームページで逐次公開するほか、学会や関係団体の雑誌等で発表するなどして情報発信に務めるように致します。また、東日本大震災の復旧・復興工事における労働災害も分析すべきとのことご意見(G委員)につきましては本プロジェクト研究とは別のテーマで現在作業を行っておりますので、そこで得られた情報もあわせて発信するように致します。

次に、サブテーマ2の転倒と転落につきましては要因を総合的に取り上げ、また現場の調査も行うようにとのことご意見(E委員)をいただきました。これに従い、サブテーマ1の分析とも連携して転倒要因を調査するように致します。また、現場作業の実態を調査するとともに建設機械の教習機関を訪問し、危険認識教育などについて議論したいと考えています。一連の調査から作業上の問題点を整理し、潜在する危険を実験と解析によって明らかにしたいと考えています。

全体的に期待される研究成果が明確となっておらず、何をどこまで明らかにするのかがわからないとのこと指摘(I委員、J委員)がありました。この点につきましては、サブテーマ1では前述のとおり災

害事例を直接的要因のみでなく経緯や状況も含めた間接的要因を詳細に分析し、必要な安全対策を検討するように致します。サブテーマ 2 では建設機械の不安定化と現場地盤の関係について上部旋回や斜面崩壊による運動を考慮した動的安定限界などを解明し、安全な作業に必要な勾配、高さ、支持力などの具体的要件を明らかにしたいと考えています。サブテーマ 3 では接触災害を防止するための赤外線装置を開発するとともにICタグを応用した情報伝達システムを開発し、ヒューマンエラーと意図的な不安全行動を防ぐための支援的保護方策を提案致します。また、これまでの研究成果や技術的な課題を整理してから取り組むようにとのご意見(H委員、K委員)もいただきました。過去の研究では、オペレータの注視行動やタイムプレッシャーとヒューマンエラーの関係等が明らかにされており、その成果は安全教育などでも利用されています。しかし、依然として転倒や接触事故は頻発しており、新たな対策の検討も必要とされてきました。そこでサブテーマ 2 では、危ない作業を実験と解析から明らかにし、これを定量的な形で示すことによって転倒を防止したいと考えています。またサブテーマ 3 では、これまで研究してきた工場用の機械設備に対する接触防止技術を建設機械に応用して装置開発に取り組みたいと考えています。

1.2 墜落防止対策が困難な箇所における安全対策に関する研究（平成24年度～平成27年度）

（1）研究の背景等

ア. 社会的背景・行政的要請

1-1. 建設業における労働災害発生状況と課題

建設業に従事する労働者の数は全産業の9%であるが、労働災害による死者数は全産業の約35%という大きな割合を占めている。また建設業における死傷災害は、全産業の約20%を占めており、特に重度の後遺障害を伴う重症事例が多い（せき損患者：約50%、障害等級1級：41%、障害等級2級：33%、障害等級3級：37%）。これらの結果、人的損失に加えて、経済的損失も大きいものになっている（建設業に従事していた被災者およびその遺族に支払われる労災保険金は、年間約2,400億円）。建設業における労働災害は、原因種別でみると、墜落に起因する災害が約4割を占めており、最も大きな割合となっている。そのため、墜落防止対策の確立が最も急務な課題と考えられる。

1-2. 建設業における墜落災害の発生状況と現状の課題

墜落災害発生時の主な作業箇所は、建築工事では、“足場”、“屋根”、“窓・開口部”、土木工事では“崖・斜面”に分類される。このうち、“足場”からの墜落については、改正労働安全衛生規則による足場作業時の安全対策が、近年講じられるに至っている。この対策を講じることにより、足場使用時の安全性が向上するものと考えられる。ただし足場の組立・解体作業など、従来からの墜落防止対策が困難な場面も残されており、そういった作業を想定した足場からの墜落防止対策の充実が必要とされている状況にある。また、“屋根”、“崖・斜面等”についても、従来からの墜落防止対策が困難な場合における墜落災害の減少傾向があまりみられない状況である。

イ. テーマに関連した研究の現状

2-1. 減少傾向があまり見られない墜落箇所の状況

“足場”からの墜落では、その組立・解体作業時の事故があげられる。また墜落災害に減少傾向がみられない墜落箇所のうち、“屋根”からの墜落では、新築工事ではなく、改修工事での災害が多く、工期や請負金額、現場状況等により、足場の設置による対策が困難な場合も見受けられる。特に東日本大震災を契機として既存建屋の改修・解体工事が予定されているが、膨大な工事に対応した墜落防止対策については、情報面・技術面ともに不足している状況にあり、早急に対策を講ずべき項目の一つとなっている。さらに“崖・斜面等”からの墜落においても、法面用足場が設置されない小規模な現場での事故が多く発生している。このように、これまで講じられてきた墜落災害防止対策は、適切な足場等の仮設設備が設置可能な現場であれば、効果が期待できるものである。そのため、これらの墜落防止対策が困難な箇所に対する新しい対策が早期に確立されることが期待されている。

2-2. 墜落防止対策に関する現状の知見と課題

諸外国の墜落防止対策で特に参考になると思われるのが英国のリスクアセスメントの取り組みである。ここでは、安全を担保するために4段階の優先順位を設定し、安全対策を選択している。高所作業においては、まず①高所作業の排除可能性について検討を行う。これが難しい場合は、②墜落防止措置を行う。次いで③墜落距離と重大さの低減を行う措置、最後に④個人用保護具の使用、という優先

順位である。

これまで日本で行ってきた安全対策は、主に上記の②に該当する対策(足場・手摺等を設置する安全対策)であり、②に該当する対策を講じることが困難な場合についての対策は、あまり検討されてこなかった。

本研究は、③や④の対策の充実させることを中心に据えて検討を行うとともに、①や②に応用可能なものについては、それを補充する形で総合的な墜落防止対策の提案を行うものである。

③や④の具体的な対策としては、例えば親綱と安全帯を用いた安全対策が考えられるが、その墜落防止効果は、親綱等の使用環境や固定条件によって、大きく異なることが考えられるものの、一般的な設置基準がない状況にある。そのため、親綱の地面との接触摩耗による性能低下の影響など、使用環境を考慮した“親綱の適切な固定・取付方法”を明らかにする必要がある。また墜落時には、安全帯や保護帽等の墜落時保護具を介して衝撃エネルギーが人体に伝達されるが、それが人体に及ぼす影響については、最近の医学的知見が考慮されたものになっていない状況にあり、それが適切にリスク評価につながっていない可能性も考えられる。これらに対し、①の対策としては高所作業車の有効利用の可能性、②の対策としては、特殊な足場を用いなくて足場手摺を簡易に設置する新しい組立・解体法(簡易ステップ利用等)の検討が挙げられる。

2-3. 当研究所が本研究を実施する必要性・意義

当研究所では、次節の 3)で示すように墜落災害防止に関する研究活動を継続的に行ってきており、現状の墜落災害に対する問題点や新たに補充すべき対策を把握している。また、墜落に起因する人体衝撃耐性についても、ここ数年において検討を開始している。これらの事から、様々な研究機関や研究者と共同連携しつつ、当研究所が主体となって研究を実施する必要性・意義は高いと考えられる。

ウ. 当該研究の基となる代表者及び共同研究者の主要な成果

- 1) 足場からの墜落防止措置に関する調査研究会報告書、平成 20 年 10 月
- 2) 荷役作業時における墜落等災害防止対策の開発及び普及事業報告書、厚生労働省委託事業、平成 21 年 3 月、平成 22 年 3 月
- 3) 墜落・転落防止のための新たな機材の開発に関する研究、厚生労働科学研究費補助金、平成 20 年度・21 年度・22 年度 総括・分担研究報告書、平成 20～22 年度 総合研究報告書
- 4) 建設業の安全衛生における国際比較に関する調査研究報告書、社団法人日本建設業団体連合会受託研究、平成 21 年 4 月
- 5) 屋根工事における軒先からの墜落防止に関する研究、平成 18 年 3 月
- 6) 屋根工事で使用する墜落防護設備の具備条件に関する研究、平成 15 年 3 月

(2) 研究の概要等

ア. 研究期間内で行う研究の概要

研究は、①足場からの組立・解体時における墜落防止に関する検討、②屋根等からの墜落防止に関する検討、③崖・斜面からの墜落防止に関する検討、という3つの領域についてサブテーマを設け、研究を実施する。サブテーマ1では、まず国内外における建設工事中の墜落災害防止措置について、諸外国の労働安全研究機関との連携を取りながら、作業手順等の具体的な対策や墜落防止機材について調査・分析を行う。この結果をもとに、日本に導入可能な新しい墜落防止対策を検討する。これ

を踏まえて、我が国の実態に合わせた安全な足場の組立・解体方法の提案を行う。更に他の墜落防止措置が困難な場所(梁・母屋・開口部等)への応用を検討する。サブテーマ2では、東日本大震災を契機として発生している大量の改修・解体工事における安全対策として、損傷した屋根上での安全带取付方法について検討を行う。またエネルギー問題に関連して家庭用太陽光発電システムを屋根上に設置する工事が増加傾向にあり、この短時間工事における安全対策を確立する必要がある。そのため当該工事における適切な安全対策や使用すべき安全帯の種類、さらには高所作業車等を用いた墜落防止対策など、多様な安全対策について検討を行う。サブテーマ3では、ガケ・斜面作業等で用いられる親綱の適切な構造要件・取付要件について検討を行うとともに、多重セーフ機構などについても検討を行う。以上を簡単にまとめると、以下の通りとなる。

【サブテーマの詳細】

サブテーマ1. 足場からの組立・解体時における墜落防止に関する検討(担当:大幢)

- 諸外国における安全帯(ハーネス)等の活用事例調査
- 我が国の実態に合わせた安全な足場の組立・解体方法の提案
- 他の墜落防止措置が困難な場所への応用の検討

サブテーマ2. 屋根等からの墜落防止に関する検討(担当:高橋)

- 損傷した屋根上での安全带取付方法の検討
- 高所作業車を用いた安全対策の検討
- ハーネス型安全帯と腰ベルト式安全帯の安全性の比較検討

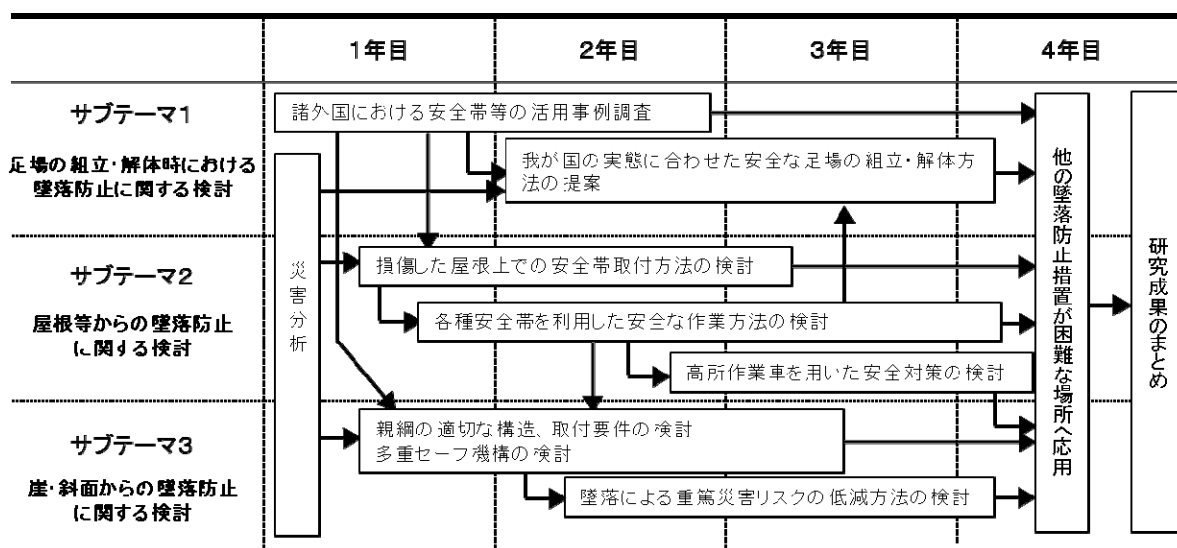
サブテーマ3. 崖・斜面からの墜落防止に関する検討(担当:伊藤)

- 親綱の適切な構造、取付要件の検討
- 多重セーフ機構(二丁掛けや安全ブロックの併用等)の検討
- 墜落による重篤災害リスクの低減方法(エアバック等)の検討

年度ごとの研究費(概算)

1年目	30,000千円
2年目	40,000千円
3年目	30,000千円
4年目	20,000千円

【研究期間全体を通してのフローチャート】

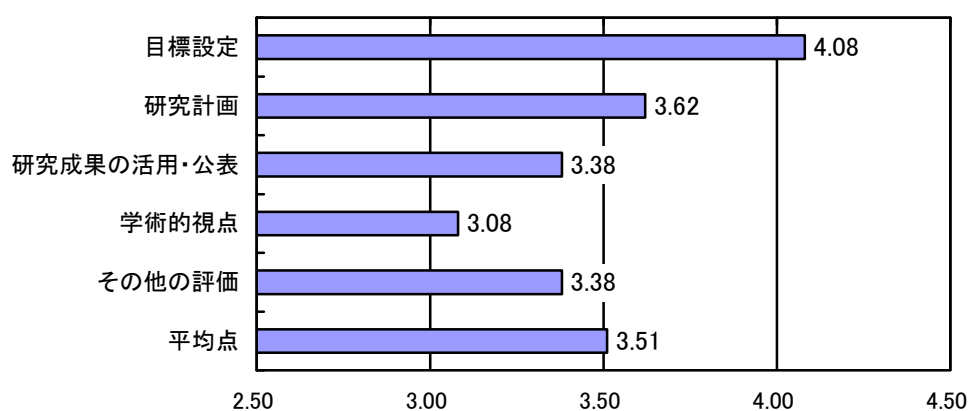


イ. 期待される研究成果

1. 諸外国における安全帯（ハーネス）等の活用事例を整理し、我が国の実態に合わせた安全な足場の組立・解体方法を提案する
2. 東日本大震災に起因する建屋の改修・解体工事における安全対策を提案する。
3. エネルギー問題に関連した家庭用太陽光発電システムを屋根上に設置する工事における安全対策を提案する。
4. ハーネス型安全帯と腰ベルト式安全帯に関する性能を明らかに情報提供する。
5. 法面作業で用いられる親綱の適切な構造要件・取付要件を明らかにし情報提供する。
6. これらの検討結果を他の墜落対策困難箇所へ応用し、新しい対策の確立を目指す。

(3) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(A委員)他の研究テーマでも同様であるが、研究経費の説明の後に研究成果を示してほしい。

研究経費が異なると期待される成果も異なるので。

(B委員)成果物としてどのようなものが得られるか明確ではない。これまでの手法を超える方が得られるかどうか不透明である。予算が過大すぎる印象がある。

(C委員)実用的な研究で防災に対して有効。

(D委員)建設業において墜落に起因する災害が約4割ということであり、本研究の重要性はよく理解できる。4年間で1億円を超える予算が計上されているが、この研究の遂行に妥当な予算であるか否かについては、経費に関する情報が少ないので評価が困難である。足場の組み立て等に費用がかかるという説明があったが、大型の予算を使用する研究の場合、主要な経費について、必要性が見える形で示していただきたい。

(E委員)諸外国の事例の検討も進めてください。やはり、労働現場の調査を行い、より現場に根差した研究をめざしてください。

(F委員)現場の安全教育に活用できる成果を期待する。

(G委員)建設現場での転落事故は、死亡事故に即繋がるため、重要なテーマであると考えます。東日本大震災時、建設作業員の工事中フロアからの転落による痛ましい事故等もあったと記憶しています。大地震は、日本においては、想定外は通用しないと考えますので、地震へのリスクアセスメントもしっかり実施し、より一層の災害防止に努める事が望ましいと考えます。

(H委員)安全性向上のための器具をいかに普及していくかについても考察して欲しい。

(I委員)1. 墜落事故対策は建築現場等において重要な課題であるが、当研究所が組織的に取り組むことは大きな意義があることであろう。2. 東日本大震災によって建築物等の大量の改修・解体工事が発生し、その安全対策を本研究の検討課題の一つに挙げている。早急に対策を講ずべき課題と考えられる。3. 研究担当メンバーが「労働安全」に携さわる研究者のみであるが、内容的には墜落による人体への影響など「労働衛生」分野の研究者との連携が必要でないか。

(J委員)この研究が完了した時点で、「安全対策マニュアル」等が完成するのでしょうか。産業界にとって有益な成果物を期待します。

(K委員)研究期間全体を通じて3つのサブテーマの研究の進め方の相互関連性がわかりやすく示されていることを評価したい。その一方で、用語の定義、使い方において統一性がやや足りないと思われるため、研究の狙いをより明確にする意味でも、研究開始までに調整をお願いしたい。たとえば、墜落防止、墜落災害防止、墜落防止対策、墜落防止措置、墜落防護設備、安全対策、墜落時保護具などが対象として考えられる。これらの用語の中の「墜落」が屋根、足場等から足を踏み外す(体が離れる)ことを指す場合と、地上等に衝突するまでも含めている場合とがあるように思える。

(L委員)1. テーマの設定・ニーズは理解できる。しかし、問題点として取り上げたことの中で、現場作業において解決すべきことと、労働安全衛生総合研究所のテーマとして取り組むことの層別が不十分と感じる。現場の状況は、個々の実情に応じて多岐にわたっていくのはいたしかたない。それらに普遍的な指針となるものを導き出すように研究して欲しい。2. 期待される効果の記載は、②③のような成果ではなく、①⑥のような成果を期待する。

3. リスクアセスメントの実施状況について、建設現場では、KYにとどまっているのではないかと感じる。元方事業者が関与するリスクアセスメントが実施されたなら、状況は異なってくるのではないか。

(M委員)研究成果として具体的な安全対策の提案とその安全性の定量化を実現して戴きたい。

(4) 外部評価委員の指摘に対する措置・対応等

ご多忙の中、本研究についてご評価頂くとともに、貴重なご意見や改善案を具体的にお示し下さり、感謝申し上げます。外部評価会議を受けたコメントは、おおむね、「研究の意義について」、「実施方法について」、「費用について」、「成果について」という4点に集約できると思われまますので、これらにつきまして、今後の措置・対応方針をご説明させていただきます。

まず研究の意義についてですが、研究の緊急性・必要性・重要性および当研究所で当該研究を行う意義・必要性については、おおむねご評価頂いたと考えております(C委員、D委員、G委員、I委員、L委員等)。

次にその実施方法についてですが、諸外国の事例分析や現場調査(E委員)を確実に実施するとともに、墜落における人体への影響を加味した検討(I委員)については、外傷医学等を専門とする方との連携を検討しています。また研究の実施に際して、用語の定義を明確にし、分かりやすく整理(K委員)したいと思います。さらに現場での意見を収集し、現場で対応できることと、研究所で実施すべきことのすみ分けを行います(L委員)。

研究の費用につきましては、その主要な用途が不明確である等のご指摘がございました(A委員、B委員、D委員)。研究費の執行に当たっては、入札制度の導入や、実験方法の工夫等によって、可能な限りコストを削減する努力を行ってまいります。一方、本研究の主要な費用としては、まず人体ダミーの購入が挙げられます。人体ダミーは単に人体の重量が同じであるだけでなく、主要な傷害部位である頭部、頸部、腹部等で生ずる衝撃荷重データが適切に収録可能であり、かつ国際基準に合致した信頼性の高いものを利用いたします。なお、人体ダミーは、衝撃・落下を伴う実験の実施により、破損・損傷が予測されており、その補修費用も見込んでおります。また、実物大木造家屋を制作し、さらにそこで実験を実施するために必要なクレーン設備(ダミーの落下、固定、実験設備等の設置・移動用)を設置する予定です。これらを使って、足場、屋根、崖・斜面等から墜落防止対策として利用可能な新しい機材の開発を行います。これら一連の機材購入・開発費用を見込んでおります。このほか、海外事情の調査のための情報収集費用や、災害復旧工事・太陽光発電パネル設置工事等の関係者を交えた現場意見の収集のための継続的な委員会の開催費用、定期的な現場調査費用等を見込んでおります。

最後に成果について(B委員)ですが、産業界・現場の安全教育に活用可能(F委員、J委員)な安全対策マニュアル(具体的な安全対策の提案)を作成したいと考えております(M委員)。このマニュアルを普及させること(H委員)については、行政・関係団体と綿密に連携することにより、実現させていきたいと考えています。また、このマニュアルは、地震等の災害発生後の労働者保護対策としても有用なものとなりうると考えております(G委員、L委員)。

1.3 労働者の心理社会的ストレスと抑うつ症状との関連および対策に関する研究（平成24年度～平成26年度）

（1）研究の背景等

ア. 社会的背景・行政的要請

厳しい経済状況、国際競争の激化、就業形態や労働者の多様化等により職場の心理社会的ストレスが変化し、労働者のうつ病や自殺への影響が懸念されている。

日本の自殺者は平成10年に急増し、特に中高年男性の自殺者が増加した。最近では中高年男性の自殺者は当時よりは減少しているが、若年層の男女の自殺者が増加している。人口動態統計では、自殺は15～64歳の生産人口の死因の2位であり、年齢層別の順位は15～39歳で1位、40～49歳で2位、50～54歳で3位、55～64歳で4位である。平成22年度の生産人口の死因で自殺は21,177人であり、不慮の事故9,532人の2倍以上であった。警察庁の自殺統計によると、平成22年の職業別自殺者数は、被雇用者（管理職以外）8,502人、管理職516人であった。

平成22年度の精神障害等の労災請求件数は1,181件、支給決定件数は308件であり、脳・心臓疾患の請求件数802件、支給決定件数205件よりも多い。

職場のハラスメントは、新しい職場の心理社会的ストレスとして注目されている。個別労働紛争解決制度によるハラスメント（いじめ・嫌がらせ）の相談は件数、割合ともに増加しており、平成22年度は、民事上の個別労働紛争に係る相談件数39,405件（16%）、労働局長の助言・指導制度申し出受付件数1,072件（14%）、紛争整理委員会のあっせん制度申請受理件数965件（15%）であった。相談件数は氷山の一角であり、職場で多くのハラスメントが行なわれており、労働者の心の健康に悪影響を及ぼすことが懸念される。

厚生労働省の患者調査では、うつ病等の気分障害の総患者数は平成11年には44.1万人であったが平成20年には104.1万人と大幅に増加した。

平成12年8月に労働省は「事業場における労働者の心の健康づくりのための指針」を発表し、平成18年3月に厚生労働省は「労働者の心の健康の保持増進のための指針」を発表した。これらの指針によって、事業場において事業者が講ずるように努めるべき労働者の心の健康の保持増進のための措置（メンタルヘルスケア）が適切かつ有効に実施されるよう、メンタルヘルスケアの原則的な実施方法が示された。

平成19年労働者健康状況調査では、自分の仕事や職業生活に関して強い不安、悩み、ストレスがある労働者の割合は58.0%であり、仕事のストレスの内容は職場の人間関係の問題が38.4%と高かった。しかし、メンタルヘルス対策に取り組んでいる事業所の割合は大規模事業所では高いが中小規模事業所では低く、全事業省では34%であった。取り組んでいない理由は、専門スタッフがいないが44.3%、取り組み方が分からないが42.2%と多かった。

労働者の自殺やうつ病の予防のためには、専門スタッフがいない職場でもメンタルヘルス対策に取り組めるような各種のマニュアルや調査票等が求められている。

イ. テーマに関連した研究の現状

職場のメンタルヘルスに関しては、産業医学、精神医学等を中心として医学的研究が多数実施されてきた。厚生労働科学研究では、うつ病、PTSD、自殺、職場復帰、メンタルヘルス対策、メンタルヘルス不調、精神疾患罹患労働者等の研究が行われた。これらは常勤産業医がいる大

規模事業所の正社員を対象とした精神疾患の研究が多く、研究成果物は、常勤の産業保健スタッフがいない中小規模事業所や非正規従業員には簡単には適用できない。また、労働者の自殺予防という観点からは、うつ病等の精神疾患に限定しないで一般の労働者の抑うつ症状に焦点をあてて、関連要因と対策を検討することが望まれる。従来の職業性ストレスの研究では仕事の特性をストレス要因と考えてきたが、最近は組織や人間関係等の心理社会的ストレスが注目されている。

ウ. 当該研究の基となる代表者及び共同研究者の主要な成果

これまで研究代表者は、NIOSH 職業性ストレス調査票や Karasek の JCQ (Job Content Questionnaire) を用いた調査研究を行ってきた。旧労働省の「労働の場におけるストレス及びその健康影響に関する研究」では日本の労働現場向けに 57 項目で構成される職業性ストレス簡易調査票（下光ら、2000）を新たに開発するとともに、ストレス判定図（川上ら、2000）、ストレスプロフィール（下光ら、2000）、職業性ストレス簡易調査票ホームページ（島ら、2000）という 3 つのツールの開発に関わった。労災病院の勤労者メンタルヘルスチェックシステム（MENTAL-ROSAI）においても職業性ストレス簡易調査票を用いたストレスプロフィールのグラフを個人向け報告書に使用している。これらの研究成果は、日本の多くの職場でメンタルヘルス対策に活用されている。

厚生労働科学研究労働安全衛生総合研究事業において、労働者のメンタルヘルス不調の予防と早期支援・介入のあり方に関する研究（H20-22 年度横山和仁順天堂大学教授）、労働者のメンタルヘルス不調の第一次予防の浸透手法に関する調査研究（H21-24 年度川上憲人東京大学教授）に分担研究者として参加し、労働者のメンタルヘルス不調の予防のためのマニュアルや新職業性ストレス調査票の開発を行っている。平成 23 年度末までに、職業性ストレス簡易調査票および仕事のストレス判定図を拡張した新職業性ストレス調査票の標準化を行う。

プロジェクト研究「メンタルヘルス対策のための健康職場モデルに関する研究」では、労働者のメンタルヘルスに関わる健康障害を予防する観点から、労働者の健康と労働効率の向上を目指した健康職場の構築方法を提言する。平成 23 年度末までに、職場のメンタルヘルス対策に有効な調査票やマニュアル・資料を開発する。

（2）研究の概要等

ア. 研究期間内で行う研究の概要

労働者の心理社会的ストレスと抑うつ症状の実態、関連要因、対策を明らかにすることを目的に研究を実施する。1) 組織や人間関係等の心理社会的ストレスと抑うつ症状に関する疫学研究を実施し、労働者の心理社会的ストレスおよび抑うつ症状の実態、抑うつ症状に影響する要因を明らかにする。2) 多様な労働現場に対応した労働者の支援ツールを開発する。3) 労働者の心理社会的ストレスの予防対策の国内外の良好事例や有効性のエビデンスを収集し、日本の職場で有効な対策を提言する。

労働者の心理社会的ストレスと抑うつ症状に関する疫学研究については原谷部長が中心に研究を行う。1 年目に心理社会的ストレスと抑うつ症状に関する質問紙を用いて労働者の実態調査を実施し、調査結果を分析する。質問紙には新職業性ストレス調査票にハラスメントや抑うつ症状等を加え、複数の企業で調査を実施する。2 年目に前年の調査結果に基づいて抑うつ症状との関連が強い調査項目を厳選し、大規模な全国調査を実施して調査結果を分析する。最終年度に労働者の心理社会的スト

レスと抑うつ症状の実態および関連要因を明らかにする。

多様な労働者の支援ツールの開発では倉林部長と井澤研究員が中心に研究を行う。多様な業種、職種、就業形態に対応するために現状を調査し、支援ツールを開発する。労働者本人を対象としたストレスや支援に関する現状調査とともに、企業の健康管理スタッフや人事労務担当者を対象に調査を行い、多様な労働者に関連した問題点を抽出する。複数の既存の支援ツールをとりあげ、その使用頻度、使用する/使用しない理由、利点・欠点等を検討し、またそれらの回答について回答者の属性(e.g. 大企業、中小企業)による差異を検討する。それらの結果やその他のサブテーマの結果をもとに、多様な労働者に対応可能で中小企業に利用可能な支援ツールの開発を行う。

労働者の心理社会的ストレスの予防対策については、土屋研究員が中心に研究を行う。1年目に中小企業を含めた良好事例や対策のエビデンスを国内外で収集し、分析を加える。従業員に特に配慮した経営を行う企業の好事例の収集、該当企業の経営・財務指標の収集を行う。また、高ストレス状態のコスト算出のために、インターネットを利用してストレス調査を行う。2年目に、心理社会的ストレスに対し良好な対策を掲げている企業情報を収集し、良好企業に対し、同業種・同規模のコントロールの情報も収集し、良好企業の対策の分類を量的に行う。3年目に症例対照デザインでデータベースを解析し、予防対策を実施する経済的メリットを明らかにする。労働者の心理社会的ストレス予防対策マニュアルを作成・評価する。

最終年度には、全員で研究成果のツールやマニュアル等を産業保健スタッフ等とともに検討し、労働者の心理社会的ストレスの予防対策の実践に活用できるように改良を加えて確定版とする。

年度ごとの研究費（概算）

1年目	10,000	千円
2年目	12,000	千円
3年目	8,000	千円

【研究期間全体を通してのフローチャート】

サブテーマ	1年目	2年目	最終年度
労働者の心理社会的ストレスと抑うつ症状に関する疫学研究	実態調査の実施、分析	全国調査の実施、分析	実態及び関連要因の解明
多様な労働者の支援ツールの開発	現状調査	支援ツールの開発	支援ツールの改良、確定
労働者の心理社会的ストレスの予防対策	好事例収集、ストレス調査	データベース作成及び解析	解析及びマニュアル作成

イ. 期待される研究成果

労働者の心理社会的ストレスと抑うつ症状に関する疫学研究によって、組織や人間関係等の心理社会的ストレスと抑うつ症状の実態及び関連要因が明らかになる。

多様な労働者の支援ツールを開発することによって、専門スタッフがいない職場でもストレスを評価し労働者を支援することが可能となる。

労働者の心理社会的ストレスの予防対策を提言することによって、多くの職場でストレス予防対策が実施可能となり、労働者のメンタルヘルスの向上、職場の人間関係、仕事の効率・パフォーマンスが改善することが期待される。

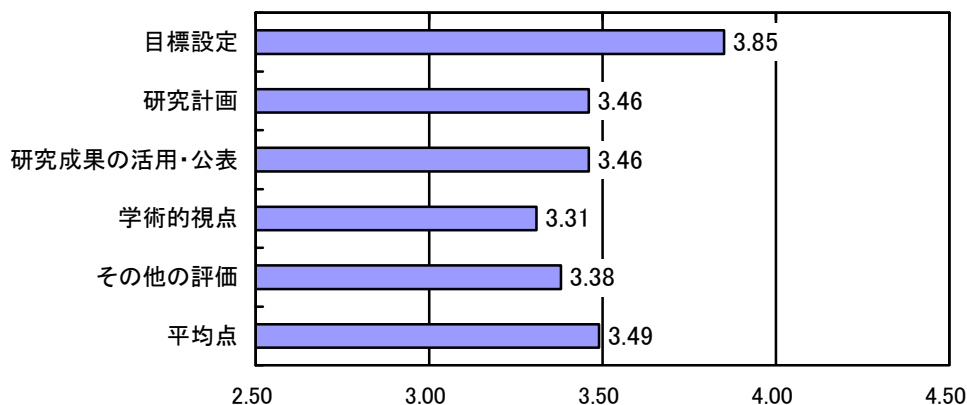
新成長戦略（平成 22 年 6 月 18 日閣議決定）第 3 章（6）雇用・人材戦略においては、2020 年までの目標の 1 つとして「メンタルヘルスに関する措置を受けられる職場の割合 100%」が掲げられている。本研究の成果はメンタルヘルスに関する措置を受けられる職場の増加に貢献する。

第 11 次労働災害防止計画（平成 20 年 3 月 19 日）では、メンタルヘルス対策として、すべての事業場において事業場内の管理監督者や産業保健スタッフに対し、労働者のメンタルヘルス不調についての気づき、職場環境等の把握と改善及び相談対応、個人情報保護、うつ病等の早期発見・早期治療に係る教育、研修を促進することがうたわれている。本研究の成果は、多様な業種、職種、就業形態に対応した教育、研修の資料となる。

中小規模事業所を含めた日本の多くの職場で有効なメンタルヘルス対策が推進され、少子高齢化が進展する日本の職場で多様な労働者が健康に就労することが期待できる。労働者の心の健康の保持・増進とともに、精神障害等に係る労働災害の減少、労働者の自殺予防に資すると考えられる。

（3）評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(A委員) 現代労働環境では「うつ」問題は重要である。効果の判定が定量的に出来るように工夫してほしい。

(B委員) うつ病対策は喫緊の課題。

- (C委員) 研究計画に具体性がなく、3年間の研究で何が達成できるのかビジョンがない。ストレスの予防対策は好事例を収集するのみであり、科学的効果評価を含んだものとなっていない。作成するとするツールやマニュアルも漠然とした記述になっており、有用なものが作成できると期待できない。予算要求も計画に対して過大である。
- (D委員) 職場のメンタルヘルスについては近年大きな問題となっており、労働者のストレスと抑うつ症状の関連を明らかにし、対策のための支援ツールを開発するという本研究の重要性は高いと思われる。サブテーマにある疫学研究や好事例の収集については、成果を得ることは難しくないと思うが、労働者の支援ツールの開発については、メンタルヘルスの取り組み自体が事業場の規模、職種に依存する部分も大きいと思われるので、普遍的に使えるようにするにはできるだけ多くの現場での検討を繰り返す必要があると思われる。
- (E委員) 評価会議でも指摘されたように、いわゆる新型うつや生物学的な視点を取り込んでください。
- (F委員) 休職から職場復帰、職場復帰後の支援に有用な情報発信や介入研究に特に期待を寄せたい。
- (G委員) メンタルヘルスは今後の少子高齢化社会を見据えた場合、非常に重要なテーマです。仕事とプライベートの切り分け等、ヨーロッパと日本の労働者では、まだまだ大きな意識の差が感じられる事から、根が深いテーマであると思いますが、地道に研究に取り込んでいただき、成果を期待します。
- (H委員) 社会的な問題となっているテーマであり、重要な問題である。目標を明確にして、何を具体的に解決するかを絞り込んでほしい。
- (I委員) 1. 労働者の心理社会的ストレス予防対策マニュアルの作成とその有効利用を期待する。2. 特に、若い労働者のうつ病への対策を明らかにすることが望まれる。
- (J委員) 最終年度のマニュアルの完成に期待します。
- (K委員) 研究全体として、ストレスを与える側の問題と感ずる側の問題とを必要に応じ切り分けて進めるとよいと思われる。労働者の支援ツールがどのような目的（たとえば、ストレスを感じている状態への対応とストレスの予防のいずれが主眼なのか）と内容を想定しているのかについてもより明瞭にして詳細計画を立案されることも望みたい。
- (L委員) 1. メンタルヘルスケアの重要性は判るが、テーマ化するにあたっての掘り下げが不十分である。例えば、事業規模別にうつ病患者がどのように発生しているのか？等の分析も欲しい。2. メンタルヘルス対策をしているかどうかに関心を当てて研究計画のプレゼンがあったが、そのように認識してよいのか？業種・職位別の要素がむしろ大きいのではないのか？研究期間全体を通してのフローチャートにある3つのサブテーマをきちんと掘り下げて研究してほしい。3. 中間管理職のストレスが大きく、メンタルヘルスケアが必要と感ずる。
- (M委員) 労働現場に受け入れられる研究成果を期待します。

(4) 外部評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究に関して貴重なご意見を多数賜り心より感謝申し上げます。「うつ」問題は重要(A委員)、うつ病対策は喫緊の課題(B委員)、本研究の重要性は高い(D委員)、非常に重要なテーマ(G委員)、重要な問題(H委員)と本研究の重要性を認めて頂きありがとうございます。

研究に対する要望として、若い労働者のうつ病への対策(I 委員)、新型うつや生物学的な視点(E 委員)、中間管理職のストレス(L 委員)、事業規模別うつ病患者発生等の分析(L 委員)、業種・職位別の要素(L 委員)、ストレスを与える側の問題と感じる側の問題の切り分け(K 委員)、多くの現場での検討(D 委員)、定量的効果判定(A 委員)、科学的効果評価(C 委員)等のコメントを頂きました。問題点として、研究計画に具体性がない(C 委員)、予算要求が計画に対して過大(C 委員)、掘り下げが不十分(L 委員)、目標を明確に(H 委員)、目的と内容をより明瞭に(K 委員)との指摘がございました。評価委員の先生方のご要望、ご指摘を踏まえて、業種、事業規模、職位、年齢等の多様な要因を考慮して、多くの現場で有効な対策ができるように研究計画を修正します。

研究成果を期待するコメント(F 委員、G 委員、I 委員、J 委員、M 委員)を頂きました。ご期待に応えられるように努力します。

1.4 金属酸化物粒子の健康影響に関する研究（平成24年度～平成26年度）

（1）研究の背景等

ア. 社会的背景・行政的要請

工業用ナノ材料の安全性に対する懸念が示されたことから、代表的な金属酸化物ナノ粒子を対象に職域ばく露で直接影響を受ける呼吸器を中心に健康影響の検討が行われているが、総合的なリスク評価のためのデータは乏しい状況にある。ナノサイズの粒子では、不溶性の粒子であっても、全身への移行と移行先臓器での毒性発現の可能性も否定できない。したがって、呼吸器に加えて、他の臓器における健康影響についても研究を進める必要がある。二酸化チタン等では、神経系・生殖系・心血管系など非呼吸器系へ及ぼす影響も報告されているが、リスク評価・有害性評価のためのデータとしては不十分と考えられる。また、発がん性に関わるリスク評価にあたっては、遺伝毒性の有無、閾値の有無の判定が重要であるが、二酸化チタンのように遺伝毒性について陽性・陰性の報告が混在する場合もあり、また陽性の場合においても閾値ありと考える見方もあって、物質毎にメカニズムを考慮した精査が必要である。

一方、吸入性粒子状物質の管理は労働衛生上重要な課題であり、国（厚生労働省安全衛生部）が実施する化学物質のリスク評価事業では、今後各種のナノ材料を対象に含めることが計画されており、二酸化チタンは発がん性の報告等を考慮して24年度から評価が実施される見込みである。リスク評価にあたっては、懸念される有害性の有無を確認する必要があるとともに、基準となる「評価値」決定のためには有害性発現メカニズムを考慮して健康影響発現の閾値の有無を判断することが重要であり、基盤となる研究成果が求められている。

以上を踏まえて、本研究では代表的な金属酸化物微粒子として発がん性が報告されているアナターゼ型二酸化チタンを主たる対象として健康影響を検討する。

イ. テーマに関連した研究の現状

今年、産業技術総合研究所から代表的なナノ材料を対象としてリスク評価文書が公開された。対象とされたナノ材料には二酸化チタンが含まれているが、同文書は、神経毒性・生殖毒性・次世代発生影響については証拠が不十分と評価としている。また、ナノサイズのアナターゼ型二酸化チタンの発がん性の評価にあたっては、遺伝毒性が認められるものの酸化ストレスによる間接的遺伝毒性であるとして、閾値の存在を前提とした評価値の提案を行っている。即ち、実験動物で認められた肺がん発生は肺の過負荷による慢性炎症が前提であるとして、これをもとに評価値を提案している。しかしながら、遺伝毒性発現が酸化ストレスによるものであるかどうかということと、標的臓器における組織の炎症が発がんの前提になるかどうかということは、それぞれ分けて考える必要があり、活性酸素種（ROS）等による遺伝子損傷から肺がん発生に至る各作用モードでのメカニズムを明らかにする必要がある。

金属酸化物粒子の健康影響については、OECDのスポンサーシッププログラムにより、二酸化チタン等の主要な工業用ナノ材料の毒性評価も実施されつつあるが、定型的なテストガイドラインに準拠したものが中心であることから、呼吸器への影響に加えて神経系・生殖系・心血管系など他の主要臓器への影響を適切な方法で把握することも重要と考えられる。二酸化チタンのナノ粒子では、皮下投与や鼻腔内投与によって中枢神経系や生殖系（含次世代）に影響が生じることが報告されており、母マウスへ皮下投与した実験では、児の脳末梢血管周囲の異常や神経伝達物質への影響が認められ、生殖器では精細管やセルトリ細胞に異常が認められといった報告や、鼻腔内に投与された二酸化チタン

粒子が脳内に移行し、海馬に影響が認められるとの報告もなされている。このような健康影響については、産業技術総合研究所の評価書に述べられているように情報は不足しており、一般的なテストガイドラインを超えた詳細な評価が必要であり、病理学的検索のみならず、生殖機能や次世代に対する影響を見逃さないことが求められる。

ウ. 当該研究の基となる代表者及び共同研究者の主要な成果

- 1) 「内分泌かく乱作用が疑われる化学物質の生殖系・次世代への影響評価に関する研究」環境省・公害防止等試験研究費（平成 13 年～16 年度）では、ビスフェノール A（BPA）、PCB153、DEHP を対象に、妊娠期ばく露による次世代影響を調べた。認知機能を中心とした行動試験と、神経伝達物質・甲状腺ホルモン・性ホルモンを指標にした検討を実施。学習・記憶に関わる新しい行動試験法を提案。また、厚労科研費「高感受性集団に於ける化学物質の有害性発現メカニズムの解明及び評価手法開発にかかる総合研究」（平成 19 年度～21 年度）では、ラットで開発した試験法をマウスに拡張するとともに、PTU（陽性対照）及び BPA について測定を行ない BPA（低用量）による次世代における認知機能影響を把握するとともに、身体発達などへの影響は一部で懸念されていた程強くないことを示すデータを得た（宮川・小林・北條）。
- 2) 「健康障害が懸念される化学物質の毒性評価に関する研究」安衛研プロジェクト研究（平成 21 年～23 年度）。バイオ燃料として使用増が見込まれるエチルターシャリーブチルエーテル（ETBE）の主要臓器毒性と遺伝毒性を調べた。アルデヒド類を代謝する酵素の活性が日本人の約 4 割強で低い（ALDH2 変異型）ことが知られており、通常の動物試験では比較的毒性が低いと考えられる物質でも、代謝過程で有害なアルデヒド類が生成する場合は相応の配慮が必要と考えられ、リスク管理上も日本人の集団としての特徴に配慮することが求められる。この点に注目し、ALDH2 ノックアウトマウスを用いて ETBE の毒性を調べる実験を実施。影響発現の閾値や遺伝毒性発現に差があることを示すデータを得つつある（進行中）（王・須田・北條・柳場）。
- 3) 「先端産業における材料ナノ粒子のリスク評価に関する研究」安衛研プロジェクト研究（平成 19 年～21 年度）。銀ナノ粒子の細胞障害性について培養細胞を用いて調べ、銀イオンとの毒性比較および銀ナノ粒子による酸化ストレス惹起を示唆する知見を得た。またナノ酸化セリウムのラット気管内単回投与による呼吸器影響に粒子径による違いがあることを示唆する知見を得た（三浦・久保田）。

（２）研究の概要等

ア. 研究期間内で行う研究の概要

動物実験では、肺、肝臓、腎臓、神経系、生殖器、心血管系への影響等、主要臓器を中心として効率的な投与経路を選んで有害性の検索を行う。神経系及び生殖系を中心とした解析を行うグループと、主要臓器における炎症反応及び遺伝毒性（遺伝子障害性）の解析を中心としたグループを設け下記の健康影響について検討する。リスク評価のための証拠が不十分とされている神経毒性や生殖毒性について、その有無を確認することを目指すとともに、発がん性に関わるリスク評価値算出モデルの選択で重要な閾値の有無（遺伝毒性の有無）に関わる情報をメカニズムの検討を通じて提出する。

神経系及び生殖系への影響の評価

ラット又はマウスに、対象物質を投与し(鼻腔内投与・皮下投与・静脈内投与等)影響を調べる。中枢神経影響に関しては、脳への粒子の移行の確認と病理学的検索に加えて、先行研究の結果を踏まえて、必要に応じ行動を指標とした解析を実施する。生殖への影響としては、生殖器等への粒子の移行の確認と病理学的検索に加えて、必要に応じホルモン動態への影響や交配試験を実施し、生殖機能への影響を測定する。

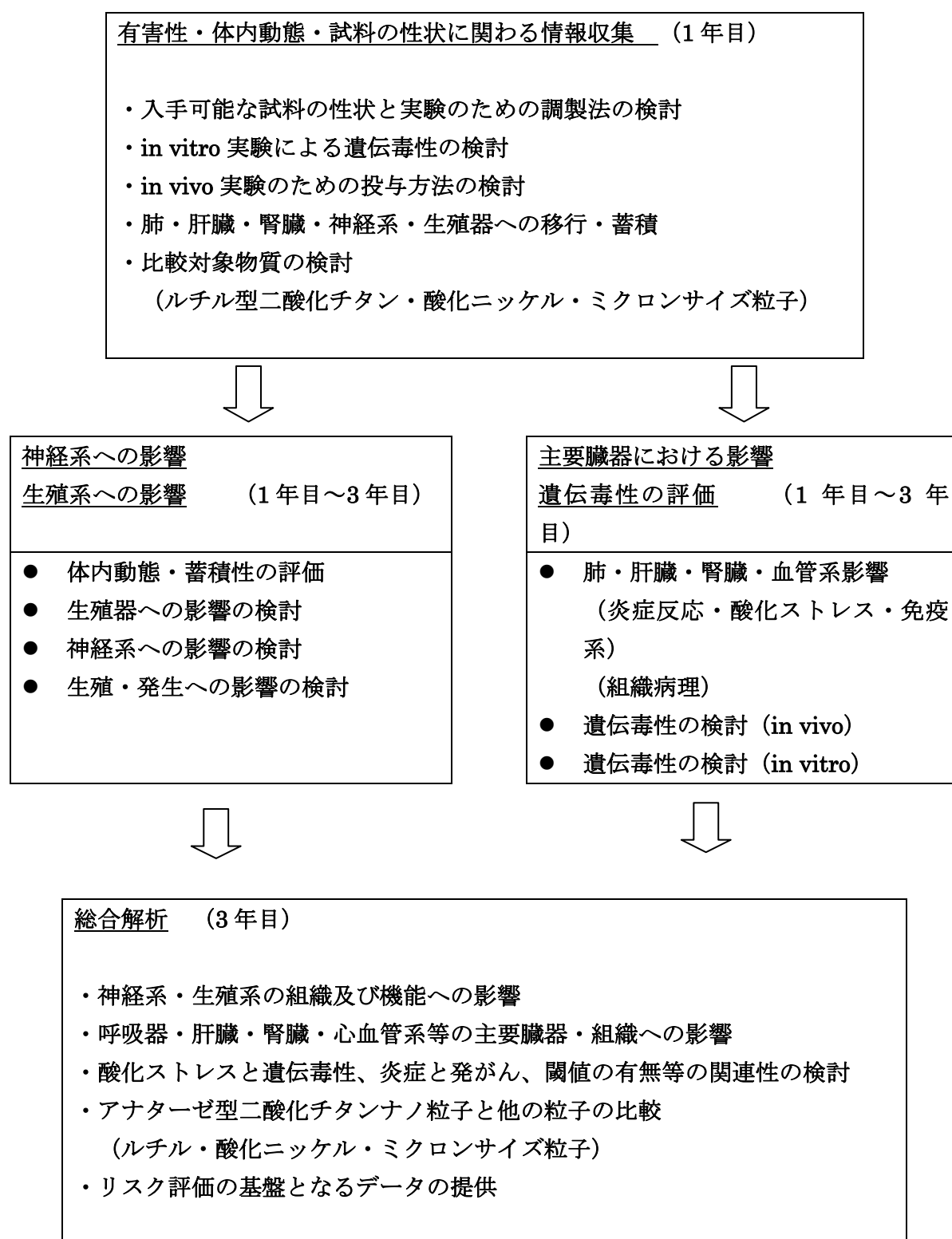
肺・肝臓・腎臓・血管系への影響及び遺伝毒性の評価

ラット又はマウスに、対象物質を投与し(気管内注入・皮下投与・腹腔内投与等)、肺・肝臓、腎臓、血管への影響を炎症・酸化ストレス・免疫系応答と遺伝毒性に焦点をあてて調べる。解析では、病理学的検索、血清生化学、炎症シグナル伝達関連因子、サイトカイン受容体、アポトーシスのシグナル系、酸化ストレス関連因子について、遺伝子レベル、タンパクレベルでの変化を観察する。また、遺伝毒性の検討は *in vitro* 試験に加えてトランスジェニック動物を用いた変異原性の解析等 *in vivo* での検索を実施し、酸化ストレス指標の測定から活性酸素種との関連を踏まえて解析する。

年度ごとの研究費(概算)

<u>1年目</u>	<u>15,000</u>	<u>千円</u>
<u>2年目</u>	<u>15,000</u>	<u>千円</u>
<u>3年目</u>	<u>10,000</u>	<u>千円</u>

【研究期間全体を通してのフローチャート】



イ. 期待される研究成果

本研究は、アナターゼ型二酸化チタンナノ粒子を主たる対象に、1) 一部で懸念が示されているものの証拠が不十分とされている神経系や生殖系(含次世代)への影響の有無を明らかにするとともに、2) 呼吸器・肝臓・腎臓・心血管系など主要臓器における影響を炎症反

応と遺伝毒性に焦点をあてて調べ、リスク評価の基礎となる情報を提供することを目的としている。特に、ラットの実験で報告のある肺がんについては、酸化ストレスを介した間接的遺伝毒性との関連、肺における炎症との関連、閾値の有無など、リスク評価における評価値の導出方法決定で重要となる毒性発現メカニズムに関する情報の提供が期待される。さらに、各種生体影響マーカーの変化を遺伝子レベルで把握することに努めるものであり、金属酸化物微粒子の生体影響を鋭敏に把握するためのより一般的な指標の開発につながるものとなる。

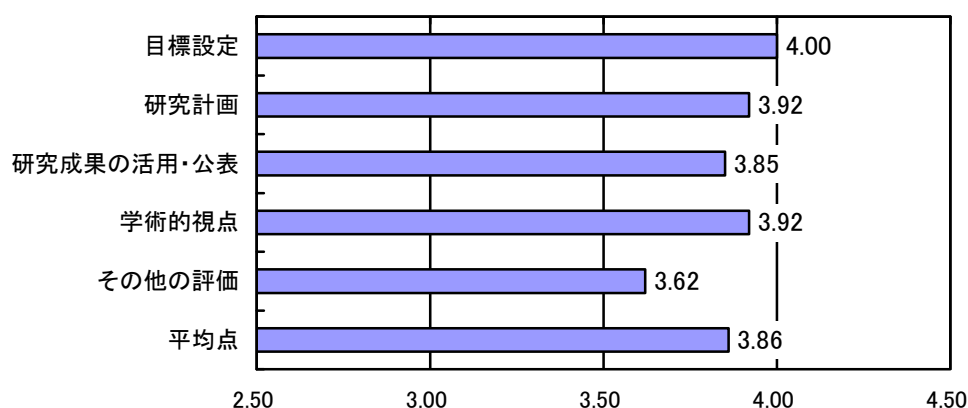
ナノ材料を有効に活用する観点からも、粒子状物質が生体の重要な機能に及ぼす影響を適切に評価することが重要であり、呼吸器系以外への影響を含めた把握が求められる。具体的な健康障害の証拠がないのに風評によって利便性の高い新技術が有効活用されなくなることを防ぐ意味からも、有害性評価を推進すべきであり、本研究の成果が貢献可能と考える。

参考

- 1) 中央労働災害防止協会ナノ材料に係る有害性等の情報収集専門家委員会 (2011) ナノ材料に係る有害性等の情報収集報告書 第8章二酸化チタン
- 2) 中西準子 (2011) ナノ材料リスク評価書-考えかたと結果の概略 - NEDO「ナノ粒子特性評価手法の研究開発」
- 3) 中西準子・蒲生昌志監修 (2011) ナノ材料リスク評価書 - 二酸化チタン (TiO₂) - NEDO「ナノ粒子特性評価手法の研究開発」

(3) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(A委員) 他の研究機関（産業総合研究所）との研究のすみわけを明確にしてほしい。

(B委員) 環境分野との交流が望まれる。

(D委員) 二酸化チタンのナノ粒子を中心に健康影響を調べるということである。ナノ粒子の研究の場合、化学物質としての物理化学的特性が問題なのか、粒子サイズが問題になるのかが必ずしも明確でないことが多い。本研究課題名は金属酸化物粒子となっているので、ナノ粒子に限らず、粒子径と健康影響の関係について系統的に研究していただきたい。また、

この研究では吸入曝露は行わないということであるが、実際の曝露形態としてはほとんどが吸入であると考えられるので、将来的には吸入曝露を視野に入れた検討も行っていただきたい。大きな予算をかけて膨大なデータを収集しているので、データを十分に生かせるような解析が望まれる。

(E委員)労働現場のニーズについて具体的な視点があるとよかった。

(F委員)作業現場との双方向の研究情報の発信にも積極的に努めていただきたい。

(G委員)ナノテクノロジーは、日本にとって世界に先行している成長戦略の最重要技術テーマであると考えます。健康影響に関する知見は、今後成長戦略として、産業化を進めていく中で、有効な安全技術の確立が不可欠の要素と考えられる為、成果が出るよう研究を進めて頂ければと思います。

(I委員)産業技術総合研究所の評価書との関連並びに、研究に関するノウハウを確実に受け継ぎ、無駄のない研究の実施を望む。

(J委員)金属酸化物粒子の健康への影響を検討した後、その対策の検討も必要になると思います。

(K委員)ナノ粒子の健康影響は世界的に関心の高いテーマであり、国内外の他の研究機関でも研究が展開されると考えられるので、それらの最新の研究結果の把握に留意しながら研究を遂行することを期待したい。将来の研究所における、金属酸化物以外のナノ粒子に関する研究の展望もいづれ示していただきたい。

(L委員) 1. 社会的背景に記載されているとおり、基準となる評価値決定のためには、有害性発現メカニズムを考慮して健康影響発現の閾値の有無を判断することが重要である。この場合、低濃度領域の実験になると考えるが、研究費として十分であろうか？動物実験に要する費用を考えると、もう少し必要ではないか？ 2. 特に、閾値が見られない場合の判断が重要になるが、そこでの発がん性の判断に対する研究成果を期待する。それが期待されるなら、学術的視点から重要な研究である。

(M委員)重要な研究課題であると考え、既存の研究成果を踏まえた上で効率的な研究展開を図って戴きたい。

(4) 外部評価委員の指摘に対する措置・対応等

ナノ粒子の健康影響が重要な研究課題であることは、G委員・L委員・M委員からコメントいただきましたように委員の皆様にご理解いただいたと拝察いたします。主な研究対象と考えておりますアナターゼ型二酸化チタンに関しましては、現場における問題を示しながらもう少し丁寧に説明する必要があったと反省しております。二酸化チタンは平成24年度から国による労働者のばく露状況調査も予定されておりますことから、行政と緊密な情報交換をおこなって状況を把握するとともに、E委員・F委員にご指摘いただきました点を踏まえて、行政や産業界に適切な情報を提供できるようにしたいと考えます。また、B委員ご指摘の環境保健分野とも情報を共有した対応をこころがけたいと考えます。

研究を開始するにあたりましては、A委員・I委員・K委員・M委員にご指摘いただきましたように、産業技術総合研究所等の他研究機関による最新の研究結果を基礎とするとともに、今後も無駄な重複がないように配慮する予定です。

長期の吸入ばく露実験を実施するためには、高度な施設・装置と膨大な予算を必要とすることもあり、研究期間および現実的な予算上の制限を考慮して、今回ご説明した計画では吸入実験や長期の発

がん実験・繁殖試験は含んでおりません。今回の研究計画でも、L 委員にご心配いただいたように、相当の費用が必要です。まずは、吸入以外の経路を用いることで、アナターゼ型二酸化チタンのナノ粒子を中心に、遺伝毒性及び神経系・生殖器系への影響の有無といったことに焦点をあてて有害性の把握を行いたいと思います。これらは国のリスク評価事業における評価値の設定に関わるものであり、D 委員やJ 委員にご指摘いただきましたように、得られたデータを活用し対策につなげたいと思慮いたします。特に、遺伝毒性の有無は発がん影響の閾値の有無に関係いたしますが、弱い遺伝毒性を有する化学物質の評価値の決定は、レギュラトリーサイエンスとしての労働衛生における重要な問題です。L 委員の指摘にもありますように、閾値の有無の判定やそれに対応したリスク評価手法の選択が学術上の要点であると同時に行政への成果の還元における要点になると思います。

なお、D 委員・K 委員にご指摘いただいたように、将来的には他のナノ粒子や吸入ばく露実験等を視野にいれた研究が必要になるものと理解しておりますし、職場における粉じん対策は労働衛生の基本であり、粒子のサイズや物理化学的性状と健康影響の関連については多種類の物質について系統的な検討が必要と理解しております。これらを次のステップとして視野に入れつつ当面の目標を目指す所存です。

2 継続課題

2.1 作業温熱ストレスの労働生理学的評価と予防対策技術の研究 (平成19年度～平成24年度)

(1) 研究の概要等

ア. 背景(行政的・社会的ニーズなど)

暑熱ストレスによる熱中症については、第10～11次労働災害防止計画でその予防対策の徹底がもめられ、平成17年と平成21年に職場の熱中症予防対策の通達が発出されているにもかかわらず、建設業などの夏季屋外作業を中心として多発している。一方、近年我が国では食品流通機構の発展で冷凍冷蔵倉庫業や食品製造業などにおいて人工的寒冷作業環境が増加している。冬季屋外作業を含めると寒冷作業者は相当数にのぼり、寒冷ストレスによるさまざまな直接的・間接的健康障害も報告されている。これらの寒冷・暑熱障害発生の背景の一つに、防寒服・防暑服・作業服等の不適切な使用があると考えられる。また最近、夏季省エネ冷房条件での快適性確保のためにクールビズ対策やクールビズ製品の開発があるが、その効果は必ずしも明らかではない。

イ. 目的

市販の防暑・防寒服(具)、防護服(具)、作業服、クールビズ製品の熱物理学的特性(顕熱抵抗、潜熱抵抗)と信頼性、有効性、適用限界、使用条件を実験室実験と現場調査を通じて検討し、職業性暑熱・寒冷障害の予防とオフィス作業の温熱的快適化の方策の確立とその国際標準化を目指す。

ウ. 方法

- <H19～H21 年度> 現行発汗歩行型サーマルマネキンと発汗型ヘッドマネキンを改良して顕熱抵抗と蒸発抵抗計測の高精度化による最先端サーマルマネキンモデルの実現を図る。
- <H21 年度> 発汗歩行型サーマルマネキンと発汗型ヘッドマネキンを用いて、化学防護服、アスベスト防護服、通気口付安全ヘルメットの温熱特性を評価する。また新たに開発された防暑冷却服の被験者実験による労働生理学的評価を行う。さらに、クールビズ実施オフィスの現場調査を行う。
- <H22 年度> 前年度からの防護服の温熱特性評価を継続するとともに、通気口付安全ヘルメットと市販防暑服防寒服を材料に顕熱抵抗・潜熱抵抗を評価する。ISO7933 と ISO9920 の衣服補正係数の整合性について検討する。市販の防暑冷却具の信頼性を被験者実験により労働生理学的に検討する。屋外暑熱作業の現場調査を行う。クールビズ実施オフィスの調査結果をまとめる。
- <H23～24 年度> 市販の防暑防寒服(具)やクールビズの信頼性評価のためのマネキン実験と被験者実験、現場調査を実施する。なお、原発復旧作業・がれき撤去作業時の熱中症予防対策研究(防寒対策研究を含む)を最重点に推進する。得られた成果を ISO 国際規格改訂に反映させる。

エ. 研究の特色・独創性

研究に使用するサーマルマネキンは、発汗機能と歩行機能を有するわが国最先端の発汗歩行型サーマルマネキンであり、従来のマネキンのように静止時の顕熱抵抗や潜熱抵抗のみを評価するのみならず、歩行時のダイナミックな状態の顕熱抵抗と潜熱抵抗をも評価できるので、種々の作業態様に対応した作業服・防護服等の温熱特性評価ができる。さらに今年度からは、震災復旧作業時の暑熱寒冷対策は緊急を要する最重要課題の一つとなっている。

年度ごとの要求研究費(概算)

1年目(H19年度)	0	千円
2年目(H20年度)	1,700	千円
3年目(H21年度)	4,020	千円
4年目(H22年度)	3,800	千円
5年目(H23年度)	4,500	千円
6年目(H24年度)	5,000	千円

(2) 研究成果等

ア. 研究結果

1) クールビズポロシャツの有効性に関するサーマルマネキンと被験者実験による検証

今年予想される節電によるオフィス室温設定の上昇に伴い懸念されるオフィス作業の暑熱負担に対して、現場で新たに導入予定のクールビズの軽減効果を人工気象室で実験的に検討した。従来の作業着と新クールビズの着用効果を暴露室内 3 条件(温度 28、29、30 度)で比較検討した結果、クールビズポロシャツは従来の作業着よりも体温を低めに保つことができ、作業後でもより涼しく、快適であり、着心地もいいと感じられ、作業の正確性が上がっていたことから、クールビズによる暑熱の軽減効果は有効と考えられた。サーマルマネキンによる評価でも、顕熱・潜熱抵抗はクールビズで低い値を示した。結果は現場にすでにフィードバック済みであり、平行して現場での評価を所轄産業医が実施中である。さらに、当クールビズ開発メーカーと今後の共同研究を検討中である。

2) 屋外気象条件による原発復旧作業時の暑熱負担リスク評価

放射線防護服を着用して原発復旧作業を実施する時の暑熱負担の日内変動を、ISO7933 の PHS モデルを用いて昨年の屋外気象条件から推定予測した。WBGT 値が 33℃を越える 10 時や 14 時には深部体温が作業強度に応じて 20 分から 40 分前後で許容限界を超えることが予測され、熱中症予防のために夏期日中時の厳重な作業時間管理と暑熱対策が必須であることが示唆された。本結果は、厚生労働省安全衛生部震災対策室に報告した。

3) 防護服着用による原発復旧作業時の暑熱負担の軽減方策に関する模擬実験

東京電力からの依頼で、7 月から本課題で緊急共同研究を開始した。実験実施時期が安衛研節電期間(7 月～9 月)にあたっていたため、東京電力技術開発研究所の人工環境室で実施している。猛暑日の原発復旧作業を想定した防護服、作業内容、暑熱条件で、種々の冷却対策の効果を検討中である。研究成果は、今後の原発復旧作業時の熱中症予防対策の方向性を決める基盤となる重要なものである。

イ. 研究業績・成果物

- 1) 澤田晋一(2011)暑熱、寒冷環境下での作業に伴う健康リスクと予防方策. 安全工学 Vol.50 No.6, 2-11.
- 2) Satoru Ueno and Shin-ichi Sawada (2011) Correction of the Evaporative Resistance of Clothing by the Temperature of Skin Fabric on a Sweating and Walking Thermal Manikin. Textile Research Journal 0040517511427966, first published on December 1, 2011(Online advanced publication) as oi:10.1177/0040517511427966.
- 3) 榎本ヒカル, 澤田晋一, 安田彰典, 岡龍雄, 東郷史治, 上野哲, 池田耕一(2011) 暑熱作業環境

下での水分摂取量の違いが人体に及ぼす影響. 労働安全衛生研究 4(1), 7-13.

- 4) 澤田晋一、三宅康史、野中格ほか(2011) 建設工事における熱中症対策と保護具等の活用等に関する調査研究委員会平成 22 年度検討結果報告書. 建設業労働災害防止協会, p.1-94.
- 5) Akinori Yasuda, Hikaru Enomoto, Tatsuo Oka, Tetsuo Tai, Lu Jian, Shin-ichi Sawada (2011) Effects of the cooling goods on the psychomotor vigilance task and the balance of the body water during heat exposure. Proceedings of The Fourth International Conference on Human-Environment System (ICHES2011), in USB memory, 517-520.
- 6) Jian Lu, Shin-ichi Sawada (2011) Hot comfort and skin-temperature distribution measured by infrared image. Proceedings of The Fourth International Conference on Human-Environment System (ICHES2011), in USB memory, 217-220.
- 7) 澤田晋一(2011) 熱中症は何故なくならないのか. 安全衛生技術講演会講演概要集 平成 23 年度 35-54, 独立行政法人労働安全衛生総合研究所
- 8) 澤田晋一(2011) 建設作業員のための熱中症予防講座. そら 5-14, July No.026.
- 9) 澤田晋一(2011) 建設現場における熱中症の予防対策について. 建設の安全 5月号 1-5
- 10) 澤田晋一(2011) 温暖化する地球で熱中症とたたかう(1) 近年の職場における熱中症の発生状況と国内外の予防対策の最新動向. 労働の科学 66(6)、324-329
- 11) 澤田晋一、田井鉄男、呂健(2011)BS朝日、「鳥越俊太郎 医療の現場:熱中症」テレビ出演、実験と解説(7月2日)
- 12) 澤田晋一(2011) 熱中症予防対策について(1. 主として一般論、2. 東日本大震災に伴う局所的対応、3. 夏季の節電への対応) 日立製作所産業医会議特別講演(6月17日、日立製作所本社)
- 13) 澤田晋一(2011) 寒冷環境下での作業に伴う健康リスクと予防方策 労働安全衛生総合研究所メールマガジン特集:震災関連記事 2011年4月1日号
- 14) 澤田晋一(2011) 第5回建設業等における熱中症予防指導員研修講師養成講座 講演建設災害防止協会
- 15) Shin-ichi Sawada (2011) National Regulations and Policies for Heat Stress Prevention at Work and Urgent Problems in Japan. Climate change and occupational health expert meeting (Lund 7-9 June, 2011)
- 16) 澤田晋一(2011) 第4回 建設業等における熱中症予防指導員研修講師養成講座 講演建設災害防止協会(5月17日)
- 17) 澤田晋一(2011) 今年の熱中症対策のかなめ. 2011年第2回労働科学研究所セミナー(5月11日東京、5月12日大阪)
- 18) 澤田晋一(2011) 第3回建設業等における熱中症予防指導員研修講師養成講座 講演建設災害防止協会
- 19) 澤田晋一(2011) 熱中症の原因と症状 および 熱中症発症時の救急措置. 建災防セミナー平成23年度第1回安全・衛生管理士研修会(2011年4月14日)
- 20) 澤田晋一(2011) 特集:震災関連記事『寒冷環境下での作業に伴う健康リスクと予防方策』安衛研メールマガジン 2011年4月1日号
- 21) 澤田晋一、上野哲、東郷史治、榎本ヒカル、安田彰典、岡龍雄(2011) 種々の暑熱作業条件下における暑熱ストレインと必要水分補給量の予測. p422, 学術シンポジウム、職場における熱中

症の予防、第 28 回日本医学会総会 2011 東京、学術講演要旨(東日本大震災のため学会中止につき誌上発表)

- 22) 田井鉄男、榎本ヒカル、岡龍雄、安田彰典、呂健、澤田晋一(2011) 冷却剤の装着部位の違いが暑熱暴露時の体温・循環機能に与える影響について. 第 84 回日本産業衛生学会. 抄録集 p.385
- 23) 安田彰典、榎本ヒカル、岡龍雄、田井鉄男、呂健、澤田晋一(2011) 暑熱暴露時の冷却材装着部位の違いが視覚反応時間(PVT)に及ぼす影響について. 第 84 回日本産業衛生学会. 抄録集 p.385
- 24) 岡龍雄、上野哲、澤田晋一(2011) 夏季の林業従事者の下草刈り作業における暑熱負担の検討(1)～心拍数を用いた解析. 第 84 回日本産業衛生学会. 抄録集 p.388
- 25) 上野哲、岡龍雄、澤田晋一(2011) 夏季の林業従事者の下草刈り作業における暑熱負担の検討(2)～深部体温、尿成分、体重減少量による解析. 第 84 回日本産業衛生学会. 抄録集 p.337

ウ. 次年度の研究計画

1) 暑熱評価基準 ISO7933 の妥当性の検討と基準改定のためのデータ提供

暑熱評価プログラム ISO7933 では、作業者の環境要因、着衣条件、代謝率を代入すると、作業時の深部体温、発汗量を予測することが可能である。この ISO7933 を現場へ適用可能かどうか評価する。①着衣条件に関しては、前年度に引き続き、安全ヘルメット、労働安全衛生保護服(具)の熱特性、防暑服(具)・防寒服(具)の信頼性と有効性を、サーマルマネキンを活用することで検討する。②代謝率、深部体温に関しては、現場で行う測定法を確立する。

2) 防暑冷却服(具)の有効性の被験者実験による労働生理学的検証

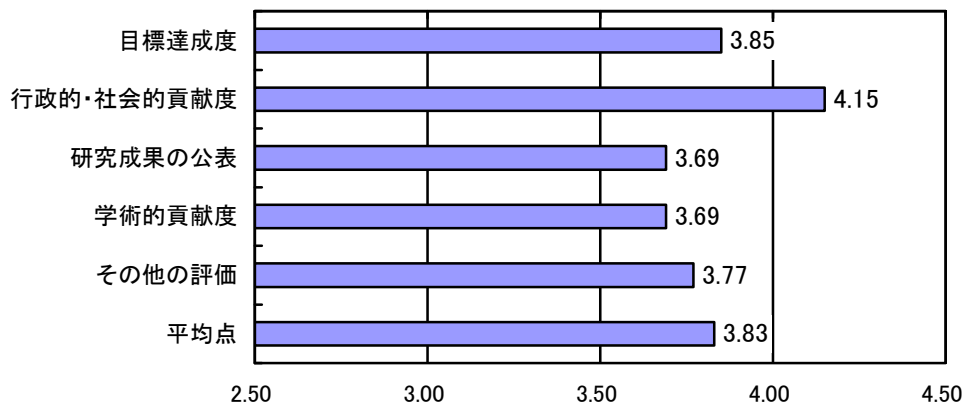
人工環境室での被験者実験により、市販の防暑冷却具と防暑服・クールビズの冷却効果、および身体冷却方法の問題点と改善策を、温熱生理心理反応、循環機能、体水分代謝、作業パフォーマンスなどを指標にして、労働生理学的観点から幅広く検討する。

3) 暑熱寒冷作業現場の暑熱寒冷曝露実態調査と暑熱寒冷軽減対策の効果

暑熱問題をかかえる事業所と共同で、当該暑熱作業現場の暑熱曝露実態調査を行い、防暑冷却服(具)・クールビズの効果を介入研究により検討する。併せて、使用する防暑冷却服(具)の有効性を、事前あるいは事後に、上記 1) 2) によるアプローチで検討する。また、震災復旧に関連する冬季屋外作業などの寒冷作業現場調査を行い、現場で使用されている防寒服の有効性をサーマルマネキンで評価する。

(3) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

- (A委員) 原発事故の後処理が大変な問題であり、夏季の熱中症対策は喫緊の課題である。多数の作業者に有効で、現実的な対策を示してほしい。国際研究を実施し、ISO等の国際規格に発展するような研究が期待される。
- (C委員) 研究計画(項目 10)と研究進捗状況(項目 12)との間に必ずしも整合性がなく、クールビズ、原発関連以外の研究計画がどう進捗しているのか不明である。東電との共同研究は関連は大きいものの、本研究予算とは別に考えるべきではないか。
- (D委員) 温熱環境における健康障害を防止するための基礎研究である。主要成果4のクールベストの着用効果については、体重減少量は抑制されたが体内温は上昇する傾向があり、PVT成績は良くなる傾向があったということで、結論としては、クールベストは有用と言えるのかどうかははっきりしないが、どのように評価すべきなのか。原発事故においては、放射線とともに作業員の温熱環境は大きな問題になっており、今後の成果が待たれる
- (E委員) 労働現場のフィールド調査の視点を盛り込んでください。
- (F委員) 温熱ストレス研究の成果は現場に直結しているので、有益な情報の発信に期待したい。
- (G委員) 過酷環境下での人間の作業は、報告書でも述べられているサーマルマネキンを使ったシミュレーションが重要な要素と考えられます。本研究による知見が、過酷な作業環境から作業員が少しでも守られる事を期待します。また日本の得意分野である、先端センサー技術を組み込んだ先進的なサーマルマネキンを開発することで、より有効な予防対策技術の研究にもつなげられると考えますので、連携した研究推進が望まれます。
- (I委員) 1. 東日本大震災後の展開として、1)防護服着用除染作業による暑熱ストレス、2)節電による夏季冷房条件の悪化 の2点に焦点を当てた研究を新たに実施している点は大きく評価できる。2. 東電との共同研究は、社会的意義の高いものと評価できる。
- (J委員) この種の研究は、「研究成果をどのように社会に還元するのか。」が重要課題になると思います。「ISO規格改定に反映」となっていますが、時期または期限を明確にする必要があると考えます。
- (K委員) サーマルマネキンの利用などにより、防寒服、防暑服などの温熱ストレス対策の有効性を総合的にかつより確実に評価する一連の手法を着実に発展させ実際に適用してきたことを評価したい。その一方で、大きな目的の中に掲げられている、新たな予防対策手法の開発については、メカニ

ズムなどに踏み込んだ具体的な事項があまり明瞭にみえていない。残された期間内に当初の目的をより意識した成果の展開を期待したい。

(L委員) 1. 研究方向について: 東電の夏季の作業と関連しての共同研究は、社会的にも重要な意義がある。2. 具体的な成果が上がってきており、学会発表にとどまらず、労働安全衛生管理に反映するように発表されていることは良い。今後、さらに具体的な安全指針に反映するように研究を進めていただきたい。

(M委員) サーマルマネキンを用いて多岐にわたる作業温熱ストレスの研究を進めている点は評価できる。

(4) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

イノベーション25研究に始まりこれまで行って来た本研究の方向性を維持しつつ、新たに今年度から発生した東日本震災と原発事故への対応という緊急課題に今年度から重点的に取り組み始めたことに多くの委員の方々(A、D、F、G、I、L 委員)から大きな期待をいただいたことに感謝申し上げます。C 委員にはクールビズや原発事故対応の東電との共同研究の行政的・社会的意義について一定のご理解をいただきつつも当初の研究計画と研究進捗状況との整合性について疑問をもたれたようですが、新たに生じた震災・原発対応研究は、限られた予算と時間の中では別途予算で実施するよりも、むしろイノベーション25研究から引き継いできた研究の応用問題として実施`することをご了解いただきたく存じます。G 委員、K 委員、M 委員からは、イノベーション25のプロジェクト研究として最先端サーマルマネキンを活用した防護服の温熱特性の評価に関する研究成果についても、高い評価と期待をいただいております。本研究の意義をご理解いただいていることに心強く思う次第です。E 委員から指摘された労働現場のフィールド調査の視点をもりこむ必要性については、原発復旧作業現場でのフィールド調査が困難であるため、東京電力との共同研究を通じて極力現場の除染作業実態を反映させた模擬実験を人工環境室で行っており、得られた成果を現場に適用する予定です。D 委員からは着用効果の被験者実験からクールベストの有用性についてどう評価すべきか問われておりますが、これこそまさに当初の本研究のねらいであり、市販のさまざまなクールベストを含む冷却対策グッズの信頼性や誤用による暑熱寒冷障害のリスク増悪のエビデンスを示すもので、正しい生理学的理解にもとづく冷却対策を個々に講じるための出発点として重要な知見です。ではどうすべきかも含めて、F、J、L 委員がご指摘のように順次得られた知見を公表し社会に還元するとともに、A、J 委員の期待するISO への規格反映の基礎としたいと考えています。

3 終了課題

3.1 災害多発分野におけるリスクマネジメント技術の高度化と実用化に関する研究

(平成19年度～平成21年度)

(1) 研究概要

本研究では、労働災害の更なる減少を図るため、災害多発分野である建設、機械、化学を対象に、事業場のリスクマネジメント手法の高度化、実用化を目的とした研究を行った。産業界との連携等により各分野の産業特性を踏まえた効果的なリスク低減手法を構築した。具体的には、労務集約型産業である建設業では設備面のリスク低減措置とそれを補完する作業教育を取り上げ、装置型産業の主役となる機械分野では取扱う機械のリスク定量化と保護方策の適用を重視した。一方、化学プロセス分野では労働安全衛生マネジメントシステムの構築と運用の参考になる安全管理業務の見える化と具体的な業務の事例の整理を行った。このような多様な産業特性を踏まえ、リスク低減手法の構築・普及を行い、さらにはこれら3分野の産業横断的研究により、労働災害防止の新しい視点を導き出した。

ア. 研究の必要性

労働安全衛生マネジメントシステム、リスクアセスメント手法が導入期から定着期に移行しつつあるものの、事業者が事業場内の多様なリスクを科学的・体系的に評価・低減する手法は十分に確立されているとはいえない。今後、中小企業者等事業者の自主的な安全活動を推進するためには、多様な産業特性を踏まえた、科学的・体系的にリスクを評価・低減する手法の構築が必要である。

イ. 研究の概要

災害多発分野の建設、化学、機械を対象に、これら分野の産業特性に応じたリスクマネジメント手法の高度化、実用化を目的とした研究を行った。さらには労働災害防止の新しい視点を見出すため、これら3分野の産業横断的研究を加えた。それぞれの研究の概要を以下に示す。

(1)建設:中小建設業者を対象としたリスクマネジメント推進のためのアクションプログラムの策定と普及

わが国の建設業者数は約50万業者で、その99%以上は中小建設業者であることから、中小建設業者を対象に自主的な安全活動を推進させることが重要である。効果的な推進を図るためには、彼らの半分近くが建設産業団体に所属し、また、建設産業団体は会員企業の安全活動支援に熱心なところが多いことから、建設産業団体との連携が有効である。そこで、主たる会員が中小ゼネコンの(社)全国建設業協会、および戸建等低層住宅建築工事を担う町場の工務店を傘下の会員にもつ(社)住宅生産団体連合会と連携を図り、建設産業界の実態・意向等を踏まえつつ、リスクマネジメント推進のための行動目標(目標例:低層住宅建築工事における新築完工千棟当たり死傷者数を2.60以下に減少)、具体的方策を盛り込んだアクションプログラムを策定した。

具体的方策推進のため、建設現場における安全活動に関する各種実態調査、リスク適正評価に関する研究、中小建設業者のリスク適正評価支援のための労働災害データ分析等の調査・研究を行い、これら研究成果を書籍、小冊子、DVD等にまとめ、連携先との小冊子の共同出版、連携先主催の講習会等によりそれらの普及に努めた。

このうち、(社)住宅生産団体連合会と共同出版した小冊子「ヒューマンエラー防止対策ガイドブック」、および小冊子「高齢労働者のための安全ガイド」は、あわせて15,000冊以上の販売実績(H23.08

末時点)があるなど、業界関係者の反響の大きさが伺える。これらは元請業者の現場監督、職長・作業者の安全教育に活用され、労働災害の更なる防止に役立つものとする。

(2)機械:機械作業におけるリスク定量化システムの開発と普及

災害の多発している機械作業で労働災害を大幅に減少させるには、リスクの高い作業から優先的に対策を実施するのが最も効果的である。しかし、現状では、リスクの定量化に主眼を置いた手法が機械安全分野では十分確立していないために、現場の安全管理者などの意志決定に困難を生じている。そこで、機械作業のリスク低減戦略を支える最重要技術として、主に機械設備を使用する製造業の現場を対象に、各機械または現場単位のリスクを事前に定量評価できる手法の確立を試みた。具体的には、次のような課題を対象に研究開発を進めた。

①リスクの定量化手法の検討

本研究で提案するリスク管理目標では、労働者一人あたりの死亡労働災害の発生確率を無災害レベルの 10^{-11} 回/h 未満に設定している。しかし、この目標値を達成する方法論は必ずしも明確でない。そこで、人間機械作業システムにおける危害の発生確率をマルコフ解析の利用によって定量的に推定できる評価式などを提案した。

②機械リスク定量化システムの開発

上記①の結果を考慮し、次の機能を備えたリスク定量化システムを開発した。

(a)演繹的評価 前述したマルコフ解析によって危害の発生確率を定量的に推定する。

(b)帰納的評価 機械の種類ごとに過去に発生した労働災害の労働損失日数を集計し、機械ごとに危害の発生確率と重篤度を定量的に推定する(死亡、障害、休業)。

(c)簡易評価 リスクレベルを巨視的評価(I~III)と微視的評価(1~20)の組み合わせによって定量的に推定する。前者は設備対策、後者は管理的対策の効果を示す。

③安全設計支援システムの開発

以上の結果を基に、機械の設計・製造者が行う設備対策と機械の使用者が行う管理的対策の連携が必要な統合生産システム(IMS)を対象に、本研究で提案する4種類の総括表を埋めるだけで比較的容易に機械のリスクアセスメントを実施できる安全設計支援システムを開発した。このシステムでは保護方策区分やリスク管理区分などの新たな概念を提案することによって、ISO12100を補完する新たなリスク低減プロセスの達成を可能とした。

(3)化学:化学プロセスに対するリスクマネジメント技術の体系化と安全管理技術情報基盤の開発・普及

プロセス産業における事故災害防止を目的として化学プラントの事故災害防止のための安全管理業務の体系化と具体的な進め方について、以下の①~③を安全資料にまとめるとともに、④リスク管理支援システムを開発した。このうち、上記①~③は学会等講演会で紹介することにより普及活動を行っている。

①安全運転管理業務プロセスモデルの構築

PDCA(Plan-Do-Check-Act)サイクルによる業務実施とそれぞれの業務に必要な資源提供の関係を明示したモデリング用テンプレートを提案するとともに、化学プラントの安全を考慮した運転管理のあるべき姿を表した業務プロセスの参照となるモデルを構築した。

②HSE(Health, Safety, and Environment)管理業務の体系化

プラントライフサイクルにわたるHSE管理業務の体系化について検討するとともに、HSE管理に関する具体的な業務及び業務実施に必要な資源を整理した。

③製造現場でのSQDC工程管理表による安全管理業務の推進

製品の品質維持・向上など目的として従来から用いられている QC (Quality Control) 工程図に対して、SQDC (Safety、Quality、Delivery、Cost:安全性、品質、生産性、コスト)の観点からの管理項目(作業)を加え、拡張した。これにより、通常の製造業務の枠組みの中で同時に事故・災害を防止する業務を行うとともに、品質、生産性を高め、その結果、コスト削減にも寄与するような SQDC 工程管理表作成とこれに基づく製造現場での安全管理業務の推進についてまとめた。

④フォールトツリー (FT; Fault Tree) 作成によるリスク管理支援システムの開発

HAZOP による安全性評価結果を基に要素機器の故障に関する情報、異常検知手段の有無と独立防御階層 (Independent Protection Layer; IPL) の概念に従ったリスク低減対策立案に関する情報などを用いて FT を自動生成する。HAZOP で得られたハザードによる影響度に対して FT のトップ事象発生確率(ハザード発生頻度)を求め、リスク評価を行うとともに、リスク低減対策立案を支援するシステムを開発した。

(4)産業横断的研究

事業場の現地調査(全 13 箇所)、中小企業対象の安全活動実態調査(有効回答数 204)、実務経験者等で構成される検討会('09)等を実施し、産業横断的研究課題を産業共通的課題と特定産業の課題に分けて抽出した。具体的には、前者は①中小企業に対するリスクアセスメント導入支援、②施設・設備の老朽化に伴う安全問題への対応、③非定常作業の安全確保等全 9 項目、後者は①リスクアセスメント手法の導入(建設業)、②請負業者への指導(製造業)等全 4 項目を抽出した。

このうち後者②の課題を踏まえ、産業横断的研究成果として、近年多発している工場・プラント等の維持・修繕工事の労働災害の防止のため、建設業の請負業者指導ノウハウを活用した製造業向け請負業者の安全指導に関する資料を作成した。

ウ. 今後の展開

今後は、産業界との連携を深め、本研究の研究成果の更なる普及に努めるとともに、安全に関する国際規格、労働安全衛生マネジメントシステム、リスクアセスメント手法などが円滑に定着されるための新たな課題を見つけ、研究によりその解決策を見出していきたい。

エ. 研究業績リスト

平成 23 年度(2011 年)		
1	原著論文	島田行恭, 北島禎二, 凌元錦(2011)化学プラントのフォールトツリー自動解析とリスク低減対策立案, 第 7 回構造物の安全性・信頼性に関する国内シンポジウム(JCOSSAR 2011), (掲載決定)
2		高木元也(2011)中小企業の安全活動支援に関する産業横断的調査分析, 安全工学(投稿中)
3	研究所出版物	島田行恭(2011)プロセス産業における安全運転管理業務プロセスモデル, 労働安全衛生総合研究所安全資料, JNIOH-SD-No.29, 40p
4		島田行恭(2011)プロセス産業における HSE (Health, Safety, and Environment)管理業務 - PDCA サイクルと資源提供の仕組み -, 労働安全衛生総合研究所安全資料, JNIOH-SD-No.30, 37p
5		島田行恭(2011)プロセス産業の製造現場における安全管理を含めた SQDC (Safety, Quality, Delivery, Cost) 工程管理表, 労働安全衛生総合研究所安全資料, JNIOH-SD-No.31, 24p
6	国内外の研究集会発表	島田行恭(2011)運転業務プロセスモデルの構築と活用, 安全講演会, 化学工学会中国四国支部広島地区安全講演会
7		島田行恭, 北島禎二, 淵野哲郎, 尾藤清貴(2011)化学プロセス産業の製造現場における SQDC 工程管理表による安全活動推進, 安全工学シンポジウム 2011, 8-1, p.453-456
8		島田行恭(2011)[展望講演] プロセス産業における安全管理の体系化の試み, 化学工学会第 43 回秋季大会, P121
9	総説ほか(査読有無を問わず)	島田行恭(2011)化学工学年鑑 2011 (14.2 安全技術), 化学工学, Vol.75, No.10, (掲載決定)

10		高木元也(2011)低層住宅建築工事におけるヒューマンエラー防止対策、安全工学、Vol.50、No.4(掲載決定)
11	著書・単行本	高木元也(2011)ヒューマンエラー災害と対策 第1巻ヒューマンエラーの原因を知ろう！(DVD)、労働調査会
12		高木元也(2011)ヒューマンエラー災害と対策 第2巻ヒューマンエラーを防ごう！(DVD)、労働調査会
13	その他の専門家向け出版物	島田行恭(2011)化学プラントの運転業務プロセスモデル-モデル構築の概要と活用方法-, 配管技術, 工業調査会, Vol.53, No.8, p.48-54
14	その他(表彰/報道等)	高木元也(2011)住宅建築工事で高齢労働者の安全ガイド、朝日新聞ネット配信、2011年6月15日付
15		高木元也(2011)高齢労働者安全ガイド 身体能力低下を労使双方で認識、Builder Net、2011年6月30日付
平成22年度(2010年)		
1	原著論文	梅崎重夫、清水尚憲、濱島京子 (2010)人間機械作業システムにおける危害の発生確率の定量的評価手法の提案-英国HSLが示したリスク管理目標の達成手法に関する考察-, 労働安全衛生研究誌、Vol.3, No.1, p.27-36
2		宮川高志、梅崎重夫、三平律雄(2010)安全に関する対投資効果の評価指標の提案、日本機械学会論文集、Vol.76, No.770, C編
3		加部隆史、門脇敏、和田有司、野田和俊、天野久徳、梅崎重夫(2010)爆発予防と防護の基本概念と方法論-機械安全の視点からの予防概念とその課題-, 安全工学, Vol.49, No.3, p.145-154
4	研究所出版物	高木元也(2010)低層住宅建築工事 高齢労働者のための安全ガイド、社団法人住宅生産団体連合会との共同出版
5	国内外の研究集会発表	Takashi Miyakawa, Shigeo Umezaki and Ritsuo Mihira(2010)Study for Return on Investment by Safety Protection Measures, TENCON 2010, IEEE, USA
6		宮川高志、梅崎重夫、三平律雄(2010)安全に関わる対投資効果の算出手法の考察、安全工学シンポジウム2010、p.250-253
7		Shimada, Kumasaki, Kitajima, Takeda, Fuchino and Naka (2010), Reference Model for Safety Conscious Production Management in Chemical Processes, 13th International Symposium on Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries, Vol.1, p.629-632
8		島田行恭、北島禎二、武田和宏、瀧野哲郎、仲勇治(2010)プロセス安全管理のための業務モデルの基本形、安全工学シンポジウム2010、6-4, p.394-397
9		島田行恭(2010)業務プロセスモデル構築に基づく 論理的な安全管理の仕組み作り -業務の見える化を目指して-, (株)千代田アドバンスソリューション, ChAS フォーラム
10		凌元錦、島田行恭、北島禎二(2011)HAZOP 解析情報を利用したフォールト・ツリーの自動生成、化学工学会第76年会、P207
11		高木元也(2010)建設業におけるリスクアセスメント導入期の課題と定着期に向けた改善策について、2010安全工学シンポジウム、p.314-315
12		高木元也(2010)中小建設業者のリスク適正評価支援のための土木工事各種作業別等労働災害データ分析、土木学会全国大会第65回年次学術講演会プログラム、CD-ROM
13		高木元也(2010)低層住宅建築工事におけるヒューマンエラー防止対策、第43回安全工学研究発表会、p.163-164
14	総説ほか(査読有無を問わず)	島田行恭(2010)化学工学年鑑2010(14.2 安全技術)、化学工学, Vol.74, No.10, p.607-608
15	著書・単行本	高木元也(2010)建設業実務の手引き追録第268号、269号、大成出版社
16	その他の専門家向け出版物	濱島京子、梅崎重夫(2010)ICTを活用した安全衛生管理システム構築の手引き、労働安全衛生総合研究所安全資料(SD)
17		梅崎重夫(2010)機械安全の国際標準化と労働安全分野での対応、労働安全の国際標準化とリスク低減特集号、電気評論 Vol.95, No.5, p.9-13
18		梅崎重夫、濱島京子(2010)ICTを活用した安全衛生管理システム構築の手引き、実務&展望、Vol.43, No.4, p.35-42
19		清水尚憲(2010)残留リスクについての使用上の情報提供、ボイラ研究、Vol.(360, p.24-28
20		清水尚憲(2010)こうして進める機械設備のリスクアセスメント(04) 前提条件となる「制限の決定」と「危険源・危険状態のリストアップ」(1)、安全と健康、Vol. 61, No.4, p.351-353
21		清水尚憲(2010)こうして進める機械設備のリスクアセスメント(05) 前提条件となる「制限の決定」と「危険源・危険状態のリストアップ」(1)、安全と健康、Vol. 61, No.5, p.461-463
22		清水尚憲(2010)こうして進める機械設備のリスクアセスメント(06) 食品機械を対象とした危険源・危険状態のリストアップ、安全と健康、Vol. 61, No.6, p.566-568
23		清水尚憲(2010)こうして進める機械設備のリスクアセスメント(07) リスクの見積り・評価手法(1)、安全と健康、Vol. 61, No.7, p.670-672

24		清水尚憲(2010)こうして進める機械設備のリスクアセスメント(08) リスクの見積り・評価手法(2)、安全と健康、Vol. 61、No.8、p.774-776
25		清水尚憲(2010)こうして進める機械設備のリスクアセスメント(09) 設計・製造者が行う保護方策の適用手順と留意点、安全と健康、Vol. 61、No.9、p.878-880
26		清水尚憲(2010)こうして進める機械設備のリスクアセスメント(10) 保護方策策定時の留意点と代表的な保護方策、安全と健康、Vol. 61、No.10、p.982-984
27		清水尚憲(2010)こうして進める機械設備のリスクアセスメント(11) 安全防護等の選択方法と制御システム安全関連部の安全性能検証、安全と健康、Vol. 61、No.11、p.1086-1088
28		島田行恭 (2010)化学プラントの安全管理～現状の課題と具体的対策～、労働安全衛生広報、Vol.42、No.985、p.6-21
29		島田行恭 (2010)リスク低減対策Ⅰ、化学物質リスクアセスメント専門研修(爆発・火災防止コース)テキスト、中央労働災害防止協会、18p
30		島田行恭(2010)化学プラントでのリスクアセスメント手法、化学物質リスクアセスメント専門研修(爆発・火災防止コース)テキスト、中央労働災害防止協会、30p
31		高木元也(2010)立木の伐採・伐倒作業等による死亡災害51事例の分析、林材安全、No.734、p.2-7
32		高木元也(2010)中小建設業者のためのリスク適正評価ガイド第6回リスク適正評価支援の必要性和土木工事編特に重篤度が高い作業その6、労働安全衛生広報、Vol.42、No.984、p.38-46
33		高木元也(2010)中小建設業者のためのリスク適正評価ガイド第7回リスク適正評価支援の必要性和土木工事編特に重篤度が高い作業その1、労働安全衛生広報、Vol.42、No.986、p.36-43
34		高木元也(2010)中小建設業者を対象としたリスクマネジメント推進アクションプログラム、安全衛生コンサルタント、Vol.30、No.94、p.43-49
35		高木元也(2010)移動式クレーンの転倒事故の背景と防止対策、クレーン、Vol.48、No.7、p.20-27
36		高木元也(2010)中小建設業者のためのリスク適正評価ガイド第8回リスク適正評価支援の必要性和土木工事編特に重篤度が高い作業その2、労働安全衛生広報、Vol.42、No.988、p.40-47
37		高木元也(2010)中小建設業者のためのリスク適正評価ガイド第9回リスク適正評価支援の必要性和土木工事編特に重篤度が高い作業その3、労働安全衛生広報、Vol.42、No.990、p.42-50
38		高木元也(2010)中小建設業者のためのリスク適正評価ガイド第10回リスク適正評価支援の必要性和土木工事編特に重篤度が高い作業その4、労働安全衛生広報、Vol.42、No.992、p.38-45
39		高木元也(2010)中小建設業者のためのリスク適正評価ガイド第11回リスク適正評価支援の必要性和土木工事編特に重篤度が高い作業その5、労働安全衛生広報、Vol.42、No.994、p.50-57
40		高木元也(2010)中小・中堅建設業者のリスクアセスメント支援 土木・建築工事における各種作業別の労働災害データ分析、全建ジャーナル、Vol.49、No.584、p.15-25
41		高木元也(2010)“ローコスト時代”を乗り切るためのヒューマンエラー対策「設備の本質安全化や安全教育の徹底でエラーを抑制し安全文化の醸成を！」、労働安全衛生広報、Vol.42、No.991、p.20-31
42		高木元也(2010)不安全行動の事故直結を防ぐ抜本策、日経コンストラクション、No.502、p.46-49
43		高木元也(2010)なぜ起きる？移動式クレーンの転倒事故～その背景と防止対策について～、労働安全衛生広報、Vol.42、No.995、p.6-17
44		高木元也(2010)中小建設業者のためのリスク適正評価ガイド第12回リスク適正評価支援ツール建築工事編特に重篤度が高い作業その6、労働安全衛生広報、Vol.42、No.996、p.44-51
45		高木元也(2010)建設現場における労働災害損失コストの計測、建築コスト研究、Vol.18、No.4、p.33-36
46		高木元也(2011)作業別にみた建設現場の頻発労働災害とヒューマンエラー対策、そら、Vol.5、No.23、p.7-15
47		高木元也(2011)林業におけるヒューマンエラー防止対策～安全のルールを守る雰囲気づくりが事故防止には大切～、林材安全、No.743、p.6-11
48		高木元也(2011)中小建設業者のリスク適正評価支援のための各種作業等別労働災害データ分析、建災防ちば、No.108、p.12-13
49		高木元也(2011)現場の安全対策 安全ルールを守る雰囲気作りと「死角」をなくすことから、電気と工事、Vol.51、No.2、p.26-30
50	特許の出願取得	凌元錦、島田行恭、北島禎二、仲勇治、朱正華(2010)プロセスリスクアセスメント支援装置、特願 2010-244439
51	その他(表彰/報道等)	高木元也(2010)元請け所長ら書類送検 クレーン横転業過致死傷容疑、毎日新聞 平成 22 年 10 月 19 日付
52		高木元也(2010)ヒューマンエラー防止対策ガイドブックを発表、NETIB NEWS、平成 22 年 7 月 21 日付
53		高木元也(2010)労働災害防止へガイドブック、原因分析や対策提示、BUILDER NET、平成 22 年 7 月 21 日付
54		高木元也(2010)工務店の現場を考える～安全な現場のために「ヒューマンエラー防止対策ガイドブック」～、新建ハウジング、平成 22 年 8 月 10 日付

55		高木元也(2010)転換期の建設業界 第2部ゼロ災への道のり②リスクアセス、電気新聞、平成 22 年 11 月 4 日付
56		高木元也(2010)転換期の建設業界 第2部ゼロ災への道のり③コミュニケーション、電気新聞、平成 22 年 11 月 5 日付
平成 21 年度(2009 年)		
1	原著論文	濱島京子、梅崎重夫(2009)情報伝達と変更管理に着目した産業機械の労働災害分析手法の提案、労働安全衛生研究、Vol.2, No.1, p.33-44,
2		梅崎重夫、濱島京子、清水尚憲(2009)機械安全で使用する安全情報と労働安全衛生マネジメントシステムで使用するリスク関連情報の基本特性の比較、土木学会安全問題研究論文集、Vol.4, p.17-22
3		島田行恭、北島禎二、武田和宏、瀧野哲郎、仲勇治(2009)労働災害防止を目的とした化学プラント安全運転管理業務モデリングー運転管理業務のための参照モデルー、労働安全衛生研究、Vol.2, No.2, p.91-98
4		高木元也(2010)中小建設業者のリスク適正評価支援のための各種作業等別労働災害データ分析、労働安全衛生研究、Vol.3, No.1, p.17-26
5	研究所出版物	高木元也(2009)、ヒューマンエラー防止対策ガイドブック 低層住宅建築工事、社団法人住宅生産団体連合会との共同出版
6	国内外の研究集会発表	梅崎重夫、濱島京子、清水尚憲(2009)労働安全でのリスクベースアプローチ、日本機械学会 2009 年度年次大会、p.348-349
7		梅崎重夫、清水尚憲、濱島京子(2009)人間機械作業システムを対象としたリスクの定量的評価手法の提案、Vol.109, No.43, p.13-16
8		宮川高志、梅崎重夫、三平律雄(2009)安全に関する対投資効果の評価指標の提案、日本機械学会第 18 回交通・物流部門大会、p.207-210.
9		梅崎重夫、濱島京子、清水尚憲(2009)人間機械作業システムにおける機械安全と安全管理の評価手法の提案、安全工学シンポジウム 2009、p.274-277
10		梅崎重夫、清水尚憲、濱島京子(2009)機械安全分野におけるリスクアセスメント技術の動向と安全設計支援システムの開発、安衛研重点研究シンポジウム
11		梅崎重夫(2009)機械安全と労働災害防止に関するリスクマネジメント、2009 産業安全対策シンポジウム、日本プラントメンテナンス協会他、S5-1-1~17
12		梅崎重夫(2009)機械安全、設備安全、労働安全の統合運用にあたっての諸問題について、機械安全分野における安全専門家育成と有効活用並びに機械設備の安全確保に関するシンポジウム、日本機械工業連合会
13		島田行恭、北島禎二、瀧野哲郎、仲勇治(2009)、化学プラントのライフサイクルにわたる HSE 業務の分析と整理、安全工学シンポジウム 2009、9-3, p.390-393
14		島田行恭、北島禎二、武田和宏、瀧野哲郎、仲勇治(2009)、化学プラント安全のための運転管理業務モデルの構築、第 42 回安全工学研究発表会、21, p.59-62
15		島田行恭(2010)、(特別講演)化学プラントの安全管理 ～現状の課題と具体的な取り組み～、市原市石油コンビナート等特別防災区域協議会特定事業所等防災担当者講習会
16		島田行恭(2009)、化学プロセス産業における労働災害防止のための HSE 管理業務の整理、第 14 回産業医科大学産業生態化学研究所、独立行政法人労働安全衛生総合研究所研究交流会
17		高木元也(2009)低層住宅建築工事におけるリスクマネジメント推進アクションプログラムの策定、2009 安全工学シンポジウム、p.414-415
18		高木元也(2009)中小建設業者におけるリスクアセスメント推進上の課題と対応策、電子情報通信学会安全性研究会、p.1-4
19		高木元也(2009)低層住宅建築工事におけるリスクマネジメント推進アクションプログラムの策定、2009 日本建築学会大会、CD-ROM
20		高木元也、中村隆宏(2009)中小建設業者におけるリスクマネジメント推進アクションプログラムの具体的方策推進、第 64 回土木学会年次学術講演会、CD-ROM
21		高木元也、中村隆宏(2009)中小建設業者におけるリスクアセスメント推進上の課題と対応策、第 42 回安全工学研究発表会、p.63-66
22	総説ほか(査読有無を問わず)	島田行恭(2009)、化学工学年鑑 2009(14.2 安全技術)、化学工学、Vol.73, No.10, p.539-540
23		高木元也、中村隆宏(2009)中小建設業者の自主的安全活動促進のための行動指針、安全工学 Vol.48 No.2(2009)、p.109-117
24	著書・単行本	高木元也(2009)建設実務の手引き追録第 257・258 合併号、大成出版社
25		高木元也(2009)建設現場のリスク適正評価ガイド【重篤度評価編】、労働調査会
26	その他の専門家向け出版物	梅崎重夫(2009)労働安全の観点からの機械安全国際規格 ISO14121 の意義と考察、安全工学、Vol.48, No.6, p.368-374

27		梅崎重夫(2009)機械安全国際規格の背後にある安全設計思想の分析とリスク低減戦略、精密工学会誌、Vol.75, No.9, p.1050-1053
28		梅崎重夫(2010)制御システム以外に対する本質的安全設計方策と安全防護物の適用に基づくリスク低減、ボイラ研究 (359), p.31-36
29		梅崎重夫、清水尚憲(2009)機械安全のあるべき姿とは一残留リスク明確化を一、安全スタッフ、No.2072
30		濱島京子、梅崎重夫(2009)ITを活用した安全管理手法の概要と労働災害防止対策における位置づけ、電気評論 Vol.94 No.5, p.29-34
31		清水尚憲(2010)こうして進める機械設備のリスクアセスメント(01)国際的動向から見たリスクアセスメントの必要性、安全と健康、Vol. 61、No.1, p.46-48
32		清水尚憲(2010)こうして進める機械設備のリスクアセスメント(02) 国際安全規格から見た安全の考え方とリスクの概念について、安全と健康、Vol. 61、No.2, p.150-152
33		清水尚憲(2010)こうして進める機械設備のリスクアセスメント(03) リスクアセスメントの進め方と留意点、安全と健康、Vol. 61、No.3, p.250-252
34		清水尚憲(2009)小型移動式クレーンの作業を対象としたリスクアセスメント例-リスクアセスメントの基礎知識と進め方のポイント、安全衛生コンサルタント、Vol.29, No.92, p.16-27
35		島田行恭(2009), RBPS(Risk Based Process Safety)の紹介、化学工学, Vol.73, No.4, p.202
36		島田行恭(2009), 爆発・火災防止のための化学物質リスクアセスメント研修 (第8章)爆発・火災防止のためのリスクアセスメント手法と実施例 I, 中央労働災害防止協会, p.129-162
37		中村隆宏(2009)産業安全とヒューマンファクター、Jitsu・Ten 実務&展望、No.247, p.49-55
38		高木元也(2009)中小・中堅建設業者におけるリスクマネジメント推進のためのアクションプログラムの開発・普及、全建ジャーナル、Vol.48 No.7 p.20-27
39		高木元也(2009)中小建設業者に対するリスク適正評価支援ツール～特に重篤度が高い作業の抽出～、建設オピニオン、Vol.16, No.7, p.30-36
40		高木元也(2009)リスクアセスメント導入期における建設業と他産業の比較、労働経済春秋、2009年 Vol.2、p.59-64
41		高木元也(2009)、中小建設業者のためのリスク適正評価ガイド第1回リスク適正評価支援の必要性と土木工事編特に重篤度が高い作業その1、労働安全衛生広報、Vol.41、No.974, p.14-21
42		高木元也(2009)中小建設業者のためのリスク適正評価ガイド第2回リスク適正評価支援ツール土木工事編特に重篤度が高い作業その2、労働安全衛生広報、Vol.41、No.976, p.38-45
43		高木元也(2010)中小建設業者のためのリスク適正評価ガイド第3回リスク適正評価支援の必要性と土木工事編特に重篤度が高い作業その3、労働安全衛生広報、Vol.41、No.978, p.40-47
44		高木元也(2010)中小建設業者のためのリスク適正評価ガイド第4回リスク適正評価支援の必要性と土木工事編特に重篤度が高い作業その4、労働安全衛生広報、Vol.42、No.980, p.40-47
45		高木元也(2010)中小建設業者のためのリスク適正評価ガイド第5回リスク適正評価支援の必要性と土木工事編特に重篤度が高い作業その5、労働安全衛生広報、Vol.42、No.982, p.42-52
46	その他(表彰/報道等)	高木元也(2010)特報首都圏「なぜ起きる、クレーン事故」、NHK、2010年1月22日 19:30～19:55 放映
47		中村隆宏(2009)安全・安心を求めて-ヒューマン・エラーの本質-、産経新聞、2009年12月16日付
48		高木元也(2009)低層住宅建築工事高齢者の作業モデル開発へ、労働新聞、2009年6月22日付
49		高木元也(2009)事故抑制へ行動計画、住宅産業新聞、2009年6月17日付
50		高木元也(2009)労災防止へアクションプログラム、週刊住宅、2009年6月10日付
51		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第1回建設業は労働災害が多い業種、建通新聞、2009年8月28日付東京版他
52		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第2回安全にかかわる現場ニーズをくみ取る、建通新聞、2009年9月4日付東京版他
53		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第3回自覚から始まるヒューマンエラー対策、建通新聞、2009年9月11日付東京版他
54		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第4回「エラーは起こる」を前提に対策を、建通新聞、2009年9月18日付東京版他
55		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第5回中小建設業者のリスクアセスメント先進事例、)建通新聞、2009年9月25日付東京版他
56		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第6回中小建設業者のリスクアセス推進上の課題、建通新聞、2009年10月2日付東京版他
57		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第7回土木工事の死亡災害にみる特に重篤度が高い作業、建通新聞、2009年10月9日付東京版他
58		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第8回土木工事の死亡災害「立木伐採」でも多い、建通新聞、2009年10月16日付東京版他

59		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第9回土木工事の荷上げ・荷下ろし作業 死亡者は3年間で48人、建通新聞、2009年10月23日付東京版他
60		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第10回建築工事の死亡災害 建物解体作業が最多、建通新聞、2009年10月30日付東京版他
61		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第11回建築工事の死亡災害にみる特に重篤度が高い作業(2)クレーン・ドラッグショベルの荷上げ・荷下ろし、建通新聞、2009年11月6日付東京版他
62		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第12回建築工事の死亡災害にみる特に重篤度が高い作業(3)屋根取付・撤去等作業など、建通新聞、2009年11月13日付東京版他
63		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第13回「事故」が起これば多大な企業損失に 日々の安全活動が経営に直結、建通新聞、2009年11月20日付東京版他
64		高木元也(2009)これからの建設現場の安全を考える第14回リフォーム工事特有災害 最多は「屋根からの墜落」、建通新聞、2009年11月27日付東京版他
65		高木元也(2009)建通新聞、これからの建設現場の安全を考える第15回建設業の今後の取り組みの在り方 本質安全化とヒューマンエラー対策を一体で推進、2009年12月4日付東京版他
平成20年度(2008年)		
1	原著論文	梅崎重夫、清水尚憲、濱島京子他(2008)統合生産システム(IMS)におけるリスク低減戦略の基礎的考察、労働安全衛生研究、Vol.1, No.3、p.219-229
2		濱島京子、梅崎重夫(2008)ITを活用した安全管理手法の開発—安全要求事項抽出の容易化に配慮したシステム設計ガイドの提案—、労働安全衛生研究、Vol.1, No.2、p.119-130
3		梅崎重夫、清水尚憲、濱島京子(2008)人間機械協調システムにおけるリスク低減戦略の基礎的考察—統合生産システム(IMS)と土木建築構造物の自動施工システムに共通するリスク低減戦略—、土木学会安全問題研究論文集、p.11-16
4		高木元也、嘉納成男(2008)建設業における中小企業の安全意識向上に資する労働災害損失額の計測手法の構築に関する研究、労働安全衛生総合研究、Vol.1、p.9-16
5		高木元也、中村隆宏(2008)専門工事業団体におけるリスクアセスメント等安全活動支援の実態と課題、土木学会安全問題研究論文集、Vol.3、p.161-166
6	研究所出版物	高木元也(2008)低層住宅建築工事におけるリスクマネジメント推進アクションプログラム、社団法人住宅生産団体連合会との共同出版
7	国内外の研究集会発表	宮川高志、梅崎重夫、三平律雄(2008)SIL3に対応した安全化フレキシブル統合生産システム、日本機械学会化学機械と安全部門研究発表講演会 2008
8		梅崎重夫、清水尚憲、濱島京子(2008)統合生産システム(IMS)におけるリスク低減戦略の基礎的考察、日本機械学会茨城講演会
9		梅崎重夫(2008)リスクアセスメントの意義—機械安全と労働安全の連携を考慮したリスクマネジメント戦略の提案—、日本機械学会リスクアセスメント講演会
10		梅崎重夫、濱島京子、清水尚憲(2008)人間機械作業システムを対象としたリスクの定量的評価手法の提案、電子情報通信学会誌技術研究報告 SSS2009-4、p.13-16
11		梅崎重夫、濱島京子、清水尚憲(2008)人間機械作業システムにおける機械安全と安全管理の評価手法の提案、安全工学シンポジウム 2008、p.274-277
12		濱島京子、梅崎重夫(2009)ITを活用した安全管理手法の検討—人間機械作業システムにおける新しいフレームワークの提案—、電子情報通信学会技術研究報告、VOL.107, No.557、p.1-4
13		Shimada (2008) Reference Model of Safety Operation Management for Preventing Industrial Accident in Chemical Processes, International Symposium on Industrial Safety and Health, ISISH2008, p.54-60
14		熊崎美枝子、中村隆宏、島田行恭、高木元也(2008)リスクマネジメントにおける危険源洗い出しに関する検討、安全工学シンポジウム 2008、7-1、p.217-218
15		島田行恭、熊崎美枝子、北島禎二(2008)化学プラントの安全運転管理のためのリファレンスモデル構築、安全工学シンポジウム 2008、7-2、p.219-222
16		島田行恭、北島禎二(2008)(招待講演)プラントライフサイクルにわたるプロセス安全管理の体系化、化学工学会第40回秋季大会、H105
17		島田行恭(2008)(基調講演)プラントライフサイクルにわたるプロセス安全管理フレームワークの構築、(株)山武 MainSTEP2008 ユーザ会
18		島田行恭、北島禎二(2008)HSE業務を考慮したプロセス運転管理業務リファレンスモデルの構築、第41回安全工学研究発表会、75、p.217-220
19		島田行恭(2009)(依頼講演)新しいプロセス安全管理のフレームワーク構築の取り組み、化学工学会第74年会、S-1、XB113、p.3-4
20		高木元也、中村隆宏(2008)専門工事業団体におけるリスクアセスメント等安全活動支援の実態と課題、土木学会安全問題研究論文集、p.161-166

21		高木元也・梅崎重夫・清水尚憲・島田行恭・中村隆宏・濱島京子・熊崎美枝子(2008)災害多発分野(建設、機械、化学)におけるリスクマネジメント推進に関わる産業横断的事例研究、安全工学シンポジウム 2008、p.325-326
22		高木元也、中村隆宏(2008)中小建設業におけるリスクマネジメント推進のためのアクションプログラムの策定について、電子情報通信学会安全性研究会、p.3-6
23		高木元也、中村隆宏(2008)中小・中堅建設業者を対象としたリスクマネジメント推進アクションプログラムの策定、土木学会全国大会年次学術講演会、CD-ROM
24		高木元也、嘉納成男(2008)建設業における労働災害損失額計測システムの開発、日本建築学会学術講演会、CD-ROM
25		高木元也、中村隆宏(2008)中小建設業者を対象としたリスクマネジメント推進アクションプログラムの策定について、第41回安全工学研究発表会、p.63-66
26		高木元也、中村隆宏(2008)中小建設業者を対象としたリスクマネジメント推進アクションプログラムの策定、土木学会第26回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会、p.63-66
27	総説ほか(査読有無を問わず)	島田行恭(2008)化学工学年鑑 2008(14.2 安全技術)、化学工学、Vol.72, No.10, p.587-588
28	著書・単行本	高木元也(2008)建設業実務の手引き追録 232・233 合併号、大成出版社
29		高木元也他(2008)建設産業事典、鹿島出版会
30	その他の専門家向け出版物	梅崎重夫、清水尚憲、濱島京子(2008)機械のリスクアセスメントー機械安全と労働安全の連携を考慮したリスクマネジメント戦略の提案ー、日本信頼性学会誌、Vol.30, No.8, p.692-702
31		梅崎重夫、清水尚憲(2008)機械安全のあるべき姿とはー「残留リスク」明確化をー、安全スタッフ、Vol.2072,p. 8-15
32		濱島京子、梅崎重夫(2008)ITを活用した新しい安全管理手法に関する研究、労働安全衛生広報、Vol.40, No.938, p.15-23
33		梅崎重夫、濱島京子(2007)ITを活用した安全管理技術、配管設計
34		島田行恭(2008)化学プラントのリスクアセスメント、安全衛生コンサルタント、No.85, p.32-37
35		島田行恭(2008)化学プロセスの安全性評価と安全設計 14, 15 章、(経済産業省)「中小企業産学連携製造中核人材育成事業ー化学関連産業中核ケミカルエンジニア早期育成」安全エンジニアリングコース、化学工学会
36		高木元也(2008)安全は企業経営成功の鍵ー第6回建設現場における労働災害損失額の計測、建設業しんこう、Vol.32, No.11, p.44-49
37		高木元也(2008)安全は企業経営成功の鍵ー第7回労働安全衛生施策の方向と中心的担い手となる専門工事業者の安全活動推進上の課題、建設業しんこう、Vol.33, No.1, p.26-32
38		高木元也(2008)ヒューマンエラーが起きても事故は防ぐー原因を知って効果的な対策を打つー、日経コンストラクション、No.447, p.74-75
39		高木元也(2008)中小建設業におけるリスク適正評価のための課題と対策、建設オピニオン、Vol.15, No.7, p.28-34
40		高木元也(2008)建設業における労働災害損失額計測手法の構築について、安全衛生コンサルタント、Vol.28, No.87, p.30-38
41		高木元也(2008)危険を甘く見る人への事故防止策ー情報技術やイラストの活用で不安全行動を起こさせないー、日経コンストラクション、No.449, p.78-79
42		高木元也(2008)死亡災害の多い作業の認識が甘いー土木工事で意外にリスクの高い「トラックでの運搬」、「立ち木の伐採・伐倒」ー、日経コンストラクション、No.453, p.70-71
43		中村隆宏(2008)危険体感教育ー導入・実施にあたっての留意点ー、安全と健康、Vol.59, No.7, p.17-20
44		高木元也(2008)中小建設業者におけるリスク適正評価に関する課題、労働安全衛生広報、Vol.40, No.949, p.8-17
45		高木元也他(2008)中小建設業者を対象としたリスクマネジメント推進アクションプログラムの策定について、建設オピニオン、Vol.15, No.11, p.52-58
46		高木元也(2008)中小・中堅建設業者を対象としたリスクマネジメント推進アクションプログラムー労働災害の更なる防止に向けた行動計画ー、建設業しんこう、Vol.33, No.9, p.12-18
47		高木元也(2008)災害多発分野におけるリスクマネジメント推進に関わる産業横断的事例研究ー各業種で異なる「システムの良点」、手法を他産業へ展開しRMに活かせ！ー、労働安全衛生広報、Vol.41, No.954, p.32-35
48		高木元也(2008)これからの建設現場の安全を考える 第1回ヒューマンエラーをどう防ぐか、建設Today、No.221, p.1-3
49		高木元也(2008)これからの建設現場の安全を考える 第2回リフォーム工事特有災害と安全対策、建設Today、No.222, p.1-3
50		高木元也(2008)これからの建設現場の安全を考える 第3回労働災害損失額の計測、建設Today、No.223, p.1-3

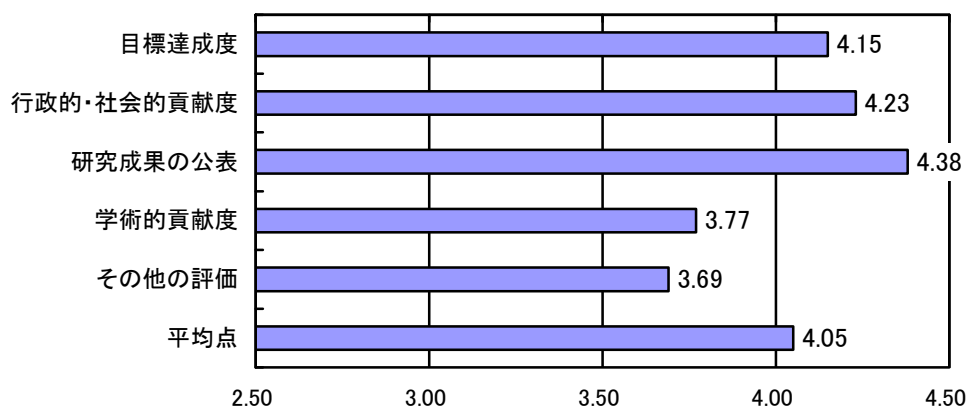
51		高木元也(2009)建設業におけるリスクアセスメントの現状とこれからの課題、そら、Vol.3、No.1、p.5-13
52		高木元也(2009)気をつけていますか？建設現場のKY(危険予知)、ブルーブリッジ、Vol.32、p.7
53	その他(表彰／報道等)	高木元也(2008)労災減少へ行動指針～中堅・中小に自主性促進、建設通信新聞、2008年8月28日付
54		高木元也(2008)労災減めざし新行動計画～リスクアセス普及へツール開発、中小建設業の取組み支援、労働新聞、2008年9月29日付
平成19年度(2007年)		
1	原著論文	中村隆宏(2007)安全教育における擬似的な危険体験の効果と課題、安全工学、Vol.16No.2、p.82-88
2		高木元也(2007)中小建設業者における労働災害リスクの適正評価に関する研究、土木学会安全問題研究論文集、Vol.2、p.155-160
3	研究所出版物	高木元也(2007)中小・中堅建設業者を対象としたリスクマネジメント推進のためのアクションプログラム、社団法人全国建設業協会との共同出版
4	国内外の研究集会発表	S.Umezaki and S.Shimizu(2007)Analysis of fatal accidents caused by industrial machines and the consideration on accident prevention strategy, SIAS
5		S.Hamajima, S.Umezaki and Y.Egawa(2007)Analysis of communication errors in fatal accident caused by industrial machines, SIAS
6		濱島京子、梅崎重夫、江川義之(2007)情報伝達不具合に関連した産業機械の労働災害分析、2007安全工学シンポジウム
7		濱島京子、梅崎重夫(2007)安全管理における情報の活用、日本機械学会 関東支部 第14期総会講演会、Vol.14
8		濱島京子、梅崎重夫(2007)ITを活用した安全管理手法の検討—人間機械作業システムにおける新しいフレームワークの提案—、電子情報通信学会技術研究報告、Vol.107、No.557
9		Shimada (2007) Approach to systematize the process safety management system in chemical industry of Japan, The 2nd Conference of Asian Occupational Safety & Health Research Institutes, p.114-117
10		島田行恭、熊崎美枝子、川端鋭憲(2007)労働災害防止の観点から見た化学プラントの安全管理問題、安全工学シンポジウム 2007、3-6、p.173-176
11		湯浅公輔、熊崎美枝子、新井充(2007)化学物質の潜在危険性を考慮した化学プロセス安全評価法の提案、第40回安全工学研究発表会、61、p.179-180
12		島田行恭(2007)(招待講演)プロセス安全管理の体系化 に向けての取り組み、化学工学会静岡化学工学懇話会第15回静岡フォーラム
13		島田行恭(2007)(招待講演)化学プロセス産業における安全管理のための統合化アプローチ、日本原子力学会秋の大会企画セッション「統合型知識マネジメント」
14		島田行恭(2007)独立防衛階層設計に基づく安全ライフサイクルの実現、日本学術振興会プロセスシステム工学第143委員会講演
15		高木元也(2007)中小建設業者における労働災害リスクの適正評価に関する研究、土木学会安全問題研究討論会、p.155-160
16		高木元也(2007)リフォーム工事における危険性・有害性の特定について、安全工学シンポジウム 2007、p.267-268
17		高木元也(2007)リフォーム工事におけるリスクアセスメント、日本建築学会学術講演会、CD-ROM
18		高木元也(2007)ドラッグショベル作業における危険性・有害性の特定について、土木学会年次学術講演会、CD-ROM
19		高木元也、中村隆宏(2007)中小専門工事業者における自主的な安全活動の促進方策に関する事例研究、土木学会関東支部技術研究発表会、CD-ROM
20	総説ほか(査読有無を問わず)	島田行恭(2007)化学工学年鑑 2007(7.4 統合化学工学)、化学工学、Vol.71、No.10、p.674-675
21	著書・単行本	中村隆宏(2007)ヒューマンエラーはなぜ起こる～災害事例の有効活用と安全対策～、建設労務安全特別号
22		高木元也(2007)建設業実務の手引き追録第232・233合併号、大成出版社
23		高木元也他(2007)安全活動にカツを入れる本～建設現場をもっと”元気”にする方法、労働調査会
24	報告書	若倉正英、田村昌三、高野研一、仲勇治、島田行恭、他13名(2007)平成18年度原子力発電施設等安全性実証解析等(原子力発電施設等社会安全高度化)事業報告書、平成18年度経済産業省委託事業(安全工学会受託研究)
25	その他の専門家向け出版物	島田行恭(2007)安全を当然にするには、安全工学、Vol.46、No.6、p.376
26		中村隆宏(2007)安全教育見直しのポイント、産業訓練、Vol.53No.621
27		高木元也(2007)安全は企業経営成功の鍵～第1回中小建設業におけるリスクマネジメント手法の導入推進上の課題～、建設業しんこう、Vol.32、No.1、p.30-34

28		高木元也(2007)ヒューマンエラーをどう防ぐか、Ohm Bulletin、Vol.43 春号、p.8-9
29		高木元也(2007)安全は企業経営成功の鍵～第2回中小建設業者に効果的なリスクアセスメント教育～、建設業しんこう、Vol.32、No.3、p.30-34
30		高木元也(2007)安全は企業経営成功の鍵～第3回建設現場のヒューマンエラー対策を考える(前編)～、建設業しんこう、Vol.32、No.4、p.46-49
31		高木元也(2007)安全は企業経営成功の鍵～第4回建設現場のヒューマンエラー対策を考える(後編)～、建設業しんこう、Vol.32、No.5、p.20-23
32		高木元也(2007)高齢者の心身機能低下に注意～照明や足場の改善で墜落やつまずき災害を防ぐ～、日経コンストラクション、平成19年11月9日号、p.44-45
33		高木元也(2007)安全は企業経営成功の鍵～第5回リフォーム工事における典型的な労働災害と安全対策上の課題～、建設業しんこう、Vol.32、No.6、p.16-20
34		高木元也(2007)建機を凶器にしないためには～危険の芽を摘む努力を怠れば事故は減らない～、日経コンストラクション、平成19年12月28日号、p.47-48
平成18年度(2006年)		
1	原著論文	梅崎重夫・清水尚憲、産業機械の災害防止対策に関する基礎的考察、安全工学 vol.45 No.4 (2006)
2		高木元也、中村隆宏(2006)中小建設業者の建設現場における危険・有害要因の特定化に関する事例研究、土木学会建設マネジメント研究論文集、Vol.13、p.153-160
3	国内外の研究集会発表	梅崎重夫、濱島京子、清水尚憲、江川義之(2007)産業現場におけるリスク関連情報の活用方法に関する基礎的考察 -リスク関連情報の活用に着目した作業支援システムの提案-、IIP2007 情報・知能精密機器部門講演会予稿集、日本機械学会
4		濱島京子、梅崎重夫、江川義之(2007)作業員間の情報伝達に関連するリスク要因の分析と作業員間情報伝達システムの考察、日本機械学会関東支部第13期講演会
5		島田行恭、川端鋭憲(2006)(招待講演)プラント安全管理のフレームワーク構築に関する研究、化学工学会第38回秋季大会、T104
6		武田和宏、島田行恭、瀧野哲郎、山室昇(2006)(招待講演)化学プロセス産業における統合化アプローチ、化学工学会第38回秋季大会、S204
7		島田行恭(2006)リスクをベースとした化学プラントの安全管理(招待講演)、静電気学会障災害研究会
8		中村隆宏(2006)安全教育における擬似的な危険体験の効果と課題、安全工学研究発表会
9		高木元也、中村隆宏(2006)中小建設業者の建設現場における危険・有害要因の特定化に関する事例研究、土木学会建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会、p.153-160
10		高木元也、中村隆宏(2006)建設現場における危険・有害要因の特定化に関わる基礎研究、安全工学シンポジウム2006
11		高木元也(2006)中小建設業者を対象としたリスクアセスメント教育のあり方について、仮設工学研究フォーラム、p.63-66
12		高木元也(2007)中小建設業者における労働災害の見積りに関して、土木学会関東支部技術研究発表会、CD-ROM
13		中村隆宏(2006)建設労働災害の発生原因としてのヒューマンエラー防止に関する研究、建設業労働災害防止協会大阪府支部岸和田分科会主催 夏期研修会特別講演
14		中村隆宏(2006、ヒューマンエラー再考、中央労働災害防止協会主催 第65回全国産業安全衛生大会安全部会ヒューマンファクター分科会
15		中村隆宏(2007)ヒューマンエラー再考、日本能率協会 2007 産業安全対策シンポジウム
16		梅崎重夫(2006)機械安全設計のポイント、雇用・能力開発機構 高度職業能力開発促進センター
17		梅崎重夫 (2006)機械の安全と予防、神奈川県産業総合研究所
18		梅崎重夫 (2006)自動化システム設計における機械安全、職業訓練指導員研修、職業能力開発大学校
19		梅崎重夫 (2006)フェールセーフ、産業安全(I)専門研修、労働研修所
20	総説ほか(査読有無を問わず)	梅崎重夫他 (2006)産業用ロボットの安全性、電子情報通信学会誌、Vol.88、No.5 p.316-322
21		島田行恭(2006)化学工学年鑑2006(7.4 統合化学工学)、化学工学、Vol.70、No.10、p.546-547
22		島田行恭 (2006)化学工学年鑑2006(14.2 安全技術)、化学工学、Vol.70、No.10、p.589-590
23	著書・単行本	島田行恭、武田和宏、瀧野哲郎、山室昇(2006)統合学入門-蛸壺型組織からの脱却 第7章 化学プロセス産業における統合化アプローチ、工業調査会、pp.171-197
24		高木元也他(2006)建設業実務の手引き(全7巻)、大成出版社
25		高木元也他(2006)建設現場技術者のための施工と管理実践ノウハウ、オーム社
26		高木元也他(2006)建設業・現場代理人のコミュニケーション養成読本、日本コンサルタントグループ
27		高木元也、富田一、崔 光石他(2006)災害防止のための現場安全読本、オーム社
28	その他の専門家向け出版物	中村隆宏(2006)ヒューマンエラーによる災害が起きない現場づくり、建設労務安全、平成18年8月号、p.8-15
29		高木元也(2006)建設業におけるヒューマンエラー防止対策、建設の施工企画、Vol.675、p.6-11

30	高木元也(2006)建設現場におけるリスクマネジメントの現状と課題、セーフティエンジニアリング、Vol.141、p.1-6
31	高木元也(2006)リフォーム工事における安全対策を考える、労働安全衛生広報、平成18年 No.38、p.8-15
32	高木元也(2006)「基本軽視」による事故を防ぐために～知識のギャップを踏まえて危ない理由を説明～、日経コンストラクション、平成18年12月22日号、p.45-46
33	高木元也(2007)中小建設業における労働災害に係るリスクマネジメントの実態、建設オピニオン、第14巻2号、p.48-51
34	高木元也(2007)中小建設業における労働災害に係るリスクマネジメント推進上の課題、建設オピニオン、第14巻3号、p.42-46

(2) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(A委員) 優れた研究成果が得られている。是非、日本提案のISO化の実現をお願いしたい。

(B委員) 防災研究は本研究所の特長であり、十分な成果をさらに発展させて欲しい。

(D委員) 労働災害の多い建設、機械、化学工業を対象としてリスクマネジメントを普及させ、リスク低減を図ることを目的とした研究である。研究費の金額は大きいですが、論文や学会発表、出版物も多数あり、成果の社会への還元も進んでいることが認められる。今後、さらなる現場への普及、展開を期待する。

(E委員) 効果(対費用効果)を検証する研究を行ってください。

(F委員) 研究成果の現場への普及活動を積極的に進めて欲しい。

(G委員) 労働災害の減少を進める上で、リスクアセスメントは非常に有効な手段であり、本研究の成果を社会に積極的に発信し、知見を共有する事が重要と考えます。内外の学会発表等も積極的に行っている様であり、今後も、標準化も含めより先進的に取り組まれることを期待します。中災防での研修会や、産業界への一層の普及促進活動を大いに進めてください。

(H委員) 研究目標が具体的に絞り込まれており、明確である。産業界の安全に大いに資する研究であると思われる。

(I委員) 研究の目的達成度、社会貢献、成果の公表等 いずれも高く評価できる。

(J委員) 本研究で得られた成果が、産業界に広く普及することを期待します。期限付の普及計画を立案し、実行することも重要と思います。

(K委員) 全体的に産業界、学会と連携しながら活発な研究が行われたことがうかがえる。建設、機械、化学の分野におけるサブテーマ間で取り組みの方向に違いがあったために、プロジェクト全体としての評価項目ごとの評価に難しい点があった。産業横断的な面においては、多くの課題が抽出されたものの研究成果が一部の課題に限られてしまったのが残念である。今後、多岐にわたる成果が産業界で積極的に活用されるような方策を望みたい。

(L委員) 1. 3サブテーマともに、リスクマネジメントに取り組んだ意欲的な内容として評価する。特に、サブテーマ3は、個別の事象にとらわれずに、全体を俯瞰する立場で、リスクマネジメント技術の体系化を試みたもので、労働安全衛生総合研究所にふさわしい内容である。個々の事業所が欲しているのは、リスクマネジメントの今後の方向に対する指針である。多数の現場有識者との討議を経てまとめられたものとして評価する。2. 研究成果の発表が、もう少し、本格的にできないかと思います。中災防のリスクアセスメント研修会ともっとコンタクトされてはと思います。産業界への普及は、今後計画されるものと思いますが、中国四国、九州ではなく、東京地区からスタートし、全国展開すべきだと思います。3. 日本独自のものとなると思いますので、HSEは使わない方がよいと思います。HSEと書かれると、イギリス製と取られると思います。

(M委員) 引き続いて中小建設業者への研究成果普及を図って戴きたい。

(3) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究に対し高い評価をいただき、また、今後に向けての貴重な御指摘をいただき心より厚く御礼申し上げます。

先生方からは、今後における研究成果の普及活動の継続的实施、研究成果の発展を求める意見が数多く見受けられました(A委員、B委員、D委員、F委員、G委員、J委員、K委員、L委員、M委員)。

この点につきましては、建設分野では、本プロジェクト研究で連携した2つの産業団体と平成23年度も継続的に「中小建設業者の安全確保」のため具体的方策の推進を行っております。具体的には、全国建設業協会とは全国4カ所で研修会を開催しリスク適正評価のための情報提供(建設現場の作業別頻発労働災害と本質的な再発防止策の方向性について)を行い、他方、住宅生産団体連合会とは、東日本大震災の復旧・復興工事に建設業の未経験者が大量に働くことから、緊急的な安全対策として雇入れ時教育のための教材開発を行いました。平成24年度以降もこれら建設産業団体との連携を継続し研修会等による普及活動を実施する予定です。

一方、機械分野では、平成23年度において、書籍「よくわかる管理監督者のための安全管理技術」(全2巻(基礎編、実践編))を出版し、一般への普及促進に努めるとともに、日本機械工業連合会(日機連)、日本電機制御機器工業会(NECA)と継続的に連携を図っています。また、今後、機械のリスク定量化課題についてJSTへの公募も検討していきます。

化学分野では、平成23年度の取り組み実績として、①企業の現場管理担当者などが多数出席する学会や講演会などで成果の普及を目的とした講演の実施(化学工学会、安全工学会、静電気学会など)、②事業場担当者を対象に直接送付した技術資料(TD)に対する安全管理活動改善への活用を目的とした質疑応答等を実施しました。さらに、平成24年度以降の取り組みとしては、①中災防の研修会等における技術資料紹介による普及促進、②学会等での講演会における成果の紹介、③企業からの問い合わせ等に対する事業場への積極的な訪問および現状把握と現場の改善活動への協力、④産業界との連携についてはこれまで通り学会のワーキンググループ活動などを通じた継続的な議論等を予定しています。これらの取り組みにより、今回の成果の活用による改善提案を続けるとともに、一方で、

成果物そのものの改訂も続けていきます。

また、費用対効果を検証する研究の実施を求めるコメントがありました(E委員)、この点につきましては、建設分野においては、すでに、3年間の研究により、現場の労働災害損失コストの計測システムを構築しており、平成24年度には、労働災害損失コスト計測に関する書籍を出版する予定で、これを使って、労働災害損失コストの計測に努め費用対効果のデータ収集を行っていきたいと考えています。

その他、産業横断的研究について、研究成果が一部の課題に限られているとの指摘がありましたが(K委員)、この点につきましては、平成24年度に産業横断的研究成果を論文等で公表し、それを基に、労働安全衛生の研究者との議論を深めていきたいと考えています。

3.2 アーク溶接及び関連作業職場における有害因子に関する研究

(平成19年度～平成21年度)

(1) 研究概要

アーク溶接は、多くの産業分野、特に製造業および建設業を支える基本技術であり、日本では、100万人以上の作業者がアーク溶接に携わっていると考えられる。アーク溶接は、粉じん、一酸化炭素ガス、有害光線、磁場など多くの種類の有害因子を伴う。これらの有害因子による健康障害が実際に発生し、または、その可能性が懸念され、社会的行政的な問題となっている。本プロジェクト研究では、アーク溶接に伴う有害因子および健康障害に関して、健康影響の調査、有害因子の測定評価、有害因子の測定評価方法、障害防止の対策の面から、調査研究を実施した。

ア. はじめに

アーク溶接は、多くの産業分野、特に製造業および建設業を支える基本技術である。アーク溶接による健康影響から作業者を保護することは、広範な産業分野の活動を保証する必要条件である。

日本には、30万人もの専門的アーク溶接作業者がいるが、その他にも、仕事の一部としてアークを行なう作業者がいる。合わせて100万人以上の作業者がアーク溶接に携わっていると考えられる。さらに、アーク溶接が行なわれている作業場では、通常、他の作業者が、他の作業を行っている。それらの作業人も、アーク溶接による健康影響を受ける可能性がある。アーク溶接に関する労働衛生は、多くの作業者に係わる点においても重要である。

アーク溶接は、多くの種類の有害因子を伴うが、これによる健康障害が実際に発生し、または、その可能性が懸念されている。社会的行政的には、特に、次の障害または有害因子が問題だと考えられている。

(1) じん肺新規有所見労働者の中でアーク溶接作業に係る作業者の占める割合が高い(厚生労働省 第10次労働災害防止計画、労働安全衛生総合研究所 粉じん障害防止対策の課題と方向性について、厚生労働省 第6次粉じん障害防止総合対策)。

(2) 通風の不十分な場所におけるアーク溶接作業によって、一酸化炭素中毒が発生している(厚生労働省 アーク溶接作業における一酸化炭素中毒の防止について、平成16年)。

(3) アーク溶接作業場で働く作業者の大部分が、有害光線による電気性眼炎を経験する(労働省委託研究 しゃ光保護具の性能評価等に関する調査研究、昭和54年)。また、適切な遮光保護具を用いずに溶接アークを見た作業者が、重篤な網膜障害を受けている。さらに、アーク溶接の有害光線が、白内障、皮膚がんなど他の障害も引き起こしている可能性がある。

(4) アーク溶接は強い磁場を発生する。現在、国際的に、作業者の磁場へのばく露を規制する動きがある(Directive EC/2004/20)が、この規制によって、アーク溶接作業の実施が不可能となる可能性がある。

(5) アーク溶接に伴って発生する粉じんの金属成分により、がん、金属熱等の様々な障害が発生している。

本プロジェクト研究では、これらの社会的行政的に重要な有害因子に関して、健康影響の調査、有害因子の測定評価、有害因子の測定評価方法、障害防止の対策の面から、合計10課題の調査研究を実施した(表1)。以下では、これについて述べる。

表 1 本研究の研究課題

健康影響の調査
・溶接作業に伴う健康影響についての調査
－建設業従事者集団を対象とした調査結果－
有害因子の測定評価
・溶接作業における作業者の磁界ばく露の実態調査
・軟鋼の炭酸ガスアーク溶接が発生する青光の
実験的評価
有害因子の測定評価方法
・溶接粉じんの個人ばく露濃度測定法の提案
・炭酸ガスアーク溶接ヒュームの質量濃度変換係数
－併行測定の実験位置の影響－
・溶接作業場における一酸化炭素濃度測定に対する
提言
障害防止の対策
・溶接作業場におけるヒュームの抑制
－溶接用局所排気フードの試作－
・炭酸ガスアーク溶接ヒュームの上昇速度の測定
・低ヒュームワイヤによるばく露低減効果の検証
・液晶式自動遮光溶接面を使用してアーク溶接を
行なう場合のアーク点火時の青光へのばく露

イ. 健康影響の調査

溶接作業時には数多くの有害因子にばく露される可能性があり、それに伴う様々な健康影響の問題が指摘されている。ばく露と健康影響の因果関係を明らかとし、有効な対策を講じるためには疫学的な研究が不可欠であるが、残念ながら我が国では殆ど行われていないのが現状である。今回、我々は建設業従事者集団を対象とした溶接作業による健康影響調査を実施した。アーク溶接経験群および対照群において呼吸器系自覚症状、既往症、呼吸機能検査結果、聴診結果の比較を行ったところ、呼吸器系自覚症状の訴えが溶接経験群で高く、特に喘鳴は有意な差が見られた。既往症では電気性眼炎、眼内異物が溶接経験群で有意に高かった。その一方で、呼吸機能ならびに聴診結果では溶接経験群の方が良好な傾向が見られた。この原因については現時点では不明であるが、**Healthy Worker Effect** (健康労働者効果) や、建設業従事者における多種多様な有害業務への従事が影響しているものと思われる。今後、今回の結果をさらに詳細に解析すると共に、さらに調査対象を拡大し、可能であれば対象を建設業以外に広げることも念頭に入れてさらなる調査を行う必要があると思われる。

ウ. 有害因子の測定評価

アーク溶接では 100A 単位の比較的大きな電流を使用することや、抵抗溶接においては数 kA 単位の大電流を使用することから、近年、作業時の電磁界ばく露が懸念されている。そこで、アーク溶接作業者の作業中の磁界ばく露について、最もばく露磁界が大きくなると予想される手首部分に着目して

実態調査を行った。その結果、溶接作業者の最大ばく露磁界は、0.35-3.35 mT (Mean ± S.D.: 1.55 ± 0.93 mT、N=17)、1日平均は0.04-0.12 mT (Mean ± S.D.: 0.07 ± 0.02 mT、N=17)であった。電磁界解析の結果から、手首では最大ばく露磁界は1.49 mTで作業環境でのばく露磁界測定の結果と大きな離れはなかった。このとき筋組織では4.28 mA/m²の誘導電流が推定された。この誘導電流の値は、ガイドライン等で知られている神経刺激の閾値より十分小さいものであった。

アーク溶接のアークを裸眼で、または、不適切な遮光保護具を使用して熟視した結果、網膜障害を受けた症例が、多数報告されている。その原因は、溶接アークが発生する青光(Blue light)である。そこで、軟鋼の炭酸ガスアーク溶接のアークを実験的に発生させ、その青光の有害性を、AGGIHの許容基準に従って、測定、評価した。溶接ワイヤは、ソリッドワイヤまたはフラックス入りワイヤを使用し、溶接電流は、120 - 480 Aの範囲で変化させた。青光の有害性の強さを表す量である溶接アークの実効輝度は、一般に、溶接電流が大きくなると、高くなった。今回調べた条件の下では、実効輝度は、22.9 - 213.1 W/cm²srの範囲にあった。これに対する1日あたりの許容ばく露時間は、わずか0.47 - 4.36秒であり、溶接アークを直接見ることが危険であることが示された。アーク溶接を行なう作業者は、適切な遮光保護具を必ず使用し、また、アークに点火する際には、遮光保護具の装着が遅れないようにすべきである。また、作業場では、他の作業者が行なっているアーク溶接の青光にも注意する必要がある。

エ. 有害因子の測定評価方法

アーク溶接時に発生する高濃度の金属粉じんへのばく露は技術的に対策が困難なため、新規じん肺有所見者数に占める溶接作業従事者の比率は依然として高い状況にある。しかし溶接粉じんの有害性に対する認識には未だ不足が見られ、今後、同作業場における粉じん濃度測定の必要性がより高まると予想される。溶接作業者の粉じんばく露の実態を正確に把握するには、場の測定を主体とする従来の作業環境測定法では不十分なため、個人サンプラーを用いたばく露濃度測定を行うべきだが、溶接作業の場合はこの個人サンプラーを溶接用遮光保護面の内側に取付ける必要がある。一般的な個人サンプラーは作業者の襟元などに装着するように造られているため、同サンプラーを遮光保護面の内側に固定する簡易な方法と用具を考案、試験し、その実用性を確認した。これによって、溶接ヒュームの濃度が適正に測れると考えられる。

炭酸ガスアーク溶接から発生する金属粉じん(溶接ヒューム)はナノ・レベルの極めて微小な粒子として生成するため、発生直後から速やかに凝集し、粒径および形状を変化させながら周囲に拡散する。このような粒子の物理的変化は光散乱式相対濃度計の感度に大きく影響を及ぼすため、溶接現場で粉じん濃度を測定する際は、採取位置によって相対濃度計の質量濃度変換係数(K値)も変わることが予想される。そこで、実験室内で溶接ロボットによる炭酸ガスアーク溶接を行って併行測定を試みたところ、K値と測定点(採取点)～発生源間距離には負の相関が認められ、測定点が発生源から水平方向に2m離れた場合、K値は発生源近傍で得られる値の1/5程度に低下することが確認された。溶接作業場の粉じん測定では、複数のK値を求めた上で最適なK値を適宜使い分けるような措置が正確な粉じん濃度を求める上で望ましいと思料される。

溶接時には金属粉じん(ヒューム)ばかりでなく種々の有害ガスも同時に発生し、それによる中毒事故がしばしば起きる。しかし、溶接作業の労働衛生課題はヒュームのばく露対策が中心であったため、有害ガスの問題はさほど重視されておらず、測定法に関する研究報告も国内では未だ僅少である。そこで、炭酸ガスアーク溶接に伴って発生する一酸化炭素ガスに着目し、国内外の規格が定めているばく露濃度測定法を参考に、同ガスの適切なサンプリング方法のあり方について検討を試みた。実験の

結果、溶接作業者が常用する遮光保護面の内側と外側では一酸化炭素濃度に顕著な差異を生じることが確認され、一酸化炭素のばく露濃度測定においても面体内部でのサンプリングが重要不可欠であることが証明された。ただし、作業者が対面方向から微弱な気流を受けるような場合においては、面体内外で明らかな濃度差は認められなかった。

オ. ばく露防止の対策

一般に溶接作業では粉じんの発生源が移動を伴うため、作業環境改善に多用される一般的な局所排気装置を有効に適用することが困難な場合が多い。そこで、この様な移動発生源に対応すべく、二次元の移動機能を具備した溶接用局所排気フードを試作、その実用性を確認した。このフードは、作業者が溶接中でも容易に操作できるよう二軸のモーターにより位置調整ができるものである。モーターは作業者の足元スイッチによって制御されるため、溶接作業を中断することなくフードの位置調整が可能となり、作業性を損なわない点を特長としている。

プッシュプル型換気装置は比較的広い換気区域を有し移動作業に対応が可能なので、適切に使用すればアーク溶接時の粉じん対策にも有効である。しかし現行の性能要件では、気流の一様性を確保した上で「捕捉面上平均風速を 0.2 m/sec 以上に保つ」という、いわば最低限の基準であるため、溶接ヒュームに対し常に十分な排気効果が得られるかは疑問である。大きな初速度を持つ溶接ヒュームを捕捉・排気するには、ヒュームの搬送を担う上昇気流を勘案した風速の設定が必要だからである。そこで、種々の条件で炭酸ガスアーク溶接を行い、その際に発生するヒュームの上昇速度の測定を試みた。実験の結果、溶接ヒュームの上昇速度は、ソリッドワイヤ、フラックス入りワイヤの何れの電極材を用いた場合においても溶接電流値と正の相関関係があり、法規の定める「捕捉面における平均風速」の 0.2 m/sec を大きく上回る約 0.7 m/sec ~ 1.0 m/sec の速度で上昇することが確認された。最大で約 1.0m/sec もの上昇速度を持つ溶接ヒュームをプッシュプル型換気装置によって捕集するには、プッシュ・フードに 0.4 m/sec ~ 2.8 m/sec 程度の吹き出し気流を与える必要があるものと予測される。

実験室内に設けた溶接ロボット等を用いて、溶接作業場における粉じん対策を目的に開発された低ヒュームワイヤのばく露低減効果を検証した。溶接ヒューム、一酸化炭素、オゾンの各ばく露濃度を測定し、低ヒュームワイヤと従来型ワイヤとの比較を行ったところ次の結果を得た。① 低ヒュームワイヤは溶接ヒュームのばく露濃度を約 5%低下、もしくは約 25%増大させた。② 低ヒュームワイヤは一酸化炭素のばく露濃度を約 15%~24%低下させた。③ 低ヒュームワイヤはオゾンのばく露濃度を約 25%増大、もしくは約 75%低下させ、これらは統計的に有意であった。以上の結果より、低ヒュームワイヤのばく露低減効果は製品情報等から期待される程のものではなく、粉じん対策上あくまで補助的手段に留めるべきであることが示唆された。

新しい種類の溶接用遮光保護具である液晶式自動遮光溶接面(液晶面)は、明るさ(透過率)が変化する液晶フィルタプレートと、溶接アークの点滅を検出する光センサーをもつ。アーク溶接作業では、液晶フィルタプレートを、アークが点灯している場合には暗く、消灯している場合には明るくなるよう変化させる。このため、液晶面は、従来の溶接用保護面と異なり、アークの点滅にかかわらず、常時、着用していることができる。しかし、液晶面の着用者は、アーク溶接を開始する際、アークの点灯から液晶フィルタプレートの作動までの短い時間に、網膜障害を引き起こす危険性がある青光へばく露される。そこで、市販の液晶面の製品について、これを使用してアーク溶接を行なう場合のアーク点火時の青光へのばく露量を、ACGIH の許容基準に従って実験的に測定、評価した。液晶面を着用して溶接アークに点火した場合の青光へのばく露量は、液晶面の製品、その設定、溶接の条件によって異なり、

0.24 から 77 mJ/cm²sr の範囲にあった。ACGIH は、任意の 10000 秒間における青光へのばく露の許容値を 100 J/cm²sr としているが、現実の状況では、作業者のばく露量がこの値を超えることはないと考えられる。現在、ISO では、保護めがねなどに関する規格の策定が行なわれているが、本結果は、液晶面に対する規定を検討する際の基礎となると考えられる。

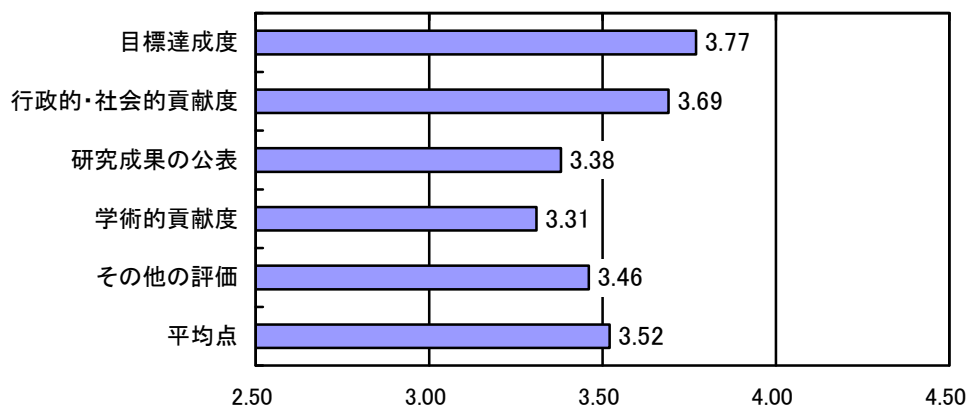
カ. 研究業績リスト

平成 23 年度 (2011 年)		
1	国内外の研究集会発表	齊藤宏之, 久保田均, 久永直見, 柴田英治, 毛利一平, 山口さち子, 坂本龍雄, 佐々木毅, 田井鉄男, 柳場由絵, 奥野勉 (2011) 建築業従事者における溶接作業の健康影響に関する調査 (第二報). 第 84 回日本産業衛生学会.
2	国内外の研究集会発表	柴田英治, 齊藤宏之, 久保田均, 山口さち子, 坂本龍雄, 佐々木毅, 田井鉄男, 柳場由絵, 奥野勉, 毛利一平, 久永直見 (2011) 建設作業者の胸部単純X線所見に及ぼす作業要因の影響. 第 84 回日本産業衛生学会.
平成 22 年度 (2010 年)		
1	原著論文	Sachiko Yamaguchi-Sekino, Jun Ojima, Minoru Hojo, Hiroyuki Saito, Masaki Sekino, Tsutomu Okuno (2011) Measuring Exposed Magnetic Fields of Welders in Working Time. <i>Industrial Health</i> 49(3), 274-279.
2	原著論文	Tsutomu Okuno, Jun Ojima, Hiroyuki Saito (2010) Blue-light hazard from CO ₂ arc welding of mild steel, <i>Ann. Occup. Hyg.</i> 54, 293-298.
3	原著論文	小嶋 純 (2011) 低ヒュームワイヤによるばく露低減効果の検証. <i>労働安全衛生研究</i> , Vol.4, No.1, p39-41.
4	原著論文	小嶋 純 (2010) 炭酸ガスアーク溶接ヒュームの上昇速度の測定. <i>産業衛生学雑誌</i> , Vol.52, No.6, p285-287.
5	総説ほか(査読有無問わず)	Sachiko Yamaguchi-Sekino, Masaki Sekino, Shoogo Ueno (2011) Biological Effects of Electromagnetic Fields and Recently Updated Safety Guidelines for Strong Static Magnetic Fields. <i>Mag Reson Med Sci</i> , 10(1), 1-10.
6	総説ほか(査読有無問わず)	小嶋 純 (2011) 呼吸域と個人曝露濃度測定. <i>セイフティダイジェスト</i> , Vol.57, No.4, p8-12.
7	著書・単行本	奥野 勉 (2010) 紫外放射、可視光、赤外放射のリスクマネジメント, 職場の物理的因子のリスクマネジメント, 櫻井治彦, 74-80, (財)産業医学振興財団, 東京.
8	国内外の研究集会発表	Sachiko Yamaguchi-Sekino, Jun Ojima, Masaki Sekino, Hiroyuki Saito, Minoru Hojo, Tsutomu Okuno (2010) Measuring Exposed Magnetic Fields of Welders in Working Time. <i>International Symposium on Industrial Safety and Health 2010</i> .
9	国内外の研究集会発表	齊藤宏之, 久保田 均, 久永直見, 柴田英治, 毛利一平, 山口さち子, 坂本龍雄, 佐々木 毅, 田井鉄男, 柳場由絵, 奥野 勉 (2010) 建築業従事者における溶接作業による健康影響調査 (第一報), 第 251 回日本産業衛生学会関東地方会例会.
10	国内外の研究集会発表	山口さち子, 小嶋 純, 北條 稔, 齊藤宏之, 関野正樹, 奥野 勉 (2010) 溶接作業における作業者の磁場ばく露の実態調査. 第 50 回日本労働衛生工学会, 抄録集, p198-199.
11	国内外の研究集会発表	奥野 勉, 小嶋 純 (2010) 液晶式自動遮光溶接面を使用してアーク溶接を行なう場合のアーク点火時の青光への曝露, 日本労働衛生工学会, 第 50 回日本労働衛生工学会抄録集, 196-197
12	国内外の研究集会発表	奥野 勉 (2010) 保護めがねなどに関する ISO 規格の策定の現状, 日本溶接協会安全衛生・環境委員会
13	国内外の研究集会発表	奥野 勉 (2010) 有害光線と遮光保護具について, 神奈川県溶接協会講演会「溶接・切断の安全衛生」, 川崎
平成 21 年度 (2009 年)		
1	原著論文	Jun OJIMA (2009) Laboratory Evaluation of Carbon Monoxide Exposure in CO ₂ Arc Welding. <i>J Occup Health</i> , Vol.51, No.4, p377-379.
2	原著論文	小嶋 純 (2009) 炭酸ガスアーク溶接ヒュームの質量濃度変換係数 併行測定における採取位置の影響. <i>産業衛生学雑誌</i> , Vol.51, No.6, p141-143.
3	原著論文	奥野 勉 (2009) 保護めがねなどの個人用眼保護具に対する光拡散の試験方法について, <i>セイフティダイジェスト</i> 55(9), 2-6.
4	総説ほか(査読有無問わず)	小嶋 純 (2009) 溶接作業場におけるヒュームの抑制 - 溶接用局所排気フードの試作 -. <i>セイフティダイジェスト</i> , Vol.55, No.2, p7-9.
5	総説ほか(査読有無問わず)	奥野 勉 (2009) 紫外放射、可視光、赤外放射のリスクマネジメント, <i>産業医学ジャーナル</i> 32, 5, 28-33.
6	著書・単行本	奥野 勉 (2009) 有害光線, 労働衛生工学とリスク管理, (社)日本作業環境測定協会, 143-

		153, (社)日本作業環境測定協会, 東京.
7	国内外の研究集会発表	奥野 勉, 小嶋 純, 齊藤宏之(2009)軟鋼の炭酸ガスアーク溶接が発生する青光の実験的評価. 第49回日本労働衛生工学会, 抄録集 p.58-59.
8	国内外の研究集会発表	齊藤宏之, 久保田均, 奥野 勉, 毛利一平(2009)既存のじん肺特殊検診データベースを用いた溶接作業者の健康影響評価, 日本労働衛生工学会, 第49回日本労働衛生工学会抄録集, 62-63
9	国内外の研究集会発表	奥野 勉, 中西孝子, 植田俊彦, 安原 一, 小出良平(2009)ブタ水晶体上皮細胞に対する紫外放射の有害性の波長依存性, 日本労働衛生工学会, 第49回日本労働衛生工学会抄録集, 60-61
10	国内外の研究集会発表	久保田 均, 齊藤宏之, 奥野 勉, 柴田英治, 久永直見(2009)建設国保組合員における有害作業の現況に係わる質問紙調査結果-石綿等粉じん, 騒音, 振動, 溶接作業について-, 日本労働衛生工学会, 第49回日本労働衛生工学会抄録集, 64-65
11	国内外の研究集会発表	奥野 勉(2009)アーク溶接作業場における有害光線の問題, 日本作業環境測定協会京葉支部見学会, 資料
12	その他(表彰/報道等)	小嶋 純(2009)産業衛生学雑誌 優秀論文賞 「炭酸ガスアーク溶接ヒュームの質量濃度変換係数併行測定における採取位置の影響」
平成20年度(2008年)		
1	原著論文	小嶋 純(2008)溶接粉じんの個人ばく露濃度測定法の提案. 労働安全衛生研究, Vol.1, No.3, p267-269.
2	原著論文	奥野 勉(2009)金属製フレーム保護めがねからのニッケルの溶出, 労働安全衛生研究 2(1), 11-18.
3	総説ほか(査読有無問わず)	小嶋 純(2008)溶接作業者の粉じんばく露濃度測定. セイフティダイジェスト, Vol.54, No.4, p7-9.
4	総説ほか(査読有無問わず)	神山宣彦, 波多野 勲, 山田比路史, 奥野 勉, 山根 敏, 宮崎邦彰(2008)溶接・溶断における健康と安全, 溶接学会誌 77, 8, 40-48.
5	国内外の研究集会発表	Tsutomu Okuno, Takako Nakanishi-Ueda, Toshihiko Ueda(2008) Spectral sensitivity of cultured lens epithelial cells. International Congress for Eye Research, Book of Abstract, p130.
6	国内外の研究集会発表	奥野 勉(2008)金属製フレーム保護めがねからのニッケルの溶出. 日本労働衛生工学会, 第47回日本労働衛生工学会抄録集, 130-131.

(2) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(A委員) 海外の調査結果との比較検討が必要である。疫学調査としては、例数が少ない。

(B委員) 古くて新しい研究で成果が出ている。

(D委員) 本研究の背景に「海外では多くの調査が行われているが、わが国ではほとんど行われていない」とある。海外の疫学データは数はあるかもしれないが、しっかりしたデータは少ないとの説明であったが、日本でこれだけのデータを収集したのであるから、比較可能な部分については海外のデータとの比較

を行ってほしい。

磁界のばく露について、作業員群が 1.55 ± 0.93 mTで「事務作業員と比較して非常に強い磁界へ曝露されていた」とある。このレベルはペースメーカーの装着者等に対するTLV(0.5mT)は超えているので、このような作業員に対する注意を記述することは必要と考えるが、一般作業員のTLVである2T(2000mT)と比較するとはるかに低く、「非常に強い」という表現は誤解を与えるように思われる。「事務作業員よりも(有意に)高い」などという表現でよいのでは。

質量濃度換算係数がアーク点からの距離によって異なることが示されたが、2m以上離れた点で併行測定をする必要があると述べているが、2mまでしか測定されていない。図から考えるとこれ以上は大きく変わらないとも考えられるが、2m以上という結論を出すのであれば、もう少し遠い点まで測定し、K値が変わらないのかどうか確認したほうがよい。

(E委員)健康影響の評価のためには疫学調査が不可欠です。今後追加ください。また、溶接棒の成分や一酸化炭素の問題もぜひ今後研究してください。

(F委員)研究成果を作業現場の安全衛生教育に普及して欲しい。

(G委員)地道な研究であるが、アーク溶接は今後も継続する重要な技術要素であることから、研究成果の共有・発信を積極的に続けていただきたく思います。報告書の中では、マネキンを使った測定も行われているようですが、より効率的に測定が出来る、有効なセンシング技術要素を取り入れたマネキンの研究もお願いしたいと思います。

(H委員)当研究所のこれまでの研究内容を更に進める研究である。

(I委員)アーク溶接及びその作業職場での実態調査から、有害因子の測定及び暴露防止対策を総合的に検討した意義は高く評価される。

(J委員)アーク溶接に関する有害因子がまとめられているが、内容が離散的です。有害因子を体系化できると、この研究の完成度も高くなると思われます。

(K委員)多くの人が携わるアーク溶接において、健康への影響が懸念されながらその実態がよくわかっていなかった有害因子の影響について定量的な把握が多角的になされたことを評価したい。得られた知見を多くの関係者が目にすることができるよう積極的に発信するとともに、さらに詳細で十分な知見を得るための研究が展開されることを希望したい。

(L委員)海外では多くの調査が行われているが、わが国ではほとんど行われていないと記載されているが、我が国の特徴として、何か新規な発見があったのか?具体的に労働安全衛生管理にどのように反映させていくのかの視点が弱い。

(M委員)溶接技術はものづくりの根幹であり、本研究で明らかになった点は溶接作業現場に的確に反映されるよう努力して戴きたい。

(3) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究をご評価いただき、これに対するご指摘、ご意見を頂戴致しましてありがとうございました。

我国の建設業における溶接作業員の実態として、職歴・作業歴が複雑であり、かつ、様々な作業を経験しているという特徴がありました(L委員のご質問に対して)。このため、諸外国における調査結果と直接比較することは基本的に難しい(A委員、D委員、L委員のご意見に対して)のですが、今後、論文をすすめる際に詳細に検討致します。

測定ばく露磁界とTLVの比較に関しては、誤解を避けるため、今後は、ご指摘(D委員)のように表現致します。

併行測定的位置についての議論は、ご指摘(D 委員)のとおり、不適切でした。今回のデータからは、とりあえず 2m 程度離れた位置で測定する必要があると考えられます。

予算的・時間的制約の中でアーク溶接に伴う多くの有害因子を調べましたため、結果的に、ご指摘(J 委員)の通り、離散的な内容になってしまいました。今後もアーク溶接の労働衛生研究を続ける(多くの委員のご意見に対して)ことによって、その知見を蓄積し、体系化してゆきたいと思います。

特に、健康調査については、ご指摘(A 委員)の通り、今回は結果的に例数が少なく、限定的なものになってしまいました。今後も継続できるよう、あらたな研究予算の確保に向けて現在努力しております。

本研究の結果は、担当者が関与する外部の関連組織(日本溶接協会の諸委員会、規格関連の諸委員会など)の活動、講習会、講演会、専門雑誌などを通じて積極的に紹介し、現実の労働衛生の推進に役立てたいと思います(多くの委員のご指摘、ご意見に対して)。

今後の研究に関するご示唆を頂戴致しましてありがとうございます(多くの委員のご意見に対して)。そのように努力してゆきたいと思います。

3.3 中小企業における労働安全衛生マネジメントシステムの確立（平成19年度～平成21年度）

（1）研究概要

職場の安全衛生活動に労働安全衛生マネジメントシステム（OSHMS）を導入・定着させることは、効果的かつ継続的な安全衛生活動を実施する有効な手法であることが、大企業での先行事例からも報告されてきた。このような OSHMS の導入・定着が、人的資源や経済的制約のある中小企業において職場の安全衛生活動や働く人の安全と健康にプラスの効果をもたらすのか、検証することが本プロジェクト研究の目的である。研究対象には地方の中規模自治体を選定し、OSHMS の導入研修とリスクアセスメント研修を2年間にわたり実施し、その介入前後で、職場環境等と心理的・身体的ストレス反応や職場での安全衛生活動等に関するアンケート調査、公務災害や私傷病による休業者数の推移、内部システム監査による安全衛生活動評価、グループ討論による職場環境等の改善対策の提案、などを経年的に観察していった。職場に OSHMS が導入・定着されることで、各職場から多面的なリスクに対応できる効果的な改善対策事例が提案され、公務災害や短・長期休業の件数に減少傾向が認められ、職場環境等への改善対策の関与の度合いが上昇し、労働者の心理的・身体的ストレス反応が低下するなど、職場の安全衛生活動や労働者の安全・健康指標にプラスの効果が認められた。

ア. 中小企業における OSHMS の導入

職場の安全衛生活動は安全衛生法規によって事細かにその実施内容等が定められてきたが、その一方で自主的な安全衛生活動にも期待が寄せられている。平成11年に労働安全衛生マネジメントシステム（以下、OSHMS）指針が公表され、平成18年には労働安全衛生法改正によってリスクアセスメント（以下、RA）が努力義務化された。本プロジェクト研究では、OSHMS の導入・定着が、人的資源や経済的制約のある中小企業において職場の安全衛生活動や働く人の安全と健康にプラスの効果をもたらすのか、検証することとした。

OSHMS の導入前後で職場の安全衛生活動が活発化していくか、安全や健康の指標が改善していくか、などを観察していく中小企業を選定するにあたり、従来から活発に安全衛生活動が実施されていること、OSHMS の導入前後で安全衛生活動や安全・健康の指標を客観的に追跡できることなどの条件を考慮し、人口サイズが約13万人程度の地方自治体（O市は正規・非正規職員約2000人、10の安全衛生委員会）を選定した。自治体は多様な業種があり中小規模の職場を抱えており、中小職場の連合体とも考えられるためである。このO市にOSHMSの導入研修と10の安全衛生委員会単位でのRA研修を実施するスケジュールを図1に示したが、全てが終了するのに約3年かかっている。2009年末には内部でのシステム監査を実施し、2010年3月に事業所として安全衛生方針が表明され、OSHMSの導入が完了した。その後、研究が終了する2011年3月までの期間でOSHMSがどのように定着していくのか、などを観察していった。

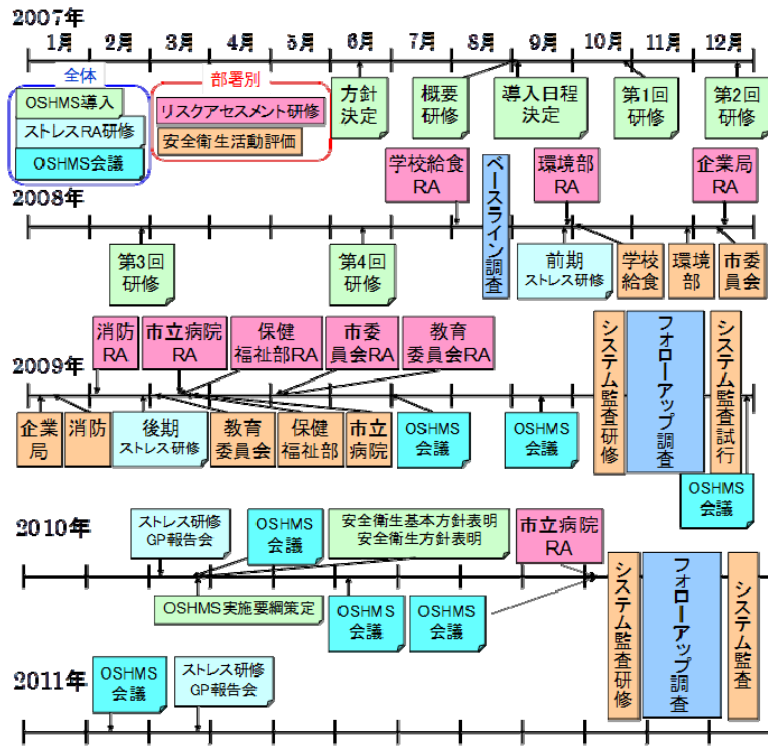


図1 OSHMS 導入と RA 研修の実施スケジュール

イ. OSHMS 導入による職場の安全衛生活動への影響

2007 年から約 2 年半かけて OSHMS を導入してきたが、その間の職場における安全衛生活動がどのように変化していったのかについて、研究期間中に実施した全労働者への自記式アンケート調査（ベースライン調査とそれ以降 1 年ごとに実施したフォローアップ調査）と全ての安全衛生委員会より提案された改善対策事例、さらに、内部監査によって評価された産業保健活動の状況などによって観察していった（図 1）。

まず、O 市全体での職場の安全衛生上の改善や対策の実施状況及びそれらへの労働者の関与の状況についてみていくと、作業環境あるいは作業内容・姿勢の対策や改善は日頃からよく取り組まれてきたことがわかるが、これら改善や対策への労働者の積極的な関わりが OSHMS 導入後に増加していることがわかる（図 2）。

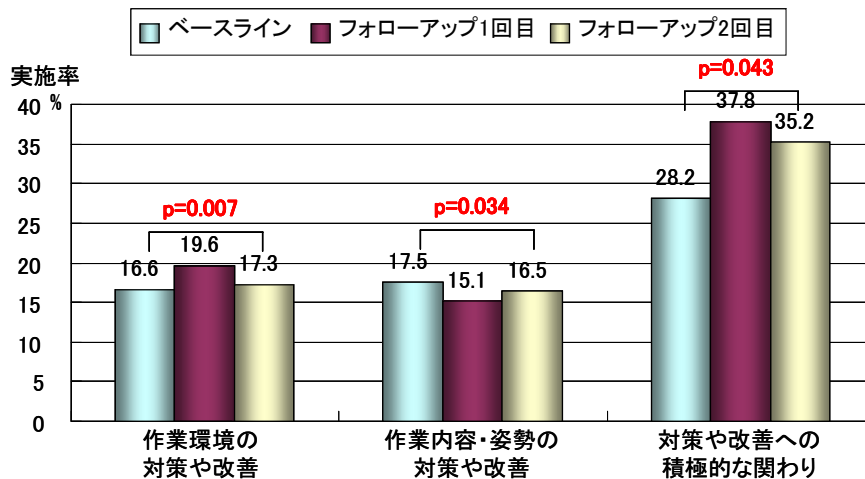


図2. 過去1年間の安全衛生上の対策や改善の実施状況

図 2 と同様のデータを 14 の部署に分けて比較すると、作業環境については、企画総務部 ($p=0.061$)、市民部 ($p<0.001$)、統計学的な有意差はないものの都市整備部では全体 (図 2) と同じようなプロフィールであったが、例えば、学校給食 ($p<0.018$)、有意差はないものの会計・事務局、環境 (し尿)、教育委員会のように漸増した部署もあった。作業内容・作業姿勢については、有意差はないが作業環境と同様な傾向であった。市立病院はどちらの項目もベースラインよりフォローアップの方が減少した。対策や改善への積極的な関わりは、有意差はないものの、概ねどの部署もベースラインよりフォローアップ 1 回目か 2 回目もしくはその両方で増加した。

OSHMS の導入する過程で全ての安全衛生委員会の職場を対象として RA 研修が実施された。RA は OSHMS の重要な活動であり、職場に固有の危険有害要因に対応することが求められているため、単なる座学ではなく、各現場に対応したアクションチェックリストなどを用いながら、参加者の安全衛生活動への取り組み意識や対策・安全活動のスキルアップを目指して RA 研修を実施した。その結果、自らの職場環境等の対策や改善を提案していただいた。3 年間のプロジェクト研究期間中の最終の 2 年間では、OSHMS が導入されている安全衛生委員会単位で実施されている労働安全衛生上の良好事例や改善事例を年度末の事例検討会で検討・吟味されたもの (96 良好事例と 127 改善事例) が、本プロジェクト研究の成果物「職場環境等の良好／改善事例集」「職場環境等の良好／改善事例集Ⅱ」(図 3) として公表され、研究所の HP でも「OSHMS の導入・定着による職場環境等の改善対策」として広く活用できる状態にある。



図 3. 公表された「職場環境等の良好／改善事例集」(2010)
<http://www.iniosh.go.jp/results/2010/1122/index.html>.

これらの良好・改善事例はおおよそ「設備・機械」「作業環境」「作業編成」「人間工学」「情報伝達」「福利厚生」の六つの領域に分類された（表 1）。その詳細を概括していくと、「施設・設備」「作業環境」「作業編成」「人間工学」の領域に関わる良好／改善事例は、従来の作業環境管理や作業管理に属する安全衛生活動として実践されてきたものであるが、今回提案された改善対策は複数のリスクに対応する多面的な改善対策が多く提案されていた。その中でも「情報伝達」に関わる改善対策とし、安全作業マニュアルや安全衛生教育用ビデオなどが提案されており、労働者の安全衛生研修にはもちろん、新任者や派遣嘱託職員への安全衛生研修の教材としても優れたものがある。し尿の清掃職場から提案された「し尿収集作業での安全衛生教育用ビデオ」は、し尿収集作業を映像と解説によって安全・注意・危険の 3 ランクに分けて解説するものであり、2011 年度の日本産業衛生学会産業衛生学会生涯教育委員会の第 2 回 GP 奨励賞を受賞した。ちなみに、この職場では公務災害の発生件数は 8 件→4 件→1 件と年々減少していつている。

表 1 職場から提案・実施された環境等の改善対策

<p>1. 設備・機械に関わる領域</p> <p>老朽化した庁舎や作業場所の改修など</p>
<p>2. 作業環境に関わる領域</p> <p>照明環境の改善、温熱対策、騒音対策、有害物対策、全体換気・局所排気装置、感染症対策、保護具の正しい活用法</p>
<p>3. 作業編成に関わる領域</p> <p>交代勤務の組み方の工夫、休憩時間・食事時間の確保、労働時間制限、ばく露時間制限、過重労働の制限、一人勤務の見直し</p>
<p>4. 人間工学に関わる領域</p> <p>整理・整頓、安全な通路の確保、作業台の改善、ラベリング、多段式ラックや椅子の活用、道具等の配置の見直し、人力での取扱い重量の制限、取っ手やジグの活用、適切な保管庫の活用</p>
<p>5. 仕事の情報伝達に関わる領域</p> <p>労働者の教育・研修（安全衛生や業務一般）、KYT、情報入手の促進、MSDS の入手と活用、安全作業マニュアル、職場での必要な情報の共有や加工、ツール・ボックス・ミーティング、わかりやすい情報表示や提供、トラブル時の対応マニュアルの作成と周知、わかりやすい危険の表示、上司や同僚からのフォロー体制の確立、各種ハラスメント対策、外部の相談体制の確立、新しい作業・技術へのわかりやすい解説や対応</p>
<p>6. 福利厚生に関わる領域</p> <p>休憩室・仮眠室・個人ロッカーの設置、洗面・洗身施設の設置、清潔な食事スペースの確保、代替要員の確保、健康診断の受診機会の確保、相談窓口の設置、非常口の設置、受動喫煙の防止</p>

日本産業衛生学会の産業保健活動評価委員会が作成した評価表を参考にして、O市の安全衛生活動を安全衛生基本計画と達成計画、組織と連携、危険有害要因の把握、リスク評価、リスク対策、リスクコミュニケーション、教育訓練、文書・記録と個人情報保護、緊急事態への対応、安全衛生活動の監査と継続的な改善の項目を内部監査によって評価していった結果、OSHMSを導入した全ての安全衛生委員会で高得点となった。とりわけ、労働者の参加と総得点との間に有意な正の相関関係が認められ、積極的な労働者参加が安全衛生活動を活性化させていったことが確認できた。

ウ. OSHMSの導入による安全衛生指標の効果

OSHMSの導入が職場の安全衛生指標にどのように効果をもたらしたかについて、研究期間中に実施した全労働者への自記式アンケート調査（ベースライン調査とそれ以降1年ごとに実施したフォローアップ調査）と公務災害の発生状況や私傷病による長期・短期の休業者数の変化などによって観察していった。

自記式アンケート調査では、勤務状況（労働時間、夜勤の有無、休日・休暇の取得状況など）、作業環境（騒音、ほこり、温熱環境など10項目）、作業内容・作業姿勢（重量物の取扱や長時間作業など15項目）、生活習慣（睡眠時間、喫煙・飲酒状況など）、疲労・健康状況（疲労の回復・身体状況など）、勤務中の出来事（ヒヤリハット体験、ケガなど）、心理的・身体的ストレス反応（職業性ストレス簡易調査票）、精神的健康度（the General Health Questionnaire 12: GHQ 12）、うつ症状（the Center for Epidemiologic Studies: CES-D）、努力・報酬不均衡モデル調査票などを用いて健康指標の変化を経時的に観察していった。

図4には職業性ストレス簡易調査票から得られる仕事の負担度、裁量度、支援などの尺度得点を東京医科大学の公衆衛生学講座が「職業性ストレス簡易調査票フィードバックプログラム」として提供しているストレスプロフィールのレーダー図を模し、ベースラインを100とした比率で示した。尺度の中には逆転項目があるが、比率が大きいほど良好となるように換算している。多くの尺度はベースラインと比較してフォローアップ1回目に良好になりフォローアップ2回目はそれが維持されているようなプロフィールであった。有意に良好となった尺度は、働きがい、仕事の適性度、仕事のコントロール度、仕事や生活の満足度、同僚／家族友人からのサポート、身体的ストレス反応であった。一方、心理的な仕事の負担度は量／質とも有意に増加した。

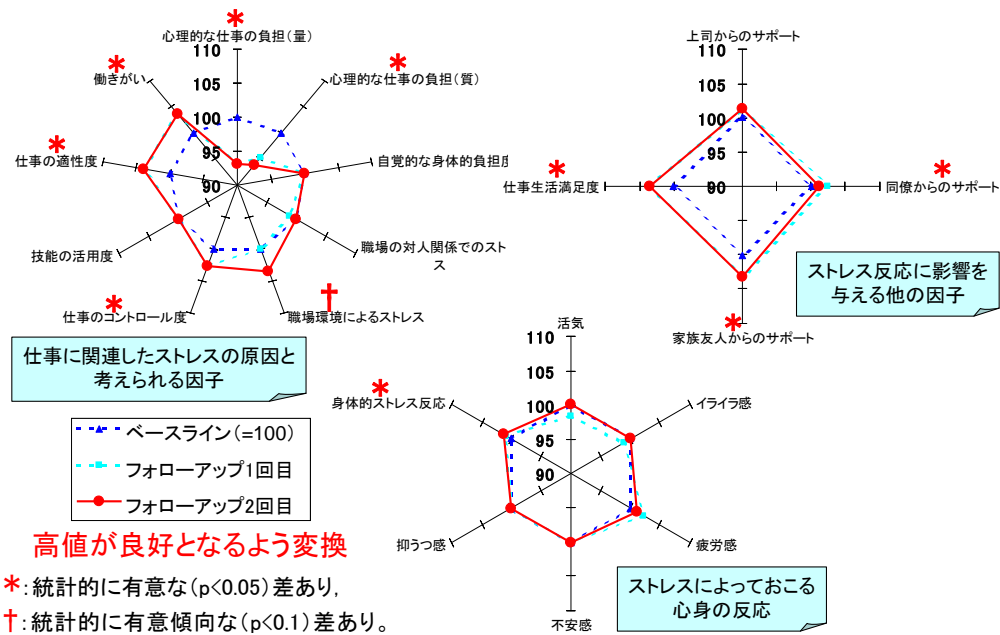


図 4. 全体のストレスプロフィール及び心身の反応等

厚生労働省が「労働者健康状況調査」で用いている「仕事や職業生活での強い不安、悩み、ストレスがある」とするものの比率を経時的にみていくと、ベースラインで 64.4%であったがフォローアップ 2 回目では 57.1%へ漸減した (p<0.001)。一晩で疲労が回復する者はフォローアップ 1、2 回目で増加した (p=0.004)。うつ症状のある者はフォローアップ 1、2 回目で減少傾向であった (p=0.083)。ヒヤリハットを経験した者はフォローアップ 1 回目で減少したが 2 回目では増加した (p=0.001)。

これらの解析を全ての安全衛生委員会別に見ていくと半分以上で仕事の負担度が有意または有意傾向に増えているものの、仕事や生活の満足度が増えた部署も半分以上観察されており、仕事や職業生活での強い不安、悩み、ストレスがあるものが減少し、あるいは一晩で疲労が回復する者が増加した部署も多くなっており、どの部署でも何らかの評価指標が好転していた。

ついで、自記式アンケート調査で得られる自覚的な健康情報以外の安全衛生指標として公務災害の発生件数や私傷病による長期・短期の休業者数をみていくと、図 5 や図 6 のようになる。OSHMS の導入の効果がわかるようにするため、これらのデータは OSHMS 導入の取り組みを始める前年度から示している。

公務災害発生件数 (図 5) は、平成 18 年度 (2006 年度) で 55 件あったが、OSHMS 導入を開始した平成 19 年度 (2007 年度) は 41 件、リスクアセスメント研修を開始した平成 20 年度 (2008 年度) は 28 件と 2 年で半減した。平成 21 年度 (2009 年度) は 36 件と微増したものの、これはほぼ非正規職員の公務災害件数の増加に由来した。

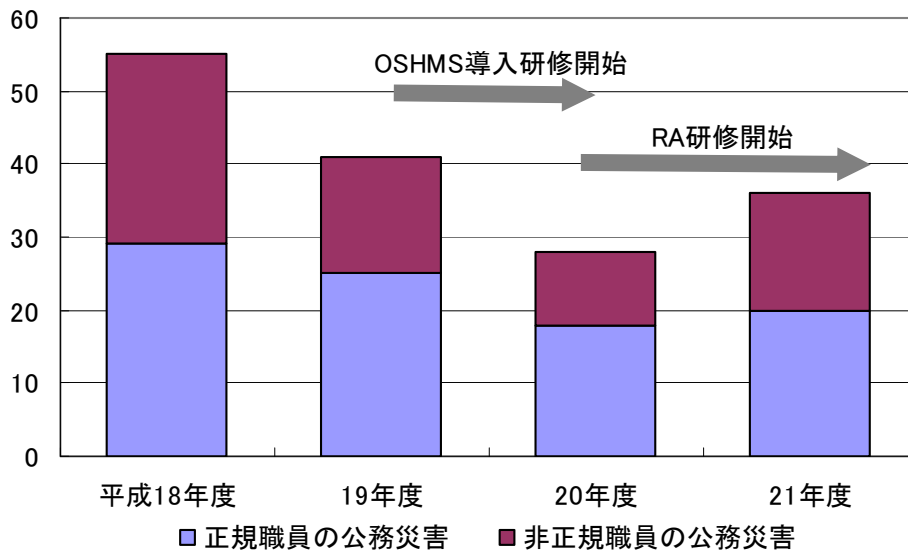


図 5. 公務災害発生件数の推移

疾病休業者数（図 6）は、短期（28 日未満／月）は、平成 18 年度の 144 件から平成 19 年度の 96 件へと約 2/3 へ激減し、その後も平成 20 年度 91 件、平成 21 年度 83 件と漸減した。長期（28 日以上／月）は平成 18～19 年度では 80 件前後であったものが平成 21 年度には 60 件を下回り、その中でメンタルヘルス不全による長期病休者数は平成 18～19 年度では 30 件前後であったものが平成 21 年度には 20 件を下回るというように約 2/3 に減少した。

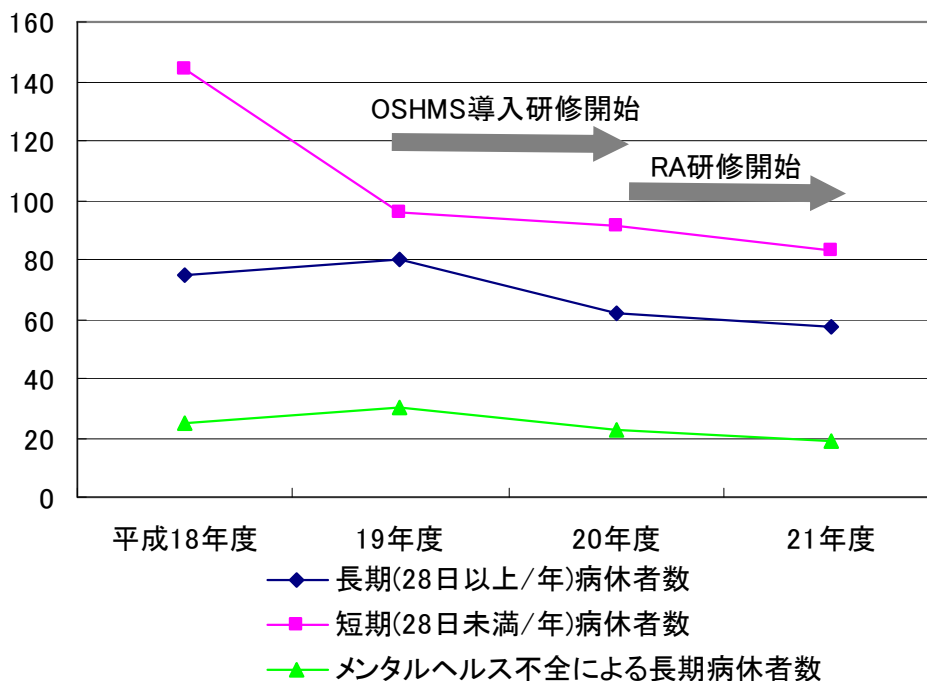


図 6. 疾病休業者数の推移

職場に OSHMS を導入し、その前後で安全衛生活動のパフォーマンス指標と安全や健康の指標を比較した結果、以下が観察された。

- (1) 作業環境や作業内容・作業姿勢に関する対策や改善を実施した割合は増加したとはいえなかったが、積極的に関わる者は増加していたことから、安全衛生活動は活性化されたといえる。
- (2) ストレスに関連した指標は、仕事の負担度が増えていた他は、働きがい、仕事のコントロール度、仕事や生活の満足度など多くの尺度が好転し、仕事や職業生活での強い不安、悩み、ストレスは低減し、疲労の回復状況も良好となった。
- (3) 公務災害発生件数、疾病休業者数とも減少していた。

今回の研究対象は厳密には中小企業ではない。しかしながら、自治体職場という特性を考えると、中小職場の連合体であり、今回の研究成果を踏まえると、中小企業であっても、地域的な企業団地や同業種などを母体とした企業組合などを窓口にして OSHMS を導入していくことで同様の成果や効果を上げることが期待できる。また、今回の経験から、OSHMS 導入に付随してリスクアセスメント研修やストレス対策を実施していったことで大きな成果が得られたことから、労働者の参加を促し、職場で最も重要な課題に対する複合的な改善や対策を取り入れた安全衛生活動を展開することが、OSHMS を職場に導入・定着させていくためには重要であったことが示唆された。

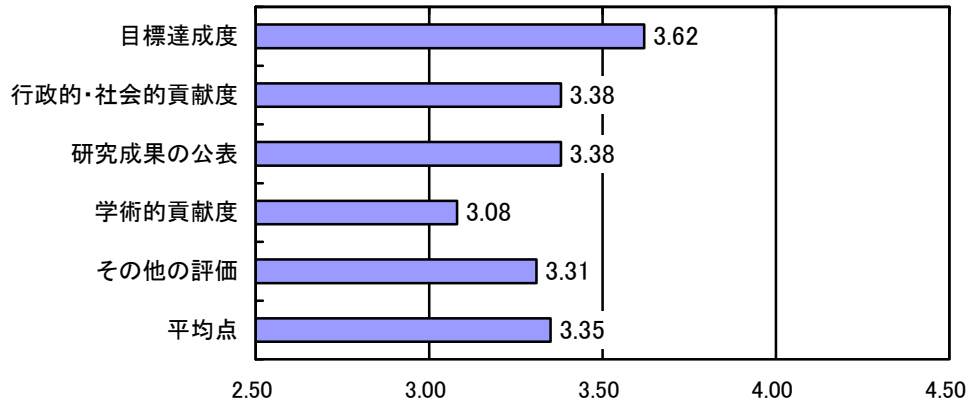
エ. 研究業績リスト

平成 22 年度(2010 年)		
1	原著論文	渡辺裕晃, 甲田茂樹, 佐々木 毅, 伊藤昭好, 原 邦夫, 堤 明純(2010):自治体職場における職場環境改善を通じた参加型ストレス対策の試み, 産業ストレス研究, 17(4), p287-295.
2	総説ほか(査読有無問わず)	甲田茂樹(2011):職場で実践できる一次予防としてのメンタルヘルス対策, 労働経済春秋, 4, p41-45.
3	報告書	GOHNET研究「中小企業における労働安全衛生マネジメントシステムの確立」(2011) 職場環境等の良好/改善事例集. 58 良好事例と 80 改善事例. 神奈川, 労働安全衛生総合研究所
4	その他の専門家向け出版物	大牟田市 OSHMS 推進プロジェクト(2010) (労安研ニュース別冊 36)大牟田市 OSHMS 推進プロジェクト会議資料集. pp1-84. 東京, 自治体安全衛生研究会.
5	国内外の研究集会発表	渡辺裕晃, 甲田茂樹, 佐々木 毅, 他(2010) 職場への OSHMS 導入がもたらす労働安全衛生面での効果に関する研究～第 4 報 自治体職場における OSHMS 導入と安全衛生リスク評価の実施の試み～. 第 83 回日本産業衛生学会, 福井, 産業衛生学雑誌 52(Suppl.), p497.
6	国内外の研究集会発表	鶴田由紀子, 甲田茂樹, 佐々木 毅, 他(2010) 職場への OSHMS 導入がもたらす労働安全衛生面での効果に関する研究～第 5 報 安全衛生リスク評価に基づくメンタルヘルス対策～. 第 83 回日本産業衛生学会, 福井, 産業衛生学雑誌 52(Suppl.), p497.
7	国内外の研究集会発表	丸山正治, 甲田茂樹, 佐々木 毅, 他(2010) 職場への OSHMS 導入がもたらす労働安全衛生面での効果に関する研究～第 6 報 安全衛生リスク評価の実施と改善対策の提案～. 第 83 回日本産業衛生学会, 福井, 産業衛生学雑誌 52(Suppl.), p498.
8	その他(表彰/報道等)	OSHMS の導入・定着による職場環境等の改善対策(研究の概要, 職場に提供した OSHMS の導入研修内容, 学校給食安全作業マニュアル, 草刈り作業の安全作業マニュアル, 職場環境等の良好/改善事例集)
平成 21 年度(2009 年)		
1	原著論文	渡辺裕晃, 甲田茂樹, 佐々木 毅, 鶴田由紀子, 伊藤昭好, 原 邦夫, 堤 明純, 山口秀樹, 丸山正治(2010):自治体職場への OSHMS の導入ー導入途上の状況と今後の展望ー, 3(1), p11-16.
2	報告書	GOHNET研究「中小企業における労働安全衛生マネジメントシステムの確立」(2010) 職場環境等の良好/改善事例集. 38 良好事例と 47 改善事例. 神奈川, 労働安全衛生総合研究所
3	国内外の研究集会発表	佐々木毅, 甲田茂樹, 伊藤昭好, 他(2009) 職場への OSHMS 導入がもたらす労働安全衛生面での効果に関する研究, 第 1 報、自治体職場における OSHMS の導入と安全衛生リスク評価の実施の試み, 第 82 回日本産業衛生学会, 福岡, 産業衛生学雑誌 51(Suppl.), p443.
4	国内外の研究集会発表	鶴田由紀子, 甲田茂樹, 佐々木毅, 他(2009) 職場への OSHMS 導入がもたらす労働安全衛生面での効果に関する研究, 第 2 報、事務職場における安全衛生リスク評価に基づくメンタルヘルス対策, 第 82 回日本産業衛生学会, 福岡, 産業衛生学雑誌 51(Suppl.), p444.

5	国内外の研究集会発表	渡辺裕晃, 甲田茂樹, 佐々木毅, 他(2009) 職場への OSHMS 導入がもたらす労働安全衛生面での効果に関する研究, 第 3 報, 現業職場での安全衛生リスク評価の実施と改善対策の提案, 第 82 回日本産業衛生学会, 福岡, 産業衛生学雑誌 51 (Suppl.), p444.
6	国内外の研究集会発表	渡辺裕晃, 甲田茂樹, 佐々木毅, 他(2009) シンポジウム「ストレス対策を目的とした職場改善へのアプローチのコツ」大牟田市における職場環境改善を通じた参加型ストレス対策の試み. 第 17 回日本産業ストレス学会, 産業ストレス研究, 17(1), p37.

(2) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(A委員) 市役所の調査事例を民間にも適用可能か? 非正規社員の増加を配慮した考察が必要。

(B委員) さらなる展開を期待します。

(C委員) OSHMSの効果評価としては、好事例の収集程度に留まっており、従来の研究報告以上の成果が得られたとは言い難い。

(D委員) 中小企業における労働安全衛生マネジメントシステムの確立というタイトルであるが、実際の対象職場は市役所ということで、一般の中小企業とは言い難い。最後のスライドに述べている通り、対象とする事業場としては研究テーマにふさわしい職場を選択すべきであった。本研究の成果をそのまま民間企業に適用可能かどうかの検討が必要である。とはいえ、本研究が、事業場の安全衛生に対する意識の向上や安全衛生活動の活性化にプラスになったことは評価できる。しかしながら、本研究の遂行とともに、公務災害が平成 20 年度より増加している点については、これまで埋もれていたリスクが表面化したこともあるかもしれないが、原因についてさらに検討を要する。このような研究は継続性が必要であり、何らかの形で今後につなげていただきたい。また、本来この研究が目指していた中小企業を対象とした研究も今後可能であれば行っていただきたい。

(E委員) 研究経費について説明がなされた点は評価したい。

(F委員) 今後は公・民職場を問わず、非正規職員への効果的MSシステムの導入手法を検討して下さい。

(G委員) 日本の産業規模構成は、圧倒的に中小規模の企業が多いことから、労働災害を大きく減少させる為には有効な手段と考えられる労働安全マネジメントシステムの中小企業への普及が不可欠の要素と思われます。非常に厳しい経済環境化、中小企業は本システムの導入を、躊躇する事も考えられる為、本研究の中で述べられている、安全環境構築への効果を、積極的に発信し

知見の共有に努め、中小企業の本システム導入への後押しを期待いたします。

(H委員) 魅力的な研究であるが、サンプル事業所の多様性が望まれる。

(I委員) いわゆる民間中小企業を対象とした研究ではないことに若干の違和感を感じる。今後の研究の継続を望む。

(J委員) 中小企業の業務は業種、職種、地域等によって多種多様となるので、汎用性の高いシステムの確立には、膨大な実施例の統計処理が必要となるのではないだろうか。

(K委員) OSHMSの実施によってもたらされた安全衛生活動の活性化とその効果の事例を、異なる性格の業務内容をもつ小職場の集合体において組織的に収集・分析した成果を、OSHMSの導入を広く呼びかけるのに役立てていただきたい。個々の中小企業でOSHMSを導入しようとする際に種々のハードルを乗り越えるためにどのような条件が必要かとの観点での検討はまだ十分ではないと思われるので今後の研究に期待したい。

(L委員) 中小企業のモデルとして、学校給食を選んでいるが、研究テーマタイトルとそぐわないように感じる。仮に、学校給食を選定したとしても、結論は、中小企業のOSHMSにどのように普遍化できるかの所見が必要である。

(M委員) 労働安全衛生マネジメントシステムの中小企業への適用を進めて戴きたい。

(3) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究に関して御指摘いただき感謝申し上げます。A委員、D委員、I委員、L委員、M委員のご指摘について、回答させていただきます。本研究は研究課題名に沿った形で中小企業でのOSHMSの導入・定着とそれに伴う効果を評価することを求められていましたが、「中小企業でOSHMSの導入・定着を行うフィールドの確保が困難である」「OSHMSの導入・定着という介入後に労働安全衛生の指標を観察できる中小企業の確保が困難であった」等の研究の遂行上の事情、さらには、たとえ業種や作業内容の異なる中小規模職場へのOSHMSの導入・定着であったとしても、これらの研究手法やアプローチのノウハウは同業種組合や工業団地などの企業群で生かすことができ、今回の研究成果で得られた労働安全衛生の指標も十分参考になるであろうという判断から、研究を実施してまいりました。今後は、本研究の手法やアプローチのノウハウ、職場での安全衛生に関与する労働者の組織化、結果的に影響を受ける職場での安全衛生活動の発展や展開、労働者の安全と健康の指標を参考にして研究を進化させていきたいと考えております。

また、B委員、C委員、D委員、F委員、G委員、J委員、K委員からご指摘いただいた、今後の研究の進展や対象となる事業所の拡大などを今回実施した研究規模で実施していくためには、かなりの人員と研究費と投ずる必要があるが、研究所として関与している様々な事業所でのリスク評価・管理の取り組みをその都度検討・評価し、新たな研究課題として継承していきたいと考えます。

3.4 生体内繊維状物質の高感度・多元的検出とばく露レベルに関する研究 (平成19年度～平成21年度)

(1) 研究概要

分析透過型電子顕微鏡による肺内石綿繊維計測を、現在の電子顕微鏡の特性を活用し効率的に、短繊維まで検出する手法の検討を行った。その中で、試料作製法における、シュウ酸処理の導入が有効であった。他の検査結果からは高濃度ばく露が推定しがたい場合であっても、高濃度の比較的短く細い石綿繊維が分析透過型電子顕微鏡で検出できる場合が確認でき、方法の有効性を示すことができた。

ア. はじめに

アスベスト等の繊維状物質へのばく露を原因とする肺がんなどによる健康被害の拡大が社会的関心を集めている。平成18年には、労働者災害補償に係る石綿による肺がん認定基準「石綿による疾病の認定基準について」が改められ、同年には石綿健康被害救済法が施行されたことに伴い、肺内アスベスト量の分析・評価が行われることとなった。肺内に存在するアスベスト関連物質には石綿小体と石綿繊維があり、石綿小体については、(位相差)光学顕微鏡による計測が可能であるため、国内の拠点労災病院等において検査が実施されている状況にある。一方、石綿繊維については、微小部化学分析が可能な分析電子顕微鏡による計測が必要なため、国内で実施可能な機関は限られている状況にある。また、角閃石系石綿繊維の肺内濃度とばく露レベルには一定の関係があるが、細く短いクリソタイル量などに関しては不明な点が多く、現状の計測法によるばく露レベル評価は完全でないとされている。電子顕微鏡による肺内石綿繊維計測でも評価が困難とされるクリソタイルその他の石綿繊維を効率的に検出する手法を確立し、肺内アスベスト量とばく露レベルとの関係を検討することが実務的な面からも要請されている。

電子顕微鏡による肺内石綿繊維の計測は1970年代から始まり、エネルギー分散型X線分析装置(EDS)を装着した透過型電子顕微鏡(TEM)または走査型電子顕微鏡(SEM)が使用されてきた。TEMによる計測法が細く短い繊維の検出と同定に優れているため、これを使うことが普通である。過去にはTEMに装着したSEMあるいはSTEM(走査型透過電子顕微鏡)ユニットを併用した場合がある。当時の加速電圧100kVクラスのTEMでは、EDS分析を行う際に電子線を数10nm程度まで細く絞るのが困難な場合があり、SEMあるいはSTEMモードでは電子線を細く収束させて試料をスキャンできるので有用であったと考えられる。しかし最近の装置性能からみると、STEM機能等を併用する利点は少ないと考えられる。

TEMによる分析は、最高加速電圧が100kV前後の装置の使用が多かったが、最近では加速電圧200kVの装置の使用も増えている。加速電圧が低いと、像コントラストの低いクリソタイル繊維でも蛍光板上で明瞭に観察できるとされてきたが、最近ではCCDカメラで像観察を行うことも可能である。CCD画像は蛍光板上で観察する像に比べ、高コントラスト側の階調表現が劣るが、200kVの加速電圧でも低コントラスト像の観察が容易であり、デジタル画像データとして取得できるため記録性にも優れている。これら装置性能の発達に負うところは本研究の直接の目的ではないが、これら機能を有効に利用することで効率的な計測が達成できるものと考えられる。

本研究では、分析透過型電子顕微鏡による肺内石綿繊維計測で、評価が困難とされるクリソタイルその他の短繊維石綿繊維を効率的に検出する手法を確立することを第一の目的とし、以下の3項目に関する検討を行った。まず、電子顕微鏡試料の作製条件の見直しを行い、細く短い繊維の検出性能の向上を図った。次いで、この方法による肺内石綿繊維の計測を行い、検出精度の妥当性を石綿小体計測結果と比較して確認すると共に、石綿小体計測による評価が困難な事例において検出される石綿繊維の特徴を検討した。更に、個々の繊維状粒子の形状・構造・組成変化に関する分析を行い、生体内での繊維状物質の経時変化の特徴を抽出することを目指した。本稿では、一定の成果が得られた、最初の2項目に関する結果をとりまとめたが、その概要は以下の点である。

計測標本の作製方法は研究目的に応じて様々の提案がなされたが、TEM 装置の性能向上に対してみると、計測の妨げとなる有機残さ物質の除去が必要と考えられ、シュウ酸処理による有機残さ物中の鉄の除去と低温灰化による脱鉄後の有機残さの灰化が有効とわかった。

石綿小体数からでは、高濃度ばく露が推定できない事例でも、細く短いクロシドライトが多数存在し、石綿繊維数から高濃度ばく露が推定できる場合がしばしば認められ、TEM 法による繊維計測による評価が重要であると考えられた。また、繊維長が $5\mu\text{m}$ を超えるような長い石綿繊維のみを対象とする計測では、肺内石綿繊維数の評価が不十分となる可能性が考えられた。

イ. 生体組織の消化法の検討

石綿繊維は1本のサイズが極めて小さく、肺組織の切片試料で検出するのは効率的でないため、肺内に存在する石綿繊維の定量的分析では、一定量の肺組織を化学的に分解または灰化するなどの組織消化を行った後の残さ分を試料として取り扱う。ちなみに、肺組織中に、長さ $20\mu\text{m}$ 、直径 $0.5\mu\text{m}$ の角閃石系石綿繊維(比重3.4)が1億本存在する場合で、その重量は1.3mg程度である。

今日までに様々な組織消化法が提案され利用されているが、その中で多くの研究者が基本として採用しているのは、Smith-Naylor の方法¹⁾である。Smith-Naylor 法は以下に示す手順のように、次亜塩素酸ナトリウムを含む溶液で化学的に組織を分解させる湿式消化法の代表的なものである。

試料の採取・秤量

- ① 肺実質約 5gを採取する。乾燥組織は使用せず、試料量は 5gより多くても少なくともかまわないが、気管支・細気管支・大きな血管・硬化した部分を含まないようにする。
- ② 組織重量を秤量し、記録する。

湿式組織消化処理

- ③ 消化を早めるため、組織を細切する。
- ④ ガラス容器に移し、漂白液(5.25%の次亜塩素酸ソーダを含む洗剤)を試料5gあたり 200ml の割合で加える。
- ⑤ 全ての組織が溶解し容器の底に沈殿するまで放置する。24~72 時間を要するが肺組織の線維化の程度により長時間を要する。24 時間で溶解が終わらない場合は、上澄みを捨て、漂白液を追加する。組織消化が完了するまで、24 時間ごとにこの操作を繰り返す。痰試料の場合は約 2 時間で完了する。

消化残さ物の回収

- ⑥ 沈殿残さを失わないよう注意して、上澄み液をできるだけ捨てる。

- ⑦ クロロホルム 20ml を加え、攪拌して容器の側壁を洗う。50%エタノール 20ml を加える。
- ⑧ 激しく振とうし、残さを懸濁させる。
- ⑨ 40ml の遠沈管を使い、600～800 回転で 10 分間遠心分離を行う。
- ⑩ 遠心分離後、遠沈管内の液は 3 層に分かれる。最上層はアルコールの層、真ん中は黒色の層で炭質物が濃集し、最下層はクロロホルムである(痰の場合は中心層が薄い白色の層となる)。
- ⑪ 上澄み液を捨てる。遠沈管底の沈殿残さが黒、灰色、金色に見える場合はこれらの沈殿物が肉眼で確認できなくなるまで、⑦-⑪の操作を繰り返す。

観察試料の回収

- ⑫ 沈殿残さを 95%エタノールに懸濁させ、メンブランフィルターにろ過する。

以上の消化法を基本として、研究者により方法を異にする点として、1)組織重量の秤量方法、2)消化方法、3)組織消化後の繊維状物質(残さ物質)の回収(分離)方法が挙げられる。また、電子顕微鏡観察試料の作製においては、4)回収試料を電顕試料に転換する方法、が挙げられる。

1)組織重量の秤量法

組織中の石綿繊維数濃度は、組織乾燥重量1gあたりの本数で報告されるのが標準となっている。湿重量1gあたりの本数で示されている場合は、秤量値が不安定なため、相互比較が難しい点に注意する必要がある。秤量方法として、消化処理に先立ち乾燥させた試料の秤量を行うのが直接的であるが、乾燥後の試料は消化困難となりやすい、乾燥による収縮で石綿小体等が細片化することを防ぐ、などの理由で次のような別法で対処する場合がある。簡便法として、事前に多数の組織検体で得た、湿重量と乾燥重量の比(湿乾比の平均値)を換算係数として使用する方法がある。経験的には検体による湿乾比の変動が大きいため、特定の換算計数の使用は適当でないと考えられる。2分法は、消化試料を2分し、一方で湿乾比を求め、もう一方は湿潤状態から消化処理を行い、最後に湿乾比から換算する方法である。直接法は、細切した試料を110℃程度で乾燥し乾燥重量を秤量した後に、消化する方法である。乾燥前に、試料を細切することで消化困難、細片化の影響を最小限にできると考えられる。

2)消化方法

組織消化の方法は、湿式法と乾式法に分けることができる。湿式法で使用するのは、次亜塩素酸ナトリウムを含む漂白液、水酸化カリウムなどのアルカリ溶液である。乾式法では、酸素プラズマによる低温灰化処理を行うのが一般的である。湿式法を利用する研究者が多く、化学的に有機物を主とする組織を溶解することで、鉍物性粉じん等の無機物質からなる残さを濃縮することができる。乾式法の場合は、鉄分を伴う有機組織の燃焼が進みにくいため、未燃焼組織と無機残さが塊状の残さ物として残りやすい場合がある。鉄分を伴う有機組織は湿式法でも分解しにくい点は共通するが、乾式法ほど著しく塊状に収縮凝集することは少ないと考えられる。

3)組織消化後の繊維状物質(残さ物質)の回収(分離)方法

組織中に含まれる炭質物を鉍物性残さ物と分離するため、クロロホルム、エタノールによる抽出処理を行う、残さ物分離時にろ過効率を低下させる未消化有機物を低減させるためシュウ酸等をろ液に添加する、などの処理を行う場合がある。これらの処理の必要性は、検体ごとに異なるため、ルーチン的に行うべきかは検討が必要と思われる。

4) 消化残さ物の回収と電顕試料への転換法

電子顕微鏡による石綿繊維の計数法として、走査型電子顕微鏡(SEM)を使用する場合と透過型電子顕微鏡(TEM)を使用する場合では、観察試料の作製法が異なる。SEM試料の場合は、使用するフィルター種類に関する制限が少ないため、ここでの検討は省略する。TEMによる観察の場合は、試料を透過した電子線を結像させて観察するため、電子線が透過しないフィルターを除去し、電子線が透過するカーボン膜のような薄膜上に試料を転換することが必要となる。このための代表的な方法として、フィルター溶解法とPVA膜転写法がある。

フィルター溶解法では、ポリカーボネート製メンブランフィルターが多用される。残さ物を捕集したフィルターにカーボン蒸着を施し、形成されたカーボン膜中に残さ物を捕捉する。このフィルターごとTEM観察用グリッドの上に置き、フィルターをクロロホルムで溶解し、残ったカーボン膜をTEM観察用グリッドに移す方法である。少数例であるが、セルロース製メンブランフィルターに捕集し同様の処置を行い、アセトンでフィルターを溶解させる方法もある。

PVA膜転写法は、セルロース製メンブランフィルターを低温灰化処理により燃焼除去した後、PVA水溶液で残さ物を覆い、乾燥後のPVA薄膜に残差物を転写した後、カーボン蒸着を行い、PVA膜上に形成されたカーボン膜中に残さ物を捕捉させ、PVA膜を温湯で溶解し、残ったカーボン膜をTEM観察用グリッドに移す方法である。

フィルター溶解法の長所として、TEM観察試料作製までの手数が少ない点が挙げられる。欠点として、ポリカーボネートフィルターを使用した場合に、フィルター構造(孔隙の輪郭)が背景として残り、観察の妨げとなること、使用する有機溶剤の種類によってフィルターの溶解が不完全となり、溶剤を含めてグリッドに付着すること、が挙げられる。一方、PVA膜転写法の長所は、観察試料に背景構造が生じず、有機溶剤付着が無い点であるが、試料作製までの手数が多く複雑となる欠点が挙げられる。

以上、概観した試料作製法にはそれぞれ一長一短があるため、目的に応じた選択が必要となる。労災補償等の目的で肺内アスベスト量の評価を行う場合でみると、肺内に高濃度のアスベストが残存する場合は、石綿小体計測で確認できる事が多いため、ATEM分析では低濃度に近い領域の試料分析を行うことが普通となっている。このため、石綿小体分析との整合性、乾燥組織1gあたり数100万本レベルの繊維長1 μm を超える石綿繊維の定量的検出を行うためには、次の神山-鈴木の方法²⁾が適当と判断した。

この方法を採用し検討する中で改良を要すると考えられたのは、組織消化後の残さに未分解の肺組織が残留する点であった。残留しやすい肺組織は鉄分を伴い、同法の消化処理(以下の②)を繰り返しても分解が進まないため、シュウ酸による脱鉄処理を追加することとした。神山-鈴木の方法を元に、シュウ酸処理を加えた試料作製手順は、以下のようになる。

- ① 約1 cm^3 の組織を使用し、湿重量と乾燥重量(110 $^{\circ}\text{C}$ のオーブンで数時間乾燥)を秤量する。
- ② 乾燥組織に実験用洗浄剤(クリーン99-K200、30%の次亜塩素酸ナトリウムと4%の水酸化カリウム、陰イオン界面活性剤を含む)を加え、60 $^{\circ}\text{C}$ で3~6時間消化処理を行う。
- ③ 組織消化後の溶液を遠心分離処理し(11000回転、30分間)、上澄みを棄却する。
- ④ 蒸留水による洗浄と遠心分離処理を3回繰り返した後、超音波処理による分散処理を短時間行った後、蒸留水で正確に50mlに定容する。
- ⑤ 定容検液の一部(~5ml)を混合セルロースメンブランフィルター(0.45 μm 孔径)でろ過する。

- ⑥ シュウ酸処理を行う場合は、ろ過に先立ち、分取した定容検液に0.25Mシュウ酸水溶液を25ml加え、40°Cの恒温槽に1時間置いた後、フィルターにろ過する。
- ⑦ フィルターが乾燥したら、ろ過面を下側にシアセトン蒸気でスライドガラスに固定する。
- ⑧ フィルターを固定したスライドを酸素プラズマ低温灰化装置で処理し(高周波出力150Wで2~3時間)、フィルターを灰化する。
- ⑨ スライドガラスの灰化残さの周囲を、セロファンテープで枠取りをする。
- ⑩ 枠取りした部分を、約2mlの8%PVA水溶液で覆い、室温で乾燥させる。
- ⑪ テープごとPVA膜をスライドガラスから剥離し、反転してスライドガラスにテープで固定する。
- ⑫ PVA膜上にカーボン蒸着を厚く施した後、温水に浮かべ、数時間をかけてPVAを溶解させる。
- ⑬ 200メッシュの電頭グリッド(Ni)に、浮遊する(粒子を保持した)カーボン膜をすくい上げる。

組織消化法においてシュウ酸を使用した報告は過去にも存在するが、ここで行った方法の特徴は、シュウ酸処理により肺組織に伴う鉄分を除去するだけでなく、引き続き低温灰化処理を行うことにより、肺組織を灰化しやすくなった点にある。これにより、残さとして残る肺組織の多くを除去できるようになった³⁾。

参考文献

- 1) Smith MJ, Naylor B. A method for extracting ferruginous bodies from sputum and pulmonary tissues. *Am J Clin Pathol*, 1972; 58: 250-254.
- 2) Kohyama N, Suzuki Y : Analysis of asbestos fibers in lung parenchyma, pleural plaques, and mesothelioma tissues of North American insulation workers. *Annal New York Acad Sci*, 1991; 643, 27-52.
- 3) 篠原也寸志. 石綿繊維の電頭計測試料作製時のシュウ酸処理の検討. 2008; 第15回石綿・中皮腫研究会抄録集, 21.

ウ. 分析透過型電子顕微鏡による石綿繊維の分析

1)高濃度の肺内石綿小体が検出される事例の石綿繊維分析

肺内石綿小体数から高濃度ばく露が推定できるレベルは、乾燥組織1gあたり5000本以上とされ、同1000本未満は一般的なばく露レベルでも検出される量とされている。一方、石綿繊維に関しては、高濃度ばく露が推定できるレベルとして、繊維長5 μ mを超える石綿繊維で200万本以上、1 μ mを超える石綿繊維で500万本以上が妥当と考えられている。

そこで、石綿小体数が乾燥組織1gあたり5000本前後を超える計測例について、その石綿繊維数を上述のTEM法で計測した結果を次表に示した。

	石綿繊維数 (100万本/g乾燥組織)			石綿小体数 (万本/g乾燥組織)	
	>5 μ m 繊維 長	>1 μ m 繊維 長	検出 下限 値	石綿 小体	検出 下限 値
A*	19.9	107.2	1.99	43.2	0.16
B*	6.63	48.9	0.83	14.7	0.06
C*	2.61	6.90	0.15	1.4	0.02
D**	8.52	19.2	0.43	0.94	
E**	2.11	4.99	0.11	0.45	0.008

*参考文献1)、**参考文献2)

この結果からみると、本分析法では、石綿小体数が 5000 本を超える場合、繊維長 5 μ m を超える石綿繊維で 200 万本以上、1 μ m を超える石綿繊維で 500 万本以上が計数できるものと判断される。この 5 例で検出された石綿繊維は、クロシドライト・アモサイトが主である場合が多かったが、C ではアモサイトが主な石綿繊維で他例とは異なっていた。

2) 肺内石綿小体数が5000本(1g乾燥組織あたり)未満事例の石綿繊維分析

石綿小体計測の結果が、乾燥組織 1g あたり最大約 3000 本までであった例について、石綿繊維計測を行った結果をまとめると以下のようになる³⁾。

肺内石綿小体数が 1000 本に満たない例で、石綿繊維数から高濃度ばく露が推定できる例はこれまでになかった。石綿小体数が 1000~3000 本台の事例中には、石綿繊維数からみて高濃度ばく露が推定された例があった。これらは全て繊維長 1 μ m 超の石綿繊維数で 500 万本を越えていた場合であり、5 μ m 超の繊維数でみると 200 万本には達していなかった。

高濃度ばく露が推定された例で検出された石綿繊維は、クロシドライトあるいはクリソタイルであることが多く、これら単独または両者の合計で総石綿繊維の半数を超えていた。アモサイトは繊維長 5 μ m を超える石綿繊維数に占める割合は 60%程度にまで達する場合があるが、総石綿繊維数に占める構成比率は平均すると 10%未満で低かった。トレモライトーアクチノライ繊維が主たる石綿繊維として検出される例もまれにあった。一方、石綿小体の核となる繊維の種類でみると、アモサイトである場合が圧倒的多数であり、石綿小体を形成する石綿繊維の種類あるいはサイズが偏っていることが示唆された。

従来から、クリソタイルは石綿小体を形成しにくい石綿繊維と言われていたが、以上の知見より、細く短いクロシドライトが多数存在する場合も、これらクロシドライトを核とする石綿小体が形成されにくいことが推測される。その様な場合には、石綿小体計測による評価は不十分となりやすく、TEM 法による繊維計測による評価が重要であると考えられる。また、繊維長

が 5 μ m を超える石綿繊維のみを対象とする計測では、肺内石綿繊維数の評価が不十分となる可能性が指摘される。

参考文献

- 1) 森永謙二, 神山宣彦, 篠原也寸志, 高田礼子. 石綿小体等の計測の精度管理等に係る分科会報告. 石綿による疾病に係る臨床・病理・疫学等に関する調査研究報告書. 労働安全衛生総合研究所; 2008: 45-55.
- 2) 篠原也寸志, 神山宣彦. 良性石綿胸水症例の肺内石綿繊維の計測分析. 石綿による疾病に係る臨床・病理・疫学等に関する調査研究報告書. 労働者健康福祉機構; 2009: 45-52.
- 3) 篠原也寸志. 肺内石綿小体と繊維の意義について. 2008;日本職業・災害医学会誌, 56 (臨時増刊号) : 50.

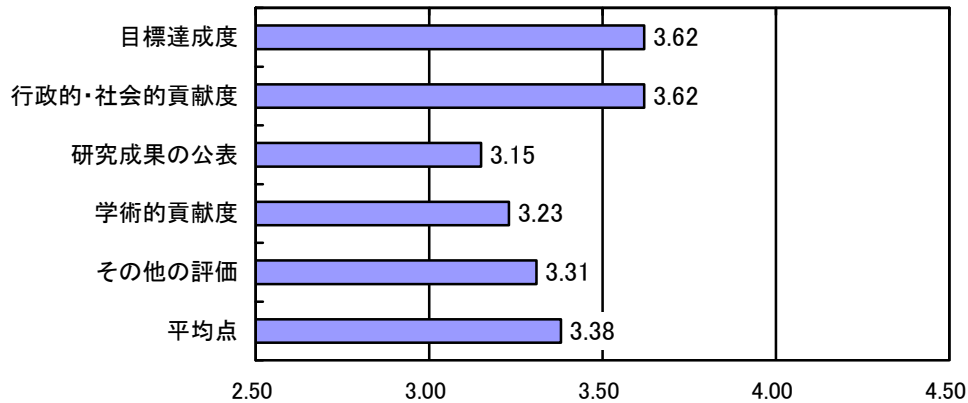
エ. 研究業績リスト

平成 22 年度(2010 年)		
1	国内外の研究集会発表	篠原也寸志(2010) 石綿小体・石綿繊維による石綿ばく露評価. 第 58 回日本職業・災害医学会学術大会, 日本職業・災害医学会誌 58(臨時増刊号), 別 88.
2	国内外の研究集会発表	篠原也寸志(2010) 肺内で検出されるクリソタイル繊維とそれに関連する繊維状鉱物の形状的特徴. 第 17 回石綿・中皮腫研究会, プログラム, p14.
3	著書・単行本	Kenji Morinaga, Yasushi Shinohara (2011) Asbestos pollution and its health effects: Asbestos-related diseases in Japan. In Asbestos diseases: Lessons from Japan's experience(K. Miyamoto et al. (eds), 55-73, Springer.
平成 21 年度(2009 年)		
1	国内外の研究集会発表	篠原也寸志(2009)変質したクリソタイル繊維の特徴と TEM による検出について. 第 16 回石綿・中皮腫研究会, 抄録集, 7.
2	総説ほか(査読有無問わず)	廣島健三, 由佐俊和, 篠原也寸志(2009)石綿曝露の病理学的評価. 肺癌 49(1), 48-57.
3	総説ほか(査読有無問わず)	森永謙二, 篠原也寸志(2010)アスベストの健康影響ー日本における石綿関連疾患. 医学のあゆみ 232, 940-946
4	報告書	篠原也寸志, 菅野誠一郎(2010)石綿小体に関する計測例の収集事業報告書, 56p, 労働安全衛生総合研究所.
平成 20 年度(2008 年)		
1	国内外の研究集会発表	篠原也寸志(2008)肺内石綿小体と繊維の意義について. 第 56 回日本職業・災害医学会学術大会, 日本職業・災害医学会誌, 56(臨時増刊号), p50.
2	国内外の研究集会発表	篠原也寸志(2008)石綿繊維の電顕計測試料作製時のシウ酸処理の検討. 第 15 回石綿・中皮腫研究会, 抄録集, p21.
3	国内外の研究集会発表	大西一男, 出射由香, 松本省二, 釜田里江, 篠原也寸志(2008)分散染色分析法による肺内石綿繊維同定の限界と問題点. 第 56 回日本職業・災害医学会学術大会, 日本職業・災害医学会誌, 56(臨時増刊号), p109.
4	研究所出版物	篠原也寸志(2008)生体内繊維状物質の高感度・多元的検出とばく露レベルに関する研究. 労働安全衛生総合研究所プロジェクト研究報告, p229-238.
5	著書・単行本	由佐俊和, 廣島健三, 篠原也寸志(2008)(中皮腫事例 2) 尼崎市に居住歴のある男性に発症した悪性胸膜中皮腫. (増補新装版)石綿ばく露と石綿関連疾患(森永謙二編), p289-292, 東京, 三信図書.
6	報告書	篠原也寸志, 神山宣彦(2009)良性石綿胸水症例の肺内石綿繊維の計測分析. 石綿による疾病に係る臨床・病理・疫学等に関する調査研究報告書, p45-52, 労働者健康福祉機構.
平成 19 年度(2007 年)		
1	国内外の研究集会発表	篠原也寸志, 守屋康充, 由佐俊和, 安川 朋久, 宗知子, 廣島 健三, 岸本充, 森永 謙二, 神山宣彦(2007)尼崎市に居住歴があり悪性胸膜中皮腫を発症した男性の肺内石綿濃度, 第 14 回石綿・中皮腫研究会, 講演抄録集, p5.
2	総説ほか(査読有無問わず)	篠原也寸志, 森永謙二 (2007) アスベストによる労働災害とその対策. セイフティエンジニアリング 145, 13-18.

3	報告書	1) 森永謙二, 神山宣彦, 篠原也寸志, 高田礼子 (2008) 石綿小体等の計測の精度管理等に係る分科会報告. 石綿による疾病に係わる臨床・病理・疫学等に関する調査研究報告書(平成 19 年度厚生労働省委託研究), p45-55, 労働安全衛生総合研究所.
4	報告書	篠原也寸志 (2008) 石綿繊維(非被覆繊維), 平成 19 年度石綿関連疾患に係る文献調査委託業務報告書(平成 19 年度環境省委託業務報告書), p58-66, JFE テクノリサーチ株式会社.

(2) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(B委員)さらなる展開を期待します。

(D委員) 1. 石綿については製造、使用は禁止されているが、すでに建材等に大量に使用されており、今後も石綿関連患者が増加することが考えられることから、高感度で選択性の高い石綿の測定法の開発は重要であると考えられる。2. 生体試料の前処理として、シュウ酸＋低温灰化法を使用しているが、この処理による測定対象繊維の回収率についての記述がない。前処理による繊維の損失はないと考えてよいのか。またこのことは確認されたのか。

(E委員) 学術的にも行政的にも貴重な成果ではないかと考えます。

(F委員) 貴研究所の計測機器が有効に活用されることを期待します。

(G委員) アスベスト災害等繊維状物質による被害は 2 度と出せばいけない災害であり、地道に継続的に研究していただきたく思います。

(H委員) 特殊な顕微鏡の使用により、基礎的な研究をした。今後これをどのように応用して行くかに期待したい。

(I委員) 分析透過型電子顕微鏡導入に伴う研究ということで、一応の成果を挙げている。

(J委員) この研究は、検出手法の検討だけで終了している。社会や産業界への研究成果の貢献度が低いことが残念である。

(K委員) この種の技術開発をめざした研究は、進展度合いの見通しがつけにくいところが常にあり、短期的には必ずしも十分満足できる進展とならない場合も多いと思われるが、今後も研究成果の蓄積をしていただきたい。

(L委員) TEMの利用、試料方法の調整により、石綿繊維の検出ができたことは評価するが、この方法がどのようにして、一般に利用できるのか？一般に利用できるようにするためには、更にもうどのような研究が必要であるかを示す必要がある。

(M委員) 石綿被害は社会的にも重要な問題であるので、労働安全衛生研究所として地道に研究を継続して戴きたい。

(3) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究に対する御指摘・評価をいただき有難うございます。石綿関連疾患への対応として、研究所が保有する分析透過型電子顕微鏡を活用するための研究について、画期的なものではないが継続して発展させていくべき課題として、一定の評価をいただけたものと考えます。

研究内容として、分析透過型電子顕微鏡による生体内繊維状物質の効率的な検出法の確立が主要な成果ですが、これだけにとどまっている(J委員)、今後の利用方法の提示が必要(L委員)等の御指摘をいただきました。電子顕微鏡を使った計測とその結果については、疾患と繊維種・量・肺内分布の性質・繊維の経時変化の関係等において検討すべき問題が多数ある点を踏まえつつ、判断を行う必要があると考えます。従来、典型的な高濃度ばく露群を中心に検討されてきた中で、本研究では中程度以下のばく露を評価するために必要な定量的手法を検討しています。観察にもとづく計測法であるため、計測者自身に依存する変動を解消する工夫を引き続き検討しており、一定レベルでの多数の計測結果が集積されることにより、生体内繊維状物質からみたばく露の様態が明らかになるものと考えております。手法に関してシュウ酸処理に伴うアーティファクトの確認に関する御指摘がありました(D委員)。使用するシュウ酸濃度を抑え、処理時間を最低限として有機物中の脱鉄を促すのが主目的であるため、繊維への影響は少ないと考えています。同一試料について処理の有無で比較した場合、処理後の種類別繊維数濃度が低下することは認められないことを確認しています。しかし、石綿繊維の種類によってシュウ酸のような有機酸に対する耐性が強くない点を十分考慮して適用することが重要と考えています。

4 基盤的研究課題

4.1 サブミクロン粉じんの発火・爆発性に関する研究（平成22年度～平成24年度）

（1）研究の概要等

ア. 背景(行政的・社会的ニーズなど)

わが国では粉体技術の高度化により、粒子径のそろった微細な粉体・微粒子が製造、取り扱われるようになってきた。特に、粒子が $10\mu\text{m}$ よりも小さく、 $1\mu\text{m}$ 付近、さらにそれよりも小さい粒子(サブミクロン)が製造されており、サブミクロンサイズの粒子の発火・爆発危険性が高まっている。平成21年には電池用金属材料工場で4名が死傷(うち、2名死亡)する粉じん爆発事故災害が発生している。

イ. 目的

本研究では、最近の電子部品などの技術開発の動向などを考慮し、金属系、あるいはプラスチック系の試料を用い、これまで調べられてきた数十 μm の寸法を持つ粒子よりもさらに小さいサブミクロンサイズの粒子の発火・爆発性(燃焼特性)を実験的に明らかにすることを目的とする。

ウ. 方法

大きさを調整した粒子を試料とし、吹上げ式粉じん爆発試験装置、最小着火エネルギー測定装置、流動層式の燃焼ダクトなどを用い、燃焼特性を実験的に調べる。また、粉体が堆積した状態での燃焼特性も調べる。

エ. 研究の特色・独創性

凝集しやすいサブミクロンサイズの粒子の発火・爆発性を精度よく測定すること、評価上の問題点を明らかにすることは学術的に意義がある。将来の可燃性のナノ粒子の発火・爆発性に関する研究の基礎となる。

オ. 全体の研究計画

(1)平成22年度

- ①サブミクロンサイズのプラスチック粉じんの燃焼特性(共同研究:東京大学大学院)
- ②乱流粉じん伝ば火炎における火炎伝ばの詳細挙動観測(共同研究:東京大学大学院)
- ③先端技術で用いられる金属粉じんの燃焼特性
文献調査、災害発生状況などの調査

(2)平成23年度

- ①サブミクロンサイズのプラスチック粉じんの燃焼特性(実験)、燃焼特性に及ぼす影響因子の考察
- ②試料用のヒューム状金属粉じんの作製
- ③金属粉じんの燃焼特性(実験)

電子材料部品、高性能電池などに用いられる金属材料(レアメタル、水素吸蔵合金用原料粒子など)が微粒子状となった場合の燃焼挙動の調査

(3)平成24年度

- ①試料用のヒューム、サブミクロンサイズの金属粉じんの作製

②サブミクロンサイズの金属粉じんの燃焼特性(実験)

年度ごとの要求研究費(概算)

1年目(H19年度)	1,650	千円
2年目(H20年度)	3,000	千円
3年目(H21年度)	1,000	千円

(2) 研究成果等

ア. 研究結果

- (1)吹上げ式爆発試験装置を用い、PMMA(ポリメタクリル樹脂)粉の爆発下限濃度を測定した。その後、粉体を均一に浮遊しやすくし、上昇気流の速度を調整しやすい流動層式による爆発実験装置を製作し、火炎の上方伝ば速度 V_p を測定した。 V_p は、予想に反して、ミクロンサイズよりもサブミクロンサイズのほうが減少することがわかった。この原因はサブミクロンサイズの粒子の凝集化によって、火炎の伝ば直前で大小異なるサイズの粒子が混在するようになるためと考えられる。ただし、疑問点があるため、サブミクロンサイズで V_p が減少するのかどうか再検討し、追実験を行う予定である。
- (2)大きな PMMA 粒子を細かくサブミクロンサイズで調整するため、ボールミルによって粉碎し、粒径を調整できるかどうかを実験的に調べた。実験の結果、メディア(粉碎媒体)に付着した試料粉はふるいでは簡単に分離できず、分離方法(分級方法)に工夫が必要であることがわかった。新たに「分級機」を購入し、現在、装置のセットアップを行っている。ヒューム状、サブミクロンサイズの金属粉じんの作製については、真空誘導加熱方式による装置設計を行い、「高周波誘導加熱装置」の購入手続き中である。対象試料としては、まずは融点が低く作製しやすい Mg や Al とする。
- (3)先端分野で用いられるレアメタル(希土類金属)などの金属は微細化して用いられることが多くなっているが、それら金属粉の爆発性に関する文献調査、災害発生状況調べ、一部の金属については爆発性の実験を行った。金属粉の中には燃焼性を有しながら、ガスライターの炎程度のエネルギー付与では着火しないものがあり、標準的な着火方法を確立すべきであることがわかった。予備実験では Zr とジルカロイ粉(Zr-2)の燃焼性を調べた。
- (4)小型充電式電池リサイクル工場(1か所)を見学し、爆発・火災対策の現状を把握した。
- (5)粉じん爆発災害調査に関して、微細なアルミニウム粉じんによる爆発性を調べ、学会発表と論文にまとめた。RDF(ごみ固形化燃料:Reduced Derived Fuel)粉体の火災と爆発災害調査に関して、これまで調べた成果を再整理し、事例紹介として誌上発表した。

イ. 研究業績・成果物

- (1)アルミニウム粉投入中の粉じん爆発原因に関する実験的考察, 安全工学, Vol.50, No.5, pp.302-310, 2011年, 山隈, 八島
- (2)混合機への粉体投入作業における粉じん爆発火災事例, 平成 23 年度日本火災学会研究発表会, 2011年5月16日(東京), 八島, 山隈
- (3)三重県の発電所の RDF 貯蔵サイロでの火災と爆発—その1:災害の概要, 被害状況—, 安全工学, Vol.50, No.3, pp.169-175, 2011年, 八島
- (4)三重県の発電所の RDF 貯蔵サイロでの火災と爆発—その 2:災害発生までの経過, 実験—, 安全

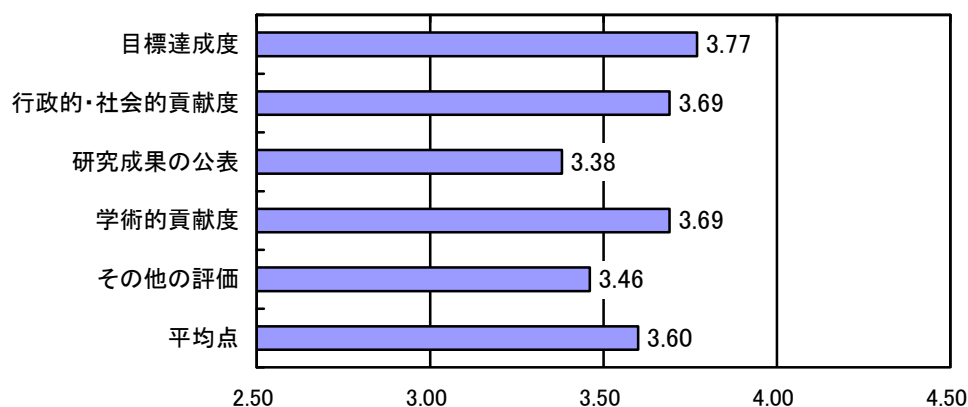
工学, Vol.50, No.4, pp.236-243, 2011 年, 八島

(5)三重県の発電所の RDF 貯蔵サイロでの火災と爆発ーその 3:災害の原因ー, 安全工学, Vol.50, No.5, pp.319-324, 2011 年, 八島

(6)労働大学校:H23 年度安全衛生専門(前期)研修(労働安全衛生専門官向け),「爆発火災の防止対策」において,最近の災害事例などを盛り込んで講義した. 2011 年 11 月 11 日

(3) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(A委員) 粉じん爆発の研究は、貴研究所の重要な研究テーマである。今後も期待する。

(B委員) 独創的な研究だと思います。

(D委員) 1. サブミクロン粒子の爆発性に関する研究である。最近、サブミクロン～ナノサイズの粒子が取り扱われるようになってきており、小粒径粒子の爆発性に関する研究の重要性は評価できるが、解析方法についてさらに検討が必要と考えられる。2. スライドの 8 枚目の粒子径はスライド 7 枚目のexaminedの粒径が使われており、9 枚目のスライドの図の粒径が小さい方の3点はmoninalの値、それ以上の 4 点はexaminedの値が使用されているように読み取れるが、そうであるならば評価方法に一貫性がないのではないか。ナノ粒子でも凝集性があることが指摘されており、粒子の凝集性は重要なファクターであることが考えられるが、凝集性のある粒子については、凝集したサイズで評価すべきなのか、凝集していない粒子径で評価すべきなのか、あるいは別の評価方法をすべきなのかを明らかにする必要がある。

(E委員) 当該研究の社会的ニーズとその優先順位についてわかりやすい説明がほしかった。

(F委員) 研究成果はできるだけ迅速に情報発信して欲しい。

(G委員) 本研究は、昨今話題となっている効率的なレアメタルの回収を行う作業環境の安全確保にとって、重要なテーマでもあり、積極的に研究を推進していただきたく思います。

(I委員) 1. 粉じん発火・爆発性の研究は、当研究所の得意な分野であり、人材、機器類も整っている。ますます研究領域を高度化していることが感じられる。2. 研究の独自性をますます高め、大きな成果を挙げ得るものと期待される。

(J委員) 研究者数や研究時間の不足は研究成果の信頼性に大きく影響します。無駄を省いた計画的な研究の遂行を期待します。

(K委員) 一人で行う3年間の研究としては実験パラメータがかなり多いと考えられる。重要度の高い項目がみえてきたら、多少項目を絞ってもよいと思われる。金属微粒子の燃焼では、粒子径が小さくなるにつれ表面積/体積の値の増加により着火前の保存期間中における酸化膜の成長の程度の違いの影響が現れやすくなることも考えられるので、実質的な影響の有無についても留意して実験を進めるとよいと思われる。

(L委員) 1. 粉じん爆発に関する研究は、労働安全衛生総合研究所が、日本をリードする立場での研究である。今回取り上げているサブミクロン粒子は産業界のニーズも高く、サブミクロン粒子の特性を研究し、凝集によって大きく影響することを見出している。2. 成果の公表に関しては、現段階ではもう少し研究を継続してから公表していったら良いと考える。

(M委員) 防爆という視点に立って研究を進めて戴きたい。

(4) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

発表時間を超過し、質疑応答に割く時間が足りなくなっていました。発表の際に、当該研究の社会的ニーズとその優先順位についてわかりやすい説明ができなかった点(E委員)をお詫びいたします。

粉じん爆発に関する研究は労働安全衛生総合研究所(安衛研:清瀬地区)において連綿と続いております。わが国における粉じん爆発に関する研究は、安衛研とかつて炭じん爆発を対象としていた(独)産業技術総合研究所(産総研)のほか、東京大学土橋研究室など若干の大学研究室が実施しているのみです。A委員、I委員、L委員から頂いたご意見は研究者を勇気づけるもので、粉じん爆発研究を絶やさないようにしていきたいと考えております。

粉じん爆発に関する研究者の数は極めて少ない状況のようです。マンパワーの不足を強く感じておりますが、我々の情報発信力が弱いためか、仲間を増やすまでには至っていません。粉じん爆発については、大学関係者の関心の薄さは仕方がないとしても、産業界からは関心を持たれ、安衛研での研究推進を期待されているように感じます。ただし、社員を研究所に派遣して粉じんの爆発の研究に取り組ませる余力はないようです。東京大学との共同研究契約終了後、現在は当該課題を一人で取り組んでいます。J委員とK委員のご意見の通り、無駄を省いた計画的な研究、項目の絞り込みが必要であると常に考えています。少ない手数で最大限の効果を発揮するように研究計画(実験計画)をよく練りあげていきたいと考えています。

安衛研が主体となって、粉じん爆発に関する安全情報と最近の災害発生傾向などを産業界に速やかに周知させていくことは必要です。F委員とG委員のご意見を参考にしながら、情報の発信については学会での口頭発表、論文投稿は言うまでもなく、産業現場への安全情報提供のため、災害防止団体の雑誌などへの寄稿も必要と考えています。ところで、粉じん爆発に関して前回実施した研究課題では、災害調査と関連させながらOAリサイクルにおけるトナー(粉)の爆発性を取り上げ、火災学会誌に投稿、また知見は厚生労働省の通達(平成22年4月22日付)に反映されております。大きな粉じん爆発災害が発生した場合には、災害調査に協力しつつ、報道機関からの取材にも積極的に対応しており、啓発活動になっているものと考えております。

D委員の粒子径に関するご指摘はごもつとです。当日提示したスライドは“寄せ集め”のグラフで粒子径に一貫性のないものでした。今後、学会発表と論文投稿の際には粒子径の定義を明確にし、グラフを統一していくつもりです。一次粒子の凝集による効果が重要であることから、その議論も必要と考え

ています。K 委員から頂いた着火前の保存期間と金属の酸化膜の成長については、注意を払っていきたいと思います。M 委員から頂いた「防爆」のご意見について、電気機器・設備の防爆の意味か、いわゆる爆発防止(防爆)の意味なのか不明ですが、本研究は後者の防爆の視点で研究を進めています。

本研究は極めて独創的とまでは言えませんが、実験装置開発と実験手法の工夫の点では独創的と思われます。この実験手法が標準的な爆発試験装置の改良に役に立てれば幸いと考えています。

4.2 金属および無機化合物の作業環境管理に簡易測定手法を導入するための基礎研究（平成19年度～平成21年度）

（1）研究の概要等

ア. 背景(行政的・社会的ニーズなど)

職場で扱う化学物質の作業環境管理について法に定められたものにとどまらず、より多くの物質について自主的に行うことがもとめられている。自主的管理を普及させるためには、手間の少ない(安価な)測定方法の提供が重要である。

イ. 目的

多くが蒸気・ガス状態で存在する有機物に比べ、金属類の現場での分析は困難であり、装置そのものも限られてきたが、近年蛍光 X 線、電気化学、液体プラズマセンサーなどの各種のポータブル機器が実用化されている。これらの装置の利用により簡易な労働環境中有害金属類分析方法の開発を試みる。

ウ. 方法

第一段階として、金属類を含む粒子を発生させ、フィルターに捕集することにより調製した模擬試料を各種ポータブル機器を用いた簡易分析と定法に従った分析を行い、簡易分析法の性能評価を行うとともに、捕集用のフィルター、抽出条件などを簡易分析機器に最適化する。

第二段階として、実際に現場に機器を持ち込み問題点の洗い出しなど評価を検討する。

また蒸気の実験が直接おこなえる水銀については、現場が見つかり次第第二段階の検討を行う。

エ. 研究の特色・独創性

ポータブルの金属分析装置は、土壌や水の現場分析のアプリケーション例はあるが、空气中粒子への実応用例は、わずかに米国 NIOSH が鉛を蛍光 X 線分析する方法を NIOSH マニュアルに載せているのみである。一般大気での汚染レベルではこれらの機器の感度では不足している場合がほとんどであり、研究例も少ない。一方、発生源解析や、表面汚染の対処など労働衛生面への応用は非常に有望であると考えられるため、本研究課題で研究を行う。

オ. 全体の研究計画

(1) 平成 23 年度

3 元素程度の気中粒子を発生させ、蛍光 X 線、電気化学分析、液体プラズマ元素分析装置(購入が認められれば)の測定結果と、既存法での分析結果と比較することにより性能評価と条件の最適化を検討する。

併せて、水銀分析の現場を探し、現場が見つかり次第リアルタイム水銀分析装置の評価を行う。

(2) 平成 24 年度

23 年度の結果をもとに、さらに対象物質を変えて実験を継続するとともに、現場が見つければ、現場での評価を併せて行う。

年度ごとの要求研究費(概算)

1年目(H19年度)	1,650	千円
2年目(H20年度)	3,000	千円
3年目(H21年度)	1,000	千円

(2) 研究成果等

ア. 研究結果

液体電極プラズマ金属分析計:機種選定・入札を経て装置購入が7月末に終了、装置の操作習熟をかねて、装置の特性評価試験を行った。その後 Ag に関する条件の最適化の準備中。

電気化学分析:文献調査により Co 分析で使用する電極として文献より、炭素系電極を選定し、実際に炭素電極で問題なく Co の検出が行えることを確認、支持電解質の濃度などの条件検討を開始。

XRF:日本では場の管理を行っているためフィルターの材質・サイズがことなる。日本の作業環境測定で用いられるフィルターのバックグラウンド評価を行う。現在の所 PVC フィルターが優れているという結果だが、ガラス繊維フィルターの使用が可能かどうか検討する。

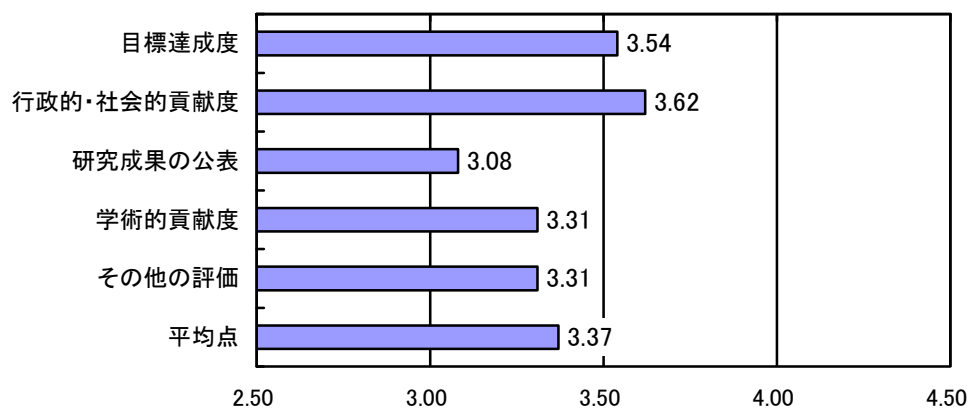
水銀分析:現在までのところ、適当な現場が見つかっていない。

イ. 研究業績・成果物

初年度のため、現時点ではない。

(3) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(B委員)さらなる研究を望みます。

(D委員)本研究の対象物質とその範囲が明確ではない。研究課題名は「金属および無機化合物の作業環境管理に簡易測定手法を導入するための基礎研究」で、平成 23 年から 2 年計画ということであるが、スライドの 5 枚目にはナノマテリアルの作業環境管理に必要な分析法の研究とあり、平成 25 年度開始予定と書かれている。このナノマテリアルの研究も基盤一2の研究の一部であるならば、研究期間が合わない。

また、金属及び無機粉じんの簡易測定法ということであれば、現在、光散乱方式の相対濃度計

(デジタル粉じん計)が使用されているが、これと比較して有利な点など、本研究の意義および必要性を明確にする必要がある。

(E委員) 生体試料への応用を検討に加えていただきたい。

(G委員) 本研究も、今後のナノテクノロジーの研究・産業化には不可欠の技術要素と考えられることから、測定方法・有効なセンシング技術等、積極的な研究推進を期待します。

(H委員) 生産技術の進歩とともに発生する問題に対する先駆的研究である。

(I委員) 1. 空気中粒子のポータブルな分析装置の実用は、広範囲な応用が期待される。2. プロジェクト研究への道筋も明確に示されている。

(J委員) 予算が認められない場合、研究計画を変更するようですが、この研究の目的は達成できるのでしょうか。

(K委員) 本研究は先駆的な要素の強い研究として開始されたばかりであり、成果については実質的な評価ができない。2年間の短い研究期間において、多くの新しいアイデアの可能性を探り将来のより本核的な研究への糸口を見出すことに重点をおいて実施するとよいと思われる。

(L委員) ナノマテリアルの作業環境管理は、重要な研究であるが、研究代表者、共同研究者ともに、この研究課題に割いている労力が少ない。重要性の割には、もっと本腰を入れた取り組みをお願いしたい。

(M委員) ゴールに掲げられている現場での測定を可能とする手法の確立を是非実現して戴きたい。

(4) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

お忙しい中、本研究課題の評価の労を採っていただきありがとうございました。

B委員、G委員、H委員、I委員、K委員より、ポータブル機器の利用やナノへの応用等、本研究課題の重要性に鑑み、より研究を推進するようにとの励ましのお言葉をいただきました。お礼を申し上げますとともに、実質的な成果をあげるように努力したいと考えております。また、L委員からは、研究の重要性にもかかわらず、本研究課題に投入している労力が不十分であるとのコメントを頂きました。代表者の能力不足の点は反省したいと思います。言い訳のようになってしまいますが、東日本大震災に関連した粉じん・石綿ばく露防止という別テーマをも担当することになり、その結果、3月11日以前に策定した研究計画で予定していたエフォートが割けませんでした。この点は本年度の特殊事情としてご考慮いただければと存じます。また、M委員からは、第一段階の目標ではなく、最終的な目標に掲げている現場での測定法の開発に至るようにとコメントをいただきました。現在は、ある程度多くの対象物質を想定して、第一段階の目標である前処理の単純化を目標にしていますが、現場測定の実施にむけ、対象を絞った方が、適切かどうか、来年度の早い時期に研究進捗状況をにらみつつ検討いたします。E委員のご指摘ですが、生体試料への適用は将来的課題としては重要であると考えていますが、第一の問題である気中粒子分析の研究にまずは専念したいと考えております。

D委員のご指摘ですが、私の説明が不十分でした申し訳ありません。今回評価を頂くのは今年度からの2年間の研究計画についてです。基盤研究課題の評価の尺度としてプロジェクト研究につながる基礎的な技術の開発につながるかどうかという点がございましたので、紹介させていただきました。本研究の成果に対し、平成25年度からのナノの分析に応用できる成果をあげたいと考えております。粉じん計についてですが、確かに粉じん計や、他のエアロゾル測定器の応用に関する先行研究もありますし、私どもの研究所でも研究を行っておりますが、実際に現場で評価した経験からいえば、労働環境であっても粉じん粒子のソースが一カ所でない場合も多く管理したい有害物とは異なる成分

の粉じんがその場における気中粒子の主成分である場合も多々ありますので、対象となる物質の分析を行う本研究の手法は不可欠であると考えております。

J 委員からのご指摘についてですが、こちらも私の説明が不十分であったと反省しております。提出した資料では、昨年度末の研究計画の提案時より時系列的に進捗状況を記載しております。そのため、予算が認められなかった場合という記述が残っておりますが、現実には機器購入が認められております。この点を明瞭にご説明申し上げるべきでした。申し訳ございません。