

労働安全衛生総合研究所年報

Annual Report
of
National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

2021

令和3年度



独立行政法人労働者健康安全機構
労働安全衛生総合研究所

目 次

本 編

I. 令和3年度の業務概要	1
1. 労働現場のニーズの把握と業務への積極的な反映	1
2. 労働現場のニーズ及び行政ニーズに沿った調査及び研究の実施	1
3. 研究評価の実施	2
1) 内部評価	2
2) 外部評価・厚生労働省の評価	2
4. 成果の積極的な普及・活用	2
1) 労働安全衛生に関する法令、国内外の基準制定・改定への科学技術的貢献	2
5. 原著論文、学会発表等の促進	2
6. インターネット等による研究成果情報の発信	3
1) ホームページ	3
2) 刊行物、メールマガジン、報道等	3
7. 講演会等の開催	3
1) 安全衛生技術講演会	3
2) 民間機関等との共催	3
3) 研究所一般公開	3
8. 知的財産の活用促進	3
9. 労働災害の原因調査・鑑定・照会等の実施	3
1) 労働災害の原因調査等の実施	3
2) 鑑定・照会等への対応	3
3) 原因調査結果等の報告	3
4) 調査内容の公表	3
10. 労働安全衛生分野の研究の振興	4
1) 国内外の技術・制度等に関する調査	4
2) 最先端研究情報の収集	4
3) 国際学術誌及び和文学術誌の発行と配布	4
11. 若手研究者等の育成への貢献	5
1) 連携大学院制度の推進	5
2) 大学客員教授等の派遣	5
3) 若手研究者等の受け入れ	5
4) 行政・労働安全衛生機関等への支援	5
5) 研究職員の海外派遣制度の活用等	5
12. 研究協力の促進	5
1) 研究協力協定等	5
2) 研究交流会等	5
3) 共同研究	5
4) 世界保健機関(WHO)労働衛生協力センター	5
13. 機動的効率的な業務運営体制の強化	5
14. 運営交付金以外の収入の確保	6
1) 競争的研究資金、受託研究の獲得と活用	6
2) 自己収入の確保	6
15. 人事に関する計画	6
1) 方針	6
2) 人員の指標	6
3) 職員の人事・給与制度	6
16. 公正で的確な業務の運営	7
1) 研究不正の予防	7
2) 情報の公開	7
3) 競争的資金に係る内部監査等	7
4) 研究倫理審査	7
5) 遵守状況等の把握	7
6) セキュリティの確保	7
II. 業務運営体制	8
1. 名称及び所在地	8
2. 設立目的	8
3. 沿革	8
4. 組織	11
1) 組織図	11
2) 部、センター、研究グループの主な業務内容	11
3) 内部進行管理のための会議・委員会及び法定管理者	11
III. 職員等	15
1. 職員	15
2. フェロー研究員、客員研究員等	17
1) フェロー研究員	17
2) 客員研究員	17

IV. 予算・決算等	18
1. 経費の節減	18
1) 施設経費の節減	
2) 研究経費の節減	
2. 運営費交付金、労災疾病臨床研究事業費補助金(厚生労働省)	18
3. 受託収入	18
4. 外部研究資金	18
5. 謝金収入等	19
V. 敷地建物、施設設備等	20
1. 敷地、建物	20
2. 大型施設・設備(令和3年度購入分)	20
3. 外部貸与対象の研究施設・設備	20
4. 図書室蔵書数	21
VI. 独立行政法人評価に関する有識者会議による評価(抄)	22

資料編

I. 調査研究業務等の実施に関する資料	23
1. 研究課題一覧(課題別のページ付き)	23
2. 協働研究成果概要	27
3. プロジェクト研究成果概要	45
4. 基盤的研究成果概要	113
II. 調査研究成果の普及・活用に関する資料	142
1. 国内外の労働安全衛生の基準制定・改定への科学技術的貢献	142
2. 研究調査の成果一覧	148
1) 刊行物・出版物	
2) 学会・研究会における発表・講演	
3. 学会活動等	174
4. インターネット等による調査・研究成果情報の発信	180
5. 講演会・一般公開等	181
1) 安全衛生技術講演会	
2) 研究所の一般公開	
3) 研究所見学の受け入れ状況	
6. 知的財産の活用、特許	186
1) 登録特許等	
2) 特許等出願	
III. 国内・国外の労働安全衛生関係機関等との協力の推進に関する資料	188
1. 労働衛生に関するWHO協力センター(WHO-CC)交流会の概要	188
2. 研究振興のための国際学術誌の発行と配布	188
1) 「INDUSTRIAL HEALTH」誌の発行・配布	
3. 若手研究者等の育成	190
1) 大学との連携	
2) 若手研究者等の受け入れ	
3) 行政・労働安全衛生機関等への支援	
4) 海外協力	
4. 研究協力	194

附属表一覧

表 1-1 協働研究課題(4課題)	23
表 1-2 プロジェクト研究課題(12課題)	23
表 1-3 基盤的研究課題(21課題)	23
表 1-4 外部研究資金による研究課題(研究員等が研究代表者を務めた29課題)	24
表 1-5 外部研究資金による研究課題(研究員等が分担研究者あるいは共同研究者を 務めた7課題)	26

表 2-1	国内の行政・公的機関に設置された委員会等への委員等としての参画	142
表 2-2	国際機関に設置された委員会等への出席	146
表 2-3	労働安全衛生の国内外基準の制定にかかわる委員会等への委員としての参画	147
表 2-4	原著論文として国際誌(英文等)に公表された成果	148
表 2-5	原著論文として国内誌(和文)に公表された成果	151
表 2-6	原著論文に準ずるものとして国際誌(英文等)に公表された成果	152
表 2-7	査読付き報告等として学会誌等に公表された成果	153
表 2-8	査読なし総説論文又は解説等として公表された成果	153
表 2-9	著書又は単行本として公表された成果	157
表 2-10	研究調査報告書一覧(競争的資金及び委員会等)	158
表 2-11	その他の専門家・実務家向け出版物に公表された成果(国際誌及び国内誌)	159
表 2-12	研究所出版物として公表された成果	159
表 2-13	国際学術集会にて発表・講演された成果(特別講演, シンポジウム, ワークショップ等) ...	160
表 2-14	国内の学術集会にて発表・講演された成果(特別講演, シンポジウム, ワークショップ等)	160
表 2-15	国際学術集会にて発表・講演された成果(一般口演, ポスター等)	162
表 2-16	国内の学術集会にて発表・講演された成果(一般口演, ポスター等)	164
表 2-17	国際学会の活動への協力	174
表 2-18	国内学会の活動への協力	174
表 2-19	国際誌編集委員等(INDUSTRIAL HEALTH誌を除く)	178
表 2-20	国内誌編集委員等(労働安全衛生研究誌を除く)	179
表 2-21	職員が授与された表彰及び学位等	180
表 2-22	研究所刊行物の発行状況	180
表 2-23	テレビ・ラジオ放送による報道	181
表 2-24	新聞・雑誌等による報道	181
表 2-25	安全衛生技術講演会プログラム	182
表 2-26	研究所一般公開の概要(清瀬地区)	182
表 2-27	研究所一般公開の概要(登戸地区)	184
表 2-28	研究所見学の受け入れ状況	186
表 2-29	登録特許	186
表 2-30	登録商標	187
表 2-31	登録意匠	187
表 2-32	特許出願	187
表 3-1	INDUSTRIAL HEALTHにおける論文の種類別投稿数の推移	188
表 3-2	INDUSTRIAL HEALTH Vol.59 (2021)における論文の種類別及び号別の掲載数	189
表 3-3	INDUSTRIAL HEALTHにおける論文の種類別掲載数の推移	189
表 3-4	INDUSTRIAL HEALTH Vol.59 (2021)における筆頭著者の所属地域ごと みた論文掲載状況	189
表 3-5	連携大学院制度に基づく協定先一覧	190
表 3-6	非常勤講師等の実績(連携大学院制度によるものを除く)	190
表 3-7	大学等からの実習生・研修生の受け入れと指導実績	191
表 3-8	行政・労働安全衛生機関等への支援実績	191
表 3-9	海外協力実績	193
表 3-10	研究協力協定の締結状況	194

※ 研究成果概要中にある図表は記載していません。

本 編

I. 令和3年度の業務概要

独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所(以下「研究所」という。)は、平成28年4月1日をもって独立行政法人労働者健康福祉機構と独立行政法人労働安全衛生総合研究所の統合により発足した。本報は研究所発足6年目の業務報告書である。

年度当初の職員数は96名(うち研究職員80名)であり、管理部、研究推進・国際センター、労働災害調査分析センター、化学物質情報管理研究センター(うち3研究部)、過労死等防止調査研究センター、労働者放射線障害防止研究センター及び10研究グループの体制である。

予算(決算)額は厚生労働省からの運営費交付金22億5,219万6千円(21億9,260万2千円)、施設整備費補助金1億7,099万5千円(1億5,714万5千円)、労災疾病臨床研究事業費補助金7億8,211万8千円(6億9,226万円)のほか、外部研究資金の獲得として競争的研究資金3,886万5千円、受託研究6,269万円がある。以下に令和3年度の業務実績を示す。

1. 労働現場のニーズの把握と業務への積極的な反映

研究所ホームページ上での研究成果紹介や企業、団体等による研究所見学、業界・事業者団体が開催する講演会、シンポジウム及び研究会への参加、研究員が個別事業場を訪問するなどあらゆる機会を利用して調査研究に係る労働現場のニーズや関係者の意見を把握した。

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

また、研究所が実施した災害調査をきっかけに、厚生労働省から平成30年9月に「高純度結晶性シリカの微小粒子を取り扱う事業場における健康障害防止対策等の徹底について」が発出されたが、災害調査で危惧された呼吸器疾病の実態を把握するため協働研究「高純度結晶性シリカにばく露して発症した呼吸器疾患に関する労働衛生的研究」を引き続き実施した。さらに、職場のベリリウムにばく露状況とその健康影響を検討するため、令和2年4月より新たな協働研究を実施することとした。

労働安全衛生施策の企画・立案に貢献できるよう厚生労働省等との意見・情報交換会を通じて、労働安全衛生に関するニーズの把握に努め、プロジェクト研究については、研究員と厚生労働省の政策担当部門との調整を図り、意見交換をのべ7回実施した。

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

過労死等防止対策推進法(平成26年6月27日公布、同年11月1日施行)の制定を踏まえ、平成26年11月1日に設置した過労死等防止調査研究センターにおいて、「過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究」(第3期の1年度目)に取り組んだ。令和2年度の研究結果を研究報告書に取りまとめ、厚生労働省に提出した。研究報告書の内容については、厚生労働省ホームページに公表され、10月に厚生労働省が取りまとめる過労死等防止対策白書に盛り込まれるとともに、厚生労働省関係部局や関係省庁などで活用された。令和3年度から新たな研究課題として「対策実装研究」を据えた。ステークホルダー会議並びにタスクフォース会議等を通じて、次年度からの行動計画を立案した。本研究成果の還元の一つとして、研究成果シンポジウムを一般公開の下、オンライン形式で開催した。行政施策への貢献として、過労死等としての脳・心臓疾患や精神障害の労災認定基準に関する専門検討会に委員として参加した。さらに、地方公務員の過労死等に係る公務災害認定事案に関する調査研究を総務省からの受託として進めた。

東京電力福島第一原子力発電所の事故収拾作業に従事した緊急作業員約2万人に対し、国は平成23年度から健康相談や健康管理を行っている。その一環として、平成26年度からは疫学調査が開始されたが、令和元年度からの第2期5年間分の実施を労働者放射線障害防止センターが受託した。第1期を継承し、全国の医療機関の協力を得て47都道府県に分布する対象者の健康調査を実施するとともに、がん罹患や死亡の頻度を比較するため、全国がん登録制度や人口動態統計調査との照合を進めている。また、令和3年度からは、国が行う緊急作業員全体の健康相談や現況調査の実施を受託し、疫学調査の基礎データ収集に直接かかわる事業にも参加することとなった。

厚生労働省の政策担当部門との意見交換を踏まえ、労働災害の減少及び労働者の健康管理に結びつく研究課題・テーマを設定し、吊り上げ用具類の寿命予測手法の開発、腰痛予防と持ち上げ重量に関する研究、労働者のストレスの評価とメンタルヘルス不調の予防に関する研究を開始した。

令和3年度計画に基づいて、プロジェクト研究12課題を実施した。基盤的研究については、年度途中から開始した課題を含め、21課題を実施した。

行政からの要請を受けて、「ICT技術を活用した車両系建設機械の遠隔操作システム等の普及に伴う労働災害発生リスクの研究」をはじめ12課題についての調査研究を実施した。

3. 研究評価の実施

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

1) 内部評価

令和3年度計画に基づき、すべての研究課題を対象として4回(令和3年5月、10月、11月、12月)の内部評価委員会を開催した。研究課題について、公平性、透明性、中立性の高い評価を実施するため、事前評価では、目標設定、研究計画、研究成果の活用・公表、学術的視点等5項目、中間評価では研究の進捗及び今後の計画、行政的・社会的貢献度、研究成果の公表、学術的貢献度等5項目、終了評価では目標達成度、行政的・社会的貢献度、研究成果の公表、学術的貢献度等5項目について、それぞれ5段階の評価を行い、その結果を研究計画や予算配分等に反映した。

2) 外部評価・厚生労働省の評価

安衛研究部会(外部評価)において、協働研究、プロジェクト研究、行政要請研究の合計8課題が事後評価を受けた。評価の平均点は、目標値である3.25点を上回る4.0点であった。

厚生労働省から「政策効果が期待できるか」の評価については、協働研究、プロジェクト研究、行政要請研究で合計12課題(うち2課題の研究代表者は研究所の所属ではない)が評価を受け、「非常に政策効果が期待できる」が8課題、「政策効果が期待できる」が6課題(うち2課題は重複)の判定で、全課題が評価点2点以上であり、目標である2点以上が80%を達成した。

4. 成果の積極的な普及・活用 (関連資料 表2-1～表2-3)

1) 労働安全衛生に関する法令、国内外の基準制定・改定への科学技術的貢献

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

出席した国際機関委員会等に研究成果を提供する等の貢献をするとともに、研究成果が社会福祉施設(介護施設)における労働災害防止に向けたより一層の取組について(令和3年9月29日付け基安安発0929第3号、基安発0929第3号)、陸上貨物運送事業における労働災害防止に向けたより一層の取組について(令和3年9月29日付け基安安発929第4号)、電気機械器具防爆構造規格第5条の規定に基づき、防爆構造規格に適合するものと同程度の防爆性能を有することを確認するための基準等について(令和3年8月12日付け基発0812第5号)、山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策の徹底について(令和3年11月12日付け基安安発1112第3号)等の労働安全衛生法関係通達等9件及び国際・国内規格等3件に、それぞれ反映された。

5. 原著論文、学会発表等の促進 (関連資料 表2-4～表2-22)

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

また、30名の研究員が、計14件の学会賞あるいは講演賞等を、日本産業衛生学会、日本高圧力技術協会、計測自動制御学会ほかから受賞した。

6. インターネット等による研究成果情報の発信（関連資料 表 2-22～表 2-24）

1) ホームページ

和文学術誌「労働安全衛生研究」と「Industrial Health」を、J-STAGE(科学技術情報発信・流通統合システム／(国研)科学技術振興機構)で公開した。研究所が刊行する国際学術誌「Industrial Health」(年 6 回発行)、和文学術誌「労働安全衛生研究」(年 2 回発行)、特別研究報告等の掲載論文、技術資料等の研究成果の全文をホームページ上に公開するとともに、閲覧者の利便性向上の観点から、必要に応じて日本語及び英語による要約を併せて公開した。

また、YouTube に JNIOOSH チャンネルを登録し、実験動画等を公開するとともに、新型コロナウイルス感染症の影響を受けて中止となったイベント等の開催中止案内やイベント代替の情報等をホームページに掲載した。

研究所ホームページ上の「研究業績・成果」、「刊行物」(「Industrial Health」、「労働安全衛生研究」等)へのアクセス件数は 191 万回となり、機構全体としては 285 万件で目標の 240 万回を上回った。

2) 刊行物、メールマガジン、報道等

令和 2 年度労働安全衛生総合研究所年報を発行するとともに、メールマガジン(安衛研ニュース)は、10 回配信し、内外における労働安全衛生研究の動向、研究所主催行事、刊行物等の情報提供を行った。なお、メールマガジンの配信数は月約 1,744 件であった。

また、特別研究報告 SRR-No.50 を刊行し、令和 2 年度に終了した 5 件のプロジェクト研究について、その研究成果を広報するとともに、研究所のホームページに掲載した。

その他、一般誌等に 106 件の論文・記事を寄稿し、研究成果の普及等を行うとともに、国内のテレビ局から手のひら冷却による熱中症予防対策への取材 1 件のほか、勤務間インターバル(終業から次の始業までの休息)を制度化、スマートフォン用熱中症診断支援アプリケーション、建設現場における有効な熱中症対策等について新聞・雑誌等からの取材 7 件に協力した。

7. 講演会等の開催（関連資料 表 2-25）

1) 安全衛生技術講演会

安全衛生技術講演会を令和 3 年 9 月にオンライン形式で開催した。令和 3 年度は「労働災害防止のための研究から実践まで」をテーマに、4 名の研究員による一般講演と所長代理による特別講演を行った。287 名から事前申込みがあり、日頃安全衛生関係の業務に従事される多くの方々に参加した。聴講者に行ったアンケートでは全ての回答が「良かった」または「とても良かった」と好評であった。

2) 民間機関等との共催

一般社団法人日本粉体工業技術協会との共催で「粉じん・火災安全研修(中級/技術編)」を Live 配信により実施した。

3) 研究所一般公開（関連資料 表 2-26～表 2-27）

新型コロナウイルス感染症の影響により、令和 3 年度はオンライン開催とした。清瀬地区では令和 3 年 12 月 3 日～9 日に、登戸地区では令和 4 年 2 月 9 日～14 日にそれぞれ実施し、研究所の研究活動について、実験映像やプレゼンテーション資料等により紹介した。

8. 知的財産の活用促進（関連資料 表 2-29～表 2-32）

研究所が保有する特許は、登録総数は 25 件、登録商標 2 件、特許出願総数は 10 件、登録意匠は 2 件、特許実施総数は 2 件であった。これら知的財産の活用促進を図るため、25 件の登録特許について、研究所のホームページにその名称、概要等を公表している。

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

9. 労働災害の原因調査・鑑定・照会等の実施

1) 労働災害の原因調査等の実施

令和 3 年度はビル建設現場で発生したつり荷の落下災害をはじめとする計 10 件の労働災害の原因調査に着手した。また、調査結果は基安安発 1112 第 3 号(令和 3 年 11 月 12 日付け)「山岳トンネル工事の切羽における

肌落ち災害防止対策の徹底について」発出の参考とされるとともに、橋梁塗装の剥離作業において発生した中毒事案では代替工法の妥当性について厚生労働省化学物質対策課の報告などに活用された。

2) 鑑定・照会等への対応

労働基準監督署、警察署等の捜査機関からの依頼に基づき令和3年度に開始した鑑定等は8件であった。

3) 原因調査結果等の報告

高度な実験や解析を必要とするため時間を要するもの等を除き、結果は速やかに依頼元へ報告している。令和3年度は工場で発生した酸素欠乏症疑い災害など計3件の災害調査について、厚生労働省に調査結果を報告した。また、鑑定・照会等については依頼元である労働基準監督機関等に調査結果等を6件報告した。これら計9件の報告についてアンケートを実施した結果、平均点は2.89点(満点3点)であった。

4) 調査内容の公表

「テルハつりチェーンの破断災害」、「農薬製造工場における中毒災害」など計3件について、特定の企業名等は削除する等、企業の秘密や個人情報の保護に留意しつつ災害調査報告書を研究所のホームページで公表した。

10. 労働安全衛生分野の研究の振興

1) 国内外の技術・制度等に関する調査 (関連資料 表 2-1～表 2-3)

国際研究集会、ISO や OECD の国際会議等へのオンライン参加の機会を利用し、国内外の研究所・諸機関が有する知見等の調査、情報収集を行い、国内関係機関等に提供した。

2) 最先端研究情報の収集

最先端研究情報の収集のため以下の活動を行った。

- ・ 産業医科大学産業生態科学研究所(産医大、IIES)と研究所による労働衛生に関する WHO 協力センター(WHO-CC)と共同で WHO が公開している COVID-19 に関連した労働安全衛生に関するウェブ教育ツール(OpenWHO コース)の日本語版を作成し、WHO により公開された。
- ・ 国際連合「化学品の分類および表示に関する世界調和システム(GHS)専門家小委員会(UNSCEGHS)」における GHS 国連文書の改訂作業等を通して、GHS に係る最近の動向等の情報収集を行った。
- ・ Joint meeting OECD WPEA and WPHA のバイオロジカルモニタリング専門家会議へのオンライン参加を通して、諸外国の取組状況等、最新の知見の情報収集を行った。
- ・ 研究協力協定を締結した大学・研究機関との共同研究、研究員の国際学会へのオンライン参加等を通して、内外の最先端研究情報の収集を行った。

3) 国際学術誌及び和文学術誌の発行と配布

a. Industrial Health (関連資料 表 3-1～表 3-4)

国際学術誌「Industrial Health」を年6回刊行し、国内55件、国外233件の大学・研究機関等に配布した。Industrial Health 誌への投稿論文数は289編で、そのうちの掲載論文数は46編であった。また、掲載論文の国別/地域別内訳は、欧米30.4%、アジア・オセアニア21.8%、日本(当研究所を除く)28.3%、当研究所6.5%となっており、広く国内外からの投稿論文を集めた。Industrial Health 誌のインパクトファクターは、2.707となった。

J-STAGE(科学技術情報発信・流通統合システム/独)科学技術振興機構)を通じ Industrial Health 誌の創刊号からの全掲載論文が閲覧可能であること、受理論文の刊行前早期公開(Advance Publications)、更には海外の著名データベースサービス(PubMed, PubMed Central (PMC), CrossRef, EBSCO, INSPEC, ProQuest 等)との相互リンクが毎年増加していることから、令和3年度は世界各国から書誌事項に39万件を超えるアクセス、並びにおよそ18.9万件の全文ダウンロードが行われるなど、幅広く活用された。

b. 和文学術誌「労働安全衛生研究」

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

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

11. 若手研究者等の育成への貢献（関連資料 表 3-5～表 3-8）

1) 連携大学院制度の推進

連携大学院協定を締結している 6 大学のうち、長岡技術科学大学、日本大学、北里大学、東京電機大学、東京都市大学において、研究員が客員教授、客員准教授等として延べ 12 名が任命され、教育研究活動を支援した。

2) 大学客員教授等の派遣

東京大学、青山学院大学大学院等大学及び大学院に対して延べ 26 名の研究員が非常勤講師等として支援を行った(連携大学院制度に基づく派遣を除く)。

3) 若手研究者等の受け入れ

韓国雇用労働府からの 1 名の受け入れを含め、国内の大学・研究機関から延べ 28 名の若手研究者等を受け入れ、修士論文、卒業論文等の研究指導を行った。

4) 行政・労働安全衛生機関等への支援

労働政策研究・研修機構労働大学校の産業安全専門官研修、労働衛生専門官研修等外部機関が行う研修において、最新の労働災害防止技術等についてオンライン講義等を行った。

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

5) 研究職員の海外派遣制度の活用等

研究職員の資質・能力の向上等を図るため、研究職員を外国の大学若しくは試験研究機関等に派遣する制度として在外研究員派遣規程を制定(平成 27 年 1 月)し、研究職員の海外派遣制度を導入してきたが、令和 3 年度は新型コロナウイルス感染症の影響により派遣を中止した。

12. 研究協力の促進

1) 研究協力協定等（関連資料 表 3-9～表 3-10）

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

また、WHO をはじめとする国際機関等の活動への協力を行った。

2) 研究交流会等

フェロー研究員として 42 名を委嘱した。（Ⅲ.2 参照）

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

3) 共同研究（関連資料 表 1-1～表 1-5、表 3-7 等）

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

4) 世界保健機関(WHO)労働衛生協力センター

2021 年 6 月に WPRO と WHO 本部、WPRO 地域の労働衛生に関する WHO-CC による TORs の見直しに関する国際地域会議、2022 年 1 月にベトナム労働環境衛生研究所と WHO 西太平洋地域 WHO 協力センター (Occupational Health) による合同会議等に参加し、WHO 西アジア太平洋総局からの WHO-CC 間の国内外ネットワークの強化に関連した活動を行った。

13. 機動的効率的な業務運営体制の確立

令和 3 年度計画に基づき所長のリーダーシップの下で業務運営体制の確立を図った。内部統制の確立及び研究所内における情報伝達の円滑化を図る観点から、研究所の重要な意思決定に関する議論や業務の進捗管理を行う場として所長・管理部長・研究推進・国際センター長等を構成員とする「幹部会」を原則として月 2 回、業務執行状況の報告及び検証を行う場として所長・管理部長・研究推進・国際センター長及び 3 研究センター長、2 研究領域長等が出席する「拡大幹部会」を年 2 回、各地区の部長等会議を原則として週 1 回、それぞれ新型コロナウイルス感染症の防止のためオンラインにて開催した。

令和 3 年度計画に基づく業務運営を適正かつ的確に遂行するため、前年度に引き続き、清瀬・登戸両地区に

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

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

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

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

清瀬・登戸両地区における研究員の個人業績評価システムを引き続き活用し、評価結果については、人事管理等に適切に反映させるとともに、評価結果に基づく総合業績優秀研究員(2名)、研究業績優秀研究員(7名)及び若手総合業績優秀研究員(3名)を表彰し、研究員のモチベーションの維持・向上に役立てた。

14. 運営交付金以外の収入の確保

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

競争的研究資金等の外部研究資金の獲得について、公募情報の共有・提供や、組織的に若手研究員に対する申請支援を行い、厚生労働科学研究費補助金、日本学術振興会科学研究費補助金等24件の競争的研究資金を獲得した。

受託研究については、国から1件、その他3件の合計4件で6,269万円を獲得した。また、労災疾病臨床研究事業費補助金事業による「過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究」(2億9,422万6千円)、「放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究」(3億9,803万3千円)がある。

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

2) 自己収入の確保

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

15. 人事に関する計画

1) 方針

a. 研究員の採用

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

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

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

b. 若手研究員等の資質向上と環境整備

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

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

専門型裁量労働制により、一定の研究員に対し労働時間の自己管理を図り、調査研究成果の一層の向上を期

待するとともに、さらに育児・介護と仕事の両立ができるような環境整備に努めている。

採用に当たって個々の事情に応じた勤務時間等に配慮するとともに、車椅子の方に対しては、勤務がしやすいように職場のレイアウトを工夫するなど、環境の整備に努めている。

2) 人員の指標

年度当初の常勤職員数 96 名であり、年度末の常勤職員数は 98 名となった。

3) 職員の人事・給与制度

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

16. 公正で的確な業務の運営

1) 研究不正の予防

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

2) 情報の公開

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

令和 3 年度における情報公開開示請求は 0 件であった。情報の公開については、独立行政法人通則法等に基づく公表資料(財務諸表等)のみならず、公正かつ的確な業務を行う観点から、調達関係情報、特許情報、施設・設備利用規程等を研究所のホームページ上で積極的に公開した。

3) 競争的資金に係る内部監査等

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

4) 研究倫理審査

研究倫理審査委員会(登戸地区)では、研究倫理審査委員会規程に基づき、学識経験者、一般の立場を代表する者等の外部委員 7 名及び内部委員 9 名からなる研究倫理審査委員会を 3 回開催し、40 件の研究計画について厳正な審査を行い、議事要旨を研究所ホームページに公開した。また、安全分野では、外部委員 5 名、内部委員 3 名からなる安全分野研究倫理審査委員会を 2 回開催し、迅速審査 5 件の審査結果を承認するとともに、3 件の研究計画について厳正な審査を行い、議事要旨を研究所ホームページに公開した。

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

令和 3 年度は、コロナ感染予防対策を取ったうえ、動物実験委員会規程および必要性に基づき、対面形式にて 4 回動物実験委員会を開催し、実験計画書(新規 2 件、計画変更 2 件、系統維持 5 件)の承認申請等に対して厳正な審査を行った。同様な審査後「動物実験の適正な実施に関する自己点検・評価報告書」をホームページ上に公開した。また、委員会にて動物実験関連規程(動物実験規程、動物実験委員会規程、動物実験施設利用規程)の一部条項について議論し、意見をまとめ修正した。さらに大人数の対面を避けるため APRIN e-learning 上に公開されている実験動物の取り扱いに関する資料を動物実験委員会委員及び動物実験従事者を対象として配布し、各自熟読し十分な理解を促すことにより、教育訓練の受講とした。

5) 遵守状況等の把握

内部統制の確立及び研究所内における情報伝達の円滑化を図る観点から、研究所の重要な意思決定に関する議論や業務の進捗管理を行う場として所長・管理部長・研究推進・国際センター長等を構成員とする「幹部会」を原則として月 2 回、業務執行状況の報告及び検証を行う場として所長・管理部長・研究推進・国際センター長及び 3 研究センター長、2 研究領域長等が出席する「拡大幹部会」を年 2 回、各地区の部長等会議を原則として週 1 回、それぞれ新型コロナウイルス感染症の防止のためオンラインにて開催した。

6) セキュリティの確保

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

II. 業務運営体制

1. 名称及び所在地

名 称：独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所

所在地：清瀬地区 〒204-0024 東京都清瀬市梅園一丁目4番6号

登戸地区 〒214-8585 神奈川県川崎市多摩区長尾六丁目21番1号

2. 設立目的

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

3. 沿革

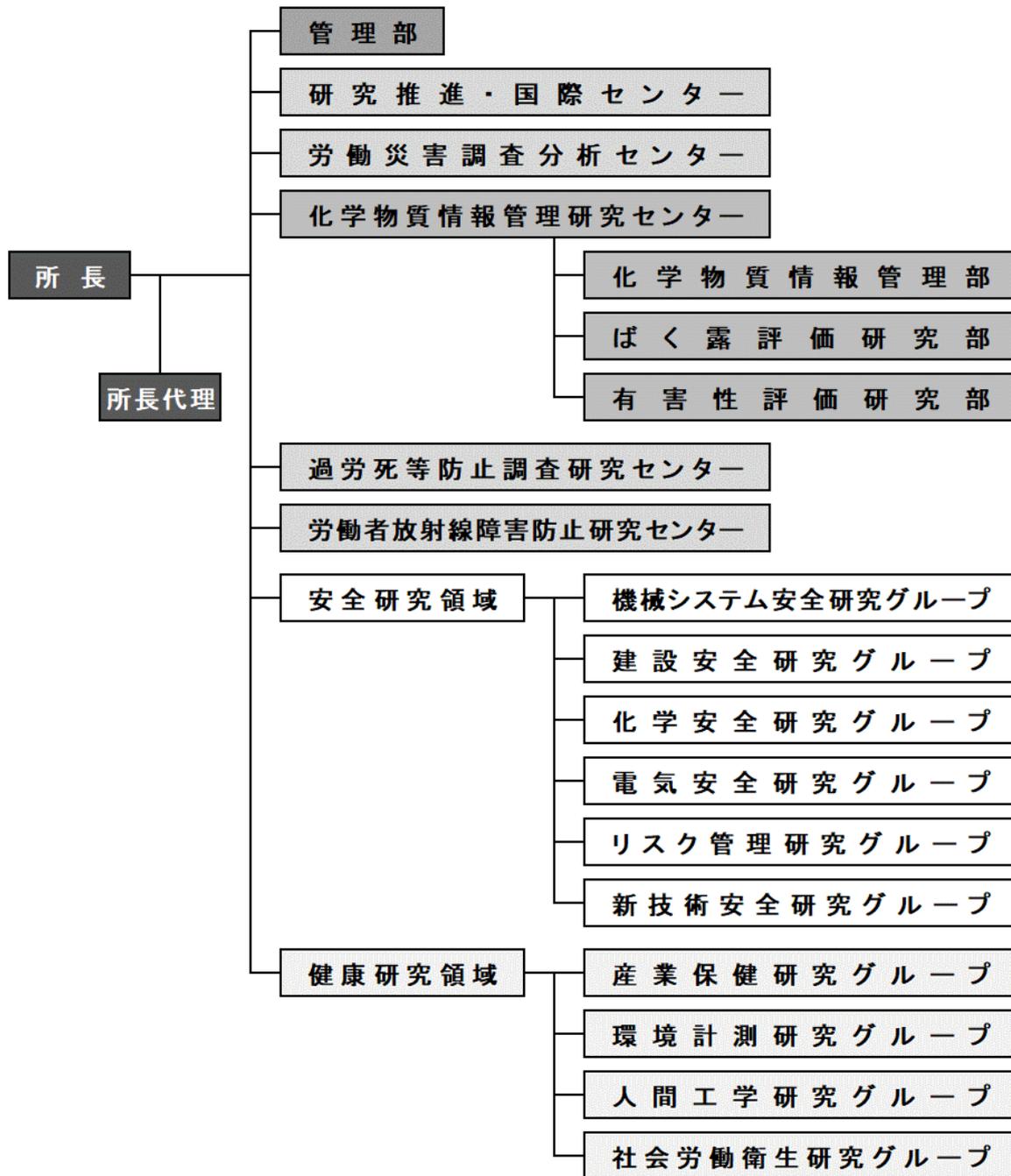
日 付	産業安全研究所	産業医学総合研究所
昭和17年 (1942)	東京市芝区(現 東京都港区)に厚生省産業安全研究所として設立。初代所長に武田晴爾 就任。	
昭和18年 (1943)	産業安全参考館(昭和29年3月産業安全博物館と改称)を開設。	
昭和22年 (1947)	労働省の発足とともに、労働省産業安全研究所となる。	
昭和24年 (1949)	2代所長に中島誠一 就任。	栃木県鬼怒川のけい肺労災病院と同一敷地内に労働省労働基準局労働衛生課分室として「けい肺試験室」が設立される。
昭和27年 (1952)	3代所長に高梨湛 就任。	
昭和31年 (1956)		労働省設置法により労働衛生研究所が設立され、川崎市中原区に新庁舎が建設される。庶務課、職業病部第1課、第2課、労働環境部第1課、第2課の2部5課となる。初代所長に山口正義 就任。
昭和32年 (1957)		労働衛生研究所が開所される。職業病部に第3課、第4課、労働環境部に第3課が新設され、2部8課となる。
昭和35年 (1960)		労働生理部第1課、第2課、環境部に第4課が新設され、3部11課となる。
昭和36年 (1961)	大阪市森之宮東之町に大阪産業安全博物館を開設、一般に公開。	
昭和38年 (1963)		国際学術誌「Industrial Health」創刊。
昭和39年 (1964)	4代所長に山口武雄 就任。	
昭和40年 (1965)		実験中毒部第1課、第2課が新設され、4部13課となる。
昭和41年 (1966)	東京都清瀬市に屋外実験場を設置。	
昭和42年 (1967)	庁舎改築のため、屋外実験場の一部を仮庁舎として移転。	
昭和43年 (1968)	5代所長に住谷自省 就任。	「働く人の健康を守る座談会」において、産業医学総合研究所の設立が要望される。労働省は産業医学に関する総合研究所の創設を提唱する。

日 付	産業安全研究所	産業医学総合研究所
昭和45年 (1970)	2部7課を廃し、4部に再編成。 6代所長に上月三郎 就任。	研究部門の課制を廃止して主任研究官制とし、4部1課となる。 第63回国会において産業医学総合研究所の創設について附帯決議がなされる。
昭和46年 (1971)	新庁舎落成。産業安全博物館を産業安全技術館と改称。 産業安全会館開館。	
昭和47年 (1972)	労働安全衛生法制定。	
昭和49年 (1974)	7代所長に秋山英司 就任。	
昭和51年 (1976)		産業医学総合研究所が川崎市多摩区において開所される。 初代所長に山口正義 就任。 組織は庶務課、労働保健研究部、職業病研究部、実験中毒研究部、労働環境研究部の4部1課となる。 10月に労働疫学研究部が新設されて5部1課となる。
昭和52年 (1977)	8代所長に川口邦供 就任。	2代所長に坂部弘之 就任。 人間環境工学研究部が新設され、6部1課となる。皇太子殿下 行啓。 「WHO労働衛生協力センター」に指定される。
昭和58年 (1983)	9代所長に森宣制 就任。	
昭和59年 (1984)	機械安全システム実験棟が清瀬実験場に竣工。	
昭和60年 (1985)	化学安全実験棟が清瀬実験場に竣工。 10代所長に前郁夫 就任。	
昭和61年 (1986)	皇太子殿下 行啓。	3代所長に興 重治 就任。
昭和63年 (1988)	建設安全実験棟が清瀬実験場に竣工。	
平成2年 (1990)	電気安全実験棟及び環境安全実験棟が清瀬実験場に竣工。 11代所長に田中隆二 就任。	天皇陛下 行幸。
平成3年 (1991)	12代所長に木下鈞一 就任。	4代所長に山本宗平 就任。
平成4年 (1992)	清瀬実験場に総合研究棟及び材料・新技術実験棟が竣工、新庁舎が完成。 田町庁舎より移転。	
平成6年 (1994)	13代所長に森崎繁 就任。	
平成7年 (1995)	機械研究部を機械システム安全研究部、土木建設研究部を建設安全研究部、化学研究部を化学安全研究部、電気研究部を物理工学安全研究部と改称。	
平成8年 (1996)		産業医学総合研究所20周年記念講演会開催。
平成9年 (1997)	14代所長に田畠泰幸 就任。	5代所長に櫻井治彦 就任。 企画調整部と5研究部に研究組織を改編。
平成10年 (1998)	共同実験棟竣工。	
平成12年 (2000)	15代所長に尾添博 就任。	6代所長に荒記俊一 就任。「21世紀の労働衛生研究戦略協議会最終報告書」刊行 (12月)

日 付	産業安全研究所	産業医学総合研究所
平成13年 (2001)	厚生労働省の発足とともに、厚生労働省産業安全研究所となる。 独立行政法人通則法の施行に伴い、独立行政法人産業安全研究所となる。 初代理事長に尾添博 就任。	厚生労働省の発足とともに、厚生労働省産業医学総合研究所となる。 独立行政法人通則法の施行に伴い、独立行政法人産業医学総合研究所となる。 初代理事長に荒記俊一 就任。
平成17年 (2005)	2代理事長に鈴木芳美 就任。	
平成18年 (2006)	独立行政法人産業安全研究所法の一部改正に伴い、両研究所が統合され、独立行政法人労働安全衛生総合研究所となる。 初代理事長に荒記俊一 就任。	
平成21年 (2009)	2代理事長に前田豊 就任。	
平成26年 (2014)	3代理事長に小川康恭 就任。 11月1日「過労死等調査研究センター」設置。	
平成27年 (2015)	4月1日「内部監査室」設置。	
平成28年 (2016)	独立行政法人労働者健康福祉機構と統合し、独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所となる。初代所長に豊澤康男 就任。	
平成31年 (2019)	2代所長に梅崎重夫 就任。	
令和2年 (2020)	4月1日「化学物質情報管理センター(化学物質情報管理部、ばく露評価研究部、有害性評価研究部)」、「労働者放射線障害防止研究センター」設置。	
令和3年 (2021)	4月1日「新技術安全研究グループ」、「社会労働衛生研究グループ」設置。	

4. 組織

1) 組織図



2) 部、センター、研究グループの主な業務内容

部、センター、研究グループ	所掌業務
管理部	<p>管理課においては、次の事務をつかさどる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・所長の秘書業務に関すること。 ・職員の人事に関すること(研究推進・国際センターの所掌に属するものを除く。) ・職員の給与、公印の管守、文書、会計、物品及び営繕に関すること(管理第二課の所掌に属するものを除く。) ・前各号に掲げるもののほか、労働安全衛生総合研究所の所掌事務で他の所掌に属さ

部、センター、 研究グループ	所掌業務
	<p>ないもの。</p> <p>管理第二課においては、次の事務をつかさどる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・所長代理の秘書業務に関すること。 ・職員の給与、文書、会計、物品及び営繕に関すること(管理第二課、研究推進・国際センター及び労働災害調査分析センターの一部並びに化学物質情報管理研究センター、過労死等防止調査研究センター、労働者放射線障害防止研究センター及び健康研究領域に係るものに限る。) <p>なお管理課においては、日本バイオアッセイ研究センターにおける給与及び会計に関する事務を行うことができる。</p>
研究推進・国際 センター	<ul style="list-style-type: none"> ・労働安全衛生総合研究所の所掌に係る調査及び研究の企画、立案、調整並びに業務管理に関すること。 ・労働安全衛生総合研究所の研究予算の配分及び執行管理に関すること。 ・労働安全衛生総合研究所の所掌に係る共同研究、受託研究、科学研究費助成事業、厚生労働科学研究費補助金による研究事業、競争的資金その他外部資金に関すること(契約の締結に関する事項を含む。) ・労働安全衛生総合研究所の所掌に係る調査及び研究に係る事項に関する実施、指導、援助、普及広報等に関すること。 ・労働安全衛生総合研究所の所掌に係る調査及び研究の評価に関すること。 ・研究員の人事、業績評価、能力開発及び研修に関すること。 ・労働安全衛生総合研究所における学術専門書等の図書資料の収集、管理に関すること。 ・労働安全衛生研究の振興に関すること。 ・国内外における労働安全衛生関連情報の収集、分析及び提供に関すること。 ・国際的な研究交流及び共同研究に関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。
労働災害調査分析 センター	<ul style="list-style-type: none"> ・労働安全衛生法(昭和47年法律第57号)第96条の2第1項の調査及び同条第2項の立入検査を含む行政からの労働災害の原因調査等の実施依頼等に係る調整に関すること。 ・労働災害に係る資料の整理、保管、データベース化に関すること。 ・労働災害の統計的解析に関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。
化学物質情報 管理部	<ul style="list-style-type: none"> ・化学物質及び粉じん(以下「化学物質等」という。)に関する取扱い情報、国内外の規制、危険有害性情報等の収集及び分析に関すること。 ・化学物質等に関する労働災害の分析に関すること。 ・化学物質情報管理研究センターの調査及び研究に関し、関連する外部の機関との連絡及び調整に関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、化学物質情報管理研究センターの調査及び研究に関することで他の部の所掌に属さないもの。
ばく露評価研究部	<ul style="list-style-type: none"> ・化学物質等によるばく露の推定・測定、ばく露評価並びにばく露量の低減及び管理に関すること。 ・化学物質等によるばく露の実態を把握するための現地調査に関すること。 ・化学物質等に関する労働安全衛生法第96条の2第1項の調査及び同条第2項の立入検査の実施に関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。
有害性評価研究部	<ul style="list-style-type: none"> ・化学物質等の危険有害性の評価に関すること。 ・化学物質等による健康障害の原因解明、発生機序及び早期発見のための指標開発等

部、センター、研究グループ	所掌業務
	<p>の予防対策に関すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・化学物質等による生体影響の評価、評価系の開発及びその応用に関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。
実験動物管理室	<ul style="list-style-type: none"> ・化学物質情報管理研究センターの調査及び研究に用いる実験動物の飼育及び管理に関すること。 ・前号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。
過労死等防止調査研究センター	<ul style="list-style-type: none"> ・過労死等の予防のための調査及び研究に関すること。 ・前号に関し、関連する外部の機関との連絡及び調整に関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。
労働者放射線障害防止研究センター	<ul style="list-style-type: none"> ・放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究に関すること。 ・前号に関し、関連する外部の機関との連絡及び調整に関すること。 ・その他放射線障害防止に係る労働衛生研究に関すること ・前各号に掲げるもののほか、所長が特に命ずるもの。
機械システム安全研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> ・産業災害の予防のための機械、器具、その他の設備及びその取扱いに関すること。 ・機械、器具、その他の設備の設計、製造の安全に関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、安全研究領域の調査及び研究に関することで他の研究グループの所掌に属さないもの。
建設安全研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> ・産業災害の予防のための建設工事で使用する機械、器具、その他の設備及びその取扱いに関すること。 ・建設物の設計、建設工事の施工の安全に関すること。
化学安全研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> ・産業災害の予防のための化学的危険性を有する物質及びその取扱いに関すること。 ・化学的危険性を有する物質、プロセス反応による産業災害の予防のための機械、器具、その他の設備及びその取扱いに関すること。
電気安全研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> ・産業災害の予防のための電氣的危険性を有する機械、器具、その他の設備及びその取扱いに関すること。 ・電気エネルギー及び電磁氣的現象に係る災害防止に関すること。
リスク管理研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> ・労働安全衛生管理及びリスク管理に係る調査及び研究に関すること。 ・ヒューマンファクター、人間工学等に基づく労働災害防止対策に係る調査及び研究に関すること。
新技術安全研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> ・技術革新によって生み出される製造物、工作物、その他の設備及び無体物(以下「新技術製造物等」という。)の設計及び製作の安全に関すること。 ・新技術製造物等の取扱いに関すること。 ・産業災害を予防するための新技術製造物等の利用に関すること。
産業保健研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> ・社会心理的環境や労働条件が労働者の健康に及ぼす影響の解明とその予防対策に関すること。 ・職業性疾病あるいは作業関連疾病の発症・増悪に影響を与える要因及び予防対策に関すること。 ・職業性ストレスの評価と対策に関すること。 ・労働者のメンタルヘルスに関すること。 ・前各号に掲げるもののほか、健康研究領域の調査及び研究に関することで他の研究グループの所掌に属さないもの。
環境計測研究グループ	<ul style="list-style-type: none"> ・作業環境中の有害因子の計測技術に関すること。 ・作業環境中の有害因子を除去する局所排気・換気技術及び労働衛生上必要な保護具に関すること。

部、センター、 研究グループ	所掌業務
	・騒音、振動、暑熱・寒冷等の物理的要因による疾病の発症及び予防対策に関する こと。
人間工学研究 グループ	・労働者が使用する機械、器具、その他の設備の人間工学的な見地からの評価、標準化 に関すること。 ・職場の有害要因その他健康の保持増進を阻害する要因が労働者の労働生理機能に 与える影響の解明とその予防対策に関すること。
社会労働衛生研究 グループ	・事業場の安全衛生活動、労働者の職業生活等に関する実態調査に関すること。 ・過労死等の健康障害をもたらす労働・社会分野の要因に関すること。

3) 内部進行管理のための会議・委員会及び法定管理者

a. 所内会議

会議名称	出席者
1) 拡大幹部会	所長、所長代理、管理部長/管理部課長、研究推進・国際センター長/研究推進・国際センター 首席研究員、労働災害調査分析センター長、化学物質情報管理研究センター長、過労死等防 止調査研究センター長、労働者放射線障害防止研究センター長、研究領域長
2) 幹部会	所長、所長代理、管理部長/管理部課長、研究推進・国際センター長/研究推進・国際センター 首席研究員
3) 部長等会議	所長、所長代理、管理部長/管理部課長、研究推進・国際センター長/研究推進・国際センター 首席研究員、労働災害調査分析センター長、化学物質情報管理研究センター長、過労死等防 止調査研究センター長、労働者放射線障害防止研究センター長、部長/首席研究員/部長代理

b. 各種委員会等

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

c. 法定管理者等一覧

1) 放射線取扱主任者	7) 公正採用選考人権啓発推進員
2) 組換え DNA 実験安全主任者	8) 電気主任技術者
3) RI 実験施設運営管理者	9) 建築物環境衛生管理技術者
4) 安全管理者	10) 水質管理責任者
5) 衛生管理者	11) 特別管理産業廃棄物管理責任者
6) 防火・防災管理者	

機械システム安全研究グループ

部長	佐々木	哲也
上席研究員	本田	尚
〃	齋藤	剛
〃	濱島	京子
〃	山際	謙太
〃	北條	理恵子
主任研究員	岡部	康平
任期付研究員	緒方	公俊

建設安全研究グループ

部長	清水	尚憲
部長代理	高梨	成次
上席研究員	日野	泰道
〃	吉川	直孝
〃	堀	智仁
主任研究員	平岡	伸隆

化学安全研究グループ

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

電気安全研究グループ

部長	崔	光石
上席研究員	三浦	崇
主任研究員	遠藤	雄大

リスク管理研究グループ

部長	島田	行恭
上席研究員	大西	明宏
〃	高橋	明子
主任研究員	呂	健
〃	菅間	敦
任期付研究員	柴田	圭

新技術安全研究グループ

部長	芳司	俊郎
任期付研究員	平内	和樹

産業保健研究グループ

部長	佐々木	毅
上席研究員	久保	智英
〃	井澤	修平
研究員	松元	俊
任期付研究員	佐藤	ゆき
〃	川上	澄香
〃	西村	悠貴

環境計測研究グループ

部長	柴田	延幸
部長代理	高橋	幸雄
統括研究員	小嶋	純
上席研究員	上野	哲
〃	齊藤	宏之
〃	山口	さち子
〃	安彦	泰進
主任研究員	井上	直子
任期付研究員	高谷	一成

人間工学研究グループ

部長	岩切	一幸
上席研究員	劉	欣欣
〃	松尾	知明
〃	時澤	健
研究員	池田	大樹
〃	蘇	リナ
任期付研究員	小山	冬樹
〃	杜	唐慧子

社会労働衛生研究グループ

2. フェロー研究員、客員研究員等

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

1) フェロー研究員

令和3年度末現在、以下の42名にフェロー研究員の称号を付与している。

1) 前田 豊	15) 鈴木 芳美	29) 三枝 順三
2) 浅野 和俊	16) 武林 亨	30) 平田 衛
3) 安達 洋	17) 永田 久雄	31) 宮川 宗之
4) 有藤 平八郎	18) 久永 直見	32) 小川 康恭
5) 池田 正之	19) 堀井 宣幸	33) 松村 芳美
6) 市川 健二	20) 本間 健資	34) 茅嶋 康太郎
7) 岩崎 毅	21) 松井 英憲	35) 豊澤 康男
8) 臼井 伸之介	22) 本山 建雄	36) 小木 和孝
9) 内山 巖雄	23) 新村 和哉	37) 澤田 晋一
10) 河尻 義正	24) 櫻井 治彦	38) 篠原 也寸志
11) 岸 玲子	25) 森永 謙二	39) 北村 文彦
12) 日下 幸則	26) 鶴田 寛	40) 横山 和仁
13) 小泉 昭夫	27) 斉藤 進	41) 富田 一
14) 神代 雅晴	28) 神山 宣彦	42) 金子 善博

2) 客員研究員

令和3年度は、新型コロナウイルス感染症の影響により委嘱しなかった。

IV. 予算・決算等

1. 経費の節減

1) 施設経費の節減

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

2) 研究経費の節減

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

2. 運営費交付金、労災疾病臨床研究事業費補助金（厚生労働省）

令和 3 年度における運営費交付金(決算)は 21 億 9,260 万 2 千円、2 件の労災疾病臨床研究事業費補助金(決算)は 6 億 9,226 万円であった。

種類	研究課題名	配分額
労災疾病臨床研究事業費補助金	1) 過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究	2 億 9,422 万 6 千円
	2) 放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究	3 億 9,803 万 3 千円

3. 受託収入

国から 1 件、その他から 3 件の合計 4 件で 6,269 万円を獲得した。

4. 外部研究資金

種類	研究課題名	配分額(円)
厚生労働科学研究費補助金	1) 製造現場におけるIoTを活用した安全管理システムに関する研究	3,267,000
	2) 機械設備に係るリスクアセスメント支援システムの開発	8,177,000
	3) 建設工事における安全衛生の確保のための設計段階の措置の確立に向けた研究	2,853,000
	4) 国際的な防爆規制に対する整合性確保のための調査研究	5,687,000
	5) 作業経験の異なる建設作業者のリスク回避の認知過程に関する特性分析とリスク回避行動促進のための支援デバイスの検討	1,055,000
	6) 建設工事における建設工事従事者を対象とする新たな安全衛生確保のための制度構築に資する研究	3,706,000
労災疾病臨床研究	1) 事務所衛生基準規則に関する研究 — 妥当性と国際基準との調和	170,000
日本学術振興会	1) 労働者の体力と座位行動に着目した疫学研究:職域コホート研究創立と介入策確立	1,900,000
	2) 土砂崩壊の予兆を「見える化」する新技術の実証試験	1,000,000
	3) トンネル建設現場における肌落ち災害抑制技術の開発	200,000
	4) 強度と勾配を統制した磁場条件による造骨細胞系への影響評価	700,000
	5) 精神作業による心血管系負担を軽減するための休息の仕方に関する生理心理学的検討	0
	6) 医療従事者の曝露後サーベイランスツール開発と労務管理支援手法に関する研究	0
	7) 夜勤時間制限と休日配置が看護師の安全、健康、生活の質に及ぼす影響の検討	0
	8) 人の振動感受方向依存性と伝達位相遅れ特性を応用した乗り心地快適性の向上	0
	9) 日勤労働者の勤務間インターバルの規則性:その実態と問題の把握、および対応策の検討	0
	10) 勤務中座位行動が労働者の循環器系反応および自立神経活動に及ぼす影響	1,200,000
	11) 夜勤によるパフォーマンス低下と自己評価に関する研究	0

種類	研究課題名	配分額(円)
	12) 働く人々の幸福感・肯定感情の免疫・遺伝子発現機序の解明と産業保健現場での応用	50,000
	13) 医療被曝と脳腫瘍MOBI-Kids Studyにおける国際比較	0
	14) 環境因子が運動時の持久性能力と体温調節に及ぼす影響: 日射量と気流の複合的作用	50,000
	15) 健康維持増進と知的生産活動向上に寄与する室内空気環境の解明	100,000
	16) How to swim faster? Focusing on the propulsive force and kinematics of swimming	0
	17) ウェットな氷面上でのすべり転倒抑制効果を有する硬質繊維混紡耐滑鞋底の開発	2,050,000
	18) 摩擦に起因するすべり・つまづき転倒機構の解明に基づく転倒予防鞋底・床材料の開発	200,000
	19) 反復ばく露を用いた産業化学物質の遺伝毒性スクリーニング及びメカニズム解析	900,000
	20) 労働者の心理的ディタッチメントとメンタルヘルス不調に対する実行機能の影響の解明	900,000
	21) 作業環境測定試料分析の自動化を視野に入れた固相抽出法の高精度化の検討	900,000
	22) 医療従事者の職業感染サーベイランスと曝露後対応及び労務管理支援手法に関する研究	1,600,000
	23) ウェアラブル深部体温計の実用化と暑熱負担フィールド調査	2,200,000
政府受託	1) 地方公務員の過労死等に係る公務災害認定事業に関する調査研究事業	8,691,575
	2) ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト/無人航空機に求められる安全基準策定のための研究開発(民間受託)	47,615,184
	3) AI ロボット群標準化のための安全評価基準策定(民間受託)	5,591,385
	4) 組織的介入による多角的な職場のメンタルヘルス対策の効果検証を目的とするクラスター無作為化比較試験(民間受託)	791,910

注)配分額は研究に使用できる直接経費金額

5. 謝金収入等

種類	金額(千円)
1) 謝金収入	13,588
2) 施設貸与収入	211
3) 知的財産使用料	1,125
4) その他	13,739
(合計)	28,663

V. 敷地建物、施設設備等

1. 敷地、建物

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

2. 大型施設・設備（令和3年度購入分）

清瀬地区	登戸地区
1) 可視化レーザー	1) 長時間心電図記録器 10 式
2) 定常法熱伝導率測定装置本体部	2) 6DOF/レーザー変位計・更新部品
3) リニア駆動型ワイヤロープ疲労試験機用ラインカメラ	3) Airchek Touch ポンプ
4) Instron 製 8516 型油圧サーボ式疲労試験機情報端末 および試験ソフトアップグレード	4) 多項目自動血球計数装置
5) MTS 社製ワイヤロープ試験機用油圧部品	5) バイオクリーンベンチ (強制循環排気式)

3. 外部貸与対象の研究施設・設備

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

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

貸与対象の研究施設・設備の詳細は研究所ホームページで紹介している。

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

4. 図書室蔵書数

区 分		清瀬地区	登戸地区	合 計
単行本 ()内は令和3年度 受入数(内数)	和書	19,424冊 (92冊)	8,736冊 (229冊)	28,160冊 (321冊)
	洋書	3,616冊 (16冊)	5,042冊 (31冊)	8,658冊 (47冊)
	(計)	23,040冊 (108冊)	13,778冊 (260冊)	36,818冊 (368冊)
製本雑誌(うち令和3年度分)		23,667冊 (255冊)	21,655冊 (56冊)	45,322冊 (311冊)
購入雑誌	和雑誌	48誌	1誌	49誌
	洋雑誌	48誌	16誌	64誌
	(計)	96誌	17誌	113誌
寄贈交換誌	和雑誌	151誌	160誌	311誌
	洋雑誌	1誌	20誌	21誌
	(計)	152誌	180誌	332誌

研究所の各種研究業務を支援するため両地区に図書室を設置している。

VI. 独立行政法人評価に関する有識者会議による評価(抄)

令和3年8月、独立行政法人評価に関する有識者会議第40回労働WGにおいて、令和2年度における機構の業務実績の評価が行われた。

機構全体の評価は、中期計画における所期の目標を達成している(B)と認められた。

評価項目は多々あるが、研究所に関わる評価項目は、「国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項」のうちの2項目である。

1つは「労働安全衛生施策の企画・立案に貢献する研究の推進」であり、次の理由等によって、中期目標の所期の目標を上回る成果が得られている(A)と評価された。

労働安全衛生の総合的研究機関として有する専門的な知見や臨床研究機能等、機構内の複数の施設が有する機能等を連携させ統合効果を発揮するため、研究所は「高純度シリカにばく露して発症した呼吸器疾患に関する労働衛生学的研究」等を、労災病院、医療リハビリテーションセンター、日本バイオアッセイ研究センター、アスベスト疾患研究・研修センターのほか、外部の大学病院や医科大学とも協力し、協働研究を進めている。

プロジェクト研究(18課題)、協働研究(5課題)、行政要請研究(9課題)を実施した結果、法令・基準の制改定等へ16件貢献し、外部評価における研究成果の評価平均3.99点(満点5点)を得た。加えて、全ての研究報告書が「政策効果が期待できる」と評価を受けた。

もう1つは、「労働災害調査事業」であり、次の事項などが評価され、中期目標の所期の目標を上回る成果が得られている(A)とされた。

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

実施体制については、あらゆる事案に対応できるよう、建設分野、機械分野、化学分野等の複数の専門家によるチームを編成し、研究所がもつ高度な科学的知見が必要とされる災害調査等を実施している。また、労働災害調査分析センターの体制強化や災害情報のデータベース化に着手するなどが認められた。

また、同年度においては、「漁船の揚網機で発生した巻き込まれ災害」、「アルミ粉製造工場で発生した爆発災害」など、5件の災害調査報告書を研究所のホームページにおいて公表している。加えて、災害調査、鑑定等の報告書について、依頼元を実施したアンケートの回答の平均が2.83点(満点3点)であった。なお、令和2年度に依頼元に調査結果等を報告した件数は、厚生労働省からの依頼による災害調査が12件、労働基準監督署、警察署等の捜査機関からの依頼に基づく鑑定等が12件であった。

令和2年度業務実績報告書 労働者健康安全機構 評価項目(抄)

事項	評価項目	令和2年度 (主務大臣評価)	重要度	難易度
国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する事項	労働安全衛生施策の企画・立案に貢献する研究の推進	A	高	—
	労働災害調査事業	A	—	—
中 略				
(機構全体の)総合評価		B	—	—

資料編

I. 調査研究業務等の実施に関する資料

1. 研究課題一覧

表 1-1 協働研究課題(4 課題)

研究課題	頁
(1) せき損等の職業性外傷の予防と生活支援に関する総合的研究	27
(2) 高純度結晶性シリカにばく露して発症した呼吸器疾病に関する労働衛生学的研究	33
(3) ベリリウム化合物等の取扱作業等へのばく露防止及び健康管理に関する研究	36
(4) 病院における労働環境の実態把握及び円滑な業務運営につなげる安全衛生対策研究	40

表1-2 プロジェクト研究課題(12課題)

研究課題	頁
(1) 建築物の解体工事における躯体の不安定性に起因する災害防止に関する研究[H30～R3]	45
(2) トラブル対処作業における爆発・火災の予測及び防止に関する研究[H30～R3]	52
(3) 化学物質リスクアセスメント等実施支援策に関する研究[H30～R3]	58
(4) 帯電防止技術の高度化による静電気着火危険性低減に関する研究[R1～R4]	65
(5) 人間特性支援による安全管理及び教育手法に関する研究[R2～R5]	72
(6) 吊り上げ用具類の寿命予測手法の開発[R3～R6]	80
(7) 個別粒子分析法による気中粒子状物質測定信頼性の向上に関する研究[H30～R3]	84
(8) 産業化学物質の皮膚透過性評価法の確立とリスク評価への応用に関する研究[R1～R4]	89
(9) 高齢労働者に対する物理的因子の影響に関する研究[R1～R4]	93
(10) 健康のリスク評価と衛生管理に向けた労働体力科学研究[R2～R4]	98
(11) 腰痛予防と持ち上げ重量に関する研究[R3～R6]	102
(12) 労働者のストレスの評価とメンタルヘルス不調の予防に関する研究[R3～R5]	109

表 1-3 基盤的研究課題(21 課題)

研究課題	頁
a. 化学物質情報管理研究センター	
(1) 拡散捕集管の個人ばく露測定への応用に関する研究	113
b. 安全研究領域	
(1) 大型建設機械を対象とした安定設置に必要な地盤要件の検討	114
(2) 自然地山の掘削勾配と斜面安定性の検討	115
(3) シールドセグメントの崩壊災害等の防止に関する研究	116
(4) トラック荷台等からの転落防止に求められる昇降設備の検討	117
(5) 水分が関係する化学反応によるマグネシウム発火事故の防止に関する研究	117
(6) 機械による労働災害事例研究のための標準テキストデータの整備	120
(7) 建設用ゴンドラの風に対する安定性に関する研究	121
(8) 交差フレームに受圧シートを張った土砂遮断装置の高度化に関する研究	122
(9) 機械学習を災害事例分析に適用するための特徴量データベースの構築に関する研究	123
(10) 新技術が労働安全に及ぼす影響に関する調査研究	124
(11) 足こすり動作による簡易すべり官能評価手法に関する研究	125
(12) 機械学習を用いた作業姿勢判別と操作力推定に基づく反動作業の転倒リスク評価に関する検討	126
c. 健康研究領域	
(1) パッチ型センサによる深部体温推定の妥当性評価	128

研究課題	頁
(2) 熱中症救急搬送データと労災病院のデータを用いた熱中症の分析	129
(3) 作業環境中の測定のためのイオン移動度分析装置の開発	130
(4) 若年労働者の健康リテラシー評価尺度の検討	131
(5) 職場における暴言の間接的聴取が作業者のパフォーマンスと精神的健康に与える影響	133
(6) 在宅勤務者の作業環境および姿勢・動作を評価する指標の開発とその妥当性の検証	137
(7) 低濃度有機溶剤蒸気に関する作業環境測定のための固体捕集剤の研究	139
(8) 個人騒音ばく露測定導入に向けた騒音測定・評価方法の構築と個人騒音ばく露計の試作	140

表 1-4 外部研究資金による研究課題(研究員等が研究代表者を務めた 29 課題)

資金の種類	研究課題名	研究代表者	分担・共同研究者※	研究期間	
厚生労働省 厚生労働科学 研究費補助金	(1) 製造現場におけるIoTを活用した安全管理システムに関する研究	梅崎 重夫	清水 尚憲, 齋藤 剛, 濱島 京子, 北條理恵子(長岡技術科学大)	R1~R3	
	(2) 機械設備に係るリスクアセスメント支援システムの開発	齋藤 剛	濱島 京子, 芳司 俊郎, 清水 尚憲, 池田 博康, 梅崎 重夫	R2~R4	
	(3) 建設工事における安全衛生の確保のための設計段階の措置の確立に向けた研究	吉川 直孝	大嶋 勝利, 平岡 伸隆, 高橋 弘樹	R2~R4	
	(4) 国際的な防爆規制に対する整合性確保のための調査研究	大塚 輝人	遠藤 雄大	R2~R4	
	(5) 建設現場における建設工事従事者を対象とする新たな安全衛生確保のための制度構築に資する研究	平岡 伸隆	吉川 直孝, 大嶋 勝利, 北條理恵子, 高木 元也	R3~R4	
	(6) 作業経験の異なる建設作業者のリスク回避の認知過程に関する特性分析とリスク回避行動促進のための支援デバイスの検討	高橋 明子	島田 行恭, 菅間 敦	R3~R5	
文部科学省 科学研究費補助金	基盤 研究(B) 一般	(1) 労働者の体力と座位行動に着目した疫学研究:職域コホート研究創立と介入策確立	松尾 知明	蘇 リナ, 田中喜代次(筑波大), 甲斐 裕子(明治安田厚生事業団体力医学研究所)	R1~R5
		(2) ウェアラブル深部体温計の実用化と暑熱負担フィールド調査	時澤 健	依田珠江(獨協大)、大谷秀憲(姫路獨協大)	R3~R7
	基盤 研究(C) 一般	(1) 土砂崩壊の予兆を「見える化」する新技術の実証試験	玉手 聡	堀 智仁	R2~R5
		(2) トンネル建設現場における肌落ち災害抑制技術の開発	吉川 直孝		R2~R4
		(3) ウェットな氷面上でのすべり転倒抑制効果を有する硬質繊維混紡耐滑靴底の開発	柴田 圭	大西 明宏, 山口 健(東北大)	R3~R5
(4) 精神作業による心血管系負担を軽減するための休息の仕方に関する生理心理学的検討	劉 欣欣	岩切 一幸, 外山みどり	H29~R3		
(5) 医療従事者の曝露後サーベイランスツール開発と労務管理支援手法に関する研究	吉川 徹	木戸内 清(名古屋市), 網中眞由美(日本看護大), 佐野 友美, 竹内由利子	H29~R3		

資金の種類	研究課題名	研究代表者	分担・共同研究者※	研究期間
			(大原労研), 細見由美子 (国際安全センター日本事務局)	
	(6) 夜勤時間制限と休日配置が看護師の安全, 健康, 生活の質に及ぼす影響の検討	松元 俊		H29~R3
	(7) 人の振動感受方向依存性と伝達位相遅れ特性を応用した乗り心地快適性の向上	柴田 延幸		H29~R3
	(8) 強度と勾配を統制した磁場条件による造骨細胞系への影響評価	山口さち子		H31~R3
	(9) 医療従事者の職業感染サーベイランスと曝露後対応及び労務管理支援手法に関する研究	吉川 徹		R3~R5
	(10) 作業環境測定試料分析の自動化を視野に入れた固相抽出法の高精度化の検討	井上 直子		R3~R5
若手研究(B)	(1) 日勤労働者の勤務間インターバルの規則性:その実態と問題の把握, および対応策の検討	池田 大樹		H29~R3
	(2) 勤務中座位行動が労働者の循環器系反応および自立神経活動に及ぼす影響	蘇 リナ		R2~R4
	(3) How to swim faster? Focusing on the propulsive force and kinematics of swimming	杜 唐慧子		H30~R3
	(4) 労働者の心理的ディタッチメントとメンタルヘルス不調に対する実行機能の影響の解明	木内 敬太		R3~R5
	(5) 反復ばく露を用いた産業化学物質の遺伝毒性スクリーニング及びメカニズム解析	小林 沙穂		R3~R7
研究活動スタート支援	(1) 夜勤によるパフォーマンス低下と自己評価に関する研究	西村 悠貴		R1~R3
政府受託	NEDO (1) 無人航空機に求められる安全基準策定のための研究開発	岡部 康平	玉手 聡, 清水 尚憲, 堀 智仁, 山口 篤志	R2~R3
	JST (2) AIロボット群標準化のための安全評価基準策定	岡部 康平	北條理恵子	R3~
	厚生労働省 (3) 過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究	高橋 正也	酒井 一博, 佐々木 司, 北島 洋樹, 石井 賢治(大原記念労働科学研究所), 池添 弘邦, 高見 具広, 藤本 隆史, 石井 華絵(労働政策研究・研修機構), 深澤 健二(アドバンテッジリスクマネージメント)	R3~R5

資金の種類	研究課題名	研究代表者	分担・共同研究者※	研究期間
	(4) 放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究	大久保利晃	明石 真言, 栗原 治, 数藤由美子(量子科学技術研究開発機構), 百瀬 琢磨(日本原子力研究開発機構), 祖父江友孝(大阪大), 谷口 信行(自治医科大), 宮川めぐみ(宮川病院), 大石 和佳, 小笹晃太郎(放射線影響研究所), 星 北斗(星総合病院), 大神 明, 真船 浩介, 喜多村紘子(産業医科大), 佐々木 洋(金沢医科大), 吉永 信治(広島大)	H31～R5
総務省	(5) 地方公務員の過労死等に係る公務災害認定事業に関する調査研究事業2021	吉川 徹	山内 貴史(東京慈恵会医科大), 高田 琢弘(東海学園大)	R3

※連携研究者は含めない

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

資金の種類	研究課題	研究代表者	分担・共同研究者	研究期間	
労災疾病臨床研究補助金事業	(1) 事務所衛生基準規則に関する研究 － 妥当性と国際基準との調和	武藤 剛 (北里大)	花里 真道(千葉大), 橋本 晴夫(東京工業大), 中村 裕之(金沢大), 松平 浩(東京大), 横山 和仁, 遠藤 源樹(順天堂大), 齊藤 宏之	R1～R3	
文部科学省科学研究費補助金	基盤研究(B)一般	(1) 働く人々の幸福感・肯定感情の免疫・遺伝子発現機序の解明と産業保健現場での応用	中田 光紀 (国際医療福祉大)	永田 智久(産業医科大), 内田由紀子(京都大), 島津 明人(慶應義塾大), 阿久津 聡(一橋大), 井澤 修平	R1～R3
		(2) 摩擦に起因するすべり・つまずき転倒機構の解明に基づく転倒予防靴底・床材料の開発	山口 健 (東北大)	柴田 圭	R2～R4
	基盤研究(C)一般	(1) 医療被曝と脳腫瘍 MOBI-Kids Studyにおける国際比較	小島原典子 (東京女子医科大)	山口さち子	H30～R3
	(2) 環境因子が運動時の持久性能力と体温調節に及ぼす影響: 日射量と気流の複合的作用	大谷 秀憲 (姫路獨協大)	後藤 平太(九州共立大), 時澤 健	R1～R3	
	(3) 健康維持増進と知的生産活動向上に寄与する室内空気環境の解明	中山 誠健 (千葉大)	中岡 宏子, 戸高恵美子, 森 千里, 鈴木 規道(千葉大), 高谷 一成	R1～R3	
日本医療研究開発機構「認知症等対策官民イノベーション実証基盤整備事業」	(1) 組織的介入による多角的な職場のメンタルヘルス対策の効果検証を目的とするクラスター無作為化比較試験	堤 明純 (北里大)	吉田 憲吾(情報基盤開発), 今村幸太郎(東京大), 櫻谷あすか(東京女子医科大), 江口 尚, 井上 彰臣(産業医科大), 渡辺和弘, 引地 博之(北里大), 吉川 徹, 井澤 修平	R3～R7	

2. 協働研究成果概要

(1) せき損等の職業性外傷の予防と生活支援に関する総合的研究 【4年計画の3年目】

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

【研究期間】 令和元～令和4年度

【実行予算】 91,332千円(令和3年度)

【研究概要】

(1) 背景

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

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

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

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

以上のことから、本協働研究においては、以下の3テーマを重点的に研究する。

1) サブテーマ1:医療データ分析に基づく工学的対策の検討

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

2) サブテーマ2:歩行支援機器使用者及び介助者の安全性及び臨床効果に関する検討

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

3) サブテーマ3:歩行支援機器モデル構想の提案
新たな歩行支援機器を試作することも視野に入れ、現状の歩行支援機器の安全性及び使用性向上の方策の提案を行う。

(2) 目的

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

(3) 方法

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

る。

1) サブテーマ 1: 医療データ分析に基づく工学的対策の検討

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

2) サブテーマ 2: 歩行支援機器の安全性及び臨床効果に関する検討

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

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

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

3) サブテーマ 3: 歩行支援機器モデル構想の提案

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

(4) 研究の特色・独創性

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

【研究成果】

(1) サブテーマ1: 医療データ分析に基づく工学的対策の検討

本サブテーマで利用する2つのデータバンク(外傷患者に関わるデータ)と、労働災害の死傷病データバンクを含めて解析することにより、より包括的に日常生活と労働現場における受傷低減・防止対策の提案につながることを期待される。サブテーマ 1 では、これらの3つのデータバンクの中から、受傷の実態を明らかにすることとともに定量的に把握することを試みた。本年度は、データの収集と解析を実施し、その結果の考察を深め、論文化を試みた。

主に以下の3つのデータベースである、①RODEO Study(運動器外傷データ)、②日本外傷データバンクの医療データ、③転倒災害等労働災害防止検討会開催であった。

① RODEO study(運動器外傷データ)

本研究では RODEO study の中から、複数骨折3件を含む横浜労災病院 101 件、関東労災病院 118 件の計 219 件の転倒災害を抽出した。性別は男性が 95 名(43.4%)、女性が 124 名(56.6%)であり、受傷時年齢層を表 1 に示した。転倒災害の発生状況を「転倒時の行動」(表 2)と「転倒パターン」(表 3)に分類し、その分類とデモグラフィックデータ、及び受傷程度と受傷箇所の医療情報との関連について定量的分析を実施した。その結果、「転倒時の行動」または「転倒パターン」によって、骨折部位や受傷時年齢との関連が異なることが示された。本結果は論文化を終え投

表1 性別と受傷時年齢

	N	(%)
性別		
男性	95	(43.4)
女性	124	(56.6)
合計	219	(100.0)
平均受傷時年齢 (Mean, SD)	(50.89, 10.82)	
Range (Min ~ Max)	(18, 65)	
19歳以下	2	(0.9)
20~24歳	4	(1.8)
25~29歳	7	(3.2)
30~34歳	6	(2.7)
35~39歳	13	(5.9)
40~44歳	22	(10.0)
45~49歳	23	(10.5)
50~54歳	46	(21.0)
55~59歳	46	(21.0)
60~65歳	50	(22.8)
合計	219	(100.0)

表2 転倒時の行動

分類	内容	N	(%)
歩行中等	歩いている、立って何かしている、平な所にいると想定	112	(51.1)
斜路歩行中	歩いている、立って何かしている、斜路にいる	19	(8.7)
走っている	走っている	8	(3.7)
階段歩行中等	歩いている、立って何かしている、階段にいる	11	(5.0)
物を運んでいる	物を運んでいる	8	(3.7)
座位関連	座ろうとしている、立ち上がろうとしている	4	(1.8)
スポーツ	スポーツ	12	(5.5)
酩酊している	酩酊している	21	(9.6)
2輪車を運転している	2輪車を運転している	5	(2.3)
その他	その他	19	(8.7)
合計	合計	219	(100.0)

表3 転倒パターン

分類	内容	N	(%)
滑って	後ろに転倒	64	(29.2)
つまずいて	前に転倒、手をつく、つ	31	(14.2)
引っかかって	前に転倒、手をつく	12	(5.5)
ひねって	足首にダメージ、くじい	14	(6.4)
ぶつかる	衝撃による被災、ぶつけ	9	(4.1)
よろけて	バランスを崩し	14	(6.4)
階段から転倒	転がり落ちる衝撃、衝撃	10	(4.6)
椅子から落ちて	落下の衝撃	3	(1.4)
2輪車から転倒	スピードが出ているので	4	(1.8)
その他	その他	58	(26.5)
合計	合計	219	(100.0)

① 日本外傷データベース

② 日本外傷データベース

本研究では2004年から2019年までの日本外傷データベース361,606件のうち、欠損値、15歳から117歳まで、外傷原因として労働災害のデータのみを抽出した。抽出した17,753件について、受傷機転の分類を10種類として分け、受傷機転別に年齢層分布と生存・死亡数を明らかにした。受傷機転別の年齢層分布の結果は、墜落は50代後半から60代で多く、転落は60代から80代前半が多かった。また、転倒は70~90

代で多く、交通事故は10~20代前半が多かった。受傷機転別の生存・死亡数の結果は、墜落と転落は50~60代で多く、転倒は50~60代が多かった。

③ 転倒災害等労働災害防止検討会開催

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

(2) サブテーマ 2: 歩行支援機器の安全性及び臨床効果に関する検討

本テーマでは、歩行支援機器使用者及び介助者の安全性及び臨床効果に関する検討及び利用者に対する歩行支援以外の身体・精神的な影響の解明及び介助側からの各歩行支援機器に対する安全性の確認手順の提案を進めている。今年度は以下の2点について検討を行った。

① 歩行支援機器の安全性

昨年度に引き続き、臨床場面において、歩行支援機器を利用する際の安全上の問題点や使用性等を把握するために、吉備高原医療リハビリテーションセンターでの歩行訓練を対象に、歩行支援機器の利用状況について、検討を行った。本年度は、主にFREE Walkについての行動観察を行った。方法は、介助者の介助中の姿勢に着目して、外骨格を装着した歩行訓練介助者の行動を低速度再生し、株式会社アドバンス・メディア製 AmiVoiveを使用して音声入力を行った。次に、入力されたテキストデータを、昨年度開発のリスクアセスメント分析の「介助者」項目に入力した。その際に、介助者、装着者間での会話も抜き出し行動解析表を作成した。まず、歩行支援機器を初めて装着する際の、最終的な微調整(フィッティング)についての解析を行った。フィッティングでは、介助者①が主に調整の主導を行い、介助者②が補助的な役割を担う。その際の姿勢として、しゃがみ、中腰、片膝といった身体的に負荷のかかる姿勢が多くみられたため、解析項目とした。次に、歩行支援機器を装着して初めての歩行訓練の様子を解析した(図1)。

【結果と考察】

歩行支援機器の装着の際の微調整(フィッティング)作業における行動解析を例に挙げると、両手で右足先を取り両手で右足首を挟んで持ち上げて床に置きFREE Walkの装着を始める、右手で右足首を持ち左手をFREE Walkの関節下を持ち、右手で右足を持ち上げ膝を曲げて上げFREE Walkにはめる、右手で右足を優しく押し左手で添えて両手で足先をFREE Walkにはめる、少し両手で調整してならした後、右手をFREE Walkに触り、体を左前面に移動し



図1 リスクアセスメント分析の項目と結果

ながら左手をFREE Walkの外側に置く、介助者の左足を左にずらして両手で挟むようにして膝をFREE Walkにはめる、左手を利用者の腰のほうに伸ばし、確認するように触る、体を利用者の左足の前に戻し介助者の左足の膝を上げ右足の膝をついてしゃがむ、両手で利用者の右足の装着をする、目線を介助者②が気にしている利用者の左のお尻の側面に向けて覗き込むように近づく、目線を戻して右手を利用者の右足に触る、両手で膝下に膝とふくらはぎの間の部分の装着の調整をする、となる。

現在も、このやり取りは続けており、さらなる実用性の向上を目指している。今のところ介助者と装着者のチェックシートの明確な記述分けをリハビリ訓練場面でやっており、今後はさらなるやり取りにより、安全チェックリストを完成させる予定である。

② 外骨格を用いた歩行訓練の臨床効果

吉備高原医療リハビリテーションセンターでは、2018年11月から2021年10月にかけて16名(昨年度は5名)の脊髄損傷患者に対し、ReWalk またはFREE Walk を用いた歩行リハビリテーションを実施し、大腸通過時間、免疫学的検査、酸素消費量計測、体力評価、心理検査などを行った。以下に、歩行訓練の臨床効果に関する研究成果を述べる。

歩行速度とエネルギー消費の調査では、ReWalk(6名)、FREE Walk(4名)を用い、歩行6分間の消費エネルギーを呼気ガス代謝モニターで計測し、従来の長下肢装具の結果と比較した。ReWalkは、長下肢装具と比べて、歩行速度の増加と、エネルギー消費率の減少を認めた。FREE Walkでも同様の傾向を示し、継手付KAFO(Knee-Ankle-Foot Orthosis)と比べて、歩行速度の増加と、エネルギー消費率の減少を認めた。

また、9例の脊髄損傷患者を対象に、外骨格を用いた40分間の歩行訓練によるマイオカイン動態への影響を調べるために、歩行前、歩行直後、歩行終了後2時間に採血を実施した。その結果、血漿アドレナ

リンは、歩行前に比べて歩行直後に有意に増加、血中IL-6は、歩行前に比べて、歩行直後に有意に増加し、2時間後もその効果は持続した。腫瘍壊死因子(TNF-a)、コルチゾールの変化は見られなかった。

さらに、杖の垂直荷重について計測した。外骨格の使用ではロフストランドクラッチと呼ばれる前腕支持型杖が必要となる。ここでは、杖に圧縮引張センサを取り付けて、ReWalkとFREE Walkを装着した歩行時の杖にかかる荷重を比較検討した。FREE Walkでは、杖を交互につくのに対し、ReWalkは杖を同時につくという点が特徴的で、FREE Walkでの杖荷重は最大で体重比30%、ReWalkでは最大で体重比10%前後であった。FREE Walkに比べて、ReWalkのほうが、歩行時の杖荷重が小さい傾向があることがわかった。

(3) サブテーマ3: 歩行支援機器モデル構想の提案

このテーマでは、脊椎損傷者を対象とした歩行支援機器の安全性及び使用性を向上させる方策提案に向け、機器の設計・試作を実施し、仕様検討を進めている。今年度は、昨年度試作した外骨格フレームに駆動系と電装系を組み込んだプロトタイプを開発し、動作プログラムの確認を行った。以下に実施による成果を述べる。

① プロトタイプの開発

図2に試作したプロトタイプを示す。駆動系には、DCブラシレスモータと波動歯車減速装置を組み合わせた超偏平アクチュエータ(WPMZ-50-100-SN-3958, NIDEC)を採用し、股関節と膝関節の各軸直結で配置した。このアクチュエータは、定格トルクが47 Nm、最大トルクが92 Nmで、杖の使用を前提に体重90 kgの人が立ち上がりや歩行を行うときに要する下肢関節トルクを満足する仕様となっている。また、直径が90 mm、厚さが50 mmであり、取り付け箇所からのモータの張り出し量が小さく、従来の駆動軸変換機構をもつモータと減速機に見られるギアトレインを必要としないため、フレームの長さ調節と分割を容易にする。さらに、同アクチュエータ専用のモータドライバ(WPB433120-48, NIDEC)と組み合わせることで、位置・速度・トルクの制御が可能であり、基本的な保護機能(過電圧/低電圧、エンコーダ信号、過電流、速度、過負荷の異常を検知し、電源遮断)を有している。また、モータ暴走抑止として、想定可動範囲外にソフトウェアリミットとメカストップを配置した。

歩行トリガ用センサには、3軸加速度センサとジャイロセンサを内蔵したモーションセンサ(BWT61 Gyroscope sensor, WitMotion)を用い、骨盤帯側面に配置した。

制御系については、これまで行ったタスク分析の結

果と先行機種種の制御フローを参考に、市販のPLC(KV-8000, Keyence)を用いて、立ち上がり・歩行・着座の3つの動作モードを遷移すると共に、歩行開始トリガや歩行停止の処理、異常時処理等を行うようプログラミングした。PLCには、シリアルコミュニケーションユニットと高速入出力ユニットを介し、モータドライバとモーションセンサが接続する。これにより、モーションセンサが装着者の体幹の傾きを検出、それをトリガとして、アクチュエータが駆動する仕組みとなっている。

バッテリーには、脱着充電可能な電動自転車用のDC 48Vリチウムイオン電池(eBike Battery, Greenway)を用い、骨盤帯後面の電装ボックス上部に配置した。外寸は365×90×110mm、質量は3.1kgである。

操作インタフェースには、市販の杖(ロフトランドクラッチ)のグリップを一部加工し、汎用のスイッチを取り付けた(図3)。右グリップにモード選択スイッチと決定スイッチを、左グリップに歩行停止スイッチを配置した。また、誤操作防止の配慮として、モード選択スイッチを押した後に一定の時間(本機では5秒)が経過すると、初期状態に戻るようプログラミングすることで、うっかりスイッチを押してしまったり、押し間違えたりしても、復帰できるようになっている。加えて、PLCには、無線通信基盤(Bluetooth接続)と音声再生報知器を接続することにより、該当モードが選択されたときに音声で通知する(例えば、“歩行モードが選択されました”)と共に、杖に組み込まれた操作スイッチで遠隔操作が可能である。

② 制御ソフトウェア

各動作モードでは、杖でのモード切り替え後、自動的にあるいはトリガ入力により次のモータ制御を行う。歩行モードでは、立位状態で、装着者が前傾してモー



図2 プロトタイプの外観



図3 杖グリップ上のスイッチ

ションセンサが事前に設定した角度のしきい値を超えた時に駆動トリガが入る。歩行停止は杖の停止スイッチの操作により行われ、各関節のモータが立位の位置に戻る。立ち上がりモードでは、座位状態で、開始タイミングはモード切り替え後に音声で通知する。立ち上がり後は、各関節のモータがサーボ停止状態で立位を維持する。着座モードでは、立位状態で、開始タイミングはモード切り替え後に音声で通知する。

動作モードの切り替えと歩行停止は、杖上のスイッチ操作によるが、USB接続の外部PC上からも可能である。また、使用者が歩行パラメータなどを任意に変更できるように、GUIを基本とするソフトウェアを作成した。図4は、PC上の設定画面を示す。各関節モータの単独動作、モータの原点セット、各動作のモード選択・決定の実行、歩行トリガ用角度のしきい値の設定、各動作モードにおけるモータの角度・速度・加速度・減速度を任意に変更可能である。

③ 動作プログラムの確認

図5は、プロトタイプの未装着状態での動作確認の様子を示す。モーションセンサの出力信号をトリガとして、歩行動作モードプログラムを自動実行できることを確認した。また、杖からの遠隔操作によるモード選

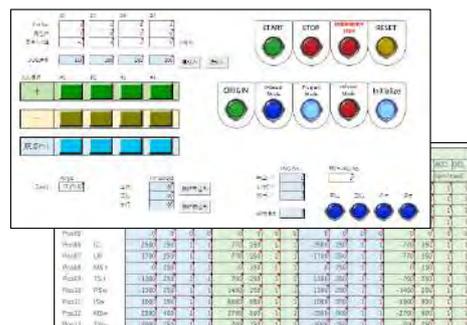


図4 調整用ソフトウェアの設定画面

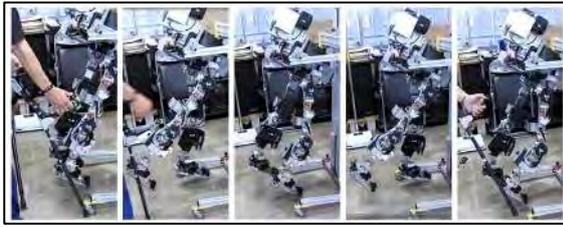


図5 プロトタイプ of 動作確認(歩行モード)

扱、歩行停止の機能と音声ガイド機能の有効性を確認した。立ち上がり、座位モードの状態でも同様に確認した。加えて、人体の下肢と同等のおもりをプロトタイプに取り付けても問題なく各モードで動作することが確認できた。

今後、吉備高原医療リハビリテーションセンターの医療従事者の意見収集を行い、その結果を反映してプロトタイプの改良を進めると共に、健常者を対象にプロトタイプを用いた歩行実験を行い、歩行プログラムの調整と歩行支援機器に必要な要件についてさらに調べる予定である。

【研究業績・成果物】

- 1) 小山秀紀, 北條理恵子, 池田博康 (2021) 脊髄損傷に対する動力付外骨格型機器の現状とリスク対策. 労働安全衛生研究, Vol.14, No.1, pp.15-28.
- 2) R. Hojo, H. Oyama, H. Ikeda (2021) Task analysis using Behavior-based safety (BBS) for making safety check list for physical therapist. Proceedings of IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE 2021), pp.1-3.
- 3) H. Oyama, R. Hojo, H. Ikeda (2021) Safety checklist for patients with spinal cord injury and helpers using exoskeleton. Proceedings of the 10th International Conference on Safety of Industrial Automated System (SIAS 2021), pp.1-6.
- 4) 池田博康, 北條理恵子, 小山秀紀 (2020) 脊髄損傷者用動力付歩行支援機器の使用実態調査とリスク分析. 第 68 回日本職業・災害医学会学術大会.
- 5) 北條理恵子, 小山秀紀, 菅知絵美, 池田博康, 高木元也 (2020) せき損を対象とした自立歩行支援ロボットによる歩行訓練時の介助者への安全対策に関する検討. 第 53 回安全工学研究発表会, pp.171-174.
- 6) 小山秀紀, 北條理恵子, 池田博康 (2020) 脊髄損傷患者に対する Exoskeleton の行動分析. 日本機械学会 2020 年度年次大会, W17203, pp.1-2.
- 7) 北條理恵子, 池田博康, 是村由佳, 山田義範. 職業性脊椎損傷患者の外骨格使用下での理学療法士による歩行介助行動の安全性評価—ISO/IEC 12100 Guide5 によるリスクアセスメントの応用. 行動リハビリテーション研究会年次大会.
- 8) 菅知絵美, 高木元也 (2020) 店舗販売小売業における労働災害発生状況に関する研究. 第 53 回安全工学研究発表会講演集, pp.165-168.
- 9) 高木元也 (2021) 建設現場における死亡災害の実態とせき損等職業性外傷, 埼玉産業保健総合支援センター, 産業保健研修会.

(2) 高純度結晶性シリカにばく露して発症した呼吸器疾患に関する労働衛生学的研究【3年計画の2年目】

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

【研究期間】 令和2～令和4年度

【実行予算】 31,158千円(令和3年度)

【研究概要】

(1) 背景

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

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

(2) 目的

今回の呼吸器疾病の事案について、労働衛生的な観点から原因を究明して、疾病防止に資する作業環境及び作業管理、健康管理等の労働衛生管理を具体化させるためには以下の4つの目的を持って研究を立ち上げる必要がある。①極めて短期間に発症・進行するけい肺の原因はなにか → 吸入性粉じんの濃度が高いから? ばく露したシリカの粒子が微細だから? シリカの純度が極めて高いから? ②極めて短期間で発症・進行するけい肺はどのような臨床病像なのか → 慢性けい肺と同様なのか? 急性けい肺のような肺蛋白症なのか? 病変部位や繊維化の程度は? 繊維化以外の病変? ③極

めて短期間で発症・進行するけい肺を労働で予防するためにはどのようにすれば良いのか → リスクの評価は個人ばく露か作業環境測定か? 粒度分布の情報は必要か? 発じんを防止する効果的な対策とは? 防じんマスクで十分か? ④極めて短期間で発症・進行するけい肺をどのように経過観察していけば良いのか → 従来のじん肺健診(胸部レントゲン、健診間隔)でけい肺の重症化を予防できるのか? 従来の作業転換の時期は適切か? 合併する肺がんを早期発見できるのか?

(3) 方法

上記の研究目的を追求するために、ばく露評価研究班(鷹屋・山田・中村・篠原)、毒性影響研究班(王・小林・柳場・豊岡・西村)、臨床研究班(岸本・三浦・岡本・加藤・他)、労働衛生保護具等研究班(鷹屋・山田・日本保安用品協会)の4つを組織することとした。今回の労災事案のように高純度結晶性シリカにばく露して短期間でけい肺を発症させた企業を含めて、同様の高純度結晶性シリカを生産している企業等に協力を求めて、労働現場に赴いて高純度結晶性シリカにばく露する作業内容や作業環境・作業管理の状況等についてばく露評価研究班が確認する。具体的には作業環境測定及び個人ばく露測定を実施して、法定管理濃度やNIOSHなどの国際機関の提案している許容濃度と比較するだけでなく、OPC等の測定機器を用いてばく露しているシリカの粒度分布等を確認するなどして、高純度結晶性シリカばく露に伴うリスク評価を行う。現場で生産されている高純度結晶性シリカは動物を用いた毒性影響試験でも使用するため確保する予定である。さらに、高純度結晶性シリカの生産に従事する労働者の健康状態や呼吸器疾病の罹患状況を把握するために、健康調査表を用いたアンケート調査と必要な放射線医学的な検査(胸部レントゲンやCT検査など)を実施する。必要に応じて、事業所が実施しているじん肺検診等も確認する。これらの調査研究から高純度結晶性シリカにばく露する労働者の呼吸器疾病の臨床像を解明する。

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

(4) 研究の特色・独創性

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

【研究内容・成果】

令和 3 年度における研究内容は前年度の研究を引き継いで In Vitro 及び In Vivo の実験研究を行った。今まで懸案となっている高純度結晶性シリカの亜急性毒性に及ぼす影響(純度、粒子のサイズ、粒子の表面特性)について検証している。関連して、全国で該当する事業所より取り扱っている高純度結晶性シリカを分析して関連性等を確認している。5 月 18 日から 21 日まで長野県で開催された第 94 回日本産業衛生学会において共同研究者である天本宇紀研究

員が「結晶性及び非結晶性シリカ粒子の微小化と細胞毒性の関係」、山田丸上席研究員が「SEM-EDS による BALF 中マクロファージの微細シリカ粒子貪食率定量法の開発」を口頭発表した。5 月 28 日には研究所内の共同研究者等が集まり、動物へのばく露等の実験方法に関する小班会議を実施した。最後に本研究に協力頂く研究員として日本バイオアッセイ研究センターから新たに 3 名の研究員が加わったため、再度研究倫理委員会に内容変更の申請を行い、許可された。

令和 3 年度の第 3 四半期における研究の進捗状況として、コロナ禍による研究活動への制約が徐々に解消されつつあるため、高純度結晶性シリカを取り扱う 2 つの事業所に赴くことができた。一つ目の事業所に対して設備の稼働状況や衛生管理の実情の確認を兼ねて事業所の下見を 11 月に実施した。この事業所はこの研究が始まるきっかけとなったものでもあり、職場の衛生管理についてはかなりの改善を行ったとのことであった。当研究所からは簡易の計測機器等を持参してある程度の良し悪しが判断できる状態で臨み、結果について事業所に報告して本調査へと望むこととした。ついで、二つ目の事業所に対しては 12 月に本調査を実施した。対象は本社工場と分工場に分かれて高純度結晶性シリカの発じん状況を確認するために気中濃度の測定、粒度分布ごとの発じん量の把握、電顕用のサンプルの捕獲などを 3 つの測定点を行い、さらには、それぞれの作業場所で取り扱い作業者の個人ばく露測定を実施した。個人用のアンケート調査票を配布し、同意書を含め回収する。その上で高純度結晶性シリカの取り扱い作業じん肺健診結果等を閲覧し、CT 検査等を含む臨床検査の必要性を検討する予定である。その他、第三の事業所について Web で会議を持ち、取り扱っている高純度結晶性シリカと非晶性シリカについて情報交換を行い、現地でのばく露調査を依頼した。

In vitro 及び In vivo の研究については第 2 四半期で得られた研究結果の再現性等を確認する意味で、さらに詳細な実験計画を立てて実施した結果、同様の研究結果が得られ、今後は実験動物への投与量や観察期間などを変えて検討することとした。また、一部の事業所から生産している高純度結晶性シリカを In vitro の実験研究に用いてもよいという許可をいただいたので実施する予定である。

実験動物への経気道ばく露を検討しているグループからはほぼサブミクロンレベルの高純度シリカを発生させるシステムを構築したことが報告されたが、この研究成果は労働現場においても応用できる可能性があり、従来の吸入性粉塵(4 μm以下)を秤量してばく露

を推定する手法以外に粒子サイズをさらに細かく分粒してばく露レベルを推定できる可能性が出てきた。今後行われる労働現場でのばく露評価に活用していきたい。

【研究業績・成果物】

[国内外の研究集会発表]

- 1) 天本宇紀, 豊岡達士, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) シリカ粒子の微小化が及ぼす細胞毒性への影響. 第 69 回日本職業・災害医学会学術大会,

日本職業・災害医学会会誌, Vol.69, p.39.

- 2) 山田丸, 柳場由絵, 久保田久代, 天本宇紀, 甲田茂樹 (2021) SEM-EDS による BALF 中マクロファージの微細シリカ粒子食率測定法の開発, 第 94 回日本産業衛生学会, 産衛誌, Vol.63, p.466.
- 3) 天本宇紀, 豊岡達士, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) 結晶性及び非晶性シリカ粒子の微小化と細胞毒性の関係. 第 94 回日本産業衛生学会, 産衛誌, Vol.63, p.465.

(3) ベリリウム化合物等の取扱作業等へのばく露防止及び健康管理に関する研究 【3年計画の1年目】

(安衛研分担)ベリリウム取扱労働者のばく露実態調査、及びALMB法の運用に関する研究

研究代表者：松尾 正樹(中部労災病院)

安衛研分担者：豊岡 達士(有害性評価研究部), 柏木 裕呂樹(同), 王 瑞生(同),

山田 丸(ばく露評価研究部)、鷹屋 光俊(同), 甲田 茂樹(所長代理)

研究分担者：横山 多佳子(旭労災病院)

【研究期間】 令和2～令和4年度

【実行予算】 16,000千円(令和3年度:人件費含)

【研究概要】

(1) 背景

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

我が国において、ベリリウム、及びベリリウム含有率1%以上の化合物(ただし、合金である場合は含有率3%以上)は、特定化学物質障害予防規則による第一類特定化学物質に指定されており、その気中管理濃度は0.001 mg/m³である。しかしながら、実際には3%以下のベリリウム合金を取り扱う我が国の事業所においてCBDの発症が報告されている。他方、米国ではベリリウム含有率0.1%の合金から管理対象としており、2018年には米国安全衛生労働局(OSHA)がベリリウム衛生管理におけるFinal Ruleを発効し、許容ばく露限界値を2 µg/m³から0.2 µg/m³(8時間平均)へ引き下げ、さらに短時間ばく露限界値(STEL)として、2 µg/m³(15分間)を新たに設定された。また、Final Ruleでは、作業者の健康管理を含め、職場のベリリウム衛生管理における雇用者責任が明確にされた。これらのことを踏まえると、我が国におけるベリリウムばく露状況及び、その健康影響の把握は喫緊に必要であり、ベリリウムのばく露評価、衛生管理のあり方について検討することは、我が国のベリリウム産業を健全に維持・発展させるために必須である。

ベリリウム感作の発見、及びCBDの診断には、ベリリウムを抗原としたリンパ球幼若化(増殖)試験(BeLPT: Beryllium lymphocyte proliferation test)が用

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

CBDは労災補償の対象であるが、CBDと臨床像、病理学的所見が酷似する病変に肺サルコイドーシスがある。ここで懸念されることは、CBDであるのに、肺サルコイドーシスの診断を受け、本来受けるべきである補償から漏れている患者が存在する可能性があることである。実際に、米国、ドイツ、イスラエルにおいて、肺サルコイドーシス患者を精査した結果、CBDであったという報告がなされている。現在のところ、CBDと肺サルコイドーシスを画像または病理診断で鑑別することは困難であると考えられているが、BeLPT及び職歴ヒアリング等で裏付けをとりながら、肺サルコイドーシスとCBDの臨床的鑑別方法を開発することは医学的に重要な課題であり、さらに、誤診断者にしかるべき対応をすることは、社会的に必要であると考え

らえる。併せて、ベリリウム感作状態は臨床的には無症状であるが、将来 CBD に発展する蓋然性が高いため、感作者の医学的・社会的にいかに関心を持っていくかを同時に考えていく必要がある。

CBD 患者の医学的対応について、CBD には免疫抑制剤であるステロイドが投与されることが多いが、標準的な対処法は確立されていない。我々の先行研究では早期にステロイド療法をはじめること、症状の悪化を遅らせることができるであろうことを見出し、今後、ステロイド療法を始めるステージの検討や、投与量、効果持続性等を見極め、CBD の治療法を確立することが重要であると考えられる。

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

(2) 目的

本研究では 3 つの研究課題を設定している。各課題の目的は以下の通りである。

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

基準作成に資するデータの蓄積を図る。また CBD の臨床経過、治療法の検討も視野に入れ、健康管理手帳の交付要件の見直し案や労災認定の基準の見直しの提案を目指す。

(3) 方法

本研究は、中部労災病院、旭労災病院、労働安全衛生総合研究所(安衛研)からなる 3 つの研究班を立ち上げ、協働で研究を実施する。以下では、安衛研が担当する研究課題「ベリリウム取扱労働者のばく露実態調査、及び ALMB 法の運用に関する研究」について主に記載する。なお、「ベリリウム取扱事業場労働者を対象とした臨床研究」は中部労災病院(研究代表者:松尾)が担当し、③「CBD 診断基準開発、治療及び肺サルコイドーシスとの鑑別に関する研究」は、旭労災病院(研究分担者:横山)が担当する。また、ベリリウム取扱事業場との折衝や、厚生労働省との調整を要するため、機構本部研究試験企画調整課と密に連携して行う。

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

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

(4) 研究の特色・独創性

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

また、我が国における CBD と肺サルコイドーシスについて比較検討した報告や、肺サルコイドーシス患

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

(5) 研究内容・成果

安衛研が担当する「ベリリウム取扱労働者のばく露実態調査、及び ALMB 法の運用に関する研究」を中心に令和 3 年度の研究成果を記載する。

1) ベリリウム取扱労働者のばく露実態調査

本省との意見交換や Web 情報等からベリリウムの取扱の有無を独自調査した上で、対象事業所を選定、事業所担当者、現場産業者並びに監督者らと、Web 会議を通じて研究の趣旨等を説明、研究への参加を継続的に呼びかけてきた。令和 3 年度は 6 社と交渉することができ、この 6 社からは研究参加に前向きな返答を得た。また、一部事業所からは現場調査に向けたアンケート調査を実施し、具体的な作業内容、作業人数、頻度、ばく露対策の状況等について回答を得た。一方で、未だ新型コロナウイルスの影響があり、実際に現場に赴くことはできていない状況である。他方、外資系ベリリウム銅関連企業の OB とコネクションをつくり、現場におけるベリリウム銅の使用や流通等について、情報共有するなどの活動をした。

2) ALMB 法の運用に関する研究

これまでにベリリウム取扱経験者約 80 名を対象に ALMB-BeLPT を実施し、ベリリウム感作者のリンパ球において、リンパ球増殖が惹起される BeSO_4 の濃度範囲を見出すと共に、臨床所見と突き合わせ、Stimulation Index (S.I.)=1.1 以上になったときに、ベリリウム感作有り(陽性)という暫定判定基準値を設定した。一方で、この判定基準値は、ベリリウム取扱経験者を対象とした検討から設定したものであるため、判定基準値を確固たるものにするためには、ベリリウムを取り扱ったことがない者(ネガティブコントロール:健康者)を対象にした検討が必須である。本研究では前年度からネガティブコントロール群を中心とした ALMB-BeLPT を実施しており、今年度(令和 3 年度)も継続的にデータを収集し、ネガティブコントロールとして合計 47 名分のデータを蓄積することができた。また、CBD は肺サルコイドーシスと臨床初見、病理学的初見が酷似しているため、両者を区別するには BeLPT が必須である。本研究では、サブテーマ 3 にあたる「CBD 診断基準開発、治療及び肺サルコイド

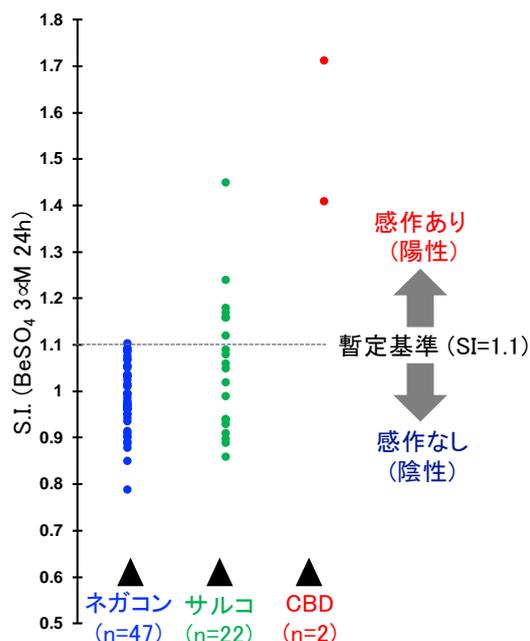


図 1 ALMB-BeLPT によるベリリウム感作判定

ーシスとの鑑別に関する研究」の一環で、サルコイドーシス患者についても ALMB-BeLPT を実施しており、これまでに 22 名のサルコイドーシス患者について検討した。

図 1 に全被験者における ALMB-BeLPT の S.I. 値を示す。感作判定の暫定基準値として S.I.=1.1 をこれまで設定していたが、ベリリウム非取扱者(ネガティブコントロール)の ALMB-BeLPT 実施数が増えたため、検体の中には、S.I.=1.1 に肉薄したり、それをわずかに超える検体が僅かではあるが存在することがわかってきた(約 2%)。ネガティブコントロールはベリリウム感作者ではないことを前提にしているため、S.I.=1.1 を判定基準とすると、本試験系では、約 2% がテクニカルな問題等で偽陽性が発生するものと考えられる。他方、CBD 患者では、S.I.=1.4 以上が安定して記録されるために、感作判定基準値としては、グレーゾーン(再検査領域)、例えば S.I.=1.1~1.2、の設定を検討数必要があると考えられる。

サルコイドーシス患者における ALMB-BeLPT の S.I. は、いずれも CBD 患者の S.I. のように高値を記録しないものの、S.I.=1.1 を超えるものが 8 検体(約 33%)存在した。これら、サンプルについては、別途トリチウムチミジン法による BeLPT、及び、顕微鏡下における細胞形態観察等を実施しており、その結果より、ベリリウム感作を疑うべき検体が一部存在していた。加えて、サルコイドーシス患者のアンケート調査(旭労災:横山医師が実施)の結果においても、ベリリウムを含有する可能性がある材料の取り扱いが疑われる患

者が数名存在し、その中には、今回ベリリウム感作を疑うべきとした検体が含まれていた。ドイツの研究グループの報告によると、職歴等から再検査が必要と考えられた84名の肺サルコイドーシス患者をリクルートし、BeLPTを実施したところ、34名が、実はCBDであったことが示されている。これは、40%近くの肺サルコイドーシス患者がCBDである場合があり得ることを示唆するものである。この報告を鑑みると、本研究では肺サルコイドーシス患者22名のうち8名、約33%がALMB-BeLPTで高値を示したが、この割合は十分にあり得るものである。今後、さらに踏み込んだヒアリング等を実施し、慎重にCBDであるか否かを判断する必要がある。

HLA-DPB1遺伝子多型検査は、ネガティブコントロール:47名、CBD患者:2名、サルコイドーシス患者:21名の合計70名に実施し、全体の70%がHLA-DPB1(E69)の保有していた。これは、日本人約3,000名のHLA多型を調べたデータベースによるHLA-DPB1(E69)の保有率と一致しており、日本人が、ベリリウムに感受性が高い可能性があることを示唆するものである。CBD患者2名については、2名ともHLA-DPB1(E69)を保有していた。一方で、ネガティブコントロールとサルコイドーシス患者については、今回の検査からは、両群でHLA-DPB1(E69)の保有率が大きくかわることを示唆するような結果は得られ

ていない。

今後も、感作判定基準値策定、及び、CBDの鑑別のために、ネガティブコントロール、及びサルコイドーシス患者にALMB-BeLPTを継続的に実施し、ヒストリカルデータの蓄積をはかる必要がある。

【研究業績・成果物】

[その他の専門家向け出版物]

- 1) 豊岡達士, 甲田茂樹 (2021) ベリリウム及びその化合物による健康障害の防止と職場における労働衛生管理—最近の動向と我が国の課題—。産業衛生学会誌総説, 63, 31-42.
- 2) 豊岡達士, 甲田茂樹, 柏木裕呂樹, 山田丸, 王瑞生, 鷹屋光俊, 横山多佳子, 松尾正樹 (2022) ベリリウム含有合金の溶接における衛生管理のポイント—ベリリウムおよびその化合物による健康障害の防止に向けて—, 溶接技術 7月号

[国内外の研究集会発表]

- 1) 豊岡達士 (2021) ベリリウムの有害性等についての最近の知見。「免疫毒性(ベリリウム)ヒアリング令和3年度有害大気汚染物質の健康リスク評価手法の更なる改善に向けた検討。(国立環境化学研究所主催:環境省受託業務)」, 専門家会議内における講演及びヒアリング

(4) 病院における労働環境の実態把握及び円滑な業務運営につなげる安全衛生対策研究【3年計画の1年目】

吉川 徹(過労死等防止調査研究 C), 川上 澄香(産業保健研究 G), 久保 智英(同), 井澤 修平(同), 松元 俊(同), 佐々木 毅(同), 林 務(関東労災), ニツ矢 浩一郎(九州労災・門司 MC), 上床 輝久(京大医), 磯部 昌憲(京大医), 高橋 正也(過労死等防止調査研究 C)

【研究期間】 令和3～令和5年度

【実行予算】 18,832千円(令和3年度)

【研究概要】

(1) 背景

医療、福祉業に従事する労働者は830万人を越え、そこで働く労働者の安全と健康の確保は重要な課題である[1, 2]。これまで、医師、看護師、臨床検査技師などの医療関係有資格者等(以下「医療専門職」という。)は長時間労働や不規則勤務、精神的負担等、医療労働に関連した健康障害リスクが報告されており[3-5]、働き方改革でも関心事項として、その取り組みが多面に進められている[6]。

一方、医療のチーム医療が推進される中[7]、健全な病院経営を支える病院事務局の役割は大きい。病院事務局に従事する職員(以下「病院事務局職員」という。)は、医療専門職の支援や診療科間の調整、患者と職員・地域住民等からの苦情対応、施設基準の取得や診療報酬請求業務、安全衛生委員会事務局や経理関係事務等の病院運営の根幹に関わる重要な役割を担い、必要不可欠な人材である。

しかし、病院事務局職員の健康と安全の実態やその確保策については、これまで十分取り上げられてこなかった。例えば、過労死等防止調査研究センターによる過労死等の事案の調査研究からは、医療・福祉業の過労死等285件(平成22年1月から平成27年3月)のうち、病院事務局に従事する職員の過労死等は66件(23.2%)を占め、うち脳・心臓疾患は14件、精神障害は52件報告されている[8, 9]。病院事務局に従事する職員の被災が全体の4分の1を占めており、その防止策の検討が急がれる。

さらに、2020年からのCOVID-19パンデミックは、医療専門職をはじめとする病院職員は感染リスクのある中で働いており、COVID-19に関連した労災請求件数は3万件前後と激増している[10]。医療従事者は直接的な感染リスクがあるという点以外にも様々なストレスがある中で病院職員は業務を行わなければならないため、今後COVID-19パンデミックに関連した精神障害等の過労死等事案が日本のみならず世界中で課題となっている。COVID-19流行時の労働者における精神健康の関連要因は、組織および個人レベルでの対策が指摘され、医療従事者は特に精

神健康が悪化しやすい集団であると指摘されている[11]。しかし、現在、わが国において流行中のCOVID-19の問題を受けて、どれくらいの医療機関が職員のメンタルヘルスを守るためのこうした知見を活かし、即座に柔軟に対策を講じることができたのか、また、そうした対策がとられていた場合に効果があったのかは知見に限られる。加えて、周囲から得られるサポートを把握しコミュニケーションをとるなどの様に、個人的な要因によって左右され得るものも含まれているため、管理者側が行う対応だけでなく、個人的な対応や資質についても、メンタル不調の予防要因として扱い、その効果を検討する必要がある。更に、これまでの大規模感染症流行時の病院職員のメンタルヘルスに関する調査は主に医師や看護師などフロントラインの医療専門職が注目されることが多かった。今回のCOVID-19の流行時においては、病院事務局職員も感染リスクのある中で業務を行っており、また新型コロナ禍でも業務継続するための調整役等も担っていると考えられ、着目すべき職種といえる。

今後、流行の長期化が懸念されるなか、上記の点を明らかにすることは労働衛生上、重要な課題となる。

(2) 目的

上記の背景を踏まえ、本研究では2つのテーマを取り上げ、病院における労働安全衛生対策と円滑な病院運営の両立に資する研究を行うことを目的とする。

1つ目として、これまでスポットがあたっていない「病院事務局職員」に着目し、労働環境の実態把握と改善策の提案研究を行う等により、過重労働防止と共に円滑な業務運営につなげる知見を得ることを目的とする。具体的には3つの研究を実施する。(以下、「サブテーマ1」とする。)なおサブテーマ1のヒアリングでは、研究分担者の在籍する、関東労災病院、九州労災病院門司メディカルセンターおよび本部を対象とし、アンケート調査では実施許可の得られた全ての労災病院の事務職員および調査会社にモニターとして登録されている医療機関で働く事務職員を対象とする。

- ア 病院事務局職員の労働環境の実態の把握
- イ 病院事務局職員の過重労働による健康障害防止のための具体的事例の収集と対策視点の整理
- ウ 病院事務局職員の過重労働による健康障害防止のための支援ツールの開発

2 つ目として、コロナ禍で一層の負担がかかっている病院職員の精神的影響の把握と、それを踏まえた対策を検討することで、この切迫した社会情勢下であっても業務運営を継続させる方策を模索することを目的とする。具体的には 4 つの研究を実施する(以下、「サブテーマ 2」とする。)。なお、現在、安衛研では COVID-19 に対応した複数の労災病院の職員に対するヒアリング等による基盤研究を実施しており、本研究におけるサブテーマ 2 では、当該基盤研究を引き継ぐこととする。なおサブテーマ2における対象は、実施許可の得られた全ての労災病院の職員および調査会社にモニターとして登録されている一般の医療従事者とする。

- ア COVID-19 流行時の院内対策の実態把握
- イ COVID-19 流行時のメンタル不調者の割合の把握
- ウ 病院職員のメンタルヘルスを守るうえでの院内対策や個人要因の効果検証
- エ 迅速で柔軟な組織対応を可能とした要因の把握

(3) 方法

サブテーマ 1 に関して、関東労災病院および九州労災病院門司メディカルセンター及び本部に勤務する病院事務局職員を対象とした聞き取り(ヒアリング)調査と、実施許可の得られた全ての労災病院の事務職員と調査会社にモニターとして登録されている医療機関で働く事務職員を対象とした質問紙調査により、その労働環境の実態を把握する。病院の産業医等による産業保健活動等の情報から良好事例を収集し、作成された職場改善ツール(改善マニュアル等)の利用に伴う変化について、組織における変化や担当者による変化を記録、観察し、得られた結果をツール改善の参考にする。図 1 は対象施設におけるヒアリング調査方法を図示した。なお質問紙については、聞き取り(ヒアリング)調査を踏まえて作成するため、内容及び侵襲性については作成次第別途倫理審査委員会に申請する

また、サブテーマ 2 に関して、実施許可の得られた労災病院職員および調査会社にモニターとして登録されている一般の医療従事者を対象とし、ヒアリング

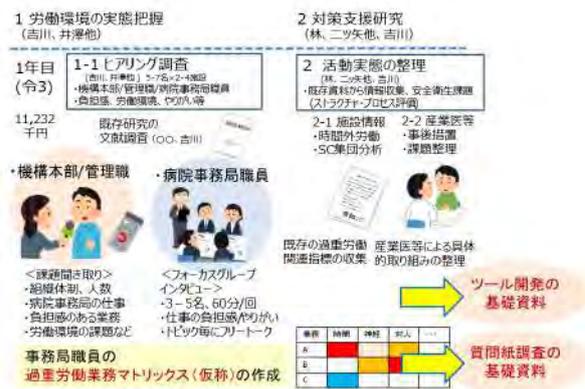


図 1 サブテーマ1「事務局職員の過重労働」調査方法(1年目)

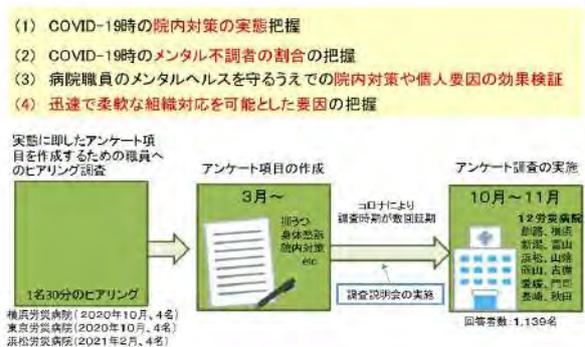


図 2 サブテーマ2「COVID-19 関連のメンタルヘルスの研究」(1年目)

調査とアンケート調査、心理検査等の実施や生理学的指標の取得により、業務に関連した負担感や心身の状態、勤務環境改善に関する意見を収集するため、心的負担を生じる可能性がある。また、アンケート調査への回答や心理検査等を受けることや、生理学的指標として頭髮もしくは爪を採取することに伴う負担感を生じる可能性がある。しかし、これらは、直接的に各職員への身体への侵襲を伴うものではなく、侵襲は軽微である。

なおサブテーマ 1 において有害事象が発生した場合は、研究代表者と研究分担者である林務もしくは二ツ矢浩一郎で対応する。

サブテーマ 2 において有害事象が発生した場合は、研究協力者である精神科医(京都大学 磯部昌憲、上床輝久)と連携して対応することとし、必要があれば相談者に医療機関の受診を勧めることとする。なお緊急性の高い事案については、相談者の了解のもと、研究代表者から院長、事務局長や産業医などに連絡を取り対応する。

(4) 研究の特色・独創性

本研究の特色・独創点は 4 つある。第一に、これま

で医療・福祉業で、その過重性や業務の負担要因が明らかにされてこなかった病院を支える病院事務局職員を対象としている点、第二に、職場環境の改善に資する対策ツールを主要なアウトプット(成果物)の一つとしている点、第三に、COVID-19に関連した業務による病院職員のメンタルヘルスへの影響と対策に着目した点、第四に、単なる横断研究や観察研究でなく、労災病院をフィールドとした現場の産業医等と安全衛生の研究者が協働で実証的研究を行う点である。これらの調査を通じて得られる過重労働防止の支援ツール開発研究の知見は、他業種・他職種に応用にパッケージ化できる可能性がある。

【研究内容・成果】

本研究の各サブテーマにおける、令和3年度の成果は以下の通りである。

(1) サブテーマ1: 事務局職員の過重労働

令和3年度(1年目)には、A病院:管理職3名(総務、会計、医事)、B病院:管理職3名(総務、会計、医事)のヒアリング調査をウェブ面接の形式で2021年11月～12月に実施した。また、機構本部・病院局経験者への対面でのヒアリング調査を2022年3月に実施した(表1)。なお、COVID-19流行中で日程調整を要したため、若手病院事務局スタッフへのヒアリング調査は2年目に実施する計画とした。2年目には、若手ヒアリングの結果をあわせて、質問紙調査を作成し、調査を継続する予定である。

(2) サブテーマ2: COVID-19とメンタルヘルス

調査への協力の得られた全国の12の労災病院において、Webアンケート調査を2021年10月～11月に実施し、1081名(平均年齢±SD=43.6±11.2歳;うち女性75.5%)の有効回答(回答率15.7%)を得た。アンケート調査では抑うつ指標として、Patient Health Questionnaire-9(PHQ-9)日本語版をアウトカムとした。また、アウトカムに影響を与える要因として、新

職業性ストレス簡易調査票からグループの有能感と上司や同僚からのサポートの項目、全19個の所属病院での新型コロナへの対策有無(例えば「感染予防のための環境面の整備」や「メンタルヘルスのサポート体制」)、院内対策への満足度(10段階評価)等が含まれた。病院職員のメンタルヘルスの状態を把握するため、全回答者の新型コロナウイルス流行によるストレスや抑うつ程度についてカットオフ値を超えるものの割合を算出した。また、抑うつを従属変数、年齢、性別、COVID-19患者(疑いを含む)への対応の有無、勤務する病院の地域における3ヶ月以内の緊急事態宣言発令の有無(ステップ1、強制投入法)、院内対策数、院内対策への満足度、グループの有能感・上司や同僚からのサポートを説明変数(ステップ2、ステップワイズ法)として重回帰分析を行い、それぞれの変数の影響力を調べた。なお、説明変数間の多重共線性についてはVIFを確認し、その値が10以下であることを確認した。

その結果、抑うつ程度が軽度以上(PHQ-9が5点以上)のもの割合は、今回の参加者においては51.6%であった(図3)。職種では、事務職員、看護職、医師事務作業補助者の順で高かった。

また、抑うつ低さとの対策の関連では、対策実施の有無によって、PHQ-9の得点が有意に異なったものは、患者受入れ態勢についての方針提示、濃厚接触や罹患した際の手続きに関する情報提供、手当や支援金等に関するサポート、メンタルヘルスのサポート体制等であった(図4)。これらは抑うつ程度を左右する重要な対策にもかかわらず、取られている割合が少ないこともわかった。

さらに、重回帰分析の結果、上司や同僚からのサポートが得られていること($\beta = -.334, p = .000$)、院内対策への満足度が高いこと($\beta = -.099, p = .001$)、グループの有能感が高いこと($\beta = -.081, p = .008$)が、抑うつ程度が低いことと有意に関連していた。院内

表1 病院事務局職へのヒアリング調査の主な結果

業務	主な業務	委託先、連携スタッフ(時期、人数等)	仕事の面白み 負担感、課題
1総務	・庶務 ・給与 ・臨床研修医等	・嘱託職員数名	・人員は足りているが、対応する職員数が多いのは大変 ・一部の人に業務が集中 ・やって当たり前と思われる
2会計	・会計 ・契約 ・用度 ・施設	・会計委託(繁忙期)	・会計、契約、用度とぐると仕事が回るので、ミスと皆に負担かける。お互い支え合っている、等
3医事	・医事 ・入院 ・外来 ・地域連携 ・MSW ・診療情報管理 ・健診事務等	・外来窓口業務(約100人) ・入院病棟(約30人) ・診療情報管理室(数名) ・メディカルクラーク(約40名)	・医事課は病院で働く専門職以外で面白みがある、直接感謝される機会がある。好みはある ・若手が即戦力で期待されても、医事の面白みを知らないと病院を辞めてしまう ・患者クレームは一手に引き受け、学びあり ・医事の専門の職員を育てた

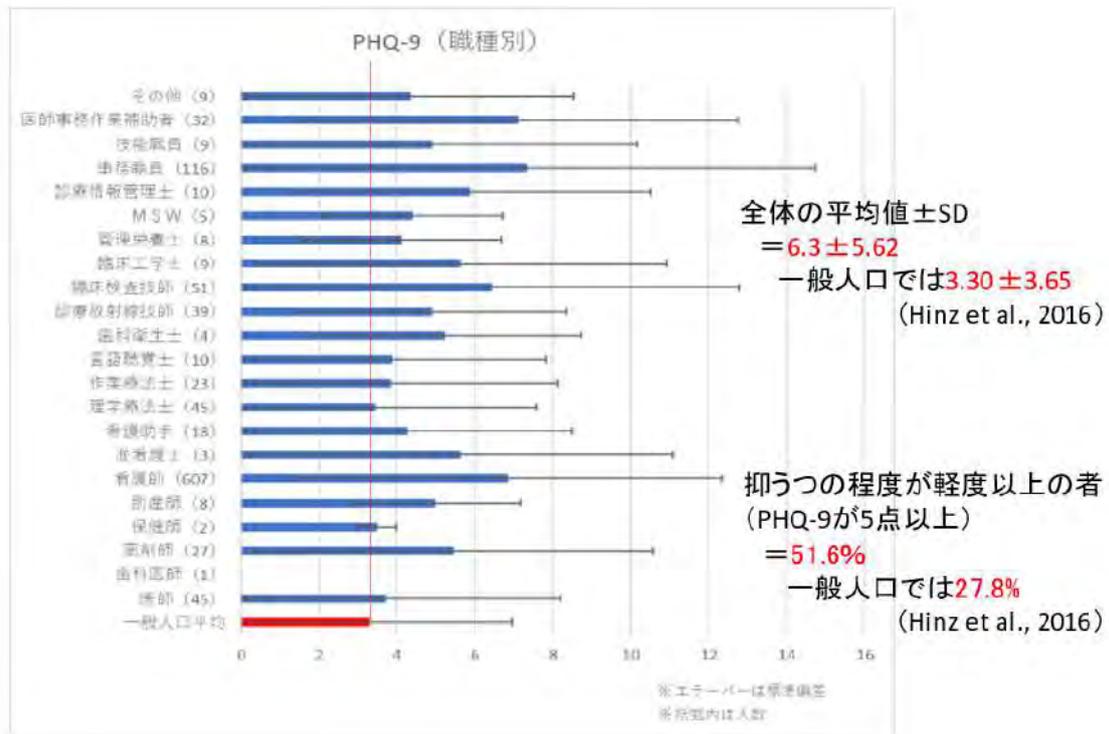


図3 職種別の抑うつの程度



図4 各対策の実施率と抑うつ症状の関連性

対策総数は有意な関連が見られない変数として除外された。

これらの結果から、一般人口においては抑うつ程度が軽度以上の割合は 27.8 % であるのに対し (Hinz et al., 2016)、調査への協力の得られた 12 病院においては、調査に回答した職員のおおよそ半分が軽度の抑うつ症状に当てはまることが分かった。また、上司や同僚からのサポートが得られやすく、自身が所属しているグループの有能感が高いほど抑うつ傾向が低いことから、チームワークの良さなどの集団としての特性がメンタルヘルスの保護に役立っている可能性が示唆された。今回の COVID-19 流行などのように、突発的に生じるストレスに対して備えるためには、普段から、小さなことでも言いやすい雰囲気職場を作るために管理職に対して講習会を開く、目安箱のようなものを設けるなどといったように、コミュニケーションを取りやすくする工夫を行うなど、職場の人間関係等の環境要因を良好な状態にしておくことが重要といえるだろう。くわえて、重回帰分析の結果から、COVID-19 流行時における病院職員のメンタルヘルスの状態には、院内対策の数の多さよりも院内対策に対する満足度の方が、影響度が強い傾向であった。このことは、トップダウン型の対策だけでなく、職員の声に基づいたボトムアップ型の対策立案が重要であることを示唆した結果としてとらえられる。

なお、本研究の事前評価にて、労災病院以外の医療従事者の状況についても調査が必要との指摘があったことから、令和 4 年 2 月に、一般の医療従事者 1,000 名に対して Web で同様の調査を実施しており、令和 4 年度以降に解析の予定である。

【参考文献】

- [1] 厚生労働省 (2014) 医療従事者の勤務環境の改善について, http://www.mhlw.go.jp/stf/seisaku_nitsuite/bunya/kenkou_iryuu/iryuu/quality/
- [2] 吉川徹 (2007) 医療従事者の労働安全衛生 (特集 医療従事者/介護労働者の労働安全衛生－医療/介護現場で起きている問題とその対策のポイント), 安全衛生コンサルタント, 27 (84): 7-17.
- [3] 三木明子 (2002) 産業・経済変革期の職場のストレス対策の進め方 各論 4. 事業所や職種に応じたストレス対策のポイント: 病院のストレス対策. 産業衛生学雑誌, 44 (6): 219-223.
- [4] 日本看護協会 (2018) 看護職の健康と安全に配慮した労働安全衛生ガイドライン, 公益社団法人日本看護協会.
- [5] 佐々木毅, 甲田茂樹, 堤明純 (2010) 医療職場における安全衛生リスク評価法の確立 人間工学・ストレス対策プログラム. 労働安全衛生総合研究所特別研究報告, 40: 115-119.
- [6] 中嶋義文, 木戸道子, 吉川徹, 相澤好治, 松本吉郎 (2018) 医師の働き方と勤務環境改善の方策. 産業医学レビュー, 31 (2): 111-128.
- [7] 厚生労働省 (2010) チーム医療の推進について (チーム医療の推進に関する検討会報告書)
- [8] 吉川徹 (2019) 医師の過労死: 医師の勤務環境改善につなげるために (特集 働き方改革における産業保健の推進), 日本医師会雑誌 The Journal of the Japan Medical Association, 148 (7): 1301-1304.
- [9] 吉川徹, 高田琢弘, 菅知絵美, 佐々木毅, 山内貴史, 高橋正也, 梅崎重夫 (2018) 医療・福祉における労災認定事案の特徴に関する研究. 平成 29 年度労災疾病臨床研究事業費補助金「過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究」: 27-55.
- [10] 厚生労働省, 新型コロナウイルス感染症に関する労災請求件数等, <https://www.mhlw.go.jp/content/000627234.pdf> (Accessed on 31 May 2022)
- [11] 佐々木那津, 川上憲人 (2021) 新型コロナウイルス感染症流行と労働者の精神健康: 総説. 産業医学レビュー, 34 (1): 17-50.

【研究業績・成果物】

[国内外の研究集会発表]

- 1) 川上澄香, 久保智英, 井澤修, 吉川徹 (2022) 新型コロナウイルス感染症流行時における病院職員のメンタルヘルスの横断調査. 第 95 回日本産業衛生学会抄録集, p.363.

3. プロジェクト研究成果概要

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

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

【研究期間】 平成 30～令和 3 年度
【実行予算】 17,000 千円(令和 3 年度)
【研究概要】

(1) 背景

建築物の老朽化、都市の再開発、自然災害の復旧等により、各地で解体工事が行われている。解体工事に伴う労働災害も少なからず発生していると考えられ、建築物の解体工事における労働災害の調査を行った。その結果、平成 20 年から平成 29 年の建築物の解体工事における死亡災害は、建設業の死亡災害の約 7 %を占めていることが分かった。図 1 に示すように、建築物の解体工事における死亡災害のうち、最も件数が多かったのは、墜落・転落であり、次いで崩壊・倒壊が多かった。この 2 つの災害で、建築物の解体工事における死亡災害の約 69 %を占めていた。また、建築物の解体工事における死亡災害の多くは、小規模の事業場で発生していた。これらのことから、建築物の解体工事における死亡災害を減少させるためには、小規模の事業場における墜落・転落および崩壊・倒壊に関する災害の防止対策を検討する必要があると考えられる。

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

(墜落・転落災害について)

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

このような問題を解決するためには、墜落制止用器具の掛け替えを大幅に低減し、躯体が不安定な場合でも使用できる実用的な墜落制止用器具の取付設備を考案すると共に、その工法の適切な使用方法につい

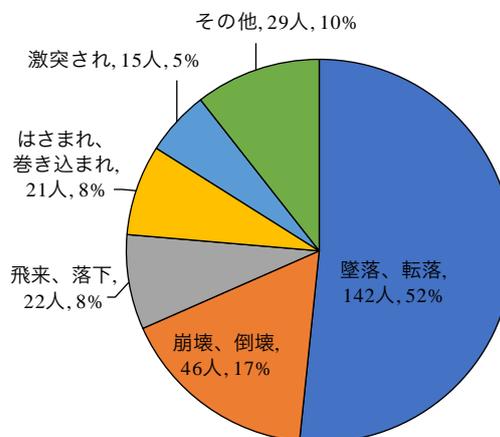


図 1 建築物の解体工事における死亡災害の発生状況(事故の型別)
(調査期間:平成 20 年から平成 29 年)

て明らかにする必要がある。

(崩壊・倒壊災害について)

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

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

(2) 目的

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

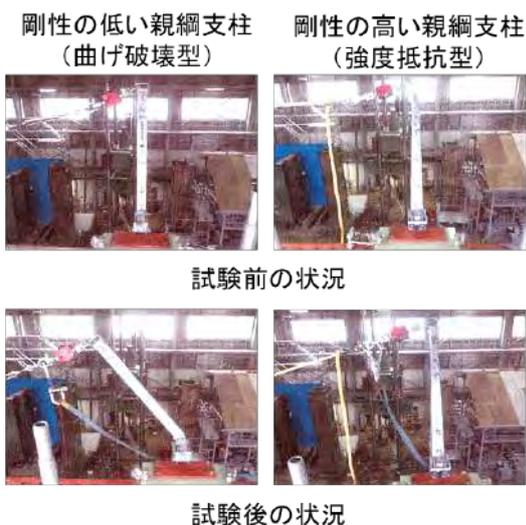


図3 墜落制止後の親網支柱の状況

明な面が残る。一方、後者の場合は、墜落制止時の落下距離は大きくなることも想定されるが、想定外の荷重に対する余力は大きいと思われる。

実験結果の例を表1に示す。親網の種類としては、繊維ロープよりもワイヤロープを使用した方が、落下距離が50cm程度小さくなっている。またショックアブソーバーの使用によって、墜落制止時の衝撃荷重が小さくなるのがわかる。加えて親網支柱に作用する水平力も小さくなる。

3) まとめ

以上からすると、親網支柱の剛性にかかわらず、親網にはワイヤロープを使用し、ショックアブソーバーを併用する工法が、安全上有利であると考えられる。

現在、親網としては繊維ロープを利用する現場が大半であるが、足場に親網を設置した場合においても、同様にワイヤロープ製を用いた方が、墜落制止時の安全性が高まるものと思われる。

また、これらの実験結果は、これまで検討を行ってきた「安全ブロックを用いた新しい工法」においても、

安全ブロックを取り付ける仮設足場に一定の必要強度があれば、その剛性に依存せず、適切なショックアブソーバーを用いることで、衝撃荷重の最大値を許容範囲内にコントロールでき、かつ落下距離を抑制できる可能性が高いことを示すものである。

(2) サブテーマ2

今年度は、実験と計算により外壁の転倒工法に関する安全性の検討と、ワイヤロープの張りについて検討を行った。さらに、これまでの研究結果を踏まえて、転倒工法の安全な作業方法を提案した。

1) 外壁の転倒工法の安全性に関する検討

(a) 実験概要

(試験体概要)

鉄筋コンクリート造柱を対象にして、転倒工法の安全性を検討するため、縁切り形状をパラメータとした外壁の転倒実験を行った。

実験に用いた試験体の立面図を図4に示す。図4より、試験体は壁、柱、梁、土台により構成され、柱1本に壁と梁が付いた形状とした。土台以外が外壁部分になる。外壁部分の高さは約3mであり、水平長さは1.74mである。また、壁の厚さは15cm、柱の断面は24cm×24cm、梁のせいは高さ30cm×幅24cmである。なお、外壁部分の重量は、約20kNである。

試験体の壁と柱のコンクリートの呼び強度は24N/mm²である。壁の主筋については、種類はSD295Aであり、呼び名はD10である。柱の主筋については、種類はSD345であり、呼び名はD22である。

これらの試験体について、柱と壁の下部を縁切りした。柱については、柱の下端から高さ60cmまでを縁切りし、壁については、柱の縁切り高さの半分の位置を中心に、高さ10cmを縁切りした。なお、試験体の形状と縁切り位置については、実務者ヒアリングの結果を参考に決定した。

表1 実験結果の例

メーカー	親網種別 (1スパン:10m)	アブソーバ	親網 垂下量 (m)	落体 垂下量 (m)	人体 衝撃荷重 (kN)	支柱 水平荷重 (kN)	支柱	抵抗形式
A社製	ワイヤロープ	無	1.2	4.1	3.7	6.1	大変形	曲げ破壊型
A社製	ワイヤロープ	有	1.1	4.1	3.7	6.3	大変形	曲げ破壊型
A社製	繊維ロープ	無	1.6	4.6	5.0	6.0	変形	曲げ破壊型
A社製	繊維ロープ	有	1.1	4.8	3.8	5.3	変形	曲げ破壊型
B社製	ワイヤロープ	無	0.6	3.6	5.8	10.4	微変形	強度抵抗型
B社製	ワイヤロープ	有	0.3	4.0	3.8	8.5	微変形	強度抵抗型
B社製	繊維ロープ	無	1.4	4.4	6.3	8.6	微変形	強度抵抗型
B社製	繊維ロープ	有	1.0	4.7	4.7	6.8	微変形	強度抵抗型

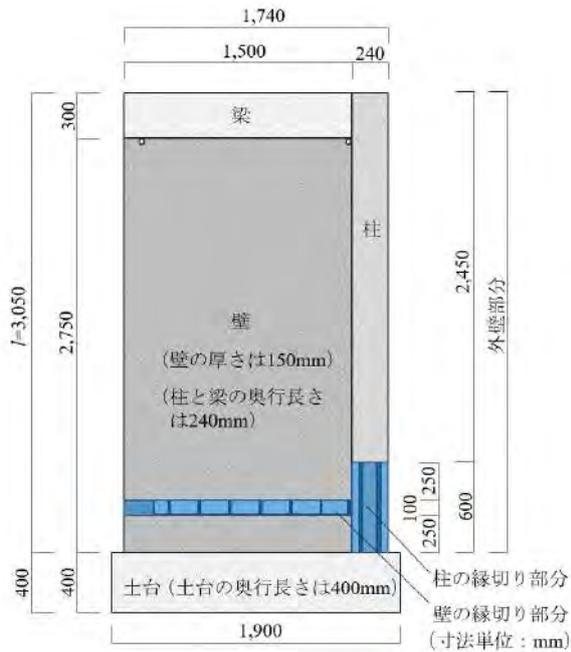


図4 試験体の立面図

(縁切り形状)

試験体の縁切り部分の断面例を図5に示す。ここでは、試験体を3タイプ示し、試験体名は図5に示すように、それぞれI、II、IIIとした。

図5より、試験体Iは、解体現場で採用されている縁切り形状であり、本研究における標準試験体である。試験体Iの柱は転倒方向前方の主筋を2列残し、前方コンクリートを削った。壁は、端部を削らず、それ以外のコンクリートを削り、主筋は残した。

試験体IIは、壁のコンクリートを全て削ったモデルであり、試験体Iと比較して、壁の端のコンクリートも削った場合の影響を調べるためのモデルである。

試験体IIIは、縁切りとして切りすぎと考えられるモデルであり、柱と壁ともに、前方のコンクリートと主筋を削り、主筋が1列になるように残したモデルである。

(実験方法)

実験概要を図6に示す。図6に示すように、鉄製治具を用いて試験体を反力床に固定し、ワイヤロープを用いて、水平に6.5m離れたから地点から、試験体を引き倒した。試験体を引き倒す際、ワイヤロープの下端に設置したレバーホイストを用いて、ワイヤロープに張力を与えた。このとき、ワイヤロープの上部に設置したロードセルにより、ワイヤロープの引張荷重を計測した。

(b) 実験結果

実験結果を図7に示す。図の縦軸は計測結果より計算した外壁下端の曲げモーメント M であり、横軸は外壁の部材角 θ である。図7より、試験体3体のうち、最大曲げモーメントの値が大きかったのは、試験体I

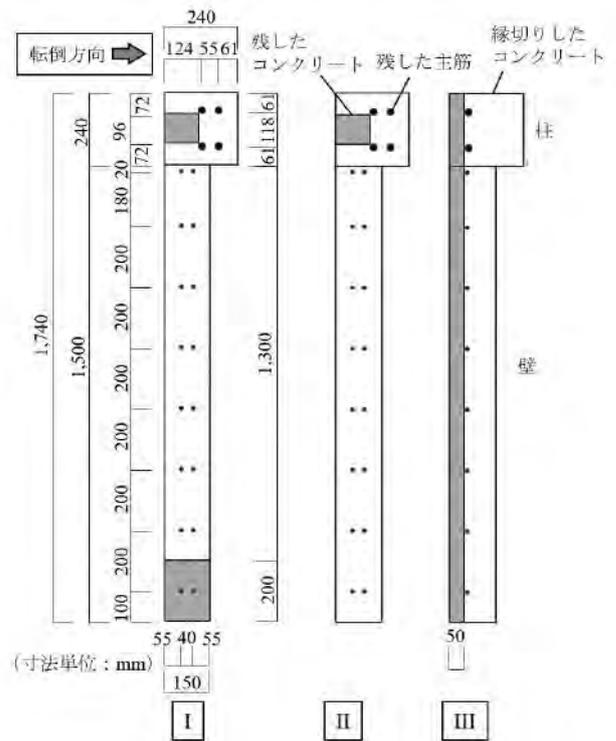


図5 試験体の縁切り部分の断面例

であった。試験体Iは、十分な強度があり、この縁切り形状であれば、外壁下部の縁切り作業中に、外壁が転倒する危険性は低いと考えられる。

試験体IIIは、試験体の設置作業中に縁切り部分のコンクリートが破断し、ワイヤロープを用いて引っ張る前に自立できなくなった。実験において、ワイヤロープの引張荷重はゼロであったため、図7には、試験体の自重により外壁下端に作用する曲げモーメントの値のみを示した。試験体IIIのような縁切り形状は、外壁が自立することは難しく、外壁下部の縁切り作業中に外壁が転倒する危険性が高い。

試験体IIIは試験体Iに比べて、 M_u の値が37%程度低かった。これは、試験体IIIの縁切り部分の壁に、コンクリートがないことに加えて、引き倒しているときに外壁がねじれたためである。外壁下部を縁切りするときは、コンクリートを全て削って、主筋のみを残すと、外壁が不安定になりやすく危険である。

2) 仮設部材を用いた外壁の転倒防止

(a) 実験概要

実験概要を図8に示す。外壁にワイヤロープを張った状態を模擬して、外壁を想定した鉄骨柱を反力床に設置し、その鉄骨柱の上部から水平方向に6.5m離れた位置にかけて、ワイヤロープを設置した。

実験に用いたワイヤロープは、解体現場で一般的に使用されている、6×24、直径14mmのJIS G 3525

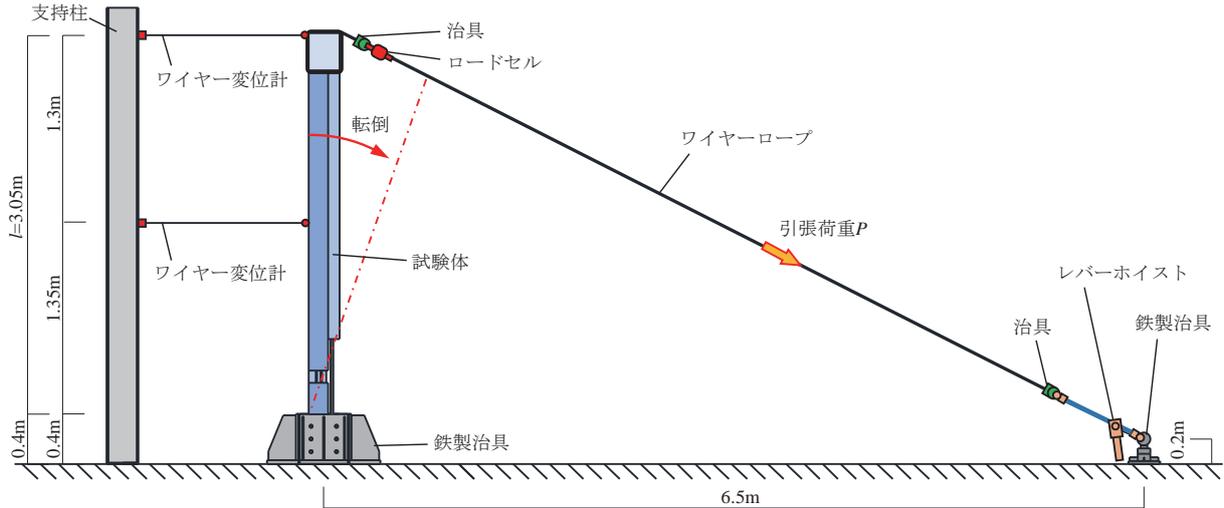


図 6 外壁の転倒実験の概要

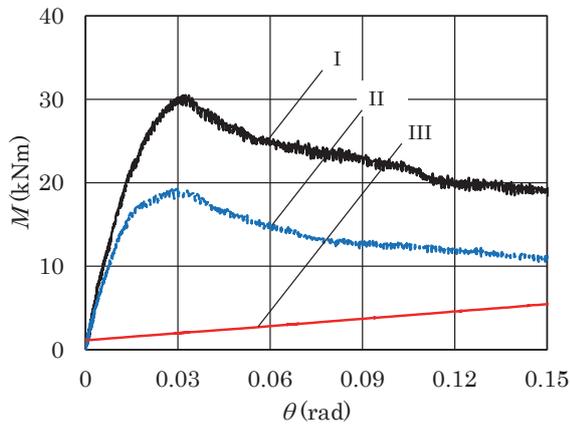


図 7 曲げモーメント M と部材角 θ の関係

に規定されているものである。

実験では、ワイヤロープの下端に設置したレバーホイストを用いて、ワイヤロープに張力を与え、ワイヤロープの上端に設置したロードセルにより、ワイヤロープに作用する張力 T を計測した。ワイヤロープのたるみについては、ワイヤロープの張力 T ごとに、レーザー距離計を用いて、地面からワイヤロープまでの鉛直距離を、水平方向 0.5 m おきに計測した。

(b) 実験結果

実験結果を図 9 に示す。図の縦軸は地面からワイヤロープまでの高さ y であり、横軸は鉄骨柱から鉄製治具までの距離 x である。図中の曲線は、ワイヤロープ

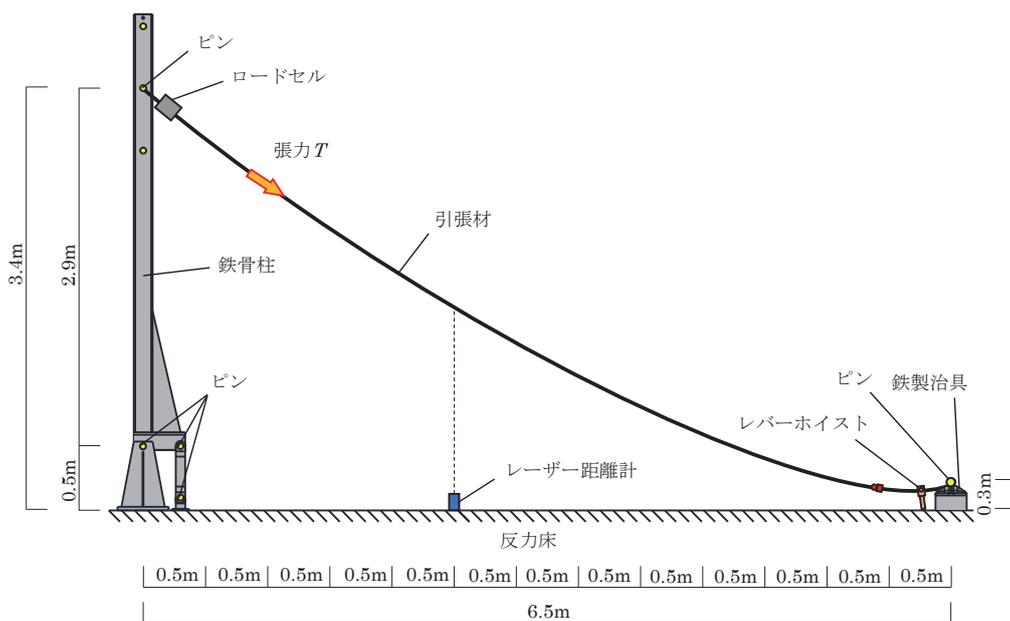


図 8 ワイヤロープの引張試験の概要

の張力 T が 0.1 kN、0.5 kN、3 kN、5 kN の場合のワイヤロープのたるみ形状を示す。図 9 より、張力が大きくなるほど、たるみが小さくなり、張力 T が 3 kN と 5 kN の場合は、ほぼたるみがない状態になった。張力 T が 3 kN と 5 kN の場合は、たるみの形状がほぼ重なっており、これ以上張力をかけても、たるみの形状が変わらないほど張った状態になったと考えられる。

張力 T が 0.5 kN の場合は、張力が緩んでややたるんだ状態である。ワイヤロープに作用する力等を検討した結果、この状態でワイヤロープを張っておけば、縁切り作業中に外壁が建物の外側に転倒しても、外壁の外側に設置した足場に当たる前に、外壁の転倒を止められることが分かった。また、張力 T が 0.5 kN 程度であれば、外壁下部を図 5 の試験体 I のように縁切りしていれば、縁切り作業中に、ワイヤロープの張力により、外壁が建物の内側へ倒壊することはないと考えられる。

3) 転倒工法の安全な作業方法の検討

これまでの研究結果を踏まえて、外壁の転倒工法の安全な作業方法を検討した。その主な方法を以下に示す。

- ①外壁に設置するワイヤロープは、直線にならない程度に、やや緩んだ状態で設置する。
- ②外壁を 1 層 1 スパン程度に切り出し、ベランダと床スラブは転倒前に壊す。この時、梁の主筋は切らずに残しておく。
- ③柱下部を縁切りする際は、建物内部側のコンクリートを削り、建物外側のコンクリートは残す。主筋は建物内部側の 2 列を残す。柱の削る高さは、柱下端から 60 cm 程度までとする。
- ④壁下部を縁切りする際は、主筋を残し、コンクリートを削る。壁の削る高さは、10 cm 程度とする。壁の端部は縁切りしない。
- ⑤梁の主筋を切断して、ワイヤロープを用いて外壁を引き倒す。
- ⑥外壁の建物内側への転倒が懸念される場合は、建

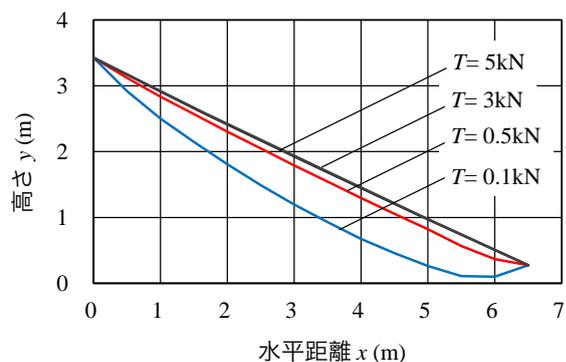


図 9 ワイヤロープのたるみ形状

物の内側に仮設部材を設置して、縁切り作業中の外壁転倒を防止する。

【研究業績・成果物】

[原著論文]

- 1) 日野泰道 (2021) 墜落災害防止対策の動向と今後の課題について, 労働安全衛生研究, Vol.14, No.2, pp.85-96.
- 2) 高橋弘樹・高梨成次・堀智仁 (2022) 建築物の解体工事における仮設部材を用いた外壁の転倒防止工法の基礎的な強度実験, 労働安全衛生研究, Vol.15, No.1, pp.13-22.

[国内外の研究集会発表]

- 1) Hiroki Takahashi, Seiji Takanashi and Tomohito Hori (2021) Study on Safety of Pulling down Columns in Building Demolition, Proceedings of International Structural Engineering and Construction (Proceedings of ISEC-11), Vol.8 (1), pp.CON-04-1~6.
- 2) Seiji Takanashi, Hiroki Takahashi and Tomohito Hori (2021) Experimental Study on Use of Fall Prevention Members in Wall and Column demolition, Proceedings of International Structural Engineering and Construction (Proceedings of ISEC-11), Vol.8 (1), pp.CON-05-1~5.
- 3) 木村吉郎, 甲斐リサ, 大嶋勝利, 高橋弘樹 (2021) 防音パネルを使用した建物解体途中の足場に作用する空気力の測定, 一般社団法人日本風工学会年次研究発表会, pp.33-34.
- 4) 日野泰道 (2021) 体重の違いが墜落制止時の衝撃加速度に及ぼす影響, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.264-265.
- 5) 高橋弘樹・高梨成次・堀智仁 (2021) 鉄筋コンクリート柱の転倒強度に及ぼす縁切り高さの影響, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.316-317.
- 6) 高梨成次, 高橋弘樹 (2021) 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 その 7 縁切り高さをパラメータとした柱の転倒実験の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 1589, 材料施工, pp.1177-1178.
- 7) 高橋弘樹・高梨成次 (2021) 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 その 8 縁切り高さをパラメータとした柱の転倒実験の結果とその予測方法の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 1590, 材料施工, pp.1179-1180.
- 8) 高橋弘樹・高梨成次・堀智仁 (2021) 外壁解体工事の転倒工法における引張材の張りに関する実

験的研究, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.103-104.

[講演]

- 1) 日野泰道 (2021-2022) フルハーネス型墜落制止用器具使用特別教育インストラクター講座(計 9 回), 中央労働災害防止協会.

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

八島 正明(化学安全研究 G), 大塚 輝人(同), 水谷 高彰(同), 佐藤 嘉彦(同), 西脇 洋佑(同),
板垣 晴彦(同), 斎藤 寛泰(芝浦工業大学), 熊崎 美枝子(横浜国立大)

【研究期間】 平成 30～令和 3 年度

【実行予算】 21,950 千円(令和 3 年度)

【研究概要】

(1) 背景

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

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

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

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

【参考文献】

- [1] 産業安全研究所 (2004) ごみ固形化燃料(RDF)の爆発・火災の危険性と安全な取扱いについて、安全ガイド NIIS-SG-No.3
- [2] 内閣官房、総務省消防庁、厚生労働省、経済産業省 (2014) 石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議報告書
- [3] 中央労働災害防止協会編「化学設備等における非定常作業の安全」-「化学設備の非定常作業における安全衛生対策のためのガイドライン」の見直しに関する調査研究報告書- (2015年3月)

(2) 目的

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

(3) 方法

上述 a)～d)の項目をサブテーマ 1～3 とし、以下のように実施する。

1) (サブテーマ 1)「粉粒体堆積層の火災・爆発の危険性」

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

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

実際に発生した災害事例を参考として爆発・火災初期に発生するガス種・濃度などを調査する。併せてガス検知器を中心として化学設備等で多用されているセンサーを設置し、災害の進展(異常反応の開始、拡

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

3) (サブテーマ 3)「化学設備等における爆発・火災等の拡大防止策の提示」

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

(4) 研究の特色・独創性

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

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

【研究成果】

今年度、本研究の各サブテーマにおける成果は以下の通りである。

(1) サブテーマ 1

サブテーマ 1 では、以下の 2 つ項目について実験を実施した。

① 堆積層の熱伝達の測定

定常法熱伝導率測定ユニットおよび関連装置を導入し、燃え広がり速度の推算のための基礎データとなる、粒体・ペレットの充てん層での有効熱伝導率 λ_e を



図 1 定常法熱伝導率測定装置の外観

測定した(図 1)。試料として、木材ペレット(ベイツガ)、木球(同)、木質ペレット(2 種類:木種不明とアカマツ/カラマツ)、RPF、PMMA 原料樹脂ペレット、PMMA ペレット、そして大豆を用いた。試料のアスペクト比の異なるものを整理する上で、球体に対する表面積あるいは体積の等価直径(面積等価直径 D_{se} 、体積等価直径 D_{ve})を導入した。木材ペレットと木球を例に挙げると、 λ_e は D_{se} とともに単調増加し、 $D_{se} = 17 \sim 52 \text{ mm}$ に対して、 $\lambda_e = 0.1157 \sim 0.1445 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ であった(23°Cにて)。バルク体の文献値と比較すると、本測定値はやや大きい結果が得られた。

② 可燃性の熱分解ガスの発生と爆発危険性

昨年度実験で調べた難燃性硬質ウレタンフォームの燃焼性と水酸化マグネシウムの爆発・火災の危険性を原著論文としてまとめた。

最近製造されている金属ケイ素の粉じん爆発・火災の危険性を明らかにするため、爆発下限濃、発火温度などのほか、火炎伝ばの様子を高速度ビデオカメラを使って調べた。金属ケイ素粉は燃えにくいものであるが、浮遊状態で発火すると火炎が伝ば、すなわち爆発することがわかった。その際の燃焼形態は表面燃焼であることもわかった。

(2) サブテーマ 2

サブテーマ 2 では、主に以下の 3 つの項目について実験を実施した。

① 模擬検知試験装置での検知装置の調査・検討検知装置の調査

可燃物の種類を変えて(PMMA、低密度 PE、高密度 PE、ベイツガ、大豆、小豆など)について、検知に有効と認められたガス検知器(空気の汚れ用、CH₄、C₃H₈、C₄H₁₀ 用、水素用、アルコール・有機溶剤用、CO 用など)について実験を行った結果、最適なセンサー類の選定方法(検知可能最低温度の決定方法提案)を行った。以上の結果を第 54 回安全工学研究発

表会で発表した。

市販の CO₂ センサーのガス検知性能を調べた。実験の結果、熱面での熱分解、さらに発火してくん焼(無炎燃焼)する場合には CO₂ が検知されなかった。しかし、火炎が形成(有炎燃焼)されると CO₂ が検知された。粉体貯蔵における火災の初期段階ではくん焼が主に見られるため、CO₂ センサーによる火災検知が不適であることがわかった。以上の結果を安全工学シンポジウム 2021 で発表した。

②ガスの拡散シミュレーションによるセンサーの設置位置の検討

米国 NIST 製の火災シミュレータ FDS(Fire Dynamics Simulator)を用い、貯槽内で発生した分解ガスの拡散とガスセンサー設置位置の関係を調べた。FDS は火災現象(燃焼)や火災に伴うガス、熱の移動を数値シミュレーションするために開発されたプログラムで、個人用 Windows マシンから大型計算機など幅広い環境で実行可能であるという特徴がある。本研究では、複雑な分解ガスの生成は計算の対象外とし、まずは計算がしやすい小寸法、0.5 m 角の立方体において、内部に模擬的な充填物を設け、底面近くから分解ガス(メタン)が発生する流れ場を考え、天井付近の任意位置(ガスセンサー設置位置に相当)でのガスの濃度変化を調べた。数値シミュレーションの結果、センサー1 個を設置する場合には、天井中央に設置するのが最も良いが、複数センサーが利用できる場合、対角線上の中央と四隅の 4 つの midpoint にセンサーを設置すると最も検知までの時間を短縮できることがわかった。

③貯蔵容器を使った検証実験

センサー評価用の貯蔵容器としては、燃焼実験用と非燃焼実験用の 2 種類のを製作した。燃焼実験用の容器はステンレス製で、内径 0.2 m×長さ 1.2 m である(図 2)。試料として木質ペレット、RPF(廃棄物ゴミペレット)、石炭を用いた。火災検知用のセンサーや計測器として、において、CO、CO₂ の各種センサー、4 成分ガスモニター(O₂、CO、CH_x、H₂S)、熱画像測定装置を用いた。実験の結果、においてセンサーは早期に異変を検知できること、CO センサーは早期に発火・くん焼を検知できること、CO₂ センサーはくん焼の検知は難しいこと、開放・半空間では酸素濃度によるくん焼の検知は難しいことなどがわかった。熱画像測定によると、堆積層内の発熱を容器上部と外側面からとらえることはできなかった。

非燃焼実験用の容器は、下部から試料を排出できるように円錐形状(ホッパー)となっている。容器の寸法は容積 2.1 m³ で、高さ 3.2 m、円筒部 2.5 m、直径 1.0 m である。試料としては RPF の等価直径に近い、白玉砂利(8 分、20~30 mm、不燃性)を用いた。実験



図 2 燃焼管を使った実験の様子



図 3 実験に用いた小型タンクの外観
(高さ 3.2 m、円筒部長さ 2.5 m×直径 1.0 m)

では、層内の任意の位置にパイプを差し込み、木質ペレットのくん焼ガスを層内に導入し、容器上部に設けたセンサーの検知性能を調べた。

(3) サブテーマ 3

サブテーマ 3 では、主に以下の 4 つの項目について調査、実験を実施した。

①トラブル対処作業時に発生する爆発・火災等による被災防止のための影響範囲の検討

前年度までの調査成果を踏まえ、トラブル対処作業時に作業員が被災するおそれのある以下の事象の影

響範囲を検討した。

- ・貯槽等で発生した爆発・火災災害に着目し、災害の原因物質の物性(引火点、燃焼熱等)等及び生じた現象(爆発、火災)と被害状況との相関の有無を検討した中で、死傷者数が多く見られた原因物質(一酸化炭素、水素、メタン、プロパン、塩化ビニル)の拡散によるフラッシュ火災及び毒性ガスへのばく露
- ・貯槽等の内部が可燃性物質で満たされた状態でトラブル対処のために開けた開口部から空気が流入し、可燃性雰囲気を形成するとともに、トラブル対処作業に由来する着火源で着火し、噴き出した火炎へのばく露
- ・貯槽等での内圧上昇による容器破裂による過圧及び飛散物による被災

フラッシュ火災及び毒性ガスへのばく露については、原因物質(一酸化炭素、水素、メタン、プロパン、塩化ビニル)の拡散による物質濃度を、物質の放出速度(1時間の連続放出を仮定したとき)、放出量(瞬時放出を仮定したとき)をパラメータとして影響評価ソフトウェア ALOHA により計算し、放出速度と爆発下限濃度(LEL)及び爆発下限濃度の1/2(1/2 LEL)となる距離(可燃性物質の場合)、放出速度と急性ばく露ガイドラインレベル AEGL-3 及び AEGL-2 の物質濃度となる距離(毒性物質の場合)との関係としてまとめた。図4に1時間の連続放出を仮定したときの水素の放出速度と LEL(爆発下限濃度)、1/2 LEL(爆発下限濃度の1/2の濃度)に達する距離との関係、図5に1時間の連続放出を仮定したときの塩化ビニルの放出速度と急性ばく露ガイドラインレベル AEGL-3 及び AEGL-2 の物質濃度となる距離との関係を示す。

開口部からの火炎吹き出しについては、爆発圧力放散設備の開口に伴う火炎の吹き出しと類似していることから、ガス爆発における爆発圧力放散設備の開口時の火炎の到達距離の算定式により、容器容積と火炎の到達距離の関係としてまとめた。

貯槽等での内圧上昇による容器破裂による過圧については、容器の圧力が開放される前後の圧力の違いによる放出エネルギーの算定式により放出エネルギーを算定した。その放出エネルギーから TNT 等価法により、容器内圧力と過圧が 2.1 kPa(この値以下では95%の確率で大きな被害はないとされている「安全限界」とされる過圧)及び 12.3 kPa(人体に対する被害の限界値とされている過圧)となる距離との関係としてまとめた。

貯槽等の破裂等により発生する飛散物については、その飛散距離は破裂エネルギー、破片の数、重量や形状、射出角度、初速度により変化するが、事前

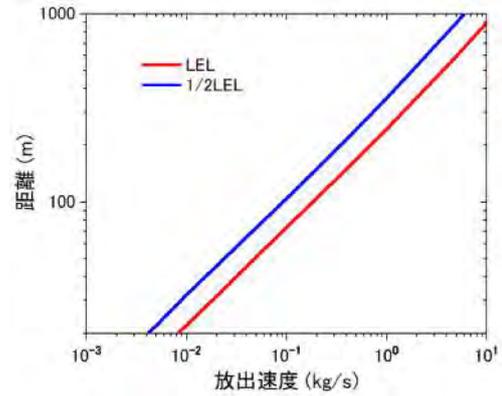


図4 水素の放出速度と LEL, 1/2 LEL に達する距離との関係

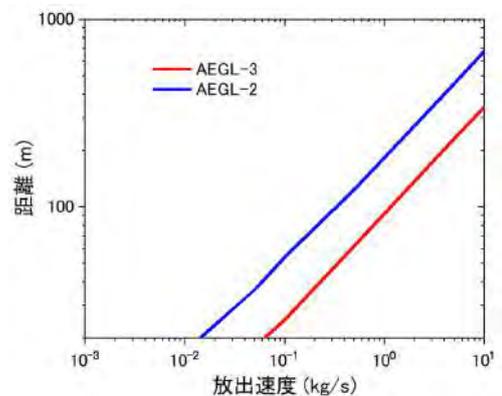


図5 塩化ビニルの放出速度と AEGL-3, AEGL-2 に達する距離との関係

評価において、これらの飛散条件を考慮して評価を行うことは事実上困難であるため、「危険な破片は 78 J 以上の衝突エネルギーを持つ」との定義を基にして、破片重量と飛散距離の最大値との関係としてまとめた。

②発熱性に関するデータを的確に測定する手法の開発と改良

前年度までに開発を行った既存の反応熱量計内で稼働可能なヒートパルス発生装置を用いて、反応熱量計内の伝熱遅れによる危険性の過小評価防止に有効な高次の時定数を用いた伝熱遅れ補正の手法の開発と検証、改良を行った。多くの反応系に含まれる水を試験対象として、高次の時定数を用いた伝熱遅れ補正が実際に伝熱遅れを補正できることを確認し、特に時定数を高次にし、多段伝熱を考慮した伝熱遅れ補正を実施することでより正確な補正が可能になることを明らかにした。ヒートパルスの熱源について、発生位置の影響の調査を行い、試料容器外部の熱源に対して内部の熱源の場合、伝熱遅れをより正確に補正できることが分かった。上記の検討を基に、提案された

伝熱遅れ補正法を水酸化ナトリウム(NaOH)の水への溶解時の発熱に適用し、図6のように提案した高次の時定数を用いた伝熱遅れ補正法によって過小評価されていない水-NaOH接触時の最大発熱速度を求めることができることが明らかになった。

③各種試験装置による発火温度の測定、発火温度の的確な評価手法の検討

前年度整備したグレーバ炉により、以下の物質の発熱開始温度と発火温度を測定し、SITやDTAの結果を比較検討した。なお、グレーバ炉は空気の供給による自己発熱性や自然発火性を調べることができるもので、主に海外の産業現場で、粉体のスプレードライヤや熱風乾燥設備での発熱・発火性の試験や自己発熱性化学品のスクリーニング試験に使われている。表1に測定結果の例を示す

石炭粉についての既存のグレーバ炉による測定結果と比較すると、本研究と炭種と大きさが異なるものの発熱開始温度が127~130℃にあり、本測定の温度

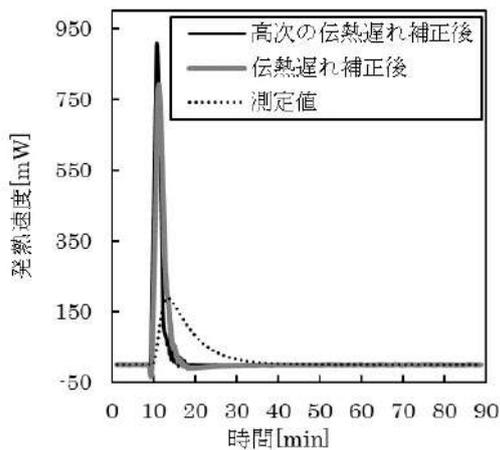


図6 水-NaOH接触時の発熱挙動の電熱遅れの補正

表1 グレーバ炉とSIT特型による発火温度

試料	グレーバ炉による昇温測定(℃)	SIT特型による発火温度(℃)
石松子	182-183 245-246	89-98
木粉 < 250 μm	282-288	175-185
大豆粉 < 250 μm	188	60-70
小麦全粒粉	259-261	150-160
小麦フスマ	239-243	120-130
ゴム(天然)粉 < 250 μm	199-201	110-120
石炭(瀝青炭)粉 < 250 μm	222-229	50-60
石炭(瀝青炭)粒 1-2.8 mm	403	50-60

に近かった。その他の試料(木粉、大豆粉、ゴム粉、石炭粉、石炭粒)については、グレーバ炉の発火温度はSITのそれよりもおおむね100℃以上高かった。

グレーバ炉の試料容器の底部及び試料層中央部における温度測定の結果、試料を含む試料容器全体は断熱的ではなく、試料容器の側壁は断熱的ではあるが、強制対流のある試料容器上下には温度勾配があり、断熱的ではないことが分かった。一方、SITでの空気流量はグレーバ炉の1ポート分の流量よりも少なく、5 mL/minであり、この流量は、試料量に対して燃焼(酸化反応)を維持できる最低限の量に近いもので強制対流の効果は小さく、系全体では断熱環境(疑似断熱環境)にあると考えられた。

以上のことから、可燃物を大量に貯蔵する場合にはSITで測定された温度を参考とすべきであると考えられた。一方、グレーバ炉では5つの試料を半日~1日(SITでは1試料の発火温度を明らかにするのに約1か月)で測定できるため、スクリーニング試験として有用である。ただし、グレーバ炉での発熱開始温度については参照用グラファイト粉の熱的な特性も考慮すべきで、さらに検討が必要である。

④基本情報データベースの構築

過去の事例について異常状態からの事象の進展状況を分析した。その結果、発災装置は反応器、容器・貯槽が多いこと。バッチ操作では、正常操作をしたが、異常が生じてしまい、ガス爆発から火災に進展することが多く見られた(図7)。緊急操作では、事象が進展したのが61件中31件と割合が高いことがわかった(図8)。主事象の件数について見ると、「ガス爆発」「反応爆発」がやや多いが、「火災」「爆発」「破裂」も起きており多様である。

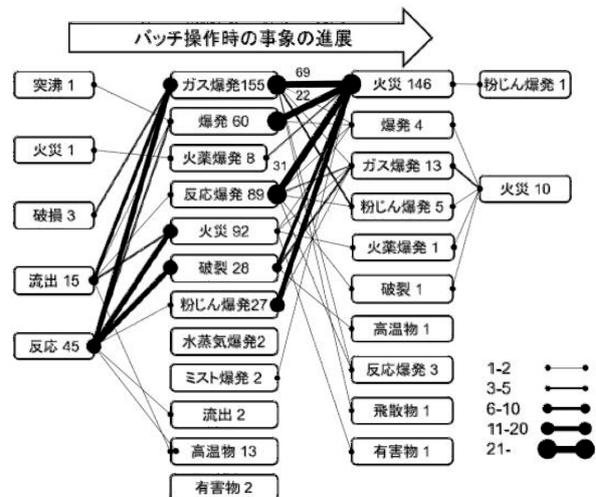


図7 バッチ操作の事象の進展

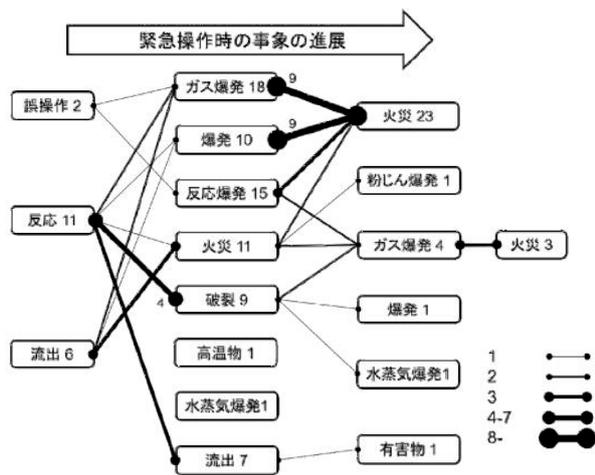


図 8 緊急操作の事象の進展

【研究業績・成果物】

[国内外学術集会]

- 1) 八島正明 (2021) 可燃性粒体・ペレット充てん層の有効熱伝導率測定, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.113-114.
- 2) 八島正明 (2021) ケイ素粉の爆発・火災の危険性, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.135-136.
- 3) 一條大介, 金澤孝希, 大塚輝人, 斎藤寛 (2021) 光学センサーを用いた細孔金網による爆轟波減衰の観測, 第59回燃焼シンポジウム講演論文集, pp. RONBUN NO.P120.
- 4) 八島正明 (2021) ペレット堆積層内の発火・くん焼で発生するガスの検知, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.282-283.
- 5) 加藤雅也, 斎藤寛泰, 水谷高彰 (2021) FDS による粉体貯蔵設備での爆発・火災初期における発生ガス拡散状況の検討. 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.75-78.

- 6) 水谷高彰, 斎藤寛泰 (2021) 貯蔵設備内の火災検知における種々の可燃物から発生する分解ガスのガスセンサ応答. 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.239-242.
- 7) 八島正明 (2021) 自然発火試験装置(SIT)とグレーバ炉による可燃性粉体の発火温度測定, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.181-184.
- 8) 佐藤嘉彦 (2021) トラブル対処作業時に発生する爆発・火災等による被災防止のための影響範囲の検討, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.219-220.
- 9) 山下真央, 西脇洋佑, 大塚輝人, 佐藤嘉彦, 熊崎美枝子 (2021) 反応熱量計におけるヒートパルスを用いた高次の伝熱遅れ補正. 第 57 回熱測定討論会講演要旨集, p. Ia 0900
- 10) Kyohei Amano, Yosuke Nishiwaki, Yoshihiko Sato, Kunihiko Suzuki and Mieko Kumasaki (2021) Effect of Ozone on the Thermal decomposition behavior of Guanidine Nitrate. The 7th International Symposium on Energetic Materials and their Applications, Book of Abstracts, p.71.
- 11) 山下真央, 西脇洋佑, 大塚輝人, 佐藤嘉彦, 熊崎美枝子 (2021) 熱量測定における新規時定数補正法の化学反応への適用可能性検討. 第 54 回安全工学研究発表会講演要旨集, pp.201-202.
- 12) 八島正明 (2021) グレーバ炉による可燃性粉体の発火温度測定, 2021 年度春季研究発表会講演要旨集, 火薬学会, pp.141-143.
- 13) 板垣晴彦 (2021) 化学プロセス産業での異常事象から爆発火災への進展について. 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.292-293.
- 14) 板垣晴彦 (2021) 化学プロセス産業での爆発・火災における事象の進展について, 第54回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.237-238.

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

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

【研究期間】 平成 30～令和 3 年度

【実行予算】 9,350 千円(令和 3 年度)

【研究概要】

(1) 背景

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

化学物質を取り扱う事業場でのプロセス災害(火災・爆発等)発生を防止するためのリスクアセスメント(Risk Assessment; 以下、RA)等の進め方の“あるべき姿”を示すことを目的とし、有識者委員会での議論を中心に検討した結果、労働安全衛生総合研究所技術資料「プロセスプラントのプロセス災害防止のためのリスクアセスメント等の進め方」(JNIOOSH-TD-No.5)をまとめている(この技術資料に示された RA の進め方は「安衛研手法」と呼ばれている)。この技術資料を活用し、厚生労働省主催の研修会やセミナー、災害防止団体などの研修会にて、化学物質の危険性に対する RA 等の正しい理解と実施を促進する活動を続けている。

2) 化学物質 RA の義務化への対応

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

- ・ 危険有害性のある化学物質を取り扱っている認識がなく、RA 等を実施しなければならないこと(義務化の対象となっていること)を知らない事業場が多い。
- ・ 化学物質の有害性に対する RA 等のみ実施すればよいと考えており、危険性(火災・爆発等)に対する RA 等も実施しなければならないことを知らない場合がある。
- ・ 危険予知(KY)活動などの実施を RA 等の実施と見なしている場合がある。このとき、“過去に経験したことがない危険源も抽出し、リスク低減措置を検討

する”という RA 等実施の本来の目的を達成することができていないことがある。

- ・ 化学物質 RA 等の実施には化学に関する専門的知識や情報が必要であり、実施するのは難しいと最初から躊躇されている。
 - ・ 有害性に対する RA 等実施については様々なツールが提供されているが、危険性に対する RA 等実施のために提供されているツールはその使用法が分かりにくい(導入が難しい)という理由から利用率は低く、より簡単に実施することができるツールの提供が望まれている。一方、簡単に実施できるとされるツールは、具体的なリスク低減措置を検討することができないということを理解しておく必要があるが、この点が理解されていない場合が多い。
- 3) 化学物質の異常反応を考慮した RA 等実施の難しさ
- ・ 平成 23 年以降、大手化学工場を含む事業場において、火災・爆発等による重大災害が連続して発生している。これらの事故の原因・背景に係る共通点として、事前にリスク低減対策を検討し、実施するための RA が不十分であること、化学プロセス運転の原理原則となる化学反応などに対する理解不足などが指摘されている。
 - ・ 化学物質単独の危険性(爆発性、引火性など)については GHS (The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals; 化学品の分類および表示に関する世界調和システム)による分類や SDS での表記により把握することが可能であるが、化学反応の危険性(誤操作などをきっかけとした暴走反応や化学物質同士の意図しない混合による反応を含む、以下、「異常反応」とまとめる)については GHS 分類や SDS での表記だけでは把握することが難しい。また、化学反応などに対する理解は、化学物質 RA 等の実施に必要な不可欠な情報の一つであり、これを推進する必要がある。
 - ・ 異常反応が事故の原因となることは、リスクアセスメント・ガイドラインなどでも指摘されているが、以下の項目などについては現場の技術力に委ねられており、企業ごとにばらつきがある。
 - － 異常反応の危険性を把握するのに必要なデータ(反応熱量など)が十分に入手できるか
 - － 異常反応が起因となる重大な災害を引き起こすシナリオを如何に抽出するか
 - － 異常反応が起因となる重大な災害を引き起こす

シナリオに対するリスク低減措置をどのように選択するか

- ・上記項目の検討に加え、関連する災害事例の情報の収集も必要となるが、これらの検討を漏れなく実施することは十分な資源(作業員、試験設備、調査・分析時間など)が無ければ困難である。

(2) 目的

(1)の背景に示した課題や行政的・社会的ニーズに対応することを目的とし、2つのサブテーマに分けて実施する。

1) (サブテーマ 1) 化学物質取扱い作業における災害防止のためのリスク管理支援策に関する研究

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

2) (サブテーマ 2) 化学物質の異常反応が起因となる災害防止のためのRA等実施支援策に関する研究

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

(3) 方法

以下のような調査・分析・検討を行い、目的に示した研究成果を得る。

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

(4) 研究の特色・独創性

- ・事業場が化学物質の危険性に対するRA等を実

施するために必要とされる情報(典型災害事例を含む)と、これを提供する方法を検討することで、RA等実施者の視点を重視したRA等実施方法及び支援ツールの開発を行う。ここでは、手続きに沿って検討すればリスク低減措置の検討・実施に結びつくRA等を実施できるようにする。

- ・化学物質取扱い作業時のヒューマンエラーは多くの中小規模事業場での事故・災害の要因となっている。事故事例などを参考にヒューマンエラーを抽出(特定)する方法やヒューマンエラー対策を検討する方法を提案する。この検討は火災・爆発等のプロセス災害を防止するだけでなく、火傷や有害物等との接触などの労働災害を防止するためのRA等実施にも利用できる。
- ・RA等実施結果を、製造設備の運転作業前、あるいは建設現場での実作業前に実施する安全管理活動(KY活動や現場対応・改善などを含む)に活用する方法を提案する。このことは化学物質RA等の結果を現場作業員に周知するという義務化に対して、具体的な進め方を提示することとなり、例えば、現場作業員の危険感受性の向上などにもつながる。また、労働安全衛生マネジメントシステムにおけるRA等実施とリスク低減措置の実施及び機能維持の仕組み(PDCAサイクル)の具体的な枠組みを示すことにもなる。
- ・GHS分類やSDSに記載された情報だけでは気付くことが難しい異常反応が起因となる火災・爆発等発生シナリオを想定するための情報・データを提供。これにより、事故・災害発生後の原因調査で、「想定外のことだった」と結論付けられてきた未知の危険性をできる限り無くすようなRA等の実施とリスク低減措置の検討を促進することができる。

【研究成果】

令和3年度(最終年度)の各サブテーマにおける研究成果は以下の通りである。

(1) サブテーマ 1

1) 労働安全衛生総合研究所技術資料(JNIOSH-TD-No.7)の発行

中小規模事業場においても、安衛研手法によるRA等の進め方の理解と活用を促進することを目的とした技術資料(JNIOSH-TD-No.7)を発行した(図1)。本技術資料では、化学物質を用いる開放系作業を対象とした化学物質の危険性に対するRA等を実施する際に重要となる考え方(注意点)を示すとともに検討の参考となる資料や情報を提供する。また、リスク見積りのための基準設定の考え方及び例、リスク低減措置の具体例やヒューマンエラー対策の検討方法、RA等実

施結果を労働者に周知する方法などについて、化学物質 RA 指針に示された 5 つのステップ毎にまとめている。技術資料の構成を以下に示す。

- 前書き
- 概要(Overview)
- 用語の説明
- 第 1 章：化学物質による危険性の特定と火災・爆発発生に至るシナリオの同定
- 第 2 章：リスク見積りとリスクレベル決定
- 第 3 章：リスク低減措置の検討
- 第 4 章：リスク低減措置の実施
- 第 5 章：リスクアセスメント等実施結果の労働者への周知
- 付 録：各章に関連する参考情報

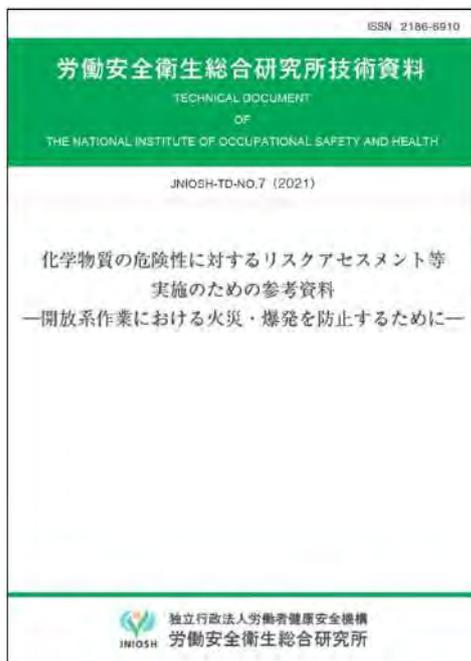


図 1 労働安全衛生総合研究所技術資料 (JNIOASH-TD-No.7)

2) 簡易シナリオ同定法の提案

化学物質の危険性に対する RA 等の実施では、潜在する危険源を網羅的に想定し、火災・爆発発生に至る様々なシナリオを同定した上で、リスク低減措置を検討・実施することが求められる。一方、小規模・零細事業場などからは、より簡単に RA を実施することができる方法や知識・情報の提供が求められている。技術資料(JNIOASH-TD-No.7)の 1.2 節では、常に空気(酸素)が存在している開放系作業を対象とした火災・爆発防止のための RA 実施において、燃焼の 3 要素(酸素、着火源、可燃物)の有無を確認することによりシナリオを同定する方法(簡易シナリオ同定法)を提案してい

る。図 2 に、簡易シナリオ同定法の概要を示す。3 種類のシート「①作業条件確認シート」「②引き金事象チェックシート」「③シナリオ検討シート」を順番に作成していくことで火災・爆発発生に至るシナリオを同定することができる。図 3 に簡易シナリオ同定法を紹介するために作成したリーフレットの表紙を示す。表 1 に金属塗装作業を対象として、簡易シナリオ同定法を用いた解析事例を示す。さらにこの手法により同定されたシナリオを安衛研手法の実施に展開する方法についてもまとめている。

簡易シナリオ同定法では爆発性雰囲気形成防止対策と着火源発現防止対策の実施状況の確認結果を基にシナリオを検討するが、これを厚生労働省より提供されている CREATE-SIMPLE による危険性 RA 実施のための確認事項として追加することにより、CREATE-SIMPLE の機能を高めるとともに、安衛研手

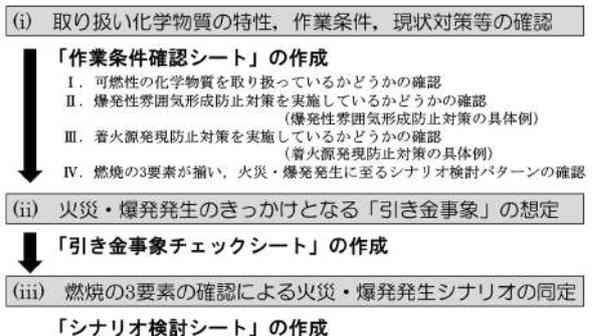


図 2 燃焼の 3 要素に着目した火災・爆発発生シナリオ同定の進め方



図 3 簡易シナリオ同定法の普及用リーフレット

表1(a) 作業条件確認シート（実施事例）

【A】作業手順・内容	【B】取り扱い化学物質及び作業に用いられる設備・装置等				【C】火災・爆発等が発生する燃焼の3要素の 패턴の確認			
	取扱物質名	当該化学物質の危険性に関する情報	取扱状況（温度、湿度、取扱量、保管状況など）	作業に用いられる設備・装置・道具	Q-1 取り扱っている化学物質は可燃性のものでしょうか？	Q-2 爆発性雰囲気形成防止対策を実施していますか？	Q-3 着火源発現防止対策を実施していますか？	パターン(a)~(d)
2 拭いたウエスをゴミ箱に廃棄する。	ラッカーシンナー（トルエン、酢酸エチル、酢酸ブチル等）	危険物第四類 第一石油類（非水溶性） 引火性の物（引火点：3.1℃） （爆発範囲：1.2~36.5%）	室温、500mL ポリ容器にラッカーシンナーを入れて、ポリ容器からウエスにラッカーシンナーをしみこませて使用 ウエスはゴミ箱に廃棄	・ポリ容器 ・ウエス（綿製） ・ゴミ箱	はい （ラッカーシンナー）	対策無し	(a) 防爆構造電気機器類の使用 (b) 導電性床の使用 (c) 金属製品の接地 (a) 非防爆機器（スマートフォン等）の持ち込み禁止 (b) 帯電防止作業服・帯電防止靴の着用 (g) 火気使用・持ち込みの管理	(b)

表1(b) 引き金事象チェックシート（実施事例）

【A】作業手順・内容	【B】取り扱い化学物質及び作業に用いられる設備・装置等				【C】火災・爆発等が発生する燃焼の3要素の 패턴の確認			【D】設備・装置・道具に関する引き金事象		【E】作業・操作に関する引き金事象（ヒューマンエラー）							
	取扱物質名	当該化学物質の危険性に関する情報	取扱状況（温度、湿度、取扱量、保管状況など）	作業に用いられる設備・装置・道具	爆発性雰囲気形成防止対策	着火源発現防止対策	パターン(a)~(d)	設備・装置・道具の不具合（故障モード）	省略エラー	やり間違い							
										選択エラー	手順エラー	タイミングエラー	質的エラー	量的エラー	その他のエラー		
2 拭いたウエスをゴミ箱に廃棄する。	表2(a)の【B】欄と同じ内容				表2(a)の【C】欄と同じ内容			<ul style="list-style-type: none"> ・ポリ容器の損傷 ・ゴミ箱の損傷 ・防爆構造照明の故障 ・帯電防止作業服の劣化 ・帯電防止作業靴底の汚れ ・導電性床のアース線劣化 ・金属製品のアース線劣化 	・使用済みのウエスをそのままにしておく	・ゴミ箱以外の手近な容器にポリ容器を廃棄する	・使用済みのウエスをすぐに廃棄せず、しばらく放置しておく	・	・	・	・	・	<ul style="list-style-type: none"> ・ラッカーシンナーをこぼす ・非防爆構造の照明を持ち込む ・床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く ・帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する。

表1(c) シナリオ検討シート（実施事例）

【A】作業手順・内容	【C】火災・爆発等が発生する燃焼の3要素の 패턴の確認			【D】 【E】引き金事象	【F】不安全状態		【G】事故災害	
	爆発性雰囲気形成防止対策	着火源発現防止対策	パターン(a)~(d)		爆発性雰囲気の形成	着火源の発現	火災？ 爆発？	その他の影響？
2 拭いたウエスをゴミ箱に廃棄する。	表2(b)の【C】欄と同じ内容			・ポリ容器の損傷	開放状態での作業のため、シンナー存在部周りに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	なし	影響なし	影響なし
				・ゴミ箱の損傷	〃	〃	〃	〃
				・防爆構造照明の故障	〃	照明の絶縁不良のため、電気火花が発生する可能性あり	シンナー存在部周りの蒸気に着火し、火災	・火災による火傷 ・周囲の可燃物への延焼 ・作業服等への延焼
				・帯電防止作業服の劣化	〃	作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性あり	〃	〃
				・帯電防止作業靴底の汚れ	〃	〃	〃	〃
				・導電性床のアース線劣化	〃	〃	〃	〃
				・金属製品のアース線劣化	〃	導電物と接近することで静電気火花が発生する可能性あり	〃	〃
				・使用済みのウエスをそのままにしておく	開放状態での作業のため、シンナー存在部周りに爆発性雰囲気を形成する可能性あり	なし	影響なし	影響なし
				・ゴミ箱以外の手近な容器にポリ容器を廃棄する	〃	〃	〃	〃
				・使用済みのウエスをすぐに廃棄せず、しばらく放置しておく	〃	〃	〃	〃
				・ラッカーシンナーをこぼす	〃	〃	〃	〃
				・非防爆構造の照明を持ち込む	〃	照明の電源から電気火花が発生する可能性あり	シンナー存在部周りの蒸気に着火し、火災	・火災による火傷 ・周囲の可燃物への延焼 ・作業服等への延焼
・床の上に汚れ防止用ビニールシートを敷く	〃	作業者に帯電し、静電気火花が発生する可能性がある	〃	〃				
・帯電防止機能のない作業服・作業靴を着用する	〃	〃	〃	〃				

法の実施への展開(より詳細な化学物質の危険性に対する RA 等の実施)につなげることが期待される。

簡易シナリオ同定法の3種類のシートの作成を支援するための Excel ツール(日本語版)を開発した(令和2年度は①と②のシート作成を支援するツールを開発していたが、令和3年度は③のシート作成まで開発)。図4に支援ツールによる解析の流れを示す。図5に支援ツールのマニュアルの表紙を示す。いずれも労働安全衛生総合研究所 Web サイトからダウンロードすることができる。

3) 化学物質の危険性に対するリスク管理及びリスクアセスメント等実施の課題整理

化学物質の自律的管理は、RA 等の実施とその結果に基づくリスク低減措置の検討・実施(リスク管理)が

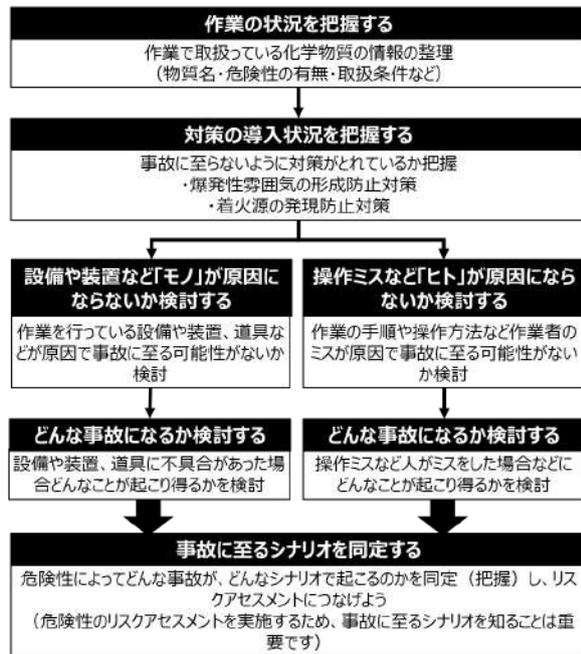


図4 簡易シナリオ同定法実施支援ツールによる解析の流れ

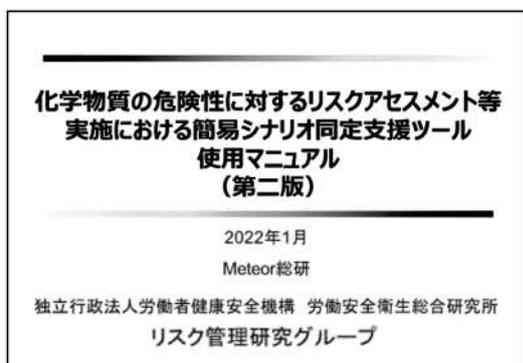


図5 簡易シナリオ同定法実施支援ツールのマニュアルの表紙

基本となる。ここでは化学物質の危険性、すなわち火災・爆発等を防止するためのリスク管理及び RA 等の実施について、以下のような項目(着眼点)について、課題を整理している。

- ①化学物質の危険性に対するリスク管理の課題
 - RM-1. RA 等の実施結果に基づくリスク管理
 - RM-2. 事業場に求められること
 - RM-3. 行政に求められること
 - RM-4. 教育・訓練
 - RM-5. その他(有識者委員会でのコメントなど)
- ②化学物質の危険性に対する RA 等実施の課題
 - RA-1. 化学物質取り扱い事業場で実施する3つの RA
 - RA-2. 化学物質 RA 義務化への対応の課題
 - RA-3. GHS ラベルと SDS の積極的な活用
 - RA-4. 化学物質 RA 指針の改訂について
 - RA-5. 機械を対象とした RA との違い
 - RA-6. その他(有識者委員会でのコメントなど)

上記の課題整理については、令和4年度開始の基盤的研究課題において引き続き検討するほか、課題解決に向けた取組みを進める。

(2) サブテーマ2

1) 労働安全衛生総合研究所技術資料(JNIOSH-TD-No.8)の発行

化学物質の危険性のうち、異常反応(暴走反応及び混合危険)に対する RA 等を実施するのに参考となる情報を取りまとめた技術資料(JNIOSH-TD-No.8)を発行した(図6)。本技術資料では、安衛研手法に沿って RA 等を実施することを前提として、暴走反応及び混合危険を考慮する上での基本的な観点や必要なデータの入手方法、典型的なシナリオやシナリオを検討する際の着眼点、リスク低減措置の例などの具体的な情報をまとめている。以下に技術資料の構成を示す。

前書き

概要 (Abstract)

用語の説明

第1章：はじめに

第2章：安衛研手法と参考情報の概要

第3章：暴走反応による災害防止のためのリスクアセスメント、リスク低減措置検討の際の参考情報

第4章：混合危険による災害防止のためのリスクアセスメント、リスク低減措置検討の際の参考情報

第5章：「シナリオに対するリスクの見積りとリスク評価」に関する参考情報

第6章：おわりに

添付資料：火災・爆発災害事例，暴走反応のシナリオモデル，事故影響の指標の例など

2) 反応危険に関する参考情報を利用したRA等解析事例の作成

技術資料(JNIOSH-TD-No.8)にまとめた異常反応に関する災害防止のためのRA等実施に関する参考情報が、RA等実施の支援となるかを確認するために、過去の災害事例等を参考にして設定した化学プロセスのRA等に適用し、暴走反応や混合危険を考慮したRA及びリスク低減措置の検討ができることを確認した。

3) 反応危険を特定するための支援ツール及びデータベースの整備

異常反応に対するRA等を実施するためには、取り扱っている化学物質について異常反応が生じる可能性があるかどうかを事前に推定しておく必要がある。その推定には、反応によって発生する熱量などの放出されるエネルギーを把握する必要があるが、人員、実験設備などのリソース不足により、推測するのに十分な情報を得ることができない事業場もあると考えられる。そのため、異常反応が生じる可能性の推定を支援するために、①～④に示すデータベース及びツールを整備した。

①反応性物質のDSC、ARCデータのデジタル化

旧産業安全研究所にて発刊された「反応性物質のDSCデータ集(RIIS-SD-87, No.1)」及び「反応性物質のDSCデータ集(2)(RIIS-SD-89)」中のDSC(示差走査熱量計)の測定データ、並びに「反応性物質の熱安

定性に関する研究—熱分析及び断熱測定—(RIIS-RR-83-1)」中のARC(暴走反応測定装置)の測定データを、画像データからデジタルデータへと変換し、画像データと合わせてホームページで公開した。これらのデータは、反応物、生成物、中間生成物などの熱分解による発熱挙動を推測するのに参考となる。

②反応エンタルピー(反応熱)推計支援ツール

化学物質の既知の生成熱や、生成熱が不明な物質の生成熱を予測するための、化合物の骨格原子を中心としたグループ(Bensonグループ)の生成熱への寄与値のデータを取りまとめ、Microsoft Excelのデータシートとして整理し、反応熱及び生成熱の簡単な計算機能を付与した反応熱推計支援ツールを作成した。本ツールは、生成熱及び反応熱を推定するための以下の機能を有している。

- ・ 反応物の生成熱の総和と生成物の生成熱の総和の差をとって反応熱を推計する機能
- ・ Bensonの二次加成性則により生成熱を推計する機能
- ・ 対象化学物質と、化学構造から自動で推定したBensonグループの組合せを表示する機能

本ツールは、反応によって発生する熱量を推計し、放出されるエネルギーを推測することを支援するものである。

③混合危険マトリクス作成ソフトウェアCRW(Chemical Reactivity Worksheet) Ver.4.0の使用法の説明資料

複数の化学物質が混合したことにより異常反応が生じるかを検討する際に、化学物質の数が多くなると、そのすべての組合せで混合危険を検討することは多大な労力を要する。そのため、米国では混合危険マトリクス作成ソフトウェアCRWが開発され、無償で公開されている。混合危険についての検討を支援するために、CRWの使用法について、日本語の説明資料を作成した。本説明資料に沿ってCRWを使用することで、複数の化学物質が混合したことにより異常反応が生じるかの参考情報を得ることができる。

④「化学薬品の混触危険ハンドブック データ編」データベース

化学薬品の混触危険ハンドブックに掲載されている、化学物質の組合せ毎の最大反応熱とその時の混合割合、生じる現象などについてのデータをまとめ、Excel版のデータベースを作成している。本データベースのデータは、複数の化学物質が混合したことにより異常反応が生じるかを推測するのに参考となる。

【研究業績・成果物】

【研究所出版物】

- 1) 島田行恭、佐藤嘉彦、高橋明子 (2021) 化学物

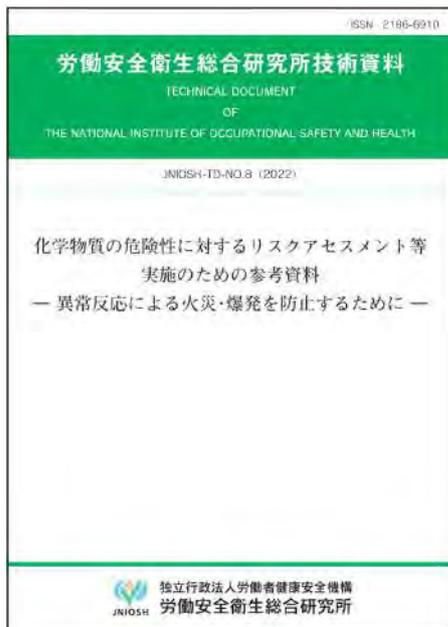


図6 労働安全衛生総合研究所技術資料 (JNIOSH-TD-No.8)

質の危険性に対するリスクアセスメント等実施のための参考資料—開放系作業における火災・爆発を防止するために—、労働安全衛生総合研究所技術資料, JNIOOSH-TD-No.7.

- 2) 島田行恭、佐藤嘉彦、高橋明子 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施のための開放系作業における燃焼の3要素に着目した火災・爆発発生シナリオの同定法、リーフレット.
- 3) 佐藤嘉彦、島田行恭、板垣晴彦 (2022) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施のための参考資料—異常反応による火災・爆発を防止するために—、労働安全衛生総合研究所技術資料, JNIOOSH-TD-No.8.

[総説他(英文、和文)]

- 1) 島田行恭 (2021) 化学物質の危険性リスクアセスメント等実施を支援するための取組み、安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.139, pp.6-9.
- 2) 島田行恭、佐藤嘉彦、高橋明子 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメントにおける簡易シナリオ同定法、安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.139, pp.10-22.
- 3) 佐藤嘉彦、島田行恭、高橋明子 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメントにおける簡易シナリオ同定法—事例解析—、安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.139, pp.23-33.
- 4) 高橋明子、島田行恭、佐藤嘉彦 (2021) 火災・爆発防止のためのヒューマンエラー対策の検討、安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.139, pp.34-41.
- 5) 高橋明子、島田行恭、佐藤嘉彦 (2021) 現場作業者の GHS 絵表示の理解度の実態と対策、安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.140, pp.47-53.
- 6) 島田行恭 (2022) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント実施支援、SE 誌, 206, pp.20-26.

[国内学術集会]

- 1) 島田行恭、佐藤嘉彦、高橋明子 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント結果等の労働者への周知等に関する考察と提案、安全工学シンポジウム 2021, pp.250-253.
- 2) 佐藤嘉彦、島田行恭、板垣晴彦 (2021) 異常反応を考慮したリスクアセスメント等実施のための支援情報の整備、安全工学シンポジウム 2021, pp.304-307.
- 3) 佐藤嘉彦、島田行恭、板垣晴彦 (2021) 反応危険に関するシナリオ同定・支援のためのシナリオ典型例の整備、日本プロセス化学会 2021 サマー

シンポジウム, 2P-02, p.84-85.

- 4) 渕野哲郎、井内謙輔、武田和宏、北島禎二、島田行恭 (2021) CCPS;“LAYER OF PROTECTION ANALYSIS” 翻訳出版に向けた進捗、化学工学会第 52 回秋季大会, VM102.
- 5) 佐藤嘉彦、島田行恭、板垣晴彦 (2021) 反応危険に関する参考情報を利用したリスクアセスメント等解析事例—バッチプロセスでの暴走反応を対象として—、化学工学会第 52 回秋季大会, VM108.
- 6) 島田行恭、佐藤嘉彦、高橋明子 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメントのための簡易シナリオ同定から安衛研手法への展開、第 54 回安全工学研究発表会, pp.105-108.
- 7) 佐藤嘉彦、島田行恭、板垣晴彦 (2021) 反応危険に関する参考情報を利用したリスクアセスメント等解析—混合危険を対象とした事例—、第 54 回安全工学研究発表会, pp.193-196.

[講演会・セミナー等における研究成果の普及]

- 1) 安全工学会、第 43 回安全工学セミナー2021.
- 2) 産業医科大学大学院医学研究科産業衛生学専攻主催、自律的化学物質管理の概要、「化学物質の物理化学的危険性」.

[労働安全衛生総合研究所 Web サイトで公開]

- 1) 化学物質の危険性に対する RA 等実施に関するチェックポイント集(英語版) (2022).
- 2) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施における簡易シナリオ同定法説明資料(日本語版、英語版) (2022).
- 3) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施における簡易シナリオ同定法実施支援ツール(Excel 版ツール) (2022).
- 4) 反応性物質の DSC, ARC データ (2022).
- 5) 反応エンタルピー(反応熱)推計支援ツール (2022).
- 6) 「化学薬品の混触危険ハンドブック データ編」データベース (2022).
- 7) 混合危険マトリクス作成ソフトウェア CRW (Chemical Reactivity Worksheet) Ver.4.0の使用方法的説明資料 (2022).

[その他]

- 1) 高橋明子 (2021) GHS 絵表示の示す危険有害性の理解度を高めるために、安衛研ニュース, No.148.
- 2) 高橋明子 (2021) 火災・爆発防止のための化学物質リスクアセスメントでのヒューマンエラーの考え方と評価、令和 3 年度研究所一般公開.

(4) 帯電防止技術の高度化による静電気着火危険性低減に関する研究 【4年計画の3年目】

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

【研究期間】 令和元～4年度
【実行予算】 15,000 千円(令和3年度)
【研究概要】

(1) 背景

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

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

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

また製造業は世界的に激しい競争の中にあり、革新的な技術が生み出される一方で、危険性の高まりも注視しなければならない。静電塗装技術はその一例であり、表面処理において塗料の節約や仕上がりの美しさから最も優れており、今後ますます広がる傾向

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

第13次労働災害防止計画では、計画の重点事項の第1番目として死亡災害の撲滅を目指した対策の推進(p.10)をあげており、重篤な災害の防止対策(p.13)が具体的取組としてあげられている。火災や爆発では、件数は相対的に少ないが、感電と並んで、死傷災害の中で死亡災害が占める割合が高い(火災11%、感電11%、爆発9%、全体平均0.81%、平成29年労働災害統計確定値より算出)災害である。火気厳禁の中で起こる火災爆発災害の着火源は静電気の可能性が高く、これを抑制する技術の開発と普及は死亡災害の撲滅に寄与するものである。

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

(2) 目的

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

○可燃性液体の輸送に伴う帯電・放電特性の解明と液体帯電低減手法の開発

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

(3) 方法

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

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

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

(4) 研究の特色・独創性

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

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

【研究成果】

本年度も引き続き新型コロナウイルス感染症対策に伴う制限がありながらの研究実施となったが、リモートの活用などにより、会議や成果公表等への影響を最小限に抑え、研究計画を大きく変更することなく遂行できた。本研究の各サブテーマにおける成果は以下の通りである。

(1) サブテーマ 1

液体がノズル等から噴出し、液滴を形成するような場合、液体とノズルの双方が噴出帯電という静電気帯電現象により数 kV の高電位になり、可燃性混合気に

対して着火性の静電気放電(火花放電)を発生する危険性がある。現在までに、噴出帯電については、どのような液体が、どのような条件で、どの程度帯電するか、十分に解明されていない状況にある。また、噴出された液体がミストを形成する場合、高引火点引火性液体であっても、静電気放電により常温で着火する危険性があるが、その着火性に関する知見が乏しい。

前年度までに、酢酸エチル等の酢酸エステルの噴出帯電量がその他の液体と比較して顕著に大きくなることを確認した。また、噴霧ノズルに電圧を印加する噴出帯電量低減手法についても検討し、酢酸エステルについては効果が見られなかったが、比較的導電率の高い水道水やイソブチルアルコールについては有効性が確認された。

本年度は、高引火点引火性液体の灯油について、ミスト状態での着火特性について詳細な調査を行った。灯油や軽油のような高引火点引火性液体は、常温での着火危険性は低いが、噴出や飛散によりミスト状態になると常温でも着火することが知られている。これらの液体は配管内の流動等により大きく静電気帯電する傾向があるため、静電気放電レベルのエネルギーによる着火危険性についても確認する必要がある。そこで本研究では、粒径約 5 μm の灯油ミストを対象に、各種条件でその着火特性を調査した。

着火実験には、国内外で標準的に用いられている粉じんの最小着火エネルギー測定用の吹上げ方式着火試験装置(MIKE-3, Kühner AG)を一部改良して使用した(図 1)。本装置に、超音波式ミスト発生器からメディアン径約 5 μm の灯油ミストを供給して、各種条件で静電気放電(火花放電)による着火の有無を調査した。本実験では、ミスト濃度、放電電極の間隔と、ミストの着火エネルギーとの関係を調査した。

図 2 に、本実験における典型的な灯油ミストの着火パターンを示す。

表 1 に、着火実験の結果を示す。まず、電極間隔 6 mm において、ミスト濃度を変化させた場合の各放電エネルギーにおける着火の有無について述べる。ミスト濃度は、供給時間および時間当たりの供給量約 15.9 mg/s から総供給量を求め、爆発容器容量 1.2 L 内に均一に分布すると仮定した数値である。これより、ミスト濃度約 66.5 mg/L 以上で放電エネルギー 1 mJ から着火が確認された一方、約 39.9 mg/L では 10 mJ でも着火は確認されなかった。したがって、爆発下限界はこの間にあると考えられる。灯油の分子量を 212、爆発容器内の圧力を 1013 hPa と仮定して灯油蒸気の爆発下限界濃度 0.7 vol% を重量濃度に換算すると 62.8 mg/L となり、ミストと蒸気状態での濃度特性が概ね一致することが確認できる。

次に、ミスト濃度 66.5 mg/L において、電極間隔を変化させた際の各放電エネルギーにおける着火の有無について述べる。表 1 のとおり、電極間隔 4 mm、6 mm では 1 mJ から着火したが、2 mm では 10 mJ まで非着火となった。この結果から、電極間隔が 2 mm の場合には、4 mm、6 mm の場合よりも放電の着火能力が低くなると考えられる。電極間隔と着火エネルギーの関係について、粉じん(炭じん)について、電極間隔 4~7 mm で着火エネルギーがほぼ一定かつ最小値を示すことが報告されており、本実験の結果とも一致する。

以上のように、メディアン径約 5 μm の灯油ミストの着

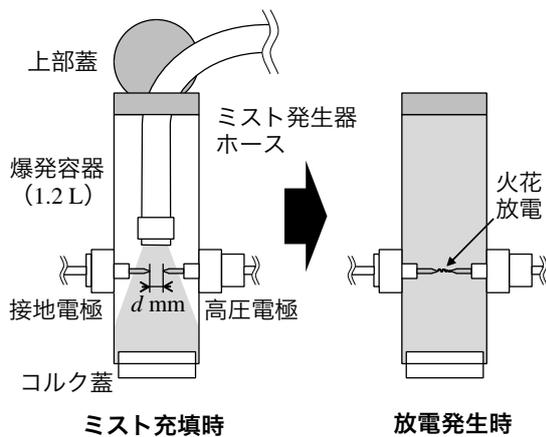


図 1 着火実験装置

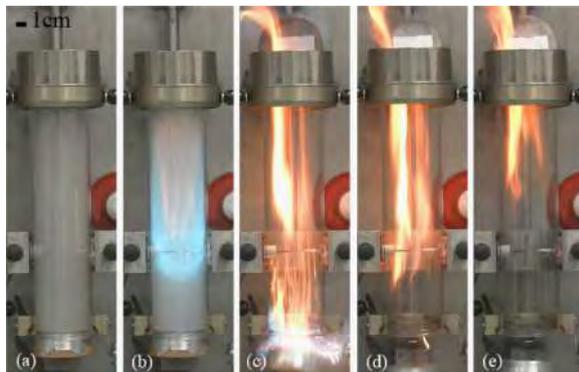


図 2 灯油ミスト着火時の様子

表 1 着火実験の結果

放電エネルギー [mJ]	ミスト供給時間[s] (ミスト濃度[mg/L])				
	3 (39.9)	5 (66.5)		10 (132.9)	
	d=6	d=2	d=4	d=6	d=6
1	×	×	○	○	○
3	×	×	○	○	○
10	×	○	○	○	○

火特性を調査した結果、蒸気状態と類似の濃度特性を示すこと、電極間隔と着火エネルギーの関係は粉じんの場合と類似することを確認した。また、実験装置の限界により放電エネルギー 1 mJ 以下での測定はできなかったが、多くの条件で再現性よく 1 mJ での着火が確認されたことから、灯油ミストの実際の最小着火エネルギーは 1 mJ 以下となる可能性が高く、静電気放電の中でも比較的能量の小さなブラシ放電等でも着火の危険性があると考えられる。

したがって、灯油取り扱い時の着火事故を防止するためには、爆発限界以上のミスト形成を防止すること、着火源となり得る静電気放電の発生防止、流速制限等による静電気帯電の低減が必要となる。

(2) サブテーマ 2

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

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

昨年度において、帯電緩和効果の実証の一例としてペットボトルにアルミナ球と気体を封入して攪拌する実験を行い、攪拌後のアルミナ球の静電気帯電量を測定したところ、アルゴンでは確かに静電気が低減する効果が確認された。

本年度の研究では、有用性が高いが、静電気発生が著しいために産業現場で問題となっている PFA 素材の容器でアルミナ(絶縁体)試料を攪拌し、ファラデーケージで攪拌後のアルミナの帯電量を測定することで、室内空気、窒素、アルゴン、さらにパージガスとして使用されている二酸化炭素の帯電緩和効果の有無や大きさを定量的に比較した。

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

攪拌後の様子を図 3 に示す。窒素で封入したボトルでは、アルミナ球がボトルの内壁に静電気で付着し、取り出すことすら困難であった。一方で、アルゴンで封

入したボトルでは、アルミナ球は内壁に付着せず、取り出す際にも流れるように移動できた。アルゴンを封入することで、粒体のハンドリングも著しく向上した。

アルミナ球の静電気量の測定結果を図 4 に示す。気温 26 °C、相対湿度 57 %の室内空気、窒素ガス、二酸化炭素ガスでそれぞれ封入した場合は、粒体の静電気量は同程度であった。湿度が 50 %を越えていても、PFA ボトル内では、静電気緩和が起きず、帯電の問題は加湿だけでは解決していないように見えた。これは PFA の表面の疎水性が高いために加湿による静電気緩和効果は小さいか無いと考えられる。一方で、アルゴンでは 1 桁以上低い帯電量となることを確認した。アルゴンでは自己放電が促進され、静電気が緩和したものと考えられる。PFA のような静電気を除去することが困難な素材を使用する産業現場等においても、アルゴンガスは静電気抑制効果が期待できる。

粒体の取り扱いでは静電気は発生しない方が望ましいため、接地の実施や除電器が使用されている。また着火防止のために不活性ガスへの置換が行われて



図 3 アルミナ粒体を PFA ボトルで
攪拌した後の静電気発生状況

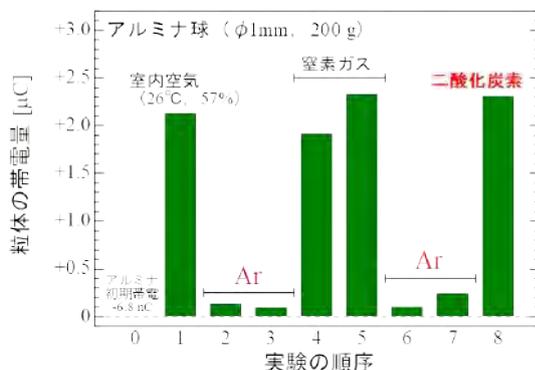


図 4 充滿させるガスの種類による
静電気発生量の違い

いる。アルゴンガスを使用することで、着火防止に加え、静電気低減効果も期待できることから、応用に向けた更なる研究を推進する。

(3) サブテーマ 3

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

○項目 1「静電塗装機の着火に関する安全性評価」

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

○項目 2「ハンディータイプ接地確認機器の開発」

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

○項目 3「安全機器・センサ用電気機器の電磁ノイズの影響評価」

静電塗装機で使用する安全コントローラ、静電気関連センサなどの免疫性に関する測定を実施する。

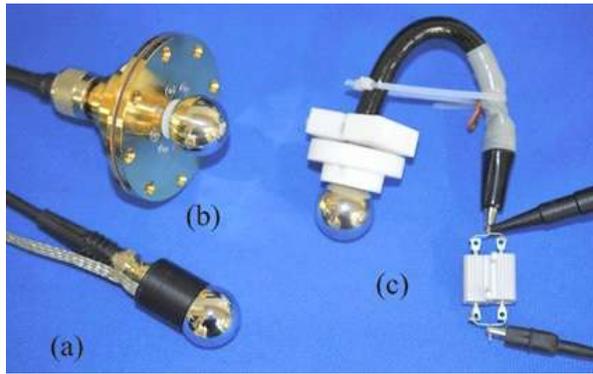
○項目 4「サイロ内での静電気放電の現象の解明とその危険性評価」

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

以下に研究成果を項目ごとに述べる。

1) 静電塗装機の着火に関する安全性評価

本研究では 3 種類の放電電荷量測定方式(EN 方式、IEC 方式、JNIOOSH 方式、図 5)を用いて、その放電電荷量の検出特性について調べた。ただし、JNIOOSH 方式は今回、新しく提案する測定方法である。また、3 種類の内の JNIOOSH 方式(市販用電圧プローブと 100 Ω の無誘導抵抗)を用いて、静電気関連装置(例えば:静電塗装機、除電器)からの異常放電における放電電荷量の測定を行った。結果より、各方式において測定された電荷量はほとんど同じであり、いずれの方式も異常放電の電荷量測定には適合していることがわかった。ただし、電荷量測定値のばらつきが最も小さいのは、JNIOOSH 方式であった。また、一部の静電塗装機から発生する異常放電から得られた放電電荷量 Q(絶対値)は、EN 規格の着火リスク管理値の 60 nC(絶対値)を超え、爆発を引き起こすレベルであった。これらの結果を参考にしながら、可燃性液体塗料用静電ハンドスプレイ装置の安全要求事項及び試



(a) EN 方式 (b) IEC 方式 (c) JNIOSSH 方式
図 5 3種類の放電電荷量プローブ

験方法の技術指針を発行した(図 6)。

2) ハンディータイプ接地確認機器の開発

小型の接地確認装置の実用化・防爆化を検討するためにより簡単な回路をベースに試作を行った(図 7)。これを用いて、産業現場でよく使用される金属製容器、金属製サイロおよびホッパー、配管等の接地・非接地を判別する実験を行った。その結果、接地されている場合は、「安全(接地状態)」を示す緑ランプが点灯し、接地されていない場合は、「危険(非接地状態)」を示す赤ランプが点灯し、簡単に接地・非接地を判別することができた。なお、防爆化(IECE_x、本質安全)のために、電源電圧を 3 V と低電圧化すると共に、電源部に安全保持部品の 30 Ω、2 W の抵抗を挿入して電流を制限することにした。

抵抗結合型接触電極の着火性放電抑制では、50 MΩ 以上の抵抗であれば、着火性放電は抑制され、安全に使用できることがプロパン着火実験で確認された。以上の結果から、今回の接地確認装置では、安全率を考慮して 100 MΩ の抵抗を採用することで、危険場所でも安全に使用できるようにした。

3) 安全機器・センサ用電気機器の電磁ノイズの影響評価

本研究では IEC 規格で規定されているイミュニティ試験をクリアした静電コントローラを対象に、規格と同様 80 MHz~1000 MHz の周波数帯で水平・垂直偏波両方の条件下で、規格の試験条件より強い電界強度の電磁波を放射し、放射イミュニティ試験を行った。結果として、15 V/m の電界強度では正常動作を確認できた。また、約 20~30 V/m の電界強度をもつ電磁波を放射させると、一部の周波数で若干の性能低下がみられたものの、IEC 規格に定められた評価基準に照らし合わせたところ、誤動作ではないと判断できた。以上の結果は、本研究で用いた静電コントローラが、規格を超えた電界においても放射イミュニティ性能をもっていることを実証した。

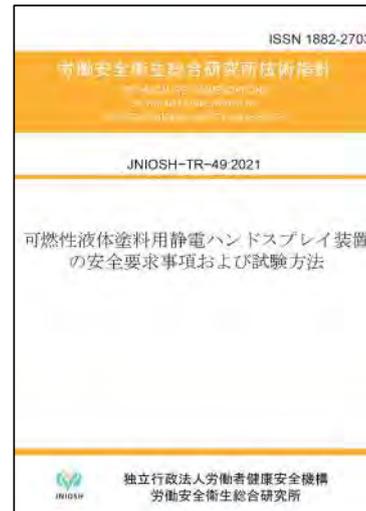


図 6 可燃性液体塗料用静電ハンドスプレイ装置の安全要求事項及び試験方法の技術指針

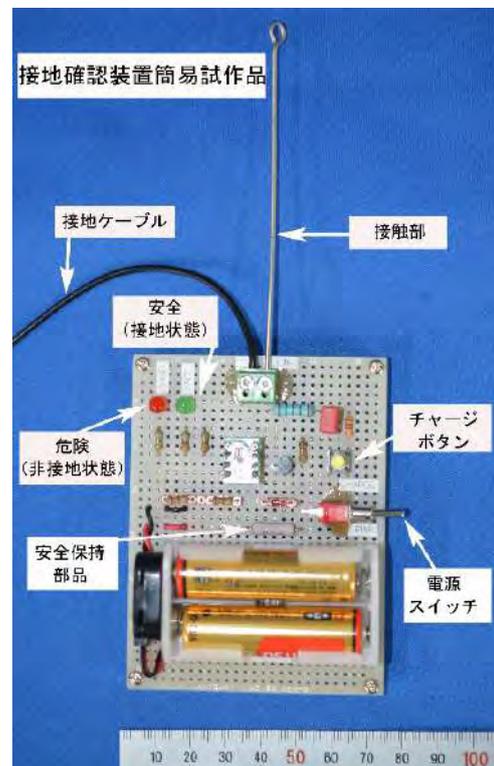


図 7 新型ハンディータイプ接地確認装置の構造

4) サイロ内での静電気放電の現象の解明とその危険性評価

コンピューターシミュレーションを用いて、粉体を投入した時のサイロ内部に金属球の突起物がない場合の電界分布について調べた。その結果、堆積粉体内部のサイロの側壁付近で電界が最も強く、次に堆積粉体表面で強いことが明らかになった(図 8)。投入開始直後(投入量:約 5 kg)の粉体表面でも電界が 30 kV/cm を遥かに超えていたことから、投入を開始した

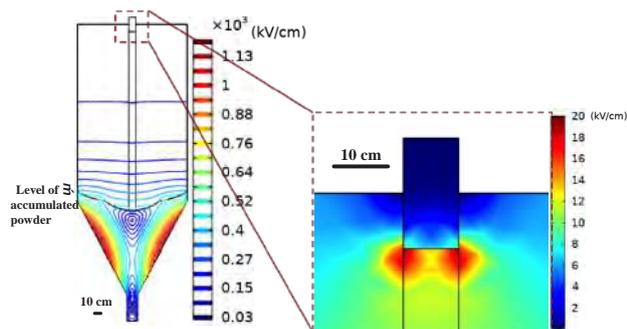


図8 金属製サイロ内の帯電粉体からの電界分布

時点で静電気放電が発生することが分かった。また、サイロへ粉体を投入する配管の端にも電界が集中し、先行研究の結果とも一致することが確認された。

【研究業績・成果物】

[原著論文・総説]

- 1) 遠藤雄大 (2021) 酢酸エステルへの噴霧帯電量測定と帯電防止方法の検討. 安全工学, Vol.61, No.1, pp.45-52.
- 2) 遠藤雄大 (2021) 灯油ミストの着火特性の調査. 安全工学, Vol.60, No.3, pp.191-197.
- 3) Milad Taghavivand, Poupak Mehrani, Andrew Sowinski, Kwangseok Choi (2021) Electrostatic charging behaviour of polypropylene particles during pulse pneumatic conveying with spiral gas flow pattern. Chemical Engineering Science, Vol.229, 116081.
- 4) 榎田英範, 松永武士, 吉原俊輔, 崔光石 (2021) 漏電遮断器における放射イミュニティ性能とその対策例について. 労働安全衛生研究, Vol.14, No.1, pp.59-64.
- 5) 崔光石, 崔旻, 柳田建三, 白松憲一郎 (2021) 可燃性液体塗料用静電塗装ガンの着火性評価方法に関する実験的研究. 安全工学, Vol.60, No.2, pp.85-92.
- 6) 松永武士, 吉原俊輔, 鈴木善貴, 柳田建三, 崔光石 (2021) 静電塗装用コントローラの放射イミュニティ特性. 労働安全衛生研究, Vol.14, No.2, pp.155-159.
- 7) 長田裕生, 鈴木輝夫, 崔光石 (2021) ハンディータイプ接地確認装置の開発に関する実験的研究. 安全工学, Vol.60, No.3, pp.183-190.
- 8) Qun Zhou, Cai Liang, Kwangseok Choi, Gaoqiang Zhang, Jiawei Hu, Xiaoping Chen, Jiliang Ma (2021) Understanding influence of metal protrusion

on electrostatic discharge in conical-cylindrical silo based on electric field simulation. Advanced Powder Technology, Vol.32, Issue 8, pp.2781-2790.

- 9) Kwangseok Choi, Yuki Osada, Wookyoung Kim, Teruo Suzuki (2021) Experimental study on electrostatic discharges from metal protrusion inside a silo during continuous loading of polypropylene powder. Powder Technology, Vol.391, October 2021, pp.362-368.

[解説等]

- 1) 遠藤雄大 (2021) 静電気による事故・災害の防止, 安全と健康, Vol.22, No.6, pp.544-548.

[特別講演等]

- 1) 遠藤雄大 (2021) 可燃性液体取り扱い時の静電気災害. 2021年度第2回静電気放電基礎研究委員会, オンライン.
- 2) 遠藤雄大 (2021) 液体取り扱い時の静電気対策 (研究所訪問). 令和3年度安全衛生専門講座第35回 静電気安全対策コース(中災防).
- 3) 崔光石 (2021) 尼崎市消防局, 令和3年度危険物取扱者等実務研修会「静電気に起因する可燃性物質の爆発・火災とその防止対策」.
- 4) 崔光石 (2021) 明石防火協会, 明石市危険物防災講演会「危険物施設における静電気に起因する事故防止策」.
- 5) 崔光石 (2021) 粉体塗装研究会, 粉体塗装研究会 2021-4 セミナー「静電気に起因する可燃性粉体の爆発・火災と対策」.
- 6) 崔光石 (2021) 中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター, 第35回 静電気安全対策コース「静電気災害・障害の実例と対策(研究所訪問)」.
- 7) 崔光石 (2021) 一般社団法人静電気学会, 2021年度第2回静電気学会講習会「静電気災害の実例と対策～基礎・計測・除電技術, 液体災害, 粉体災害, リスクアセスメント」静電気に起因する可燃性粉体の爆発・火災と対策」.

[国内外の研究集会発表]

- 1) 遠藤雄大 (2021) 少量の液体試料を用いた固体-液体の接触・分離時の帯電性評価実験. 2022年度静電気学会春期講演会論文集, pp.47-48.
- 2) 遠藤雄大 (2021) フッ素樹脂製配管使用時の液体の流動帯電特性の調査. 第54回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.221-222.
- 3) 遠藤雄大 (2021) 可燃性液体の静電気災害防止に関する研究, 日本職業・災害医学会会誌, 第69巻 臨時増刊号, p.40.

- 4) 遠藤雄大 (2021) 液体の噴霧帯電量低減方法の検討. 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.276-277.
- 5) 三浦崇 (2021) 低真空でのステンレスと石英の摩擦静電気の測定. 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 16a-P03-1, オンライン開催.
- 6) 三浦崇 (2021) アルゴンガス封入による粒体攪拌の静電気低減. 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 16p-P08-4, オンライン開催.
- 7) 三浦崇 (2021) ステンレスと石英の摩擦における真空圧力と静電気の同時測定. 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集 (10p-S401-9), オンライン開催.
- 8) 三浦崇 (2021) 減圧によるアルミナ粒体攪拌の静電気低減. 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集, 23p-P02-10, オンライン.
- 9) 崔旻, 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2021) ノズル型双極性除電器から発生する異常放電の着火危険性に関する実験的研究. 第 22 回静電気学会春期講演会, 2021 年度静電気学会春期講演会論文集, pp.25-28.
- 10) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2021) 粉体連続投入過程でサイロ内の金属製突起物から発生する静電気放電. 2021 年第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 講演番号 16P-Z13-1.
- 11) 崔光石, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2021) COMSOL Multiphysics による粉体連続投入過程でサイロ内部の帯電粉体から発生する電界分布. 2021 年第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 講演番号 16P-Z13-2.
- 12) 崔光石, 崔旻, 柳田建三, 白松憲一郎 (2021) 液体静電塗装用ハンドスプレーガンの着火性評価方法に関する実験的研究. 2021 年度日本火災学会研究発表会概要集, pp.210-211.
- 13) 崔光石, 崔旻, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2021) 除電器から発生する異常放電の電荷量測定に関する実験的研究. 第 45 回静電気学会全国大会, 静電気学会講演論文集 2021, pp.175-178.
- 14) 長田裕生, 宮林善也, 鈴木輝夫, 崔光石 (2021) CR 並列式新型放電電荷量測定装置の開発に関する実験的研究. 第 45 回静電気学会全国大会, 静電気学会講演論文集 2021, pp.93-98.
- 15) 長田裕生, 鈴木輝夫, 崔光石 (2021) 突起物なしの場合のサイロ内帯電粉体から発生する電界分布の検討. 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.127-130.
- 16) 長田裕生, 宮林善也, 鈴木輝夫, 崔光石 (2021) CR 並列回路とピークホールド機能を備えたクーロンメータの実用性への検討. 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.131-134.
- 17) 崔光石, 崔旻, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2021) 双極性除電器から発生する異常放電の電荷量に関する実験的研究(その2). 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.223-226.
- 18) ラジブカンティモンダル, 佐伯琳々, 城崎知至, 遠藤琢磨, 金佑勁, 崔光石 (2021) アルミニウム粉塵濃度が消炎距離に及ぼす影響. 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.207-210.
- 19) Meet Parikh, Ririn Saeki, Rajib Kanti Mondal, Kwangseok Choi, Wookyung Kim (2021) Minimum Ignition Energy and Quenching distance of aluminum dust clouds. The 12th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology.

(5) 人間特性支援による安全管理及び教育手法に関する研究 【4年計画の2年目】

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

【研究期間】 令和2～5年度
【実行予算】 11,530千円(令和3年度)
【研究概要】

(1) 背景

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

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

職場の安全管理・教育に関する支援技術として、昨今ではバーチャルリアリティ(以下、VR)を用いたシステムが国内外で利用されはじめている[2]。VR型システムの多くは、頭部装着型デバイスであるヘッドマウントディスプレイ(以下、HMD)に高精度のバーチャル映

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

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

(2) 目的

本研究では、安全管理者等に要求される業務のうち、「作業環境および作業方法から生じる危険への対処や事故防止措置」、「作業の安全についての教育・訓練」に着目し、これらの業務支援に寄与するシステムの構築を志向する。具体的には、効果的な支援システムの構築に必要な知見の提供のため、作業者の認知・行動特性を踏まえた業務支援手法について研究

を行う。

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

(3) 方法

本研究では以下の Step 1 から Step 4 までの方法を用いて研究を進める。

Step 1: 国内の実態調査、海外資料・文献の収集

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

Step 2: 実験研究

(ア)注視・行動特性を支援する安全管理手法

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

(イ)認知・心理特性に基づいた教育手法

- ・ 作業熟練者のハザード知覚特性を認知心理学的分析により明らかにする。具体的には、熟練者にヒアリングを行い、ハザード知覚に必要な要素(作業現場でどこを見ているか、どのような知識を有するか、ハザード抽出スキルをどのように獲得したか、など)を明らかにする。
- ・ 作業現場において作業者が見るべきハザードについて、場所、順序、注視時間などを HMD やタブレット端末などの情報提示デバイスを用いて明示するシステムを構築する。またそのシステムを用いて初心者等に対してハザード知覚に関する教育を行った際に、教育効果があるかを検証する。
- ・ 作業者の継続的な教育・訓練において、有効かつ現実場面に適用可能な手法を検討するため、作業者の自己理解スキルに着目し、コーチング

技法を取り入れた教育訓練手法の立案とその効果検証等を行う。

Step 3: 普及資料の作成・公開

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

Step 4: 意見交換

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

(4) 研究の特色・独創性

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

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

【研究内容・成果】

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

(ア)作業者の注視・行動特性を支援する安全管理手法の検討

建設業においては、脚立などの高所作業用具は広く利用されているが、利用者の墜落・転落リスクについては十分に明らかにされていない。高所作業における作業者の特性を正しく理解し、適切な作業方法や教育方法の確立に向けた知見を得ることを目的として、①作業未経験者を対象とした高所作業中の注視特性の分析を行った。次に、VR や MR(複合現実)等の視覚情報提示技術を用いた安全管理手法について検

討するため実施した、②労働安全衛生向けのVRシステムの市場調査と、③MRを用いた高所作業体験中の生理反応および動作特性に関する検討結果についてそれぞれ報告する。

①作業未経験者を対象とした高所作業中における作業指示が注視行動に与える影響の評価

令和2年度に実施した、可搬式作業台上での作業未経験者の注視行動の測定実験データを用いて、本年度は作業工程ごとの詳細な分析を実施した。

課題作業は、可搬式作業台(ナカオ社製:ESK-14)上で、小型のマグネットをボードに5か所取り付ける作業を行うものである。作業区分は図1に示すように、①開始地点からステップの側まで移動する(接近)、②ステップを昇る(昇り)、③ステップから天板中央まで移動する(移動)、④天板中央部で軽作業を行う(作業)、⑤天板中央からステップまで移動する(移動)、⑥ステップを降りる(降り)、⑦ステップの側から終了地点まで移動する(離脱)の7段階に分類した。実験因子は作業の教示方法とし、可能な限り効率(作業スピード)を意識するTime Pressure (TP)条件、可能な限り安全を意識する条件Safety Awareness (SA)条件、および通常の意識Standard (STD)条件の3種類とした。研究参加者は作業未経験の男子大学生12名で、帽子に固定されたアイマークレコーダ(EMR-9、ナックイメージテクノロジー社)で眼球運動を60Hzで測定し、視角2度以内の範囲に0.1秒以上留まった点を停留点と定義し、停留時間と停留回数を分析した。またビデオ撮影したデータをもとに、作業区分別の作業時間を算出した。

作業時間の結果を図2に、注視回数の結果を図3に、注視時間の結果を図4にそれぞれ示す。はじめに作業時間の結果をみると、TP条件では、ステップの昇降時(工程②、⑥)において通常時より減少していたが、作業(工程④)の時間には変化がなかった。一方、注視回数および注視時間の結果をみると、TP条件ではステップの昇降時に注視回数と注視時間の両方が通常時より減少していた。このことから、タイムプレッシャー下では、転落リスクの高いステップの昇降時に、移動速度を上昇させ、注視を減少させる傾向が確認された。そのため、作業未経験者にむやみに作業を急がせると、転落リスクを高めることにつながる可能性が示唆された。次に、SA条件では作業工程ごとの作業時間や注視回数・頻度に大きな影響が生じなかった。このことから、作業未経験者に漠然と安全を意識させても、注視行動や移動速度における変化は乏しいと考えられる。そのため安全性向上のためには、どの工程で、何をどう気をつけるかなど、具体的な指示に基づいた教育・訓練が不可欠であると考えられる。これらの

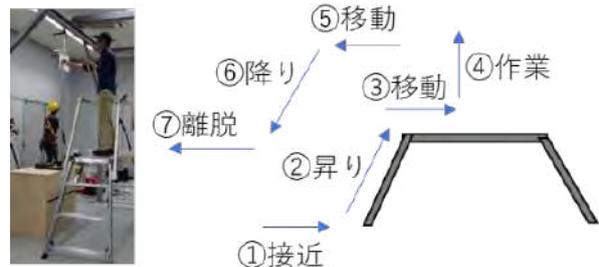


図1 可搬式作業台を用いた課題と作業工程

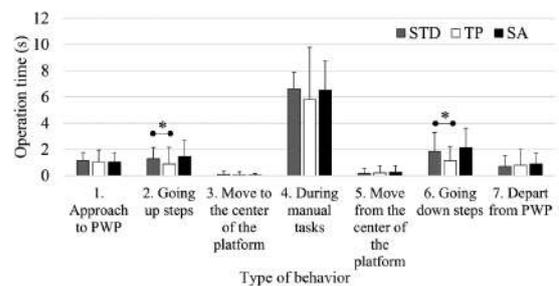


図2 作業区分別の作業所要時間の結果

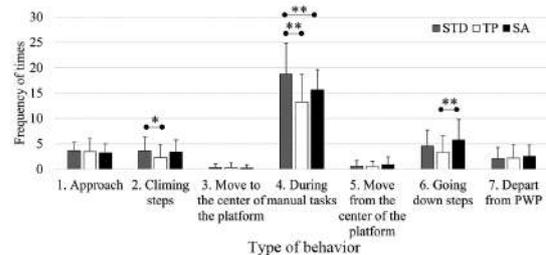


図3 作業区分別の注視回数の結果

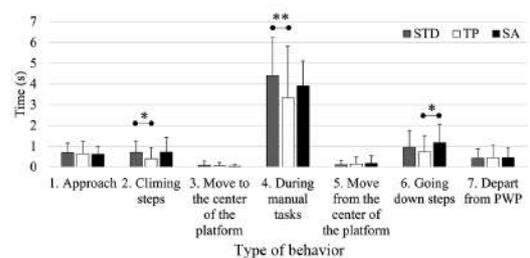


図4 作業区分別の注視時間の結果

知見は、作業未経験者の労災リスクの提言につながると思われる。また、本研究(イ)で実施する、作業手順書による教育訓練手法の検討においても有用な知見となる。

②安全管理業務の実態調査、国内外の教育資料・文献の調査

労働安全衛生に関するVR教材の市場動向について調査を行った。コンテンツの種類は、主に体験型と視聴型の2種類に大別された。体験型とは、映像の中

を自由に歩き回り、映像内のものに触れることなどが可能なコンテンツで、作業者の行動に応じたストーリー展開が可能なものを指す。一方、視聴型は、自分が向いている方向に対応した映像を見ることが可能だが、自身の行動結果は反映されないものを指す。2021年時点では、74件のサービス事例が確認され、体験型が51件、視聴型が23件であった。利用されているVR端末は、PCと接続する頭部装着型デバイス(HMD)が主流であり、その他はスタンドアロン型のHMDやスマートフォンが含まれていた。また、VR教材にて取り扱うコンテンツの対象業種と、イベントで再現する事故の型について分析した。その結果、業種では製造業と建設業が大半を占めており、接客業、小売業、社会福祉施設、清掃業などを含む第三次産業向けのサービスは少ないことが明らかとなった。これは主に業種ごとの購買力や労働安全衛生への関心度が関係していると考えられる。一方、事故の型については、墜落・転落、転倒、飛来・落下、激突され、はさまれ・巻き込まれ、感電、火災などが中心であった。この理由として、VRは視覚刺激の提示技術であるため、視覚的に理解しやすいコンテンツが主流になっていると考えられる。それゆえ、動作の反動・無理な動作(腰痛等を含む)など視覚的に表現しにくいものについてはサービスが提供されていない傾向が明らかとなった。

以上の市場調査結果から、本プロジェクト研究で当初よりターゲットとしてきた建設業×墜落・転落災害を対象に、引き続き資料やコンテンツ等の情報提供を行っていくことは、VR等を用いた安全衛生技術の向上のために適切であると考えられた。

③MRシステムを用いた高所作業体験中の生理反応および動作特性の評価

労働安全衛生向けのVRコンテンツの調査結果より、建設業の墜落・転落災害防止のため、危険体感を目的としたコンテンツが市場に複数提供されるようになっているが、コンテンツの体験による効果測定は、ほとんどが体験者へのアンケート等の主観評定や官能評価にとどまっている。そのため、経営者側の意見として、VRシステムの導入による効果検証が困難であることや、設備投資効果が見込みにくいというコメントが挙がっている。そのため、労働者が体験することで何らかの教育・訓練効果が生じるのであれば、それを測定・評価する手法が必要となる。また別の問題として、労働者がVRシステムを体験する際に、ゲームのような感覚で取り組むと、危険・ヒヤリハット体験を自分のこととして認識しにくく、教育・訓練効果が生じにくいとのコメントが得られている。このような現状を踏まえ、墜落・転落災害のコンテンツにおける没入感や、“自分事”

感を高める手法についても実験的に検証する必要がある。本研究では上記2点の検証に焦点を当てた実験を行うこととし、令和3年度は実験の計画と準備を実施した。

実験実施のため、MRシステム(Canon IT ソリューションズ、MREAL)を用いてHMD上に表示したデジタルコンテンツを、現実空間と重畳しながら投影する手法を採用した。具体的には、建設現場の高所の映像を、レーザースキャナーによる点群データとして測定してボリュームデータを構築した。そしてMRコンテンツとして点群空間内に利用者が没入することで、高所作業環境を移動可能なシステムとした。このような環境下において生理・心理・動作特性の評価を行うため、心拍変動、VR酔いの質問紙調査、重心動揺、身体加速度・姿勢、皮膚発汗等の指標が測定する機器の導入を行った。次に、利用者の没入感を高める工夫として、体性感覚刺激を補助することを想定し、手および足の表示の有無、足場板の有無、手すりの有無等が変更可能となるようにした。これらの要因を実験因子として、令和4年度に実験および解析を行う予定である。

(イ)作業者の認知・行動特性に基づいた教育訓練手法の検討*

建設業における作業者の認知・心理特性に基づいた教育手法を検討している。まず令和2年度の成果を基に、実務者を対象に、現実に即したハザード知覚スキル獲得のための安全対策を提案してもらうため、①ハザード知覚スキル向上のための安全対策に関する調査を行った。また、①の調査結果を基に、市販のVR装置を用いたハザード知覚訓練での効果的な情報提示の条件を検討するため、②視覚教材のメディア形態と提示装置の違いによるハザード知覚訓練効果の比較実験を行った。さらに、作業手順マニュアルの形式に着目し、作業手順マニュアルの相違が作業効率と作業安全に及ぼす影響を実験的に検討した。これらについて報告する。

①ハザード知覚スキル向上のための安全対策に関する調査

令和3年度は、令和2年度のハザード知覚スキル促進プロセスの調査結果を基に、ハウスメーカーの安全管理者11名を対象にオンラインにてグループインタビュー調査を実施し、現場で有効な安全対策を検討した(図5)。その結果、認知特性に基づいた安全管理・安全教育の提案として、「作業者の身体能力の自覚の機会の必要性」、「業務としてのハザード知覚訓練の仕組みづくり」、「ケガの重篤度に焦点を当てた教材づくりの必要性」、「動画を使うなど教材への興味を持



図5 調査風景

ってもらう工夫」などについて提案がなされた。また、IT 機器を利用した安全管理・安全教育の提案として、「若年者の IT 機器への親和性と IT 機器の低価格化による IT 機器利用への期待」、「IT 機器による安全活動の見守りや労働災害の情報提供」、「高齢技能者の支援者としての活用と視覚教材による安全技術の伝承」、「隙間時間を用いた IT 機器の安全教育への活用の期待」などの提案がなされた。IT 機器活用への期待に関する提案が多く見られたことから、近年比較的安価に入手が可能となった市販の VR 機器を利用した安全教育に関する実験を実施することとした。

②視覚教材のメディア形態と提示装置の違いによるハザード知覚訓練効果の比較実験

建設業において、ハザード知覚能力の重要性が注目されており、VR 機器など高度な技術を用いたハザード知覚向上のためのトレーニングシステムの作成と効果検証が行われている[4]～[7]。しかし、これらは個々のトレーニングシステムの効果検証にとどまり、視覚教材の効果的な提示条件について言及されていない。また、近年 VR 機器などが比較的安価に入手できるようになり、それらの安全教育への活用が期待されている。VR 装置を用いる場合、それらが酔いやメンタルワークロードに与える影響など、従来の安全教育では検討されない要素があるため、VR 装置を用いた安全教育について、学習効果だけでなく、生体や心理に与える影響も考慮した総合的な教育訓練効果を検討する必要がある。

以上から、新人作業者を対象とした安全教育を想定し、メディア形態や提示装置の異なる視覚教材を用いたハザード知覚訓練を実施して、理解の程度と視覚教材の学習者の生体や心理への負担を測定する。それにより、視覚教材によるハザード知覚訓練の効果的な情報提示の条件を検討することとした。

令和3年度は、実験の計画と実施をした。

実験参加者は、18～25 歳(平均 21.3±1.9 歳)の建設作業未経験者で、自己申告にて視力 0.7 以上、視野と色覚に問題のない男性 40 名であった。

実験条件は、4 条件(①全天球静止画・HMD、②全天球動画・HMD、③全天球静止画・PC モニタ、④2D

静止画・PC モニタ)であった。

視覚教材は、高橋他[8]を基に、住宅建築現場の典型的なハザード 10 個を選定し、実際の住宅建築現場にて、これらのハザードを含む 3 場面(練習試行 1 場面、本試行 2 場面)の視覚教材を作成した(図 6)。

実験手順は以下のとおりである。実験参加者は実験の説明を聞き、実験参加の同意をした後、実験条件間での空間イメージ能力の等質性を確認するため、空間イメージ能力テスト[9]へ回答した。次に、実験参加者は指定の場所へ着座し、練習試行として、HMD 条件の実験参加者は HMD (HTC 製 Vive Pro Eye)を、PC モニタ条件の実験参加者はアイトラッカー(トビー・テクノロジー 製 Tobii Pro グラス 3)を装着して、それぞれ HMD、PC モニタにて視覚教材を視聴した(図 7)。その後、実験参加者は HMD もしくはアイトラッカーを外し、危険感評価(VAS)と危険情報の内容の記憶課題へ回答した。本試行では、練習試行と同様の手順に加え、位置の記憶課題として建築模型上でハザード位置を指摘する課題も回答した。加えて、アンケートとして内容と位置の記憶課題の精神的負担(NASA-TLX) [10]、酔い(SSQ) [11]、臨場感(MEC- SPQ) [12]と、感想等のインタビューに回答した。また、1 週間後に、オンラインにて再度、内容の記憶課題へ回答した。

今後、実験で得られたデータについて分析し、視覚教材の効果的な情報提示の条件を検討する。

③建設現場を対象とした作業遵守率向上のための作業手順マニュアルの検討

令和3年度は、令和2年度の実験データを用いて、想定されるリスクをリスクアセスメントの考え方で明確化し、作業者に提示する作業手順マニュアルの相違が



図6 作成した視覚教材の例



図7 実験風景

作業効率と作業安全に及ぼす影響を検討することを目的とした。

はじめに、対象作業の想定されるリスク分析を行った。対象作業[13]は、実際の建設作業を実験室内でモデル化したもので、作業者が脚立やドライバーを用いて壁面に付箋を張り付けたり、蛍光灯の取り換えをしたりといったものである。この対象作業に対し、リスクアセスメントの分野の先行研究[14]を参考にリスクマップを作成した。その結果、①開口部からの落下、②脚立からの落下、③脚立開閉時の巻き込み、④ドライバーによる手指等の巻き込み、⑤脚立運搬時の衝突等によるけがの5つが想定されるリスクであった(図8、表1)。

次に、作業手順マニュアルの相違がリスク回避行動に及ぼす影響を調べた。分析対象は、令和2年度の実験で使用した作業手順マニュアルのうち、建設現場で一般的に使用される紙ベースで、文字などで記述された作業手順マニュアル(以後、改善前)と動画ベースで、テロップを用いて作業内容や注意ポイントなどが挿入された作業手順マニュアル(以後、改善後)の2つであった。改善前の作業手順マニュアルを用いた被験者2名(被験者Aと被験者B)と改善後の作業手順マニュアルを用いた被験者2名(被験者Cと被験者D)の計4名の実験データを分析に用いた。その結果、作業完了に要した時間は、改善前の作業手順マニュアルを用いたグループでは平均399.5秒(被験者Aが381秒、被験者Bが418秒)であるのに対し、改善後の作業手順マニュアルを用いたグループでは平均360秒(被験者Cが371秒、被験者Dが341秒)となった(図9)。すなわち、改善後の作業手順マニュアルには、改善前と比較して約1.1倍程度の作業効率を向上させる効果が見られた。また、改善後の作業手順マニュアルを用いた2名の被験者は比較的線形であるのに対し、改善前の作業手順マニュアルを用いた被験者Aは作業No.8(脚立を設置する)、被験者Bは作業No.2(ドライバー・付箋を運搬する)で傾きが上に凸の傾向を示した。この傾向は作業の遅れや出戻りの発生の可能性を示しており、作業効率にマイナスの影響を与えていることが確認された。

作業者に提示する作業手順マニュアルの相違が作業安全に及ぼす影響を分析した結果を図10に示す。なお、図4のリスクマップのうち、横軸のリスクの発生頻度に着目し、5つの想定されるリスクへの接近・接触回数をリスクの発生頻度と置き換えて分析した(縦軸のリスクの影響度は作業手順マニュアルとは独立関係であることから分析から除外した)。その結果、改善前より改善後の作業手順マニュアルを用いた場合に①から⑤の全ての想定されるリスクにおいて、リスクの発生頻

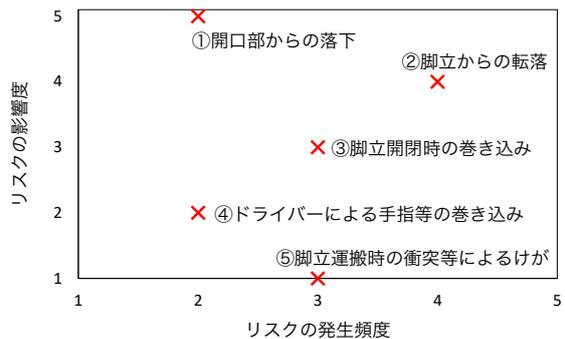


図8 対象作業のリスクマップ*

表1 対象作業と想定されるリスク*

作業No.	作業内容	想定されるリスク
1	ドライバーを組み立てる	ドライバーによる手指等の巻き込み
2	ドライバー・付箋を運搬する	開口部からの落下
3	脚立を運搬する	脚立運搬時の衝突等によるけが
4	脚立を設置する	脚立開閉時の巻き込み
5	付箋を貼りつける	脚立からの転落
6	脚立を片付ける	脚立開閉時の巻き込み
7	脚立を運搬する	脚立運搬時の衝突等によるけが
8	脚立を設置する	脚立開閉時の巻き込み
9	蛍光灯を取り外す	開口部からの落下
10	ねじを締める	脚立からの転落
11	蛍光灯を取り付ける	脚立からの転落
12	脚立を片付ける	脚立開閉時の巻き込み
13	ドライバー・付箋を片付ける	開口部からの落下
14	ドライバーを分解する	ドライバーによる手指等の巻き込み

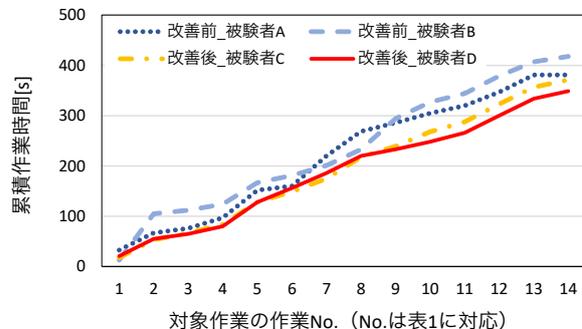


図9 作業効率に関する分析結果*

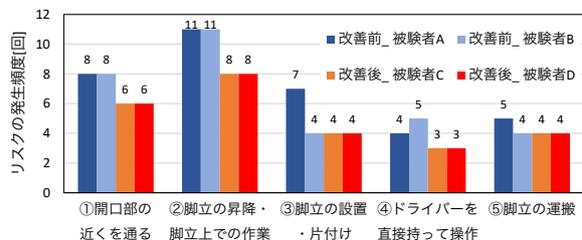


図10 作業安全に関する分析結果*

(*印:安全工学シンポジウム 2022 講演予稿集, pp.314-317 の文章および図表を利用)

度が減少した。以上から、作業者に対して適切に作業手順を教育することは、作業の出戻りややり直しといったムダな作業・移動・停滞がなくなり、結果的にリスクの発生頻度が低くなる可能性があることが示された。今後は、本研究の知見をもとに建設現場において作業効率と作業安全を両立する作業支援・作業分析のあり方を検討するとともに、実際の建設現場でその有効性を検証したい。

【参考文献】

- [1] Nadhim E, Hon C, Xia B, Stewart I, Fang D. (2016) Falls from height in the construction industry: A critical review of the scientific literature. *Int J Environ Res Public Health*. Vol.13, No.7, 638.
- [2] Li X, Yi W, Chi H, Wang X, Chan APC (2018) A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Autom Constr*. Vol.86, pp.150–62.
- [3] 河合隆史 (2019) VR 空間におけるクロスモダリティ活用への取り組み. *バイオメカニズム学会誌*, Vol.43, No.1, pp.11–6.
- [4] Albert, A., Hollowell, M. R., Kleiner, B., Chen, A., & Golparvar-Fard, M (2014) Enhancing construction hazard recognition with high-fidelity augmented virtuality. *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.140, No.7.
- [5] Sacks, R., Perlman, A., & Barak, R. (2013) Construction Safety Training using Immersive Virtual Reality. *Construction Management and Economics*, Vol.31, No.9, pp.1005-1017.
- [6] Eiris, R., Jain, A., Gheisari, M., & Wehle, A. (2020) Safety immersive storytelling using narrated 360-degree panoramas: A fall hazard training within the electrical trade context. *Safety Science*, Vol.127, 104703.
- [7] Lin, K. Y., Son, J. W., & Rojas, E. M. (2011) A pilot study of a 3D game environment for construction safety education. *Journal of Information Technology in Construction*, Vol.16, pp.69-83.
- [8] 高橋明子, 高木元也, 三品誠, 島崎敢, 石田敏郎 (2013) 建設作業向け安全教材の開発と教育くれん効果の検証, *人間工学*, Vol.49, No.6, pp.262-270.
- [9] Vandenberg, S. G., Kuse, A. R (1978) Mental Rotation, A Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization, Perceptual and Motor Skills, Vol.47, pp.599-604.
- [10] 芳賀繁, 水上直樹 (1995) 日本語版NASA-TLX

によるメンタルワークロード測定—各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度—, *人間工学*, Vol.32, No.2, pp.71-79.

- [11] Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., Lilienthal, M. G. (1993) Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol.3, No.3, pp.203-220.
- [12] Vorderer, P, Wirth, W., Gouveia, F. R., Biocca, F., Saari, T., Jäncke, F., Böcking, S., Schramm, H., Gysbers, A., Hartmann, T., Klimmt, C., Laarni, J., Ravaja, N., Sacau, A., Baumgartner, T. & Jäncke, P. (2004) MEC Spatial Presence Questionnaire (MEC-SPQ): Short Documentation and Instructions for Application. Report to the European Community, Project Presence: MEC (IST-2001-37661).
- [13] Mana Nishino, Ryosuke Nakajima, Akiko Takahashi, Atsushi Sugama, Kazuki Hiranai (2021) A Proposal for Work Procedure Manuals to Improve Work Compliance Rates in Construction Sites, *人間工学*, Vol.57, No. Suppl. 2.
- [14] 田中毅弘, 藁谷至誠, 立原敦, 渡邊一由, 森 正夫, 松浦房次郎 (2008) 建築環境・設備のリスク管理におけるリスクマップの検討, *空気調和・衛生工学会論文集*, Vol.3, No.130, pp.9-16.

【研究業績・成果物】

[原著論文]

- 1) Atsushi Sugama, Akihiko Seo (2021) Analysis of Postural Instability in the Upright Position on Narrow Platforms and the Interactions with Postural Constraints, *Sensors*, Vol.21, No.11, 3909.

[国内外の研究集会発表]

- 1) Mana Nishino, Ryosuke Nakajima, Akiko Takahashi, Atsushi Sugama (2021) A Fundamental Study on Easy-to-Understand Work Procedure Manuals for Safety Work in Construction Sites. *Proceedings of 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA 2021)*, pp. 79-83.
- 2) 菅間敦, 瀬尾明彦 (2021) 立位作業姿勢の違いによる前方への自発的な踏み出しやすさの比較. *人間工学*, Vol.57 (Suppl.), 1D2-3-3.
- 3) Atsushi Sugama, Akiko Takahashi, Akihiko Seo (2021) Estimation of Perceived Hand Force During Static Horizontal Pushing Tasks Using the Zero-Moment Point-Based Balance Control Model.

- Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021), pp.689-696.
- 4) 高橋明子, 三品誠 (2021) ハザード知覚スキル向上のための安全対策に関するグループインタビュー調査:住宅メーカーの安全管理者等を対象として, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.254-257.
 - 5) Akiko Takahashi (2021) Classification of hazards concerning falls from heights in residential construction sites, The 32nd International Congress of Psychology.
 - 6) 菅間敦, 高橋明子, 島田行恭, 平内和樹, 中嶋良介, 西村崇宏 (2021) 墜落・転落災害防止に向けた非熟練者の行動特性の分析と支援手法に関する検討. 日本職業・災害医学会会誌, Vol.69, Suppl., pp.41.
 - 7) 菅間敦, 平内和樹, 倉元昭季, 瀬尾明彦 (2021) しゃがみ姿勢における足位置が姿勢安定性に与える影響. 2021 年度一般社団法人日本人間工学会関東支部第 51 回大会講演集, pp.58-59.
 - 8) Mana Nishino, Ryosuke Nakajima, Akiko Takahashi, Atsushi Sugama, Kazuki Hiranai (2021) A Proposal for Work Procedure Manuals to Improve Work Compliance Rates in Construction Sites. Proceedings of the 23rd Korea-Japan Joint Symposium of Human Factors and Ergonomics, J-2.

(6) 吊り上げ用具類の寿命予測手法の開発 【4年計画の1年目】

山際 謙太(機械システム安全研究 G), 山口 篤志(同), 緒方 公俊(同),
本田 尚(同), 佐々木 哲也(同)

【研究期間】 令和3～令和6年度
【実行予算】 30,000千円(令和3年度)
【研究概要】

(1) 背景

ワイヤロープはクレーンを始めとして種々の産業機械に使用されているが、これが突然破断することによる労働災害が後を絶たない。ワイヤロープの破断を防止するためには、定期的な検査を行って表面から見える素線の破断数やロープ直径の減少をチェックし、廃棄基準(JIS B8836, ISO 4309)に達している場合には交換することが一般的には行われている。

しかし、当研究所のこれまでの研究[1]によってIWRC(鋼心)ワイヤロープでは、表面ではなく内部の素線破断(不可視断線)が先行するため、表面の検査ではワイヤロープの破断を防止できないことが明らかになっている。また断線数による廃棄基準は断線箇所の見落としも考えられることから、検査者の能力に依存する。

一方、ワイヤロープに作用する公称応力と破断までのシーブ通過回数が片対数グラフで直線になることから、破断防止のためにはワイヤロープに負荷される荷重が一定の場合には、シーブ通過回数で寿命を予測すればよいことも明らかになっている[1]。しかし、実際のワイヤロープに作用する荷重は、一定ではないことの方が多いため、実用化のためには使用中に荷重が変動する場合の寿命予測法を確立する必要がある。変動荷重が作用する際の寿命予測法を構築することで、検査者の能力に依存しない定量的な余寿命評価法を確立できる。これは、第13次労働災害防止計画の重点事項である「科学的根拠、国際動向を踏まえた施策推進等」に資するものである。

(2) 目的

本研究の目的は、ワイヤロープの寿命予測法の確立である。特に張力が変動する条件下での、寿命及び残存強度予測法の確立を目的とする。

本プロジェクト研究は、次の2つのサブテーマから構成される。

- ① サブテーマ1:変動荷重下におけるワイヤロープの疲労累積損傷評価
- ② サブテーマ2:ワイヤロープ損傷検出による寿命および残存強度予測

(3) 方法

先述の目的に対し、対応するサブテーマを展開してプロジェクト研究を実施する。

1) (サブテーマ1) 変動荷重下におけるワイヤロープの疲労累積損傷評価

これまでの研究で、一定の応力振幅の元では両対数グラフ状で応力振幅と破断までの繰返し数の間に比例関係があることが明らかになっていた[1]。しかし、例えば実機クレーンの場合、吊り荷の重さは吊り荷ごとに異なることから、ワイヤロープに作用する応力振幅は一定ではない。したがって、余寿命評価を行うためには応力振幅が変動する状況下で疲労試験を行い、累積損傷則が成立することを確認する必要がある。本サブテーマではクレーン用ワイヤロープについて、一定サイクルごとに張力を変動させた疲労試験を行い、累積損傷則の成立の成否を確認するとともに、ワイヤロープの破断寿命データや負荷履歴データの収集および分析から、ワイヤロープの残存寿命や残存強度を推定するための予測式を検討する。

2) (サブテーマ2) ワイヤロープ損傷検出による寿命および残存強度予測

現在生産されている大型の移動式クレーン等では、作業及び荷重などの数値を保存するロガー機能がついていることから、例えば吊り上げロープに作用した荷重などは記録を取ることができる。一方で、車両積載型クレーンなどにおいては、ロガー機能が搭載されておらず、荷重の記録が不明であることが多い。本テーマではこのようなワイヤロープにおいても、余寿命の評価を行う仕組みを構築する。

具体的にはワイヤロープの表面状態の写真、ワイヤロープテストの信号とサブテーマ1で得られた実験結果を関連づけ、ディープラーニング等の機械学習により推論用モデルを作成する。これにより、荷重履歴が明らかでないワイヤロープについても、余寿命等の評価が可能となる。並行してワイヤロープの有限要素解析を行い、これまで不明であったワイヤロープの内部応力について解析を行う。これらの結果を合わせた、余寿命推定ソフトウェア等の仕組みを構築する。

(4) 研究の特色・独創性

ワイヤロープの疲労試験を行うための試験機(ワイヤロープ疲労試験機)は、国内公的機関では当研究所のみが保有しており、他はワイヤロープメーカーが数台保有しているのみである。所有している試験機は

3 台であり、損傷を検出可能なワイヤロープテスト等を、これら試験機に搭載させることで、ワイヤロープの負荷履歴と疲労による損傷状態を詳細に解析できる。これらワイヤロープの疲労試験および疲労解析を同時に実施できるのは当研究所のみが行えることであり、この点に特色と独創性がある。

(サブテーマ 1)

変動荷重が負荷できるワイヤロープ試験を有している機関は他に見られず、クレーン等の独自の成果が与えられる。ワイヤロープ試験機には、ロープテストが搭載されることから、疲労試験中における損傷の検出または損傷の進行を検出できる。

(サブテーマ 2)

荷重履歴が不明で内部断線が生じやすい鋼心ワイヤロープであっても、余寿命および残存強度の予測が可能になる。これまでの研究でワイヤロープテストを用いた断線検知までは可能になっており、本研究では余寿命推定まで拡張するところに特色がある。

【研究内容・成果】

今年度、本研究の各サブテーマにおける成果は以下の通りである。

(1) サブテーマ 1 の研究成果

1) 既存試験機および新規試験機によるワイヤロープ疲労試験の実施、および各試験機から得られた結果の比較

過去の研究成果[1]は、図 1 に示す回転駆動型ワイヤロープ試験機から得られている。本サブテーマでは新たに作製した往復駆動型ワイヤロープ試験機 2 台を用いて、S 曲げを受けるワイヤロープ[1]の破断寿命を実験的に取得した。以下、この試験を S 曲げ疲労試験という。往復駆動型ワイヤロープ試験機の外観を図 2 に示す。ここでは、回転駆動型ワイヤロープ試験機を 0 号機、往復駆動型ワイヤロープ試験機を 1 号機、2 号機と呼称する。0 号機は、その駆動方法から繰返し波形は sin 波となる。そこで、既存試験機である 0 号機により得られるロープの破断寿命と新規試験機である 1 号機により得られるロープ破断寿命が同等であるか検証する。また、クレーン作業においては、ロープは一定の速度で巻き上げ、巻き下げが行われることから、2 号機における繰返しの波形は ramp 波で実施し、sin 波による結果の差を比較する。なお、全試験機における繰返し速度は 10 cycles/min であり、ロープが通過する滑車の直径 D は 256 mm である。

試験対象とするワイヤロープは、図 3 に示すような直径 $d = 16$ mm の IWRC 6×Fi(29)とした。したがって、試験条件の一つである滑車とロープのそれぞれの直径の比 d/D は 16 となる。試験時のロープ荷重



図 1 回転駆動型ワイヤロープ試験機(0 号機)



図 2 往復駆動型ワイヤロープ試験機(1, 2 号機)

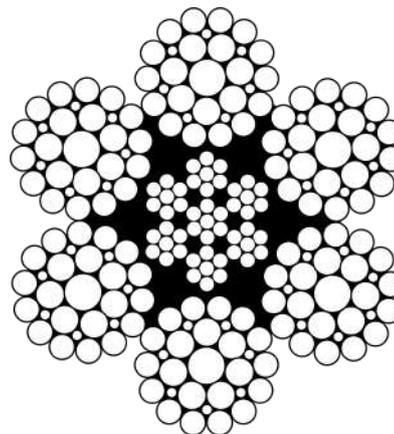


図 3 IWRC 6×Fi(29)の断面図

は、破断荷重の 1/5 を最大値とし、3/20、1/10、1/20 としている。最大試験荷重は、クレーン用ワイヤロープの安全率が 5 であることを基に決定している。試験対象としているワイヤロープの破断荷重は 173 kN であることから、最大試験荷重は 34.6 kN である。

以上から、各試験機における S 曲げ疲労試験の試験条件は、以下のとおりである。

- 0 号機: 回転駆動型、sin 波、10 cycles/min
 $d/D = 16$ 、最大試験荷重 34.6 kN
- 1 号機: 往復駆動型、sin 波、10 cycles/min
 $d/D = 16$ 、最大試験荷重 34.6 kN

2号機:往復駆動型、ramp波、10 cycles/min

$d/D = 16$ 、最大試験荷重 34.6 kN

上記の3条件について、ロープの破断寿命を取得したところ、よく一致した。したがって、新規試験機(往復駆動型)は既存試験(回転駆動型)と同様の結果が得られること、また、sin波とramp波の差異による試験結果の差異が認められないことを明らかにした。また、得られた成果から、クレーン作業の実際に合わせ、ramp波による試験を実施することとし、試験条件を決定した。

2) ランダム荷重負荷試験に向けたロープ荷重変動試験

1)で実施したS曲げ疲労試験によって得られたロープ荷重と破断寿命の関係は、累積損傷則における基準曲線 $D=1$ としてマスタカーブを作成できる。累積損傷則が成立すれば、ロープ荷重が変動しても、 $D=1$ に収束するといえる。そこで、累積損傷則が成立するか検討するための足がかりとして、以下の条件でロープ荷重を変動させ、ロープが破断するまでS曲げ試験を実施した。

① 低荷重から高荷重

ロープ荷重 8.65 kN で破断寿命の 50% (損傷度 50%) まで負荷したあと、ロープ荷重 34.6 kN をロープが破断するまで負荷。

② 高荷重から低荷重

ロープ荷重 34.6 kN で破断寿命の 50% (損傷度 50%) まで負荷したあと、ロープ荷重 8.65 kN をロープが破断するまで負荷。

上記①、②の条件によって破断したロープに負荷された荷重は2段階であることから、破断寿命と直接結びつけて評価することができない。そこで、破断寿命のうち、荷重切替時まで繰返し数と、荷重切替後から破断するまで繰返し数の割合を、それぞれの荷重レベルに乗ずることで、一定荷重を負荷したものとして見なせる等価ロープ荷重 T_{eq} を以下のように計算した。

$$T_{eq} = \frac{1}{N_f} \cdot \sum_{i=1}^N T_i \cdot (N_i - N_{i-1})$$

ここで、 N_f :破断繰返し数、 T_i :試験ロープ荷重、 N_i : T_i が変動するまでの総繰返し数(なお、 $N_0 = 0$)である。①および②における結果を T_{eq} で整理したところ、①では $D < 1$ の領域に、②では $D > 1$ の領域にそれぞれプロットされ、一定荷重試験によるマスタカーブ $D = 1$ 上にはプロットされなかった。今後は、累積損傷則の成立の成否について検討するため、荷重の変動回数や荷重負荷レベルを増やして破断試験のデータを取得及び蓄積していくとともに、 $T_{eq} - N_f$ 関係を整理す

る。

(2) サブテーマ2の研究成果

1) ワイヤロープ疲労試験によって作成した疲労損傷ロープのワイヤロープテスト測定

ワイヤロープ疲労試験機にワイヤロープテストを取り付け、試験中のワイヤロープの損傷状態を逐次取得するための試験環境の構築に取り組んだ。図4に製作した試験環境を示す。疲労試験中のワイヤロープの位置に合わせてワイヤロープテストを固定する治具を製作し、疲労試験機に設置した。図4に示す試験環境で実際に疲労試験を実施し、ワイヤロープテストの信号を問題なく計測できることを確認した。

2) 残存強度、断線状態に関するテスト信号の特徴量抽出

図4に示す試験環境で実際に疲労試験中のワイヤロープから取得したロープテスト信号の計測結果の一例を図5に示す。グラフ横軸は疲労試験時の送り速度から換算したワイヤロープの軸方向位置であり、縦軸はロープテストから得られる信号電圧値である。疲労試験は一定張力 8.65 kN で実施した。図5より、ロープ軸方向位置 1000 mm から 1600 mm の区間で 9000 サイクル時の信号電圧が1サイクル目に比べて増加しており、この区間では素線断線が進行していると考え



図4 ワイヤロープテスト測定用の試験環境

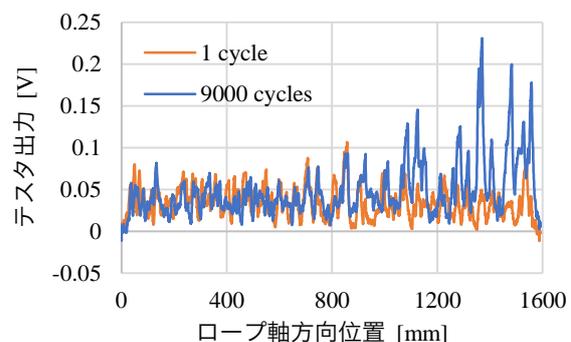


図5 ワイヤロープテスト測定結果の一例

られる。つまり、ワイヤロープの断線状態と関連のあるテスト信号を抽出できている。今後、このようにして得られるテスト信号とサブテーマ1により得られた疲労試験中断材との結果を突き合わせ、信号の特徴と内部断線の関係を明らかにしていく。

3) ワイヤロープの有限要素モデル開発

ワイヤロープの機械的性質を取得するため、ワイヤロープの径方向の圧縮試験を実施し、圧縮荷重と変位の関係を取得した。図6に圧縮試験の様子を示す。張力を負荷したワイヤロープを溝付きの圧縮治具で挟み、油圧アクチュエータで圧縮荷重の負荷と除荷を数回繰り返した。このときの圧縮治具の変位をレーザー変位計で測定した。図7にワイヤロープ(IWRC 6×Fi(29)、直径 14 mm)の荷重変位曲線の測定結果を示す。ワイヤロープの径方向の圧縮特性として、負荷時と除荷時で荷重変位曲線の経路が異なるヒステリシスを有することがわかる。圧縮試験により得られた機械的性質を活用し、ワイヤロープの有限要素モデルと実験の検証と妥当性確認(V&V)を実施中である。

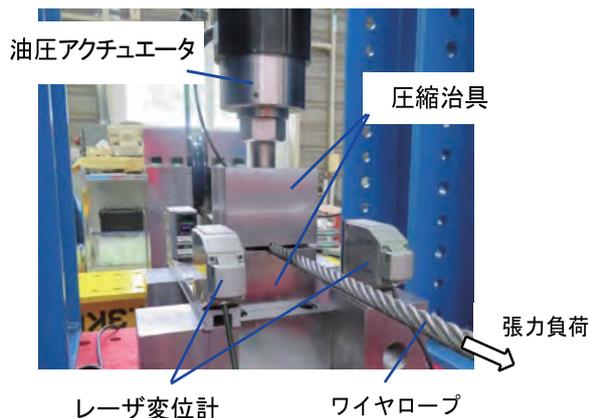


図6 ワイヤロープ圧縮試験の様子

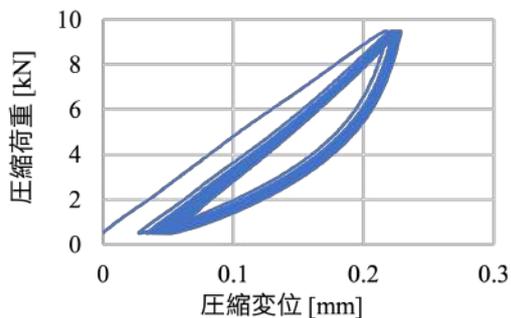


図7 ワイヤロープの荷重変位関係

【参考文献】

[1] 本田尚, 山口篤志, 山際謙太, 佐々木哲也 (2014) 動索の経年損傷評価, 独立行政法人労働安全衛生総合研究所 特別研究報告, No.44,

pp.5-17.

【研究業績・成果物】

[原著論文]

- 1) 緒方公俊, 山口篤志, 山際謙太, 佐々木哲也, 泉聡志 (2022) 素線形状の定式化によるワイヤロープ断面内の断線位置推定手法の提案, 日本機械学会論文集, Vol.88, No.908, DOI:10.1299/transjsme.22-00038.

[その他の専門家向け出版物]

- 1) 山際謙太, 緒方公俊, 泉聡志 (2021) ワイヤロープの疲労試験と有限要素解析, 日本機械学会誌, Vol.124, No.1237, pp.24-27.

[国内外の研究集会発表]

- 1) 山口篤志, 緒方公俊, 本田尚 (2021) 廃棄基準に達した玉掛け用ワイヤロープの各種損傷評価, 安全工学シンポジウム 2021, GS-9-1.
- 2) 本田尚, 山口篤志, 山際謙太, 佐々木哲也 (2021) クレーン用ワイヤロープの疲労寿命に及ぼすロープ直径の影響, 安全工学シンポジウム 2021, GS-9-2.
- 3) 緒方公俊, 山口篤志, 山際謙太, 佐々木哲也 (2021) 素線断線推定法によるワイヤロープの疲労損傷状態の評価, 安全工学シンポジウム 2021, GS-9-3.
- 4) 緒方公俊, 山口篤志, 山際謙太, 本田尚, 佐々木哲也 (2021) ワイヤロープの S 字曲げ疲労寿命に及ぼす 2 段階張力の影響 (IWRC 6×Fi(29) の場合), 第 54 回安全工学研究発表会予稿集, pp.89-92.
- 5) 山口篤志, 緒方公俊, 本田尚 (2021) 廃棄基準に達した玉掛け用ワイヤロープの各種損傷評価, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.93-94.
- 6) 緒方公俊, 山口篤志, 山際謙太, 佐々木哲也 (2021) 疲労損傷ワイヤロープの素線断線位置推定法の開発, 日本材料学会第 70 回学術講演会講演論文集, pp.1-2.
- 7) 緒方公俊, 山口篤志, 山際謙太, 本田尚, 佐々木哲也 (2021) 張力変動型ワイヤロープ S 字曲げ疲労試験による IWRC 6×Fi(29) の疲労寿命評価, 資源・素材講演集, Vol.8, No.2, 3K0201-10-08.
- 8) 太田仁衣奈, 緒方公俊, 山際謙太, 波田野明日可, 泉聡志 (2021) クレーン用ワイヤロープの有限要素モデリング, 資源・素材講演集, Vol.8, No.2, 3K0201-10-09.

(7) 個別粒子分析法による気中粒子状物質測定信頼性の向上に関する研究【4年計画の4年目】

山田 丸(ばく露評価研究部), 鷹屋 光俊(同), 緒方 裕子(同), 小野 真理子(化学物質情報管理部),
篠原 也寸志(元労働安全衛生総合研究所), 加藤 伸之(京都大学大学院工学研究科),
小倉 勇(産業技術総合研究所)

【研究期間】 平成30～令和3年度

【実行予算】 3,023千円(令和3年度)

【研究概要】

(1) 背景

労働環境での粒子状物質や繊維状物質(以下、粒子等)の計測は、簡便な方法による作業環境のばく露アセスメントと、精密な測定が必要とされる職業病の原因の探索の二つに分けることができる。前者ではエアロゾル測定装置(粒子の個数や粒径を測定する装置)や粉じん計を利用することが想定されるが、それらの測定法には測定している粒子等の粒径分布や形態について精密な検討を行った基礎的なデータが欠かさない。一方、後者には、飛散している粒子の粒子径や形態、構成元素等に関する情報が必要である。二者のいずれにおいても粒子の詳細な情報が必要となり、そのために最も有効な測定装置は電子顕微鏡であるが、観察像の代表性の担保、定量性および測定者による測定結果のバラツキが問題となる。

(2) 目的

走査電子顕微鏡(以下、SEMと呼ぶ)を用いた個別粒子分析法の検討を行い、結果の再現性の向上や代表性の担保のための分析手法を確立する。さらに、エアロゾル測定装置を用いて作業現場の測定を行う場合に問題となる、ばく露の過大/過小評価に影響を及ぼす粒子の形態等の要因を洗い出す。

(3) 方法

1) SEMによる分析結果の代表性の担保

アスベスト分析に関する手引書やエアロゾル分野の論文等で提案されている方法を参考にし、粒子等試料の捕集法、観察法、データ処理法に関して最適な条件を検討する。画像解析によるフィルター上の粒子の個数・形状・サイズ取得のアルゴリズムを検討する。SEMでの分析結果の評価には、アスベスト観察等で知見が蓄積されている透過電子顕微鏡(以下、TEMと呼ぶ)による分析結果をリファレンスとする。なお、実験で用いる粒子等の標準試料(非凝集粒子:ラテックス粒子、KCl粒子。凝集粒子:ナノマテリアル粒子。繊維状物質:炭素の繊維状物質を代表試料とする)は、ナノマテリアル関連の基盤・プロジェクト研究で培った技術を応用する。

2) エアロゾル測定装置の信頼性の向上

SEMとエアロゾル測定装置(粒径分布測定装置やカーボンモニター等)による分析結果を突き合わせ、装置間の測定値のずれの原因を推定する。

(4) 研究の特色・独創性

SEMは、TEMに比べて分析の前処理が比較的簡易であり、粒子等を捕集するためのフィルターの選択の自由度が高いことから現場測定に応用しやすい利点がある。また、SEMを用いても、高度な操作技能を要求されるTEMに匹敵したデータを取得でき、自動解析による観察者由来のバラツキの低減や分析の迅速化に寄与する方法が提案可能である。

現在、労働衛生分野では、電子顕微鏡を用いた粒子等の分析に関する公定法が存在しない。非常に微細な粒子等(例えば、二酸化チタンや多層カーボンナノチューブ)の許容濃度等が示されていることを鑑み、先んじてSEMによる定量手順を示すことが特色である。

【研究成果】

(1) SEMによる分析結果の代表性の担保

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

1) SEM分析に最適な粒子捕集法の検討

気中粒子のSEM観察では、粒子の観察が容易な表面が平滑なフィルターを用いることが望ましい。そのため、表面が平滑で均一の孔があいており、ろ過捕集が可能なポリカーボネートタイプメンブレンフィルター(以下、ポリカーボネートフィルター)を用いることが多い。図1に示すように、分析対象の粒子がフィルター孔径よりも小さい場合であっても、粒子とフィルターの相互作用(慣性・さえぎり・拡散の影響)により、フィルターに捕集されることが理論的に知られている。SEMで気中粒子の濃度を定量的に観察しようとする場合、フィルターの表面に捕集された粒子のみが観察対象となるため、フィルター表面での粒子捕集効率(表面捕集効率)を確かめる必要がある。

昨年度まで実施した実験では、ポリカーボネートフィルターの表面捕集効率の理論計算値とSEM観察を通して得られた実験値がおおむね一致することが確認された。この実験では、フィルターを保持するため

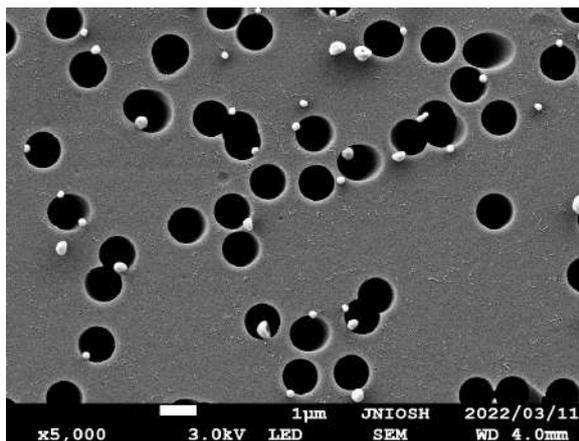


図1 ポリカーボネートフィルター(孔径 1.0 μm)
に捕集した塩化カリウムエアロゾル粒子

に金属スクリーンを使用せずにフィルターのみをフィルターホルダーに装着した理想条件下で表面捕集効率を確かめてきた。他方、既往研究で金属スクリーン上にポリカーボネートフィルター(孔径 0.08 μm 及び 0.2 μm)を設置して表面捕集効率を測定する実験が行われており、その結果、ろ過捕集時にフィルター下側の孔の一部が金属スクリーンで塞がれてしまい、表面捕集効率が理論値と異なる可能性が示唆されている。現場ではフィルターの下にサポートパッドや金属スクリーンなどのフィルター保持板を敷いてフィルターがゆがまないようにしてフィルターホルダーに装着して運用されることが想定される。このことから、本研究でもより現場での使用方法に即した評価を行うため、フィルターの下にセルロース繊維製サポートパッドを敷いた状態で、塩化カリウムエアロゾル粒子を用いて、表面捕集効率を計測した。この実験は、フィルター孔径 1.0 μm 、空気吸引時の面速 4.24 cm/sec の条件で実施した。その結果、サポートパッド使用の有無で表面捕集効率にほとんど差は見られず、この条件であればサポートパッドを使用する通常の方法を現場で活用できることが示された。サポートパッドと金属スクリーンの違いは、サポートパッドの繊維径が既往研究の金属スクリーンのメッシュ径と異なること、また本実験に用いたフィルターの孔径が大きかったという違いがあり、これらが本実験で理論値と実験値が一致した理由と考えられる。以上の実験から、ナノからサブミクロンサイズ領域の気中粒子が測定対象となる現場(例えば、ナノマテリアル取り扱い作業や溶接作業など)において、たとえ粒子がフィルター孔径より小さい場合であっても、SEM/EDS による気中粒子観察の結果が定量的な評価に繋がれると考える。

2) SEM/EDS による粒子自動分析の検討

前年度まではポリカーボネートフィルターに捕集し

たサブミクロンからミクロンサイズの粒子を対象として個別粒子自動分析の手法及び条件を検討した。その際の粒子自動分析のアルゴリズムは、固定倍率で得た観察像から二値化手法により粒子のみを検出し、EDS により各粒子の面分析を実施する方法である。この方法により、粒子一つ一つのサイズ・形状のパラメータを取得し、それらの元素組成情報の取得が可能となった。本年度は、より微小で複雑な形状を持つ溶接ヒューム粒子にこの自動分析を試みた。その結果、溶接ヒュームに対しては従来の手法で精度よく分析できなかった。この理由の一つは、粒子のサイズ分布がナノからマイクロメートルと幅が広く、形状もナノ粒子が凝集した複雑なものであったためである。もう一つは、SEM 像を取得する際に、フィルターの孔のエッジ部分と粒子のコントラストが同程度となってしまう、現状の二値化手法では十分に区別できなかったためである。これらの問題を解決するためには、前者では複数の観察倍率を設定し倍率ごとに各粒径範囲の粒子を精度良く測定できるか検討し、また後者では粒子元素分析を併用することで粒子の判別を実施する方法も考えられる。SEM/EDS による溶接ヒューム粒子の自動分析化には、粒子検出条件のさらなる検討を必要とすることが示唆された。現在、溶接ヒュームに対して精度の高い自動分析の条件の検討中であるが、マニュアル分析は問題なく実施できるため、画像処理に液晶タブレットを用いることによる操作性の向上および分析時間の短縮を確かめた。今後、分析の労力の軽減や分析者の恣意なく 24 時間稼働し客観的データが得られるという自動分析の利点を、微小かつ複雑な形状の粒子に活かすためにさらなる条件検討が必要であると考えられる。

3) 異なる観察者間での同一サンプル分析

乾式エアロゾル発生法(ボルテックスシューカー法)と、エアロゾル粒径分布モニターおよび粉じん計を組み合わせた方法により、既知量のエアロゾルを捕集したフィルター作成法を開発した。これにより作成した同一試料を、数名で観察し、測定結果のばらつきを検証する予定である。

4) 機種モデルの異なる SEM/EDS 間での粒子の見え方に関する比較

本研究では、研究所に設置されている SEM/EDS を使用して観察を実施し、結果を示してきた。しかしながら、SEM は機種モデルによって電子銃や検出器など原理や性能が異なり、粒子の見え方も一様ではない。そのため、モデルが異なった場合、これまでの観察手法や結果のまとめ方を一般化できるか確認する目的で、別モデルの SEM で同一試料を比較観察した。研究所の SEM は、ショットキー電界放大型 SEM/EDS

(SEM: JSM-7900F, JEOL 社製, EDS: X-Max120, Oxford Instruments 社製)である(以下、FE-SEM と呼ぶ)。もう一方は、熊本県立大学に設置されている卓上型SEM/EDS(JCM-6000, JEOL 社製)を使用した(以下、卓上 SEM と呼ぶ)。

比較では、ポリスチレンラテックス標準粒子(粒径 100 nm および 1000 nm)、塩化カリウム粒子(粒径 50, 100, 290 nm)、石英粉末粒子、ナノ二酸化チタン凝集粒子、ナノ銀凝集粒子(粒径 80 nm)、さらに現場試料として溶接ヒュームやトンネル掘削粉じんの粒子観察を行った。分析条件をできるかぎり合わせるために、導電性処理にはオスmiumコーティングを採用し、観察倍率と加速電圧は両者で同じ条件にし、サンプルごとに機間での比較観察を行った(図2)。観察の結果、約 1 μm 以上の粒子であれば両者に輪郭やサイズの見え方に大きな違いはみられなかった。

ただし、数 100 nm 以下の粒子を観察対象とする場合、またはミクロンサイズの粒子であってもその表面の構造を観察する場合は、FE-SEM および FE-SEM に備え付けられた各種検出器を使用した観察が適していることを確認した。一方で、EDS 分析において、個

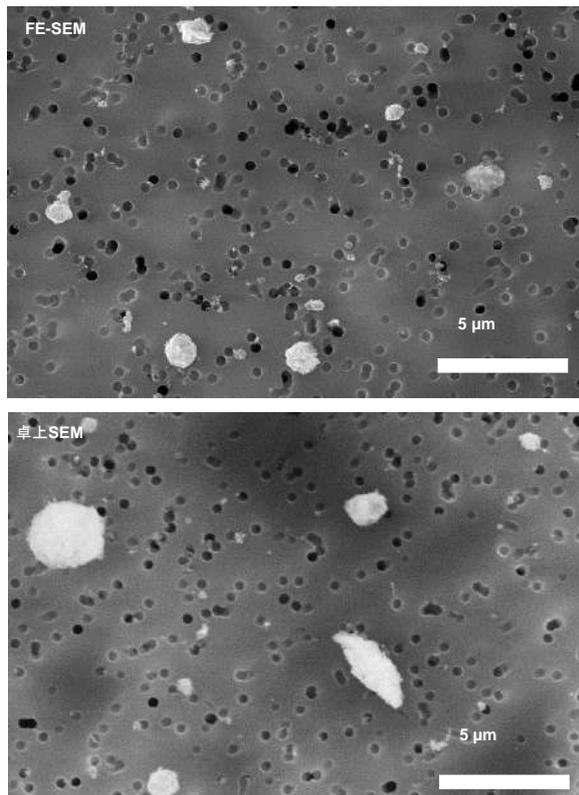


図2 FE-SEM(上図)と卓上SEM(下図)での観察像の比較。試料は掘削現場にてポリカーボネートフィルター(孔径 0.4 μm)に捕集した粉じん。加速電圧 15kV、観察倍率 5000 倍の条件で撮影した二次電子像

別粒子の面分析では大きな差は見られなかったが、元素マッピングでは照射電流が大きく EDS の検出面積が大きい FE-SEM の方がより短時間で十分な量のシグナルを得られた。溶接ヒュームやナノマテリアルをはじめとしたナノ粒子の観察、また粒子の表面や粒子形態の情報が必要な場合は、卓上 SEM では凝集体か単独粒子か区別や、粒子内部の不純物の検出などの分析が難しい。このような場合、FE-SEM による観察が必須である。ただし、数 100 nm 以上の比較的単純な形状の粒子の観察では、現在市販されている卓上 SEM でも十分な情報が得られると考える。特に近年は卓上 SEM の開発が進み性能が向上し、広く普及し始めていることから、今後、作業環境中における気中粒子の確認などその利用方法の提案し検討することが望ましい。

(2) エアロゾル測定装置を用いた個別粒子分析

個別粒子分析法は短時間のサンプリングでも分析に十分な試料量を得られるとはいえ、数秒から数分間隔での時間変動をモニタリングすることを目的とした分析には適さない。短時間の変動をモニタリングするためには、リアルタイムでデータを取得できるエアロゾル測定装置(以下、リアルタイム測定装置とする)を使用する方法が一つ提案される。リアルタイム測定装置は、使用方法が簡便であり、時間分解能も数秒から数分程度で連続的にデータを取得できる利点を持つ。しかし、エアロゾル測定装置は気中粒子のある物理量(光散乱強度、粒子緩和時間、電気移動度など)を測定し、その値から間接的に粒径を求めるため、測定原理や設計が異なる装置間では結果にずれが生じる可能性がある。また、リアルタイム測定装置では一般に粒径と個数濃度の情報のみが得られる。

本研究では、原理が異なる装置間のずれを検証するために複数種のリアルタイム測定装置および前述の SEM 個別粒子分析法により測定した値を比較検討し、リアルタイム測定装置の特性を確認した。

1) 異なる原理のリアルタイムエアロゾル粒径分布測定装置による多分散エアロゾル測定

実験では、吸入性結晶質シリカおよび塩化カリウムのエアロゾルを使用して、異なる原理のリアルタイム測定装置で取得した粒径分布の比較を実施した。なお、吸入性結晶質シリカ粒子は、管理濃度が 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (遊離ケイ酸含有率が 100% の場合)、日本産業衛生学会許容濃度が 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (遊離ケイ酸含有率が 10% 以上)である。結晶質シリカ粒子にばく露する可能性のある作業現場で濃度を測定する場合、気中粒子をろ過捕集したフィルターを、天秤により重量測定する方法や粉末 X 線回折法(XRD)で定量する方法がとられる。し

しかし、個人サンプラーのように吸引流量の小さい捕集装置を使用する場合、気中濃度が数 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ という低濃度環境においては、数時間以上あるいは終日のサンプリングが必要となる。粉じん計を用いれば高い時間分解能で濃度の変動を確認できるが、測定対象のシリカ粉じんがバックグラウンド(例えば外気)のエアロゾル濃度と同程度かそれ以下の場合は、測定値が利用できない可能性がある。したがって、これに代わる手法として、粒径別に個々のエアロゾル粒子をカウントするエアロゾル測定装置の利用が望ましい。

本研究では、実験室においてシリカ粒子を発生させ、原理または特性の異なる3種類のリアルタイムエアロゾル測定装置(空気力学粒子サイザー(APS, Model 3321, TSI Inc.)、光散乱式粒子サイザー(OPS, Model 3330, TSI Inc.)、白色光エアロゾルスpektrometer(Welas 2070, Palas GmbH)による粒径分布測定を行った。さらに、SEM分析用試料を取得し、これらの装置で測定した結果とSEMで測定した幾何学的な粒径分布の違いについて解析を行った。

(3) バルク分析と個別粒子分析の比較

粒子状物質(アスベスト等の繊維状物質は除く)の作業環境濃度または作業者のばく露量を評価する際は質量基準で評価される。一方で、前述の電子顕微鏡やエアロゾル測定装置は、個数基準のデータを取得するため、両者の関連性あるいは個数基準データを得る利点を明らかにするのが望ましい。そこで、本研究では、溶接作業時に発生するヒューム等粒子と高純度シリカ粉末粒子を対象に、バルク分析(フィルターに捕集した粒子全体を分析する方法)と個別粒子分析の結果を比較したので、その概要を以下に記す。

1) 溶接作業

3つの事業所の溶接作業現場にて調査を実施した。調査現場において気中粒子をフィルターに捕集し、SEM/EDSおよび蛍光X線分析装置(以下、XRFと呼ぶ)により分析を行った。XRFがフィルターに捕集された全粒子を一括して分析し質量情報が得られるのに対して、SEM/EDSはフィルター表面に捕集された粒子一つずつ分析した情報を得られる。溶接作業現場で捕集した粒子のXRF分析では、鉄が主要な元素で、次にマンガンの割合が高かった。SEM/EDSによる個別粒子分析では、ナノサイズ粒子の凝集体(ナノ粒子凝集体)、ミクロンサイズの球状粒子(球状ミクロン粒子)、ミクロンサイズの不定形粒子が観察された(図3)。このうち、ナノ粒子凝集体はXRF分析と同様の元素組成であることが確認されたが、それとは形状の異なる球状ミクロン粒子からはチタンやアルミニウム等の元素が高い割合で検出された。形状により元素組成

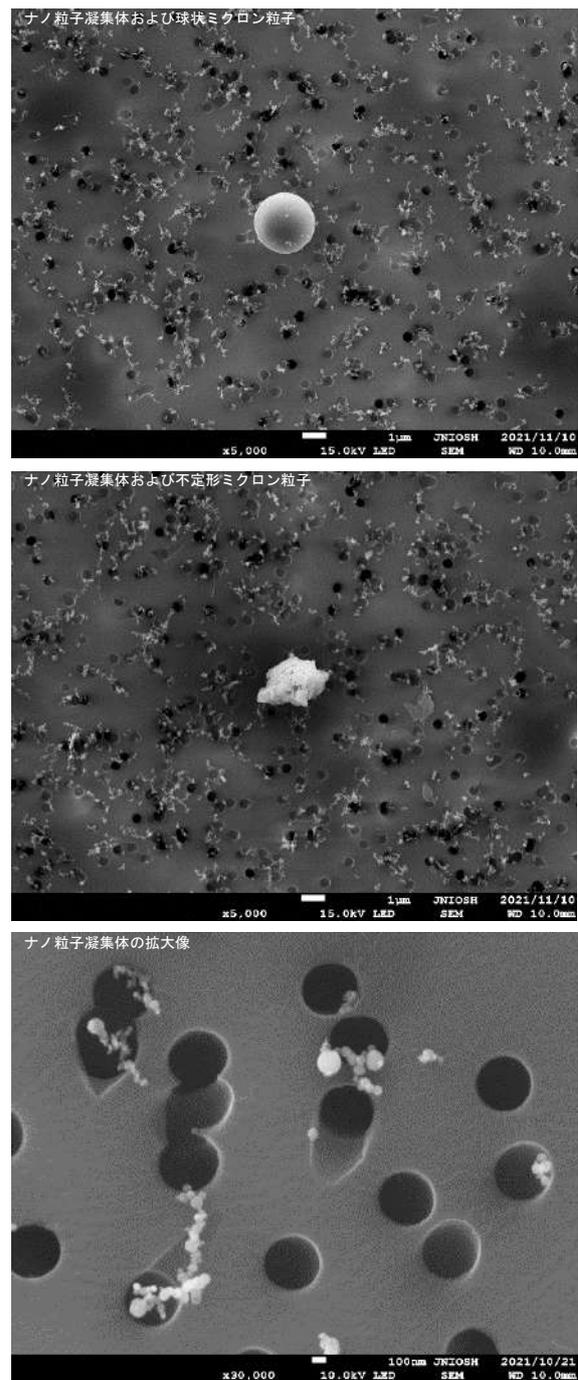


図3 溶接作業環境中の気中粒子

が異なる事実は、呼吸器沈着部位や保護具選定にも影響すると考えられ、ばく露評価を実施する際にはこのような個別粒子分析のデータが重要であることが示唆される。ただし、溶接の種類や溶接ワイヤーやフラックス等の材料が異なると、気中粒子の成分や粒径・形態等も異なることが考えられるため、さらなる知見の蓄積が必要である。

2) 高純度シリカ粒子

上記と同様の方法で分析を試みた。試料は高純度のシリカ粉末粒子である。バルク試料をXRF等で分析

を行うと、シリカ以外の不純物もわずかに存在することが確認された。この不純物が、シリカ粒子とは別の粒子単体として存在しているのか、あるいはシリカ粒子に包含した状態で存在しているのか、個別粒子分析により確認した。本法は、現在、別の研究課題として実施中の高純度シリカ取り扱い現場でのばく露評価手法等に有効利用できる分析手法だと考える。

3) まとめ

溶接ヒューム粒子や高純度シリカ粒子は、有害性が指摘されているものの、その発生機序等がいまだ明らかにされていない。そのため有害性評価においても

個別粒子分析による粒子キャラクタリゼーションの情報蓄積は必要であると考え。

【研究業績・成果物】

[原著論文(国際誌、和文誌)]

- 1) Nobuyuki Kato, Maromu Yamada, Jun Ojima, Mitsutoshi Takaya (2022) Analytical method using SEM-EDS for metal elements present in particulate matter generated from stainless steel flux-cored arc welding process, Journal of Hazardous Materials, Vol.424, Part B, 127412.

(8) 産業化学物質の皮膚透過性評価法の確立とリスク評価への応用に関する研究 【4年計画の3年目】

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

【研究期間】 平成31～令和4年度

【実行予算】 14,988千円(令和3年度)

【研究概要】

(1) 背景

経気道ばく露は、産業現場において、労働者が受ける化学物質ばく露の主要な経路であることがよく認識されている。一方で、最近大きな社会問題となった化学工場におけるオルトトルイジン等、芳香族アミン類による膀胱がん発生事例では、作業環境の気中化学物質濃度は基準値以下であったにもかかわらず、従業員の尿中では当該化学物質が高濃度に検出されるという、気中・尿中濃度の乖離が観察されており、皮膚を経由した吸収が多量にあったと推測されている。本事例にみるように、職業性発がん等の遅発性健康障害防止のために、今後、産業化学物質の経皮吸収性を考慮したより高度なリスク評価の実施が必須である。しかしながら、産業化学物質の経皮透過性に関する知見は、現状限定的である。例えば、膀胱がん事例において主原因物質の一つであると推測されるオルトトルイジンについては、皮膚透過性があるとする報告が少ないながらも存在するが、リスク評価に欠かせない定量的透過速度データならびに物質間透過性比較データ等の情報は存在せず、リスク評価および、ばく露防止対策が後手に回ったことが否定できない。加えて、化学物質の構造・物性・反応性等に基づいた皮膚透過性の違いや、皮膚透過性と毒性の関係に関する系統立った情報は皆無である。それゆえに、現場で使用されている数多くの化学物質の皮膚透過性を効率的にスクリーニング可能なシステムの開発し、実効的なリスク評価に資する知見の蓄積を図ることが喫緊の課題である。

(2) 目的

化学物質経皮ばく露の低減対策策定に有用なデータやツールを提供するために、皮膚透過性を効率的にスクリーニングできるシステムを確立し、現場で使用頻度が高い化学物質の皮膚透過性評価を実施すると共に、化学物質の構造・物性・反応性等に基づいた皮膚透過性に関する知見を蓄積する。最終的には、化学物質の皮膚透過性および毒性を加味した総合的な化学物質有害性評価と対応を提案することを目的とする。これをもって第13次労働災害防止計画

に掲げられる「リスクアセスメントの結果を踏まえた作業等の改善」、「化学物質の有害情報の的確な把握」、「有害性情報等に基づく化学物質の有害性評価と対応の加速」を推進する。

(3) 方法

本研究における実験方法の概略は以下の通りである。なお、本年度実施した個別実験については、その方法も併せて、(5)研究内容・成果に記載する。

1) 人工三次元培養皮膚(3D皮膚)を用いたin vitro皮膚透過性評価手法の確立

既知の皮膚透過性および非透過性の化学物質を用いた人工三次元培養皮膚自体の評価および特性(適用範囲と限界)を把握する;化学物質の構造・物性・反応性等に基づいた皮膚透過性の系統的解析を実施する(透過するか否かのみでの定性的なものではなく、透過速度を算出する定量的解析);(必要に応じて)人工ヒト皮膚近似膜と三次元皮膚モデルにおける化学物質透過性を比較検証する。

2) In vitro皮膚透過性評価手法による主要産業化学物質の皮膚透過性スクリーニング

対象化学物質の選定(産業衛生学会「許容濃度勧告」において経皮ばく露の可能性のある化学物質約70種類を中心とし、必要に応じてSDS対象663物質から産業使用頻度やIARC発がんリスト等を参考に選定する。さらに物質の絞り込みとして、発がんリストの上位の物質、放射性ラベル物質の入手可能性、生物学的モニタリング指標(BEI: Biological Exposure Indices)設定の有無、蒸気圧、現場の使用状況等を考慮する);上記対象物質の皮膚透過性の違いによるグループ分類(3~4段階程度)を実施する;化学物質皮膚透過性と毒性情報をリンクさせる。皮膚透過性(高)のグループから順次毒性情報の収集、およびin vitro(in vitro)における毒性試験(細胞毒性試験、DNA損傷性試験等)を実施する。

3) Ex vivoにおける皮膚透過性の検証

in vitroの検討で皮膚透過性(高)のグループに分類された物質の数種についてex vivo(動物摘出皮膚)における皮膚透過性を検証する。(必要に応じて)ヒト摘出皮膚における検証を実施する。

4) In vivoにおける検討

In vivo経皮吸収研究モデルの確立(経皮吸収既知

のモデル物質を使用し、ばく露方法・分析方法等を確固たるものとする) ; *in vitro* スクリーニングで見いだされた経皮吸収優先対応すべき化学物質について、体内動態、生体内代謝、毒性影響の検討、生物学的ばく露指標の探索を行う。

5) 結果の総合的検証と産業化学物質の皮膚透過性を考慮したリスク評価モデルの確立

in vitro, *ex vivo*, *in vivo* における化学物質皮膚透過性結果および既存皮膚透過予測式との整合性等を検証し、リスク評価に資するヒト外挿モデルを考案する; 皮膚透過性結果に毒性情報を加味し、第13次労働災害防止計画に沿った総合的な化学物質有害性評価と対応を提案する。

(4) 研究の特色・独創性

三次元培養皮膚を用いて産業化学物質の皮膚透過性評価システムを構築し、多量の産業化学物質の皮膚透過性スクリーニング実施しようとする点。産業化学物質の皮膚透過性に関する研究報告は、動物摘出皮膚を用いて 2000 年以前に実施されたものが主であり、三次元培養皮膚を応用しようとする例はない。動物摘出皮膚を用いた試験系では、技術・倫理面からの限界により、当該試験系では試験実施可能回数が限られていることはもちろん、結果も化学物質が皮膚を透過するか否かの定性的なものになりがちであり、リスク評価の際に重要となる定量的な皮膚透過速度の算出や物質間比較等が困難であった。本研究で提案するように三次元培養皮膚を利用することで、これらの問題を克服することができる。また、三次元培養皮膚は動物摘出皮膚に比べ、均一性に優れるため、より信頼度の高い結果が得られると期待される。

化学物質の構造・物性・反応性等に基づいた皮膚透過性を系統的に明らかにしようとする点。化学物質に皮膚透過性には化学物質の分子量、電荷、脂溶性等が影響を与えると考えられているが、実際には非常に複雑であり不明な点が多い。本検討では、三次元培養皮膚の特性を生かし、多物質解析を実施するため、この中で化学物質の構造・物性・反応性等を系統化し、皮膚透過性に影響する因子とその特性を整理する。本検討の実施は、将来的に *in silico* 予測の基盤になると期待される。

皮膚透過性情報に毒性情報を加味し、リスク評価を実施しようとする点。皮膚透過性が高い物質の中にも、毒性の強弱があるはずであり、皮膚透過性情報に毒性情報を加味することで、例えば、高透過性・強毒性物質や、高透過性・弱毒性物質等を簡易に見極めることができる。これにより対応すべき化学物質の順位付けができ、効率的なリスク評価、実効的な防護対策の

実施が可能になると期待できる。このような取り組みはこれまでに類を見ない。

(5) 研究内容・成果

令和 3 年度の研究成果は以下の通りである。

1) *In vitro* 皮膚透過性評価手法による産業化学物質の皮膚透過性評価等

令和 2 年度検討において、3D 皮膚に対する化学物質の透過性・吸収性・蓄積性の程度は、物質のオクタノール/水分配係数 ($\log K_{ow}$) から、ある程度予想できるのではないかと考えられた。そこで、令和 3 年度はこのことをより確かなものとするために、被験対象物質として、その $\log K_{ow}$ が -2~+7 の範囲にあるものを 10 物質(全て ^{14}C ラベル) 取り揃え検討した。図 1 には、令和 3 年度検討物質を含めこれまでの検討した物質について、3D 皮膚における透過率等の結果例を示す。以下結果について、被検物質が 3D 皮膚内に入ることを「吸収」、皮膚に吸収された被検物質が皮膚内に留まることを「蓄積」、被検物質が皮膚からボトル内(リザーバー側)へ移行することを「透過」と表記する。図中、緑丸は一定時間後に被検物質が 3D 皮膚の上存在する割合(吸収されていない)、青丸は 3D 皮膚を透過した割合、赤丸は 3D 皮膚内に存在(蓄積)した割合を示す。被検物質の吸収、透過、蓄積を示すプロットのパターンは、図 1 に示すように、大きく 5 つに分けられ、そこに $\log K_{ow}$ の値を載せてみると、 $\log K_{ow}$ が -1.5 以下では、皮膚吸収性がほぼ認められないが、値が大きくなるにつれて、吸収性が高まるのがわかる。また、皮膚透過性は $\log K_{ow}$ が 1~2 程度で最も高まるが、 $\log K_{ow}$ が 3 を超えてくると皮膚吸収性は高まるものの、透過性が低下するため、結果として物質が皮膚に蓄積することがみとれる。

さらに、これまでに検討してきた物質について、3D 皮膚に添加した被検物質の半量が透過する時間 ($T_{150\%}$: 半量透過時間) を求め、 $T_{150\%}$ と $\log K_{ow}$ の関係を検証したところ、3D 皮膚への吸収がほとんど認められない物質及び、テクニカル等の問題で $T_{150\%}$ の算出が困難な物質を除き、 $T_{150\%}$ と $\log K_{ow}$ の関係は、暫定的ではあるが、決定係数 0.9 以上をもって 2 次式で近似された(図 2)。これによって、蒸気圧が低く、経皮ばく露が問題となるような化学物質であれば、 $\log K_{ow}$ の値から、皮膚透過性の程度や蓄積性の有無等が予想できるものと考えられる。一方で、これまでに検討した物質(37 物質)においても、 $\log K_{ow}$ から予想される $T_{150\%}$ が大きく乖離する物質が現時点で 3 物質存在する。今後その乖離原因を追求すると同時に、さらに多くの被検物質で検証し、化学物質の皮膚吸収・透過・蓄積に関する予測をより強固なものにしていく予定で

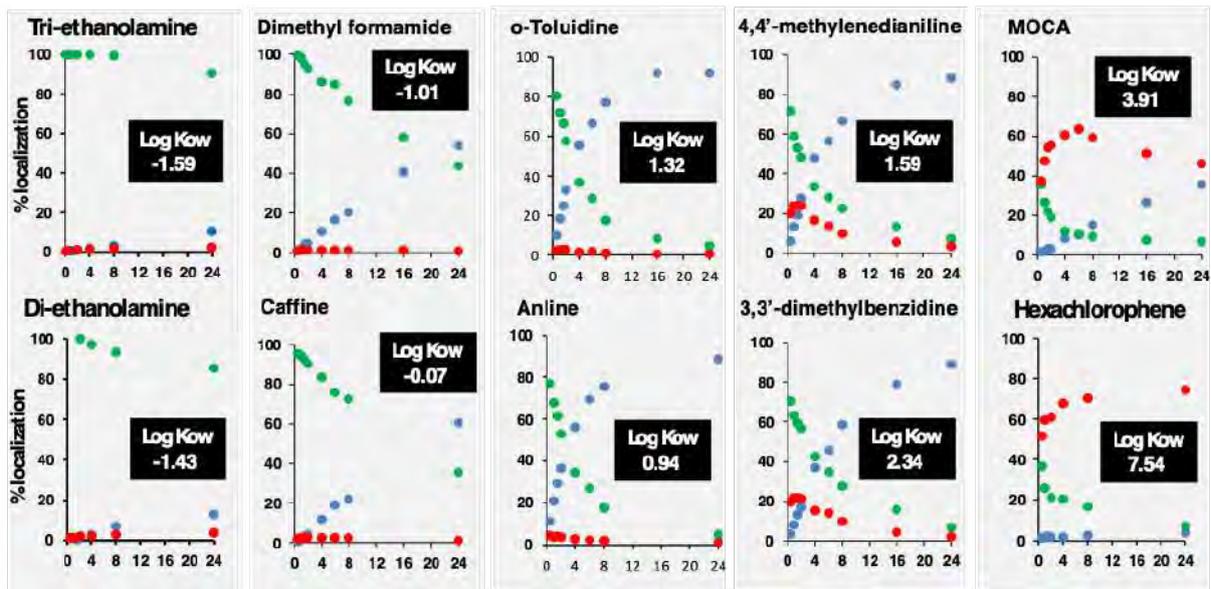


図1 3D皮膚における被検物質の吸収・透過・蓄積パターン

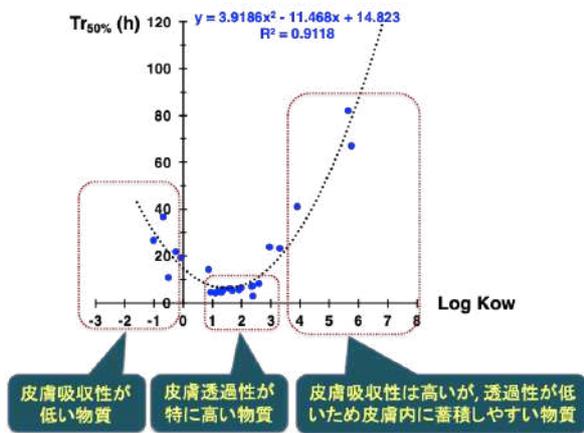


図2 半量透過時間とlog Kowの関係

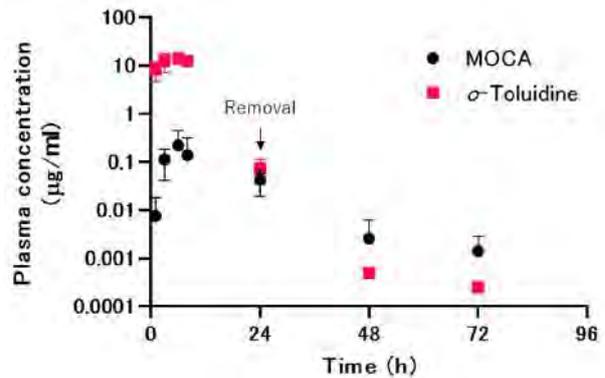


図3 MOCA およびオルトトルイジン皮膚塗布後の血漿中濃度の経時変化

ある。

2) In vitro(三次元培養皮膚)と Ex vivo(動物摘出皮膚)の関係性について

ブタ皮膚透過性実験に用いた数種類の化学物質について、化学物質の特性により、透過しやすい物、透過しにくい物、吸収されるが透過しにくい(皮膚内に蓄積しやすい)という分類がされ、三次元培養皮膚での結果と概ね一致していることが確認できた。

3) In vivo 皮膚透過性試験

ラットを用いて MOCA(3,3'-ジクロロ-4,4'-ジアミノジフェニルメタン)、オルトトルイジン(以下、OT と呼ぶ)について経皮投与後の血漿中の濃度変化及び尿中濃度レベルの変化を観察した。OT, MOCA 塗布後にそれぞれの最高血漿中濃度(C_{max})達成時間、血中濃度曲線下面積(AUC)、半減期(T_{1/2})が観察され、OT の T_{1/2} は MOCA の 2 倍程度早いことを確認した(図3)。経皮投与後の尿中濃度の解析から OT は速やか

に尿中へ排泄されるが、MOCA の尿中排泄は遅いまたは少なく、多くが投与部位に残っていることを確認した。OT は皮膚を透過し、血中への移行、尿中への排泄の速さ、MOCA は投与部位へ蓄積する特徴が観察された。これらの特徴は 3D 培養皮膚、ブタ皮膚の透過性実験結果と一致しており、OT と MOCA に対する生物学的モニタリングの参考になる。

ベンジルアルコールについて、マウスを用いて経皮ばく露実験を行った。皮膚塗布後、経時的に血液、尿および種々の組織を採集した。現在、ベンジルアルコールおよびその代謝物(ベンズアルデヒド、安息香酸、馬尿酸)を定量して体内動態や排出パターンなどの解析を行っている。

4) MOCA ばく露後の染色体不安定性のメカニズム解析

今年度は、MOCA による染色体異常(コヒーシオン異常)のメカニズム解析に加え、この異常について、他の

芳香族アミン類等と比較解析を行った。コヒーシ異常には、分裂期(スピンドル)チェックポイントにおける異常が関与する可能性がある。そこで、ヒト肝臓がん由来の培養細胞 HepG2 を用い、微小管重合阻害剤によりチェックポイントを活性化し、分裂期が持続する状況を作り出し、MOCA の影響を調べた。その結果、陰性対照と比べ、MOCA 処理群では分裂期からの“早期脱出”が観られたことから、コヒーシ異常には、MOCA の分裂期チェックポイントへの作用が関連していると考えられた。

次に、他の芳香族アミン類等についてもコヒーシ異常の有無を調べた。まず、MOCA の構造類似体; MDA (4,4'-ジアミノジフェニルメタン)と比較したところ、MDA では、ほとんどコヒーシ異常を引き起こさないことから、MOCA のクロロ基がこの異常と関連する可能性があることが示唆された(図4左)。また、ベンジジン(BZ)、オルト-トルイジン(OT)、オルト-クロロアニリン(OCA)についても検証したところ、BZ, OT, OCA についてもコヒーシ異常が観察はされたものの、MOCA の方が、はるかに高いコヒーシ異常を示していた(図4右)。これらのことから、MOCA の発がん性には、既知のメカニズムである DNA 損傷性に加え、染色体異常がより強く関与しているのではないかと考えられた。今後、in vitro 系によるさらなるメカニズム解析を進めるとともに、ラット等の実験動物も取り入れ、この可能性について検証していきたい。

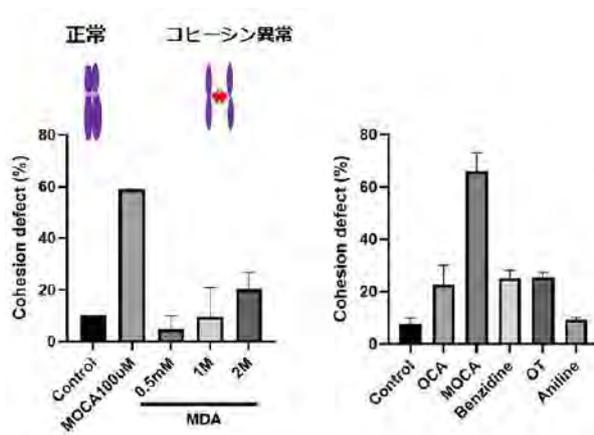


図4 コヒーシ異常についてMDAとの比較(左)他の芳香族アミン類との比較(右)

【研究業績・成果物】

[その他の専門家向け出版物]

- 1) 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 柳場由絵, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) 産業化学物質の経皮ばく露~皮膚吸収性物質の特徴及び, 各国主要機関の評価等について, 産業医学ジャーナル, Vol.44, No.6, pp.1-8.
- 2) Yonggang Qi, Tatsushi Toyooka, Hyogo Horiguchi, Shigeki Koda, Rui-Sheng Wang (2022) 2-mercaptobenzothiazole generates γ -H2AX via CYP2E1-dependent production of reactive oxygen species in urothelial cells. J Biochem Mol Toxicol. e23043. doi: 10.1002/jbt.23043.

[国内外の研究集会発表]

- 1) 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 柳場由絵, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) 三次元ヒト培養皮膚を用いた産業化学物質の経皮ばく露評価の試み, 第94回日本産業衛生学会シンポジウム
- 2) 柳場由絵, 豊岡達士, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) 動物皮膚を用いた芳香族アミン類の皮膚透過性評価について, 産衛誌, Vol.63, p.449.
- 3) 小林沙穂, 祁永剛, 豊岡達士, 王瑞生, 武田俊一, 甲田茂樹 (2021) 芳香族アミン類 MOCA の変異体細胞株群 DT40 を用いた DNA 修復経路の探索, 産衛誌, Vol.63, p.416.
- 4) 祁永剛, 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 王瑞生, 甲田茂樹, 堀口兵剛 (2021) オルトフェニレンジアミンの三次元皮膚蓄積性と in vitro 遺伝毒性に関する研究, 第48回日本毒性学会要旨集, p.81.
- 5) 王瑞生, 柳場由絵, 祁永剛, 豊岡達士 (2021) 芳香族アミン類による DNA 損傷について, 日本産業衛生学会第48回産業中毒・生物学的モニタリング研究会シンポジウム「オルト-トルイジンによる膀胱癌」抄録集, p.14.
- 6) 柳場由絵, 豊岡達士, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) 芳香族アミン類の経皮吸収に関する検討, 第69回職業・災害医学会学術大会抄録集, p.10.
- 7) 祁永剛, 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 王瑞生, 甲田茂樹, 堀口兵剛 (2021) オルトフェニレンジアミンの皮膚蓄積性と遺伝毒性に関する研究, 日本環境変異原ゲノム学会 第50回記念大会抄録集, p.35.
- 8) 小林沙穂, 豊岡達士, 王瑞生, 武田俊一, 甲田茂樹 (2021) 芳香族アミン類 MOCA のニワトリ細胞 DT40 ノックアウト細胞群を用いた DNA 修復経路の探索, 第44回日本分子生物学会年会.

(9) 高齢労働者に対する物理的因子の影響に関する研究【4年計画の3年目】

柴田 延幸(環境計測研究 G), 外山 みどり(人間工学研究 G), 齊藤 宏之(環境計測研究 G),
高橋 幸雄(同), 上野 哲(同), 時澤 健(人間工学研究 G),
山口 さち子(環境計測研究 G), 佐藤 明彦(労働災害調査研究 C),
澤田 晋一(東京福祉大学), 久永 直見(CKD 株式会社), 赤川 宏幸(大林組)

【研究期間】 平成 31～令和 4 年度

【実行予算】 14,203 千円(令和 3 年度)

【研究概要】

(1) 背景

近年、高齢労働者人口は増加の一途をたどり、労働災害に被災する高齢労働者も増加している。今後、社会保障の切り下げや定年延長などが予想され、高齢労働者がさらに増加する可能性がある。一方、加齢により生理的機能が変化することはすでに知られており、騒音、振動、暑熱などの物理的環境について、科学的根拠に基づく高齢労働者に対する必要な要件や配慮を明らかにすることにより、高齢労働者が働きやすい職場となるよう改善策の提案を行い、最終的には労働災害を減らす一助になると考えられる。

(2) 目的

当研究では、騒音、振動、暑熱の物理因子に対する高齢労働者の特徴を明らかにすることにより、作業環境に必要な要件や配慮等の改善策を提案することを目的とする。扱う物理因子を騒音、振動、暑熱の 3 因子とし、因子ごとに設けた実験を主体とする 3 つのサブテーマと疫学研究のサブテーマ、合計 4 つのサブテーマのもと、研究を遂行する。サブテーマごとの目的は以下の通りとする。

1) (サブテーマ 1)「高齢労働者の暑熱環境作業基準の策定に関する研究」

高齢労働者における熱中症の実態把握や、熱中症と年齢との関係を統計的に明らかにするとともに、WBGT と生理学的な暑熱負担の関係を実験によって明らかにすることによって、高齢労働者向けの WBGT 基準値の補正值を提示し、高齢労働者の熱中症予防に寄与する。

2) (サブテーマ 2)「騒音による作業阻害に対する年齢の影響に関する研究」

一般に高齢者では若年者と比較して高周波域の聴力が特徴的に低下していることから(例えば、Kurakata et al. (Acoust Sci Tech, 32 (1) (2011)), 同じ騒音でも主観的な感じ方が若年者とは異なり、その心理的・生理的影響にも差が出る可能性がある。本研究では、高齢者群と若年者群での騒音による作業阻害の程度の違いを調べることで、騒音による作業への影響につ

いての高齢者群の特徴を明らかにする。その結果に基づき、高齢労働者に適した職場の音環境の提言を目指す。

3) (サブテーマ 3)「手腕振動ばく露評価における加齢の影響とその対策に関する研究」

加齢により手腕振動の感覚閾値が上昇することがあることは知られており、高齢労働者と若年者では振動ばく露に対する心理的・生理的および力学的応答に大きな差が生じる可能性がある。本研究では、手腕振動にばく露した際の高齢労働者の心理的・生理的および力学的応答を調べるとともに、それらをすでに知見を得ている若年者の心理的・生理的および力学的応答と比較することにより、高齢労働者の心理的・生理的および力学的応答および作業環境において想定される注意点を明らかにする。

4) (サブテーマ 4)「物理的因子の高齢労働者に対する影響の疫学研究」

物理的因子による疾病に関する高齢労働者の現状を把握し、対策のために必要なデータをアンケート調査で分析する。そのことにより、高齢労働者の物理的因子による疾病の減少に寄与する。

(3) 方法

1) (サブテーマ 1)

① 被験者実験

60 歳代の健常成人男性 10 名(高齢者群)および 20～30 歳代の健常成人男性 10 名(若年者群)が参加する計画のうち、残りの若年者群 4 名のデータを取得する。被験者は 5 回の異なる試行を、3 日以上の間隔をあけて行い、初回は身体計測および最大酸素摂取量の測定を行う。2～5 回目は、同じ作業負荷を異なる暑熱環境下でランダムに行う。過去の東京における夏季の温湿度データを参考に、WBGT 27.0 °C(室温 30.0 °C・相対湿度 65 %:警戒レベル)、WBGT 28.5 °C(室温 32.5 °C・相対湿度 60 %:嚴重警戒レベル)、WBGT 30 °C(室温 35.0 °C・相対湿度 55 %:嚴重警戒レベル)、そして WBGT 31.5 °C(室温 37.0 °C・相対湿度 50 %:危険レベル)の 4 種類の暑熱環境を設定する。被験者は作業服を着用し、室温 25.0 °C および相対湿度 50 % の環境下に入室し 30 分間安静する。その後、いずれかの暑熱環境の室温および相対湿度に変更し作業負荷を開始する。15 分間のサイクリング運動を 60

Wの負荷で行い、10分間の休憩の後、15分間のアームクランキング運動を20Wの負荷で行う。10分間の休憩の後、同様にサイクリング運動、休憩、アームクランキング運動の順で行う。合計して、60分間の運動と休憩時間30分を含め、90分間の暑熱ばく露とする。どちらの運動もエルゴメータを用いて回転数は 60 ± 5 回転/分とし、座位姿勢で行う。

深部体温として直腸温、皮膚温を胸部、上腕部、大腿部、および下腿部の4点から全身平均皮膚温、局所発汗率および皮膚血流を前額部、胸部、前腕部、および大腿部において連続して測定する。また、血圧、心拍数、酸素摂取量、実験前後の体重減少率、および心理学的な暑熱負担として、温度感覚、温熱的不快感、口渇感、身体的疲労感、精神的疲労感をVisual Analog Scaleを用いて評価する。

すべてのデータの取得を完了させ、統計解析を行う。また高年齢労働者向けに暑熱負担を軽減する対策を考案する。

② 現場調査

昨年度実施した調査結果の解析を進めるとともに、建設現場における作業者を対象とした調査を行う。対象作業員にはリストバンド型心拍計および活動量計を着用し、作業中の心拍数ならびに活動量を取得するとともに、心拍計からのビーコン信号による作業場所データと、現場の複数箇所に設置したWBGT測定器の結果より、作業員がばく露されているWBGT値を推定する。作業内容・作業強度については、Covid-19感染拡大の影響で立ち入りが制限されることから、作業員に装着した小型カメラによる映像を解析することにより把握を行い、作業強度別のWBGT—心拍数の関連性についての解析を行う。

③ 労働災害データの解析

昨年度までに整理した死亡労働災害データを元に、災害調査復命書の調査を実施し、概ね過去10年間の死亡災害の状況についての解析を行う。

2) (サブテーマ2)

種々の音響特性(周波数スペクトル、音圧レベル等)の騒音をばく露するという条件下で、高齢被験者群(55歳以上)と若年被験者群(20~30代)(必要なら中間層群(40~54歳)も)に作業課題(使用する作業課題は、これから検討)を行わせ、その処理スピード、正確性、作業遂行時の主観的感覚(うるささ、不快感など)などを測定する。その結果を被験者群間、ばく露条件間で比較することで、騒音による作業阻害について高齢被験者群の特徴を見出す。

全体的に進捗が遅れているが、3年目は、予備実験を実施することにより、実験条件の確認等を行った。

3) (サブテーマ3)

2年目は、60~75歳の高齢者ばく露群健常男性4名および同じく60~75歳の高齢者非ばく露群健常男性2名、20歳代の若年者非ばく露群10名について、大きさの異なる2種類の手腕振動、9分間の振動ばく露の方法の違い(連続/10分休憩をはさんで3分ずつ断続的に3回に分けてばく露)による4条件について、右手への振動ばく露時の手腕の動特性および振動ばく露直後から30分後までの5分ごとの右手人差し指の指先振動感覚閾値(試験周波数:125Hzおよび31.5Hz)の変化を測定した。

2年間で取得した3群のすべての手腕動特性および振動感覚閾値データの整理を行った。上昇法によって得られた指先振動感覚閾値 T_a (dB)と下降法によって得られた指先振動感覚閾値 T_d (dB)の差 $T_a - T_d$ および回復係数、周波数補正係数を指標として整理を行い、群間の比較検討を行った。

4) (サブテーマ4)

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

(4) 研究の特色・独創性

1) (サブテーマ1)

今後増加することが予想される高齢労働者の熱中症対策について、高齢者労働者特有の問題点を把握し、高齢者向けの基準値を提示することが本研究の特色である。高齢者と熱中症に関する研究は多くなされているが、そのほとんどが一般生活環境におけるものであり、高齢労働者の熱中症についての研究はほとんどなされていないことから、独創性は高いと考える。

2) (サブテーマ2)

本サブテーマの特色は、種々の騒音へのばく露条件下で、高齢被験者と若年被験者の作業遂行性にどのような差があるのかを調べる点にある。高齢者に対する騒音の影響についての研究は過去にも多くあるが、特に作業阻害に着目した、同一ばく露条件下での若年者との比較研究は少ない。

3) (サブテーマ3)

手腕振動ばく露に対する高年齢労働者の心理的・生理的および力学的応答特性を明らかにしすることを特色とし、得られる成果を高年齢労働者の手腕振動ばく露管理に役立てることを目標としている。これまで

の研究では、平時における指先振動感覚閾値の加齢影響に関する研究結果のみの報告が若干あるのみであったが、本研究では手腕振動ばく露後の指先振動感覚閾値の過渡的な変動特性に着目してその加齢影響を明らかにしようとしている点、また高年齢労働者の手腕振動ばく露における周波数補正特性を明らかにしようとしている点に独創性を見出すことができる。

4) (サブテーマ4)

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

【研究内容・成果】

本研究の各サブテーマにおける成果は以下の通りである。

(1) (サブテーマ1)

① 被験者実験

高齢者群の対照となる若年者群のデータをすべて取得し、群間の比較解析を行った。その結果、4段階のWBGTのうち、最も高い31.5℃においてのみ、深部体温(直腸温)の上昇は、高齢者群の方で有意に高かった。また胸、腕、および脚における局所発汗率は、WBGT 31.5℃において高齢者群の方で有意に低く、発汗低下による熱放散の抑制が深部体温上昇につながったと考えられた。この成果については学会発表を行った。軽作業時のWBGT基準値は、暑熱順化の有り無しで1℃異なるが、高年齢労働者はさらに1℃低く設定する必要があるかもしれない。基準値の補正を検討する一方で、高年齢労働者向けに暑熱負担を軽減する対策を考案し、その予備的データを取得した。電動ファン付き作業服は現場で広く普及しているが、その着用だけでは軽減効果に限界があり、特に深部体温の上昇を下げる効果はほとんど期待できない。また高年齢労働者は汗が少ないことから、ファンによる作業着内の気化も少なく蒸散性の熱放散が弱い。それを補うために、予めインナーを湿らせておく対策を考案し検証したところ、深部体温の上昇が1.3℃から0.8℃に抑えられた(n=3)。

② 現場調査

昨年度実施した調査結果の解析を進め、作業強度の完全なデータが得られた5名(40代3名、50代1名、60代1名)から心拍数、活動量計、WBGT値ならびに作業内容・作業強度のデータを得た。推定された

作業強度(代謝率)別に平均心拍数をみたところ、作業強度(代謝率)が上がるとともに平均心拍数が上昇する傾向が見られた。また、推定された代謝率からWBGT基準値からの超過度を算出し、心拍数との相関を見たところ、弱い相関が確認された。今年度については、Covid-19感染拡大の影響で調査が可能な事業場が限定され、且つ部外者の滞在時間が制限されたことから、当初計画していた目視による作業内容・作業強度の把握は困難であるとの判断から、作業者に装着した小型カメラによって取得した映像を解析することにより作業内容・作業強度の特定を行うこととした(研究倫理委員会における変更承認済み)。今年度は建設現場1箇所の12名を対象とした調査を行い、うち6名から有効なデータを得た。

解析の結果、活動量計によるMETs値と、小型カメラによる画像から推定した作業内容に基づく代謝率区分(ISO 8996の作業別代謝率表による)の間にはある程度の相関が見られた一方で、一致しないケースも確認された。これは、建設作業では上半身のみの負荷も多く、腰に装着した活動量計での活動量の把握では不十分な可能性を示唆している。

また、WBGTと心拍数の間には明確な関連性は見られなかったが、作業内容から割り当てた代謝率を考慮したWBGT基準値からの超過度(WBGT値から代謝率区分に応じたWBGT基準値を引いた値)と心拍数との間にはある程度の相関が認められ、さらに心拍数に対して年齢の影響を加味した場合(180から年齢を引いた値からの超過度を使用した場合)についても、ある程度の相関が見られた。

③ 労働災害データの解析

2011～2020年(2012年を除く)の熱中症死亡災害の災害調査復命書の調査を実施した(n=176)。このうち、高年齢労働者(60歳以上)に該当するデータは31例(60代:20例、70代:9例、80代:2例)であった。また、事業場規模別では10人未満の零細企業が84例、10～49人が61例、50～99人が13例と、小規模な事業場での熱中症発生が8割以上を占めていた。さらに60歳以上の高齢者の全てが事業場規模99人以下の小規模な事業場に勤務していたことから、高齢者の熱中症防止対策を考える場合は、小規模事業場、小規模現場における熱中症対策が重要になることが示唆された。

(2) (サブテーマ2)

3年目(令和3年度)は、実験条件を確認する意味も兼ねて予備実験を実施した。作業課題には江川の研究(SRR, No.13 (1993))で使用されたものを用いた。具体的には、PC画面上に表示されたX、Yの2個の数字を有効数字2桁で記憶し(この際、四捨五入の計

算も必要)、画面に表示される X 軸上、Y 軸上のそれらの位置をマウスで正確に示すというものである。2 個の数字は同時に表示されるが、数値軸上の位置決定は X、Y の順に 1 個ずつ行う。ばく露条件は、「ばく露音無し」、「ピンクノイズ」、「低周波域を強調したホワイトノイズ」、「高周波域を強調したホワイトノイズ」の 4 種類(いずれもばく露時間は 20 分、ばく露レベルは 60 dB(A))とした。被験者には、各ばく露時間内にできるだけ正確に、またできるだけ早く作業を行うように(多くの処理を行うように)指示をした。さらに、各ばく露音に対する被験者の主観的印象を評定尺度法で尋ねた。

被験者数が少ないので、ここでは一例として、ある被験者(女性、55 歳。高周波域の聴力がやや低下していたが、聴力低下群ではない)の結果の一部を示す。

この被験者の場合には、ホワイトノイズ(低周波域強調)の条件で、ホワイトノイズ(高周波域強調)の条件よりも作業の正確性、作業スピードがともに低下した。このような結果について、被験者を増やしてデータを蓄積する予定である。

(3) (サブテーマ 3)

指標値(Ta-Td)に着目すると、高齢者ばく露群(G1)の Ta-Td は、

- ばく露経過時間にとまない優位に変化すること
- 高齢者非ばく露群(G2)および若年者非ばく露群(G3)より有意に大きい ($p < 0.05$) こと

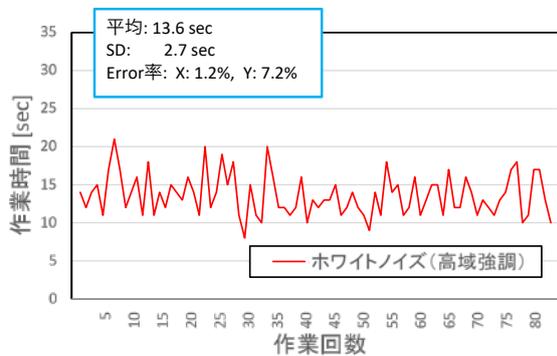


図 1 ホワイトノイズ(高周波域強調)での結果

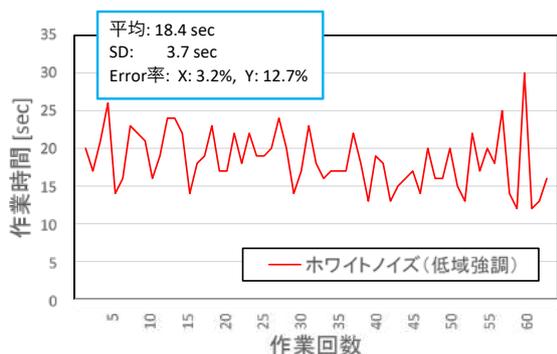


図 2 ホワイトノイズ(低周波域強調)での結果

を見出した。Ta-Td は高齢者非ばく露群(G2)と若年者非ばく露群(G3)の間に有意差が認められなかったことから、高齢者ばく露群(G1)の Ta-Td に求められた前述 2 点の特徴は、加齢ではなく手腕振動ばく露の蓄積性影響によるものと考えられた(図 3, 4)。

閾値の差 Ta-Td は、指先感覚振動閾値の分解能に相当する評価指標として、振動ばく露履歴に応じた末梢神経系の振動障害の進行度を表すリスク評価指標としての可能性が高まった。

また、繰り返し振動ばく露後の指先振動感覚閾値の回復過程では、高齢者非ばく露群(G2)と若年者非ばく露群(G3)に TTS のベースラインの優位な上昇が認められた。両群間の TTS に有意差は認められなかったことから、蓄積性振動ばく露の影響が表れたものと考えられた。

(4) (サブテーマ 4)

Web 調査の結果は、春の日本産業衛生学会で熱中症の各対策の実施率及びその有効性を示した。秋の日本職業災害医学会では疾患及び服薬と熱中症との関係を分析した結果を発表した。国際労働衛生専門家会議 (ICOH)では、生活習慣と熱中症との関係をロジスティック回帰で分析した結果を発表した。

昨年度の評価後(年明け)に神奈川県建設業労働組合連合会の組合員に対して予備的なアンケート調

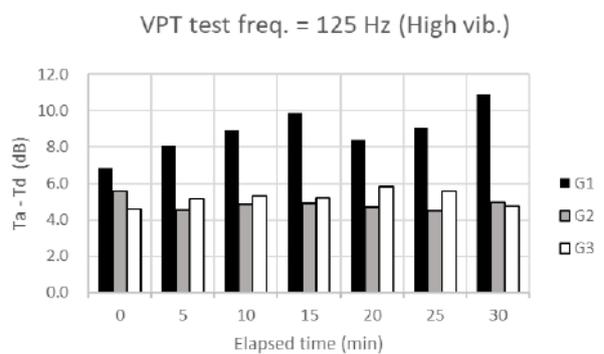


図 3 Ta-Td の振動ばく露後変化(125Hz の時)

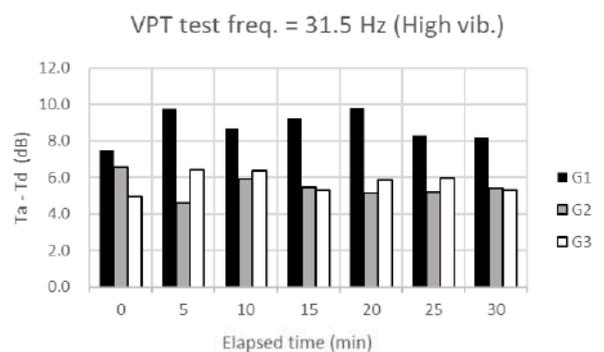


図 4 Ta-Td の振動ばく露後変化(31.5Hz の時)

査を実施した。しかし、コロナ感染症拡大のため予定していた組合員の健康診断時でのアンケートができず、50名程度のアンケート回収数となった。今年度に本格的なアンケート調査を行う予定であったが、神奈川県建設業労働組合連合会との話し合いでコロナ感染症感染予防のためアンケート調査を中止せざるを得なかった。その代り、熱中症に関するWeb調査を実施している。コロナ感染症予防のため、建設業界においてマスクの着用がほとんど義務付けられていることからマスクの熱中症に対する影響をアンケートに加えた。Web調査の結果はただいま分析中である。

【研究業績・成果物】

[国内外の研究集会発表]

- 1) 上野哲, 柴田延幸, 久永直見 (2021) 業務上における各熱中症対策の実施率と有効性の評価, 産業衛生学雑誌, Vol.63, 臨時増刊号, p.412.
- 2) 上野哲 (2021) 夏季屋外作業時の呼吸による放熱の割合, 第35回日本神経救急学会学術集会プログラム・抄録集, p.80.
- 3) 上野哲, 柴田延幸, 久永直見 (2021) 慢性疾患や服薬が熱中症発症率に及ぼす影響: 大規模Web調査結果から, 日本職業・災害医学会会誌, Vol.69, 臨時増刊号, 別121.
- 4) Satoru Ueno, Naomi Hisanaga, Nobuyuki Shibata (2022) Investigation of heat stroke risk factor in the workplace by large-scale web survey. 33rd International Congress on Occupational Health 2022 (ICOH 2022), Safety and health at Work, Vol.13, Suppl. S270.
- 5) Nobuyuki Shibata (2021) Prediction of vibration-isolating performance of gloves for tri-axial tool-specific vibration. Proceedings of 27th International Congress of Sound and Vibration, Presentation No. 1131.
- 6) 柴田延幸 (2021) 末梢神経系障害を主徴とする振動障害予備群早期発見の試み, 第33回日本産業衛生学会振動障害研究会, 抄録集なし.

(10) 健康のリスク評価と衛生管理に向けた労働体力科学研究 【3年計画の2年目】

松尾 知明(人間工学研究 G), 蘇 リナ(同), 時澤 健(同), 小山 冬樹(同),
西村 悠貴(産業保健研究 G), 甲田 茂樹(所長代理),
田中 喜代次(筑波大学), 水上 勝義(同), 日野 俊介(株式会社ルネサンス)

【研究期間】 令和2~4年度
【実行予算】 20,287千円(令和3年度)
【研究概要】

(1) 背景

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

“体力”の概念としては持久力や筋力など身体機能のイメージが先行するが、学術的には、体力を“身体的要素”と“精神的要素”の2要素で捉えようとする考えが古くからある[1]。人が様々なばく露因子から身を守る力(体力)には、身体的体力(physical fitness:以下 PF)だけでなく、精神的体力(mental fitness:以下 MF)も必要とする考え方である。従来、このような考え方は、体力の構成概念を説明する際に用いられる程度であったが、うつ病などの精神疾患に罹患する労働者が多い昨今の現状に鑑みると、労働者の体力を PF と MF の両面から同時に検討することは、現代に生きる労働者の健康を守る上で合理的であり、重要と思われる。しかし、このような視点から取り組まれた研究は国内外で見当たらない。我々はこの課題に疫学研究の手法を用いて取り組もうとしているが、そのためにはまず、労働者の実状を的確に捉えるための評価指標が必要となる。

PF としては心肺持久力(cardiorespiratory fitness:以下 CRF)が顕要である。いくつかの要因(高血圧、喫煙、糖尿病など)の中で死亡リスクへの影響が最も強いのは CRF であったことが示されるなど[2]、CRF は疾

病予防の観点で重要とされる。しかし、著名な学会(American Heart Association)が「多くの重要なリスクファクターの中で唯一定期検査の項目でないのは CRF である」と問題提起[3]したことから分かるように、CRF は疾病予防策として普及していない。本邦では、1988年の労働安全衛生法改正により THP(トータルヘルスプロモーションプラン)が推進され、その一環として労働者の CRF を定期的に検査したり、その向上を図ったりする試みがなされたが、これまでのところ、CRF 評価が労働者の健康管理に活かされる様子はみられない。CRF が疾病予防策として普及しない要因の一つに検査方法の問題が挙げられる。CRF 評価のゴールドスタンダードは、運動負荷試験で測定される最大酸素摂取量(VO_{2max})であるが、 VO_{2max} 測定は対象者がきつい運動をする必要があったり、測定に時間がかかったりするため汎用性に欠け、一般化しにくい。文部科学省は 20~64 歳の成人に対し、 VO_{2max} 測定の代替法として 20 m シャトルランや急歩を提示[4]しているが、汎用性に欠ける点では VO_{2max} 測定と同じである。

他方、MF に関しては、体力の構成要素として提唱[1]されてはいるものの、その概念が先行研究で深く掘り下げられているわけではなく、疾病リスク等への影響を疫学研究で検討されてもいない。その意味で MF は本研究が掲げる新しい理論と言える。そこで本研究での MF 研究は、その定義付け作業から始めた。现阶段では、本研究内での MF の定義を「職務に向き合った際に体躯や神経を発動させるための主観的な精神エネルギー」としている。労働者の心理状態に関わる理論として代表的なものには、“ワーク・エンゲイジメント[5]”、“SOC(首尾一貫性)[6]”、“レジリエンス[7]”などがある。これらにはそれぞれ評価指標(質問票)が存在するが、評価指標開発に当たっては、事前に理論生成のための質的研究がなされている場合が多い。本研究の MF についても、理論生成に向けた質的研究がまず必要となる。

(2) 目的

本研究では、“労働者の体力”を「健康を脅かす様々なばく露因子から労働者自身が自らを守る力であり、PF と MF の 2 要素から成るもの」と定義した上で、職域における疫学調査や健康管理施策での活用を企図した PF・MF それぞれの評価指標を検討すると共に、それら評価指標を用いた大規模調査を効率的に

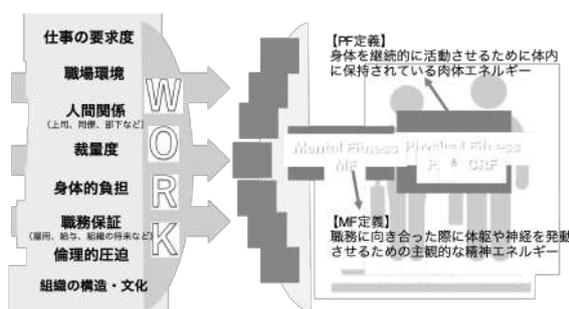


図1 本研究におけるPFとMFの定義と位置づけ

行うためのデータ収集システムを構築する。

(3) 方法

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

本研究の PF 評価には CRF 値を用いる。我々は本研究に先行し、労働者の CRF を簡便、且つ、安全に評価するための方法を開発する研究に取り組み、VO_{2max} 測定の代替法として質問票(WLAQ)[8]や簡易体力測定法(JNIOOSH step test, 以下 JST)[9]を提案している。これらの研究では、WLAQ や JST による推定 VO_{2max} と実測 VO_{2max} との関係を横断的に分析し、推定値の妥当性を示した。しかし、それら推定値で CRF を定期的に評価する場合、実測値の変化に推定値が追従することが前提となる。その検証には縦断研究が必要である。

課題①では、1 年目(令和 2 年度)の作業として、この検証を目的とした介入実験を行った。さらに課題①では、様々な事業場で CRF データを収集するための、また、収集データの分析結果を健康情報として参加者に返却するための仕組み(Web サイトやアプリ、サーバー等を連動させたデータ収集システム)を構築しようとしている。システム構築作業は通年(令和 2~4 年度)で行うが、使用の目途が立った段階で、システムを用いた横断調査を期間内に始める予定である。将来的には、課題②で検討する MF 評価指標もシステムに組み込む予定であるが、本プロジェクト研究の期間内でのシステム構築作業は PF を用いた調査を想定し、行う。

2) 課題② MF 評価指標の検討

本プロジェクト研究の期間 3 年間で MF 研究の萌芽期と位置付け、評価指標開発に向けたデータ収集を行い、MF 研究の基盤を形成したい。その手順は以下の通りである。

令和 2 年度(1 年目)には、労働者の心理状態に関するすでに確立された理論(ワーク・エンゲイジメントや SOC など)について、理論そのものや理論に基づいた質問票が開発された経緯を精査する作業を行った。

令和 3 年度(今年度)には、MF 理論生成に向けた質的研究と、令和 4 年度に予定している被験者実験の準備を行った。質的研究の方法は、Modified Grounded Theory Approach (M-GTA)法[10]に基づく、インタビュー形式による調査を採用した。M-GTA 法は理論生成を目的とした質的研究で活用されている研究手法である。

最終年度である令和 4 年度には、インタビュー調査のデータを用いて質問票(occupational mental fitness

questionnaire:以下 OMFQ)を開発したうえで、OMFQ やスマートフォンアプリ、ウェアラブル機器、唾液等から情報を取得する被験者実験を行う。

(4) 研究の特色・独創性

本研究により、労働者の PF と MF を調査するための評価指標とそのツールが開発され、それらを疫学調査で活用するためのデータ収集システムが構築される。その結果、体力を身体面と精神面の両面から捉えることにより労働者の疾病予防策を検討する、国内では唯一の、国際的にも貴重な疫学調査研究の基盤が構築される。

【研究内容・成果】

(1) 課題① 介入実験とデータ収集システムの構築

1) 介入実験

介入実験では、運動トレーニングによる実測 VO_{2max} の変化に、WLAQ や JST による推定 VO_{2max} がどの程度連動するかを検証した。実験は、2020 年 9 月~2021 年 2 月の期間に行い、予定通り完遂した。対象者(男性 15 名)は、指定された運動施設で、週 3 回×8 週間の運動トレーニング、介入 4 週目の中間測定、8 週目の介入後測定を行い、運動トレーニング期間終了後 8 週間の非トレーニング期間を経て、16 週目に最終測定を行った。介入実験の詳細なデータ分析を令和 3 年度(今年度)に行った。運動介入により対象者の実測 VO_{2max} の平均値は有意に増加し、非トレーニング期間を経て有意に減少したが、実測高値を過小評価する特徴のある重回帰モデル法による推定では、介入による VO_{2max} の増加分を適切に評価できておらず、補正が必要であることが分かった。補正した推定 VO_{2max} は実測 VO_{2max} の変化に概ね連動することが確認された。これらの結果を国内学会で発表し、現在、論文を国際誌に投稿中である。

2) データ収集システム構築

企業等で勤務する労働者のデータを効率的に得るための IT コンテンツを複数開発し、一部のコンテンツは調査への利用を開始した。データ収集システム構築作業に関わる令和 2~3 年度の進捗状況を以下に示す。

- WLAQ の Web 調査システムを開発した。本システムは、参加者サイト、企業の調査担当者サイト、研究所の調査担当者サイトと、それらの情報を管理するデータベースで構成される。その特徴は、参加者が自身のパソコンやスマートフォンを用いて質問に回答できる点、協力企業と研究所間のデータの受け渡しを、参加者の氏名やメールアドレス、社員番号などの個人情報省いた形で行える点、自動集

計されたデータセットを CSV ファイルで速やかにダウンロードできる点などである。このシステムを用いることで、数千人規模の企業複数社の WLAQ 調査を、数名の担当者のみで効率よく行うことができる。令和 3 年度はシステムを用いた共同研究を国内企業 2 社と開始した。

- ・ウェアラブル機器(身体活動量と心拍数)のデータ処理システムを開発した。このシステムを用いたことによるデータ収集の効率化の程度をまとめ、国内学会で発表した。
- ・対象者が出勤時刻や退勤時刻等を記録するための活動日誌 Web アプリを開発した。これまでは紙冊子を参加者一人ひとりに配布し、記録していたが、Web アプリを用いることで、対象者だけでなく、分析担当者の負担が大きく軽減した。
- ・体力測定の実用性を高めるため、JST の動画を制作した。
- ・測定結果(評価値)を参加者に効率的にフィードバックするための Web システムを開発した。

(2) 課題② MF 評価指標の検討

1) MF 理論生成の質的研究

広辞苑では“エネルギー”を“活動の源として体内に保持する力”と説明している。体力の精神的要素の意義を唱える猪飼[1]は、体力をエネルギー論的に考察することの重要性を説いており、また、トップアスリートの心理研究で著名な Jim Loehr [11]も、試合や記録に挑むアスリートの精神状態をエネルギーの観点から説明している。本研究ではこのような学説を支持する立場から、本研究内においては、PF を“身体を継続的に活動させるために体内に保持されている肉体エネルギー”、MF を“職務に向き合った際に体躯や神経を発動させるための主観的な精神エネルギー”とそれぞれ定義付けた。図 1 に示すように、労働者が職務に向き合うにあたっては、資本となる肉体エネルギーだけでなく、それを発動させるための精神エネルギーも重要と捉える見方である。令和 3 年度は、この理論モデル生成に向けた質的研究を行った。質的研究の手法は M-GTA 法によるインタビュー調査である。対象者は 25～65 歳の労働者男女 50 名とした。各対象者に対し、半構造化法による 90 分程のインタビューをビデオ通話形式で行った(図 2)。現在、文字化した録音データを分析している。分析に際し、MF 理論生成に向けた分析テーマを“労働者が自身の職務に意欲的に取り組むに至るプロセスやそれに関わる要因の解明”とした。MR 理論を生成した後、理論に基づいた質問票 OMFQ を開発する。

2) 被検者実験のツール開発と予備実験

令和 4 年度(最終年度)は、MF 評価法開発に向けた被験者実験に取り組む予定である。実験では、①対象者が日常生活内で感じる“職務に対する意気込み”に関する情報(MF アプリ)、②労働者の心理状態を表す既存の質問票や OMFQ から得られる情報、③コルチゾールや心拍変動(自律神経)など、ストレスに関与することが知られている生体情報、④体力情報(CRF)が、それぞれどのように関連するかを検討する。令和 3 年度は被験者実験の準備、具体的には、MF アプリの開発(図 3)と、心拍変動やコルチゾールの測定プロトコルを決定するための予備実験を行った。

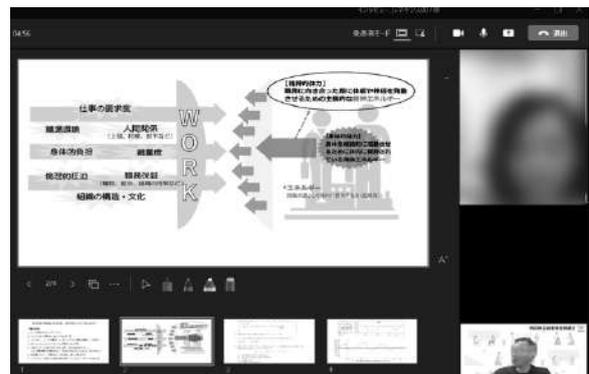


図 2 Teams によるインタビュー調査



図 3 実験で使用する MF アプリ

【参考文献】

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

- [3] Robert Ross, Steven N Blair, Ross Arena, Timothy S Church, Jean-Pierre Després, Barry A Franklin, William L Haskell, Leonard A Kaminsky, Benjamin D Levine, Carl J Lavie, Jonathan Myers, Josef Niebauer, Robert Sallis, Susumu S Sawada, Xuemei Sui, Ulrik Wisløff (2016) Importance of Assessing Cardiorespiratory Fitness in Clinical Practice: A Case for Fitness as a Clinical Vital Sign: A Scientific Statement From the American Heart Association. *Circulation*, 134(24):e653-e699.
- [4] 文部科学省, 新体力テスト実施要項, https://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm
- [5] Wilmar B. Schaufeli, Akihito Shimazu, Jari Hakanen, Marisa Salanova, Hans De Witte (2019) An ultra-short measure for work engagement, *European Journal of Psychological Assessment*, 35(4), 577-591.
- [6] Monica Eriksson 1, Bengt Lindström (2005) Validity of Antonovsky's sense of coherence scale: a systematic review. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 59(6): 460-6.
- [7] 井隼経子 (2017) 心のレジリエンスを測定する. *Re 特集レジリエンス*, 194, 48-51.
- [8] Tomoaki Matsuo, Rina So, Masaya Takahashi (2020) Workers' physical activity data contribute to estimating maximal oxygen consumption: a questionnaire study to concurrently assess workers' sedentary behavior and cardiorespiratory fitness. *BMC Public Health*. 20 (1):22.
- [9] Tomoaki Matsuo, Rina So, Masaya Takahashi (2020) Estimating cardiorespiratory fitness from heart rates both during and after stepping exercise: a validated simple and safe procedure for step tests at worksites. *European Journal of Applied Physiology*, 120(11), 2445-2454.
- [10] 木下康仁 (2003) *グラウンデッド・セオリー・アプローチの実践*, 弘文堂.
- [11] Jim Loehr, Tony Schwartz (2003) *The Power of Full Engagement*, Free Press.
- 【研究業績・成果物】**
[国内外の研究集会発表]
- 1) 松尾知明, 蘇リナ, 村井史子 (2021) 運動トレーニング介入による実測 VO_{2max} の変化に推定 VO_{2max} は追従できるか, 第 76 回日本体力医学会大会(オンライン)予稿集, p.237.
 - 2) 村井史子, 松尾知明, 蘇リナ (2021) 大規模疫学調査に向けた身体活動・心拍データ処理システムの開発, 第 76 回日本体力医学会大会予稿集, p.247.
 - 3) 松尾知明, 蘇リナ, 村井史子 (2022) 重回帰モデルを用いた心肺持久力推定法の課題, *産業衛生学雑誌*, Vol.64, p.59.
 - 4) 村井史子, 蘇リナ, 松尾知明 (2022) 「労働者生活活動時間調査票(JNIOOSH-WLAQ)」の web システム構築, *産業衛生学雑誌*, Vol.64, p.69.

(11) 腰痛予防と持ち上げ重量に関する研究【4年計画の1年目】

岩切 一幸(人間工学研究 G), 杜 唐慧子(同), 小山 冬樹(同), 外山 みどり(同),
佐々木 毅(産業保健研究 G), 三木 圭一(同),
泉 博之(日本製鋼所 M&E 株式会社), 田中 孝之(北海道大学)

【研究期間】 令和3～6年度

【実行予算】 10,740千円(令和3年度)

【研究概要】

(1) 背景

厚生労働省「業務上疾病発生状況等調査」によると、業務上腰痛は、業務上疾病の約6割を占める状況にあり[1]、労働者の安全衛生を考える上で重要な問題となっている。また、先行研究によると、腰痛の生涯有訴率は83.4%、腰痛で1日以上仕事を休んだことのある者は24.6%にのぼると報告されている[2]。これらの腰痛の多くは、複合的な要因により生じている。なかでも「重量物の持ち上げ」は、腰痛発症の主なリスク要因となっている。しかしながら、我が国において、腰痛に係わる重量値、さらにその取り扱い頻度や移動距離などに関しては、十分に検討されていない。

厚生労働省「職場における腰痛予防対策指針」によると、人力による持ち上げ重量は、男子労働者が体重の40%まで、女子労働者が体重の24%(男性の60%)までとなっている[3]。また、女性労働基準規則[4]および年少者労働基準規則[5]によると、最大の重量制限値は、断続作業において30kgまで、継続作業において20kgまでとなっている。一方、国際標準化機構のISO 11228-1では、体重や体格に係わらず最大重量が25kg(米国では23kg)までとなっており、持ち上げ頻度や垂直・水平の移動距離などを考慮して、作業内容ごとに適正な重量値を算出することが提案されている[6]。

今後我が国においても、重量物の取り扱いにおいて、重量値だけではなく、持ち上げ頻度や移動距離などを考慮していく必要がある。このことから、ISO 11228-1の導入は腰痛予防の観点から必要と考えられる。しかしながら、欧米人に比べて体格の小さな日本人においても、最大重量値は欧米人と同様の23～25kgで良いのか不明である。この検討方法としては、疫学調査および生体力学的研究の大きく2つのアプローチが考えられる。疫学調査では、労働者を対象に、取り扱う重量値や作業姿勢を調査し、腰痛と重量値との関係を検討する。また、生体力学的研究では、労働現場や実験室において、腰部椎間板圧縮力(腰にかかる力)を測定し、腰痛リスクを抑える重量値を検討することになる。

(2) 目的

本研究では、重量物の持ち上げおよび運搬における日本人の重量制限値(最大重量)を明らかにすることを目的とした、疫学調査および生体力学的実験を実施する。対象は、定常的に重量物を取り扱う商業(卸売り・小売り)、製造業、運輸交通業(運輸・郵便)、建設業の4業種とする。ここでの重量物とは、軽量な物まで含むが、人や動物は含まないものとする。また、重量制限値とは、ISO 11228-1と同様に、全ての作業に当てはまるものではなく、原則、定常的な重量物取扱い作業における値とする。

(3) 方法

本研究は、以下の4つの調査・実験にて構成する。

- ① 労働者死傷病報告の分析
 - i 業務上腰痛の発生状況分析
 - ii 業務上腰痛と重量値との関係
- ② Web アンケート調査
- ③ 労働現場での腰部椎間板圧縮力推定
- ④ 実験室での腰部椎間板圧縮力測定

1) 研究1年目(令和3年度)

①- i 業務上腰痛の発生状況分析

研究1年目は、労働災害データである休業4日以上以上の労働者死傷病報告を用い、業務上腰痛の発生状況について分析する。対象は、厚生労働省労働衛生課からの災害分析協力依頼に基づき提供される、2018年および2019年の業務上腰痛10,208件とする。解析対象項目は、労働者死傷病報告を提出した都道府県、災害発生日時、事業場の労働者数、被災者の年齢、性別、経験年数、起因物、休業見込期間、業種(労働基準法別表第一の分類区分:大分類、中分類)などとする。解析では、労働者死傷病報告の対象項目について単純集計およびクロス集計を行う。また、都道府県別、性別、年齢別のデータに関しては、総務省労働力調査の年平均(基本集計)[7]における2018年および2019年の就業者数をもとに、就業者10万人あたりの調整値を算出する。なお、被災者の性別、年齢、災害発生日時の記載に不備のあるデータが20件あることから、それらは欠損値として扱う。

② Web アンケート調査

年度後半からは、持ち上げおよび運搬時の重量値と腰痛との関係を探るため、Webによる後向きのアンケート調査を実施する。先述した労働者死傷病報告は、

約 99.5 % が災害性腰痛であることから、Web アンケート調査では、主に非災害性腰痛に着目する。対象は、商業(卸売り・小売り)、製造業、運輸交通業(運輸・郵便)、建設業の労働者各 7,500 名、計 30,000 名とする。そのうち、性別および年齢の分布は、総務省労働力調査報告書を活用し、業種ごとに日本の労働力構成に準じて割り当てる。調査項目は、性別・年齢などの基本情報に加え、腰痛の有無・程度、働き方(労働時間など)、作業内容(重量値、作業姿勢、重量物取り扱い時間、回数、運搬距離など)、職業性ストレスなどとする。

2) 研究 2 年目(令和 4 年度)

①- ii 業務上腰痛と重量値との関係

研究 2 年目は、先述した労働者死傷病報告(休業 4 日以上)を用いて、業務上腰痛と重量値との関係について検討する。対象は、2018 年および 2019 年の業務上腰痛 10,208 件とする。解析対象項目は、労働者死傷病報告の「災害発生状況及び原因」(自由記述)、休業見込期間、さらには性別や年齢などの基本情報とする。「災害発生状況及び原因」の自由記述からは、業務上腰痛の発生につながった重量値、作業姿勢、作業時間、取り扱い頻度などを抽出してデータベース化し、テキストマイニングにより腰痛に係わるリスク要因を抽出する。その後、従属変数を業務上腰痛による休業見込日数、独立変数を重量値、テキストマイニングにより抽出されたリスク要因(作業姿勢など)、性別や年齢など(調整因子)としたロジスティック回帰分析を実施する。休業見込日数は多いほど重度な腰痛と考えられることから、この解析では、重度腰痛と関連した重量値を探る。

②Web アンケート調査

研究 2 年目の年度前半には、前年度に実施した Web アンケート調査の解析を進める。解析では、従属変数を重度腰痛の有無、独立変数を重量値、性別、年齢、身長、体重、作業姿勢などとしたロジスティック回帰分析により、重度腰痛に関連する重量値を算出する。

③労働現場での腰部椎間板圧縮力推定

研究 2 年目の年度中盤から研究 4 年目にかけては、労働現場において労働者の椎間板圧縮力を推定する。対象は、商業(卸売り・小売り)、製造業、運輸交通業(運輸・郵便)、建設業の 4 業種に勤務する労働者とし、1 業種あたり 60 名以上、計 240 名以上のデータを収集する。対象とする各種作業は、①労働者死傷病報告の分析および②Web アンケート調査の結果を元に、腰部に負担となる作業を選定する。データの収集方法は、業務委託により各労働現場に測定者を派遣し、ウェアラブルセンサーにより腰部の屈曲角度や

ひねりを測定し、動画撮影により作業姿勢や動作を記録する。また、労働者の基本情報を主観評価とともに測定し、取り扱う物の重量値も測定する。これらのデータを元に、最終的には、各種作業の椎間板圧縮力を推定する。

④実験室での腰部椎間板圧縮力測定

研究 2 年目の年度後半から研究 4 年目にかけては、実験室において性別、年齢、身長、体重の異なる被験者を対象に、重量物の持上げおよび運搬における、腰部椎間板圧縮力を測定する。実験条件は、上記①～③の結果を元に決定する。解析では、3,400 N を超える重量値を明らかにする。また、得られたパラメーターを元に、重量上限値算出式の作成についても検討する。

3) 研究 3 年目(令和 5 年度)

研究 3 年目は、③労働現場での腰部椎間板圧縮力推定と④実験室での腰部椎間板圧縮力測定に関する実験を継続して実施する。

4) 研究 4 年目(令和 6 年度)

研究 4 年目は、前年度と同様に、③労働現場での腰部椎間板圧縮力推定と④実験室での腰部椎間板圧縮力測定に関する実験を継続する。その後、①～④の調査・実験結果をまとめ、性別や年代別などの重量制限値を提案する。

(4) 研究の特色・独創性

本研究の特色は、日本人の持上げ・運搬に関する重量制限値を、科学的根拠に基づいて検討することである。また、生体力学的研究に留まらず、疫学調査も併せて実施することにより、労働現場に適した重量制限値を提案できると考えている。

【研究内容・成果】

(1) 業務上腰痛の発生状況分析

2018 年・2019 年における業務上腰痛の発生状況分析の結果を以下に記す。業務上腰痛件数は、各年とも同様の傾向であったことから、2 年分の合計値で示す。

図 1 に業種大分類別の業務上腰痛件数を示す。業種大分類別の業務上腰痛件数は、保健衛生業が 3,195 件(31.3 %)と最も多く、次いで商業が 1,688 件(16.5 %)、製造業が 1,527 件(15.0 %)、運輸交通業が 1,407 件(13.8 %)であった。建設業は 364 件(3.6 %)であった。

図 2 に都道府県別の就業者 10 万人あたりの業務上腰痛件数を示す。就業者 10 万人あたりで見ると、都道府県別の業務上腰痛件数は、佐賀県が 12.5 件と最も多く、次いで岡山県が 11.0 件、和歌山県及び鹿児島

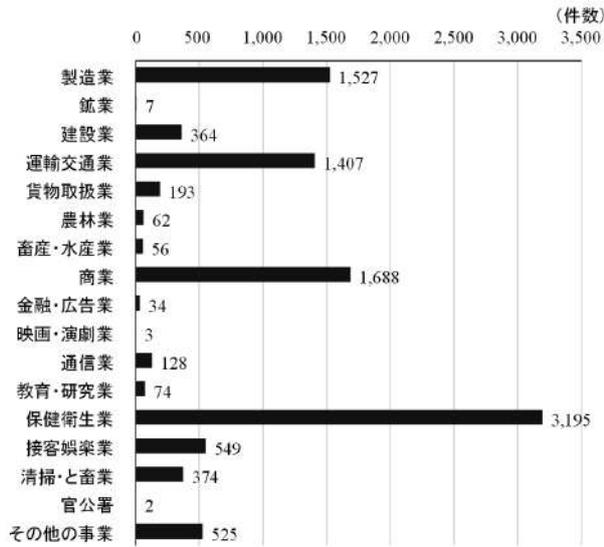


図1 業種大分類別の業務上腰痛件数

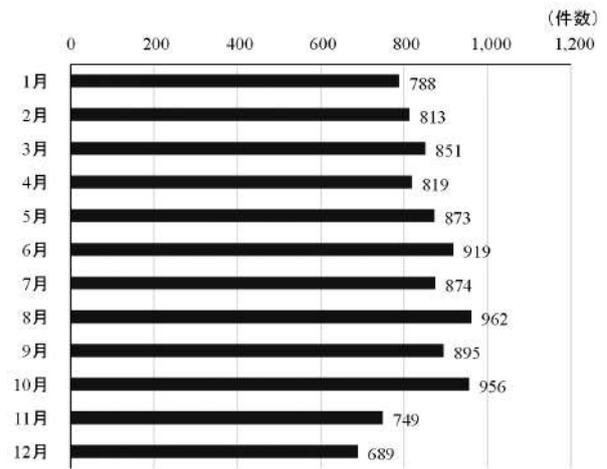


図3 発生月別の業務上腰痛件数

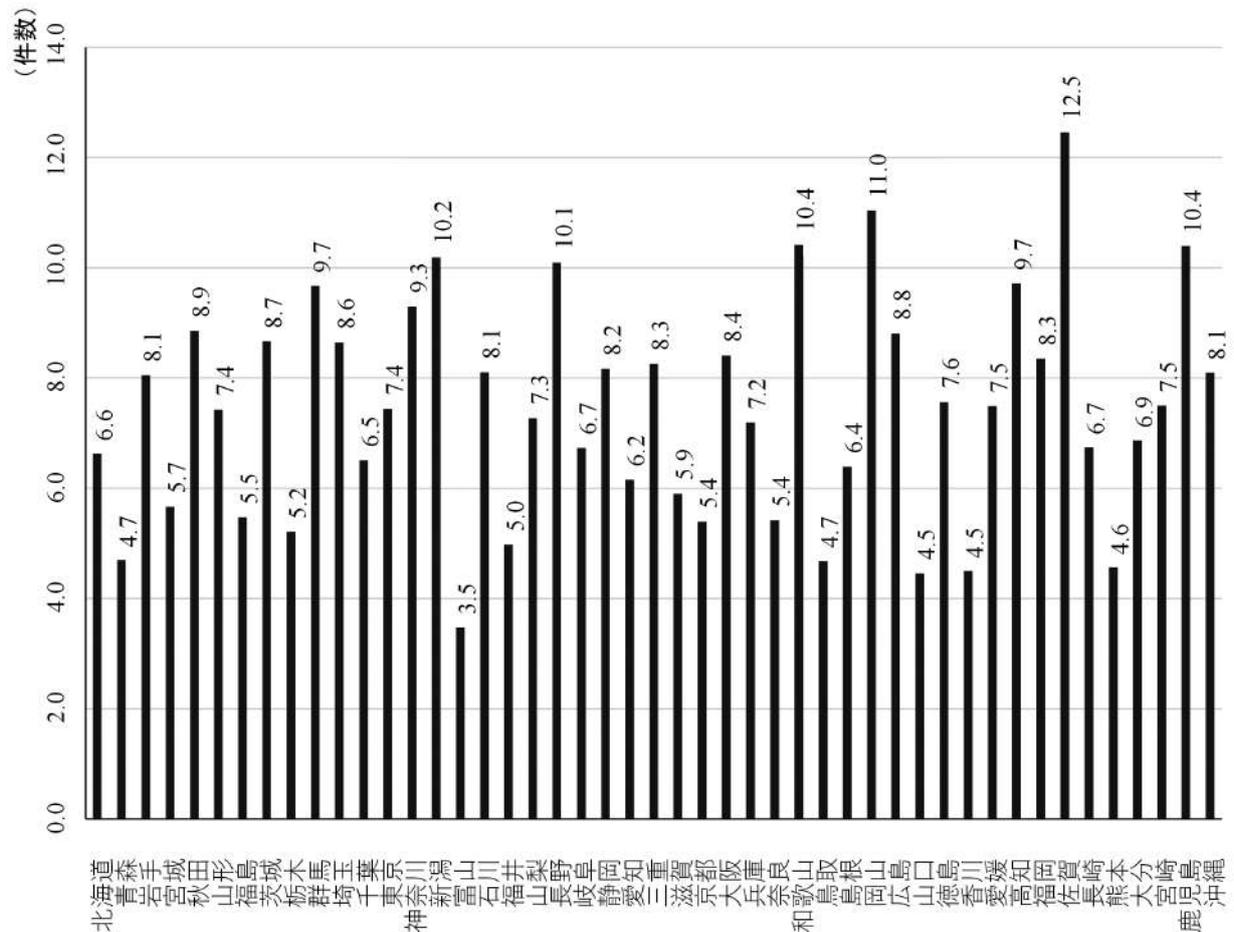


図2 都道府県別の就業者10万人あたりの業務上腰痛件数

島県が 10.4 件であった。業務上腰痛件数の多い県は比較的暖かい地方に多く、寒い地方にて件数が多くなる傾向はみられなかった。

図 3 に発生月別の業務上腰痛件数を示す。発生月別の業務上腰痛件数は、8 月が 962 件(9.4%)と最も多く、12 月が 689 件(6.7%)と最も少なかった。また、11 月は 749 件(7.3%)、1 月は 788 件(7.7%)と少なく、気温の低い時期に少ない傾向がみられた。

図 4 に発生曜日別の業務上腰痛件数を示す。発生曜日別の業務上腰痛件数は、月曜日が 2,007 件(19.7%)と最も多く、日曜日が 722 件(7.1%)と最も少なかった。休日明けの仕事においては、腰痛発生の注意喚起が必要と考えられる。

図 5 に発生時刻別の業務上腰痛件数を示す。発生時刻別の業務上腰痛件数は、10 時台が 1,436 件(14.1%)と最も多く、次いで 11 時台が 1,335 件(13.1%)、9 時台が 1,247 件(12.2%)と多かった。午前 9 時～12 時の時間帯において約 4 割の業務上腰痛が発生していた。この時間帯には、腰痛の発生に注意するといった啓発が必要と考えられる。

図 6 に事業場規模別の業務上腰痛件数を示す。事業場規模別の業務上腰痛件数は、労働者数 10～49 人が 3,666 件(35.9%)と最も多く、次いで同 100～299 人が 2,222 件(21.8%)、同 50～99 人が 1,894 人(18.6%)であった。労働者数 50 人未満の事業場では、産業医や衛生管理者の選任義務がないため、適宜、労働安全衛生に関する専門家による指導・教育などを実施し、職場環境や個人態様の改善を図ることが必要と思われる。

図 7 に性別の就業者 10 万人あたりの業務上腰痛件数を示す。就業者 10 万人あたりで見ると、性別の業務上腰痛件数は、男性が 7.6 件、女性が 7.7 件であり、女性の方がわずかに多かった。

図 8 に年齢別の就業者 10 万人あたりの業務上腰痛件数を示す。就業者 10 万人あたりで見ると、年齢別の業務上腰痛件数は、30～34 歳が 10.3 件と最も多く、次いで 35～39 歳が 10.1 件、25～29 歳が 9.7 件、20

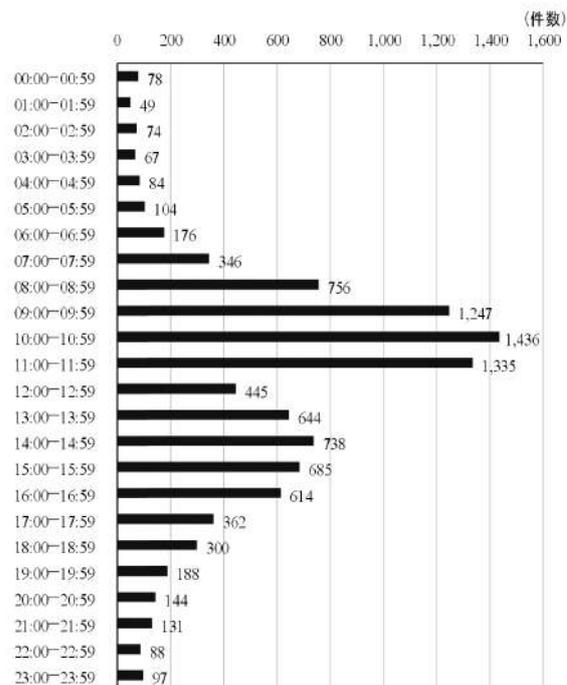


図 5 発生時刻別の業務上腰痛件数

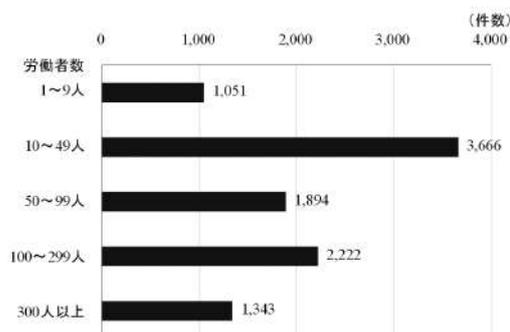


図 6 事業場規模別の業務上腰痛件数

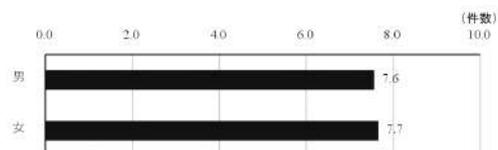


図 7 性別の就業者 10 万人あたりの業務上腰痛件数

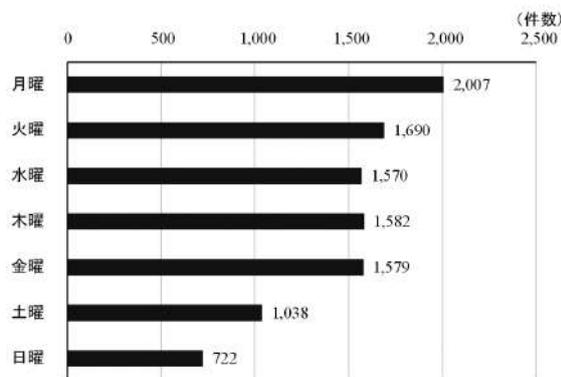


図 4 発生曜日別の業務上腰痛件数

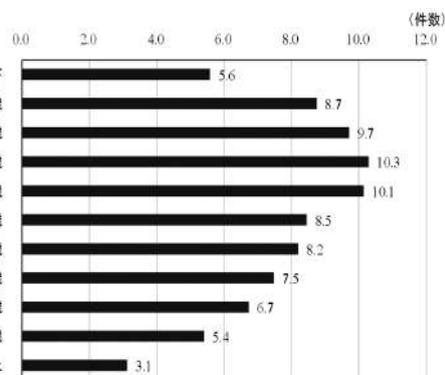


図 8 年齢別の就業者 10 万人あたりの業務上腰痛件数

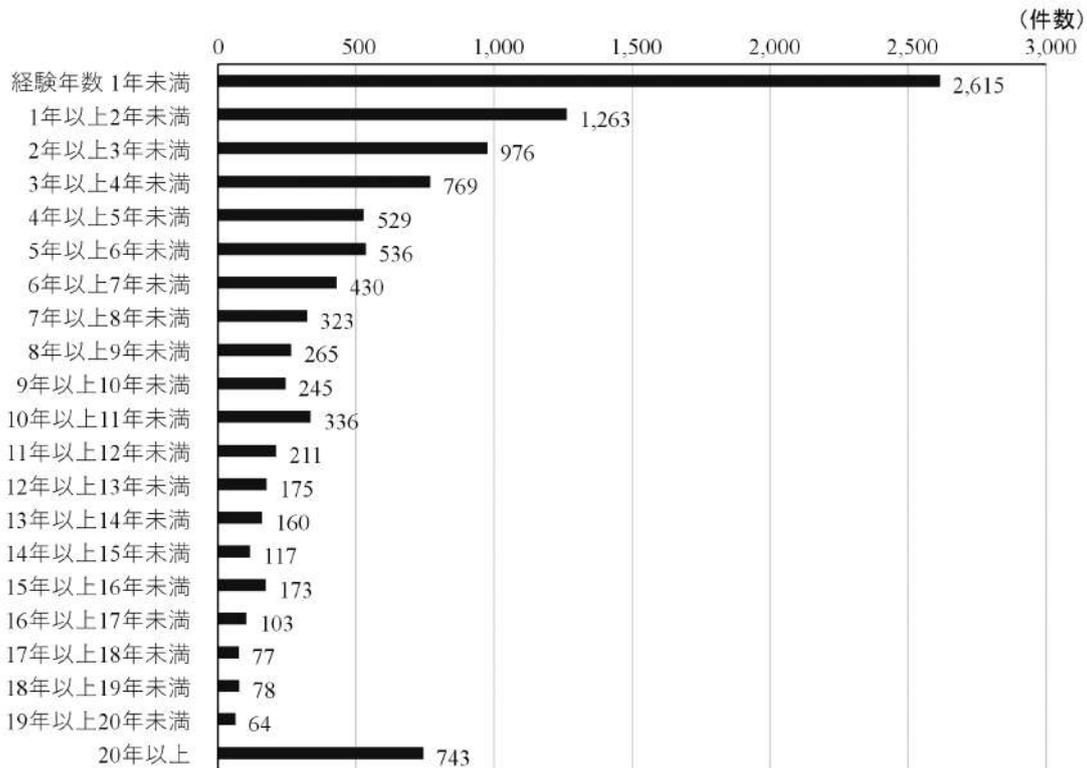


図9 経験年数別の業務上腰痛件数

～24歳が8.7件と30代が最も多く、次いで20代が多かった。

図9に経験年数別の業務上腰痛件数を示す。経験年数別の業務上腰痛件数は、経験年数1年未満が2,615件(25.6%)と最も多く、次いで同1年以上2年未満が1,263件(12.4%)、同2年以上3年未満が976人(9.6%)であった。経験年数が短い者ほど、業務上腰痛件数が多い傾向がみられた。さらに、経験年数1年未満の年齢別の業務上腰痛件数を算出したところ、20代～40代の幅広い年齢層で腰痛が発生していた(図10)。これらの結果は、中途採用者が経験の浅い時期に腰痛を発生させていることを示唆する。

図11に起因物別の業務上腰痛件数を示す。起因

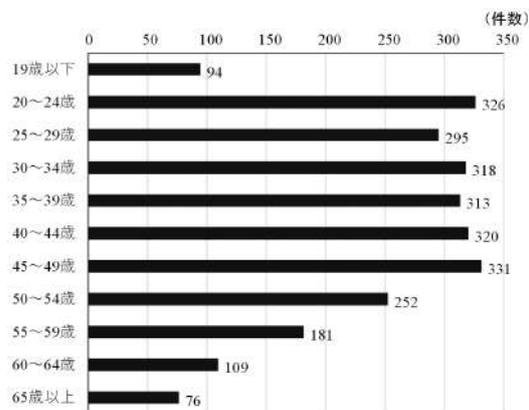


図10 経験年数1年未満の年齢別の業務上腰痛件数

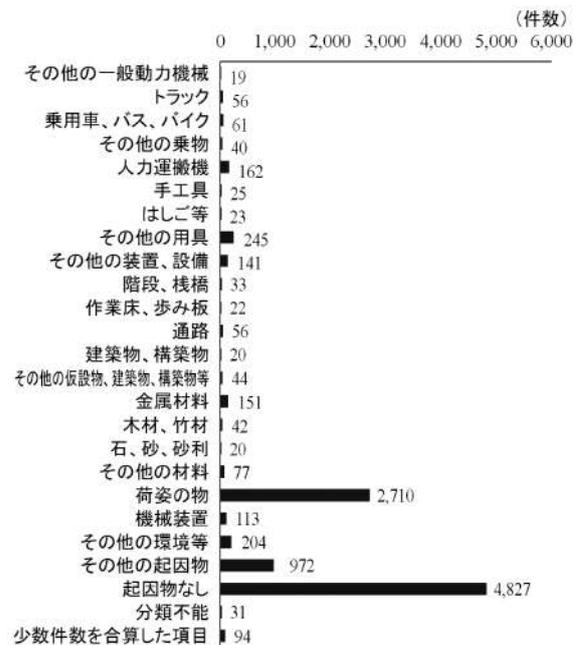


図11 起因物別の業務上腰痛件数

物別の業務上腰痛件数は、起因物なしが4,827件(47.3%)と最も多く、次いで荷姿の物が2,710件(26.5%)であった。業務上腰痛は、約4分の1の件数が荷物の取り扱いにおいて発生していたことになる。さらに、業種大分類ごとに起因物別の業務上腰痛件数をみると、保健衛生業では、起因物なしが1,977件(61.9%)と最も多く、次いでその他の起因物が789件(24.7%)であった。商業では、荷姿の物が738件(43.7%)と

最も多く、次いで起因物なしが 672 件(39.8 %)であった。製造業では、起因物なしが 679 件(44.5 %)と最も多く、次いで荷姿の物が 507 件(33.2 %)であった。運輸交通業では、荷姿の物が 638 件(45.3 %)と最も多く、次いで起因物なしが 458 件(32.6 %)であった。建設業では、起因物なしが 151 件(41.5%)と最も多く、次いで荷姿の物が 72 件(19.8 %)であった。

図 12 に休業見込日数別の業務上腰痛件数を示す。休業見込日数別の業務上腰痛件数は、休業見込日数 4～7 日が 3,016 件(29.5 %)と最も多く、次いで同 8～14 日が 2,976 件(29.2 %)であった。業務上腰痛件数は、2 週間以内の休業見込日数が 58.7 %を占めており、また 1 か月を超える休業見込日数も 16.0 %あった。

中央労働災害防止協会は 1986 年および 1988 年の業務上腰痛データを用いて[8]、また厚生労働省労働衛生課は 2004 年の業務上腰痛データを用いて[9]、同様の発生状況分析を行っている。これら二つの分析結果と今回大きく異なる点は、製造業ではなく、保健衛生業において業務上腰痛が最も多発していたことである。また、労働者数 10～49 人の事業場において業務上腰痛が多発しており、加えて女性労働者の発生件数が多かった。さらに、休業見込日数が 2 週間以内と、以前の分析結果に比べて短期間の腰痛が多くなっていた。これらの結果は、短期間で回復する急性腰痛症が小規模事業場において多発していることを示唆する。この腰痛を予防するには、できるだけ腰部負担の蓄積を抑える必要がある。業務上腰痛の約 4 分の 1 が荷物の取り扱いに起因していたことを考慮すると、腰痛予防対策の一つとして、重量物取り扱いにおける腰部負担の軽減を検討する必要があると考えられる。

以上の結果は、報告書としてまとめ、厚生労働省労働衛生課に提出し、当研究所ホームページにおいても公開した。さらに、内容を一部再構成して学会にて報告し、また学術雑誌に投稿して受理された。

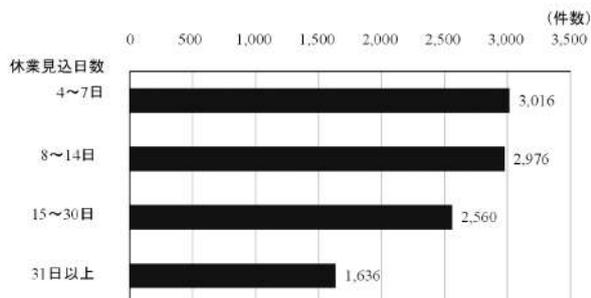


図 12 休業見込日数別の業務上腰痛件数

(2) Web アンケート調査

令和 4 年 1 月において、Web による後向きアンケート調査を実施した。調査の結果、国内の商業(卸売り・小売り)、製造業、運輸交通業(運輸・郵便)、建設業の労働者計 30,000 名(4 業種×7,500 名)から回答を得た。今後は、順次、解析を進めていく。

【参考文献】

- [1] 厚生労働省. 業務上疾病発生状況等調査 平成 16 年～令和元年, https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_09976.html
- [2] Fujii T, Matsudaira K (2013) Prevalence of low back pain and factors associated with chronic disabling back pain in Japan. *Eur Spine J.* Vol.22, pp. 432-438.
- [3] 厚生労働省. 職場における腰痛予防対策指針. 平成 25 年 6 月 18 日付け基発 0618 第 1 号, https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r98520000034et4-att/2r98520000034mtc_1.pdf
- [4] 女性労働基準規則. 昭和 61 年労働省令第 3 号, https://elaws.e-gov.go.jp/document?Lawid=361M50002000003_20190507_501M60000100001
- [5] 年少者労働基準規則. 昭和 29 年労働省令第 13 号, https://elaws.e-gov.go.jp/document?Lawid=329M50002000013_20210401_502M60000100203
- [6] ISO 11228-1. Ergonomic-Manual handling- Part 1: Lifting and carrying. First edition 2003-05-15. (改訂版: ISO 11228-1. Ergonomic-Manual handling- Part 1: Lifting, lowering and carrying. Second edition 2021-10)
- [7] 総務省統計局, 労働力調査 年平均(基本集計), <https://www.stat.go.jp/data/roudou/2.html>
- [8] 中央労働災害防止協会. 労働省労働衛生課編. 職場における腰痛予防対策マニュアル 腰痛予防管理者用労働衛生教育テキスト, 第 2 章 業務上腰痛の発生状況と対策事例, 中央労働災害防止協会, 1996;18-37.
- [9] 厚生労働省. 職場における腰痛発生状況の分析について, 基安発第 0206001 号, 平成 20 年 2 月 6 日, https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=00tb3675&dataType=1&pageNo=1

【研究業績・成果物】

[調査報告]

- 1) 岩切一幸, 佐々木毅, 三木圭一 (2022) 2018 年及び 2019 年労働者死傷病報告における業務上腰痛の発生状況. *産業衛生学雑誌*, Vol.64, No.6,

pp.354-366. <https://doi.org/10.1539/sangyoeisei.2021-038-E>

[報告書]

- 1) 岩切一幸, 佐々木毅, 三木圭一 (2021) 平成 30 年及び令和元年労働者死傷病報告における業務上腰痛の発生状況に関する報告書, 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所.
- 2) 平成 30 年及び令和元年労働者死傷病報告にお

ける業務上腰痛の発生状況に関する報告書, 労働安全衛生総合研究所ホームページ, https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/doc/houkoku/2021_05/lowerbackpain_h30-r01.pdf

[国内学術集会]

- 1) 岩切一幸, 佐々木毅, 三木圭一 (2021) 2018 年・2019 年の労働者死傷病報告における業務上腰痛の発生状況, 日本産業衛生学会作業関連性運動器障害研究会第 25 回定例会(オンライン).

(12) 労働者のストレスの評価とメンタルヘルス不調の予防に関する研究 【3年計画の1年目】

井澤 修平(産業保健研究 G), 久保 智英(同), 池田 大樹(人間工学研究 G),
吉川 徹(過労死等防止調査研究 C),
中村 菜々子(中央大学), 赤松 利恵(お茶の水女子大学)

【研究期間】 令和3～5年度

【実行予算】 9,091千円(令和3年度)

【研究概要】

(1) 背景

職場環境における心理社会的ストレスが健康を悪化させることは多く報告されており、労働安全衛生上の大きな問題である。その対策の一つとして、2015年12月よりストレスチェック制度が施行された。ストレスチェックは、主にメンタルヘルス不調の一次予防を目的にしており、その具体的な対策として、セルフケア(本人のストレスへの気づきと対処の支援)の促進と職場環境の改善が位置づけられている。

しかしながら、セルフケアに関しては、例えば、実施マニュアルでは、食生活、睡眠、運動、リラクゼーションなどの具体的な項目があげられているが、本人が実施するセルフケアが実際にメンタルヘルス不調を予防するかについては、エビデンスは限定的である。また、ストレスチェックによって、これらのセルフケアを実際に始めた人は少数であることも報告されている。

また、職場環境改善に関しては、心理的なストレスを減少させるエビデンスは報告されているが、その効果は、従業員の積極的な関与の度合いや経営陣・上司からのサポートの度合いに左右されることが報告されている。また、実施にあたっては、現場の抵抗や負担感、効果的で簡易な手法のわかりにくさ、取り組み継続が形骸化することへの危惧などの問題もあげられている。特に、今回のような制度の中で、事業所が主体的に行う職場環境改善が、実際に労働者の心理的なストレスを減少させるかについては、エビデンスが不足している。

(2) 目的

本研究では、上記の問題点を考慮して、セルフケアや職場環境改善がメンタルヘルス不調の予防に果たす効果を、労働者を対象に縦断的に検証する。また、これらの効果は、業種、事業所規模などの労働者が置かれている環境によって大きく異なることも予想されることから、様々な業種を含む大規模な労働者サンプルを対象に検証を行うこととする。

(3) 方法

本研究では、労働者20,000人の2年間の追跡調査を行う。対象は、インターネット調査会社に登録されて

いるモニターとし、日本労働者の男女比、業種等の分布を反映される形で対象者を抽出する。調査では、セルフケアに関する項目、職場環境改善に関する項目、ストレスチェックに関する項目、背景要因・職場要因の項目、抑うつ症状に関する項目、疾病休業に関する項目を含める。セルフケアの実施や職場環境改善の体験の有無が、高ストレス状態、抑うつ症状、疾病休業などと関連するかを縦断的に検証する。

(4) 研究の特色・独創性

ストレスチェック制度は始まって比較の日も浅く、その効果に関するエビデンスも十分ではない。本研究は、ストレスチェック制度の大きな構成要素であるセルフケアと職場環境改善に注目し、その効果を20,000人という大規模な労働者集団を対象に縦断的に調査を行うことが大きな特色である。具体的なエビデンスが示されることにより、今後のストレスチェック制度の実施に関して、より説得力のある提言を行うことが可能となる。

【研究内容・成果】

本年は、調査項目の設定するにあたって予備調査が必要と判断し、予備調査を実施した。調査会社のモニターを対象に8月にオンラインの調査を労働者1,000名を対象に実施した。また、労働者20,000人を対象とした1回目の本調査(ベースライン調査)については、予備調査の結果も踏まえながら項目を作成し、2022年2～3月に調査会社のモニターを対象にオンラインの調査を実施した。本稿では、予備調査のデータについて、職場環境改善に関する分析結果について報告する。

職場環境改善については、先行研究[1]やいきいき職場づくりのための参加型職場環境改善の手引き[2]を参考に24の職場環境改善の項目を作成し(e.g. 特定の個人やチームに業務が集中しないよう、人員の見直しや業務量の調整が行われるようになった)、各項目について各項目について、「1年以上前から取り組まれている」「最近1年間で取り組まれるようになった」「取り組まれなかった。今後必要である。」「取り組まれなかった。特に必要ない。」「うちの職場には該当しない。」の選択肢で回答を求めた(表1)。それとあわせて、職業性ストレス簡易調査票[3]、K6尺度[4]、HPQ(WHO Health and Work Performance Questionnaire

表1 職場環境改善の24項目

分類	項目
仕事の すすめ方	1.全員が参加できるミーティングが定期的開催され、仕事の進め方について話し合いが行われるようになった 2.必要な情報が全員に正しく伝わるように、スケジュール表や掲示板、共有ファイルなどを活用するようになった 3.特定の個人やチームに業務が集中しないよう、人員の見直しや業務量の調整が行われるようになった 4.長時間労働や深夜・早朝などの不規則勤務により疲労が蓄積しないように勤務体制が見直された 5.負担の大きい反復作業や単調作業を減らすために、チーム内の分担やローテーションが見直された 6.作業ミスや事故を防ぐために、わかりやすい作業指示書が作成され、仕事の段取りが見直された
オフィス 環境	7.快適な作業環境になるように、オフィスや作業場の暑さや寒さ、明るさが整えられるようになった 8.騒音の出る機器類は、カバーがつけられたり、隔離されたりするようになった 9.有害化学物質や粉じんの発生源が隔離されるようになった 10.個人ごとの作業をしやすいように、物品や書類の整理・整頓、取り扱い方法や職場レイアウトが工夫された 11.快適で衛生的なトイレや更衣室、ゆっくりくつろげる休憩室などが確保された 12.災害発生時や火災等の緊急時に対応できるよう、訓練をしたり、通路を確保するなど、日頃から準備が行われるようになった
職場の 人間関係・相互 支援	13.上司が、職場の皆が自分で問題解決できるよう励ましたり、適切な助言をしたりするようになった 14.必要などきに上司や同僚に相談したり支援を求めたりしやすいようコミュニケーションが取りやすい環境が整備された 15.職場内の問題を同僚間で報告し合い、相談しやすいように、小会合や日報、メーリングリストを活用するようになった 16.職場内でお互いを理解し助け合う雰囲気生まれるよう、日頃から意識的にお礼を言ったり、懇親の機会を持つなど工夫するようになった 17.作業の習熟や技術向上のために、職場内で訓練や研修の機会が確保されるようになった 18.学校、育児、介護など、個人のライフスタイルに応じて、勤務調整ができるようになった
安心できる 職場の しくみ	19.個人の健康や職場内の問題などについて、プライバシーに配慮して相談できる窓口が設置された 20.職場の将来計画や見直しについて、いつも周知されるようになった 21.職場での暴言や暴力、パワハラ等について対応する手順が定められた 22.いろいろな立場の人(若年、高齢、女性、パート、障害)が職場の一員として尊重されるよう、賃金や労働時間などの労働条件が見直された 23.将来の見通しがよく理解できるように、キャリアに役立つ教育やチャンスが公平に確保されるようになった 24.健康増進や仕事のストレス軽減について、学ぶ機会が設けられるようになった

表2 高ストレス状態に対する個々の職場環境改善の調整済みオッズ比(95%信頼区間)

分類	項目 番号	1年以上前から取り組 まれている。	最近1年間で取り組ま れるようになった。	取り組まれなかった。 今後必要である。	取り組まれなかった。特に必要な い。/うちの職場には該当しない。
仕事の すすめ方	1	0.32 (0.17-0.59)	0.38 (0.13-1.08)	1.00	0.70 (0.43-1.15)
	2	0.40 (0.22-0.71)	0.40 (0.16-1.01)	1.00	0.86 (0.51-1.47)
	3	0.16 (0.07-0.32)	0.38 (0.16-0.91)	1.00	0.82 (0.54-1.26)
	4	0.23 (0.12-0.47)	0.70 (0.29-1.67)	1.00	0.74 (0.47-1.17)
	5	0.20 (0.10-0.42)	0.37 (0.14-0.96)	1.00	0.57 (0.37-0.87)
	6	0.31 (0.17-0.57)	0.65 (0.28-1.48)	1.00	0.74 (0.48-1.15)
オフィス 環境	7	0.25 (0.13-0.46)	0.38 (0.14-0.99)	1.00	0.67 (0.42-1.05)
	8	0.29 (0.11-0.74)	1.29 (0.46-3.65)	1.00	0.73 (0.42-1.28)
	9	0.31 (0.11-0.85)	0.00	1.00	0.83 (0.44-1.57)
	10	0.17 (0.08-0.35)	0.29 (0.11-0.80)	1.00	0.58 (0.38-0.90)
	11	0.41 (0.22-0.75)	0.46 (0.16-1.31)	1.00	0.80 (0.51-1.25)
	12	0.64 (0.36-1.16)	1.25 (0.49-3.21)	1.00	1.21 (0.72-2.00)
職場の 人間関係・ 相互支援	13	0.23 (0.12-0.43)	0.90 (0.41-1.99)	1.00	0.79 (0.52-1.22)
	14	0.23 (0.12-0.44)	0.61 (0.28-1.33)	1.00	0.82 (0.54-1.26)
	15	0.36 (0.19-0.68)	0.57 (0.21-1.51)	1.00	0.94 (0.60-1.45)
	16	0.33 (0.18-0.60)	0.69 (0.27-1.77)	1.00	0.89 (0.57-1.39)
	17	0.44 (0.24-0.81)	1.15 (0.47-2.81)	1.00	0.89 (0.57-1.38)
	18	0.47 (0.27-0.84)	0.87 (0.38-1.99)	1.00	0.83 (0.52-1.35)
安心できる 職場の しくみ	19	0.47 (0.26-0.84)	0.52 (0.18-1.47)	1.00	0.81 (0.52-1.28)
	20	0.29 (0.15-0.56)	0.49 (0.17-1.36)	1.00	0.85 (0.56-1.29)
	21	0.52 (0.30-0.92)	0.92 (0.39-2.15)	1.00	0.86 (0.53-1.37)
	22	0.32 (0.18-0.58)	0.39 (0.13-1.17)	1.00	0.74 (0.48-1.12)
	23	0.35 (0.18-0.68)	0.48 (0.17-1.35)	1.00	1.05 (0.69-1.60)
	24	0.31 (0.16-0.60)	0.67 (0.27-1.62)	1.00	0.90 (0.60-1.36)

a) 高ストレス状態(高ストレス=1、非高ストレス=0)に対する性別、年齢、婚姻状況、教育歴、収入、業種、職種、事業所規模、雇用形態を調整したオッズ比(太字は有意なオッズ比)

Short Form) [5]に回答を求め、高ストレス状態、精神的不調(K6 得点 13 点以上)、低パフォーマンス(HPQ 4 点以下)をそれぞれ評価した。

不誠実回答などを除いた 826 名のデータが最終的な分析対象となった。1 年以上前、あるいは最近 1 年に経験した職場環境改の数(範囲 0~24)を説明変数、高ストレス・精神的不調・低パフォーマンスを目的変数とし、性別、年齢、職種、事業所規模などの交絡要因を調整した

ロジスティック回帰分析を行ったところ、経験した職場環境改善の数が増えるほど、高ストレス(OR = 0.93 [95 % CI 0.91-0.96])、精神的不調(OR = 0.96 [95 % CI 0.93-0.99])、低パフォーマンス(OR = 0.95 [95% CI 0.91-0.98])のオッズ比が低下することが示された。また、各 24 項目について、選択肢ごとに高ストレス、精神的不調、低パフォーマンスのオッズ比をロジスティック回帰分析で求めたところ、項目によって多少の差はあるものの、全体として、「1 年以上前から取り組まれている」を選択したものは、「取り組まれなかった。今後必要である。」を選択したものと比較して、各アウトカムのオッズ比が低いことが示された(高ストレスの結果については表 2 を参照)。

1 年以上前、あるいは最近 1 年に職場環境改善を経験しているほど、高ストレス、精神的不調、低パフォーマンスの割合が低くなることが示された。また、項目別の分析では、「1 年以上前から取り組まれている」を選択した労働者では高ストレス、精神的不調、低パフォーマンスの割合が全体的に低い傾向にあった。今回の分析結果は予備調査のデータに基づくものであるため、今後は本調査の 2 万人のデータを対象に、さらに職場環境改善の効果について検証を行っていく必要がある。

【参考文献】

- [1] 吉川徹, 川上憲人, 小木和孝, 堤明純, 島津美由紀, 長見まき子, 島津明人 (2007) 職場環境改善のためのメンタルヘルスアクションチェックリストの開発, 産業衛生学雑誌, Vol.49, No.4, pp.127-142.
- [2] 吉川徹 (2018) 職場環境改善の工夫の検討, 平成 29 年度厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業「ストレスチェック制度による

労働者のメンタルヘルス不調の予防と職場環境改善効果に関する研究」分担研究総括報告書, pp.188-228.

- [3] 下光輝一, 原谷隆史, 中村賢, 川上憲人, 林剛司, 廣尚典, 荒井稔, 宮崎彰吾, 古木勝也, 大谷由美子, 小田切優子(2000) 主に個人評価を目的とした職業性ストレス簡易調査票の完成, 労働省平成 11 年度「作業関連疾患の予防に関する研究」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報告書, pp.126-164.
- [4] Toshi A. Furukawa, Norito Kawakami, Mari Saitoh, Yutaka Ono, Yoshibumi Nakane, Yosikazu Nakamura, Hisateru Tachimori, Noboru Iwata, Hidenori Uda, Hideyuki Nakane, Makoto Watanabe, Yoichi Naganuma, Yukihiko Hata, Masayo Kobayashi, Yuko Miyake, Tadashi Takeshima, Takehiko Kikkawa (2008) The performance of the Japanese version of the K6 and K10 in the World Mental Health Survey Japan. International Journal of Methods in Psychiatry Research, Vol.17 (3), pp.152-158.
- [5] 吉村健佑, 川上憲人, 堤明純, 井上彰臣, 小林由佳, 竹内文乃, 福田敬 (2013) 日本における職場でのメンタルヘルスの第一次予防対策に関する費用便益分析, 産業衛生学雑誌, Vol.55, No.1, pp.11-24.

【研究業績・成果物】

[原著論文]

- 1) Shuhei Izawa, Nanako Nakamura-Taira, Toru Yoshikawa, Rie Akamatsu, Hiroki Ikeda, Tomohide Kubo (2022) Conversation time and mental health during the COVID-19 pandemic: A web-based cross-sectional survey of Japanese employees. Journal of Occupational Health, Vol.64, No.1, pp.e12334.

[国内外の研究集会発表]

- 1) 井澤修平, 吉川徹, 中村菜々子, 赤松利恵, 池田大樹, 久保智英 (2022) 職場環境改善の経験とメンタルヘルスの関連:ウェブによる横断的調査, 産業衛生学雑誌, Vol.64 (Suppl.), p.446.

4. 基盤的研究成果概要

a. 化学物質情報管理研究センター

(1) 拡散捕集管の個人ばく露測定への応用に関する研究

萩原 正義(ばく露評価研究部)

【研究概要】

(1) 背景

化学物質のリスクアセスメントが義務化され、作業環境管理の徹底と改善が求められている。また、化学物質を取り扱う作業自体も多様化しており、常に一定濃度にばく露されるわけではなく、ごく短時間だけばく露する作業なども増えている。そのため、従来の定点の濃度測定ではなく、作業者のばく露濃度を直接測定する個人ばく露測定が注目されている。加熱脱着による測定法は、個人ばく露測定にも直ちに適用できる手法であり、この内、拡散捕集(パッシブサンプリング)による方法は、ポンプを必要としないため作業者への負担も少なく、長時間の試料採取にも向く特徴を有する。また加熱脱着法は捕集した物質全量を GC/MS へ導入できるため、高感度分析も可能である。

(2) 目的

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

(3) 方法

まず、長時間捕集に対応させるため、捕集管の導入経路を細くするなど形状の見直しを行い、捕集管の捕集速度を調整する。また、一般的に既知濃度の溶液や蒸気・ガスを用いた添加回収実験でしか捕集剤の評価はされていない。我々もこれまでは、有機溶剤濃度は一定な条件の下でしか実験を行ってこなかった。本研究では、タイムプログラム可能なガス混合装

置を用いて、生成したガス中の有機溶剤濃度を典型的なパターンで時間変化させ、それを拡散捕集させる。特に高濃度から低濃度あるいは清浄空気へと変化した場合にばく露量を正しく評価できるか検証する。

(4) 研究の特色・独創性

有機溶剤濃度が変化する場合の拡散捕集については詳しく検討されていない。より現場に近い条件での知見を得ることによって、個人ばく露の精度を向上させる。

【研究計画】

安定した濃度で混合有機溶剤ガスを発生・調製するためには、各有機溶剤の蒸気発生側とそれらの混合器側の両方にマスフローコントローラーがあり、それらのバランスを制御し、ガスの流量をコントロールする必要がある。余分なガスを逃がす流路の工夫や、若干困難であることも予想されるので、予め調製(例えば 100 ppm)された有機溶剤の標準ガス(ガスボンベ)を購入し、蒸気発生側に使用することも検討する。続いて、タイムプログラム可能なガス混合装置を用いて、生成したガス中の有機溶剤濃度を様々なパターンで時間変化させ、それを拡散捕集する実験を始める。有機溶剤の濃度変化は、数分ごとに自動で小型ガスクロマトグラフへと導入し、記録する。特に高濃度から低濃度あるいは清浄空気へと変化した場合、捕集量はばく露量を正しく反映しているか検証する。

【研究成果】

予め調製された n-ヘキサンおよびトルエンの標準ガス(400 ppm)をそれぞれ購入し、蒸気発生側に使用することで、安定した濃度で捕集管をばく露させることができるようになったので、高濃度短時間ばく露に対してばく露量が正しく反映しているか検証を行った。加えて、それぞれの成分濃度を時間変化させた場合や、時間差を置いて異なる成分にばく露させた場合の定量性への影響について検証した。

b. 安全研究領域

(1) 大型建設機械を対象とした安定設置に必要な地盤要件の検討

堀 智仁(建設安全研究 G), 玉手 聡(同)

【研究概要】

(1) 背景

建設業における労働力不足を解消するために、ICT 技術を活用して生産効率をアップさせる取り組み(i-Construction)が行われている。その一つが、コンクリート構造物をプレキャスト化して工期を短縮する取り組みである。工事のプレキャスト化に伴い、移動式クレーン等、大型の建設機械の需要の増加が見込まれている。また、近年では機械設置時の事前検討において、これまで想定していなかった外力(機械重量)に対応せざるを得ない機会も増加している。

機械設置時の事前検討では、8 項目(荷重の分散、支持力の算出法など)程度の検討がなされている。しかし、検討時に使用される値は会社によって異なることや、同じ会社であっても技術者の違いにより使用される値が異なることがわかった。これらの検討項目は、建設コストや安全性を大きく左右するため、最低限の条件を明らかにする必要がある。

(2) 目的

本研究では、地盤の仮設的な補強方法であるセメント系固化剤により改良した地盤や砕石を敷設した地盤等において、大型建設機械を安全に設置するための条件を明らかにすることを最終目的としている。本基盤研究では、事前検討項目の中で最も重要と考えられる「荷重の分散」と現場の地盤調査法について定量的に評価する。

(3) 方法

セメント系固化剤による改良地盤については、改良土の強度や厚さ、基盤層の強度等を変えた地盤に対して載荷実験を行い、支持力や荷重の分散について調査する。砕石を敷設した地盤についても、砕石層の厚さや基盤層の強度及び地盤材料等を変えて実験を行う。

(4) 研究の特色・独創性

建設業では生産効率を向上させるため、大型の施工機械や移動式クレーン等の荷役機械の需要の増加や、さらなる大型化の需要が高まっている。機械の大型化に伴い機械重量も増加するため、既存の検討手法では対応できない案件も増えてきた。本研究の特色は、既存の検討手法における改善点を実験的に明らかにしようとしていることである。

また、建設機械の転倒災害に関して、地盤の強度

について着目しているのは、当研究所の研究チームだけであり、地盤破壊に起因する転倒災害に着目した研究は国内外でほぼ皆無であるため独創的であり学術的にも高い意味を持つと考えられる。

【研究計画】

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

砕石敷設地盤の支持力特性については、前年度に引き続き、砕石を敷設した場合の荷重の影響範囲を実験的に明らかにする。

【研究成果】

大型建設機械の転倒防止措置として、地表面に砕石を敷設する場合がある。砕石を敷設した場合、荷重分散法(ボストンコード法)により機械設置時の安定性を検討している。その際、荷重の分散角 α は 30 度や 45 度が一般的に採用されており、この値は機械設置時の安全性を大きく左右する重要なパラメータである。

本研究では、砕石を敷設した地盤とセメント改良した地盤について模型地盤を作製し、荷重の分散角 α について主に実験的手法による検証を行い以下のことを明らかにした。

(1) 砕石を用いた地盤養生に関する研究

砕石の荷重分散の効果を比較するため、軟弱地盤を模擬した地盤(締固め圧 $\sigma = 20$ kPa)と強度の高い地盤($\sigma = 100$ kPa)を模擬した模型地盤を作製して、その上に砕石層を模擬した珪砂 3 号を相対密度 $Dr = 90$ % (密詰め条件)となるよう敷設した。砕石層の厚さは載荷盤直径(= 40 mm)とし、遠心模型加速度 20 G の高重力場で載荷実験を行なった。

荷重と変位が直線的な関係を示す最大の荷重を弾性限界荷重 F_{EL} と定義して、関東ローム地盤と砕石を敷設した地盤の F_{EL} の比を比較した結果、締め固め圧の違いによらず、弾性限界荷重比はほぼ一定の値であることが確認された。また、その値は砕石層の厚さ $H = 40$ mm で約 2.25 であった。さらに、弾性限界荷重比の関係から推定される荷重分散角 α を求めた結果 $\alpha = 14$ 度となることがわかった。

(2) セメント改良地盤の地盤養生に関する研究

セメント改良地盤の荷重分散効果を比較するため、軟弱地盤を模擬した地盤($\sigma = 20$ kPa)と強度の

高い地盤 ($\sigma = 100 \text{ kPa}$) を作製し、その上にセメント改良層を作製した。セメント改良層の厚さは載荷板の幅と同じ 40 mm とした。平面ひずみ条件で支持力実験を行い、載荷によって発生した地盤内の変位分布を画像解析により求めた。その結果、弾性限界荷重が作用した際の α は 14 度から 24 度であった。また、セメント改良地盤の荷重と変位の関係は、荷重のピーク後に変位量が急激に増加すること(パンチングせん断)が確認された。したがって、セメント改良地盤は荷重のピークを越えるアウトリガー接地圧が

作用した場合にはクレーンが急激に不安定化することがわかった。

上記の結果から、砕石敷設地盤およびセメント改良地盤の荷重分散角 α は現行の安定性の検討で使用されている 30 度ないし 45 度に比べ著しく小さい値であった。したがって、現在の標準設計を適用すると機械の接地圧を過小評価するケースのあることがあきらかになり、安全上問題のあることがわかった。この問題については、来年度から開始するプロジェクト研究において検討する予定である。

(2) 自然地山の掘削勾配と斜面安定性の検討

平岡 伸隆(建設安全研究 G), 吉川 直孝(同), 堀 智仁(同)

【研究概要】

(1) 背景

土砂崩壊・落盤等による労働災害によって毎年 $10 \sim 20$ 名が死亡している。このうち斜面掘削工事中によるものは 4 割以上を占め、労働安全衛生行政上、重大な課題といえる。流れ盤構造を有する不連続性岩盤斜面の掘削工事においても、土砂崩壊による労働災害が発生しており、当該斜面のような地質構造を有する斜面について、その安定性を評価することが望まれる。

(2) 目的

本研究では、不連続性岩盤斜面の安定性評価手法について、既存の評価式の特徴と有効性について明らかにすることを目的とする。

(3) 方法

基盤層と表層を持つ 2 層の地質構造を持つ模型斜面を作製し、遠心模型実験を実施する。その結果について既存の斜面安定評価方法によって、安全率を算定する。実験モデルは不連続面の勾配を変更し、比較検討を行う。

(4) 研究の特色・独創性

不連続性岩盤斜面を対象とした、崩壊実験は数が少なく、またその結果から既存の評価式について比較検討した事例は少なく、学術的にも高い意味を持つものと考えられる。

【研究計画】

令和 3 年度は不連続性岩盤斜面の安定性評価のために、以下の項目について検討する。

- Barton の式におけるパラメータの定量的な設定方法の検討
- 斜面形状を変えた遠心模型実験によって、検討に必要な崩壊結果を増やす。
- 一面せん断試験を追加し、地盤強度の算定に必

要な応力関係データを増やす。

- 従来の設計方法(逆算法等)の妥当性の検証

上記の検討を受けて、不連続性岩盤斜面に対する簡易的な斜面安定計算方法としてどのような手法が適切であるのかをまとめるとともに、学会発表・論文等で発信していく。

【研究成果】

本研究では、主として流れ盤となっている不連続性岩盤斜面の安定性をどのように評価するのかについて検証した。不連続性岩盤斜面を模擬した遠心模型実験を計 8 回実施し、 5 回の崩壊データが得られた。この結果を利用して、従来の計算方法・設計方法が妥当であるのか検証した。

(1) 地すべりの安定解析手法である逆算法を援用する方法

地すべりの安定解析では、一般に逆算法が用いられており、この方法を不連続性岩盤斜面において援用する方法が取られることがある。具体的な手法を以下に示す。

1. 掘削前の形状は自立しているため、これを安全率 $1.05 \sim 1.15$ の範囲で設定し、すべり土塊の重量、不連続面の勾配から地盤強度定数 c 、 ϕ を求める。
2. このとき変数が 2 つあるため、まずは $c = 0$ のときの $\tan \phi$ を求め、次に $\tan \phi = 0$ のときの c を求めて、線形の関係式を導いておく。
3. 経験的にすべり土塊の平均鉛直厚 $[m]$ を粘着力 c $[kPa]$ と同等とおき、 $\tan \phi$ を求め、掘削し形状を変化させたときに安全率がどのようになるか計算する。

この手法は、現状の安全率を $1.05 \sim 1.15$ と設定する根拠がなく、また平均鉛直厚 $[m]$ と粘着力 c $[kPa]$ を同等とする力学的な根拠も乏しく、その運用には疑

間が残る。実際に遠心模型実験によって掘削後の斜面形状で崩壊実験を行い、掘削前の形状から掘削後の形状で安全率が 1.0 を下回るのか検証した。不連続面勾配を 45 度、48 度、51 度と変化させた 3 ケースに対し、いずれも掘削後形状で安全率が 1.0 を上回り、危険側の評価となることを確認した。

(2) 一面せん断試験結果を用いた極限平衡法による安定性評価

不連続面をサンプリングし土質試験によって地盤強度を求め、極限平衡法によって安定性を評価する手法について検討した。遠心模型実験の不連続性岩盤斜面と同様の手順で供試体を作製し、一面せん断試験によって地盤強度定数(c , ϕ)を求めた。遠心模型実験における崩壊時の形状において、求めた地盤強度定数を用いた極限平衡法による安定計算を行い、安全率が 1.0 を下回るのか検証

した。その結果、モール・クーロン則でせん断強度を求めると、せん断力を過大評価し、危険側の評価となることがわかった。そこで不連続面のせん断強度式である Patton 式、Jaeger 式、Ladanyi and Archambault 式、Barton 式を用いて検証した。崩壊が記録された遠心模型実験結果 5 ケースで検証すると、Barton 式がもっとも安全側で評価でき、有効であることが確認された。また、Barton 式におけるパラメータ(JRC および ϕ)は一面せん断試験から最適化手法によって求めると、安全側で評価できることを確認した。

上記の不連続岩盤斜面の検証の他、地下水の影響がある斜面での掘削勾配と地下水排水効果についての検討や、基礎工事における土止め支保工の変位に関する検討、斜面動態モニタリングによる異常検知手法について検討を行い、公表した。

(3) シールドセグメントの崩壊災害等の防止に関する研究

吉川 直孝(建設安全研究 G), 平岡 伸隆(同), 伊藤 和也(東京都市大学)

【研究概要】

(1) 背景

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

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

(2) 目的

シールドセグメントでは、セグメントの適切な寸法、継手等を明らかにする。

(3) 方法

セグメント模型実験については、セグメントの厚さ、弧長等をパラメータとして、種々のセグメント模型

を作製する。これらの各セグメントに対し、等方的な圧力、偏圧、施工時荷重としてジャッキ圧等を作用させ、個々のセグメントの曲げモーメント(M)と軸力(N)の挙動を評価する。検討結果から、厚さ、弧長について、セグメントの適切な寸法等を提示する。また、それら実験を個別要素法によりシミュレートする。

(4) 研究の特色・独創性

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

【研究成果】

(1) セグメント模型実験

シミュレーションのパラメータ設定の調整のため、セグメントの強度を知る上で基礎的な試験である単体曲げ試験を実施した。実施に際して、厚さの異なる 2 種類(薄肉と標準)のセグメント模型を作製し試験に供した。セグメント模型の内外径にひずみゲージを貼り付け、荷重ひずみ関係を算出した。さらに、曲げモーメント(M)と軸力(N)を算出し、セグメント模型の破壊包絡線を算出した。

(2) 個別要素法及び有限要素法によるシミュレーション

個別要素法により、セグメント模型に対する単体曲げ試験をシミュレートした。荷重とひずみ関係を実

験結果と比較したところ、ピーク荷重までの荷重とひずみ関係はよく一致した。また、自作の 3 次元弾塑性有限要素プログラムでも単体曲げ試験をシミュ

レートしたところ、同様にピーク荷重までの荷重とひずみ関係はよく一致した。今後、セグメントリングに対してもシミュレーションを実施していく必要がある。

(4) トラック荷台等からの転落防止に求められる昇降設備の検討

大西 明宏(リスク管理研究 G), 柴田 圭(同), 高野倉 雅人(神奈川大学)

【研究概要】

(1) 背景

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

(2) 目的

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

(3) 方法

ユーザーや業界団体等へのヒアリングにより実際に用いられている昇降方法を調査する。この調査結果等を踏まえ、複数の昇降方法(設備)を実現するためトラック荷台にステップおよびグリップを架装し、昇降しやすい条件を見出すための被験者実験を実施し、昇降する際の身体加速度の大きさや重心位置の変化等のバイオメカニカルな評価とあわせて主観的評価を行うことにした。

(4) 研究の特色・独創性

理想的な条件を見出すのではなく、現状のトラック荷台(バンボディ部を含む)に架装可能な条件の中から実現可能なものを提案するものであり、すぐにでも応用可能な成果を目指す点において特色および独創性があると考えている。

【研究計画】

令和 3 年度は若年男女を対象とした被験者実験を開始し、昇降条件の違いによる重心加速度および床反力の大きさなどを評価指標としてデータ分析を進める。分析結果は学会発表、論文投稿を予定している。

【研究成果】

令和 3 年 3 月に研究倫理審査委員会からの承認が得られたことを受け、4 月以降に傷害保険の契約および被験者手配を進め、6 月末までに男性 17 名および女性 5 名の合計 22 名を対象とした被験者実験を完了した。複数の昇降条件(ステップの種類、グリップ使用方法など)において、主に動作開始からステップ接地までの範囲を対象に腰部動揺を指標とした評価をしたところ、従来の荷台から地面を見下ろした際に視認不可なステップよりも、視認可能なステップを使うと安定した動作になることが確認された。ちなみにこの視認可能なステップは市販されている格納式であり、適切に架装できれば法令にも適合するものであり実装可能である。その他、荷台後部(リヤ)部にはバンボディの門柱間距離が広く、現実的に架装できない両手グリップと架装可能な片手グリップでの動作に関しても評価したところ、片手グリップでは動作の不安定さ、主観評定の結果により足元の見にくさが顕著になることが確認された。今後はこれら結果をもとに最適な昇降条件だけでなく許容可能な昇降条件を見出すため、さらなる分析を進める予定である。

(5) 水分が関係する化学反応によるマグネシウム発火事故の防止に関する研究

西脇 洋佑(化学安全研究 G), 八島 正明(同), 佐藤 嘉彦(同)

【研究概要】

(1) 背景

反応性の高い物質の火災・爆発は物質を使用する

労働者の死傷に繋がる他、発生後に災害対処の為の人員が死傷することもあり、災害発生の未然防止が望まれる。現在、火災・爆発による災害は、第 13 次労働

災害防止計画[1]でも撲滅が目的とされる死亡災害の発生へ容易に発展しうするため、各事業者には事故の未然防止と発生時の適切な対処が求められている。

反応性の高い物質の事故原因の中でも、水分が関係する反応による発火は予測と適切な対処が難しい。これは、発熱を伴う化学反応に加え、蒸発による相変化など温度上昇に従って水分の影響が変化するため、通常の相変化の影響を考えない発火の理論式では対応できないこと、また対処に通常の消火や延焼防止策で利用されている水が使用できないことが原因として挙げられる。日本においても、水分が関係する反応からマグネシウムやゴミ固形燃料などが発火し、爆発・火災による死亡事故に発展した事例が報告されており[2][3]、発火への対策が求められている。

2016年に改正された労働安全衛生法では、化学物質についてはリスクアセスメント等実施の努力義務が定められており、適切に実施されることで反応性が高い物質の事故の減少も期待される。しかし、水分が関係する化学反応による発火については、リスクの見積りや危険性のリスク低減措置決定のために事象進展の予測に必要な理論式は構築されておらず、危険性の過小評価による災害に至るシナリオの見逃しや、重篤度の過小評価、および不適切なリスク低減措置の実施など、リスクアセスメント等が十分に行えず、結果として事故の被害が増大するおそれがある。

水分が関係する化学反応による発火事故の中でも、マグネシウムに由来する事故の防止は大きな課題となっている。マグネシウムを利用した合金は構造部材として注目を集めており、過去と比べて世界的な利用量は拡大しており[4]、マグネシウムやその合金の火災・爆発事故は日本においても、近年、発生し続けている[2]。特に構造部材加工後の切削屑は度々火災・爆発の原因となっており[2]、未然防止のための理論式の構築と適切な対処方法の確立が求められている。

(2) 目的

水分を原因とした化学反応がもたらす発火事故の機構を元に、化学物質のリスクアセスメントにおける事故シナリオやリスクの検討に有用な、水分が関与する場合でも適用可能な熱発火理論式を構築することを主な目的とする。得られた理論式を元に、発火に至る貯蔵条件を計算することが可能となることで、今後発生しうる火災・爆発事故のリスクの見積り、および事故発生前の迅速な対策から労働者の安全性向上が期待される。本研究内では、主に水分の影響の内、蒸発潜熱と温度変化による反応機構の変化へ対応した理論の提案を行う。

また、マグネシウムの発火に対応可能であるか調査

することで、理論式の検証を行うと共に、実際に問題となっているマグネシウムの発火の機構に関する知見の取得を目指す。得られた知見から、未然防止に有用な理論式に加え、化学的な知見に基づく発火防止手法・延焼防止手法を提案することで、マグネシウムを扱う事業者と災害発生後に対処を行う消防機関に所属する労働者の安全性向上を図る。

(3) 方法

マグネシウム粉末をモデル物質として、水分接触時の発熱・蓄熱挙動を測定し、マグネシウム粉末と水分の反応機構に水分の状態変化が与える影響を明らかにすると共に、従来の熱発火理論式で対応できない要素の抽出を行う。得られた機構と問題点から、熱発火に関する理論を構築する。

マグネシウム粉末と水分の反応について、特に水分の沸点付近での反応機構の変化を組成分析から行い、発熱挙動の測定結果を元に水分の蒸発による吸熱と反応機構の影響を解明する。マグネシウム粉末は定常の温度、湿度環境下で貯蔵し、表面・内部温度の変化挙動を実際に発火するまで測定し、構築した理論式に基づく予測結果との整合性を確認する。

並行して、得られた水分によるマグネシウム粉末の発火までの機構から、発火事故防止のための方法を考案することを目指す。現在、界面活性剤について検討を行うこととしており、実験結果を基にさらなる改良を目指す。考案した手法については、マグネシウム粉末の複数条件の温度・湿度環境下での発火までの蓄熱挙動を測定する際、実際に添加し、安定剤として界面活性剤もしくは他の効果があると考えられた物質の、発火の抑制に寄与する効果の検証を行う。

(4) 研究の特色・独創性

火災・爆発災害に対して多くの研究が存在するが、個別の物質やプロセスに対する取り組みが主であり、様々な物質に適用できる理論の構築を目指す研究は少ない。本研究では、特に熱発火理論を元に、広範な物質への応用を目指し、理論式の構築を目指す点に特色を有する。

火災・爆発の原因となる発火に関する理論も過去に提案されているが、水分に關係する化学反応への適用を前提とした研究は非常に少なく、本研究は水分に關係する化学反応に注目した点が特色であるといえる。本研究では、発火する物質として、マグネシウム粉末に注目して研究を行うが、水分の影響を考慮する際に、水の蒸発などの相変化に注目する点に独創性を有する。

加えて、マグネシウム粉末とその合金粉末の発火においては、基本的に水分を利用した対策は不適切であるとされてきたが、本研究では、安定剤となる界

面活性剤を利用し、水分を含む組成で発火の抑制を試みる点に独創性を有する。界面活性剤の水溶液を発火防止に利用できた場合、水分の蒸発潜熱によって熱を奪い、災害の終結までの時間を短くできる他、すでに実用化されている泡消火剤などを流用できることに繋がり、マグネシウムを利用する事業所での安全性向上に大きく貢献できる。

【研究計画】

(1) 水分とマグネシウム粉末の化学反応による発火の測定と熱発火理論の構築

前年度の発熱挙動測定より得られた、水分とマグネシウム粉末の発熱反応における速度パラメータの水分量・状態への依存性が、実際のマグネシウム粉末への水分接触時の発火にも適用可能であるか明らかにして熱発火理論を修正する。しかし、マグネシウムの発火時の燃焼温度が高いため、接触する水分の調整が可能な既存の装置での発火試験が困難であり、発火試験装置の作成も並行して行う。また、マグネシウム粉末の発火危険性の調査手法の一つである国連輸送勧告 水との反応性試験について、前年度の成果として得られた水分とマグネシウム粉末の化学反応の速度パラメータを基に、水分量の影響を補正する手法を考案し、適切な発火危険性の評価を可能にする。

(2) 発火・延焼防止への界面活性剤の効果の検証

前年度の研究成果において Mg の安定剤として効果が見られた、親水性パラメータが低いイオン性界面活性剤について、発火防止および延焼防止への効果を調査する。効果検証にはマグネシウム粉末-水混合系での断熱温度上昇の挙動および着火性試験結果への界面活性剤の影響を用いる。

【研究成果】

(1) 水分とマグネシウム粉末の化学反応による発火の測定と熱発火理論の構築

昇温条件での熱量計での水を含む系の発熱挙動測定における蒸発潜熱の影響を調査し、また補正法を検討した。本研究では他の一般的な熱量計にも応用が容易なカルベ式熱量計に絞って補正法を考案した。

- ・ 密閉容器での水の蒸発と潜熱の挙動を Wagner-Pruss の式を基に予測できることを検証した。
- ・ Wagner-Pruss の式と Clausius-Clapeyron の式を用いた蒸発潜熱補正式を基に補正を行うことで、水の蒸発潜熱の影響で速度論的解析が不適切な値を示した粗いマグネシウム粉末と水の反応の解析結果の改善が見られた。
- ・ 発熱速度が小さい反応系ほど蒸発潜熱の影響が大きくなり、誤った反応速度パラメータを算出して

しまうことが示された。また、同一反応系でも発熱ピークでの値を基に計算する速度論的解析手法 (Kissinger 法) に対して、発熱速度が低い領域の値を基に計算する速度論的解析手法 (Friedman 法) で蒸発潜熱の影響が大きく出ることが分かった。

- ・ モデルに選んだマグネシウム粉末において、水の蒸発潜熱の影響で反応初期の発熱速度が低く見積もられる、つまり発火危険性が過小評価される恐れが示された。

前年度のカルベ式熱量計による発熱挙動測定から得られた、水分とマグネシウム粉末の発熱反応における反応速度パラメータの水分量・状態への依存性に加え、粉末特性の影響が反応速度パラメータに与える影響を追加の実験により調査した。

- ・ マグネシウム粉末 1 mol に対して水分量が 2 mol を超えた場合、水分量の変化は水分とマグネシウム粉末の化学反応の速度パラメータにほぼ影響を及ぼさないことが分かった。
- ・ 比表面積は水分とマグネシウム粉末の化学反応の速度パラメータに線形の影響を及ぼすことが分かった。本実験で扱ったマグネシウム粉末の範囲においては、比表面積から反応速度パラメータを推定することが可能であることが分かった。
- ・ 本実験で扱ったマグネシウム粉末について、比表面積が体積メジアン径の逆数に比例していることが分かった。また、比表面積と速度パラメータの関係から、体積メジアン径の逆数を基に反応速度パラメータを予測できることが明らかとなった。
- ・ 上記の結果から、熱発火理論式内の見かけの活性化エネルギーと前指数因子をマグネシウム粉末の比表面積を変数とする関数にすることで、マグネシウム粉末の比表面積から発火危険性の指標の1つとなる発火限界温度を求めることができる修正熱発火理論式を得た。

(2) 発火・延焼防止への界面活性剤の効果の検証

前年度の研究成果においてマグネシウム粉末への安定剤として効果が見られた、親水性パラメータが低いイオン性界面活性剤について、発火防止および延焼防止への効果を調査した。特に水との反応性が高い過塩素酸アンモニウム系の火薬組成における水とマグネシウム粉末の反応を対象に、着火性試験及び微量反応熱量計による等温条件での混合時の発熱挙動の測定を行った。

- ・ 炭化水素鎖が長く、2 価のカチオンを含むイオン性界面活性剤ほど安定剤としての効果が高いことが分かった。また、過塩素酸アンモニウム系の火薬組成における水とマグネシウム粉末の反応にお

いて、添加量に従った反応速度の低下はマグネシウム粉末に対して 10 wt.% で下げ止まることが明らかとなった。

- ・着火性試験より、イオン性界面活性剤の添加後は水との反応の進行による着火性・燃焼性の低下の影響は緩和されたものの、それ以前の添加の時点で着火性が低下することが分かった。
- ・ステアリン酸ナトリウムをモデルとして、安定剤とし

ての効果の温度依存性を速度論的解析から求めたところ、温度上昇によって安定剤としての効果が低下し、温度約 50 °C で消失することが分かった。よって、界面活性剤は温度上昇前のマグネシウム粉末に含ませることで反応性を低下させることが期待できるものの、高温の環境が推測される延焼防止には効果が薄いことが推測された。

(6) 機械による労働災害事例研究のための標準テキストデータの整備

濱島 京子(機械システム安全研究 G)

【研究概要】

(1) 背景

労働災害防止のための施策や方策は「エビデンス」に基づくことが求められる。平成 24 年度に発表された「根拠に基づく安全理論(EBS)」では、①EBS の実践には「情報」「実績」「理論」の 3 つのエビデンス区分があり、②エビデンス選択には「公開性」、すなわち、災害情報や典型災害事例などの「情報」は何人にも公開されており容易にアクセス可能であるデータを選択する必要がある、とされている。

この②に該当するものに、職場のあんぜんサイトにて公開されている「死亡災害データベース」および「労働災害(死傷)データベース」がある。科学的根拠という点では、データサイエンスの手法で上述のデータを処理した結果をエビデンスとするのが妥当と思われる。しかし、職場のあんぜんサイトのデータベースは機械可読性が低く、すぐさま分析に活用できる状態にない。

以下に、この状態を問題と認識するに至った事例を挙げる。

背景 1) 労働安全施策の企画・立案のための早急なエビデンス提供

厚生労働省が「機械の安全対策の強化に向けた検討委員会」を立ち上げるに当たり、労働災害の事例分析の早急な提供が当研究所に求められた。詳細分析は復命書を用いるため時間がかかるのは仕方ないものの、災害の大まかな傾向(典型災害)は「職場のあんぜんサイト」で公開されているデータベースを機械処理すれば迅速に把握できるはずである。しかしテキストマイニング等の手法を活用しようにも、自由記述である災害状況の文章はクレンジングが必要な状態であり、また、「事故の型」などの定型データ項目は表記方法が統一されていないため、データ整形作業に相当の時間を要するのが現状である。

背景 2) 第 4 次産業革命のコンセプトに則った「新しい安全」のエビデンスが不明瞭・不十分

近年、第 4 次産業革命のコンセプトを受けた新しい安全が提案されているが、労働災害を防止できるとする根拠が不明瞭または不十分なものが見受けられる。労働災害防止を謳う場合、例えば危害発生シナリオなどの災害発生形態に基づく対策の検討が必要であるが、こうしたエビデンスは示されていない。現場の実態と乖離した提案もみられることから、ニーズではなくシーズ主導型で「新しい安全」が提案されていることが伺える。こうした傾向に対して「労働災害防止の根拠」を求めていくためには、エビデンスして活用できるデータをあらかじめ整備する必要があると思われる。

(2) 目的

「根拠に基づく安全理論(EBS)」を実践するために必要な「エビデンス区分:情報」の基盤となるデータを整備する。テキストマイニングなどの、データサイエンス分野の分析プログラムにすぐに入力できるよう、標準テキストデータを作成し公開する。

(3) 方法

職場のあんぜんサイトで公開されている死亡災害データベースおよび労働災害(死傷)データベースを対象に、データクレンジングを実施する。クレンジングでは、まず総務省統計局の「統計表における機械判読可能なデータ作成に関する表記方法」に沿って Excel データを修正する。次に、形態素解析による語彙分析の結果をもとに機種および動詞の同義語や表記ゆれを統一していく。

(4) 研究の特色・独創性

「根拠に基づく安全(EBS)」の実践を産業界に促すための仕掛けを講じる点である。

【研究計画】

職場のあんぜんサイトで公開されている死亡災害データベースおよび労働災害(死傷)データベースを対象に、データクレンジング等を実施する。

- 1) Excel のセル内に記載されている外字、機種依存文字、数字の位取りのカンマ、スペース、改行の削除など、総務省統計局「統計表における機械判読可能なデータ作成に関する表記方法」に準拠するようデータを整形
- 2) 形態素解析による語彙分析
- 3) 機種および動詞の同義語や表記ゆれを可能な限り統一(機械災害から着手)
- 4) CSV 形式にてデータを公開

【研究成果】

Excel データを調査した結果、機械判読の点だけでなく定形データ項目において、例えば起因物や業種のコード体系から逸脱したコード値が記入されているなど「データベース」と称するには重大な欠陥があることが確認された。以下に結果概要を示す。

- 1) 処理対象データ件数は、死亡災害44,537件(平成3年から平成30年までに発生した個別事例全数)および死傷災害376,397件(平成18年から平成29年までに発生した死亡および休業4日以上労働災害のうち、災害発生年ごとにおよそ1/4を無作為抽出した個別事例)である。
- 2) 「統計表における機械判読可能なデータ作成に関する表記方法」に照らし合わせデータ表記内容を調査した結果、下記8項目が満たされていないことが確認された。
 - ①数値データは数値属性とし、文字列を含まないこと。

- ②セルの結合をしていないこと。
- ③スペースや改行等で体裁を整えていないこと。
- ④データの単位を記載していること。
- ⑤機種依存文字を使用していないこと。
- ⑥e-Statの時間軸コードの表記、西暦表記または和暦に西暦の併記がされていること。
- ⑦数値データの同一列内に特殊記号(秘匿等)が含まれる場合。
- ⑧データテーブルの範囲外に空白などの可視できないデータが挿入されたセルが存在しないこと。

- 3) 定型データ項目においてルールから逸脱した表記が存在していた。下記3項目はマスターデータに基づくデータ管理がなされていないことを示唆するものであり、労働災害データの作成・変更・更新・修正および保存の方法について根本的な解決が求められる事項である。

- ①分類名における表現のゆらぎ
- ②コード体系から逸脱したコード値の存在
 - ・ 値の入力誤り
 - ・ 起因物分類を独自に細分化し、分類に定めないコード値と分類名を使用
- ③コード値と分類名の対応誤り

今後、上記の不具合を修正した CSV データを公開する予定である(災害状況の表記ゆれ済データの公開は別途対応)。

(7) 建設用ゴンドラの風に対する安定性に関する研究

高梨 成次(建設安全研究 G), 高橋 弘樹(同)

【研究概要】

(1) 背景

建設用ゴンドラは建設物の外壁工事および窓ガラスや外壁の清掃等に供する施設である。構造的な特徴は、屋上からワイヤーロープによってつり下げられる非常に軽量な設備である。そのため、一般的な管理風速である10分間平均風速10 m/sよりも小さな風に対してさえ不安定になることがある。特に外壁の上端部や左右の出隅部において不安定になる傾向があると指摘されている。また、風向による影響も大きいと言われている。しかしながら、それらに対する工学的な検討は一切なされていないのが現状である。そのため、建設用ゴンドラの作業を安全に実施するために、風に対する安定性を工学的に評価する必要がある。

(2) 目的

建設用ゴンドラの施工対象である建物の形状やゴ

ンドラの設置位置ならびに風向に応じた、建設用ゴンドラの安定性を工学的に評価する。それをクレーン協会および関連業界に周知することを本研究の目的とする。さらに、ゴンドラ製造会社において、風対策を講じ、実施している例が確認されているが、それに対する工学的な検討および限界風速等を検討することも本研究の目的の一つとする。

(3) 方法

建物の幅、奥行き、高さをパラメータとしたモデルを作成し、その上端や角部にゴンドラのモデルを設置して風洞実験を実施する。同時に風向(ゴンドラの側面からの風、背面からの風)をパラメータとした実験を実施する。

その時のゴンドラの挙動を加速度計で計測し、安定性に関する評価を行う。

ただし、風荷重は乱流および境界層の影響を考慮

しない一様流とした最もシンプルな実験を実施し、ゴンドラの挙動を加速度計により計測したデータを収集することを目的とする。

(4) 研究の特色・独創性

これまでも多くの耐風設計に関する研究は行われているが、工事用ゴンドラの作業床のように何物にも緊結されておらず、ただワイヤーロープでぶら下げられているだけの物体の挙動に関する研究は他に類を見ない。これまでに工事用ゴンドラを対象とした学術的研究は見受けられないことから、本研究は極めて独創的であると考えられる。

【研究計画】

ゴンドラ作業で対象となる建物の高さは 60 m 以内の中規模建物である場合が多い。そのため、初年度は建物の高さは一定とし、建物の幅と奥行きをパラメータとした建物模型を 4 種類作成する予定である。またゴンドラは最も一般的な寸法のゴンドラの他、近年需要が伸びてきている大型のゴンドラの 2 種類を

作成する予定である。それらを組み合わせて風洞実験を実施する。ゴンドラと建物の組み合わせでは、ゴンドラの位置は建物の上端の左端および中央、建物高さの中心の左端と中央および地上から 5 m 程度を想定した高さの左端と中央を計画している。風向は 360 度全周を計画している。

ゴンドラの安定度の評価は 3 軸加速度計による評価を考えているが、画像データによる評価も検討中である。

【研究成果】

ゴンドラと建物の相対的な位置関係と風向をパラメータとした風洞実験を実施した。その結果、ゴンドラの側面から吹く風およびゴンドラの大半が建物の裏側にあるが一部が風に晒される位置にあった場合にゴンドラが大きく揺れることが分かった。また、ゴンドラのつり下げ長さが長い程ゴンドラの揺れが大きくなった。この影響は予測を上回るものであったため、次年度に詳細に検討をする予定とする。

(8) 交差フレームに受圧シートを張った土砂遮断装置の高度化に関する研究

玉手 聡(建設安全研究 G)、堀 智仁(同)

【研究概要】

(1) 背景

先行研究では小規模な溝工事における作業者の被災防止をターゲットに個人用の保護機材「土砂遮断装置」(以下「土砂ガード」という)を考案した(特許第 6431239 号)。その背景には、深さ 1.5 m 未満の浅い掘削では土止め支保工の使用が必ずしも義務づけられていない一方で重篤な被害も多く発生していることがあった。また、このような小規模工事で簡易に使用できる被災防止の手段(機材)が存在しないという問題があったことから新たな保護機材として「土砂ガード」を着想するに至った。崩土衝突時の抵抗機序や構造的な必要強度の実験的な検証を重ねた結果、2021 年から実用化が開始された。今後、現場での利用状況を調査するとともにユーザーからの改善意見を収集するなどフォローアップの研究を行う計画である。

(2) 目的

本研究の目的は、実用化後の土砂ガード技術を追跡調査するとともに、さらなる安全のための性能的な向上を図ることである。具体的には「妻側の崩壊防止」や「矢板との併用による相乗効果」の検討である。

(3) 方法

本研究の実施方法は実験と解析及び現場調査の 3 つを考えている。具体的には、土砂ガードに組合せ可能な妻側機材の検討と、矢板との組合せによる新

たな土止めの提案であり、いずれも土砂ガード技術をベースとした応用研究である。土圧に対する抵抗機序の理論的な検討に基づいて実験的な検証をおこなう。特に実験では遠心模型実験による小型レベルから検討をスタートさせ段階的に実大規模へレベルアップさせる。実験的な検証に基づいて災害防止への有効性を明らかにする。本研究の実施については、国内企業や国内外の研究機関との連携も予定している。

(4) 研究の特色・独創性

本研究の特色と独創性は、溝掘削工事における土砂崩壊災害の防止のため新たな土止め支保工の形を提案する部分にある。他の研究機関等ではおこなわれてない独創的な研究と考える。

【研究計画】

(1) 溝終端部(妻側)の崩壊防止手段について

土砂ガードの特性を考慮した構造の理論的な検討をおこなう。土砂ガード自体は軽量であるため自重以外による抵抗力の発揮を検討する必要がある。

(2) 矢板との併用による土止め技術について

従来切梁の軸力で支持してきた土圧を斜材(圧縮強さ)と矢板(引張り強さ)の両方で負担する新たな抵抗機序の提案となる。そのため、遠心模型実験による検証からスタートし、その後、段階的に検討を重ねていく予定である。

(3) 国内外の研究機関との共同研究

国内外の研究機関との共同研究を検討する。また現場に導入された土砂ガードの利用状況や技術的な課題を整理する。

【研究成果】

(1) 土砂遮断装置の実用化後の追跡調査

本装置の現場への提供が本年7月から開始され同時にヒアリングを行っている。これまでのところ発注者、ゼネコン、インフラ事業者から総じて評価は高く、これまで実質的に未対策であった小規模工事(1.5 m未満)での技術として好評価を得ている。

11月までに25事業場でデモ or レンタルされており、建設以外では消防からレスキュー用機材として注目されている。本技術については特許登録され実施契約も締結しており、今後、機関収入が見込まれる。引き続きユーザーへのヒアリングを実施し改善点などを探る予定である。

(2) 溝の妻側崩壊の実験的再現

最適含水比に調整した関東ロームを15 kPa 締固めて表層地盤をモデル化した。圧力 p_c は自立高さ H_c が1.2 mとなる土のせん断強さを再現(平面ひずみ条件)するものである。実大規模では深さ1.5 mの溝となるが妻側部の崩壊が3次元的となるため H_c の増加を見積もって2割ほど p_c は小さくした。

1/10モデルの深さ15 cmの溝に「仕切り板」を置くことによって非崩壊部を模擬し、妻側だけの崩壊を再現した。遠心模型実験において加速度を上昇させ(自重を増加させ)たところ、まず、無補強のケースでは9.0 Gで崩壊($H = 1.35$ m)した。次に「土砂ガード」のみを単体で設置したケース(妻側未対策の場合)でも同じく9.0 Gで小崩壊し、11.7 Gで完全崩壊した。小崩壊の段階までは斜材が土砂をかくろうじて抑止したものの、その後生じた大きな崩壊で土砂は溝内に流入した。したがって、妻側崩壊には別の対策が必要なのことがわかった。

(3) 妻側対策の機序検討

土砂遮断装置自体は軽量であるため妻側からの土圧に対して自重で抵抗することが基本的にできない。すなわち、転倒に対する安定モーメントと滑動に

対する抵抗力が不足する問題がある。この問題を解決するために本研究では受圧する崩土の重さの利用した抵抗機序を考えた。

具体的には受圧板を、支持点を介して斜材上に設置することで、崩土の重さを装置に伝えるものである。受圧板の下部にフランジを配置して崩土の鉛直荷重を得る。支持点を介してこの荷重を斜材に伝える。この鉛直荷重は装置全体の安定モーメントを発生させるがその値は水平土圧による転倒モーメントよりも明らかに大きくなり装置は安定する。

次に、鉛直荷重は斜材の傾きによって水平分力が生じる。この分力は梁を介して溝壁に働く。すなわち、梁が壁に強く押し当てられ、崩土荷重は制動力に変換される。この制動力は崩土の水平土圧よりも大きく装置はほとんど水平変位しない。

以上のとおり、崩土の荷重を利用した妻側崩壊対策は可能なことが遠心模型実験から確かめられた。

(4) 矢板併用による相乗効果の第一段調査

25 kPaで締固めた1/10スケールの模型地盤を作製した。これは自立高さ H_c が2.0 mとなる土のせん断強さを仮定(平面ひずみ条件)したものである。遠心模型実験(G上げ)による妻側崩壊を再現したところ、無補強の場合では9.0 Gで崩壊($H_0 = 1.8$ m)し、ほぼ仮定どおりに再現された。

次に、矢板併用のケースでは10.0 G(左壁)と11.0 G(右壁)が小崩壊したもののその地山の变形は僅かなものであった。さらに19.0 Gまで加速して実大換算深さ3.8 mの土圧を作用させたが溝内の空間は保たれ、地山变形も抑制されていた。この深さは想定1.9倍の規模に達するものであり、想定を大きく上回る溝条件において矢板併用ケースでは安定することを意味する。

以上より、矢板併用では、従来、切梁(軸圧縮)が支持してきた土圧を矢板の引張り強さで支持し、簡略化した構造で同様な堅固さを得られることが第一段検証から示唆された。また、併用は土砂遮断装置単体での利用に比べてシートの水平変位が無くなる分、残存空間も大きくなる利点が小型模型実験から明らかになった。

(9) 機械学習を災害事例分析に適用するための特徴量データベースの構築に関する研究

呂 健(リスク管理研究 G)

【研究概要】

(1) 背景

労働災害の防止と減少を目的とする研究において、労災事例データベースを用いた労災事例の分析

は重要である。第13次労働災害防止計画には「AIやビッグデータを活用した労働災害の防止に関する調査研究を推進する」ことが記されている。

(2) 目的

本研究は、代表的 AI 手法の一つである機械学習手法を「職場のあんぜんサイト」に掲載されている「労働災害(死傷)データベース」(以下、「労災 DB」と略す)の分析に適用するため、学習データの準備手法を検討する。この手法に基づいて、将来、機械学習及びAIを用いた災害事例分析を実現することにより、労働災害発生要因の変化に確実に対応し、災害発生傾向の予測及び行政施策の検討に信憑性の高い根拠を与える。

(3) 方法

現在実施中の基盤的研究では、災害事例に関する情報が不足している場合には労災 DB のテキスト部分からの情報抽出により補うことを検討してきた。また、機械学習手法では、最初の手順として、適用対象とする問題(実世界モデル)のデータから、モデルの特性を表す各種の数値(「特徴量」と呼ぶ)に変換し、特徴量データベースを構築する必要がある。

現在の基盤的研究の成果を踏まえ、本研究では、

- 1) 労災 DB 以外の労災事例データベース(以下、他の労災事例 DB)からデータを補う手法
- 2) データの数値化変換などによる特徴量データベースを構築する手法

について検討する。

(4) 研究の特色・独創性

新しい AI 技術を用いた労災 DB の有効な活用に関する研究であり、特色がある。

【研究計画】

- (1) 他の労災事例 DB から災害事例の属性に関するデータを補完する方法の検討

例えば、休業期間に関する分析や予測を行いたい場合、労災 DB には休業期間に関する災害事例の属性項目は無い。一方、他の労災事例 DB(クレーンの災害事例など)に対応する災害事例が含まれている場合があり、これらの他の労災事例 DB から同じ災害事例のデータを検索し、被災程度に関する

データなどを抽出・補完する方法について検討する。

(2) データの数値化変換に関する検討

労災 DB に含まれる災害属性(既有属性)情報やテキスト部分から抽出した情報、及び他の労災事例 DB から抽出した情報は数値、文字列、2進数など異なるフォーマットで記されているため、これらの情報・データを機械学習のために数値に変換することを検討する。例えば、被災者の性別や業種の属性は文字列であり、機械学習のための数値化変換を行う。

【実施状況】

当初計画の下記 2 つの実施項目において、労働安全へ応用の具体課題を検討しながら、特徴量 DB の構築を行った。

- ① 他の労災事例 DB からデータを補う手法の開発
- ② データの数値変換などによる特徴量 DB を構築する手法の開発

具体的に、上記①において、異なる情報源に掲載されている類似事例に対して照合する手法の検証を行った。

また、上記②において、労災 DB の災害状況を記述するテキストから抽出した頻出語を選定し、特徴量 DB を構成する一部の特徴として、対応する頻出語ベクトルを構築した。

【新たに明らかになった問題点】

事故の型、起因物など災害属性を区別せず、全災害事例を対象として頻出語を抽出して、対応するベクトルを用いて災害状況の特徴を表す場合、「負傷」、「被害者」など共通語がかなりの割合を占める。このため、特徴量 DB を構築するためには、各事例の事故の型や起因物など属性に依存する局所的特徴を表す用語が必要である。

次年度に、自然言語処理の最新手法を用いた日本語文書の特徴量計算の導入を含め、これらの問題の解決を図る。

(10) 新技術が労働安全に及ぼす影響に関する調査研究

芳司 俊郎(新技術安全研究 G), 池田 博康(同)

【研究概要】

(1) 背景

第 13 次労働災害防止計画において、技術革新への対応として、「これまでの産業用ロボットの定義に当てはまらないロボットの安全対策や安全基準・規格等」を検討する。「技術革新を見越した上で、人と機械の安全な協働の方策等について必要な基準を検討する」「IoT 等を活用した労働災害の防止や労働者の健

康確保に関する調査研究を推進する」等が重点事項として示されている。

(2) 目的

協働ロボットやIoTを用いた機器など新技術の産業現場への普及が進むものと考えられている。これにより、新技術を用いた監視装置などの安全水準の向上が図られる一方、高度化された機器の把握できない故障や異常が予期せぬ動作に起因する労働災害が

懸念されている。このため、新技術の労働安全上の課題について明らかにする必要がある。

(3) 方法

- ① 企業や研究機関の研究者・技術者にアンケート及びヒアリングを行うことにより、新技術導入の現状や近未来の動向予測等の実態調査を行う。この調査は外部機関に依頼するが、研究所が主体的に実施する。
- ② 文献調査等により、新技術を用いた機器の労働安全への影響(プラス面、マイナス面)を調査する。

(4) 研究の特色・独創性

新技術導入による安全性向上のメリットと逆に損なうデメリットの両面から調査することにより、今後の労働安全への新技術活用の適切な方法や実効性を検討する。

【研究計画】

- (1) 前述の実態調査により、新技術導入が労働安全上の問題点となっているかを調べる。
- (2) 新技術について、文献調査等により、その動向と労働安全への影響を調査する。
- (3) (1)(2)をもとに新技術が労働安全に及ぼす影響(プラス面、マイナス面)について、分析する。

【研究成果】

新技術に関連する4分野(AI・IoT・協働ロボット・i-Construction)を対象に、外部機関の協力を得て以下の規模でアンケート調査を行った。

- ・ 調査方法 インターネット調査(Web アンケート)
- ・ 調査対象 国内の全業種(i-Constructionのみ情報通信・建設業を対象)の技術・設計担当者、研究・開発担当者、情報システム関係者
- ・ 有効回収 1026件
アンケートの分析から、新技術の使用状況と今後

の使用意向について、主に以下が明らかとなった。

- ① IoTとAIは各々18.8%、13.1%が既に利用していると回答して活用が進んでいたが、協働ロボットとi-Constructionはともに3%台と低かった。
- ② 今後使用したい技術でもAIが66.7%、IoTが51.2%と高く、協働ロボット(30.9%)とi-Construction(16.3%)を大きく上回った。
- ③ AIを人の安全確保技術へ活用をしていると回答した割合は23.9%で、安全設計業務に関与している人では27.4%であった。
- ④ IoTは機器設備の異常診断や予防保全で導入が進んでおり、人の安全確保技術へ活用をしていると回答した割合は22.3%であった。
- ⑤ 協働ロボットは、現状非製造業よりも製造業での導入が多く、将来的需要も自動車・輸送機器製造分野が高い。
- ⑥ i-Constructionの導入は現状ほとんどが建設・不動産分野であるが、今後の導入にはハードルが高いとみられる。

さらに、4名の専門家にヒアリング調査を行った結果、新技術関連の4分野について各々の具体的な新技術の安全活用例を取得し、それらの活用にあたっての留意点や活用に伴う危険への対策について整理することができた。

また、アンケートの自由記述回答とヒアリングで得られた情報から、今後新技術の利活用によって安全な職場環境を実現する研究課題と、新技術の導入によって生じ得る問題点とその対策に関する研究課題を新技術分野毎に抽出することができた。

今後、さらに詳細な分析を進めるとともに、調査対象を広げ、その結果をとりまとめる予定である。

(11) 足こすり動作による簡易すべり官能評価手法に関する研究

柴田 圭(リスク管理研究 G), 大西 明宏(同)

【研究概要】

(1) 背景

第13次労働災害防止計画における死傷災害全体の目標として、死傷者数の増加が著しい業種において事故の型に着目した対策を講じることにより、死傷者数を2017年と比較して5年で5%以上減少させる必要があるが、増加傾向にあるのが現状である。重点業種に、陸上貨物運送事業・小売業・社会福祉施設・飲食店があるが、それぞれ転倒事故が最も多い、あるいは、2番目に多い。その要因の多くがすべり・つまずきである。これまでも耐滑性のある安

全靴を使用するなど対策が取られているのにも関わらず転倒事故が多いのは、JISの測定環境と異なる労働環境では耐滑靴であっても摩擦係数が異なり、労働者がそれに対応できていない、あるいは気づいていない可能性がある。実際のすべりリスクを評価するためには、労働環境における摩擦を数値化する必要があるが、機械的な摩擦係数測定では時間的・人的コストが高いため、現場でより簡便にすべりを評価する手法の開発が必要である。

(2) 目的

本研究では、人間の感覚(官能評価)のみでの評

価を目指して、簡易的な足こすり動作による摩擦とすべり官能評価の関係を明らかにし、足こすり動作による簡易すべり官能評価手法を開発することを目的とする。

(3) 方法

様々な床面と靴底の組み合わせにおいてフォースプレート等を用いて足こすり動作による摩擦係数を測定し、同時にすべりにくさについて官能評価を Visual Analog Scale を用いて行う。その結果より、すべり官能評価から統計的に有意に摩擦係数を予測できる手法を抽出する。さらに、現行の摩擦係数の安全基準に対する判別可能性を検討し、場合によっては被験者のグループ分けを行い、摩擦を適正に評価できる被験者群を選出する。そして、摩擦を適正に評価できる被験者が労働現場においても適正に評価できるか確認するため、実際の労働現場、あるいはそれに近い環境でのすべりリスク評価の妥当性を検討する。ここでのすべりリスクは、一般的な耐滑性の基準となる摩擦係数により、4段階に分類する。

(4) 研究の特色・独創性

床面や靴底の耐滑性を向上させる研究は数多くあるが、足こすり動作による摩擦係数とすべり官能評

価の関係を明らかにした研究はなく、また、足こすり動作による適正に摩擦やすべりリスクを評価するという試みは例がなく、極めて独創的といえる。

【研究計画】

(1) 官能評価試験の準備(令和3年度上半期)

被験者による摩擦測定と官能評価試験を行う準備段階として、測定機器や解析機器の購入、床材料と靴底材料の購入を行う。機器の導入等が終了次第、代表者による予備実験を行い、本実験を行うに当たり考慮すべき問題などを検討する。また、倫理委員会の申請を進める。

(2) 被験者選定と試験の実施(令和3年度下半期)

被験者の選定を行う。倫理委員会の承認が得られ次第、被験者による試験を行う。都度、結果の整理や分析を行っていく。

【研究成果】

測定機器や解析機器の導入、床材料と靴底材料の選定を行った。また、予備実験を行い、本実験を行うに当たり考慮すべき問題などを検討した。上半期に行う予定であった倫理委員会の申請を下半期に行い、募集した被験者により本試験を行った。また、本研究の背景となる労働災害の実態について、1件の口頭発表を下半期に行った。

(12) 機械学習を用いた作業姿勢判別と操作力推定に基づく反動作業の転倒リスク評価に関する検討

平内 和樹(新技術安全研究 G), 菅間 敦(リスク管理研究 G)

【研究概要】

(1) 背景

平成31年/令和元年度の労働災害の統計によれば、墜落・転落は死亡者数が、転倒は死傷者数が最も多い事故の型であり、さらなる労働災害の減少のために重点的に対策を実施する必要がある。墜落・転落および転倒は、反動・反力などの外力、作業環境、作業動作の変化が作業姿勢を乱し、姿勢バランスが崩れることが発生の一因である。そのため作業姿勢の変化を観察し、姿勢の乱れを検出する技術の開発が、上述の事故の予防・未然防止のために重要と考えられる。しかしその実現のためには、転倒しない作業姿勢の特徴の定量的評価や、外力の影響を作業姿勢の観察から予測する手法の確立など、いくつかの未解決課題が存在する。これらの課題を解決するために、機械学習や AI など、近年応用分野が拡大しつつある手法を活用した評価技術の開発が期待される。

(2) 目的

本研究では機械学習を用いた転倒しない作業姿

勢判別法と、外力推定に基づく転倒リスク評価法を提案し、その有用性を明らかにすることを試みる。

(3) 方法

転倒しない作業姿勢の判別のために、機械学習の応用分野の1つである特徴抽出の応用可能性について検討する。転倒しやすい作業姿勢は、体幹を大きく前傾する視覚的に把握しやすいリスクだけでなく、視覚的に把握しにくい姿勢制御戦略の違いなどの特徴を持つと予想される。そこで、把握しにくい作業姿勢の違いを特徴抽出により明らかにできるか検討する。具体的に、手での押し作業を模した被験者実験により得られた作業姿勢データに特徴抽出手法を適用し、抽出された作業姿勢の特徴と主観的な姿勢の不安定感などの従来の転倒リスク評価指標の関係を明らかにする。

作業姿勢データを入力値とし、反動・反力などの外力を予測する機械学習モデルについて検討する。作業者の重心位置や姿勢バランスの正確な評価のためには、外力の影響を考慮する必要がある。しかし、作業現場において外力を実測することは困難

であり、機械学習技術を用いて、作業姿勢などの観測可能なデータから外力を予測する手法の構築が期待される。本研究では、手での押し作業を模した実験により得られた作業姿勢や身体各部の加速度から、発揮力を推定する機械学習モデルの検討を行う。さらに、推定された外力の影響を転倒しない作業姿勢判別法に反映させ、転倒リスク評価の精度が向上するか検討する。

(4) 研究の特色・独創性

墜落・転落や転倒の予防のために、機械学習による作業姿勢の乱れの予測を試みた研究はこれまでにない。機械学習による作業姿勢の特徴抽出や外力推定技術が実現すれば、姿勢制御戦略の可視化や、転倒リスクの詳細な推定を可能にする技術が提供できる。

【研究計画】

(1) 転倒しない作業姿勢判別法の提案

工具のすっぽ抜けなどを想定し、規定以上の力が印加された時に操作部のロックが外れ、瞬間的に反力減少を発生させる装置を用いた被験者実験を行う。実験により得られた作業姿勢、身体各部の加速度、床反力、主観評価から転倒リスクを明らかにする。さらに、作業姿勢データに特徴抽出手法を適用し、得られた作業姿勢の特徴と転倒リスクの関係を

明らかにする。

(2) 外力推定に基づく転倒リスク評価法の提案

手での押し作業を模した被験者実験を行い、作業姿勢、身体各部の加速度、発揮力、床反力、主観評価の測定を行う。測定された作業姿勢データから、被験者が発揮する操作力を推定する機械学習モデルの検討を行う。その後、上述の作業姿勢判別手法と組み合わせた転倒リスク評価法の構築に取り組む。

【研究成果】

令和3年度は実験時間や条件数等の制約から、(1)転倒しない作業姿勢の特徴抽出手法の構築に着手した。本実験に向けた予備実験を実施し、実験条件の選定を行った後に、研究倫理審査の申請を行い、研究実施の許可を得た。なお、予備実験により、操作力の減少開始時刻と比較して水平方向床反力の減少開始時刻が遅れることを明らかにし、その成果について第51回人間工学会関東支部大会にて発表した。令和3年11月から本実験を開始し、被験者全15名の測定を終えた。令和4年度は、転倒しない作業姿勢の特徴抽出手法の構築に取り組むとともに、(2)外力推定に基づく転倒リスク評価法構築のための被験者実験を行う予定である。

c. 健康研究領域

(1) パッチ型センサによる深部体温推定の妥当性評価

時澤 健(人間工学研究 G), 土基 博史(村田製作所), 志牟田 亨(同), 相馬 佑佳(同)

【研究概要】

(1) 背景

職場における熱中症による死傷者数は 2010 年の 656 人以降 400~500 人を推移し、抜本的な対策が求められている。その対策のひとつにウェアラブル機器を用いた作業者の生体情報モニターがある。しかし、熱中症と関わりの大きい深部体温を正確に測定できるウェアラブル機器は現在のところない。

今年度までのプロジェクト研究(防護服着用作業における暑熱負担等の軽減策に関する研究)において、(株)村田製作所と共同でパッチ型センサによる深部体温の推定に取り組み、一定条件において検証を行ってきた。その結果、侵襲測定との誤差は小さく、実用化の可能性は帯びてきたが、環境温度や体格の問題など、推定アルゴリズムの改良が必要である。またパッチ型センサを身につけることによる現場作業への影響も検証する必要がある。

(2) 目的

暑熱下作業時における高体温検出のため、パッチ型センサによる深部体温の推定値と侵襲測定値の誤差を明らかにすること、およびパッチ型センサ装着による現場作業への影響を明らかにすることを目的とする。

(3) 方法

環境温度として 30 °C および 40 °C の室温条件(相対湿度は 50 %)で、体表面積が 1.2~2.0 m² および体脂肪率が 10~35 % の範囲にわたる 30 人の被験者を対象として、パッチ型センサおよび侵襲測定(食道温と直腸温)による値の比較を行う。被験者は作業服を着用し、トレッドミルで中強度歩行を 1 時間行う。また上半身の活動の影響を確認するため、ハンドエルゴメーターを用いた運動負荷も実施する。一方、現場での検証として、村田製作所の関連施設内の作業員 20 人程度を対象に、パッチ型センサを胸部に貼付およびデータ受信用のスマートフォンを携帯し通常作業を終日行ってもらう。夏季に実施し、建設業や製造業などさまざまな動作を行う幅広い作業員とし、作業に支障をきたさないか、発汗や動きによるセンサの剥落がないか、データ転送に問題はないかなど、作業後アンケートも行い確認する。

(4) 研究の特色・独創性

ウェアラブル深部体温計として実用化されれば世界

で初めてであり、学術的にインパクトは大きい。プロジェクト研究で実現可能性は高まってきたが、製品化に向けて最終的な検証を行う段階にある。現場で広く活用されるには時間がかかるかもしれないが、作業員の過度な暑熱負担を客観的に評価できる唯一の方法であり、管理者および作業員の運用方法についても今後検討を行う。

【研究計画】

人工環境室における実験においては、体格の影響を検討するとともに、皮膚温の変動の影響を検討する。また事前計画にはなかったが、高体温検知をより高めるため、これまでの深部体温の上限である 38.5 °C から 39.5 °C に上げて誤差検証を行う。それぞれ 8 名ずつの被験者とする。

現場調査については、夏季に村田製作所の関連施設で作業を行う 10 名に、パッチ型センサ装着およびスマートフォン携帯を終日行い、データを取得する。使用感や作業への影響についてアンケートを行う。

【研究成果】

これまでの成果を論文としてまとめ、国際誌に投稿した。人工環境室における実験において、皮膚温変動の影響および高体温検知の検証を行った。皮膚温変動には電動ファン付き作業服を使用し、暑熱下歩行途中にファンを稼働する条件と稼働を止める条件で皮膚温を低下または上昇させ(約 2 °C)、胸部パッチセンサによる深部体温の推定値への影響を検証した。皮膚温が低下する条件では、上昇中であつた深部体温の推定値は上昇が抑制された。一方で皮膚温が上昇する条件では、深部体温の推定値は上昇が亢進された。以上のことから急激な皮膚温の変動は推定値に大きな影響を及ぼすことになるため、パッチ体温計の取り扱い上の問題点となることがわかった。どの程度の時間が経てばその影響を除外できるか検討する必要がある。

高体温検知について、これまでの検証で実施していた上限の深部体温 38.5 °C から、さらに 39 °C 以上まで暑熱下運動によって上昇させた際の推定値の誤差を検証した。その結果、38.5 °C 以上になると食道温との誤差は大きくなり(0.3~0.8 °C 過小評価)、直腸温を下回るケースもあつた。したがって、アルゴリズムの再検討が必要となる。

(2) 熱中症救急搬送データと労災病院のデータを用いた熱中症の分析

上野 哲(環境計測研究 G), 木下 弘壽(横浜労災病院), 中森 知毅(同),
野口 英一(戸田中央医科グループ)

【研究概要】

(1) 背景

業務上の熱中症は、対策を打ち出しているにもかかわらず死傷災害数は減少していない。そのため、第 13 次労働災害防止計画では熱中症が重点対策の一つに選ばれており、業務上熱中症による死者数の 5 % 減少が数値目標となっている。業務上熱中症の新たな対策を作成するには、熱中症の疫学分析が必要であるが、熱中症の労災データは重症のみであるため数が限られている。よりデータ数が多い熱中症救急搬送データを用いて業務上の熱中症を分析するとより広範囲な別の視点から労働災害の熱中症の知見を得ることが期待できる。ただし熱中症救急搬送データは、救急搬送されたときに記録されたものなので患者の熱中症重症度に正確性を欠く。また、病院の救急を熱中症で受診する人の中には、救急車を使わず同僚の車やタクシーで受診する人もいるため救急搬送データが病院の救急科を訪れた人数を忠実に反映しているとはいえない。熱中症による救急搬送データは、熱中症に関する疫学研究で大変よくつかわれているがそのデータの正確性を病院のカルテのデータと照合して検証した研究はない。

(2) 目的

救急搬送データの熱中症の重症度の正確性を検証し、救急車を使わずに救急を受診した割合を見積もる。

(3) 方法

横浜労災病院内で熱中症により受診した人の診療情報から、①来院・退院日時、②来院手段、③救急搬送時の重症度とその経時的变化、④救急隊のデータ(覚知時刻、来院時重症度)、⑤患者属性(年齢、性別、職業)、⑥体格(体重、BMI)、⑦生理指標(体温、脱水状況)、⑧熱中症発症時の状況等を抜き出しデータベースを構築する。そして、覚知時の気象データを突合する。新型コロナウイルス感染症がなかなか収束せず、研究期間が短いことも考えられるため本研究の目的における重要性から内容を 2 つに分けた。第 1 期として、⑤までのデータを収集してデータベースを構築し解析を行う。第 1 期終了時点で時間に余裕があれば、第 2 期として⑥以降のデータもデータベースに追加して解析を行う。

(4) 研究の特色・独創性

救急隊が持っている救急搬送データは救急車を

呼んだ場所等の病院に来る前のデータが含まれ、病院のデータは病院に来た後の経過に関するデータが含まれる。両データを突合することにより、熱中症発症時の場所のデータとより正確な熱中症の重症度に関する情報をリンクした形で分析することができる。また、本研究では救急車以外の手段を使って病院の救急科を訪れた人の増加分を求める。カルテには医療関係者による熱中症発症時の状況が記載されているものもあるため有効に活用する。業務上の熱中症についても、大部分が職種及び作業状況が記載されている。熱中症の発症要因が分析できるようなデータベースを構築する。これまでに、救急搬送に関して救急隊のデータと病院側のデータを突合して検証した例は知る限り無い。

【研究計画】

病院内でカルテのデータと救急側とのデータを照合し熱中症のデータベースを作成する。救急車を利用せずに、同僚の車やタクシーで救急に来院した場合は救急隊が所持するデータには含まれないため照合はできないが、実際に熱中症により病院の救急を利用した人数には含まれるためデータベースには加える。最初に、消防局の熱中症による救急搬送者数と病院の救急を熱中症で受診した人数の差及び病院到着時の重症度と病院内での重症度の判断の差を明らかにする。さらに時間があれば、熱中症の発症要因が分析できるように発症時の状況をデータベースに加える。

【研究成果】

今年度に入っても、緊急事態宣言が長期間発令され新型コロナ感染者が病院にあふれる状況だったため 10 月中旬位までは横浜労災病院に出入りすることが難しかった。10 月最終週から 2 週間でデータ分析を行った。

過去 10 年間に横浜労災病院の救急を熱中症で受診した約 800 件のカルテをパソコン上で 1 件 1 件開き、熱中症発生に関連する項目をピックアップして、気象データや救急搬送時のデータとリンクしてデータベースを作成する必要があるため時間が必要である。2 週間の研究期間ではデータベース構築はとて不可能であったが、以下の初期の計画の内、①の熱中症により救急車で運ばれた人数及び属性と自力で病院の救急を訪れた人数と属性の比較及び③の熱中症により救急搬送された人の搬送時の重症度と病院での重症度比較を行った。①について

は、11 年分、③については 6 年分の比較を行った。③の残りの 5 年分については横浜労災病院には救急搬送時のデータが残っていないため分析は不可能であった。

結果:①2010~2020 年に横浜労災の救急に熱中症で通院した人は全部で 758 人でありその内救急車で来た人は 320 人であった。10 才区切りでは、5~14 才が最も多く次は 15~24 才であった。時刻では午後から夕方にかけてが最も多かった。その日に帰宅した人のうち救急車で来た割合は 36 %であったが、入院者では救急車の割合が 72 %と 2 倍になった。③病院の最終判断で熱中症だった内、救急車の到着時の記録で熱中症だったのは全体の 61 %で

あった。重症度については、救急隊と病院で等しかったのが 59.4 %、救急隊の方が重かったのが 37.1 %、病院の方が重かったのが 3.5 %であり、救急隊の記録の重症度が病院で判断した重症度よりも重い傾向にあった。

考察:救急隊の熱中症の報告が熱中症の疫学研究に用いられているが、病院のデータと比較すると救急車を利用せずに救急科を通院する人の方が 1.4 倍多く、病院で熱中症と判断したものでも救急では熱中症になっていない件数が約 40 %も占めた。重症度についても 37 %が病院の判断よりも重症に偏って判断されていた。今後、救急隊の熱中症報告の利用の仕方を検討する必要がある。

(3) 作業環境中の測定のためのイオン移動度分析装置の開発

高谷 一成(環境計測研究 G), 萩原 正義(ばく露評価研究部),
的場 史郎(高エネルギー加速器研究機構)

【研究概要】

(1) 背景

労働者が働いている工場などの作業環境では様々な人体に有害な化学物質があふれており、知らず知らずのうちに体内に取り込まれているが、その化学物質ばく露が人間の健康にどのような影響を及ぼすのかはよくわかっていない。

その主な要因は、作業環境中に存在する化学物質の種類多さと健康影響の多様さ、個人によって症状が発現したり、しなかったりすることなどがあげられるが、さらに空気中の化学物質の人へのばく露量を適切に評価することが十分に行われていないためと推察される。

通常個人への化学物質のばく露量を評価するためにはばく露量をばく露経路ごとに推定する。しかしながら現在、化学物質のばく露量評価は、代表的な作業環境を実測するのが最も精度が高く、災害現場の調査などで行われている。しかし、作業環境中の化学物質と一言で言っても気温や空調などによる空気の流れなどによって時々刻々と濃度は変動しており、時には数倍程度変動する事もある。また特定作業による瞬間的な高濃度ばく露なども起こりえる。作業環境中の化学物質の測定については、捕集管に空気中の化学物質を吸着させ、そのち脱着、ガスクロマトグラフィー/質量分析計(GC/MS)で定性、定量をする現行法ではかなり時間がかかり、すぐには空気汚染の実態がつかめないため、リアルな化学物質濃度情報を反映しないことが問題であり、重要な因子を見逃してしまう危険性もある。

(2) 目的

本研究では通常の GC/MS による化学物質分析のように前処理を必要せず、リアルタイムに作業環境中の化学物質を分析できる装置の開発と作業環境測定に特化した分析をするための測定メソッドの作成、また本装置を使用した作業環境調査を実際に行える事を確認する。

イオン移動度分析装置は GC/MS などの質量分析装置と異なり、大気圧中で化学物質の定性、定量分析を行えるため、真空装置を必要としない。そのため、可搬型の分析装置となり作業者が携帯することも可能である。また分析時間がわずか数十秒~数分と非常に短いことや、質量分析装置と異なり、質量数ではなく、幾何学的構造(衝突断面積)によって選別するため、同質量数の化学物質も同定可能であることも特徴として挙げられる。

本研究では労働者に影響を及ぼす事が分かっている化学物質について、従来の GC/MS 分析では困難である短時間ばく露について詳細に分析を行うことが出来る装置の開発を行う。本装置の初期対象化学物質として、特にメチルプロピルケトン及びメチルエチルケトンのリアルタイム分析を行うことを考えている。これらの化学物質は塗料やインキ、接着剤を溶かしたり、アクリル・ウレタン・エポキシ樹脂などの各種洗浄などを行う工場幅広く使用されている。特にメチルプロピルケトンは短時間ばく露量が重要な化学物質であり、このような化学物質についてリアルタイムでモニター出来る装置を開発することは労働衛生や産業衛生の観点からも極めて重要である。こ

れら化学物質以外にもさらに測定対象物質を拡張することを目指し、短時間ばく露により作業従事者の健康に影響を及ぼす化学物質に関する新しい知見を得たいと考えている。

(3) 方法

本研究は作業環境をリアルタイムに分析するためのイオン移動度分析装置を一から作り上げる装置開発研究である。量子化学計算(Gaussian 09W)およびイオン移動度計算ソフト(MOBCAL)により、作業環境中で重要となる分析可能な化学物質について選定を事前に行う。その後、開発した本装置を用いて理論計算により選定した分析対象化学物質について検量線を得て、作業環境中の測定や災害調査に使用出来る事の確認を行う。作業環境調査等の現場での実測を行った上で、本装置の測定精度や感度の評価を行う。改善の必要がある場合はイオン強度を向上させるインターフェースを取り入れる等の改善を図る。また作業環境に特化した装置にするため、作業環境中に存在する化学物質分析を高精度で行うためのメソッドの作成も行っていく。

(4) 研究の特色・独創性

本研究ではリアルタイムモニタリング、化学物質の定性、定量を目的に作業環境中化学物質のばく露評価ツールを開発する。本研究の特徴としては、従来の GC/MS 分析では得ることが困難であった特定作業による短時間ばく露を測定することや、作業環境の化学物質の動向をリアルタイムにモニターすることが可能になるといった点が新しく、本装置は独創的なばく露評価ツールとして十分に期待できる。リアルタイムモニターとして VOC モニターがあるが、測定精度が低いものが多く、そのほとんどは住宅、オフィス、病院などの一般環境中で問題となっている化学物質のみに対応したものである。本装置は作業環境中で重要となる化学物質のばく露評価ツールを開発し提供することを目的としており、労働衛生に対する

研究対象の拡大と多面的な解析が可能になることなどの意義がある。

将来的には本研究は、イオン化部をイオン付着法に変更することでリアルタイムに多成分の化学物質を同時に分析することも可能になり、短時間ばく露が重要となる化学物質に対する網羅的な警報装置、多成分リアルタイムモニタリングなどへの応用も期待でき、特許や製品化も十分に考えられる。

【研究計画】

- (1) 測定対象化学物質を拡張し、様々な作業環境中に存在する化学物質において検量線を得て、測定できるようにする。
- (2) 共存化学物質の有無による測定対象化学物質の分析精度を検証し、共存化学物質が存在しても高精度で測定が行えるように測定手法を開発する。
- (3) 模擬作業を行い、作業中の化学物質濃度をリアルタイムに測定し、実用性や精度の検証を行う。また可能であれば実際の工場などに赴き、作業環境中の化学物質濃度を測定する。

【研究成果】

- (1) 高濃度化学物質の新たな定量法として、ピークシフト量から検量線を得る手法を考案した。本手法により作業環境中に存在する化学物質の検量線を高精度で得ることが可能になり、STEL 測定としてメチルエチルケトン、天井値測定としてトルエンの測定に成功した。
- (2) 実験の結果、共存化学物質が存在しても、プロトン親和力が他の共存化学物質より高ければ測定の精度に問題がないことを確認した。
- (3) 模擬作業実験の結果、定性性、定量性、応答性に問題がなく、作業環境中において化学物質のリアルタイムモニタリングが可能であることを確認した。

(4) 若年労働者の健康リテラシー評価尺度の検討：看護職・介護職対象のフイージビリティ調査

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

【研究概要】

(1) 背景

内閣府「子供・若者の意識に関する調査」によると、30歳未満の約60%の者は離職経験があり、約30%の者は早期離職を経験していた。また、その離職理由としては、心理社会的要因や健康関連要因が大半を占めていた。健康上の理由で離職する割合は、初職

継続期間の短い人ほど高いとの報告もあり、初めての就職後には心と身体の健康の自己管理が重要と考えられる。

また、10年前と比べると、キャリア教育・職業教育を受けた割合が増加しているが、一方で離職割合に劇的な変化がないことから、若年者で未就労時に得た情報や知識を就職後に適切に活かしていない可能性も

ある。労働生活への理解の浸透不足と、就労後早い段階での離職の理由として心理社会的要因や健康上の問題が少なくないことから、就労前に健康に関する全体的なリテラシーを高めておくことによって、就労後の健康問題や仕事場面での対処力の向上と心身の健康につながり、さらには心理社会的要因や健康上の理由による早期離職の防止にもつながると考えられる。

(2) 目的

本研究の最終目標は、若年労働者の心身の疾病予防と心理社会的要因による早期離職率を抑制することである。そのための基盤となる研究として、本研究では若年者を対象とした新たな健康リテラシー評価尺度の開発を目指し、評価尺度の実践的検証から就労前後の健康リテラシーと就労後の心身健康状態、勤務状況(離職兆候含む)との関連性について明らかにすることを目的とする。

(3) 方法

本研究では2つのステップにて研究を進める。

1) ステップ 1: 新たな評価尺度の開発(Web 調査)

新たな評価尺度の項目を決定するために、メンタル、身体的健康、生活習慣、労働生活の質に関する先行研究や既存尺度を参考に、本研究のリテラシーの定義に合わせた多様な評価項目を作成する。次に、作成した質問項目を用いて約1,000名にWebを介した予備的調査(後ろ向きWeb 調査)を行い、実データに基づき妥当な項目を統計理論から決定し、最終的に新たな評価尺度を作成する。調査内容は基本情報(年齢、現在の勤務状況、転職数、離職経験者はその理由等)、健康状態、心の状態(職業性ストレス度等)、初職前のリテラシー状態などで構成し、得られた回答をもとに因子分析を行い評価項目の選定を行う。

Web 調査の設計、参加者の設定条件は以下とする。

<設計・設定条件>

- ・ 調査時点 20 歳以上 30 歳未満
- ・ 初職として医療・福祉業(看護師、介護福祉士)に従事している者
- ・ 男女構成比 1:3
- ・ 勤続年数 1 年未満(新卒)、1-3 年、3-5 年、5 年以上=ほぼ同比

条件設定のうち男女比については業種に占める割合を根拠に設定、年齢については成人年齢を最年少区分とした。

2) ステップ 2: 評価尺度の応用に関する実践的検証(追跡調査)

就職前の若年者を対象にステップ 1 で開発した尺度を用いた縦断調査(前向き追跡調査)を行い、就職前後の心身の不調並びに就労状況との関連性を検証する。就職後の調査は、就職後 6 か月頃を予定。リクルートは看護系並びに医療系の大学、専門学校等を介して募集を行う。

対象は調査開始時点で学生(未就労)約 500 名とし、医療・福祉業(看護師、介護福祉士)への就職予定者とする。男女比は 1:3 を目標とする。就職前の調査(ベースライン調査)では基本特性(年齢、就職先等)、心身の健康状態、健康リテラシー、就労への意欲等、就職後の調査(フォローアップ調査)ではベースライン調査と同様項目のほか、勤務状況等を自己回答式アンケートで調査を行う。得られたデータをもとに就職前のリテラシー度と就職後の心身の健康状態、勤務状況(休暇取得状況、超過勤務時間、離職兆候等)との関連性を解析する。調査データは、対象者が指定の Web サイトにアクセスし、アンケートに回答することにより収集する。

(4) 研究の特色・独創性

本研究の特色は、就労前のリテラシーや就労後の初任者研修などによるリテラシーの変化が、就労後の心身の健康や労働生活の質などに及ぼす影響について検討する点である。また、本研究の独創性は、ステップ 1 にて既に就職している若年労働者を対象に後ろ向きWeb 調査を実施し、その後ステップ 2 にて就労前の若年者を対象に前向きアンケート調査を実施し、これらの2つの調査から総合的に評価尺度を検討する点である。このようなリテラシー評価尺度はこれまでに開発されていないことから、本研究は学術的に挑戦的であり独創性が高いと考える。

【研究計画】

1 回目調査(ベースライン調査)の中間集計ならびに縦断調査(追跡調査)の 2 回目調査(フォローアップ調査・就職後調査)を実施する。2 回目調査は 2021 年 10 月~12 月を予定している。

【研究成果】

令和 3 年度での研究計画に沿い、1 回目調査(ベースライン調査)の中間集計ならびに 2 回目調査(フォローアップ調査・就職後調査)を実施した。研究の社会的背景についてメールマガジンで一般配信したことに続き、研究初年度の Web 調査データを解析し論文にて成果を公表した。

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

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

【研究概要】

(1) 背景

1) 対象とする労働環境:職場における暴言

職場には、その手段や関係性によって様々な種類のハラスメントが存在し、労働安全衛生上、解決すべき重要な問題である。その中でも、職場内の人間関係で生じるパワーハラスメント(以降パワハラという)については本年 6 月に関連する法令の改正が施行され、暴行・傷害といった肉体的攻撃に加え、脅迫や侮辱、暴言などの精神的な嫌がらせがパワハラの類型として厚生労働省より例示されている。日本労働組合総連合会は、2019 年 5 月に 1,000 名の被雇用者に対して実施した「仕事の世界におけるハラスメントに関する実態調査 2019」の結果を発表し、全体の 38 %の労働者が「職場でハラスメントを受けたことがある」と回答したことを明らかにしている。また、職場で受けたハラスメントの行為類型では「脅迫・名誉棄損・侮辱・ひどい暴言などの精神的攻撃」が 41 %を占めており、その他ハラスメント(詳細不明: 42.9 %)やセクシュアルハラスメント(26.7 %)などと並んで、深刻な職場環境が依然存在していることを示している。また先の調査では、暴言などの精神的な攻撃については、上司(589 件中 21.7 %が精神的攻撃、以下同様)や先輩(258 件中 19.4 %)から受けただけでなく、同僚(170 件中 15.3 %)や部下(17 件中 23.5 %)からの攻撃も一定数報告されており、必ずしも職場における上下関係に依らずに存在する幅広い問題であることが示唆されている。

2) 関連する先行研究等

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

る。

一方で、上で紹介したようなこれまでの研究は、パワハラの被害者に対する影響に着目した研究が圧倒的多数であり、パワハラが職場環境の悪化に与える影響に関しては研究が十分であるとは言えない。先行する事例として Tsuno らによる 2018 年の報告(*J Occup Environ Med*, 60 (12):1067-1072)では、パワハラに特有の健康影響として周囲への影響(スピルオーバー効果)に着目し、パワハラが存在がその職場の職員の健康やモチベーションに与える影響を長期的な視点で検証している。2,000 名の地方公務員を 1 年間追跡した結果、職場にパワハラが存在すると回答した職員は追跡調査時にメンタル不調のリスクが高く、離職の意思も高まることが示されている。また、Porath と Erez は、他者に対する暴言をごく短時間目撃するだけで(暴言を直接受けなくても)、作業パフォーマンス、発想力、他者に対する親切さのいずれについても、暴言を受けなかった群と比較して最大で 6 割前後低下することを報告している(*Organ Behav Hum Decis Process*, 109:29-44, 2009)。このように、職場におけるパワハラの直接的な被害者でなくても、労働者の生産性と健康の両面に悪影響を及ぼすことが示されてきている。一方で、長期的な影響の原因を理解し、対策をとるには暴言聴取な即時的な影響も明らかにする必要がある。また、暴言の現場を目撃する人よりも、他者に対する暴言を聞きながら職務に当たる労働者のほうが多いことが想定されるにも関わらず、暴言を聞いてしまうことによる影響に絞った研究も見当たらない。

3) 本研究の対象範囲

本研究では、暴言のパフォーマンスと精神衛生への影響を明らかにするにあたり、パワハラで発せられる暴言が、それを聞いてしまった労働者のパフォーマンスにどのように影響を及ぼすのか検証する。これは特に、音の持つ伝搬性の高さ(≒影響範囲の広さ)に着目したからである。暴言は基本的に被害者に向かって発せられるものである。しかしその場に同席している他の労働者に対しても、音情報である暴言は瞬時に伝播してしまう。顔を背けたり衝立などの遮蔽物を使ったりすれば視覚的な情報については遮断できることもあるが、音情報を遮るのは視覚情報と比較して格段に難しい。したがって、ある職場において暴言を吐いた人と浴びた人がいた場合、その現場を目撃する人よりも聞いてしまう人のほうが多く、音

情報によって影響を受ける人のほうが多いことが考えられる。また、視覚的にネガティブな情報を提示し影響を検証した研究は多く存在するが、聴覚を通してネガティブな情報(今回の場合は暴言)を受け取った時の人の心理生理的反応を検証した研究は比較的少なく、学術的にも研究が求められている分野である。

今回取り組む暴言の影響については、人の認知作業パフォーマンスへの影響を中心に、生理指標と行動指標を用いて検証する。また、暴言への曝露直後の影響だけでなく、その後の回復過程に着目して検証を行う。日本の労働生産性は、調査による差はあるものの先進国の中でも低いレベルにとどまっているとされる。本研究によって、パワハラの撲滅が被害者だけでなく職場全体の生産性を底上げすることを示すことができれば、パワハラ撲滅を啓蒙するうえで関係者に対して特に強い動機付けとなると考えられる。また、ストレス反応を反映する心電指標や皮膚電気反応なども併せて計測することで、音によって受けたストレスとパフォーマンス変化の関係性についても検証する。暴言を聞くことによるストレス、そしてパフォーマンス変化について単一の実験内で検証することで、より詳細に暴言が周囲の傍聴者に与える影響を検証する。

また先行研究より疲労や睡眠不足など特定の状況では、自己の発揮したパフォーマンスに対する認知が実際のパフォーマンスなどと比べてずれてしまうことが知られている(e.g. Dorrian et al. J. Sleep Res 9, 137-144, 2000)。そこで本研究においても、暴言を聞いてしまうことによるパフォーマンス変化が、本人に正確に認知されているかも調査する。自己パフォーマンスの過大評価は事故など安全を直接脅かすが、過小評価でも労働者やサービスの受益者(患者など)の安全を脅かす事態につながりうる。また認知のずれにより、本人が自身の不調に気づくのが遅れるなど、健康面の悪影響も想定される。したがって、暴言などネガティブな音声を聞くことによるパフォーマンス変化が、労働者にどのように認知されているかの検証も、労働衛生上重要な知見を提供すると予想される。

4) 本研究の行政的貢献

厚生労働省を筆頭に政府は職場における種々のハラスメントの防止に取り組んでおり、例えば令和2年厚生労働省告示第5号においてはパワハラの類型に触れるとともに、対策の必要性を強調している。本研究の成果は、パワハラによる職場環境の悪化を通して多くの労働者の健康のみならず生産性をも損なうことを客観的に示すことにより、対策の重要性を

周知し動機づけすることが期待される。また、今後も少なからず生じてしまうであろう暴言の直接的・間接的な被害者に対して、どのようなケアが有効なのか検討する際にも本研究の成果が活用される。

先に紹介したように、改正労働施策総合推進法で事業主にパワハラ防止措置を講じる義務が生じることとなり、職場におけるパワハラは今後解決が進むことが期待されている。このように、労働現場の環境改善には、法的整備が最も基本的な施策として重要な役割を担う。一方で、罰則規定のない法律(令和2年6月1日現在:厚生労働大臣が必要と認めれば助言や指導、勧告が行われることがある)には実効性の問題があり、問題の解決には時間がかかる可能性も指摘されている。また、罰則のある規制でも、事業者によっては如何にパワハラをなくすかではなく如何に規制をかいぐるか、といった反応につながってしまう可能性がある。したがって規制のみでは、事業主やパワハラの加害者にとってパワハラ対策が重要な検討課題として捉えられず、パワハラの撲滅に時間がかかってしまう可能性がある。そこで有効と考えられるのが、雇用主やパワハラ加害者に対して、パワハラの悪影響を啓蒙することである。つまり、パワハラ対策は法律が施行されたから取り組むだけでなく、会社の生産性向上に資する施策として捉えてもらうのである。職場における暴言は、「お前のために俺は怒っているんだ」や「会社のために君を叱っている」など、業務上必要な行為であると正当化される傾向にある。本研究のような実験研究によって、パワハラは企業業績に貢献しないどころか悪影響であることが示されれば、生産性向上にはパワハラの撲滅が有効であることが実証できる。そうすれば既に行われた法令整備と合わせ、雇用主などに対して、パワハラ対策を実施するより強い動機付けとなることが期待される。

(2) 目的

今日のパワハラでは、必要以上の叱責や人格を否定するような暴言といった精神的攻撃が多く見受けられる。そのような暴言にはネガティブな情動情報が含まれており、聞いた人のパフォーマンスに影響することが予想される。そこで本研究では、直接の暴言の被害者ではない労働者が暴言を聞いてしまった場合において、認知作業パフォーマンスに生じる影響およびその回復過程をアンケート調査及び実験を通して検証する。

アンケート調査では、職場でパワハラを受けた経験のみならず、パワハラの現場を目撃してしまった、あるいは聞いてしまった経験に重点を置き、現代社会におけるパワハラの実態について Web 調査を行

う。併せてどのような対策が組織や個人のレベルで採られているのかも調査し、調査対象者の精神的健康、ストレス、生産性などの関連を明らかにする。また、暴言の実態(内容や頻度、加害者と被害者の関係性)についても調査を行うことで、2年目以降に予定している実験室実験へ労働現場の実態を反映することを目的としている。

実験室実験では、1年目のWeb調査で得られた労働現場の実態を可能な限り実験室に再現したうえで、パワハラに含まれる暴言の聴取が、労働者の認知作業パフォーマンスや精神的健康にどのように影響を及ぼすか明らかにする。また、暴言によって落ち込んだパフォーマンスについては、休憩の取り方によってその回復に違いがあるのかを検証する。また暴言のパフォーマンスへの影響は、客観的な手法で評価するだけでなく実験参加者に対する簡易的なインタビューを通じた主観的な手法でも評価を行う。これによって、パワハラを聞いてしまった人が感じ取った影響と、実際に生じた影響(作業効率)の間に齟齬があるかについても明らかにする。

(3) 方法

1) 実験デザイン

Webを活用したアンケート調査と、実験室実験の2本立てで実施する。Web調査では、実際の労働現場における暴言の実態と影響を調査するだけでなく、世間の実態を実験研究に反映するために実施する。実験室実験では、暴言に曝露したのち複数の休憩条件の下で実験を実施する。認知作業パフォーマンスを反映するとされている複数の課題を実施して作業パフォーマンスを評価するとともに、課題中の生理値も計測して脳活動への影響や暴言に対する生体反応と作業パフォーマンスとの関連を検証する。

2) Web調査

職場における暴言と取られている対策に関しての情報収集と実験室実験への実態反映を目的として、3ヵ年計画の1年目にオンライン調査を実施する。

・調査対象者

オンライン調査会社にモニター登録されている被雇用者500名程度。予算の効率的な執行のため、当研究所の労働災害(精神障害)データベースから特に具体的出来事No.29「(ひどい)嫌がらせ、いじめ、または暴行を受けた」の該当数や該当率が高い業種(金融業、卸売・小売業、製造業など)の労働者に絞った調査を行う。また、調査の実施に当たっては現場の産業保健スタッフの協力を得ることも検討している。

・調査内容

■属性(性別・年代・業種・職種)

■自身のパワハラ被害(類型・関係性・相談など)

■自身が見聞きしたパワハラ被害(同上)

■自身や所属組織でとっている対策

■精神的健康・ストレス・労働生産性に関する質問項目

・解析方法

回答の記述統計の算出によって、職場に存在するパワハラ(特に暴言)の現状を把握するとともに、どのような対策が労働者の健康や生産性を守ることにつながるのか、精神的健康指標や生産性の指標をアウトカムとした回帰分析的手法で明らかにする。

3) 実験室実験

・実験参加者

40から60名の男女を予定している。

・実験の流れ

実験室実験は、1.前夜の睡眠に関する質問回答(自宅)、2.実験室での実験、3.実験当夜の睡眠に関する質問回答(自宅)の3要素で構成される。1と3の質問回答については、睡眠の前後に睡眠の質や量に関する質問にオンラインフォームで回答してもらう。2の実験については以下に詳述する。

実験室に参加者が到着したら、実験の説明と同意書による実験参加の同意確認ののち、電極等の装着を行う。実験室に入った後は、練習として本番実験で実施する各課題を体験してもらう。本番ではまず、事前計測(ベースライン:BL)としてすべての課題を実施し課題パフォーマンスと生理指標を計測する。続いて曝露フェーズとして、Web調査をもとに作成した暴言の音声聞きながら、BLと同様の課題を実施し指標の計測も行う(曝露中データ)。その後、曝露後フェーズとして2回、同様の計測(曝露後データ1,2)を実施したのちに休憩をとる。この休憩については、後述するように3条件設けることで暴言聴取からの回復過程におけるより良い休憩方法を検証する。休憩条件は、年齢と性別を統制したうえでランダムに割り当てを行う。休憩後は曝露後計測をさらに6セッション(曝露後データ3~8)実施し、計測3回ごとに休憩を挿入する。最後の休憩ののちに最後の計測(曝露後データ9)を計測し、実験終了とする。暴言を聞くなど実験参加者には心理的負荷がかかることが予想されるため、すべての実験が終了したら実験内容に関する十分な事後説明(ディブリーフィング)を実施する。

・休憩の条件

■単独条件(PC画面を通じて休憩を指示し、緊急時を除いて実験者との交流はない)

■通話条件(実験者と音声通話を通じて休憩を指

示し、加えて感想の聴取やその他雑談を行う)

- 対面条件(実験室内に実験者も入室し、感想の聴取やその他雑談を行う)

・ 取得予定の各指標

■ 生理指標

- ▶ 脳波(最大 13 ch 現有品を活用): 事象関連電位で課題に関連した脳活動を計測する
- ▶ 心電図(脳波計の機能を活用): 心拍変動解析で自律神経系の活動を計測する
- ▶ 皮膚電気活動(機器調達あるいは借用): ストレス反応の指標として精神性発汗を計測する

■ 行動指標(予備実験の段階で課題は入れ替えることがある: PC プログラムで取得)

- ▶ Go Nogo task: 脳の基本的な認知機能である行動抑制や注意の持続を反映する。情動を含む顔画像の影響を受けることが知られている
- ▶ Psychomotor vigilance task (PVT): 持続的注意(覚醒度)の評価に広く用いられている
- ▶ 計算課題: 数的処理のパフォーマンス指標として広く用いられている

■ その他指標(質問紙など)

- ▶ NASA-TLX(NASA Task Load Index): メンタルワークロードの評価に用いられている質問紙
- ▶ STAI (State-Trait Anxiety Inventory): 不安をあまり変化しない特性不安と、状況によって変化する状態不安の 2 側面から評価する質問紙
- ▶ POMS (Profile of Mood States): 変動する気分や精神状態を評価する質問紙。緊張、抑うつ、怒り、活気、疲労、混乱などの下位尺度で構成される
- ▶ PANAS (The Positive and Negative Affect Schedule): ポジティブ情動およびネガティブ情動の尺度から気分を評価する質問紙。教示を工夫することで現在の気分を評定できる

4) 統計処理

各指標について、実験条件とフェーズを要因とする二元配置分散分析を行う。必要に応じて、ノンパラメトリックな手法も活用する。多重比較補正は Holm 法を用いて行う。

(4) 研究の特色・独創性

本研究は特に、パワハラの直接の被害者ではなくその周囲への影響に着目した点、およびその媒体として音環境に着目した点において独創性がある。また、質問紙や簡単な課題を用いて影響を評価する研究が多い中、実験的手法を用いて暴言の影響を

客観的に評価する点、および暴言による影響のみならず影響を受けた後の回復過程に着目した点が特色である。

【研究計画】

(1) Web 調査の結果解析・対外公表

令和 2 年度末に調査会社より回答を受け取って解析を開始するが、主たる解析は令和 3 年度に実施する。また、得られた成果については、逐次学会発表や論文等を通して対外的に公表することとする。

(2) 実験室実験

Web 調査や文献調査の結果を踏まえて、実験室実験を行う。特に実施課題等の準備は年度のはじめから取り組むことで、スムーズに本実験に移行できるようにする。事前評価時の計画では暴言の影響についてその回復過程に着目して検証を行うこととしていたが、文献調査等により直接的に暴言の影響を評価する必要が強く示された。そこで判定会議のコメントも踏まえ、予備実験では実験プロトコルに現実の問題を反映するような修正を適宜加えながら実施する。

【研究成果】

令和 3 年度は、令和 2 年度に実施した Web 調査の解析及び令和 3 年 12 月に実施した追跡調査の準備を行った。

(1) 昨年度実施した Web 調査の結果解析

職場におけるハラスメントの中でも、精神的攻撃の一類型である暴言に着目し、実態の把握のために行うものである。令和 2 年の 12 月末に実施した Web 調査の有効回答数は 800 件で、320 件ほどの暴言の実例を収集することができた。

ロジスティック回帰分析を用いて、暴言の直接的聴取に加え間接的な聴取とうつ傾向の関連を解析したところ、間接的な聴取でも統計的に有意な関連が示された。これは、従来想定されていた範囲に加え、より広い範囲に暴言が影響を及ぼしていることを示唆する結果である。また、睡眠の質に及ぼす影響に着目した解析でも、うつリスクほど強い関連ではなかったが、一部統計的に有意な関連が示された。暴言の実例については MeCab 等のテキストマイニングツールを用いた解析を行った。バカ/アホなどの単語が多く観測されたが、悪い遅いなどの形容詞も一定数観測されており、今後そういった単語の修飾先等も検討する予定である。

(2) Web 調査の追跡調査への切り替え

(1) で述べた結果は横断調査の結果であり、暴言被害とうつリスクの関連について言及できる範囲は限られる。そこで、実験室実験が新型コロナウイルス感染症の影響で実施困難なこともあり、横断調査で

留める予定であった Web 調査を縦断調査として発展させることとした。令和 2 年実施の調査で示唆された暴言被害とうつや睡眠障害リスクについて、追跡調査を行うことで縦断的に検証した。

質問票の内容は初回調査と同一とし、2 年目(令和 3 年度)の 12 月に実施した。前回調査の有効回答者全員に対して再度の調査参加を依頼したところ、初回調査の有効回答者 800 名のうち、500 名(追跡率 62.5%)から回答を得ることができた。追跡調査

の解析及び成果発表は最終年度である令和 4 年度に予定している。

(3) 実験室実験

新型コロナウイルス感染症の状況が前年度よりも更に悪化したため、予備実験を含む全ての実験室実験を中止している。最終年度である来年度に実験室実験を行う可能性は残しつつ、後述するように Web 調査の内容を発展することで本研究の目的を達成する方向を主として検討している。

(6) 在宅勤務者の作業環境および姿勢・動作を評価する指標の開発とその妥当性の検証

杜 唐慧子(人間工学研究 G), 岩切 一幸(同), 外山 みどり(同), 時澤 健(同), 小山 冬樹(同)

【研究概要】

(1) 背景

令和 2 年春から広まった新型コロナウイルス感染症の影響により、多くの者が在宅勤務を強いられるようになった。また、政府が推進する働き方改革においても、在宅勤務を含むテレワークが推奨されている。在宅勤務は、通勤負担がなくなるといったメリットがある一方で、オフィスのように十分な作業環境を整えることができないといったデメリットがある。これまでは、比較的、テレワークのシステムや作業環境が整った者のみが在宅勤務を行ってきた。しかし、新型コロナ禍においては、システムや作業環境が整っていない者までも在宅勤務となっている。このような者は、個々の生活スタイルにおいて、本来適切ではない姿勢や動作において仕事をしていると思われる。厚生労働省は Web ページ「自宅等でテレワークを行う際の作業環境整備」において、在宅勤務時の椅子、机、照明、空調に関する推奨値などを示している。しかし、そのような推奨値を確保するのは容易ではない。その様な中、生活スタイルに合わせた様々な在宅勤務環境が労働者の身体的負担や疲労感にどのような影響を与えるのか、またそれをどのように評価すべきなのかを検討することは有用と考える。

(2) 目的

そこで本研究では、在宅勤務者の作業環境および姿勢・動作を評価する指標を作成し、その妥当性を検証することを目的とする。

(3) 方法

まず実験室実験において、作業環境や姿勢・動作を評価する指標を提案する(以下、研究①と記載)。事前のヒアリング調査(以下、事前調査と記載)により、在宅勤務で行われている代表的な作業環境

や姿勢・動作をピックアップし、実験条件を設定する。実験条件は、例えば、食卓・椅子を用いた椅座位姿勢にてデスクトップ PC を使用、テーブル・ソファを用いた椅座位姿勢にてノート PC を使用、こたつ台を用いた床に座る姿勢にてノート PC を使用などとする。

実験参加者には、実験条件ごとに 1 時間の VDT 作業を行わせる。測定項目は、首、肩・腕、腰などの 3 次元的な動作角度および動作の変化頻度、肩と腰部の筋電図(僧帽筋と脊椎起立筋)、心拍数、主観評価などとする。3 次元的な動作角度およびその変化頻度は、予め測定した動作範囲および生理学的・主観的な評価を元に数値化する。例えば、首の角度の場合、ニュートラルな直立姿勢時の角度を基準にし、そこからの可動域限界角度を測定する。その間の角度を、先行研究などをもとに、ニュートラルゾーン(0 度～可動域の約 50%)、エラスティックゾーン(可動域の約 50%～可動域限界値)などに分類して、作業時の姿勢を点数化する。点数は 100 点を満点とし、点数化する項目は首の角度、肩・腕の角度、腰の角度、僧帽筋の筋電図、脊椎起立筋の筋電図、心拍数、各部位の主観評価などとする。これにより、各条件における平均点数と標準偏差を算出し、例えば、食卓と椅子を用いた椅座位姿勢においてデスクトップ PC を使用する場合の評価得点を確定する。

動作角度の測定に関しては、従来の磁気式または慣性式センサーなどを用いる予定だが、より計測の便利さと精度を上げるため、位置情報を取得する全世界測位衛星装置(GNSS: Global Navigation Satellite System)を実験参加者に装着し、探索的にそれらの装置が人の姿勢変化や動作を捉えられるか検証する。

次いで、在宅勤務者 200 名を対象に、アンケート調査により、在宅勤務時の椅子・机、作業姿勢、動作の有無、使用 PC(ノート/デスクトップ)、作業時間、パフォーマンス、自覚症状(首、肩・腕、腰などの負担感や疲労感)、身体パラメータ(身長、体重)などを調査する(以下、研究②と記載)。在宅勤務時の椅子・机と作業姿勢は、研究①の結果をもとに点数化する。自覚症状またはパフォーマンスの結果を従属変数、在宅勤務時の椅子・机と作業姿勢の結果を数値化したもの、動作の有無、作業時間、身体パラメータを独立変数として、重回帰分析により、各係数を算出する。これは、200 名中 150 名に対して行い、残りの 50 名には 150 名のデータで得られたモデルを当てはめてその妥当性について検討する。

以上のことにより、作業環境や姿勢・動作が在宅勤務者の身体的負担や疲労感へ与える影響を評価する指標の完成を目指す。さらには、評価指標に基づいて作業環境や姿勢・動作の改善策を提案し、小規模の介入研究により、評価指標の効果を検証する。

(4) 研究の特色・独創性

本研究の特色は、在宅勤務者の作業環境や姿勢・動作を系統的に評価する指標を提案することである。現在、在宅勤務者の作業環境を人間工学的な視点から評価する指標はなく、とりわけ様々な生活スタイルに合わせた内容のものもない。また、本研究では、萌芽的な研究として GNSS センサーを用いた人の姿勢や動作を測定するウェアラブルセンサーの有効性についても検討する。バイオメカニクス研究の分野においては、今後、個々の詳細なデータ収集に加え、簡便かつ大量のデータ収集と系統的な分析が求められる。GNSS センサーによる姿勢や動作の測定は、船やトラクターなどの乗り物に関しては応用されているが、人の姿勢や動作には用いられていない。もしこれが実現すれば、在宅勤務以外の労働現場などにも応用することができ、ビックデータの収集ツールとして有用と考える。

【研究計画】

(1) 研究①: 実験室実験

令和 3 年度には、15 名程度の被験者実験を実施する。計測した実験データは、早々に解析し、評価指標(案)を作成する。具体的には、実験で測定した 3 次元角度を、基本的な姿勢から得られた基準値および可動域と比較して、先行研究で明らかにされている体に負荷のかかる関節角度の範囲に到達したか否かを検討する。その後、関節角度の程度を点数化する。また、筋電図および心拍数の値も体に負荷となる値であるか否かを判定し、点数化する。

(2) 研究②: アンケート調査

調査内容は、個人的な基本情報(性別、年齢、身長、体重、同居の有無など)に加え、在宅勤務時の作業環境(机・椅子)、作業姿勢・動作、作業内容、作業時間、作業効率(パフォーマンス)、自覚症状(首、肩・腕、腰などの負担感や疲労感)などとする。調査対象者は、200 名の在宅勤務者(男女、20 代～50 代)とする。アンケート調査で得られた作業環境(椅子・机)と作業姿勢は、研究①の結果をもとに点数化する。この点数と動作の有無、作業時間、身体パラメータを独立変数とし、自覚症状またはパフォーマンスの結果を従属変数として、重回帰分析を行う。これは、200 名中 150 名に対して行い、残りの 50 名には 150 名のデータで得られたモデルを当てはめてその妥当性について検証する。これらにより、在宅勤務時の作業姿勢・動作、作業環境の問題点を気づかせて改善に導く自己評価ツール(案)を作成する。

【研究成果】

(1) 研究①: 実験室実験

実験室実験では、21 名(男性 10 名、女性 11 名)を被験者とした。各被験者には、種類の異なる机、椅子、電子端末を組み合わせ計 12 の実験条件を設けて、30 分間の電子資料の閲覧および入力作業を行わせた。実験では、基本姿勢および作業中の首、肩、腰の関節角度、作業中の筋電図、心電図(心拍数)、およびストレスと疲労に関する主観評価を測定した。本実験で得られた結果は、日本人間工学会第 62 回大会において発表し、Industrial Health 誌に投稿している。

さらに、評価指標(評価モデル)を作成するために、実験で測定した 3 次元角度を、基本姿勢から得られた基準値および関節可動域と比較して、先行研究で明らかにされている体に負荷のかかる関節角度の範囲に到達したか否かを検討した。その後、関節角度の程度と主観評価の値に基づいて、体にかかる負荷を検討し、作業条件を点数化した。筋電図と心拍数に関しては、解析途中ではあるが、いずれの作業条件とも差がないと思われた。

(2) 研究②: アンケート調査

AIG 総合研究所と共同にて、在宅勤務を行っている AIG 社員に対してアンケート調査を行った。当初は、200 名程度の参加予定であったが、約 4,700 名分のデータが収集できた。調査内容は、個人的な基本情報(性別、年齢、身長、体重)に加え、在宅勤務時の作業環境(机・椅子・端末)、作業姿勢・動作、作業内容、作業時間、作業効率(パフォーマンス)、自覚症状(首、肩・腕、腰などの負担感や疲労

感)などとした。現在は、データ解析を進めており、また回答者へのフィードバック資料を作成している。

(7) 低濃度有機溶剤蒸気に関する作業環境測定のための固体捕集剤の研究

安彦 泰進(環境計測研究 G)

【研究概要】

(1) 背景

労働安全衛生法に基づく作業環境測定における有機溶剤蒸気の濃度測定では、より低濃度での正確な測定への関心が近年持たれている。この測定のための代表的な固体捕集剤として用いられている活性炭は、有機溶剤の種類や濃度によって捕集後の抽出の効率(脱着率)が好ましくなく、測定精度に影響を生じることが以前から指摘されている。一方、シリカゲルは乾燥剤としても多用される親水性の物質であり、極性有機化合物(水溶性のあるアルコール類など)の蒸気の測定に有効であるとして、疎水性の活性炭を補う捕集剤として利用されているが、これらの有効な使い分けについての詳細は未だ不明な点が多いのが現状である。

(2) 目的

平成 30 年度までに実施した基盤的研究 N-F28-03 では、ごく低濃度の領域(作業環境評価基準に定められる管理濃度としておよそ 10 分の 1 以下)ではむしろ活性炭捕集剤のほうが高い抽出効率(脱着率)を示すアルコール類の事例が見られ、この精度の良い測定のためには活性炭捕集剤のほうが有効である可能性を示す結果となった。これより逆に、上記の低濃度領域で活性炭捕集剤での脱着率が低い有機化学物質に対しては、シリカゲル捕集剤のほうが有効となる可能性がある。そこで本研究では、双方の捕集剤の相互の効果的な利用に向けて、これらの実態の解明をさらに進めることを目的とする。

(3) 方法

「作業環境測定ガイドブック」においては、活性炭ならびにシリカゲル双方の捕集管の測定対象として全く同じ有機溶剤の表が示されており、双方の効果の違いについては触れられていない。そこで目的に記載した考えを元に、複数の有機化学物質に対して、特に管理濃度の 10 分の 1 以下の領域での双方の捕集剤の脱着率測定についての対照実験を進める。測定方法は実際の作業環境測定における有機溶剤成分の吸着・抽出により近い状態を実現する、直接添加法を採用する。対象とする有機溶剤の選定については後述の研究計画に記載する。

(4) 研究の特色・独創性

作業環境測定でのサンプリングのための吸着材

料の研究は、大学・研究機関等での取り組み自体が非常に少ない。特に材料系の研究者には労働環境は研究対象としてほとんど意識されておらず、今後も取りあげられる可能性は小さい。また、本研究では活性炭やシリカゲル個々の試料での有機溶剤蒸気の吸着・脱着性能において新しい学術・実用的知見を得ることが期待される。加えて、各捕集剤の低濃度領域での脱着率の詳細を明らかとすること自体も、実用上有益な情報となる。

【研究計画】

作業環境評価基準において取り上げられるアルコール類(イソブチルアルコール、イソプロピルアルコール、メタノール、メチルシクロヘキサノールなど)について、管理濃度としておよそ 10 分の 1 以下の低濃度領域での活性炭捕集剤とシリカゲル捕集剤での脱着率測定の対照実験を行う。各捕集剤は日本国内での代表的な捕集管製品から取り出したものを使用し、使用重量を統一したうえで室温(25℃程度)での測定を行う。

【研究成果】

本研究での有機溶剤成分の測定実験において中心的役割を担う装置であるガスクロマトグラフ(島津製作所 GC-14B PST, 2003 年 2 月購入)に令和 2 年度後半より不調が見られるようになり、その後データの取得に支障が生じる状態となった。本装置は既にメーカーの製造販売とユーザーサポートが共に終了している一方、稼働しない場合には本研究の進行は不能のため、中止も視野に入れつつ消耗品の全交換や可能な個所の清掃をはじめとした復旧のための修繕・調整の作業を進めた。結果としてデータの取得に問題のない程度に状態の回復が見られたため、2021 年 10 月よりあらためて実験を再開している。本年度予定していた各実験は現在進行中であるが、本年度の計画に関連した当初の学会発表の予定は取りやめることとして進捗の回復に努める方針である。

ガスクロマトグラフの回復に向けた作業の間は、前年度までに実施した基盤的研究(N-F31-02 など)の成果に基づく、呼吸保護具(防毒マスク)の除毒剤に関する国内学会発表や論文発表を実施し、これらの成果公表のまとめとした。

(8) 個人騒音ばく露測定導入に向けた騒音測定・評価方法の構築と個人騒音ばく露計の試作

山口 さち子(環境計測研究 G), 柴田 延幸(同),
大屋 正晴(リオン株式会社), 中市 健志(同), 佐藤 成(同)

【研究概要】

(1) 背景

令和 4 年度の「騒音障害防止のためのガイドライン(平成 4 年 10 月 1 日付け基発第 546 号)」見直しに向けて、令和 3 年度に騒音障害防止のためのガイドライン見直しのための検討会が予定されている。これまで同ガイドラインが施行されてから 25 年以上の間、同ガイドラインがリスト化している騒音ばく露作業場および騒音が高いと思われる作業に関する見直しや A 測定と B 測定からなる現行の騒音作業場の管理方法の問題点等が指摘されてきたが、その本質は、騒音ばく露作業の多様性および作業内容によっては起こり得る作業員動線の複雑さにもかかわらず、日本独自の「場の管理」だけで作業員の騒音ばく露管理をすることの限界である。

当該ガイドラインの見直しでは、個人ばく露測定の必要性の検討とその導入方法が論点となる。しかし、これまで我が国における騒音ばく露管理は「場の管理」であったため、騒音の個人ばく露測定の導入にあたっては、測定・評価方法の構築およびそれを実現するうえで必要となる機能や実用性を備えた騒音個人ばく露計の開発が必要である。

(2) 目的

本研究の目的は、「場の管理」と併用方式となる可能性を想定したうえでの騒音の個人ばく露測定・評価方法を構築するとともに、それを実現するうえで必要となる機能・実用性を備えた個人騒音ばく露計を共同研究先企業の力を借りて開発することである。

(3) 方法

1) 個人騒音ばく露計の試作開発および作業現場における実用性の検討

「場の管理」と併用方式となる可能性を想定したうえで、以下の計画にしたがって実施する。

- ・ 必要な表示・演算・管理機能の検討(安衛研)
- ・ 個人騒音ばく露計の試作開発(企業側)
- ・ 実験室(人工耳を有するマネキンおよび被験者を使用)及び騒音作業場での装置特性(指向性、過大評価・過小評価の可能性など)の検討(安衛研および企業の共同実施)
- ・ 作業現場における実用性(取付位置や形状等)の検討(安衛研)
- ・ 騒音作業場(例、高熱、騒音源が移動する等)での実用性の実験的検討

2) 耳内装着型ばく露計の開発と、実用性の検討

1)の装置では作業時の装着に制約が生じる場合を考慮し、耳内装着型ばく露計を試作開発し、その実用性を検討する。本ばく露計は、聴覚保護具としての機能も見込まれることから、1)と同様の検討に加えて、実験室実験(人工耳を有するマネキンおよび被験者を使用)にて遮音性の検討および従来測定との比較検討(測定精度や補正の必要性等)も行う。

3)「場の管理」と併用方式における騒音の個人ばく露測定・評価方法を構築

1), 2)の結果を踏まえて、「場の管理」と併用方式となった場合の騒音の個人ばく露測定・評価方法を構築するとともに、注意すべき点等を明らかにする。

(4) 研究の特色・独創性

本研究では、令和 4 年度に予定されている「騒音障害防止のためのガイドライン」の見直しに向けて、現在開発途上にある「新型個人騒音ばく露計」および「耳内装着型個人騒音ばく露計」を用いて、論点となる個人ばく露測定の導入方法(測定および評価方法)を検討することを目的とする。職業性騒音のばく露許容基準は、大半の国々で 85 dBA・8 時間を基準としているが、測定および評価方法は国・地域によって異なる。このため、本研究で得られる成果をもとに我が国の騒音ばく露管理に適した測定方法および評価方法を構築して、ガイドライン改定にフィードバックすることを特色とする。また、現在開発途上の「耳内装着型個人騒音ばく露計」は遮音性との両立を目指すものであり、独創性が高い。

【研究計画】

(1) 個人騒音ばく露計の試作開発および作業現場における実用性の検討

個人騒音ばく露計に必要な表示・演算・管理機能を検討したうえで、それらを反映させた個人騒音ばく露計の試作を企業側にし、その完成を待って以下の実験を実施する。

事前にマネキンを用いて、装着位置による誤差と試適位置について検討を行う。

続いて、企業と共同で実験室(人工耳を有するマネキンおよび被験者を使用)及び騒音作業場において、装置特性及び実用性の実験的検討を行う。既存評価法(A 測定、B 測定)との差異、装置特性(指向性、過大評価・過小評価の可能性など)、作業性への影響を検討する。これにより、現場で使用する際の注意点などの情報を得る。

(2) 耳内装着型ばく露計の開発と、実用性の検討

(1)の装置では作業時の装着に制約が生じる場合を考慮し、耳内装着型ばく露計を試作開発し、その実用性を検討する。本ばく露計は、聴覚保護具としての機能も見込まれることから、(1)と同様の検討に加えて、実験室実験にて遮音性の検討および従来測定との比較検討も行う。

具体的には人口耳を有するマネキンで騒音伝達性(あるいは遮蔽性)をホワイトノイズで評価した後、ランダムノイズや実際の工具の音を用いて同様の検討を行う。また、ヒトボランティアで遮音性について評価する。更に、マネキンを用いて測定精度や補正の必要性等のばく露評価のための基礎的検討を行う。

【研究成果】

(1) 個人騒音ばく露計の試作開発および作業現場における実用性の検討

個人騒音ばく露計に必要な表示・演算・管理機能について、企業と打ち合わせを行った。現在試作機の完成を待っているところである。

騒音作業場1社において、予行調査として既存評価方法(A測定及びB測定)を実施した。騒音源は鋼板パンチング加工、レーザ加工であり、1回のせん断作業は約6分間実施され、素材の移動、次の素材のセッティングに5,6分を要する。作業者は1名(耳栓装着)で周囲に他3,4名(耳栓なし)が常時溶接の作業を行っている作業場であった。騒音計 NL-52

(リオン社製)を用いて、騒音源を基準に A 測定 6 点、B 測定 1 点について、1 測定点 10 分で測定した。その結果、A 測定では騒音源に最も近い箇所でも 89.5 dB(A)であったほか、周囲の溶接作業者のいる場所においても騒音は 85 dB(A)を超過しており、事業所全体が騒音作業場であることが明らかとなったため、事業所に報告し改善提案を行った。今後は、試作機と既製品の個人騒音ばく露計を用いて、小規模の騒音事業所で本調査を予定している。

(2) 耳内装着型ばく露計の開発と、実用性の検討

耳内装着型ばく露計の試作開発の予備実験として、既成の耳栓との遮音性比較を行った。無響室内で人工耳を有するマネキンに数種類の既成品耳栓(シリコン、ウレタン×2)、イヤマフ、自社製耳栓を装着し、マネキンから 100 cm 離れた位置に設置したスピーカーより耳元で 60~100 dB となるよう 125 Hz ~ 8 kHz のバンドノイズを発生させ、人工耳内での音の減衰量から耳栓による遮蔽量を測定した。その結果、既成のウレタン耳栓が最も遮蔽性能がよいことから今後、騒音職場で行う実験にはウレタン耳栓を採用するが、騒音レベルによっては over protection(過剰の防護によりコミュニケーションが障害されること)が生じるためシリコン耳栓も使用の候補とすることとした。

II. 調査研究成果の普及・活用に関する資料

1. 国内外の労働安全衛生の基準制定・改定への科学技術的貢献

表 2-1 国内の行政・公的機関に設置された委員会等への委員等としての参画

委員会等の名称	
1)	厚生労働省 2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会大会施設工事安全衛生対策協議会幹事会
2)	厚生労働省 災害防止対策費補助事業(中央労働災害防止協会)厚生労働省によるリスクアセスメント指針(3指針)に関する研修等の実施状況と事業場における当該研修等の活用状況に関する調査研究委員会
3)	厚生労働省 大規模建設工事計画審査委員会
4)	厚生労働省 薬事・食品衛生審議会取扱技術基準等調査会
5)	厚生労働省 フォークリフト安全技術に関する懇談会
6)	厚生労働省 設計・施工管理を行う技術者等に対する安全衛生教育の支援事業検討委員会
7)	厚生労働省 設計・施工管理技術者向け安全衛生教育支援事業の検討会
8)	厚生労働省 安全で安心な店舗・施設づくり推進運動の広報及び運動習慣定着支援等事業(第三次産業安全衛生対策関係)に係る技術審査委員会
9)	厚生労働省 外国人労働者安全管理支援事業(外国人在留支援センター)に係る総合評価落札方式技術審査委員会
10)	厚生労働省 職場における安全衛生意識の啓発のための広報事業に係る総合評価落札方式技術審査委員会
11)	厚生労働省 外国人労働者安全管理支援事業(安全衛生教育教材の作成)に係る技術審査委員会
12)	厚生労働省 行動災害(転倒・腰痛等)の減少を図る対策の在り方に関するヒアリング
13)	厚生労働省 職域における転倒・腰痛予防の広報事業一式に係る技術審査委員会
14)	厚生労働省 「見える」安全活動コンクール優良事例選考委員会
15)	厚生労働省 エイジフレンドリー補助金に係る評価委員会
16)	厚生労働省 労災疾病臨床研究事業費補助金 事前・中間・事後評価委員会
17)	厚生労働省 既存不適合機械等更新支援補助金に係る評価委員会
18)	厚生労働省 墜落制止用器具の買取試験事業に係る総合評価落札方式技術審査委員会
19)	厚生労働省 墜落制止用器具の買取試験評価委員会
20)	厚生労働省 労働政策審議会、同安全衛生分科会、同じん肺部会
21)	厚生労働省 職場における化学物質等の管理のあり方に関する検討会、同リスク評価ワーキンググループ
22)	厚生労働省 安全衛生に係る優良事業場、団体又は功労者に対する厚生労働大臣表彰選考委員会
23)	厚生労働省 厚生労働科学研究費補助金(労働安全衛生総合研究事業) 事前・中間・事後評価委員会
24)	厚生労働省 化学物質の健康診断に関する専門委員会(委託事業)
25)	厚生労働省 職場における化学物質管理におけるばく露管理値の検討に係る専門家会議
26)	厚生労働省 化学物質の簡易リスクアセスメント手法開発等事業 技術審査委員会
27)	厚生労働省 化学物質による労働者の健康障害防止措置に係る検討会及び管理濃度委員会
28)	厚生労働省 建設業における化学物質対策のあり方に関する検討委員会
29)	厚生労働省 橋梁等における塗料剥離除去作業ばく露評価委員会
30)	厚生労働省 ばく露モニタリング検討会
31)	厚生労働省 ばく露管理値検討会
32)	厚生労働省 化学物質のリスク評価検討会、同ばく露評価小検討会
33)	厚生労働省 トンネル建設工事における粉じん対策調査業務に係る技術審査委員会
34)	厚生労働省 有害物ばく露防止対策補助金(溶接ヒューム)間接補助事業者の公募に係る評価委員会
35)	厚生労働省 騒音障害防止のためのガイドライン見直しに関する検討事業に係る総合評価落札方式技術審査委員会
36)	厚生労働省 フィットテスト測定機器購入補助金(間接補助金)に係る補助事業者(執行団体)の公募間接補助事業者の公募に係る評価委員会

委員会等の名称

- 37) 厚生労働省 防毒電動ファン付き呼吸用保護具の構造規格の策定に向けた調査研究事業に係る総合評価落札方式技術審査委員会
- 38) 厚生労働省 建築物の解体・改修等における石綿ばく露防止対策等検討会
- 39) 厚生労働省 安衛法 GLP 査察
- 40) 厚生労働省 有害性評価原案作成委員会
- 41) 厚生労働省 変異原試験等結果検討委員会
- 42) 厚生労働省 職場における化学物質のリスク評価推進事業 有害性評価書原案作成グループ
- 43) 厚生労働省 脳・心臓疾患の労災認定の基準に関する専門検討会
- 44) 厚生労働省 化学物質の発がん性に関する医学的知見の収集に係る調査研究に係る総合評価落札方式技術審査委員会
- 45) 厚生労働省 精神障害の労災認定の基準に関する専門検討会
- 46) 厚生労働省 医療勤務環境改善マネジメントシステムに基づく医療機関の取組に対する支援の充実を図るための調査・研究委員会
- 47) 厚生労働省 長時間労働医師への面接指導実施に係る研修の準備に関する調査・研究事業有識者委員会
- 48) 厚生労働省 ストレスチェック制度の効果検証に係る調査等事業委員会
- 49) 厚生労働省 発散防止抑制措置特別実施許可に関する専門家会合
- 50) 厚生労働省 厚生科学審議会
- 51) 厚生労働省 化学物質による労働者の健康障害防止措置に係る検討会
- 52) 厚生労働省 行動災害(転倒・腰痛等)の減少を図る対策の在り方に関する有識者ヒアリング
- 53) 厚生労働省 行動災害の減少を図るための方策検討ワーキンググループ
- 54) 厚生労働省 第三次産業労働災害防止対策支援事業に係る総合評価落札方式技術審査委員会
- 55) 厚生労働省 小売・社会福祉施設の労働災害防止対策に関する厚生労働省と労働安全衛生総合研究所の連携のあり方検討会
- 56) 国土交通省 建設機械施工の自動化・自律化協議会
- 57) 内閣府 食品安全委員会 肥料・飼料等専門調査会
- 58) 内閣府 食品安全委員会 農薬第四調査会
- 59) 総務省 公害等調整委員会
- 60) 総務省 情報通信審議会
- 61) 総務省消防庁 特殊消火設備の設置基準等に係わる検討部会ワーキンググループ
- 62) 農林水産省 農作業安全検討会安全性検査基準検討部会乗用型トラクター分科会
- 63) 農林水産省 農作業安全検討会安全性検査制度検討部会
- 64) 環境省 熱中症対策の総合的な推進に係る検討会
- 65) 人事院 労働基準監督官採用試験
- 66) 人事院 心の健康づくり指導委員会職場環境改善ワーキンググループ
- 67) 東京消防庁 警防業務事故再発防止対策検討部会
- 68) 東京消防庁 第25期火災予防審議会
- 69) 消費者庁 消費者安全調査委員会
- 70) GHS 関係省庁会議 国連 GHS 専門小委員会への対処検討会
- 71) GHS 専門家小委員会
- 72) GHS 分類関係者連絡会議
- 73) GHS 海外情報の収集及び整理に関する検討委員会
- 74) 東京都 環境影響評価審議会
- 75) 東京都教育委員会 ストレスチェック委託調査
- 76) 東京都医師会 産業保健委員会
- 77) 大阪商工会議所 メンタルヘルス・マネジメント検定委員会
- 78) 埼玉県 化学物質対策専門委員会
- 79) 静岡県 診療用放射性同位元素(RI)審査会
- 80) 静岡市 診療用放射性同位元素(RI)審査会

委員会等の名称

- 81) 厚木市 セーフコミュニティ職場(労働)の安全対策委員会
- 82) 郡山市 原子力災害対策アドバイザー
- 83) 日本学術会議 電気電子工学委員会 URSI 分科会医用生体電磁気学小委員会
- 84) 中央労働災害防止協会 リスクアセスメント指針に関する調査研究委員会
- 85) 中央労働災害防止協会 JISHA 方式適格 OSHMS 認証審査委員会
- 86) 中央労働災害防止協会 倫理審査委員会
- 87) 中央労働災害防止協会 ばく露評価委員会新たな有害性が認められた物質(ナノマテリアル含む)のばく露評価委員会
- 88) 中央労働災害防止協会 ばく露評価委員会保護具等検討委員会
- 89) 中央労働災害防止協会 ばく露評価委員会測定手法検討委員会
- 90) 中央労働災害防止協会 経皮ばく露評価委員会
- 91) 中央労働災害防止協会 疲労蓄積度自己診断チェックリスト見直しに関する検討委員会
- 92) 中央労働災害防止協会 騒音障害防止のためのガイドライン見直し検討会
- 93) 独立行政法人製品評価技術基盤機構 技術専門家
- 94) 独立行政法人労働者健康安全機構 産業保健情報編集委員会
- 95) 独立行政法人労働者健康安全機構 産業保健調査研究検討委員会
- 96) 独立行政法人労働者健康安全機構 福島産業保健総合支援センター 産業保健相談員
- 97) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 ナノテクノロジー標準化国内審議委員会
- 98) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 ISO/TS 12901-2:2014 に関する JIS 原案作成委員会
- 99) 建設業労働災害防止協会 震災復旧・復興工事の労働災害防止対策の提言会議
- 100) 建設業労働災害防止協会 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に係る建設需要に対応した労働災害防止対策事業、同運営委員会
- 101) 建設業労働災害防止協会 ICT を活用した労働災害防止対策のあり方に関する検討委員会
- 102) 建設業労働災害防止協会 自然災害からの復旧・復興工事安全衛生確保支援事業にかかる運営委員会
- 103) 建設業労働災害防止協会 労働災害防止のための ICT 活用データベース申請審査委員会
- 104) 陸上貨物運送事業労働災害防止協会 陸上貨物運送業における荷役作業の安全対策に関する検討会
- 105) 陸上貨物運送事業労働災害防止協会 業務実績評価委員会
- 106) 公益財団法人安全衛生技術試験協会 労働安全コンサルタント試験委員会
- 107) 公益財団法人安全衛生技術試験協会 作業環境測定士試験委員会
- 108) 公益財団法人安全衛生技術試験協会 作業環境測定士幹事試験員(金属類)
- 109) 公益財団法人安全衛生技術試験協会 評議員
- 110) 公益財団法人本建築衛生管理教育センター 粉じん計較正技術委員会
- 111) 公益社団法人産業安全技術協会 防爆構造電気機械器具の買取試験事業評価委員会(厚生労働省委託事業)
- 112) 公益社団法人産業安全技術協会 IEC 認証管理委員会
- 113) 公益社団法人産業安全技術協会 医療用感染防護具の安全性、耐久性、適正使用に係る研究班
- 114) 公益社団法人産業安全技術協会 医療用手袋の効率的な備蓄方法に関するワーキンググループ
- 115) 公益社団法人産業安全技術協会 呼吸用保護具の性能の確保のための買取り試験の実施に係る評価委員
- 116) 公益社団法人産業安全技術協会 防毒電動ファン付き呼吸用保護具の有効性等に関する調査研究事業」に関する検討会
- 117) 公益社団法人全国火薬類保安協会 国際化対応事業委員会
- 118) 公益社団法人日本看護協会 看護労働委員会
- 119) 公益社団法人日本看護協会 日本看護サミット 2021 実行委員会
- 120) 公益社団法人日本作業環境測定協会 デザイン・サンプリングの実務(C, D 測定編)編集委員会
- 121) 公益社団法人日本作業環境測定協会 石綿分析技術評価事業検討委員会
- 122) 公益社団法人日本医師会 医師の働き方検討委員会
- 123) 公益社団法人全日本トラック協会 過労死等防止計画フォローアップワーキンググループ委員会
- 124) 公益社団法人日本保安用品協会 呼吸用保護具選択・使用・保守管理基準等検討委員会

委員会等の名称

- 125) 公益社団法人日本保安用品協会 呼吸用保護具フィットテスト実施マニュアル等検討委員会
- 126) 公益社団法人日本保安用品協会 ISO/TC 94/SC13 委員
- 127) 一般財団法人地方公務員安全衛生推進協会 地方公務員の安全衛生上の課題に関する総合的な調査研究委員会作業部会(公立学校職場における安全衛生管理体制に関する研究チーム)
- 128) 一般社団法人日本粉体工業技術協会 粉じん爆発委員会
- 129) 一般社団法人日本ロボット工業会 サービスロボットタイプ別安全性等標準化調査専門委員会・産業用ロボット安全性ワーキンググループ
- 130) 一般社団法人住宅生産団体連合会 工事CS・安全委員会
- 131) 一般社団法人全国登録教習機関協会 低圧電気取扱い業務等に係る特別教育のテキスト作成委員会
- 132) 一般社団法人日本ボイラ協会 技術委員会
- 133) 一般社団法人日本ボイラ協会 温水ボイラーの規制区分の見直し検討事業における専門委員会
- 134) 一般社団法人日本ボイラ協会 取扱・制御委員会
- 135) 一般社団法人日本マグネシウム協会 消火器開発委員会
- 136) 一般社団法人セーフティグローバル推進機構 ロボット委員会・セーフティアドバイザリーボード
- 137) 一般社団法人仮設工業会 くさび緊結式足場の組立て及び使用に関する技術基準改正委員会
- 138) 一般社団法人仮設工業会 技術委員会
- 139) 一般社団法人仮設工業会 承認審査委員会
- 140) 一般社団法人仮設工業会 単品承認審査委員会
- 141) 一般社団法人仮設工業会 認定検査審査委員会
- 142) 一般社団法人真空工業会 CS 委員会
- 143) 一般社団法人日本クレーン協会 技術審議委員会
- 144) 一般社団法人日本クレーン協会 機能安全分科会
- 145) 一般社団法人日本クレーン協会 クレーン委員会
- 146) 一般社団法人日本クレーン協会 材料評価分科会
- 147) 一般社団法人日本クレーン協会 設計原則検討委員会
- 148) 一般社団法人日本クレーン協会 ロープ委員会
- 149) 一般社団法人日本クレーン協会 移動式クレーン委員会
- 150) 一般社団法人日本トンネル技術協会 ITA 小委員会 展示 WG
- 151) 一般社団法人日本建設機械施工協会施工技術総合研究所 建設機械の安全装置に資する技術部会
- 152) 一般社団法人日本鋼構造協会 鋼構造と風研究小委員会
- 153) 一般社団法人日本高圧力技術協会 リスクベースメンテナンス(RBM)本委員会、同専門研究委員会 ワーキンググループ 1A
- 154) 一般社団法人日本高圧力技術協会 圧力設備規格審議会
- 155) 一般社団法人日本電気協会 電気安全関東委員会
- 156) 一般社団法人日本電気協会 電気安全全国連絡委員会
- 157) 一般社団法人日本電気協会 澁澤賞受賞者選考委員会
- 158) 一般社団法人日本電設工業協会 電設工業展製品コンクール審査会
- 159) 一般社団法人日本溶接協会 原子力研究委員会 SPN2 小委員会
- 160) 一般社団法人日本溶接協会 安全衛生・環境委員会
- 161) 一般社団法人日本溶接協会 WES 9009-2 溶接、熱切断及び関連作業における安全衛生 第2部:ヒューム及びガス 改訂原案作成委員会・分科会
- 162) 一般社団法人日本溶接協会 安全環境委員会
- 163) 一般社団法人日本溶接協会 電気溶接機部会 EMF 対応 WG
- 164) 一般社団法人日本溶接協会 電気溶接機部会アーク・抵抗溶接機 EMF 調査検討 WG IEC 62822-3
- 165) 一般社団法人埼玉県環境検査研究協会 高齢労働者安全衛生対策機器実証事業
- 166) 一般社団法人産業環境管理協会 ISO/TC 146(大気)国際標準化対応委員会、同 WG2 分科会
- 167) 一般社団法人日本医学会連合 労働環境検討委員会
- 168) 一般社団法人日本化学工業協会 LRI 学術諮問会議

委員会等の名称

169)	一般社団法人日本機械学会 ISO/TC 108/SC4 国内委員会
170)	一般社団法人日本電機工業会 省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業 ドップラーライダーによる風況観測技術の確立に係る風車音測定法分科会(経済産業省委託事業)
171)	一般社団法人産業環境管理協会 公害防止管理者等国家試験問題調査員
172)	一般社団法人日本音響学会 音響規格委員会、同 ISO/TC 43/SC 1 専門委員会
173)	一般社団法人日本労働安全衛生コンサルタント会 広報委員会
174)	一般社団法人日本海事検定協会 危険物等海上輸送国際基準検討委員会危険物 UN 対応部会(国土交通省委託事業)
175)	一般財団法人日本海事協会 NK 救命艇基準改正検討会
176)	一般社団法人日本人間工学会 ISO/TC 159/SC5/WG1、同 WG4、同 WG1+4 分科会
177)	一般社団法人日本人間工学会 ISO/TC 159 国内対策委員会
178)	一般社団法人日本電気計測器工業会 JIS B 7922 素案作成委員会
179)	日本水処理工業株式会社 石綿障害予防規則に基づく事前調査のアスベスト分析マニュアル等の改訂等事業検討委員会(厚生労働省委託事業)
180)	テクノヒル株式会社 ラベル・SDS 活用促進事業 A(相談・訪問)に係る検討会(厚生労働省委託事業)
181)	テクノヒル株式会社 ラベル・SDS 活用促進事業 B(普及・教育)に係る検討会(厚生労働省委託事業)
182)	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 化学物質安全対策に関わる GHS 分類検討委員会(経済産業省委託事業)
183)	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 外国人労働者安全管理支援事業(安全衛生教材の作成)VR教材作成検討委員会(厚生労働省委託事業)
184)	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 外国人労働者安全管理支援事業(安全衛生教材の作成)重量物取扱に係る安全衛生教育教材作成ワーキンググループ(厚生労働省委託事業)
185)	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 外国人安全衛生管理支援事業 めっき作業に係る安全衛生教育教材作成ワーキング(厚生労働省委託事業)
186)	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 卸売・倉庫に係る安全衛生教育教材作成ワーキンググループ(厚生労働省委託事業)
187)	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 簡易リスクアセスメント手法検討委員会(厚生労働省委託事業)
188)	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 化学設備に係る新たな検査手法の検討事業検討会(厚生労働省委託事業)
189)	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 化学物質管理支援事業に関わる GHS 分類検討委員会(厚生労働省委託事業)
190)	みずほリサーチ&テクノロジーズ株式会社 塗装に係る安全衛生教育教材作成ワーキンググループ(厚生労働省委託事業)
191)	高圧ガス保安協会 事故調査解析委員会(経済産業省委託事業)
192)	高圧ガス保安協会 高圧ガス試験委員会化学チェック分科会
193)	日本エヌ・ユー・エス株式会社 化学物質の内分泌かく乱作用に関連する総合的調査・研究業務に係る検討委員会(環境省委託事業)
194)	日本石灰協会 事例編集委員会
195)	労働安全衛生総合研究所 可燃性液体塗料用静電ハンドスプレイ装置の安全要求および試験方法に関する指針作成委員会
196)	株式会社富士通総研 トラック運送業の労働時間等に係る問題解決につながる意見交換会(厚生労働省委託事業)

表 2-2 国際機関に設置された委員会等への出席

	委員会等の名称	担当研究員
1)	ISO/TC 199/WG6(機械類の安全性:安全距離と人間工学)第 18, 19 回国際会議(Web 会議)	齋藤 剛
2)	ISO/TC 39/SC10/WG1(工作機械の安全性:動力プレス)第 23 回国際会議(Web 会議)	齋藤 剛
3)	ISO/TC 39/SC10/WG3(工作機械の安全性:旋盤)第 13 回国際会議(Web 会議)	齋藤 剛

委員会等の名称	担当研究員
4) ISO/TC 199/WG12(機械類の安全性:人と機械との接触に係る安全データ)第16回国際会議(Web会議)	齋藤 剛
5) IEC/TC 31 SC-31M(Web会議)	大塚 輝人
6) IEC/TC 31(Web会議)	大塚 輝人
7) OECD WPEA(ばく露評価ワーキングパーティー) OEL サブグループ(Web会議)	小野真理子
8) ECOSOC Sub-Committee of Experts on the Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals(Web会議)	小野真理子
9) OECD WPHA/WPEA(有害性評価/ばく露評価ワーキングパーティー) Meeting of the Occupational Biomonitoring project(Web会議)	小野真理子
10) UN ECOSOC SCEGHS(国連GHS 専門家小委員会)(Web会議)	城内 博
11) ICOH Science committee(Thermal Factor)(Web会議)	上野 哲
12) ISO/TC 43(音響)総会(Web会議)	高橋 幸雄
13) ISO/TC 43/SC 1(騒音)総会(Web会議)	高橋 幸雄
14) ISO/TC 43/SC 1/WG 67 会議(Web会議)	高橋 幸雄
15) ISO/TC 108/SC4 国際会議(Web会議)	柴田 延幸

表 2-3 労働安全衛生の国内外基準の制定にかかわる委員会等への委員としての参画

委員会等の名称	担当研究員
1) 公益社団法人立体駐車場工業会 JIS B 9991 改正原案作成委員会・分科会	池田 博康
2) 公益社団法人産業安全技術協会 IEC Ex システム国内審議委員会	大塚 輝人
3) 一般社団法人日本高圧力技術協会 圧力設備規格審議会	佐々木哲也
4) 一般社団法人日本高圧力技術協会 圧力容器規格委員会、同幹事会	山際 謙太
5) 一般社団法人日本クレーン協会 JIS 原案作成分科会(移動式クレーン)	山口 篤志
6) 一般社団法人日本クレーン協会 JIS 原案作成委員会	佐々木哲也
7) 一般社団法人日本溶接協会 化学機械溶接研究委員会 WES 2820 改正ワーキンググループ	山口 篤志
8) 一般社団法人日本溶接協会 JIS C 9300-6 原案作成委員会	三浦 崇
9) 一般社団法人日本電気協会 需要設備専門部会、同低圧分科会	遠藤 雄大
10) 一般社団法人日本海事検定協会 危険物等海上運送国際基準検討委員会	板垣 晴彦
11) 一般社団法人日本電機工業会 第31小委員会	大塚 輝人
12) 一般社団法人日本人間工学会 ISO/TC 159/SC3 (Anthropometry and biomechanics) 国内分科会	大西 明宏 菅間 敦
13) 一般社団法人日本電気制御機器工業会 国際標準化委員会	北條理恵子
14) 一般社団法人日本電気制御機器工業会 Safety 2.0 認定委員会	北條理恵子
15) 一般社団法人日本機械工業連合会 ISO 11161 委員会	北條理恵子
16) 一般財団法人日本規格協会 協調安全に係る国際標準化分科会	北條理恵子
17) 一般社団法人全国登録教習機関協会 ガス溶接業務講師養成研修(初任時)委員会	八島 正明
18) 高圧ガス保安協会 リスクアセスメント基準検討分科会	島田 行恭
19) 高圧ガス保安協会 多孔質物性能試験委員会	板垣 晴彦
20) 機械の安全対策の強化に向けた検討委員会ワーキンググループ	北條理恵子
21) ISO/TC 199/WG3(統合生産システム)	清水 尚憲 北條理恵子
22) IEC/TC 31(防爆)	大塚 輝人
23) International OSH coalition (Web会議)	北條理恵子
24) UN ECOSOC SCEGHS(国連GHS 専門家小委員会)日本代表団	城内 博
25) OECD WPMN(ナノ材料ワーキングパーティー) SG8(ばく露の測定と低減)	小野真理子
26) OECD WPEA(ばく露評価ワーキングパーティー) SG12	小野真理子
27) ISO/TC 146/SC2	鷹屋 光俊
28) ISO/TC 283 国内審議委員会	吉川 徹

委員会等の名称	担当研究員
29) ISO/TC 108/SC4	柴田 延幸
30) ISO/TC 43/SC 1, 同 WG 17, 同 WG 67	高橋 幸雄
31) International Congress on Occupational Health Scientific Committee (Thermal Factor)	上野 哲
32) ISO/TC 159/SC5(人間工学－物理環境)	齊藤 宏之

2. 研究調査の成果一覧

1) 刊行物・出版物

表 2-4 原著論文として国際誌(英文等)に公表された成果

国際誌(英文等)に公表された論文名
1) Rieko Hojo, Shigeo Umezaki, Chiemi Kan, Shoken Shimizu, Kyoko Hamajima, Tsuyoshi Saito, Hiroyasu Ikeda, Atsushi Endo and Naotaka Kikkawa (2021) Application of ISO/IEC Guide 51 to COVID-19 infection control for the occupational safety, <i>Industrial Health</i> , 59, 5, pp.318-324.
2) Gonzalo Barrios, Kentaro Uemura, Naotaka Kikkawa, Kazuya Itoh, Tam Larkin, Rolando Orense and Nawawi Chouw (2021) Dynamic response of stand-alone and adjacent footing on saturated sand, <i>Soil Dynamics and Earthquake Engineering</i> , Vol.143, April 2021, 106584, pp.1-18. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779820307197
3) Naotaka Kikkawa, Sinya Ito, Akihiro Hori, Kikuo Sakai and Nobutaka Hiraoka (2021) Punching fracture mechanism and strength formula of early-age shotcrete, <i>Tunnelling and Underground Space Technology incorporating Trenchless Technology Research</i> , Vol.110, April 2021, 103765, pp.1-17. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0886779820307197
4) Qun Zhou, Cai Liang, Kwangseok Choi, Gaoqiang Zhang, Jiawei Hu, Xiaoping Chen and Jiliang Ma (2021) Understanding influence of metal protrusion on electrostatic discharge in conical-cylindrical silo based on electric field simulation. <i>Advanced Powder Technology</i> , Vol.32, Issue 8, pp.2781-2790.
5) Milad Taghavivand, Poupak Mehrani, Andrew Sowinski and Kwangseok Choi (2021) Electrostatic charging behaviour of polypropylene particles during pulse pneumatic conveying with spiral gas flow pattern. <i>Chemical Engineering Science</i> , Vol. 229, 116081.
6) Atsushi Sugama, Akihiko Seo (2021) Analysis of postural instability in the upright position on narrow platforms and the interactions with postural constraints, <i>Sensors</i> , Vol.21, No.11, 3909. https://doi.org/10.3390/s21113909
7) Takeshi Yamaguchi, Kei Shibata, Hiromi Wada, Hiroshi Takehi and Kazuo Hokkirigawa (2021) Effect of foot-floor friction on the external moment about the body center of mass during shuffling gait: a pilot study, <i>Scientific Reports</i> , Vol.11, 12133, pp.1-11.
8) Toshiaki Nishi, Takeshi Yamaguchi, Kei Shibata, and Kazuo Hokkirigawa (2021) Friction behavior between an artificial skin block and a glass plate under unlubricated and partly/completely water-lubricated conditions, <i>Tribology International</i> , Vol.163, 107179, pp.1-11.
9) Yosuke Nishiwaki, Yoshihiko Sato and Mieko Kumasaki (2021) Stabilization effects of surfactants on aging of Mg powder with ammonium perchlorate in water, <i>Science and Technology of Energetic Materials</i> , Vol.82, No.4, pp.109-114.
10) Kwangseok Choi, Yuki Osada, Wookyung Kim and Teruo Suzuki (2021) Experimental study on electrostatic discharges from metal protrusion inside a silo during continuous loading of polypropylene powder, <i>Powder Technology</i> , Vol.391, pp.362-368.
11) Hosu Choi, Yuki Osada, Teruo Suzuki and Kwangseok Choi (2022) Electrostatic field strength distribution inside metal silo during polypropylene powder loading by computer simulation, <i>Powder Technology</i> , Vol.400, March 2022, 117223.
12) Toshiaki Nishi, Takeshi Yamaguchi, Kei Shibata, Yuhei Ito and Kazuo Hokkirigawa (2022) Wear behavior of thermoplastic urethane for the outer soles of spike shoes, <i>Wear</i> , Vol.490-491, 204105, pp.1-11.

- 13) Nobuyuki Kato, Maromu Yamada, Jun Ojima, Mitsutoshi Takaya (2022) Analytical method using SEM-EDS for metal elements present in particulate matter generated from stainless steel flux-cored arc welding process, *Hazardous Materials*, Vol.424, Part B, 127412.
- 14) Qi Y, Toyooka T, Horiguchi H, Koda S, Wang RS (2022) 2-mercaptobenzothiazole generates γ -H2AX via CYP2E1-dependent production of reactive oxygen species in urothelial cells. *J Biochem Mol Toxicol*. 2022 Mar 13 : e23043. doi: 10.1002/jbt.23043.
- 15) Yuko Hakamata, Shinya Mizukami, Shuhei Izawa, Hisayoshi Okamura, Kengo Mihara, Hilary Marusak, Yoshiya Moriguchi, Hiroaki Hori, Takashi Hanakawa, Yusuke Inoue, Hirokuni Tagaya (2022) Implicit and explicit emotional memory recall in anxiety and depression: Role of basolateral amygdala and cortisol-norepinephrine interaction. *Psychoneuroendocrinology*, Vol.136, p.105598.
- 16) Hiroaki Hori, Shuhei Izawa, Fuyuko Yoshida, Hiroshi Kunugi, Yoshiharu Kim, Shinya Mizukami, Yusuke Inoue, Hirokuni Tagaya, Yuko Hakamata (2022) Association of childhood maltreatment history with salivary interleukin-6 diurnal patterns and C-reactive protein in healthy adults. *Brain Behav Immun*. Vol.101, pp.377-382.
- 17) Ayako Hiyoshi, Yuki Sato, Alessandra Grotta, Katja Fall, Scotte Montgomery (2022) Visual acuity and the risk of cycling injuries: register-based cohort study from adolescence to middle-age. *Epidemiology*, Vol.33, pp.246-253.
- 18) Kazunari Takaya, Masayoshi Hagiwara, Shiro Matoba, Mitutoshi Takaya, Nobuyuki Shibata (2022) A real-time gas monitoring system based on ion mobility spectrometry for workplace environmental measurements, *Ind. Health*, Vol.60, pp.40-46.
- 19) Hiroki Ikeda, Tomohide Kubo, Takeshi Sasaki, Yuki Nishimura, Xinxin Liu, Tomoaki Matsuo, Rina So, Shun Matsumoto, Masaya Takahashi (2022) Prospective changes in sleep problems in response to daily rest period among Japanese daytime workers: a longitudinal web survey, *J Sleep Res.*, Vol.31, No.1, e13449.
- 20) Rina So, Tomoaki Matsuo (2022) Validity of Domain-Specific Sedentary Time Using Accelerometer and Questionnaire with activPAL Criterion, *Int J Environ Res Public Health*, 18 (23), e12774.
- 21) Dong V Hoang, Shamima Akter, Yosuke Inoue, Keisuke Kuwahara, Ami Fukunaga, Zobida Islam, Tohru Nakagawa, Toru Honda, Shuichiro Yamamoto, Hiroko Okazaki, Toshiaki Miyamoto, Takayuki Ogasawara, Naoko Sasaki, Akihiko Uehara, Makoto Yamamoto, Takeshi Kochi, Masafumi Eguchi, Taiki Shirasaka, Makiko Shimizu, Satsue Nagahama, Ai Hori, Teppei Imai, Akiko Nishihara, Kentaro Tomita, Chihiro Nishiura, Maki Konishi, Isamu Kabe, Kenya Yamamoto, Tetsuya Mizoue, Seitaro Dohi (2021) Metabolic syndrome and the increased risk of medically-certified long-term sickness absence: a prospective analysis among Japanese workers, *J Epidemiol*, 2021 Oct 23, doi:10.2188/jea.JE20210185.
- 22) Huan Hu, Ami Fukunaga, Toshitaka Yokoya, Tohru Nakagawa, Toru Honda, Shuichiro Yamamoto, Hiroko Okazaki, Toshiaki Miyamoto, Naoko Sasaki, Takayuki Ogasawara, Naoki Gonmori, Kenya Yamamoto, Ai Hori, Kentaro Tomita, Satsue Nagahama, Maki Konishi, Nobumi Katayama, Hisayoshi Morioka, Isamu Kabe, Tetsuya Mizoue, Seitaro Dohi, Japan Epidemiology Collaboration on Occupational Health Study Group (2021) Non-High-Density Lipoprotein Cholesterol and Risk of Cardiovascular disease: the Japan Epidemiology Collaboration on Occupational Health Study. *J Atheroscler Thromb*, 2021 Oct 23, doi:10.5551/jat.63118.
- 23) Hiroshi Jonai, Mariko Ono, Koichi Hirachi, Michihiro Tanaka, Hiroshi Sohara and Yukihiko Uemura (2021) Transition of chemical management in Japan — Shift to self-regulation and measures for small businesses —, *Ind. Health*, Vol.59, No.5, pp.298-307.
- 24) Shikata Mariko, Toyooka Tatsushi, Komaki Yuko, Ibuki Yuko. (2021) 4-(Methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone-Induced Histone Acetylation via α 7nAChR-Mediated PI3K/Akt Activation and Its Impact on γ -H2AX Generation, *Chem Res Toxicol*, doi:10.1021/acs.chemrestox.1c00287.
- 25) Sang-il Lee, Takeshi Nishi, Masaya Takahashi, Shigekazu Higuchi (2021) Effects of 2-hour nighttime nap on melatonin concentration and alertness during 12-hour simulated night work, *Ind Health*, No.6, pp.393-402.
- 26) Tomohide Kubo, Shuhei Izawa, Hiroki Ikeda, Masao Tsuchiya, Keiichi Miki, Masaya Takahashi (2021) Work e-mail after hours and off-job duration and their association with psychological detachment, actigraphic sleep, and saliva cortisol: a one-month observational study for information technology employees, *J Occup Health*, 63:e12300, doi:10.1002/1348-9585.12300

- 27) Shuhei Izawa, Nagisa Sugaya, Namiko Ogawa, Kentaro Shirotaki, Shusaku Nomura (2021) A validation study on fingernail cortisol: correlations with one-month cortisol levels estimated by hair and saliva samples, *Stress*. Vol.24, No.6, pp.734-741.
- 28) Satoru Ueno, Daisuke Hayano, Eiichi Noguchi, Tohru Aruga (2021) Investigating age and regional effects on the relation between the incidence of heat-related ambulance transport and daily maximum temperature or WBGT, *Environmental Health and Preventive Medicine*, 26, p.116.
- 29) Y. Nakayama, N. Suzuki, H. Nakaoka, K. Tsumura, K. Takaguchi, K. Takaya, M. Hanazato, E. Todaka, C. Mori (2021) Assessment of Personal Relaxation in Indoor-Air Environments: Study in Real Full-Scale Laboratory Houses, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, Vol.18, No.10246, pp.1-13.
- 30) Jonai Hiroshi (2021) Impact of the GHS on Chemical Management in Japan. American Chemical Society, *Chemical Health and Safety, Industrial Health*, Vol.59, No.5, pp.298-307, <http://doi.org/10.1021/acs.chas.1c00032>
- 31) Yosuke Inoue, Shuhei Nomura, Chihiro Nishiura, Ai Hori, Kenya Yamamoto, Tohru Nakagawa, Toru Honda, Shuichiro Yamamoto, Masafumi Eguchi, Takeshi Kochi, Toshiaki Miyamoto, Hiroko Okazaki, Tepei Imai, Akiko Nishihara, Takayuki Ogasawara, Naoko Sasaki, Akihiko Uehara, Makoto Yamamoto, Makiko Shimizu, Maki Konishi, Isamu Kabe, Tetsuya Mizoue, Seitara Dohi. (2021) Loss of Working Life Years Due to Mortality, Sickness Absence, or Ill-health Retirement: A Comprehensive Approach to Estimating Disease Burden in the Workplace, *J Epidemiol*, 2021 Jul 5;31(7): pp.403-409. doi:0.2188/jea.JE20190332. Epub 2021 Jan 13.
- 32) Tin-May Li, Li-Chung Pien, Ching-Chiu Kao, Tomohide Kubo, Wan-Ju Cheng (2021) Effects of work conditions and organizational strategies on nurses' mental health during the COVID-19 pandemic, *Journal of Nursing Management*, pp.1-8, <https://doi.org/10.1111/jonm.134858>.
- 33) Tomohide Kubo, Shun Matsumoto, Takeshi Sasaki, Hiroki Ikeda, Shuhei Izawa, Masaya Takahashi, Shigeki Koda, Tsukasa Sasaki, Kazuhiro Sakai (2021) Shorter sleep duration is associated with potential risks for overwork-related death among Japanese truck drivers: use of the Karoshi prodromes from worker's compensation cases, *Int. archives of occupational and environmental health*, Vol.94, No.5, pp.991-1001.
- 34) Yuki Sato, Kazuyuki Iwakiri, Tomoaki Matsuo, Takeshi Sasaki (2021) Impact of Health Literacy on Health Practices in the Working Life of Young Japanese Nurses and Care Workers, *Ind Health*, Vol.59, pp.171-179.
- 35) Teruhisa Hongo, Michiru Moriura, Yuji Hatada, Hironobu Abiko (2021) Simultaneous methylene blue adsorption and pH neutralization of contaminated water by rice husk ash, *ACS Omega*, Vol.6, No.33, pp.21604-21612.
- 36) Kazuyuki Iwakiri, Midori Sotoyama, Masaya Takahashi (2021) Evaluation of Lifting and Lowering Velocities while Using a Patient Lift for Transfer during Nursing Care, *Int. J. Industrial Ergonomics*, Vol.86, p.103194.
- 37) Hiroki Ikeda, Shun Matsumoto, Tomohide Kubo, Shuhei Izawa, Masaya Takahashi (2021) Relationship between sleep problems and dangerous driving behaviors in Japanese short-haul commercial truck drivers: a cross-sectional survey using digital tachograph data, *Sleep and Biological Rhythms*, Vol.19, No.3, pp.297-303.
- 38) Kenichi Kobayashi, Kazutoshi Yamamoto, Sakae Kikuyama, Yukinobu Tanaami, Takeo Machida, Tetsuya Kobayashi (2021) Delayed postnatal growth and anterior pituitary development in growth-retarded (grt) female mice, *Zoolog Sci* Vol.38, No.3, pp. 238-246.
- 39) Ibuki Yuko, Komaki Yukako, Yang Gang, Toyooka Tatsushi (2021) Long-wavelength UVA enhances UVB-induced cell death in cultured keratinocytes: DSB formation and suppressed survival pathway, *Photochem Photobiol Sci*. 20 (5), pp.639-652.
- 40) Yui Hidaka, Kotaro Imamura, Kazuhiro Watanabe, Akizumi Tsutsumi, Akihito Shimazu, Akiomi Inoue, Hisanori Hiro, Yuko Odagiri, Yumi Asai, Toru Yoshikawa, Etsuko Yoshikawa, Norito Kawakami (2021) Associations between work-related stressors and QALY in a general working population in Japan: a cross-sectional study, *Int Arch Occup Environ Health*, Vol.94, No.6, pp.1375-1383.
- 41) Yuko Hakamata, Shinya Mizukami, Shuhei Izawa, Yoshiya Moriguchi, Hiroaki Hori, Noboru Matsumoto, Takashi Hanakawa, Yusuke Inoue, Hirokuni Tagaya (2021) Childhood trauma affects autobiographical memory deficits through basal cortisol and prefrontal-extrastriate functional connectivity, *Psychoneuroendocrinology*, Vol.127, p.105172.

国際誌(英文等)に公表された論文名

- 42) Humio Maeyatsu, Sayaka Yamaguchi, Sachiko Yamaguchi-Sekino, Takeo Hikichi (2021) Analysis of Facility Policy on Allocating Pregnant Staff for MR Imaging Duty: Comparison of Decision-Making Processes between MR Imaging Duty and Other Alternative Duties, Journal of JART English Edition 2021, pp.6-17.
- 43) Tomoaki Matsuo, Rina So, Kiyoji Tanaka, Chiaki Mukai (2021) High-intensity interval aerobic exercise training (HIAT) in occupational health., Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 10 (3), pp.144-149.

表 2-5 原著論文として国内誌(和文)に公表された成果

国内誌(和文)に公表された論文名

- 1) 玉手聡 (2022) 建設業における労働災害の基礎的分析, 安全工学, Vol.61, No.1, pp.35-44.
- 2) 泉聡志, 中谷起也, 太田仁衣奈, 波田野明日可, 山際謙太 (2021) エレベータ用ワイヤロープの径方向剛性を再現する有限要素モデリング, 日本機械学会論文集, 論文 ID 20-00418.
- 3) 浅野陽一, 富岡純一, 久保田正美, 松本光司, 山口篤志 (2021) 産業用無人航空機の安全性検証手法.安全工学, Vol.60, No.5, pp.333-339.
- 4) 岡部康平, 平田泰久 (2021) AI ロボットが拓く包摂社会への期待, 地域ケアリング, Vol.23, No.8, pp.69-73.
- 5) 日野泰道 (2021) 墜落災害防止対策の動向と今後の課題について～個人用保護具を用いた対策を中心に～, 労働安全衛生研究, Vol.14, No.2, pp.86-96.
- 6) 高橋弘樹, 高梨成次, 堀智仁 (2022) 建築物の解体工事における仮設部材を用いた外壁の転倒防止工法の基礎的な強度実験, 労働安全衛生研究, Vol.15, No.1, pp.13-22.
- 7) 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也 (2021) 深層学習による斜面表層ひずみの異常検知, AI・データサイエンス論文集, Vol.2, No.12, pp.556-567.
- 8) 八島正明 (2021) 産業現場からのガス切断器の回収と調査, 安全工学, Vol.60, No.2, pp.109-120.
- 9) 西脇洋佑, 佐藤嘉彦 (2022) 水とマグネシウム粉末の反応の熱的危険性と水の蒸発潜熱が発熱挙動に与える影響. 労働安全衛生研究, Vol.15, No.1, pp.3-11.
- 10) 長田裕生, 宮林善也, 鈴木輝夫, 崔光石 (2021) 電圧ピークホールド機能を有する CR 並列式静電気放電電荷量測定器の開発, 静電気学会誌, Vol.46, No.1, pp.20-25.
- 11) 崔光石, 崔旻, 柳田建三, 白松憲一郎 (2021) 可燃性液体塗料用静電塗装ガンの着火性評価方法に関する実験的研究, 安全工学, Vol.60, No.2, pp.85-92.
- 12) 長田裕生, 鈴木輝夫, 崔光石 (2021) ハンディータイプ接地確認装置の開発に関する実験的研究, 安全工学, Vol.60, No.3, pp.183-190.
- 13) 遠藤雄大, 崔光石 (2021) 灯油ミスの着火特性の調査, 安全工学, Vol.60, No.3, pp.191-197.
- 14) 榎田英範, 松永武士, 吉原俊輔, 崔光石 (2021) 漏電遮断器における放射免疫ユニティ性能とその対策例について, 労働安全衛生研究, Vol.14, No.1, pp.59-64.
- 15) 松永武士, 吉原俊輔, 鈴木善貴, 柳田建三, 崔光石 (2021) 静電塗装用コントローラの放射免疫ユニティ特性, 労働安全衛生研究, Vol.14, No.2, pp.155-159.
- 16) 三浦崇 (2021) アルゴンガスによるボトル攪拌とホース搬送での静電気の低減, 静電気学会誌, Vol.45, No.2, pp.75-80.
- 17) 遠藤雄大 (2022) 酢酸エステル製の噴霧帯電測定と帯電防止方法の検討, 安全工学, Vol.61, No.1, pp.45-52.
- 18) 遠藤雄大, 崔光石 (2021) 灯油ミスの着火特性の調査, 安全工学, Vol.60, No.3, pp.191-197.
- 19) 高橋明子, 島田行恭, 佐藤嘉彦 (2021) 火災・爆発防止のための化学物質 RA におけるヒューマンエラーの考え方と評価手順の提案, 労働安全衛生研究, Vol.14, No.2, pp.169-176.
- 20) 掛谷幸士朗, 林久資, 鷹屋光俊, 山田丸, 大塚輝人, 吉川直孝, 進士正人 (2022) 非定常 CFD 解析による換気方式の違いによるトンネル建設時の坑内粉じん濃度の変化, 土木学会論文集 F1(トンネル工学), Vol.78, No.1, pp.13-25.
- 21) 松元俊, 久保智英, 井澤修平, 池田大樹, 高橋正也, 甲田茂樹 (2022) トラックドライバーの健康障害と過労状態に関連する労働生活要因の検討, 産業衛生学雑誌, Vol.64, No.1, pp.1-11.
- 22) 後藤知子, 佐藤ゆき (2022) 栄養素摂取量と活力との関連—食物摂取頻度調査を用いた解析—, 宮城学院女子大学生生活科学研究報告, 54, pp.1-7.

国内誌(和文)に公表された論文名

- 23) 齊藤宏之, 澤田晋一 (2022) 電子式 WBGT 測定器における測定誤差の要因とその有効かつ簡便な補正方法の検討, 日本生気象学会雑誌, Vol.58, No.3・4, pp.87-93.
 - 24) 池田大樹 (2021) 日勤労働者における睡眠負債・社会的時差ぼけと勤務間インターバルの関連性, 行動医学研究, Vol.26, No.2, pp.53-57.
 - 25) 後藤知子, 佐藤ゆき (2021) 不眠傾向者の乳製品摂取状況—食物摂取頻度調査を用いた解析—宮城学院女子大学研究論文集, 133, pp.41-58.
 - 26) 國島広之, 吉川徹, 網中眞由美, 遠藤史郎, 菅野みゆき, 豊川真弘, 貫井陽子, 藤田昌久, 森兼啓太, 四柳宏, 和田耕治, 佐藤智明, 青柳哲史, 飯沼由嗣, 泉川公一, 植田貴史, 内山正子, 藤村茂, 美島路恵, 三嶋廣繁 (2021) 新型コロナウイルス感染症診療における医療従事者の針刺し切創についてのアンケート調査: 職業感染制御委員会・臨床研究推進委員会, 日本環境感染学会誌. Vol.36, No.3, pp.179-180.
 - 27) 國島広之, 吉川徹, 網中眞由美, 遠藤史郎, 菅野みゆき, 豊川真弘, 貫井陽子, 藤田昌久, 森兼啓太, 四柳宏, 和田耕治, 佐藤智明, 青柳哲史, 飯沼由嗣, 泉川公一, 植田貴史, 内山正子, 藤村茂, 美島路恵, 三嶋廣繁 (2021) 医療従事者の新型コロナウイルス感染症感染事例についてのアンケート調査: 職業感染制御委員会・臨床研究推進委員会, 日本環境感染学会誌. Vol.36, No.3, pp.181-183.
 - 28) 菅谷渚, 井澤修平, 野村収作 (2021) 新しいストレス評価手法としての毛髪・爪コルチゾールの妥当性, 心身医学, Vol.61, No.6, pp.496-505.
 - 29) 上野哲, 早野大輔, 野口英一, 有賀徹 (2021) 政令指定都市の救急搬送データを用いた仕事場を中心とした熱中症の発生場所別分析, 労働安全衛生研究, Vol.14, No.2, pp.119-128.
 - 30) 高谷一成, 萩原正義, 的場史郎, 鷹屋光俊, 柴田延幸 (2021) 作業環境中に存在する揮発性の化学物質測定のためのリアルタイム分析装置の開発, 労働安全衛生研究, Vol.14, No.2, pp.141-147.
 - 31) 劉欣欣, 池田大樹, 小山冬樹, 高橋正也 (2021) 高年齢層の男性における模擬長時間労働時の血管系反応, 労働安全衛生研究, Vol.14, No.2, pp.149-153.
 - 32) 高田琢弘, 吉川徹, 佐々木毅, 山内貴史, 高橋正也, 梅崎重夫 (2021) 教育・学習支援業における過労死等の労災認定事案の特徴, 労働安全衛生研究, Vol.14, No.1, pp.29-37.
 - 33) 齊藤宏之, 澤田晋一 (2021) 職場の熱中症予防対策に関する最近の話題と課題, 生存科学, Vol.31, No.2, pp.171-184.
-

表 2-6 原著論文に準ずるものとして国際誌(英文等)に公表された成果

国際誌 (英文等) に公表された論文名

- 1) Rieko Hojo, Christoph Bördlein, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki and Shoken Shimizu (2021) Introduction to Behavior-Based Safety for a Quantitative Evaluation of Safety Behavior – For Achievement of Collaborative Safety, Program Book, p-07-01, p.66.
- 2) Rieko Hojo, Chiemi Kan, Yuka Koremura, Christoph Bördlein and Shoken Shimizu (2021) Research on Safety Confirmation and Work Permits for Diversifying Manufacturing - for Well-being of Workers, SIAS, <https://biz.knt.co.jp/tour/2020/10/SIAS2020/book.html>
- 3) Rieko Hojo (2021) Introduction of Task Analysis Table Based on Behaviour-Based Safety for Safer and Optimized Work with Dynamic Risk Assessment, SIAS, <https://biz.knt.co.jp/tour/2020/10/SIAS2020/programme.html>.
- 4) Shoken Shimizu, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki and Rieko Hojo (2021) Dynamic Risk Assessment for Collaborative Safety, Program Book, p-07-05, p.66.
- 5) Seiji Takanashi, Hiroki Takahashi and Tomohito Hori (2021) Experimental study on use of fall prevention members in wall and column demolition, International Structural Engineering and Construction 11, con-05.
- 6) Haruka Mashiko, Naotaka Kikkawa, Nobutaka Hiraoka and Kazuya Itoh (2021) Experimental Study on the Effect of Anisotropic Pressurizing and Unpressurizing the TBM-Segments, Geomate 2021.
- 7) Nobutaka Hiraoka, Naotaka Kikkawa and Kazuya Itoh (2021) Centrifuge Modelling of Slope Failure Due to Groundwater During Excavation, World Landslide Forum 5th, pp.147-155.
- 8) Mana Nishino, Ryosuke Nakajima, Akiko Takahashi and Atsushi Sugama (2021) A Fundamental Study on Easy-to-Understand Work Procedure Manuals for Safety Work in Construction Sites. Proceedings of 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA 2021), pp.79-83.

国際誌（英文等）に公表された論文名

- 9) Atsushi Sugama, Akiko Takahashi and Akihiko Seo (2021) Estimation of perceived hand force during static horizontal pushing tasks using the zero-moment point-based balance control model, Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021), pp.689-696.
- 10) Kei Shibata, Hirotaka Oguni, Hiromi Wada, Tekeshi Yamaguchi and Kazuo Hokkirigawa (2021) Effect of Combining Hydrophobic and Hydrophilic Treatments on Slip Resistance for Wet Flat Glass Flooring, Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association, Springer, Vol.2, pp.682-688.
- 11) Hideki Oyama, Akihisa Watanabe, Hidenori Togami, Hiroyuki Kondo and Kageyu Noro (2021) Fitting a Chair to a Surgeon's Body: Mechanism of a Chair for Ophthalmologic Surgeon in an Operating Room, Proceedings of the 21st Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2021), pp.410-416.
- 12) H. Oyama, R. Hojo and H. Ikeda (2021) Safety checklist for patients with spinal cord injury and helpers using exoskeleton. The 10th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems, July 6th-7th, 2021.
- 13) Yuki Nishimura, Takeshi Sasaki, Toru Yoshikawa, Tomohide Kubo, Tomoaki Matsuo, Xinxin Liu, Masaya Takahashi (2022) Web-based Follow-up Study on Relation Between Work-related Events and Depression in Japanese Workers, the 33rd International Congress on Occupational Health 2022 (ICOH 2022), Safety and Health at Work Vol.13, pp.S297-S298.

表 2-7 査読付き報告等として学会誌等に公表された成果

報告等の名称
1) André Lan, Bertrand Galy, Satoshi Tamate, Tomohito Hori and Nobutaka Hiraoka (2022) Field test of the JNIOSSH Mini Pipe Strain Meter as a safety alert system during trench work. The Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST), Research report, Vol.R-1124-en, pp.1-73.
2) 岡部康平, 平田泰久 (2021) AI ロボットが拓く包摂社会への期待, 地域ケアリング, Vol.23, No.8, pp.69-73.
3) 伊藤誠, 岡部康平, 岩田拓也 (2021) ドローンの先進安全へむけて, 信頼性, Vol.43, No.2, pp.58-64.
4) 板垣晴彦 (2022) 休業 6 カ月以上の労働災害についての分析, 労働安全衛生研究, Vol.15, No.1, pp.37-43.
5) Kazuyuki Iwakiri, Midori Sotoyama, Masaya Takahashi, Xinxin Liu (2021) Changes in risk factors for severe low-back pain among caregivers in care facilities in Japan from 2014 to 2018, Industrial Health, Vol.59, No.4, pp.260-271.
6) 鈴木一弥, 吉川徹, 高橋正也 (2022) 長時間労働による健康障害の自主的な予防活動を支援するツールに関する調査, 労働安全衛生研究, Vol.15, No.1, pp.23-35.
7) 佐藤ゆき, 岩切一幸, 佐々木毅, 吉川徹, 高橋正也 (2022) 事業場におけるパートタイム労働者の定期健康診断実施状況, 産業衛生学雑誌, 63, pp.310-318.
8) 谷直道, 市川富美子, 岩切一幸, 織田進 (2021) 医療・福祉従事者の腰痛リスク評価のための日本語版 MAPO インデックス, 労働安全衛生研究, Vol.14, No.2, pp.195-198.

表 2-8 査読なし総説論文又は解説等として公表された成果

総説論文又は解説等の名称
1) 玉手聡 (2022) 土砂崩壊による労働災害防止のための新たな工学的対策（前編）, 建設の安全, Vol.1&2, No.580, pp.12-15.
2) 玉手聡 (2022) 土砂崩壊による労働災害防止のための新たな工学的対策（後編）, 建設の安全, Vol.3, No.581, pp.8-10.
3) 山際謙太 (2021) 最新のクレーン等の自動運転・遠隔操作について 特集記事の掲載にあたって, クレーン, Vol.59, No.688, p.4.
4) 山際謙太, 緒方公俊, 泉聡志 (2021) ワイヤロープの疲労試験と有限要素解析, 日本機械学会誌 2021 年 12 月号.
5) 北條理恵子, 是村由佳 (2021) 風通し良い職場に「寸劇で解説 独り善がりのリーダーシップ?」, 労働衛生のひろば, Vol.62, No.4, pp.48-49.
6) 北條理恵子, 是村由佳 (2021) 風通し良い職場に「寸劇で解説 根性論・精神論は評価されるべきか?」, 労働衛生のひろば, Vol.62, No.5, pp.48-49.

- 7) 北條理恵子, 是村由佳 (2021) 風通し良い職場に「寸劇で解説 いい人なのになんかおかしい...?」, 労働衛生のひろば, Vol.62, No.6, pp.48-49.
- 8) 伊藤誠, 岡部康平, 岩田拓也 (2021) ドローンの先進安全へむけて, 信頼性, Vol.43, No.2, pp.58-64.
- 9) 岡部康平, 伊藤誠 (2021) 品質関連不正行為への研究会提言についての総括, 品質, Vol.51, No.2, pp.18-24.
- 10) 清水尚憲 (2021) 射出成形機の金型のメンテナンス中に金型の下敷きになって死亡した災害, 安全と健康, Vol.72, No.4, pp.84-86.
- 11) 清水尚憲 (2021) ドラグショベルでつり上げた排気装置のダクトが作業台に激突し、作業者が転落した災害, 安全と健康, Vol.72, No.5, pp.76-78.
- 12) 清水尚憲 (2021) 射出成形機の立体自動倉庫のトラブル処理作業中にはさまれた災害, 安全と健康, Vol.72, No.6, pp.78-79.
- 13) 清水尚憲 (2021) シュレッターのローターの修理中に感電した災害, 安全と健康, Vol.72, No.7, pp.84-86.
- 14) 清水尚憲 (2021) エレベーターの巻上用ワイヤロープが切れ、搬器とともに墜落した災害, 安全と健康, Vol.72, No.8, pp.84-86.
- 15) 清水尚憲 (2021) 麵帯機の攪拌羽根に巻き込まれて死亡した災害, 安全と健康, Vol.72, No.9, pp.84-86.
- 16) 吉川直孝, 大幢勝利, 平岡伸隆, 豊澤康男 (2021) 第 1 回労働安全衛生の観点から見たフロントローディングへの期待, 仮設機材マンスリー, No.439, pp.30-32, 仮設工業会.
- 17) 吉川直孝, 大幢勝利, 平岡伸隆, 豊澤康男 (2021) 第 2 回労働安全衛生の観点から見たフロントローディングへの期待, 仮設機材マンスリー, No.440, pp.21-24, 仮設工業会.
- 18) 吉川直孝, 大幢勝利, 平岡伸隆, 豊澤康男 (2021) 第 3 回労働安全衛生の観点から見たフロントローディングへの期待, 仮設機材マンスリー, No.441, pp.18-22, 仮設工業会.
- 19) 五十嵐広希, 堀智仁, 芳司俊郎 (2021) 産業用ドローンの安全管理の有効性検証, 安全工学, Vol.60, No.5, pp.349-355.
- 20) 板垣晴彦 (2022) 化学産業で発生した爆発火災事例の分析, TIIS ニュース, No.287, pp.4-7.
- 21) 八島正明 (2021) 手動ガス切断器および乾式安全器の回収調査, 溶接技術, Vol.69, No.7, pp.56-60.
- 22) 八島正明 (2021) 特集：テロ災害への対応 前文, 火災, Vol.71, No.2, pp.1-2.
- 23) 八島正明 (2021) 土砂運搬船のガス切断作業中に発生した火災原因調査, 火災, Vol.71, No.6, pp.31-36.
- 24) 大塚輝人 (2021) Web 会議システムによる遠隔教育, セイフティエンジニアリング, Vol.203, pp.21-26.
- 25) 大塚輝人 (2021) 爆発性雰囲気に関する危険箇所の判定, TIIS ニュース, No.286, pp.4-9.
- 26) 佐藤嘉彦, 島田行恭, 高橋明子 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメントにおける簡易シナリオ同定法—事例解析—, 安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.139, pp.23-33.
- 27) 三浦崇 (2021) 統計でみる感電災害の現状, 北海道のでんき, 754 号, 令和 3 年 8 月 13 日, pp.5-13.
- 28) 遠藤雄大 (2021) 静電気による事故・災害の防止, 安全と健康, Vol.22, No.6, pp.544-548.
- 29) 島田行恭 (2021) 化学物質の危険性リスクアセスメント等実施を支援するための取組み, 安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.139, pp.6-9.
- 30) 島田行恭 (2022) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント実施支援, SE 誌, No.206, pp.20-26.
- 31) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメントにおける簡易シナリオ同定法, 安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.139, pp.10-22.
- 32) 大西明宏 (2021) 安全に配慮した改良型ロールボックスパレット (カゴ車), 倉庫, No.158, pp.69-76.
- 33) 大西明宏 (2021) 改良型ロールボックスパレット (カゴ車) のご紹介, 陸運と安全衛生, No.626, pp.3-5.
- 34) 大西明宏 (2021) テールゲートリフターを安全に使用するために, 安全と健康, Vol.72, No.8, pp.28-31.
- 35) 高橋明子, 島田行恭, 佐藤嘉彦 (2021) 火災・爆発防止のためのヒューマンエラー対策の検討, 安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.139, pp.34-41.
- 36) 高橋明子, 島田行恭, 佐藤嘉彦 (2021) 現場作業者の GHS 絵表示の理解度の実態と対策, 安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.140, pp.47-53.
- 37) 柴田圭 (2021) 防ごう転倒災害, 安全衛生のひろば, Vol.62, No. 11, pp.6-15.
- 38) 高木元也 (2021) 高齢者の労働災害防止対策—転倒災害防止その 1, エルダー, No.497, pp.32-35.
- 39) 高木元也 (2021) 高齢者の労働災害防止対策—転倒災害防止その 2, エルダー, No.498, pp.40-43.

- 40) 高木元也 (2021) 高齢者の労働災害防止対策—転倒災害防止その3. エルダー, No.499, pp.40-43.
- 41) 高木元也 (2021) 高齢者の労働災害防止対策—転倒災害防止その4. エルダー, No.500, pp.44-47.
- 42) 高木元也 (2021) 高齢者の労働災害防止対策—転倒災害防止その5. エルダー, No.501, pp.40-43.
- 43) 高木元也 (2021) 高齢者の労働災害防止対策—転倒災害防止その6. エルダー, No.502, pp.40-43.
- 44) 高木元也 (2021) 現場の安全作業の基本その 10: 若年者、未熟練者・外国人, 安全スタッフ, No.2376, pp.34-37.
- 45) 高木元也 (2021) エイジフレンドリーな職場をつくる(1), 安全スタッフ, No.2378, pp.36-39.
- 46) 高木元也 (2021) エイジフレンドリーな職場をつくる(2), 安全スタッフ, No.2379, pp.32-35.
- 47) 高木元也 (2021) 急増する外国人労働者への対応 特集 18 建築生産をアップデートする, 建築雑誌, Vol.136, No.1750, p.33.
- 48) 高木元也 (2021) エイジフレンドリーな職場をつくる—高年齢者の安全と健康を確保するポイント. 労政時報, No.4019, pp.54-62.
- 49) 高木元也 (2021) 熟練作業者の安全問題—熟練ゆえに無理な作業に向かう—, 安全と健康, Vol.72, No.10, pp.17-22.
- 50) Kiyoji Tanaka, Tomoaki Matsuo (2021) JPFMS: Foreword "Global trends in high-intensity interval training (HIIT)", The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 10 (3), pp.127-128.
- 51) 大久保利晃 (2022) 産業保健の発展と産業医 12, 産業医学ジャーナル, Vol.45, No.1, pp.99-106.
- 52) 高橋正也 (2021) 過労死防止法制定7年 現状とこれから. 過労死防止学会誌, Vol.2, pp.52-61.
- 53) 吉川徹 (2022) 呼吸器保護具のフィットテストの背景と制度「厚生労働省告示第286号第3条」と「改正 JIS T 8150:2021 附属書 JD を中心に」, 安全衛生コンサルタント, Vol.42, No.141, pp.32-46.
- 54) 吉川徹 (2022) メンタルヘルス対策に活かす職場環境改善, 安全と健康, Vol.73, No.3, pp.32-36.
- 55) 茂木伸之, 吉川徹 (2022) 日本の教職員の長時間労働と過労死等に影響を与える睡眠およびメンタルヘルスに関するレビュー, 産業精神保健, Vol.30, No.1, pp.36-40.
- 56) 吉川徹, 高橋正也, 久保智英, 時澤健, 外山みどり (2022) 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所 WHO 協力センターとしての最近の取り組み—COVID19 対応を含めて—, 産業医学ジャーナル, Vol.45, No.2, pp.67-69.
- 57) 井上直子 (2022) 海外研究紹介(Journal of Occupational and Environmental Hygiene Vol.18, No.8-9, 2021), 作業環境, Vol.43, No.1, pp.58-62.
- 58) 高谷一成 (2022) 海外研究紹介(Journal of Occupational and Environmental Hygiene Vol.18, No.10-11, 2021), 作業環境, Vol.43, No.2, pp.59-61.
- 59) 城内博 (2021) クイズで覚えるラベル表示第4回 危険性・有害性区分に該当する絵表示と注意喚起語②, 安全衛生のひろば, Vol.62, No.4, pp.26-27.
- 60) 城内博 (2021) クイズで覚えるラベル表示第5回 危険有害性情報と絵表示のリンク①, 安全衛生のひろば, Vol.62, No.5, pp.28-29.
- 61) 城内博 (2021) クイズで覚えるラベル表示第6回 危険有害性情報と絵表示のリンク②, 安全衛生のひろば, Vol.62, No.6, pp.30-31.
- 62) 城内博 (2021) クイズで覚えるラベル表示第7回 危険有害性情報と注意書きのリンク①, 安全衛生のひろば, Vol.62, No.7, pp.30-31.
- 63) 城内博 (2021) クイズで覚えるラベル表示第8回 危険有害性情報と注意書きのリンク②, 安全衛生のひろば, Vol.62, No.8, pp.26-27.
- 64) 城内博 (2021) クイズで覚えるラベル表示第9回 GHS 注意絵表示と業界自主絵表示の例, 安全衛生のひろば, Vol.62, No.9, pp.30-31.
- 65) 城内博 (2021) クイズで覚えるラベル表示第10回 さまざまな法令による表示と色使い, 安全衛生のひろば, Vol.62, No.10, pp.28-29.
- 66) 城内博 (2021) クイズで覚えるラベル表示第11回 GHS ラベルに関する問題, 安全衛生のひろば, Vol.62, No.11, pp.28-29.
- 67) 城内博 (2021) クイズで覚えるラベル表示第12回 GHS ラベルの間違い探し, 安全衛生のひろば, Vol.62, No.12, pp.28-29.

- 68) 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 柳場由絵, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) 産業化学物質の経皮ばく露~皮膚吸収性物質の特徴及び, 各国主要機関の評価等について, 産業医学ジャーナル, Vol.44, No.6, pp.65-72.
- 69) 大久保利晃 (2021) 産業保健の発展と産業医 8 一般社会から見た産業保健, 産業医学ジャーナル, Vol.44, No.3, pp.120-124.
- 70) 大久保利晃 (2021) 産業保健の発展と産業医 9 外国の産業保健, 産業医学ジャーナル, Vol.44, No.4, pp.84-88.
- 71) 大久保利晃 (2021) 産業保健の発展と産業医 10 小規模事業場の産業保健, 産業医学ジャーナル, Vol.44, No.5, pp.80-85.
- 72) 大久保利晃 (2021) 産業保健の発展と産業医 11 外部産業保健専門家, 産業医学ジャーナル, Vol.44, No.6, pp.94-99.
- 73) 高橋正也 (2021) 睡眠に関するエビデンス「システムとマインドセットを変えよう!—医師の働き方改革」, 総合診療, Vol.31, No.10, pp.1257-1259.
- 74) 高橋正也 (2021) 良好な睡眠のための勤務間インターバル, 産業保健 21, Vol.27, No.2, pp.5-7.
- 75) 高橋正也 (2021) 残業減らし余暇生活の充実を, ひろばユニオン, Vol.716, pp.21-23.
- 76) 高橋正也 (2021) 最新の研究データから見る働き方と健康の関連, へるすあっぷ 21, Vol.445, pp.12-14.
- 77) 佐藤ゆき (2021) アクセプトされるためのコツ, 小児保健研究, 80, pp.769-772.
- 78) 高谷一成 (2021) 海外研究紹介(Journal of Occupational and Environmental Hygiene Vol.18, No.6-7, 2021), 作業環境, Vol.42, No.6, pp.52-56.
- 79) 中村憲司 (2021) アーク溶接の種類と溶接ヒュームの発生, 労働衛生工学, Vol.60, pp.17-20.
- 80) 中村憲司 (2021) 建築物等の解体・改修工事等における負圧隔離養生解除時の石綿粉じん濃度測定, 労働衛生工学, Vol.60, pp.21-26.
- 81) 高橋正也 (2021) 第 27 回日本産業精神保健学会 特別講演 I :働き方改革法案と産業精神保健—睡眠医学の見地から, 産業精神保健, Vol.29, No.3, pp.194-199.
- 82) 吉川徹 (2021) 3 密空間とクラスターの形成: 最新版 ICT のための新型コロナウイルスパーフェクトマニュアル 指導&研修に使える!、第 1 章 基礎知識, INFECTION CONTROL (2021 夏季増刊), pp.23-28.
- 83) 吉川徹 (2021) N95 レスピレーター(N95/DS2 マスク)の除染と再利用—新型コロナウイルス感染症流行における世界的な経験から—, 感染と消毒, Vol.28, No.1, pp.26-32.
- 84) 上野哲 (2021) 熱中症のメカニズムと予防法, ガバナンス, Vol.243, July, pp.42-44.
- 85) 齊藤宏之 (2021) 酸素欠乏症による労災事故とその防止対策について, セイフティエンジニアリング, Vol.204, pp.21-26.
- 86) 井上直子 (2021) 海外研究紹介(Journal of Occupational and Environmental Hygiene Vol.18, No.3-5, 2021), 作業環境, Vol.42, No.5, pp.62-65.
- 87) 高谷一成 (2021) 海外研究紹介(Journal of Occupational and Environmental Hygiene Vol.18, No.1-2, 2021), 作業環境, Vol.42, No.4, pp.52-55.
- 88) 山本健也 (2021) ここがポイント! 職場の感染症対策「感染症禍での職場の健康管理」, ヘルスアップ 21, No.438, p.23.
- 89) 山本健也 (2021) ここがポイント! 職場の感染症対策「感染症流行がもたらすポジティブな効果」, ヘルスアップ 21, No.443, p.23.
- 90) 山本健也 (2021) ここがポイント! 職場の感染症対策「経営層に伝えておきたいこと」, ヘルスアップ 21, No.446, p.23.
- 91) 山本健也 (2021) ここがポイント! 職場の感染症対策「これからの世代のために」, ヘルスアップ 21, No.449, p.23.
- 92) 山本健也 (2021) COVID-19 と教員のストレス. 精神科, Vol.38, No.6, pp.708-714.
- 93) 鷹屋光俊 (2021) NATM 山岳トンネル工事現場の切羽付近における粉じん濃度測定, セイフティダイジェスト, Vol.67, No.2, pp.2-11.
- 94) 高橋正也 (2021) 不眠症を公衆衛生からみる, クリニシアン, Vol.68, No.688, pp.26-33.
- 95) 吉川徹 (2021) 新型コロナウイルス対策特集「COVID - 19における積極的疫学調査に産業医はいかに備えるべきか」, 日本産業衛生学会産業医部会会報, 第 27 号, p.20.

総説論文又は解説等の名称

- 96) 吉川徹 (2021) 消毒法の基礎知識 N95 レスピレーター(N95/DS2 マスク)の除染と再利用ー新型コロナウイルス感染症流行における世界的な経験から, 感染と予防, Vol.28, No.1, pp.26-32.
- 97) 吉川徹 (2021) N95 マスク不足で医療現場に何が起きよう対処したのか, NOWOVENS REVIEW (不織布の市場と技術), Vol.31, No.4, pp.2-7.
- 98) 吉川徹 (2021) 特集～過重労働(長時間労働)とメンタルヘルス 特集にあたってー産業保健スタッフのための過重労働防止策に役立つ最新情報ー, 産業精神保健, Vol.29, No.2, pp.90-93.
- 99) 吉川徹 (2021) 特集～医療従事者のための感染予防 COVID-19 流行を機会に自分と仲間を守る職業感染予防技術～職業性感染症の労災補償統計と針刺し切創サーベイランス, 医学のあゆみ, Vol.277, No.6, p.447.
- 100) 吉川徹 (2021) 特集～医療従事者のための感染予防 COVID - 19流行を機会に自分と仲間を守る職業感染予防技術～はじめに, 医学のあゆみ, Vol.277, No.6, pp.471-475.
- 101) 吉川徹 (2021) ～働く人の安全と健康を支える国際ネットワーク～, WHO 協カセンター報告 目で見える WHO 2021 夏号, No.77, pp.14-15.
- 102) 川上澄香, 井澤修平 (2021) COVID-19 流行時の医療従事者のメンタルヘルス, ストレス科学, Vol.35, No.3, pp.261-262.
- 103) 小嶋純 (2021) 溶接ヒュームの気中濃度測定に際しての注意点ー試料空气の採取方法についてー, 安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.138, pp.30-38.
- 104) 齊藤宏之 (2021) 熱中症対策アップデート～WBGTに関する JIS 規格改定と新型コロナ対策を中心に～, セイフティダイジェスト, Vol.67, No.4, pp.2-7.
- 105) 齊藤宏之 (2021) 溶接作業における健康影響に関する研究の最近の動向. 安全衛生コンサルタント, Vol.41, No.138, pp.39-44.
- 106) 齊藤宏之, 武藤剛, 花里真道, 橋本晴男 (2021) 職域室内空間の新型コロナウイルス感染症クラスター阻止を目的とした 3 密定量化と可視化の試みー室内 CO₂ 濃度を推定する換気シミュレーターの構築と実証ー, 産業医学ジャーナル, Vol.44, No.3, pp.35-41.
- 107) 齊藤宏之 (2021) WBGT の活用方法と測定上の注意, 安全と健康, Vol.42, No.4, pp.26-30.
- 108) 齊藤宏之 (2021) 新型コロナウイルス感染症に対する感染予防と健康管理についてー事業者や従業員が行うべき感染防止対策ー, クレーン, Vol.59, No.5, pp.45-49.
- 109) 齊藤宏之 (2021) 熱中症対策アップデート～JIS 規格改定に伴う厚生労働省通達ならびに COVID-19 対策における熱中症対策について～, クレーン, Vol.59, No.6, pp.55-60.
- 110) 井上直子 (2021) 海外研究紹介(Journal of Occupational and Environmental Hygiene Vol.17, No.11-12, 2020), 作業環境, Vol.42, No.3, pp.46-49.

表 2-9 著書又は単行本として公表された成果

著書又は単行本の名称

- 1) 濱島京子ほか (2022) 設計・施工管理技術者向け安全衛生教育支援事業～機械設計編～, 設計・施工管理を行う技術者等に対する安全衛生教育の支援事業(令和3年度厚生労働省委託事業), 第2章 pp.2-5～2-18, 第4章 pp.4-55～4-61.
- 2) 平岡伸隆ほか (2022) 知っておきたい斜面のはなし Q&A2ー斜面の災害に備える, p.171, 土木学会.
- 3) 三浦崇 (2021) 高圧・特別高圧電気取扱者安全必携特別教育用テキスト第2版(改訂), 第1編「高圧または特別高圧の電気に関する基礎知識」, pp.11-45.
- 4) 三浦崇 (2021) 低圧電気取扱者安全必携特別教育用テキスト第2版(改訂), 第1編「低圧の電気に関する基礎知識」, pp.9-39.
- 5) 高木元也 (2021) “エイジフレンドリー”な職場を目指す! 働く高齢者のための安全確保と健康管理, 清文社, pp.1-32.
- 6) 向殿政男, 北條理恵子, 清水尚憲 (2021) 安全四学, pp.1-261, 東京, 日本規格協会.
- 7) Sayaka Kawakami, Sadao Otsuka (2021) Multisensory Processing in Autism Spectrum Disorders, Grabrucker, A. M, Autism Spectrum Disorders, Chapter 4, Brisbane (AU), Exon Publications.
- 8) 吉川徹 (2022) PPE 最新情報: 手指衛生・PPE 着脱・環境整備徹底マニュアル, pp.28-36. MC メディカ出版.

著書又は単行本の名称

- 9) 吉川徹 (2022) 長時間労働が心身の健康に及ぼす影響と地方公務員の過重労働対策, 地方公務員安全衛生推進協会 30 年の歩み (30 周年記念 講演記録・論文集), pp.166-171.
- 10) 西村悠貴 (2022) 生理人類士認定委員会編 新編生理人類士入門, 5.3 節 情動, pp.110-114, 東京, 国際文献社.
- 11) 岩切一幸 (2022) 生理人類士認定委員会編 新編生理人類士入門, 9.6 節 パフォーマンスと疲労の評価, pp.244-247, 東京, 国際文献社.
- 12) 劉欣欣 (2022) 生理人類士認定委員会編 新編生理人類士入門, 労働環境, pp.218-221, 東京, 国際文献社.
- 13) 高橋正也 (2021) 夜勤交代勤務 適正使用のための臨床時間治療学—生体リズムと薬物治療効果—, pp.60-67, 東京, 診断と治療社.
- 14) 吉川徹 (2021) 職場環境とメンタルヘルス:2 職場集団レベルの改善:第 9 章 職場環境の改善 メンタルヘルス・マネジメント検定試験公式テキスト(第 5 版), pp.372-385. 大阪, 大阪商工会議所.
- 15) 吉川徹 (2021) ラインによるケアとしての職場環境改善:改善の方法:職場環境改善の評価および改善の方法メンタルヘルス・マネジメント検定試験公式テキスト(第 5 版), pp.135-152. 大阪, 大阪商工会議所.
- 16) 城内博 (2021) 国連危険物輸送勧告改訂 21 版, 第 I 巻, 第 II 巻, 化学工業日報社.
- 17) 吉川徹 (2021) 森晃爾総編集 産業保健マニュアル改訂 8 版, 「参加型・自主対応型アクションチェックリスト」「作業管理(summary)」「作業管理の基本」「産業疲労」「夜勤・交代勤務」「個人保護具」「結核」「HIV、エイズ」「医療機関」「介護・福祉」, pp.108-110, 145-151, 154-157, 340-346, 424-430. 東京, 南山堂.
- 18) 久保智英 (2021) 森晃爾総編集 産業保健マニュアル改訂 8 版, 労働時間管理, pp.151-153, 東京, 南山堂.
- 19) 松元俊 (2021) 森晃爾総編集 産業保健マニュアル改訂 8 版, 夜勤・交代勤務, pp.149-150, 東京, 南山堂.
- 20) 山口さち子 (2021) 日本磁気共鳴医学会安全性評価委員会監修 MRI 安全性の考え方, 電磁場の生体影響, pp.50-63, 東京, 学研メディカル秀潤社.
- 21) 岩切一幸 (2021) 公益財団法人テクノエイド協会 リフトリーダー養成研修テキスト六訂版, 第 2 部 腰痛の原因と対策, pp.25-44, 東京, 公益財団法人テクノエイド協会.
- 22) 時澤健 (2021) 永島計編 体温の「なぜ?」がわかる生理学—からだで感じる・考える・理解する, 「体温にも「リズム」はあるのか」「良い眠りにつくための体温管理とは」「発熱の正体」「冬眠とは違う? 日内休眠とは」「運動すると暑い理由」「運動時の体温のはたらき」「運動時の水分の摂り方—脱水・熱中症を防ぐ—」「熱中症の予防方法. 低体温症になぜなってしまうのか」「アスリートの耐暑能・暑熱順化の秘密」「体温調節に効果的な栄養素と摂取方法」「環境(外界)で変化する体温調節機能」「生体防御のための体温調節機能としくみ(免疫機能)」, pp.38-43, 46-47, 50-51, 56-59, 68-69, 72-73, 92-93, 96-97, 123-128, 141-146, 東京, 杏林書院.

表 2-10 研究調査報告書一覧(競争的資金及び委員会等)

報告書の名称
1) 大塚輝人, 富田一, 遠藤雄大, 牧野良次, 野田和俊, 久保田士郎 (2020) 厚生労働科学研究費補助金 労働安全衛生総合研究事業「国際的な防爆規制に対する整合性確保のための調査研究」令和 2 年度研究報告書
2) 玉手聡, 堀智仁 (2021) 土砂崩壊の予兆を「見える化」する新技術の実証試験. 日本学術会議, 科学研究費助成事業(学術研究助成基金助成金)実施状況報告書(研究実施状況報告書)(令和 2 年度), pp.1-4.
3) 齋藤剛, 濱島京子, 芳司俊郎, 池田博康, 梅崎重夫 (2021) 機械設備に係るリスクアセスメント支援システムの開発, 厚生労働科学研究費補助金労働安全衛生総合研究事業令和 2 年度総括研究報告書, 独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所.
4) 大嶋勝利, 吉川直孝 (2021) レガシーとして引き継がれていくべき労働災害防止対策等の検討 令和 2 年度報告書(日本語版)(英語版), 建設業労働災害防止協会.
5) 遠藤雄大 (2021) 静電気災害防止を目的とした噴霧帯電の基礎的特性に関する研究. 研究成果報告書 日本学術振興会科学研究費助成事業(若手研究), H30~R2.
6) 杜唐慧子 (2020) How to swim faster? Focusing on the propulsive force and kinematics of swimming. 年度報告書 日本学術振興会科学研究費助成事業(若手研究), H30~R3.
7) 劉欣欣 (2021) 過労死等防止調査研究センターにおける実験結果の紹介, 令和 3 年過労死等防止対策白書, pp.160-162.

報告書の名称
8) 大久保利晃 (2021) 厚生労働省労災疾病臨床研究事業費補助金「放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究」令和2年度総括分担研究報告書, pp.1-291.
9) 劉欣欣 (2021) 精神作業による心血管系負担を軽減するための休息の仕方に関する生理心理学的検討, 年度報告書 文部科学省科学研究費補助金 基盤研究(C), H29~R3.
10) 劉欣欣 (2021) 長時間労働と循環器負担のメカニズム解明. 令和1年度労災疾病臨床研究事業費補助金「過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究」分担研究報告書, pp.360-367, 厚生労働省.
11) 高橋正也 (2021) 過労死等の実態解明と防止対策に関する総合的な労働安全衛生研究. 令和2年度研究報告書, 厚生労働省労災疾病臨床研究事業費補助金.
12) 後藤玲子、神林龍、小林秀行 (2021) ケイパビリティ・アプローチに基づく福祉有償運送のニーズ調査 令和2年度調査報告書, pp.1-64, 国立市.

表 2-11 その他の専門家・実務家向け出版物に公表された成果(国際誌及び国内誌)

成果の名称
1) 安達栄, 齋藤剛, 小森雅裕, 常盤剛史, 貫井洋一郎, 中島次登 (2021) 座談会 塑性加工現場の安全～安全機器の普及と安全意識の向上を考える, プレス技術, Vol.59, No.13, pp.18-23.
2) 板垣晴彦 (2021) 学生奨励賞選考委員会 日本火災学会学生奨励賞の報告, 火災, Vol.71, No.5, p.7.
3) 青木敦史, 遠藤彰, 弦本忠嗣, 古田圭司, 山中敦史, 鷹屋光俊 (2022) 座談会 溶接ヒューム測定を行って, 作業環境, Vol.43, No.2, pp.6-24.
4) 小嶋純 (2022) 編集後記 安全衛生コンサルタント, Vol.42, No.141, p.112.

表 2-12 研究所出版物として公表された成果

成果の名称
1) 清水尚憲, 齋藤剛, 濱島京子, 池田博康, 北條理恵子 (2021) プロジェクト研究全体の概要 大規模生産システムへの適用を目的とした高機能安全装置の開発に関する研究, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告, JNIOOSH-SRR-NO.51, pp.55-59.
2) 清水尚憲, 齋藤剛, 濱島京子, 池田博康, 北條理恵子 (2021) 大規模生産システムへの適用を目的とした高機能安全装置の開発に関する研究, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告, JNIOOSH-SRR-NO.51, pp.61-79.
3) 佐藤嘉彦, 島田行恭, 板垣晴彦 (2022) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施のための参考資料—異常反応による火災・爆発を防止するために—, 労働安全衛生総合研究所技術資料, JNIOOSH-TD-No.8, 全130頁.
4) 崔光石 (2022) 可燃性液体塗料用静電ハンドスプレイ装置の安全要求事項および試験方法, 労働安全衛生総合研究所技術指針, JNIOOSH-TR-49:2021, 全12頁.
5) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施のための参考資料—開放系作業における火災・爆発を防止するために—, 労働安全衛生総合研究所技術資料, JNIOOSH-TD-No.7, 全138頁.
6) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント等実施のための開放系作業における燃焼の3要素に着目した火災・爆発発生シナリオの同定法, リーフレット, 全4頁.
7) 大西明宏 (2021) 改良しましょう ロールボックスパレット 3つのポイントを提案します!, リーフレット, https://www.jniosh.johas.go.jp/publication/houkoku/houkoku_2021_02.html . (PDFファイル)
8) 大西明宏 (2021) 改良型ロールボックスパレットの紹介 (YouTube), https://youtu.be/uqVEIVdOMr4
9) 高木元也 (2021) 水道工事事故防止アクションプラン 2021, 東京都水道局, 労働安全衛生総合研究所, 2021.
10) 高橋正也, 松元俊, 久保智英, 井澤修平, 池田大樹, 田中光紀, 黒谷一郎 (2021) プロジェクト研究全体の概要 陸上貨物運送従事者の勤務態勢と疲労リスク管理に関する研究, SRR-No.51, pp.44-46.
11) 松元俊, 池田大樹, 久保智英, 井澤修平, 高橋正也 (2021) 地場トラックドライバーの労働休息条件と安全・健康の関連性の検討, SRR-No51, pp.47-53.

成果の名称

- 12) 岩切一幸, 外山みどり, 高橋正也, 劉欣欣, 小山冬樹, 市川洸 (2021) プロジェクト研究全体の概要 介護者における労働生活の質の評価とその向上に関する研究, JNIOSSH-SRR-No.51, pp.1-5.
- 13) 岩切一幸, 外山みどり, 高橋正也, 劉欣欣, 小山冬樹 (2021) 介護者における労働生活の質(QWL)簡易尺度の提案, JNIOSSH-SRR-No.51, pp.7-11.
- 14) 岩切一幸, 外山みどり, 高橋正也, 劉欣欣 (2021) 介護者の労働生活の質(QWL)に関連する要因とその対策, JNIOSSH-SRR-No.51, pp.13-23.
- 15) 岩切一幸, 外山みどり, 高橋正也, 劉欣欣, 小山冬樹 (2021) 介護施設における介護者の腰痛とその予防に関する取り組み, JNIOSSH-SRR-No.51, pp.25-34.
- 16) 岩切一幸, 外山みどり, 高橋正也, 劉欣欣, 小山冬樹, 市川洸 (2021) 介護施設における介護者の労働生活の質(QWL)向上のためのアクション・チェックポイント, JNIOSSH-SRR-No.51, pp.35-42.

2) 学会・研究会における発表・講演

表 2-13 国際学術集会にて発表・講演された成果(特別講演, シンポジウム, ワークショップ等)

発表・講演された論文名

- 1) Rieko Hojo, Shoken Shimizu and Yuka Koremura (2021) OS-BBS: Objective and Quantitative evaluation for human behavior – Introduction to Behavior-based Safety, IEEE 3rd Global Conference on Life Sciences and Technologies.
- 2) Hideki Oyama, Akihisa Watanabe, Hidenori Togami, Toshiaki Asano and Kageyu Noro (2022) Fitting a chair to a surgeon's body, updating of IEA2021 report, Int. Symp. Collaborative Research in Medical Care and Ergonomics, JES System Conference 2022.
- 3) Tomohide Kubo (2022) The importance of night-time sleep for shift-working nurses: Comparison of 12-hour and 16-hour shift schedules, Symp. Sleep in safety-critical occupations with extended operations or multiple work periods. WORLD SLEEP 2022. Book of abstracts, pp.116-117.
- 4) Sachiko Yamaguchi-Sekino and Masaki Sekino (2021) Survey for Frequency and Severity of Biological Effects Caused by Occupational Static Magnetic Field Exposure, URSI GASS 2021, ページ番号なし.

表 2-14 国内の学術集会にて発表・講演された成果(特別講演, シンポジウム, ワークショップ等)

発表・講演された論文名

- 1) 豊澤康男, 大幢勝利, 吉川直孝, 平岡伸隆, 伊藤和也 (2021) SAFETY IIや DX などの最近の建設労働安全の課題について, 土木学会安全問題討論会'21 資料集, pp.1-6, 東京, 土木学会.
- 2) 玉手聡 (2022) 表層のせん断ひずみ計測による簡易監視の検討, 地盤工学会北海道支部ショートセミナー, 土砂崩壊による労働災害防止のための新たな工学的対策.
- 3) 山際謙太 (2021) フラクトグラフィの今後の展望(データベースと機械学習), 第 7 回日本材料学会材料 Week 第 8 回フラクトグラフィ講習会.
- 4) 北條理恵子, 菅知絵美, 清水尚憲 (2021) 「産業安全行動分析学」の原理に基づく新たな生活習慣 – 有益な生産活動のために, 安全工学シンポジウム 2021 基調講演.
- 5) 北條理恵子 (2021) 正しい行動を見逃さないことで実現する安全で健康的な職場づくりとは, 第 17 回 第一線監督者の集い 特別講演, <https://foreman.jp/kyushu/2021program/>
- 6) 北條理恵子, 菅知絵美, 清水尚憲, 是村由佳, Christoph Bördlein (2021) 安全に働くための作業行動の理解, 長岡技術科学大学安全安心センター 第 23 回安全安心社会研究センター特別講演会, <https://safety.nagaokaut.ac.jp/?p=1761>
- 7) 北條理恵子 (2021) 産業安全行動分析学への招待, 産業安全と安全教育 ~一人一人を逞しく育てる, 産業安全対策シンポジウム S7, <https://school.jma.or.jp/anzen/past/2020/program.html#Session1>
- 8) 三浦崇 (2021) 統計から見る製造業での労働災害, VACUUM 2021 真空展, 主催者講演・セミナー「作業安全教育講座」
- 9) 菅間敦 (2021) 手作業による重量物取扱いに関する国際規格 ISO 11228-1の改訂とその概要, 日本産業衛生学会 第 25 回作業関連性運動器障害研究会 特別講演.

- 10) 菅間敦 (2021) 労働安全衛生と IE のインタラクションとこれから, 日本 IE 協会 相互研究会「“外観検査”を深議する」第9回.
- 11) 小野真理子 (2022) 溶接ヒュームとマンガンの政省令の改正の背景と職場での測定等に関する対応について, 日本エアロゾル学会 SMATIA 研究会セミナー.
- 12) 鷹屋光俊 (2022) 溶接ヒューム中の発がん性金属などのばく露評価, 日本産業衛生学会 第 295 回関東地方会例会, 第 45 回関東産業衛生技術部会研修会, 「発がん性分類の新しい動きー溶接ヒュームを含むー」, pp.15-19.
- 13) 小野真理子 (2021) 溶接ヒュームとマンガンの政省令の改正について その背景と職場での対策について, 第 31 回日本産業衛生学会全国協議会講演集, p.86.
- 14) 石井健太, 竹内靖人, 西野入修, 圓藤吟史, 小野真理子 (2021) グリホサートの個人ばく露濃度測定法の検討, 第 60 回日本労働衛生工学会抄録集, pp.50-51.
- 15) 王瑞生, 柳場由絵, 祁永剛, 豊岡達士 (2021) 芳香族アミン類による DNA 損傷について, 日本産業衛生学会 第 48 回産業中毒・生物学的モニタリング研究会シンポジウム「オルト-トルイジンによる膀胱癌」抄録集, p.14.
- 16) 高橋正也 (2021) 労働安全衛生の視点から, シンポジウム 1「多様な視点から”眠気”にアプローチする」, 第 12 回 Integrated Sleep Medicine Society Japan 学術集会抄録集, p.40.
- 17) 高橋正也 (2021) 交代勤務と睡眠, シンポジウム 36「睡眠と健康 2021」, 第 80 回日本公衆衛生学会総会 抄録集, p.165.
- 18) 久保智英, 松元俊, 井澤修平, 西村悠貴, 川上澄香, 池田大樹, 玉置應子 (2021) 深夜勤務後の勤務間インターバル確保を念頭においた 3 交代勤務シフトスケジュールへの介入調査, 第 69 回日本職業・災害医学会学術大会シンポジウム 6「勤労者の睡眠と健康を考える」抄録集, p.8.
- 19) 近藤亜美, 嶋原美智子, 佐藤ゆき (2021) 学童の食生活に関する実態調査ー東北地方被災地の保護者の食育関心度の経年変化, 第 68 回日本栄養改善学会.
- 20) 嶋原美智子, 近藤亜美, 佐藤ゆき (2021) 学童の食生活に関する実態調査ー保護者の意識から児童の食生活改善, 第 68 回日本栄養改善学会.
- 21) 小嶋純 (2021) 溶接ヒュームのばく露対策について, 第 47 回局排研究会, 抄録なし.
- 22) 齊藤宏之 (2021) テレワーク・在宅勤務における労働衛生上の問題点の概要, 第 31 回日本産業衛生学会全国協議会 産業衛生技術部会シンポジウム 抄録集, p.134.
- 23) 高橋正也 (2021) 過労死等労災の最新状況, シンポジウム「新たな働き方を充実させるには」, 第 6 回労働時間日本学会研究集会 抄録集, p.7.
- 24) 高橋正也 (2021) 働き方に及ぼした光と影について, 日本学術会議公開シンポジウム「ポストコロナ社会を見据えた睡眠・生活リズムのあり方〜コロナ自粛から学ぶ〜」.
- 25) 高橋正也 (2021) 過労死等を防止するにはどのような取組が必要か, 特別シンポジウム「過労死防止法制定 7 年, 現状とこれからの課題」, 過労死防止学会第 7 回大会.
- 26) 高橋正也 (2021) 日本産業保健法学会第 1 回学術大会, 連携学会との共同シンポジウム①:【日本産業ストレス学会】(シリーズ)裁判所による産業ストレスの認定を検証する(1), 作業関連精神障害のばく露要因に関する研究知見. 産業保健法学会誌, Vol.1 (増刊号), p.83.
- 27) 松元俊 (2021) 不規則勤務に従事するトラックドライバーの健康改善策の検討, 第 6 回労働時間日本学会研究集会シンポジウム「新たな働き方を充実させるには」抄録, p.8.
- 28) 齊藤宏之 (2021) 暑熱環境評価における衣服補正の導入とその経緯と変更点, 2021 年度第 2 回日本産業衛生学会温熱環境研究会 抄録集, pp.4-5.
- 29) 山口さち子, 高橋正也 (2021) ニューノーマル時代の働き方, 令和 3 年電気学会基礎・材料・共通部門大会 持続可能なポストコロナ社会の実現に向けた研究・技術開発の紹介ー基礎・材料・共通部門の取り組みー, ページ番号なし.
- 30) 松尾知明 (2021) 宇宙医学・労働衛生分野における体力科学研究, 東京理科大学第 12 回スペース・コロニー講演会, <https://www.tus.ac.jp/ssi/event/2021-7-12/>
- 31) 松尾知明 (2021) J-HIAT〜労働衛生分野における HIIT 研究, 第 76 回日本体力医学会大会シンポジウム 15 「本邦における HIIT 研究(その有益性と留意点)」, 学会予稿集, p.102.

発表・講演された論文名

- 32) 大谷勝己 (2021) 有害物質, 第43回安全工学セミナー・化学品を扱うプロセスの災害防止・物質危険性講座・有害物質, pp.1-53.
- 33) 城内博 (2021) 第94回日本産業衛生学会, シンポジウム 14, 近未来の化学物質管理のあり方 自律管理におけるリスク評価, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.241.
- 34) 城内博 (2021) 第94回日本産業衛生学会, 教育講演 7, 高齢労働者の安全と健康の確保について, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.107.
- 35) 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 柳場由絵, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) 三次元ヒト培養皮膚を用いた産業化学物質の経皮ばく露評価の試み, 第94回日本産業衛生学会シンポジウム 8, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.204.
- 36) 高橋正也 (2021) 交替勤務と睡眠の観点から見た働き方改革, 第94回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63(臨時増刊号), p.249.
- 37) 佐藤ゆき (2021) アクセプトされるためのコツ, 投稿論文の書き方セミナー, 第68回日本小児保健学会.
- 38) 山内武紀, 齊藤宏之, 山野優子, 武藤剛, 貴志孝洋, 中原浩彦, 中村 修, 飯田裕貴子, 橋本晴男 (2021) 感染防止のための室内換気/その予測・評価 2 シミュレーターを用いた実例, 第94回日本産業衛生学会 産業衛生技術部会研修会, 産業衛生学雑誌, Vol.63 (Suppl.), p.315.
- 39) 大久保茂子, 津田洋子, 齊藤宏之, 山野優子 (2021) 子育て期の学会参加の課題—関東産業衛生技術部会の調査結果から—, 第94回日本産業衛生学会 ダイバーシティ推進委員会フォーラム, 産業衛生学雑誌, Vol.63 (Suppl.), p.289.
- 40) 時澤健 (2021) 熱中症対策を目的としたウェアラブル深部体温計の開発, 第86回日本温泉気候物理医学会シンポジウム「温泉医学へのIT技術応用の可能性を探る」要旨集, p.28.

表 2-15 国際学術集会にて発表・講演された成果(一般口演・ポスター等)

発表・講演された論文名

- 1) Tsuyoshi Saito, Hiroyasu Ikeda and Kyoko Hamajima (2021) Basic Consideration on Implementation Support of Risk Assessment for Machinery, 10th International Conference on Safety of Industrial Automated Systems (SIAS 2021), pp. PO-T10, 6 July 2021.
- 2) Rieko Hojo, Christoph Bördlein, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Koichi Ono and Shoken Shimizu (2021) Safety Management System as a New Achievement Place for Behavior Analysis – A Proposal from Machinery Safety Field, ABAI 2020 Washington, 28-30 May 2021, Online.
- 3) Rieko Hojo, Hideki Oyama and Hiroyasu Ikeda (2021) Task analysis using Behavior-based safety (BBS) for making safety check list for physical therapist, IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), <https://ieeexplore.ieee.org/document/9427698>
- 4) Rieko Hojo, Tetsuo Sujino, Christoph Bördlein, Yuka Koremura and Shoken Shimizu (2021) Safety management support system at a work space in a crane company, IEEE 3rd Global Conference on Life Sciences and Technologies, Technical program, <https://www.edas.info/p27924>
- 5) Rieko Hojo, Christoph Bördlein, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Koichi Ono and Shoken Shimizu (2021) Safety Management System as a New Achievement Place for Behavior Analysis – A Proposal from Machinery Safety Field ABAI 2020 Washington, 28-30 May 2021. Online.
- 6) Yuka Koremura, Rieko Hojo and Shoken Shimizu (2021) Principles of behavior for solving problems in man-machine collaboration, IEEE 3rd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech), Program, <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/9391771/proceeding>
- 7) K. Okabe, T. Hori and A. Yamaguchi (2021) A Study of Impact Test for Falling Unmanned Aerial Vehicle, SIAS 2021, Online.
- 8) Shoken Shimizu, Christoph Bördlein, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Koichi Ono and Rieko Hojo (2021) Experiments of Behavior-Based Safety in Machinery Safety in Japan ABAI 2020 Washington. 28-30 May 2021. Online.
- 9) Shoken Shimizu, Christoph Bördlein, Kyoko Hamajima, Shigeo Umezaki, Koichi Ono and Rieko Hojo (2021) Experiments of Behavior-Based Safety in Machinery Safety in Japan ABAI 2020 Washington. 28-30 May 2021. Online.

- 10) Shoken Shimizu, Christoph Bördlein, Yuka Koremura and Rieko Hojo (2021) Examination of Reliability and Convenience of the Safeguarding Supportive System (SSS) – Experimental evidence at a company IEEE 3rd Global Conference on Life Sciences and Technologies, Program, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9391872>
- 11) Kyohei Amano, Yosuke Nishiwaki, Yoshihiko Sato, Kunihiko Suzuki and Mieko Kumasaki (2021) Effect of Ozone on the Thermal decomposition behavior of Guanidine Nitrate, The 7th International Symposium on Energetic Materials and their Applications, Book of Abstracts, p.71. 16-18 November 2021, Online.
- 12) Yosuke Nishiwaki, Yoshihiko Sato (2021) Exothermic Reaction of Fine and Coarse Magnesium Powders with Water. The 7th International Symposium on Energetic Materials and their Applications, Book of Abstracts, p.48, 16-18 November 2021, Online.
- 13) Meet Parikh, Ririn Saeki, Rajib Kanti Mondal, Kwangseok Choi, Woogyung Kim (2021) Minimum Ignition Energy and Quenching distance of aluminum dust clouds, 12th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology (AOSFST 2021), 7-9-Dec.-2021.
- 14) Hiroki Takahashi, Seiji Takanashi and Tomohito Hori (2021) Study on Safety of Pulling Down Columns in Building Demolition, Proceedings of The Tenth International Structural Engineering and Construction Conference (ISEC-11), Vol.8, Issue 1, pp. CON-04-1-CON-04-6, 28-31-July-2021.
- 15) Mana Nishino, Ryosuke Nakajima, Akiko Takahashi, Atsushi Sugama and Kazuki Hiranai (2021) A Proposal for Work Procedure Manuals to Improve Work Compliance Rates in Construction Sites, The 23rd Korea-Japan Joint Symposium of Human Factors and Ergonomics, 2021, Online.
- 16) Akiko Takahashi (2021) Classification of hazards concerning falls from heights in residential construction sites, The 32th International Congress of Psychology, 18-23-July-2021, Prague.
- 17) Jian Lu (2022) Structuring the non-structured data of text description in Labor Injury Accident Database, 2022 Asia Conference on Algorithms, Computing and Machine Learning (CACML 2022), pp.25-27, March-2022, Online.
- 18) Atsushi Sugama, Ryosuke Nakajima, Akiko Takahashi and Shunsuke Kuga (2021) A Influence of Time Pressure on Worker's Action and Visual Attention during Manual Tasks on a Portable Work Platform, 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications, 26-Apr.-2021.
- 19) Hideki Oyama, Rieko Hojo and Hiroyasu Ikeda (2021) Safety checklist for patients with spinal cord injury and helpers using exoskeleton. Proceedings of the 10th International Conference on Safety of Industrial Automated System (SIAS 2021), pp.1–6. 6-7-July-2021.
- 20) Chiemi Kan, Yuka Koremura, Masaki Nobuhiro, Yusuke Kobayashi, Yuki Asano, Nobuyuki Yasui, Shoken Shimizu and Rieko Hojo. Study on well-being of workers under corporative worksite at an automobile manufacturing, The 2022 IEEE 4th Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech 2022), 7-9-Mar.-2022.Online.
- 21) Yuko Yamano, Shigeko Okubo, Takenori Yamauchi, Mitsutoshi Takaya, Kenji Nakamura (2022) Exposure to metal in dust in dental laboratories in Japan, SAFETY AND HEALTH AT WORK 13, S230-S230.
- 22) Rui-Sheng Wang, Yukie Yanagiba, Tatsushi Toyooka and Shigeki Koda (2022) Characteristics of the percutaneous absorption of MBOCA and its pharmacokinetics in rats after dermal contact, Society of Toxicology 61st Annual Meeting, The Toxicologist, Vol.186 (S1), p.282, San Diego, March 2022.
- 23) Takashi, Yamauchi, Kunihiko Takahashi, Machi Suka, Takeshi Sasaki, Masaya Takahashi, Toru Yoshikawa, Shigeo Umezaki, Hiroyuki Yanagisawa (2022) Longitudinal association between near-misses/minor injuries and moderate/severe injuries by presence/absence of depressive symptoms in a nationally representative sample of workers in Japan, 33rd International Congress on Occupational Health 2022, Safety and Health at Work, Vol.13, pp.S87-S88.
- 24) Etsuko Yoshikawa, Toru Yoshikawa, Yumi Sano, Hitomi Abe, (2022) Development of Participatory Training Program for Preventing COVID-19 in Staff of Facilities for Mentally Retarded Children, Safety and Health at Work, Vol.13, (Suppl.), Jan.-2022, p.189.
- 25) Yuki Nishimura, Takeshi Sasaki, Toru Yoshikawa, Tomohide Kubo, Tomoaki Matsuo, Xinxin Liu, Masaya Takahashi (2022) Web-based Follow-up Study on Relation Between Work-related Events and Depression in Japanese Workers, 33rd International Congress on Occupational Health, Safety and Health at Work, Vol.13, pp.S297-S298.

- 26) Satoru Ueno, Naomi Hisanaga, Nobuyuki Shibata (2022) Investigation of heat stroke risk factor in the workplace by large-scale web survey, 33rd International Congress on Occupational Health 2022 (ICOH 2022), Safety and health at Work, Vol.13 (Suppl.), S270.
- 27) Sayuri Hayashi, Yuki Nishimura, Yuki Ikeda, Yuka Egashira, M. Ukezono, S. Uono, T. Okada, Shigekazu Higuchi (2021) Investigation of effects of the aesthetic preference on the perception of human waking: a preliminary study using event-related potentials (ERPs). Neuroscience 2021, Online abstract, No. P497.07.
- 28) Sachiko Yamaguchi-Sekino, Rianne Stam (2021) Working in MRI scan duty during pregnancy - international comparison of regulation and survey of work allocation in Japan. 1st EEMFF Conference, ページ番号なし.
- 29) Nobuyuki Shibata (2021) Prediction of vibration-isolating performance of gloves for tri-axial tool-specific vibration, Proceedings of 27th International Congress of Sound and Vibration, Presentation No.1131.
- 30) Sachiko Yamaguchi-Sekino, Noriko Kojimahara (2021) Survey of Delivery Outcomes Among Employees at MRI Facilities in Japan Based on Records of the Maternal Handbook. URSI GASS 2021, ページ番号なし.
- 31) Masao Taki, Miwa Ikuyo, Kaoru Esaki, Atsuko Aimoto, Yukihisa Suzuki, Noriko Kojimahara, Sachiko Yamaguchi-Sekino, Kenichi Yamazaki (2021) Magnetic fields from AM-Type EAS Gate and Induced Electric Field in the Body, URSI GASS 2021, ページ番号なし.
- 32) Masao Taki, Miwa Ikuyo, Kaoru Esaki, Atsuko Aimoto, Kanako Wake, Noriko Kojimahara, Sachiko Yamaguchi-Sekino, Kenichi Yamazaki (2021) Exposure Assessment of Library Workers to Magnetic Fields from the EAS System, URSI GASS 2021, ページ番号なし.
- 33) Masaki Sekino, Shuang Liu, Sachiko Yamaguchi-Sekino (2021) Transcranial Magnetic Stimulator Coils for Stimulating Broader Areas of the Brain, URSI GASS 2021, ページ番号なし.
- 34) Hidenori Otani, Mitsuharu Kaya, Akira Tamaki, Heita Goto, Ken Tokizawa, Ronald J Maughan (2021) A combination of solar radiation and airflow influences endurance capacity and thermoregulatory strain during exercise in the heat. International Society of Biometeorology 2021, (電子版).
- 35) Reiko Gotoh, Ryo Kambayashi, Hideyuki Kobayashi, Huilin Wang (2021) Measuring capability difficulties in enjoying going out and staying home, Human Development and Capability Association Global Dialogue 2021, <https://hd-ca.org/conferences/hdca-global-dialogue-2021>.
- 36) Toshiteru Okubo (2021) Establishing a long term epidemiological study on Fukushima emergency workers, GILBERT W. BEEBE WEBINAR SERIES, Health Effects from Chernobyl and Fukushima.

表 2-16 国内の学術集会にて発表・講演された成果(一般口演・ポスター等)

発表・講演された論文名

- 1) 大嶋勝利, 高橋弘樹, 吉川直孝, 平岡伸隆 (2021) 建設業における安全衛生対策の海外の制度. 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.168-169.
- 2) 大嶋勝利, 武石和彦 (2021) 鋼管足場の壁つなぎと布の効果に関する一考察, 日本建築学会大会講演梗概集, 材料施工, pp.737-738.
- 3) 木村吉郎, 甲斐リサ, 大嶋勝利, 高橋弘樹 (2021) 防音パネルを使用した建物解体途中の足場に作用する空気力の測定, 2021 年度一般社団法人日本風工学会年次研究発表会.
- 4) 大塚輝人, 持田智, 古谷隆志 (2021) ゾーン算定における換気有効度の定量化, 第 54 回安全工学研究発表会, pp.203-206.
- 5) 一條大介, 金澤孝希, 大塚輝人, 斎藤寛泰 (2021) 光学センサーを用いた細孔金網による爆轟波減衰の観測, 第 59 回燃焼シンポジウム, 講演番号 P120.
- 6) 玉手聡 (2021) 土砂崩壊による労働災害と防止技術の開発, 第 24 回消防防災研究講演会資料, pp.65-74.
- 7) 玉手聡, 堀智仁, 菊田亮一 (2021) 掘削溝の崩壊危険を「見える化」する表層ひずみの計測技術, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.318-321.
- 8) 菊田亮一, 玉手聡, 堀智仁 (2021) 実大実験による溝崩壊時の被災防止システムの強度検討, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp. 326-329.
- 9) 菊田亮一, 玉手聡, 堀智仁 (2021) 溝工事用被災防止システムの部材強度に関する実験的検討, 第 56 回地盤工学研究発表会, 13-10-4-03.

- 10) 玉手聡, 堀智仁 (2021) 土砂崩壊の簡易危険検出システムの検討, 土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会, VI-70.
- 11) 市山大輝, 永尾浩一, 玉手聡, 堀智仁 (2021) 「表層ひずみ棒」を用いた斜面返上モニタリングシステムの開発, 土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会, III-74.
- 12) 菊田亮一, 玉手聡, 堀智仁 (2021) 溝工事用の簡易な土砂遮断システムの部材強度に関する実験的考察, 土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会, VI-100.
- 13) 玉手聡, 堀智仁, 菊田亮一 (2021) 実大斜面実験による崩壊予兆の計測比較, 第 56 回地盤工学研究発表会, 13-5-4-03.
- 14) 西岡仁史, 横浜勝司, 玉手聡, 堀智仁, 菊田亮一 (2022) 土止め先行工法の新手法に関する実験的検討, 地盤工学会北海道支部 技術報告集, Vol.62, pp.1-4.
- 15) 山口篤志, 緒方公俊, 本田尚 (2021) 廃棄基準に達した玉掛け用ワイヤロープの各種損傷評価, 安全工学シンポジウム 2021, GS-9-1.
- 16) 山口篤志, 堀智仁, 岡部康平 (2021) ドローンアームに使用される種々の材料の曲げ強度, 第 39 回日本ロボット学会学術講演会, 2G4-01.
- 17) 山口篤志, 緒方公俊, 本田尚 (2021) 長期間使用された玉掛け用ワイヤロープにおける損傷状態の調査, 第 54 回安全工学研究発表会, pp.93-94.
- 18) 山口篤志, 緒方公俊, 本田尚 (2021) 廃棄基準に達した玉掛け用ワイヤロープの各種損傷評価, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.93-94.
- 19) 山口篤志, 堀智仁, 岡部康平 (2021) ドローンアームに使用される種々の材料の曲げ強度, 第 22 回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会, 2H4-06.
- 20) 齋藤剛, 池田博康, 濱島京子 (2021) 産業用ロボットシステムの設計段階での危険源同定の支援に関する考察, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2021 予稿集, pp.1P1-C03.
- 21) 齋藤剛, 池田博康, 濱島京子 (2021) 機械設備の設計段階でのリスクアセスメント実施支援の提案, 第 22 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 講演予稿集, 2A5-07.
- 22) 本田尚, 山口篤志, 山際謙太, 佐々木哲也 (2021) クレーン用ワイヤロープの疲労寿命に及ぼすロープ直径の影響, 安全工学シンポジウム 2021, GS-9-2.
- 23) 濱島京子 (2021) 次世代社会における労働災害データベースの活用に向けた現状調査, 安全工学シンポジウム 2021.
- 24) 濱島京子, 齋藤剛, 北條理恵子, 清水尚憲 (2021) 機械設備のリスク低減プロセスと ICT/IoT, 協調安全に必要とされるリスクアセスメント 人の要素の重要性の考察, 日本機械学会 2021 年次大会, S171-03.
- 25) 山際謙太 (2021) フラクトグラフィの今後の展望(データベースと機械学習), 第 7 回日本材料学会材料 Week 第 8 回フラクトグラフィ講習会.
- 26) 北條理恵子 (2021) これからの労働安全における作業者のウェルビーイングについての提案, 安全工学研究発表会講演予稿集, pp.59-60.
- 27) 北條理恵子 (2021) 人と環境及び機械安全の融合に着目した安全管理システムの構築ーホリスティック・セーフティを目指して, 第 22 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会.
- 28) 北條理恵子 (2021) 協調安全に向けた技術開発と人の行動の定量化技術ー作業現場におけるウェルビーイングの提案, 第 22 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会.
- 29) 北條理恵子, 清水尚憲 (2021) 機械安全における作業側からの妥当性評価と人の安全行動の定量評価, BBS の Task Analysis 手法によるリスクポイントの見える化, 安全工学シンポジウム 2022 オーガナイズドセッション, 抄録なし.
- 30) 北條理恵子, 清水尚憲 (2021) 機械安全における作業側からの妥当性評価と人の安全行動の定量評価, 安全工学シンポジウム 2022 オーガナイズドセッション, 抄録なし.
- 31) 北條理恵子, 清水尚憲 (2021) 産業現場における産業安全行動分析学の活用提案-作業者の Well-being を目指して, 日本安全学教育研究会, A2, <https://safetynow.jp/other/20190901news-3/>
- 32) 北條理恵子, 清水尚憲 (2021) SDGs 目標 10: 人や国の不平等をなくそうーHealth, Happiness and Safety、そして Well-being, 日本機械学会特別行事企画, SDGs:アフターコロナにおける競争力の源泉, 日本機械学会 2021 年次大会, W171-02.

- 33) 北條理恵子, 是村由佳, 菅知絵美, 中村瑞穂, 吉田瞬, 蓮實雄大, 森田智恵, 清水尚憲 (2021) 協調安全に必要なとされるリスクアセスメント一人の要素の重要性の考察, これからの協調安全に必要な人の定量的解析—Well-being の実現を目指して, 日本機械学会 2021 年次大会, S171-04.
- 34) 北條理恵子, 森田智恵, 吉田瞬, 是村由佳, 中村瑞穂, 蓮實雄大, 菅知絵美, 清水尚憲 (2021) 作業標準の客観的・定量的評価に基づく作業遂行行動の最適化, 作業手順の最適化によるリスク低減策と定量的評価, 日本機械学会 2021 年次大会, S172-02, 著作権譲渡に不承諾のため抄録なし.
- 35) 岡部康平, 堀智仁, 岩田拓也, 伊藤誠 (2021) 産業用ドローンの安全管理, 第 12 回横幹連合コンファレンス.
- 36) 岡部康平, 平田, 久保田, 加藤, 翁 (2021) 包摂社会に向けた適応自在 AI ロボット開発のコンセプト設計, 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会.
- 37) 岡部康平, 堀智仁, 山口篤志 (2021) 墜落防止のためのドローン接触性能検証, 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会.
- 38) 緒方公俊, 山口篤志, 山際謙太, 本田尚, 佐々木哲也 (2021) ワイヤロープの S 字曲げ疲労寿命に及ぼす 2 段階張力の影響(IWRC 6×Fi(29)の場合). 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.89-92.
- 39) 太田仁衣奈, 緒方公俊, 山際謙太, 波田野明日可, 泉聡志 (2021) クレーン用ワイヤロープの有限要素モデリング, 資源・素材 2021.
- 40) 緒方公俊, 山口篤志, 山際謙太, 佐々木哲也 (2021) 疲労損傷ワイヤロープの素線断線位置推定法の開発, 日本材料学会第 70 期学術講演会 講演論文集, p.1-2.
- 41) 岡部康平, 堀智仁, 山口篤志 (2021) ドローン接触性能試験の検討, 第 39 回日本ロボット学会学術講演会, 2G3-01.
- 42) 緒方公俊, 山口篤志, 山際謙太, 佐々木哲也 (2021) 素線断線位置推定法によるワイヤロープの疲労損傷状態の評価, 安全工学シンポジウム 2021, pp.1-2.
- 43) 緒方公俊, 山口篤志, 山際謙太, 本田尚, 佐々木哲也 (2021) 張力変動型ワイヤロープ S 字曲げ疲労試験による IWRC 6×Fi(29)の疲労寿命評価, 資源・素材 2021, pp.1-5.
- 44) 清水尚憲, 是村由佳, 北條理恵子 (2021) 機械安全から見た作業者の産業安全行動分析学の必要性〜トンネル施工現場における ICT 機器を活用した安全管理システムの提案〜, 安全工学シンポジウム 2022 オーガナイズドセッション, 抄録なし.
- 45) 清水尚憲, 是村由佳, 北條理恵子 (2021) 労働安全のこれから-行動分析学との親和性と可能性, セーフティ・ネットワーク・ジャパン&産業安全行動分析学研究会 第 102 回 SNJ 定例会, <http://ura-pilz.com/snj/13402.html>
- 46) 清水尚憲, 北條理恵子 (2021) SDGs 目標 8:働きがいも経済成長も-Well-being と安全, 日本機械学会特別行事企画 SDGs:アフターコロナにおける競争力の源泉, 日本機械学会 2021 年次大会, W171-03.
- 47) 清水尚憲, 北條理恵子 (2021) ICT 機器を活用した安全管理支援システムの提案, 日本安全学教育研究会プログラム A3, <https://safetynow.jp/other/20190901news-3/>
- 48) 清水尚憲, 中村瑞穂, 蓮實雄大, 吉田瞬, 是村由佳, 菅智絵美, 森田知恵, 北條理恵子 (2021) 協調安全に必要なとされるリスクアセスメント一人の要素の重要性の考察, 日本機械学会 2021 年次大会, S171-02.
- 49) 清水尚憲, 菅知絵美, 是村由佳, 北條理恵子 (2021) 作業者の Well-being 定量化に向けての試み, 人と環境及び機械安全の融合に着目した安全管理システムの構築—ホリスティック・セーフティを目指して, 第 23 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 講演予稿集, 2A5-06.
- 50) 清水尚憲, 中村瑞穂, 蓮實雄大, 吉田瞬, 森田知恵, 是村由佳, 菅智絵美, 北條理恵子 (2021) 作業標準の客観的・定量的最適化手法の機械安全への汎用・応用可能性について, 作業手順の最適化によるリスク低減策と定量的評価, 日本機械学会 2021 年次大会, S172-03.
- 51) 清水尚憲, 齋藤剛, 濱島京子, 池田博康, 北條理恵子 (2021) 産業現場における ICT 機器を活用したリスク低減方策の検討, 第 69 回日本職業・災害医学会学術大会, pp.別 40.
- 52) 是村由佳, 清水尚憲, 菅知絵美, 北條理恵子 (2021) 機械安全と行動分析と Well-being—融合を目指して, The safety の会, 抄録なし.
- 53) 是村由佳, 清水尚憲, 菅知絵美, 北條理恵子 (2021) 組織で安全を共有する行動分析的アプローチ, 安全工学シンポジウム 2022 オーガナイズドセッション, 抄録なし.

- 54) 高梨成次, 高橋弘樹 (2021) 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 その7 縁切り高さをパラメータとした柱の転倒実験の概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 1589, 材料施工, pp.1177-1178.
- 55) 高梨成次, 高橋弘樹, 堀智仁 (2021) 強風下における建築用ゴンドラの安定性に関する実験的研究, 第54回安全工学研究発表会, pp.99-102.
- 56) 日野泰道 (2021) 体重の違いが墜落阻止時の衝撃加速度に及ぼす影響, 安全工学シンポジウム 2021.
- 57) 高橋弘樹, 高梨成次 (2021) 建築物の解体工事における災害防止対策の検討 その8 縁切り高さをパラメータとした柱の転倒実験の結果とその予測方法の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), 1590, 材料施工, pp.1179-1180.
- 58) 高橋弘樹, 高梨成次, 堀智仁 (2021) 鉄筋コンクリート柱の転倒強度に及ぼす縁切り高さの影響, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.316-317.
- 59) 高橋弘樹, 高梨成次, 堀智仁 (2021) 外壁解体工事の転倒工法における引張材の張りに関する実験的研究, 第54回安全工学研究発表会, pp.103-104.
- 60) 吉川直孝, 大幢勝利, 平岡伸隆, 高橋弘樹 (2021) 建設業における設計段階からの安全衛生対策の好事例紹介, 安全工学シンポジウム 2021, pp.158-161.
- 61) 吉川直孝, 平岡伸隆, 伊藤慎也, 保利彰宏, 酒井喜久雄 (2021) 吹付けコンクリートの押し抜き強度式の提案, 第56回地盤工学研究発表会, 12-7-1-01.
- 62) 吉川直孝, 平岡伸隆, 伊藤慎也, 保利彰宏, 酒井喜久雄 (2021) 寸法効果を考慮した吹付けコンクリートの押し抜き強度式に関する考察, 土木学会第76回年次学術講演会.
- 63) 益子時佳, 伊藤和也, 吉川直孝, 平岡伸隆 (2021) 鉄筋コンクリートセグメント模型の曲げモーメントと軸力挙動, 土木学会第76回年次学術講演会.
- 64) 益子時佳, 伊藤和也, 吉川直孝, 平岡伸隆 (2021) 継手の有無に着目した偏圧載荷・除荷時におけるセグメント模型の曲げモーメントと軸力の挙動, 第56回地盤工学研究発表会, 12-7-2-06.
- 65) 益子時佳, 吉川直孝, 平岡伸隆, 伊藤和也 (2022) セグメント模型に対する単体曲げ実験および解析的検討, 第49回土木学会関東支部技術研究発表会, III-29.
- 66) 堀智仁, 岡部康平, 山口篤志 (2021) ドローン空撮業務における距離ガードの検討. 第39回日本ロボット学会学術講演会, 2G3-05.
- 67) 堀智仁, 玉手聡, 菊田亮一 (2021) 交差フレーム型溝用土止めシステムに関する遠心模型実験, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.332-325.
- 68) 堀智仁, 玉手聡, 菊田亮一 (2021) 溝崩壊時の被災防止システムに対する衝突実験. 第56回地盤工学研究発表会, 13-10-4-02.
- 69) 堀智仁, 山口篤志, 岡部康平 (2021) ドローン空撮業務における距離ガードに関する実験的検討, 第22回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会.
- 70) 伊藤和也, 加藤丈琉, 小山倫史, 梶谷滄和, 菊本統, 平岡伸隆, 大里重人, 日下部治 (2021) 市町村レベルでの自然災害リスク指標 GNS の高度化と評価方法の利活用について～東日本を対象としたケーススタディー～, 安全工学シンポジウム 2021, pp.356-359.
- 71) 平岡伸隆, 岩崎夏美, 中根良太, 吉川直孝, 伊藤和也 (2021) 不連続性岩盤斜面の破壊基準に関する検討, 安全工学シンポジウム 2021, pp.330-333.
- 72) 尾崎匠, 牛田貴士, 松丸貴樹, 仲山貴司, 中島卓哉, 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也 (2021) 切梁式仮土留めを用いた掘削過程を模擬した遠心模型実験, 第56回地盤工学研究発表会, 12-7-4-04.
- 73) 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也 (2021) LSTM による斜面表層ひずみ計測結果の異常検知に関する一考察, 第56回地盤工学研究発表会, 13-1-2-07.
- 74) 牛田貴士, 富田佳孝, 松丸貴樹, 仲山貴司, 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也 (2021) 掘削土留め工における変位抑止対策工の遠心模型実験(その1 実験方法), 第56回地盤工学研究発表会, 12-7-5-02.
- 75) 富田佳孝, 牛田貴士, 松丸貴樹, 仲山貴司, 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也 (2021) 掘削土留め工における変位抑止対策工の遠心模型実験(その2 実験結果), 第56回地盤工学研究発表会, 12-7-5-03.
- 76) 平岡伸隆, 吉川直孝, 中根良太, 伊藤和也 (2021) LSTM による斜面表層ひずみ速度の異常検知に関する一考察, 土木学会第76回年次学術講演会.

- 77) 中根良太, 岩崎夏美, 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也 (2021) Barton の破壊包絡線を用いた不連続性岩盤斜面の安定性に関する研究, 土木学会第 76 回年次学術講演会.
- 78) 中根良太, 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也 (2021) 不連続性岩盤斜面の遠心模型実験および斜面安定計算に関する研究, 第 18 回地盤工学会関東支部発表会(GeoKanto 2021).
- 79) 中根良太, 平岡伸隆, 吉川直孝, 伊藤和也 (2022) Barton の式を用いた異なる不連続面勾配を持つ岩盤斜面の安定性に関する研究, 第 49 回土木学会関東支部技術研究発表会, III-1.
- 80) 板垣晴彦 (2021) 化学プロセス産業での異常事象から爆発火災への進展について, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.292-293.
- 81) 板垣晴彦 (2021) 化学プロセス産業での爆発・火災おける事象の進展について, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.237-238.
- 82) 八島正明 (2021) グレーバクによる可燃性粉体の発火温度測定. 一般社団法人火薬学会 2021 年度春季研究発表会講演要旨集, pp.141-144.
- 83) 八島正明 (2021) ペレット堆積層内の発火・くん焼で発生するガスの検知, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.282-283.
- 84) 八島正明 (2021) 自然発火試験装置(SIT)とグレーバクによる可燃性粉体の発火温度測定, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.181-184.
- 85) 八島正明 (2021) 可燃性粒子・ペレット充てん層内の有効熱伝導率測定, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.113-114.
- 86) 八島正明 (2021) ケイ素粉の爆発・火災の危険性, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.135-136.
- 87) 佐藤嘉彦 (2021) トラブル対処作業時に発生する爆発・火災等による被災防止のための影響範囲の検討, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.219-220.
- 88) 佐藤嘉彦, 島田行恭, 板垣晴彦 (2021) 異常反応を考慮したリスクアセスメント等実施のための支援情報の整備, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.304-307.
- 89) 佐藤嘉彦, 島田行恭, 板垣晴彦 (2021) 反応危険に関するシナリオ同定支援のためのシナリオ典型例の整備, 日本プロセス化学会 2021 サマーシンポジウム講演要旨集, pp.84-85.
- 90) 佐藤嘉彦, 島田行恭, 板垣晴彦 (2021) 反応危険に関する参考情報を利用したリスクアセスメント等解析事例ーバッチプロセスでの暴走反応を対象としてー, 化学工学会第 52 回秋季大会講演要旨, VM108.
- 91) 佐藤嘉彦, 島田行恭, 板垣晴彦 (2021) 反応危険に関する参考情報を利用したリスクアセスメント等解析ー混合危険を対象とした事例ー, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.193-196.
- 92) 水谷高彰, 斎藤寛泰 (2021) 貯蔵設備内の火災検知における種々の可燃物から発生する分解ガスのガスセンサ応答, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.239-242.
- 93) 加藤雅也, 斎藤寛泰, 水谷高彰 (2021) FDS による粉体貯蔵設備での爆発・火災初期における発生ガス拡散状況の検討, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.75-78.
- 94) 西脇洋佑, 佐藤嘉彦 (2021) 水とマグネシウム粉末の反応における熱的危険性への蒸発潜熱の影響, 安全工学シンポジウム 2021 講演要旨集, pp.284-287.
- 95) 山下真央, 西脇洋佑, 佐藤嘉彦, 大塚輝人, 熊崎美枝子 (2021) 熱量測定における新規時定数補正法の化学反応への適用可能性検討, 第 54 回安全工学研究発表会講演要旨集, pp.201-202.
- 96) 山下真央, 西脇洋佑, 大塚輝人, 佐藤嘉彦, 熊崎美枝子 (2021) 反応熱量計におけるヒートパルスを用いた高次の伝熱遅れ補正, 第 57 回熱測定討論会講演要旨集, p.Ia0900.
- 97) 西脇洋佑, 佐藤嘉彦 (2021) マグネシウム粉末およびマグネシウム合金粉末と水の反応性, 第 54 回安全工学研究発表会講演要旨集, pp.61-62.
- 98) 西脇洋佑, 熊崎美枝子 (2021) 界面活性剤を用いたマグネシウム系塩化組成物の水分による劣化の抑制(II), 一般社団法人火薬学会 2021 年度春季研究発表会講演要旨集, pp.155-156.
- 99) 崔光石, 崔旻, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2021) 除電器から発生する異常放電の電荷量測定に関する実験的研究, 第 45 回静電気学会全国大会 静電気学会論文講演論文集 2021, pp.175-178.
- 100) 長田裕生, 宮林善也, 鈴木輝夫, 崔光石 (2021) CR 並列式新型放電電荷量測定装置の開発に関する実験的研究, 第 45 回静電気学会全国大会 静電気学会講演論文集 2021, pp.93-98.

発表・講演された論文名

- 101) 崔光石, 崔旻, 柳田建三, 白松憲一郎 (2021) 液体静電塗装用ハンドスプレイガンの着火性評価方法に関する実験的研究, 2021年度 日本火災学会研究発表会概要集, pp.210-211.
- 102) ラジブカンティモンドル, 佐伯琳々, 城崎知至, 遠藤琢磨, 金佑勁, 崔光石 (2021) アルミニウム粉塵濃度が消炎距離に及ぼす影響, 第54回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.207-210.
- 103) 長田裕生, 宮林善也, 鈴木輝夫, 崔光石 (2021) CR 並列回路とピークホールド機能を備えたクーロンメータの実用性への検討, 第54回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.131-134.
- 104) 長田裕生, 鈴木輝夫, 崔光石 (2021) 突起物なしの場合のサイロ内帯電粉体から発生する電界分布の検討, 第54回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.127-130.
- 105) 崔光石, 崔旻, 長田裕生, 鈴木輝夫 (2021) 双極性除電器から発生する異常放電の電荷量に関する実験的研究(その2), 第54回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.223-226.
- 106) 長田裕生, 宮林善也, 鈴木輝夫, 崔光石 (2022) 新型クーロンメータによる絶縁性フレキシブルコンテナからの静電気放電の電荷量測定, 第23回静電気学会春期講演会論文集, pp.45-46.
- 107) 崔光石, 長田裕生, 宮林善也, 鈴木輝夫 (2022) 絶縁性フレキシブルコンテナからの静電気放電電荷量測定に関する研究, 第69回応用物理学会春季学術講演会, 22p-F407-1.
- 108) 三浦崇 (2021) 低真空でのステンレスと石英の摩擦静電気の測定, 第68回応用物理学会春季学術講演会, 16a-P03-1.
- 109) 三浦崇 (2021) アルゴンガス封入による粒体攪拌の静電気低減, 第68回応用物理学会春季学術講演会, 16p-P08-4.
- 110) 三浦崇 (2021) ステンレスと石英の摩擦における真空圧力と静電気の同時測定, 第82回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集, 10p-S401-9.
- 111) 三浦崇 (2021) 減圧によるアルミナ粒体攪拌の静電気低減, 第82回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集, 23p-P02-10.
- 112) 遠藤雄大 (2021) 液体の噴霧帯電量低減方法の検討, 安全工学シンポジウム 2021, pp.276-277.
- 113) 遠藤雄大 (2022) 少量の液体試料を用いた固体-液体の接触・分離時の帯電性評価実験, 静電気学会春期講演会論文集, pp.47-48.
- 114) 遠藤雄大 (2021) フッ素樹脂製配管使用時の液体の流動帯電特性の調査, 第54回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.221-222.
- 115) 遠藤雄大 (2021) 可燃性液体の静電気災害防止に関する研究. 第69回日本職業・災害医学会学術大会, 日本職業・災害医学会会誌, Vol.69 臨時増刊号, p.40.
- 116) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント結果等の労働者への周知等に関する考察と提案, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.250-253.
- 117) 島田行恭, 佐藤嘉彦, 高橋明子 (2021) 化学物質の危険性に対するリスクアセスメントのための簡易シナリオ同定から安衛研手法への展開. 第54回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.105-108.
- 118) 渕野哲郎, 井内謙輔, 武田和宏, 北島禎二, 島田行恭 (2021) CCPS;"LAYER OF PROTECTION ANALYSIS" 翻訳出版に向けた進捗, 化学工学会第52回秋季大会, VM102.
- 119) 武田和宏, 渕野哲郎, 斉藤日出雄, 北島禎二, 井内謙輔, 島田行恭 (2021) 業務プロセスモデルに基づく変更管理における検討項目の網羅的な列挙法の開発, 化学工学会第52回秋季大会, VM107.
- 120) 大西明宏, 清水尚憲, 山際謙太, 山口篤志, 吉田武, 山口勲 (2021) テールゲートリフターに着脱可能な昇降板用後付けタイプ柵の開発, 日本人間工学会第62回大会, 2D1-1.
- 121) 大西明宏 (2021) トラック架装の種類別にみた荷台への昇降方法に関する考察, 安全工学シンポジウム 2021, GS-9-4.
- 122) 大西明宏, 柴田圭 (2021) 労働災害における冬季の転倒の発生原因, 日本転倒予防学会第8回学術集会抄録集, p.117.
- 123) 高橋明子, 三品誠 (2021) ハザード知覚スキル向上のための安全対策に関するグループインタビュー調査: 住宅メーカーの安全管理者等を対象として, 安全工学シンポジウム 2021 講演予稿集, pp.254-257.
- 124) 呂健 (2021) 労働災害データベースにおけるテキスト情報の自動抽出-頻出語の抽出, 安全工学シンポジウム 2021.

- 125) 菅間敦, 瀬尾明彦 (2021) 立位作業姿勢の違いによる前方への自発的な踏み出しやすさの比較, 人間工学, Vol.57 (Suppl.), pp.1D2-3.
- 126) 菅間敦, 平内和樹, 倉元昭季, 瀬尾明彦 (2021) シャガミ姿勢における足位置が姿勢安定性に与える影響, 日本人間工学会関東支部第 51 回大会講演集, pp.58-59.
- 127) 菅間敦, 高橋明子, 島田行恭, 平内和樹, 中嶋良介, 西村崇宏 (2021) 墜落・転落災害防止に向けた非熟練者の行動特性の分析と支援手法に関する検討, 第 69 回日本職業・災害医学会学術大会 労働安全衛生総合研究所報告, R2-4, 日本職業・災害医学会会誌, Vol.69, (Suppl.), pp.41.
- 128) 柴田圭, 大西明宏 (2021) 労働災害における転倒発生直前動作の分類, 日本人間工学会関東支部第 51 回大会講演集, pp.62-63.
- 129) 入沢和, 芳司俊郎 (2021) 中小企業の機械設備に係る簡易リスクアセスメント手法の開発, 第 22 回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会.
- 130) 平内和樹, 瀬尾明彦 (2021) 反復的な荷物取り置き作業における関節角度の時系列変化の特異スペクトル解析を用いた主要な動作成分の抽出に基づく評価, 日本人間工学会第 62 回大会, 人間工学, Vol.57, (Suppl.), pp.2D4-4.
- 131) 瀬尾明彦, 平内和樹 (2021) 経路探索法を利用した荷物取り扱い動作の経路とばらつき, 日本人間工学会第 62 回大会, 人間工学, Vol.57, (Suppl.), pp.2D4-5.
- 132) 新井駿佑, 平内和樹, 瀬尾明彦 (2021) ハンドトラッキングを用いた VR 環境下でのハンドカップリング評価, 日本人間工学会第 62 回大会, 人間工学, Vol.57, (Suppl.), pp.1G2-5.
- 133) 平内和樹, 菅間敦 (2021) 押し引き作業における突発的な反力減少を発生させる装置の開発, 日本人間工学会関東支部第 51 回大会講演集, pp.60-61.
- 134) 高木元也, 菅知絵美, 北條理恵子 (2021) 第三次産業における転倒災害防止に関する研究, 安全工学研究発表会講演予稿集, pp.167-168.
- 135) 池田博康, 齋藤剛, 岡部康平 (2021) ロボット介護機器の運用時のリスク低減効果を含めた包括的リスクアセスメントの考え方, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2021, 1P1-C02.
- 136) 菅知絵美, 北條理恵子, 高木元也 (2021) 店舗販売小売業における労働災害発生状況に関する研究, 安全工学シンポジウム 2021.
- 137) 菅知絵美, 北條理恵子, 高木元也 (2021) 小売業における自社調査による安全の取り組みを対象とした協働研究の紹介, 日本機械学会 2021 年度年次大会.
- 138) 菅知絵美, 是村由佳, 北條理恵子, 清水尚憲 (2021) Well-being とは何か. 人と環境及び機械安全の融合に着目した安全管理システムの構築—ホリスティック・セーフティを目指して, 第 23 回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会予稿集, 2A5-05.
- 139) 菅知絵美, 清水尚憲, 北條理恵子 (2021) 作業者と機械が協働することに重要なこと—Well-being とストレス要因—, 河島研究会特別講演, 抄録なし.
- 140) 菅知絵美, 北條理恵子, 高木元也 (2021) 店舗販売小売業における労働災害発生状況に関する研究, 安全工学シンポジウム 2022 オーガナイズドセッション, 抄録なし.
- 141) 菅知絵美, 北條理恵子, 高木元也 (2021) 転倒災害の逸話的分析—予備的検討—, 第 54 回安全工学研究発表会講演予稿集, pp.163-164.
- 142) 菅知絵美, 北條理恵子, 高木元也 (2021) 小売業における自社調査による安全の取り組みを対象とした協働研究の紹介, 協調安全に必要とされるリスクアセスメント—人の要素の重要性の考察, 日本機械学会 2021 年次大会, S171-07.
- 143) 菅知絵美, 是村由佳, 北條理恵子, 清水尚憲 (2021) Well-being とは何か. 第 22 回計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会.
- 144) 吉田瞬, 森田智恵, 蓮實雄大, 是村由佳, 菅知絵美, 清水尚憲, 北條理恵子, 中村瑞穂 (2021) 分解作業時の教示方法が作業時間に及ぼす影響, 作業手順の最適化によるリスク低減策と定量的評価, 日本機械学会 2021 年次大会, S172-01.
- 145) 森田智恵, 吉田瞬, 蓮實雄大, 是村由佳, 菅知絵美, 清水尚憲, 中村瑞穂, 北條理恵子 (2021) 未経験者と作業経験者による作業遂行行動の定量的評価, 作業手順の最適化によるリスク低減策と定量的評価, 日本機械学会 2021 年次大会, S172-06, 著作権譲渡に不承諾のため抄録なし.

- 146) 川上澄香, 久保智英, 井澤修平, 吉川徹 (2022) 介護職員におけるトラウマティックな出来事に関する労災復命書を用いた分析, 第 29 回日本産業ストレス学会, 産業ストレス研究, Vol.29, No.1, p.184.
- 147) 齊藤宏之 (2022) コロナ禍における労働状況～インターネット調査から見えてくること～(1)コロナ禍における在宅勤務環境と, それに伴う健康影響について, 第 11 回遠隔産業衛生研究会自由集会.
- 148) 西村悠貴, 久保智英, 松元俊, 佐々木毅 (2022) 職場における暴言が被害者やその周りの労働者に与える影響, 日本産業衛生学会産業疲労研究会第 94 回定例研究会, 抄録集, p.5.
- 149) 久保智英, 池田大樹, 松元俊 (2022) 交代勤務看護師における勤務時間外での仕事による心理的拘束感と過労徴候, 日本産業衛生学会産業疲労研究会第 94 回定例研究会, 抄録集, p.7.
- 150) 松元俊, 久保智英, 井澤修平, 池田大樹 (2022) 長距離トラックドライバーの勤務中の休息期間が疲労, 眠気, 血圧に及ぼす効果, 日本産業衛生学会産業疲労研究会第 94 回定例研究会, 抄録集, p.4.
- 151) 蘇リナ, 村井史子, 藤居学, 渡辺早苗, 松尾知明 (2022) 労働者の体力と座位行動が心血管疾患リスクおよび関連医療費に及ぼす影響, 日本産業衛生学会産業疲労研究会第 94 回定例研究会, 抄録集, p.2.
- 152) 池田大樹, 久保智英, 西村悠貴, 井澤修平 (2022) 勤務時間外の仕事の連絡と在宅勤務頻度が IT 労働者の心身に及ぼす影響:9 日間の観察調査研究, 日本産業衛生学会産業疲労研究会第 94 回定例研究会, 抄録集, p.3.
- 153) 西村悠貴, 久保智英, 松元俊, 佐々木毅 (2022) 小売り・卸売業における直接および間接的な暴言とうつ傾向との関連について, 第 29 回日本産業ストレス学会抄録, p.185.
- 154) 鷹屋光俊, 山田丸 (2021) ボルテックスシェーカー法で発生させたエアロゾルを用いた蛍光 X 線分析用標準試料作成方法の検討, 第 60 回日本労働衛生工学会抄録集, pp.56-57.
- 155) 萩原正義, 日達清, 小野真理子 (2021) ベンジルアルコールの標準ガス発生と分析法についての検討, 第 60 回日本労働衛生工学会抄録, pp.46-47.
- 156) 中村憲司, 大塚輝人 (2021) 異なる型式の吸入性粉じん用分粒装置を装着することによる粉じん相対濃度測定への影響, 第 60 回日本労働衛生工学会抄録集, pp.52-53.
- 157) 柳場由絵, 豊岡達士, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) 芳香族アミン類の皮膚吸収に関する検討, 第 69 回日本職業・災害医学会, 日本職業・災害医学会会誌, Vol.69, 別, p.42.
- 158) 祁永剛, 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 王瑞生, 甲田茂樹, 堀口兵剛 (2021) オルトフェニレンジアミンの皮膚蓄積性と遺伝毒性に関する研究, 第 50 回日本環境変異原学会要旨集, p.122.
- 159) 森優太, 鈴木崇志, 豊岡達士, 小牧裕佳子, 伊吹裕子 (2021) 熱ストレスによるヒストン H2AX リン酸化を指標とした組織老化の新規評価法, 第 50 回日本環境変異原学会要旨集, p.109.
- 160) 小林沙穂, 豊岡達士, 王瑞生, 武田俊一, 甲田茂樹 (2021), 芳香族アミン類 MOCA のニフトリ細胞 DT40 ノックアウト細胞群を用いた DNA 修復経路の探索, 第 44 回日本分子生物学会年会, Poster.
- 161) 天本宇紀, 豊岡達士, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) シリカ粒子の微小化が及ぼす細胞毒性への影響, 第 69 回日本職業・災害医学会学術大会, 日本職業・災害医学会会誌, Vol.69, p.39.
- 162) 柏木裕呂樹, 豊岡達士, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) リン酸化ヒストン H2AX を指標とした産業金属類における DNA 損傷性の検討およびリン酸化誘導を抑制する金属類に注目した変異原性に関する研究, メタルバイオサイエンス研究会 2021, J Toxicol Sci, Vol.8, (Suppl.), p.116.
- 163) 松元俊, 久保智英, 池田大樹, 井澤修平, 高橋正也 (2021) 不規則勤務トラックドライバーの出勤時血圧に関連する労働休息条件の検討, 第 31 回日本産業衛生学会全国協議会講演集, p.304.
- 164) 柴田延幸 (2021) 末梢神経系障害を主徴とする振動障害予備群早期発見の試み, 第 33 回日本産業衛生学会振動障害研究会, 抄録なし.
- 165) 高橋幸雄 (2021) 低周波音による振動感覚の評価方法に関する一考察, 日本騒音制御工学会 2021 年秋季研究発表会講演論文集, pp.201-202.
- 166) 上野哲, 柴田延幸, 久永直見 (2021) 慢性疾患や服薬が熱中症発症率に及ぼす影響:大規模 Web 調査結果から, 第 69 回日本職業・災害医学会学術大会, 日本職業・災害医学会会誌, Vol.69, 別, p.121.
- 167) 齊藤宏之 (2021) 呼吸用保護具ならびにマスク着用による熱中症リスクに関する文献的検討, 第 60 回日本労働衛生工学会・第 42 回作業環境測定研究発表会抄録集, pp.14-15.

- 168) 澤田有喜子, 石澤哲郎, 梶木繁之, 神田橋宏治, 齊藤宏之, 櫻木園子, 種市撰子, 武藤剛, 守田祐作 (2021) 第 2 期 緊急事態宣言下の産業保健活動アンケート調査結果, 第 31 回日本産業衛生学会全国協議会抄録集, p.233.
- 169) 齊藤宏之, 澤田晋一 (2021) 電子式 WBGT 計の主たる誤差要因としての自然湿球温度の推定方法についての検討(第 3 報)簡易推定式の検討, 日本生気象学会雑誌, Vol.58, No.2, p.S45.
- 170) 安彦泰進, 古瀬三也, 高野継夫 (2021) 吸湿小型活性炭層での有機ガス破過時間推算モデルの適用の拡張, 第 34 回日本吸着学会研究発表会講演要旨集, p.71.
- 171) 高谷一成, 萩原正義, 的場史朗, 鷹屋光俊, 柴田延幸 (2021) 作業環境中に存在する揮発性化学物質測定のためのリアルタイム分析装置の開発, 第 9 回イオン移動度学会, 原子衝突学会 第 46 回年会講演概要集, p.84.
- 172) 岩切一幸, 佐々木毅, 三木圭一 (2021) 2018 年・2019 年の労働者死傷病報告における業務上腰痛の発生状況, 日本産業衛生学会作業関連性運動器障害研究会第 25 回定例会, 抄録なし.
- 173) 谷直道, 岩切一幸, 市川富美子, 織田進 (2021) 保健衛生業に従事する労働者のための腰痛リスク評価法～日本語版 MAPO インデックスの開発～, 日本産業衛生学会作業関連性運動器障害研究会第 25 回定例会, 抄録なし.
- 174) 蘇リナ, 松尾知明 (2021) 労働者のメタボリックシンドローム改善に向けた高強度インターバルトレーニングの有効性, 第 69 回日本職業・災害医学会学術大会予稿集, p.47.
- 175) Hideyuki Kobayashi (2021) Capability-based well-being evaluation for general aged inhabitants, 第 80 回日本公衆衛生学会総会抄録集, p.313.
- 176) 吉川徹 (2021) COVID-19 流行期におけるイベント開催時の職域と地域のリスクコミュニケーション, 第 28 回日本産業精神保健学会, 産業精神保健, Vo.29(増刊号), p.108.
- 177) 吉川徹, 満田年宏, 網中真由美, 黒須一見, 國島広之 (2021) COVID-19 から医療者をまもる COVID-19 ワクチンを想定した予防接種における個人防護具の使い方, 36 回日本環境感染学会総会プログラム抄録集, p.130.
- 178) 祁永剛, 豊岡達士, 柏木裕呂樹, 王瑞生, 甲田茂樹, 堀口兵剛 (2021) オルトフェニレンジアミンの三次元皮膚蓄積性と *in vitro* 遺伝毒性に関する研究, 第 48 回日本毒性学会要旨集, p.81.
- 179) 高階光梨, 横光健吾, 村中誠司, 宋龍平, 国里愛彦, 木内敬太, 青木俊太郎, 佐藤秀樹, 片岡裕貴, 竹林由武 (2021) 遠隔心理支援のメンタルヘルス・アウトカム:メタ分析研究の系統的レビュー, 日本心理学会第 85 回大会抄録.
- 180) 江藤太亮, 久瀬真奈美, 西村悠貴, Petteri Teikari, Raymond P. Najjar, 樋口重和 (2021) プルキンエ像を利用した生体水晶体の分光光学濃度測定法の提案:散瞳と無散瞳の比較, 第 57 回日本眼科学学会総会抄録集, p.70.
- 181) 時澤健 (2021) 高齢者と若年者における WBGT と運動時体温調節反応の関係, 第 76 回日本体力医学会要旨集, p.218.
- 182) 大谷秀憲, 賀屋光晴, 玉木彰, 後藤平太, 時澤健, Ronald J. Maughan (2021) 日射と気流の複合作用が暑熱環境下の運動時における体温調節と持久性パフォーマンスに及ぼす影響, 第 76 回日本体力医学会予稿集, p.217.
- 183) 松尾知明, 蘇リナ, 村井史子 (2021) 運動トレーニング介入による実測 VO_{2max} の変化に推定 VO_{2max} は追従できるか, 第 76 回日本体力医学会大会予稿集, p.237.
- 184) 村井史子, 松尾知明, 蘇リナ (2021) 大規模疫学調査に向けた身体活動・心拍データ処理システムの開発, 第 76 回日本体力医学会大会予稿集, p.247.
- 185) 池田大樹, 劉欣欣, 小山冬樹, 赤間章英, 鍛代京子, 井澤修平, 高橋正也 (2021) 長時間労働時と睡眠制限が血行動態に及ぼす影響:健康成人男性を対象とした実験研究, 日本睡眠学会第 46 回定期学術集会抄録集, p.241.
- 186) 蘇リナ, 村井史子, 松尾知明 (2021) 労働者の座位時間評価方法の検討:activPAL、オムロン活動量計、WLAQ(調査票), 第 76 回日本体力医学会大会予稿集, p.247.

- 187) 渡辺裕晃, 甲田茂樹, 佐々木毅, 松葉史子, 伊藤昭好, 原邦夫, 堤明純, 丸山正治, 山口秀樹 (2021) 自治体職場における OSHMS 定着と安全衛生指標や活動への影響評価 第 27 報, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63 (Suppl), p.559.
- 188) 山田丸, 柳場由絵, 久保田久代, 天本宇紀, 甲田茂樹 (2021) SEM-EDS による BALF 中マクロファージの微細シリカ粒子貪食率測定法の開発, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.466.
- 189) 柳場由絵, 豊岡達士, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) 動物皮膚を用いた芳香族アミン類の皮膚透過性評価について, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.449.
- 190) 小林沙穂, 祁永剛, 豊岡達士, 王瑞生, 武田俊一, 甲田茂樹 (2021) 芳香族アミン類 MOCA の変異体細胞群 DT40 を用いた DNA 修復経路の探索. 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.389.
- 191) 天本宇紀, 豊岡達士, 王瑞生, 甲田茂樹 (2021) 結晶性及び非晶性シリカ粒子の微小化と細胞毒性の関係, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.465.
- 192) 吉川悦子, 榮留富美子, 安部仁美, 佐野友美, 毛利一平, 奥村隆志, 仲尾豊樹, 吉川徹 (2021) 知的障害児者施設における COVID-19 感染症対策のための参加型研修プログラムの開発, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.371.
- 193) 小木和孝, 竹内由利子, 佐野友美, 吉川悦子, 吉川徹 (2021) 複数年にわたる参加型職場環境改善活動におけるコミュニケーション改善策の特徴, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.408.
- 194) 茂木伸之, 松元俊, 久保智英, 井澤修平, 池田大樹, 高橋正也, 甲田茂樹 (2021) 道路貨物運送業における精神障害等の労災認定事案の解析, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.403.
- 195) 木内敬太, 佐々木毅, 高橋正也, 久保智英, 吉川徹, 松尾知明, 劉欣欣 (2021) 労働者における心理的負荷が想定される職場での出来事のパターン分類と睡眠や抑うつ症状との関連, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.557.
- 196) 久保智英, 池田大樹, 松元俊, 井澤修平, 山本啓太, 高橋正也, 小村由香 (2021) 睡眠マネジメントの立案に向けて:交代勤務看護師における夜間睡眠の取得状況と疲労, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63 (Suppl.), p.422.
- 197) 小川奈美子, 井澤修平, 菅谷渚, 城月健太郎, 野村収作 (2021) 爪に含まれるコルチゾールと心理指標の相関の検討, 第 39 回日本生理心理学会大会抄録集, ページ数なし.
- 198) 岩浅巧, 西村悠貴, 吉川徹, 佐々木毅, 高橋正也 (2021) 労働時間と抑うつとの関係に関する縦断研究, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.543.
- 199) 西村悠貴, 山内貴史, 佐々木毅, 吉川徹, 高橋正也 (2021) 階層的クラスタリングを用いた労災認定自殺事案の時間外労働パターン分類, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63, p.337.
- 200) 上野哲 (2021) 夏季屋外作業時の呼吸による放熱の割合, 第 35 回日本神経救急学会学術集会抄録集, p.80.
- 201) 上野哲, 柴田延幸, 久永直見 (2021) 業務上における各熱中症対策の実施率と有効性の評価, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63 (Suppl.), p.412.
- 202) 齊藤宏之, 山内武紀, 武藤剛, 貴志孝洋, 中原浩彦, 中村修, 飯田裕貴子, 山野優子, 橋本晴男 (2021) COVID-19 対策に活用可能な換気シミュレーターの開発(第 2 報)実測値の比較, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol. 63(Suppl.), p.393.
- 203) 安彦泰進, 古瀬三也, 高野継夫 (2021) 呼吸保護具吸収缶での活性炭層における破過理論式と破過時間相対値の適用, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63 (Suppl), p.574.
- 204) 山口さち子 (2021) MRI 検査業務従事者の漏洩磁界の認知度に関する要因, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63(Suppl.), p.567.
- 205) 井上直子 (2021) キャピラリー電気泳動による高塩濃度中の芳香族アミンの分析法の検討, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63 (Suppl.), p.351.
- 206) 高谷一成, 的場史朗, 鈴木規道, 中山誠健 (2021) 室内空气中の揮発性有機化合物の多成分同時分析のためのイオン付着法を用いたイオン移動度分析装置の開発, 第 9 回イオン移動度学会, 講演集なし.
- 207) 岩切一幸, 外山みどり, 高橋正也, 劉欣欣, 小山冬樹 (2021) 介護施設における介護者の労働生活の質 (QWL) 向上に関する追跡調査, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63 (Suppl.), p.491.
- 208) 松尾知明, 蘇リナ, 村井史子 (2021) 社会経済的地位と運動習慣や体力との関係～東京圏で勤務する労働者の健康格差～, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63 (Suppl.), p.528.

発表・講演された論文名

- 209) 池田大樹, 久保智英, 佐々木毅, 西村悠貴, 劉欣欣, 松尾知明, 蘇リナ, 松元俊, 高橋正也 (2021) 勤務間インターバルの変化が睡眠時間に及ぼす影響: 日勤労働者を対象とした縦断調査, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63 (Suppl.), p.335.
- 210) 蘇リナ, 松尾知明 (2021) 労働者の MS 改善に向けた高強度インターバルトレーニングと食事改善の有効性, 第 94 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, Vol.63 (Suppl.), p.540.
- 211) 杜唐慧子, 岩切一幸, 外山みどり, 時澤健, 小山冬樹 (2021) 在宅勤務を想定した VDT 作業時の姿勢とその経時変化, 日本人間工学会第 62 回大会プログラム, 2D4-1 (電子版).

3. 学会活動等

表 2-17 国際学会の活動への協力

役職名等	氏名
1) International Conference on Safety of Industrial Automated Systems Member of the scientific committee and executive committee	池田 博康
2) IEEE Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) Member of the TPC	清水 尚憲, 北條理恵子
3) The International Conference on Slips, Trips and Falls 2022 in Sendai Conference Secretariat	柴田 圭
4) IEEE Magnetics Society Publicity Committee 委員	山口さち子
5) IEEE Magnetics Society Technical Committee 委員	山口さち子
6) Collegium Ramazzini Emeritus Member	大久保利晃
7) Faculty of Occupational Medicine, Loyal Academy of Physicians, London Honorary Fellow	大久保利晃
8) International Commission on Occupational Health Honorary Member	大久保利晃
9) Working Time Society 選任理事	高橋 正也
10) 国際産業保健学会(ICOH) 日本セクレタリ	吉川 徹

表 2-18 国内学会の活動への協力

役職名等	氏名
1) 特定非営利活動法人 安全工学会 理事	板垣 晴彦
学術委員会 委員	板垣 晴彦, 崔 光石
論文審査委員会 委員	板垣 晴彦
企画委員会 委員	大塚 輝人
研究発表会実行委員会 委員	遠藤 雄大
将来構想委員会 委員	遠藤 雄大
2) 公益社団法人 地盤工学会 地盤設計・施工基準委員会 委員	玉手 聡
関西支部 斜面リスク低減委員会 委員	平岡 伸隆
国際部 地盤工学の社会的地位向上推進委員会 委員	平岡 伸隆
関東支部 自然災害に対する安全性指標(GNS)の開発とその利活用に関する研究委員会 幹事	平岡 伸隆

役 職 名 等	氏 名
関東支部 研究委員会グループ 幹事	平岡 伸隆
3) 公益社団法人 土木学会	
鋼構造委員会 鋼構造架設設計施工指針改定小委員会 委員	大幢 勝利
安全問題研究委員会 幹事長	高橋 弘樹
安全問題研究委員会 委員	大幢 勝利
安全問題研究委員会土木工事安全小委員会 幹事長	大幢 勝利
土木広報センター 委員	大幢 勝利
パンデミック対応検討小委員会 委員	高橋 弘樹
トンネル工学委員会 委員	吉川 直孝
土木学会論文集 F1 分冊編集小委員会 幹事長	吉川 直孝
地盤工学委員会 幹事	平岡 伸隆
地盤工学委員会 斜面工学研究小委員会 委員	平岡 伸隆
1 級土木技術者資格小委員(地盤・基礎) 幹事	平岡 伸隆
4) 公益社団法人 日本地すべり学会	
斜面動態モニタリングデータに基づく崩壊発生予測研究小委員会 委員	平岡 伸隆
5) 公益社団法人 日本材料学会	
フラクトグラフィ部門委員会 委員長	山際 謙太
高温強度部門委員会 損傷評価 WG	山際 謙太
6) 公益社団法人 日本火災学会	
化学火災専門委員会 委員	板垣 晴彦
学生奨励賞選考委員会 幹事	板垣 晴彦
刊行委員会 委員長	佐藤 嘉彦
理事会 常務理事	佐藤 嘉彦
7) 一般社団法人 火薬学会	
企画委員会 委員	板垣 晴彦, 西脇 洋佑
評議員	板垣 晴彦, 佐藤 嘉彦
爆発安全専門部会 委員	佐藤 嘉彦
火工品専門部会 委員	西脇 洋佑
8) 一般社団法人 日本建築学会	
仮設構造小委員会	日野 泰道
仮設構造運営委員会	日野 泰道
建設技能者問題小委員会	高木 元也
9) 一般社団法人 日本風工学会	
風災害研究会 委員	大幢 勝利, 高橋 弘樹
10) 一般社団法人 日本機械学会	
運営委員会 運営委員	清水 尚憲, 北條理恵子
産業・化学機械・安全部門 代議員	芳司 俊郎
産業・化学機械・安全部門 運営委員	清水 尚憲, 北條理恵子
産業安全行動分析学研究会 代表	北條理恵子
産業安全行動分析学研究会 国際規格のための勉強会 代表	清水 尚憲, 北條理恵子
産業安全行動分析学研究会 ドイツとの国際規格に関する研究会 運営委員	清水 尚憲, 北條理恵子
標準事業委員会 委員	柴田 延幸
標準事業表彰選考委員会 副委員長	柴田 延幸
11) 一般社団法人 静電気学会	
代議員	崔 光石
静電気学会誌編集委員会 委員	遠藤 雄大
放電基礎研究委員会 幹事	遠藤 雄大
12) 一般社団法人 日本粉体工業技術協会	

役職名等	氏名
粉じん爆発委員会 委員	崔 光石
13) 公益社団法人 日本化学会 環境・安全推進委員会防災小委員会 委員	板垣 晴彦
14) 公益社団法人 化学工学会 安全部会運営委員会 委員	島田 行恭
15) 日本石灰協会 事例編集委員会 委員	玉手 聡
16) 日本学術振興会 プロセスシステム第143委員会 委員	島田 行恭
17) 日本ばね学会 破面解析研究会 主査	山際 謙太
18) バイオメカニズム学会 評議員	大西 明宏
19) 公益社団法人 日本産業衛生学会 名誉会員 代議員	大久保利晃 甲田 茂樹, 鷹屋 光俊, 山本 健也, 吉川 徹 齊藤 宏之, 中村 憲司, 山田 丸
学術委員会 委員	久保 智英
広報委員会 委員	久保 智英
編集委員会 委員	齊藤 宏之
産業衛生技術部会 幹事	伊藤 昭好, 齊藤 宏之
産業衛生技術部会 事務局長, 広報委員長	齊藤 宏之
産業衛生技術部会 企画運営委員	齊藤 宏之, 中村 憲司
許容濃度等委員会 委員	山本 健也, 伊藤 昭好
ダイバーシティ推進委員会 委員	中村 憲司
関東地方会 幹事	山本 健也, 中村 憲司
関東産業衛生技術部会 副部会長	齊藤 宏之
関東産業衛生技術部会 世話人	中村 憲司, 齊藤 宏之
作業関連性運動器障害研究会 副代表世話人	岩切 一幸
作業関連性運動器障害研究会 世話人	菅間 敦
電磁界下での作業による健康リスク研究会 幹事補佐	山口さち子
産業疲労研究会 代表世話人	松元 俊
産業疲労研究会 世話人	劉 欣欣, 久保 智英
医療従事者のための産業保健研究会 世話人	吉川 徹
遠隔産業衛生研究会 世話人	齊藤 宏之
温熱環境研究会 世話人	齊藤 宏之
若手研究者の会 世話人	池田 大樹
労働衛生国際協力研究会 世話人	吉川 徹
20) 公益社団法人 日本騒音制御工学会 低周波音分科会 主査	高橋 幸雄
研究部会 委員	高橋 幸雄
21) 一般社団法人 日本環境感染学会 評議員	吉川 徹
職業感染制御委員会 副委員長	吉川 徹
22) 一般社団法人 日本産業精神保健学会 医療従事者の産業精神保健支援委員会 副委員長	吉川 徹
23) 日本睡眠学会 幹事	高橋 正也

役職名等	氏名
24) 一般社団法人 日本体力医学会 評議員	松尾 知明, 時澤 健
25) 一般社団法人 電気学会 マグネティックス技術委員会 1号委員 バイオ・医療における磁界・磁性材料の応用研究と産学官連携調査専門委員会 委員 編集専門第一部会 委員 次世代ヘルスケアのための磁気による挑戦的技術調査専門委員会 委員 先進的な電磁界ばく露評価基盤技術動向調査専門委員会 委員 電磁界の健康リスク分析調査専門委員会 委員	山口さち子 山口さち子 山口さち子 山口さち子 山口さち子 山口さち子
26) 一般社団法人 磁気共鳴医学会 代議員	山口さち子
27) 一般社団法人 日本人間工学会 代議員 小中学校等におけるICT機器活用の人間工学ガイドライン検討委員会 委員 関東支部会 評議員	岩切 一幸 外山みどり 吉川 徹
28) 日本行動医学会 評議員 利益相反委員会 委員 編集委員会 委員	高橋 正也, 井澤 修平 井澤 修平 池田 大樹
29) 日本ストレス学会 評議員	吉川 徹, 井澤 修平
30) 日本産業ストレス学会 評議員	吉川 徹
31) 日本生理人類学会 評議員 代議員	岩切 一幸, 劉 欣欣, 井澤 修平, 小山 冬樹 西村 悠貴
32) 日本先天異常学会 神経管閉鎖障害に関する理事長特命ワーキンググループ 委員 神経発生毒性学委員会(DNT委員会) 委員 評議員	小林 健一 小林 健一 小林 健一
33) 日本労働衛生工学会 副会長 理事 編集委員会 委員長	鷹屋 光俊 鷹屋 光俊, 中村 憲司, 齊藤 宏之 齊藤 宏之
34) 生殖発生毒性東京セミナー 実行委員	小林 健一
35) 局所排気装置等労働衛生工学研究会 運営委員	小嶋 純
36) 炭素材料学会エコカーボン研究会 幹事	安彦 泰進
37) 労働時間日本学会 会長 事務局 ボードメンバー	高橋 正也 池田 大樹 松元 俊
38) 日本環境変異原学会 評議員	豊岡 達士
39) 一般社団法人 日本救急医学会 熱中症および低体温症に関する委員会 外部委員	上野 哲

役職名等	氏名
40) 日本職業・災害医学会 評議員	上野 哲
41) 日本生気象学会 熱中症予防研究会 委員	時澤 健 齊藤 宏之
42) 日本健康支援学会 評議員 優秀論文賞審査委員会 委員	松尾 知明 松尾 知明
43) 公益社団法人 日本心理学会 精神神経内分泌免疫学研究会 幹事	井澤 修平
44) その他 日本ブラント・ヒューマンファクター学会 評議員 Testis Workshop 精子形成・精巣毒性研究会 評議員 Integrated Sleep Medicine Society Japan 副理事長 健康開発科学研究会 名誉会長 医療勤務環境マネジメント研究会 監事 公益社団法人 自動車技術会 ヒューマンファクター委員 日本ブリーフセラピー協会 事務局員 フィットテスト研究会産業部会 代表 日本人生哲学感情心理学会 キャリアコンサルタント更新講習運営委員 日本人生哲学感情心理学会研究倫理審査委員会 委員長 寛容と連携の日本動機づけ面接学会 理事 職業感染制御研究会 副理事長 日本実行機能コーチング協会 理事	島田 行恭 大谷 勝己 高橋 正也 大久保利晃 吉川 徹 鈴木 一弥 木内 敬太 吉川 徹 木内 敬太 木内 敬太 木内 敬太 吉川 徹 木内 敬太

表 2-19 国際誌編集委員等(INDUSTRIAL HEALTH 誌を除く)

雑誌名(学会・発行機関)	氏名
1) International Conference on Slips, Trips and Falls (STF2022), Organizing Committee	大西 明宏 菅間 敦
2) 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA2021), Member of Technical Committee	菅間 敦
3) 2022 IEEE 9th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA2022), Member of Technical Committee	菅間 敦
4) American Chemical Society, Chemical Health and Safety	城内 博
5) The Journal of Toxicological Sciences, Editorial board (The Japanese Society of Toxicology)	小林 健一
6) Fundamental Toxicological Sciences, Editorial board (The Japanese Society of Toxicology)	小林 健一
7) Journal of Reproduction and Development, Editorial board (The Society for Reproduction and development)	小林 健一
8) Congenital Anomalies, Associate Editor (The Japanese Teratology Society)	小林 健一
9) Journal of Reproduction and Development, Expert Reviewer (Society for Reproduction and Development)	大谷 勝己
10) Scandinavian Journal of Work and Environmental Health, 編集委員 (Nordic Association of Occupational Safety and Health)	高橋 正也
11) Journal of Occupational Health, 編集委員 (Wiley)	高橋 正也
12) Environmental and Occupational Health Practice, 編集委員 (Wiley)	高橋 正也
13) IATSS Research, 編集委員 (Elsevier)	高橋 正也
14) Journal of Occupational Health, Field Editor (Ergonomics field) (The Japanese Society for Occupational Health)	久保 智英

	雑誌名(学会・発行機関)	氏名
15)	Environmental and Occupational Health Practice, Associate Editor (The Japan Society for Occupational Health)	久保 智英
16)	Journal of Occupational Health, Associate Editor	井澤 修平
17)	International Journal of Environmental Research and Public Health	佐藤 ゆき
18)	Journal of Physiological Anthropology, 編集担当幹事 (BMC)	西村 悠貴
19)	Principles and Methods of Assessing the Work Environment, Scientific Board (CIOP-PIB)	柴田 延幸
20)	Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Member of Editorial Board (Sage Publishing Company)	高橋 幸雄
21)	Environmental and Occupational Health Practice (Japan Society for Occupational Health)	小嶋 純
22)	Journal of Occupational Health, Editors (日本産業衛生学会)	劉 欣欣
23)	Journal of Occupational Health, Associate Editor (日本産業衛生学会)	劉 欣欣
24)	Journal of Physiological Anthropology, Editors (日本生理人類学会)	劉 欣欣
25)	Journal of Occupational Health, Editors (日本産業衛生学会)	時澤 健
26)	Journal of Occupational Health, Associate Editor (日本産業衛生学会)	時澤 健
27)	The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 編集委員	松尾 知明

表 2-20 国内誌編集委員等(労働安全衛生研究誌を除く)

	雑誌名, (学会・発行機関)	氏名
1)	一般社団法人日本クレーン協会 クレーン誌編集委員会 委員長	山際 謙太
2)	公益社団法人ボイラ・クレーン安全協会 jitsu・ten 実務&展望 編集委員会 委員	山口 篤志
3)	公益社団法人日本火災学会 火災誌編集小委員会 委員	八島 正明
4)	安全工学誌 編集委員会 編集委員長(特定非営利活動法人安全工学会)	板垣 晴彦
5)	土木学会論文集編集委員会 F6 分冊編集小委員会 委員長	大幢 勝利
6)	土木学会論文集編集委員会 編集調整会議 委員	大幢 勝利
7)	総合安全工学研究所, Safety Engineering 編集委員	大塚 輝人
8)	作業環境 編集員(日本作業環境測定協会)	鷹屋 光俊
9)	労働衛生工学 編集委員(日本労働衛生工学会)	鷹屋 光俊
10)	エアロゾル研究 編集委員(日本エアロゾル学会)	山田 丸
11)	繊維状物質研究 編集委員(日本繊維状物質研究協会)	中村 憲司
12)	労働衛生工学 編集委員(日本労働衛生工学会)	中村 憲司
13)	産業保健と看護 編集委員(メディカ出版)	吉川 徹
14)	産業精神保健 編集委員(一般社団法人日本産業精神保健学会)	吉川 徹
15)	REBT 研究 編集委員会事務局長(日本人生哲学感情心理学会)	木内 敬太
16)	産業衛生学雑誌 編集委員(日本産業衛生学会)	久保 智英
17)	日本行動医学会 編集委員	井澤 修平
18)	日本健康心理学会 副編集委員長	井澤 修平
19)	日本産業ストレス学会 編集委員	井澤 修平
20)	日本ストレス学会 編集委員	井澤 修平
21)	小児保健研究 編集委員(日本小児保健学会)	佐藤 ゆき
22)	日本職業・災害医学会誌 編集委員(独立行政法人労働者健康安全機構)	上野 哲
23)	労働衛生工学 編集委員長(日本労働衛生工学会)	齊藤 宏之
24)	電気学会誌 編集委員(電気学会)	山口さち子
25)	スポーツ科学研究 編集委員(早稲田大学)	時澤 健
26)	産業衛生学雑誌 編集委員(日本産業衛生学会)	時澤 健
27)	体力科学 編集委員(日本体力医学会)	松尾 知明

表 2-21 職員が授与された表彰及び学位等

内容	氏名
1) Excellent Oral Presentation Award. 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA2021)	菅間 敦
2) 日本高圧力技術協会貢献賞 2021 年 5 月.	佐々木哲也
3) 日本人間工学会 2021 年度人間工学グッドプラクティス賞 優秀賞 2021 年 5 月.	柴田 圭
4) 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手研究者賞 2021 年 4 月.	柴田 圭
5) 土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会 優秀講演者賞 2021 年 10 月.	平岡 伸隆
6) 第 59 回燃焼シンポジウム ベストプレゼンテーション賞 光学センサーを用いた細孔金網による爆轟波減衰の観測 2021 年 11 月.	一條 大介, 金澤 孝希 大塚 輝人, 斎藤 寛泰
7) 第 22 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 優秀講演賞 2021 年 12 月.	齋藤 剛, 池田 博康 濱島 京子
8) SI 2021 優秀講演賞 2021 年 12 月.	山口 篤志, 岡部 康平 堀 智仁, 菅 知絵美 北條理恵子, 清水 尚憲
9) 産業医科大学名誉教授 産業医科大学 2021 年 4 月.	伊藤 昭好
10) 荒記記念論文賞 Application of Wheeler-Jonas equation and relative breakthrough time (RBT) in activated carbon beds of respirator gas filters. 2021 年 5 月.	安彦 泰進, 古瀬 三也 高野 継夫
11) 第 94 回日本産業衛生学会 若手最優秀演題賞 階層的クラスタリングを用いた労災認定自殺事案の時間外労働パターンの分類 2021 年 5 月.	西村 悠貴, 山内 貴史 佐々木 毅, 吉川 徹 高橋 正也
12) 第 94 回日本産業衛生学会 若手優秀演題賞 勤務間インターバルの変化が睡眠時間に及ぼす影響: 日勤労働者を対象とした縦断調査 2021 年 5 月	池田 大樹, 久保 智英 佐々木 毅, 西村 悠貴 劉 欣欣, 松尾 知明 蘇 リナ, 松元 俊 高橋 正也
13) 日本産業衛生学会学会賞	甲田 茂樹
14) 大久保利晃 産業保健研究奨励賞 産業化学物質の経皮ばく露へ皮膚吸収性物質の特徴及び、各国主要機関の評価等について 2022 年 3 月.	豊岡 達士

4. インターネット等による調査・研究成果情報の発信

表 2-22 研究所刊行物の発行状況

刊行物名称	規格	発行部数
1) INDUSTRIAL HEALTH	Vol.59 No.3	A4 58 頁 1,000
	Vol.59 No.4	A4 82 頁 1,000
	Vol.59 No.5	A4 57 頁 1,000
	Vol.59 No.6	A4 116 頁 1,000
	Vol.60 No.1	A4 87 頁 1,000
	Vol.60 No.2	A4 107 頁 1,000
2) 労働安全衛生研究	Vol.14 No.2	A4 203 頁 1,350
	Vol.15 No.1	A4 67 頁 1,350
3) 特別研究報告	JNOSH-SRR-No.51 (2021)	A4 78 頁 500
4) 安衛研ニュース	No.137~No.146	メール形式 21,850
5) 令和 2 年度年報		A4 210 頁 1,100

表 2-23 テレビ・ラジオ放送による報道

発表先	氏名
1) NHK あさイチ, 「手のひら冷却による熱中症予防対策」への取材対応 (2021 年 6 月 14 日)	時澤 健

表 2-24 新聞・雑誌等による報道

発表先	氏名
1) 労働新聞社, 安全スタッフ, 荷役作業の転落防止 ステップで安全な昇降を “三点支持” がポイントに (2021 年 4 月 15 日)	大西 明宏
2) REPORT (情報労連), 特集: 高齢者の労働安全衛生対策 高齢者の労働災害を防ぐ心身機能の低下に対応した対策を (2021 年 5 月号)	高木 元也
3) Tarzan (株式会社マガジンハウス), 特集 世界一効率のいい時短トレ (話題の HIIT 攻略 BOOK), No.807, pp.8-12 (2021 年 4 月 8 日)	松尾 知明
4) 労働新聞社, プレクーリングに関する取材対応 (2021 年 5 月 18 日)	時澤 健
5) 株式会社新樹社 (防水と雨仕舞に関する総合専門新聞「ARS」), 建設現場における有効な熱中症対策 (2021 年 6 月 25 日号)	齊藤 宏之
6) 報道関係各社, 今夏における熱中症の注意喚起とスマートフォン用熱中症診断支援アプリケーションのご案内 (2021 年 6 月 15 日) (日本救急医学会 熱中症及び低体温に関する委員会)	上野 哲
7) 中日新聞, 導入企業で効果上々! 勤務間インターバル 終業→次の始業までの休息を制度化 (2021 年 6 月 7 日)	久保 智英

5. 講演会・一般公開等

1) 安全衛生技術講演会

労働安全衛生に関する当研究所の研究成果を皆様に広く知っていただくことを目的に、安全衛生技術講演会「労働災害防止のための研究から実践まで」を令和 3 年 9 月 28 日 (火) にオンラインで開催した。プログラムの構成は当研究所の研究員による 4 件の一般講演と所長代理による特別講演 1 件であった (表 2-25 参照)。287 名からの事前申込みを受け、講演後のアンケート調査では 89 名から回答があった。回答者の内訳は約 6 割が安全衛生関係の業務に従事されている方であり、また、約半数は製造業または建設業に従事されている方であった。講演内容やオンライン開催について、回答者全員から「良かった」または「とても良かった」の評価を頂いた。



配信会場における講演の様子



オンラインによる聴講者との質疑応答の様子

表 2-25 安全衛生技術講演会プログラム

1. アルゴンガスによる新たな静電気低減手法の開発	電気安全研究グループ 上席研究員 三浦 崇
2. テールゲートリフターを使用した荷役作業による災害とその対策	リスク管理研究グループ 上席研究員 大西 明宏
3. ストレスチェック制度を活用した職場環境改善	過労死等防止調査研究センター 統括研究員 吉川 徹
4. 生理指標を利用した労働者のストレスの評価	産業保健研究グループ 上席研究員 井澤 修平
【特別講演】高齢者が健康で働くための産業保健の課題	所長代理 甲田 茂樹

2) 研究所の一般公開

(1) 清瀬施設

清瀬地区の研究所一般公開は、新型コロナウイルス感染症の影響により、令和3年12月3日～9日にオンラインで開催された。

YouTube 内に開設した JNIOOSH Channel による研究紹介動画を中心に、次の項目の紹介を行った。

- ・貴重な実験動画を含む研究紹介動画(JNIOOSH Channel)
- ・論文集・報告書・リーフレット等の調査研究紹介ページ
- ・建物の外観
- ・保有する施設・実験機器

公開期間内において、JNIOOSH Channel で 1158 回の動画視聴があった。

表 2-26 研究所一般公開の概要(清瀬地区)

a. 実験等の調査研究の紹介

1) 和文誌「労働安全衛生研究」の刊行、災害調査報告書の公表	本部棟
2) アルゴンガスによる静電気低減の研究	電気安全実験棟
3) 爆発圧力放散ベントに関する研究	配管等爆発実験施設
4) 爆発火災データベース	化学安全実験棟
5) 火災・爆発防止のための化学物質 RA でのヒューマンエラーの考え方と評価	共同実験棟
6) 土砂崩壊の兆候を「見える化」する新技術	施工シミュレーション施設
7) 材料の減肉による破裂現象試験	材料・新技術実験棟
8) トラック荷台からの転落を防ぐ昇降設備の重要性	環境安全実験棟
9) 建物の外壁解体の安全に関する研究	建設安全実験棟
10) 職業性外傷者の生活支援技術	機械安全システム実験棟

b. 施設・機器の紹介

1) 図書閲覧室	本部棟
2) 空気輸送粉体帯電実験装置	電気安全実験棟
3) 中規模爆発実験室	配管等爆発実験施設
4) 自然発火性試験装置(SIT)	化学安全実験棟
5) VR 実験室	共同実験棟
6) 三面擁壁	施工シミュレーション施設
7) ワイヤロープ疲労試験機	材料・新技術実験棟
8) 靴滑り試験機	環境安全実験棟
9) 3000 kN 垂直荷重試験機	建設安全実験棟
10) 支援的保護システム	機械安全システム実験棟

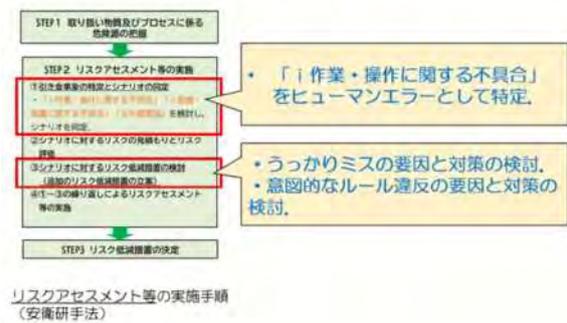
c. 一般公開の様子



アルゴンガスによる静電気低減の研究



爆発圧力放散バントに関する研究



火災・爆発防止のための化学物質 RA での
ヒューマンエラーの考え方と評価



土砂崩壊の兆候を「見える化」する新技術



材料の減肉による破裂現象試験



トラック荷台からの転落を防ぐ昇降設備の重要性



建物の外壁解体の安全に関する研究



試作した外骨格フレームモデル
職業性外傷者の生活支援技術

(2) 登戸施設

登戸地区の研究所一般公開は、令和4年2月9日(水)～14日(月)に、特設サイトを開設してオンラインにて開催した。幅広い層に研究活動を認知いただけるよう、展示テーマを区分けしイラスト等を活用したデザインとした。開催期間中は1,007名(ユーザー数)が閲覧した。

視聴分析の結果、全国から参加者があり、その7割以上が企業に属し、平日にアクセスが集中していたことから、業務に関係して視聴された方が多いと推測された。また、アンケート(回答者数52名)では、「次回も参加したい」との回答が96.2%であったが、開催期間が短い等の指摘もあった。次回の開催方式は、92.9%がオンラインでの開催を希望し、講演会などの配信企画への要望が多かった。開催方式が変化したことで、知識が得られる企画への期待が高まったことが伺われた。

表 2-27 研究所一般公開の概要(登戸地区)

a. 特別企画動画

1) 研究所紹介 ①当研究所のテーマ“労働衛生”とは? ②当研究所の活動について	所長代理 甲田茂樹 〃
2) 特別講演 ①建設業における熱中症対策(前/後編) ②過労死・過労自殺の労災認定事案の分析結果の概要 ③化学物質情報管理研究センターのご紹介	環境計測研究グループ 過労死等防止調査研究センター 化学物質情報管理研究センター

b. 施設紹介動画

1) 所内ツアー①「施設周遊編」	登戸地区
2) 所内ツアー②「体力研究編」	人間工学研究グループ、登戸地区
3) 所内ツアー③「暑熱研究編」	人間工学研究グループ、登戸地区
4) 所内ツアー④「姿勢研究編」	人間工学研究グループ、清瀬地区
5) 所内ツアー⑤「振動研究編」	環境計測研究グループ、登戸地区



Virtual Lab Tour 施設紹介

当研究所の成り立ちから、リアル開催ではお見せできない研究室の内部公開まで！
オンラインならではの特別ツアーをご用意しました。（一部、視聴には参加登録が必要なコンテンツがあります）

**所内ツアー①
「施設周遊編」**

普段はお見せできない研究所の内部をご案内します。

視聴する

**所内ツアー②
「体力研究編」**

労働者の体力と健康との関係について調査・研究する設備をご紹介します。

視聴する

**所内ツアー③
「暑熱研究編」**

暑熱・身体負荷による労働者の体温調節反応に関する研究設備をご紹介します。

視聴する

c. 研究センター／グループ発表

1) 産業保健研究グループ
①「過労徴候しらべ」について(ポスター発表)
②トラックドライバーに見る過労死のリスクファクターについて(ポスター発表)
③労働者の毛髪や爪のホルモンとストレス度の関係について(ポスター発表)
2) 人間工学研究グループ
①人間工学研究グループの各種研究について(動画)
3) 環境計測研究グループ
①作業環境中の有害物質(芳香族アミン)分析方法開発(ポスター発表)
②呼吸保護具活性炭吸収缶と作業環境測定用捕集剤の機能(ポスター発表)
③特別講演①「建設業における熱中症対策(前/後編)」の資料(PDFダウンロード)
4) 化学物質情報管理研究センター
①「ケミちゃんによる化学物質情報管理研究センターの紹介」(動画)
②化学物質情報管理部「化学物質と上手に付き合う」(動画)
③ばく露評価研究部「ばく露測定とは？」(動画)
④有害性評価研究部「産業化学物質は皮膚からも体内に入るのか？」(動画/PDFダウンロード)
5) 過労死等防止調査研究センター
①特別講演②「過労死・過労自殺の労災認定事案の分析結果の概要」の資料(PDFダウンロード)
6) 労働者放射線障害防止研究センター
①「放射線業務従事者の健康影響に関する疫学研究」(動画)



Special Features

発表

テーマ別に見る

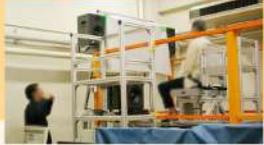
各研究センター／グループの発表をテーマ別に紹介します。テーマタイトル、画像をクリックで一覧ページが表示されます。


>

働く人のカラダ


>

働く人のココロ


>

労働にかかわる危険

3) 研究所見学の受け入れ状況

表 2-28 研究所見学の受け入れ状況

機関等の名称	受入内容	年月日
1) 厚生労働省労働基準局総務課過労死等防止対策推進室の見学対応	施設見学	R3.4.26
2) 機構本部経理部長らの視察対応	施設見学	R3.5.21
3) 厚生労働省計画課の見学対応と説明	施設見学	R3.6.8
4) 独立行政法人 労働者健康安全機構 経理部長	施設見学	R3.6.23
5) 武田安全衛生部長による視察 動物棟等の案内	施設見学	R3.10.19
6) 安衛部 若手職員	施設見学	R3.11.1
7) 厚生労働省 安全衛生部長	施設見学	R3.11.2
8) バイオアッセイ研究所の研究員見学対応(プレゼンや意見交換)	施設見学	R3.11.11
9) 厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 若手職員	施設見学	R3.12.22

6. 知的財産の活用、特許

1) 登録特許等

表 2-29 登録特許(令和3年度登録特許2件)

(*印 本年度登録分)

発明の名称(特許番号)	発明者	実施件数
1) 除電器(特許第3507898号)	大澤敦	
2) ノズル型除電器(特許第3686944号)	山隈瑞樹, 児玉勉, 他機関2名	
3) 遠隔操作型粉塵除去装置(特許第3769617号)	小嶋純	
4) 赤外分光分析用試料ホルダー(特許第3777426号)	小嶋純	
5) 移動式クレーンにおける転倒防止方法及び転倒防止手段(特許第3840516号)	玉手聡	
6) 横吊りクランプ(特許第3858095号)	玉手聡	
7) 補強部材を用いた斜面補強の設計支援方法及びその装置(特許第3899412号)	豊澤康男, 他機関2名	
8) クレーンにおける電撃軽減方法およびその装置ならびに電撃軽減機能を備えたクレーン(特許第3962812号)	富田一	
9) 異種多重シール装置(特許第3991090号)	齋藤剛, 他機関1名	
10) 斜面保護擁壁の施工及び擁壁築造ユニット(特許第4385127号)	伊藤和也, 豊澤康男	
11) 斜面保護擁壁の施工法(特許第4423390号)	豊澤康男, 伊藤和也	
12) 送風型除電電極構造及び送風型除電電極装置(特許第4615029号)	山隈瑞樹, 崔光石, 他機関3名	
13) 高電圧検出器(特許第5058281号)	富田一, 崔光石, 他機関2名	
14) 足場における足場用シーートの取り付け構造(特許第5376554号)	豊澤康男, 大嶋勝利, 高梨成次, 日野泰道, 高橋弘樹	
15) 電荷量測定装置(特許第5474001号)	崔光石, 他機関2名	
16) 安全装置(特許第5747019号)	大塚輝人, 他機関1名	
17) 静電気放電検出装置と, これを用いた静電気放電検出システム(特許第5752732号)	崔光石, 他機関2名	
18) 粉体の除電装置(特許第5950963号)	崔光石, 他機関2名	
19) 土砂遮断装置(特許第6431239号)	玉手聡, 堀智仁, 他機関2名	1
20) 粉粒体の帯電装置(特許第6351549号)	崔光石, 他機関2名	
21) ロールボックスパレット作業用手袋(特許第6690890号)	大西明宏, 他機関1名	1

発明の名称(特許番号)	発明者	実施件数
22) 昇降板用後付け柵(特許第 6752458 号)	大西明宏, 山際謙太, 山口篤志, 他機関 3 名	
23) 静電気測定装置(特許第 6818328 号)	崔光石, 他機関 1 名	
24) 貫入型パイプひずみ計(特許第 4942348 号)(TLO より移管)	玉手聡	*
25) 貫入型パイプひずみ計(特許第 5500374 号)(TLO より移管)	玉手聡	*

表 2-30 登録商標

商標の名称(登録番号)	備考
1) JNIOOSH (商標第 5231608 号)	
2) JNIOOSH (第 1016166A 号, 指定国:韓国)	

表 2-31 登録意匠

意匠の名称(登録番号)	発明者	実施件数
1) 貫入型パイプひずみ計(意匠第 1414627 号)(TLO より移管)	玉手聡	
2) 貫入型パイプひずみ計(意匠第 1414925 号)(TLO より移管)	玉手聡	

2) 特許等出願

表 2-32 特許出願(令和 3 年度出願 3 件)

(*印 本年度出願分)

発明の名称(出願番号)	発明者	実施件数
1) 土中水分水位検出装置、及び方法、及び土中水分水位モニタリングシステム(特願 2018-111967)	平岡伸隆, 他機関 6 名	
2) 安全管理支援システム、および制御プログラム(特願 2018-234794)	清水尚憲, 北條理恵子, 濱島京子, 他機関	
3) 切羽面吹付用モルタル材料,切羽面監視システム,及びトンネル掘削方法(特願 2019-113651)	吉川直孝, 平岡伸隆, 他機関 5 名	
4) イオン生成装置(特願 2019-227924)	崔光石, 他機関 2 名	
5) 除電機構とその除電機構を用いた接地確認装置(特願 2019-175121)	崔光石, 他機関 2 名	
6) 電気特性測定装置(特願 2020-194859)	崔光石, 他機関 6 名	
7) 覚醒状態推定装置及び覚醒状態推定方法(特願 2019-95167)	久保田忠弘, 今井友裕, 樋口重和, 大草孝介, 吉田尚央, 江頭優佳, 西村悠貴	
8) 土砂遮断構造物の強度試験方法及び強度試験装置(特願 2021-114672)	玉手聡, 堀智仁, 他機関 1 名	*
9) 放電電荷量測定装置(特願 2021-139566)	崔光石, 他機関 3 名	*
10) 除電機構(特願 2021-163329)	崔光石, 他機関 2 名	*

III. 国内・国外の労働安全衛生関係機関等との協力の推進に関する資料

1. 労働衛生に関する WHO 協力センター(WHO-CC)交流会の概要

WHO との当研究所労働衛生に関する WHO 協力センター (JPN-76)の TORs(委託事項, 2019-2023)は、①西太平洋地域における過重労働による健康障害に関するツールキットと実態報告の国際適用と促進と②西太平洋地域における職業性熱中症予防のためのツールキットと予防対策の国際適用の二本柱であり、COVID-19 流行下で海外と連携した TORs の実施は難しい状況であった。一方、COVID-19 の世界的流行を受け、WHO 協力センターネットワークを通じた途上国との TORs の実施が困難になっている中、2021年6月に WPRO と WHO 本部、WPRO 地域の労働衛生に関する WHO-CC による TORs 見直し及び、情報交換のオンライン会議が行われ、当研究所も参加し、WHO 本部から COVID-19 対応/復旧に関する労働衛生支援の要請があったことから、WHO-CC の産業医科大学産業生態科学研究所 (JPN-53)と共同で取り組み希望の申し出を行ない、WHO が公開しているウェブ教育ツール (OpenWHO コース)のうち「COVID-19 流行下における医療従事者の労働安全衛生(<https://openwho.org/courses/COVID-19-occupational-health-and-safety-JA>)」と「COVID-19 と労働：COVID-19 流行下の職場における健康と安全性の維持(<https://openwho.org/courses/COVID-19-and-work-JA>)」の日本語版を作成した。2021年10月に公開された(<https://openwho.org>)。これらの活動は TORs の①に位置づけた。なお、これらの公開資料については産業衛生学雑誌に投稿し、公開された(石丸 知宏, 吉川 徹, 森本 泰夫 (2022) OpenWHO を活用した新型コロナウイルス感染症に関する労働安全衛生教育. 産業衛生学雑誌, advpub, 2022年4月9日)。

2022年1月27日にベトナム労働環境衛生研究所と WHO 西太平洋地域 WHO 協力センター (Occupational Health)による合同会議に出席し、2022年4月にベトナムで開催のワークショップ (The 10th National Scientific Conference and NIOEH 40th Anniversary Celebration Program)の準備協力を行なった。

産業医学ジャーナル[(2022), Vol.45, No.2, pp.66-69]にこれまでの当研究所における WHO 協力センター (Occupational Health)の活動及び COVID-19 対応を含む最近の取り組みを報告した。

2. 研究振興のための国際学術誌の発行と配布

1) 「INDUSTRIAL HEALTH」誌の発行・配布

表 3-1 INDUSTRIAL HEALTH における論文の種類別投稿数の推移(2014年～2021年)

Year	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
(1) Editorial	6	6	6	6	6	7	6	6
(2) Foreword	0	0	0	0	0	1	0	0
(3) Review article	17	18	13	12	22	25	23	27
(4) Original article	212	223	178	173	206	181	217	219
(5) Short comm.	12	5	11	17	18	11	10	9
(6) Case report	6	3	8	2	9	5	2	5
(7) Field report	11	8	11	14	12	7	5	12
(8) World report	0	0	0	0	0	0	0	0
(9) Country report	1	4	5	6	4	2	7	4
(10) Workshop report	0	0	0	0	0	0	0	0
(11) Research strategy	1	2	1	1	1	0	0	0
(12) Practical tool	0	0	0	0	0	0	0	0
(13) Technical report	0	0	0	0	0	0	0	0
(14) Letter to the Editor	1	0	3	0	2	0	1	7
合計	267	269	236	231	280	239	271	289

表 3-2 INDUSTRIAL HEALTH Vol.59 (2021) における論文の種類別及び号別の掲載数

No.	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	総計
(1) Editorial	1	1	1	1	1	1	6
(2) Foreword	0	0	0	0	0	0	0
(3) Review article	0	1	1	0	3	1	6
(4) Original article	6	5	3	5	4	6	29
(5) Short comm.	0	0	0	0	0	0	0
(6) Case report	0	0	0	0	0	0	0
(7) Field report	0	1	0	1	0	1	3
(8) World report	0	0	0	0	0	0	0
(9) Country report	0	0	1	1	0	0	2
(10) Workshop report	0	0	0	0	0	0	0
(11) Research strategy	0	0	0	0	0	0	0
(12) Practical tool	0	0	0	0	0	0	0
(13) Technical report	0	0	0	0	0	0	0
(14) Letter to the Editor	0	0	0	0	0	0	0
小 計	7	8	6	8	8	9	46

表 3-3 INDUSTRIAL HEALTH における論文の種類別掲載数の推移(2012~2021 年)

Year	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Volume	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
Impact Factor	0.870	1.045	1.117	1.057	1.168	1.115	1.319	1.471	2.179	2.707
(1) Editorial	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
(2) Foreword	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
(3) Review article	4	4	5	4	2	7	3	18	4	6
(4) Original article	37	51	37	44	44	40	41	32	38	29
(5) Short comm.	6	6	7	2	3	4	6	6	3	0
(6) Case report	0	1	3	2	1	0	4	1	2	0
(7) Field report	5	2	7	4	8	4	3	3	6	3
(8) World report	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(9) Country report	10	0	0	4	4	2	5	0	2	2
(10) Workshop report	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(11) Research strategy	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
(12) Practical tool	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(13) Technical report	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(14) Letter to the Editor	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
小 計	71	70	65	67	68	64	69	68	61	46

表 3-4 INDUSTRIAL HEALTH Vol.59 (2021) における筆頭著者の所属地域ごとにみた論文掲載状況

	全論文		通常号論文		特集号論文	
	数	%	数	%	数	%
(1) 欧州	12	26.1	9	23.7	3	37.5
(2) 北米	2	4.3	2	5.3	0	0.0
(3) 中南米	3	6.5	3	7.9	0	0.0
(4) 中近東	2	4.3	2	5.3	0	0.0
(5) アジア	9	19.6	9	23.7	0	0.0
(6) オセアニア	1	2.2	1	2.6	0	0.0
(7) アフリカ	1	2.2	1	2.6	0	0.0

	全論文		通常号論文		特集号論文	
	数	%	数	%	数	%
(8) 国内・所内	3	6.5	1	2.6	2	25.0
(9) 国内・所外	13	28.3	10	26.3	3	37.5
合計	46	100.0	38	100.0	8	100.0

3. 若手研究者等の育成

1) 大学との連携

表 3-5 連携大学院制度に基づく協定先一覧

協定先 [協定締結日]	客員教授等の氏名	
国立大学法人長岡技術科学大学 [H16.9.15]	社会人教授	専門職大学院(システム安全系「国際規格と安全技術」,「産業システム安全設計」,「安全認証と安全診断」):梅崎 重夫
	准教授	システム安全概論, 産業システム安全設計特論, 国際規格と安全技術論, 技術者倫理, 研究倫理と技術者倫理, 安全工学基礎、システム安全考究II, 実務演習 A: 芳司 俊郎
	客員准教授	専門職大学院(「国際規格と安全技術」,「産業システム安全設計」):池田 博康
日本大学 [H16.12.8]	客員教授	電子情報工学科:梅崎 重夫
北里大学 [H18.10.1]	連携教授	大学院医療系研究科:王 瑞生
	客員准教授	大学院医療系研究科:高橋 正也, 豊岡 達士
東京電機大学大学院 [H24.5.1]	客員教授	工学研究科「設備安全工学」:佐々木 哲也, 本田 尚, 山際 謙太
	客員准教授	工学研究科「設備安全工学」:山口 篤志
東京都市大学大学院 [H18.4.1]	大学院准教授	工学専攻:吉川 直孝
国立大学法人山口大学 [H30.10.1]		

表 3-6 非常勤講師等の実績(連携大学院制度によるものを除く)

名称 (講義・実習)	担当研究員
1) 日本大学理工学部	城内 博
2) 日本大学文理学部	城内 博
3) 東京大学(非常勤講師, 環境安全本部)	山本 健也
4) 東京女子医科大学(非常勤講師, 衛生学公衆衛生学)	山本 健也
5) 北里大学(非常勤講師, 医療衛生学部)	小野真理子
6) 東邦大学(非常勤講師, 大学院理学研究科 機能生物学/分子生理学)	小林 健一
7) 東京大学(非常勤講師, 医学部精神保健学)	高橋 正也
8) 産業医科大学(非常勤講師, 医学部 4 学年公衆衛生学)	吉川 徹
9) 東京大学(非常勤講師, SPH)	吉川 徹
10) 北里大学(非常勤講師, 医療衛生学部 保健衛生学科)	小嶋 純
11) 東京大学(非常勤講師, 工学部都市工学科)	上野 哲
12) 武蔵野大学(非常勤講師, 生理実験演習 1・2)	岩切 一幸
13) 東京大学(非常勤講師, 医学部公衆衛生学)	甲田 茂樹
14) 東京理科大学(客員教授)	高橋 正也
15) 帝京大学医学部公衆衛生大学院(准教授)	吉川 徹
16) 京都大学(客員研究員, 人間健康科学系専攻)	川上 澄香
17) 千葉大学予防医学センター(客員研究員)	高谷 一成
18) 産業医科大学(非常勤助教, 産業生態科学研究所)	山本 健也

名称 (講義・実習)	担当研究員
19) 青山学院大学大学院理工学研究科(非常勤講師, リスクベース安全工学)	佐々木哲也, 島田 行恭 齋藤 剛, 吉川 直孝
20) 明治大学理工学部(非常勤講師, 安全学概論)	濱島 京子
21) 東京女子大学(非常勤講師, 文化心理学)	菅 知絵美
22) 東京女子大学(非常勤講師, 2年次演習)	菅 知絵美
23) 西埼玉中央病院附属看護学校(非常勤講師, 人間工学)	高橋 明子

2) 若手研究者等の受け入れ

表 3-7 大学等からの実習生・研修生の受け入れと指導実績

研究テーマ	実習生の数(所属機関)	担当研究員
1) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	2名 広島大学	崔 光石
2) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	6名 旭サナック株式会社	崔 光石
3) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	1名 テンパール工業株式会社	崔 光石
4) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	1名 韓国雇用労働府	崔 光石
5) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	1名 春日電機株式会社	崔 光石
6) 静電塗装設備の安全性評価手法に関する研究	2名 株式会社カネカ	崔 光石
7) デジタル画像関連法のやわらかい材料への適用に関する研究	1名 東京大学	山際 謙太 緒方 公俊
8) イネーブルスイッチの開発に関する研究	1名 日本大学	清水 尚憲 北條理恵子
9) 連続陰極水素チャージ疲労試験によって得られる破断面の評価	2名 東京電機大学	山口 篤志 山際 謙太
10) ワイヤロープの疲労強度に影響する因子についての検討	1名 東京電機大学	緒方 公俊 山口 篤志
11) 有限要素法と実験力学のハイブリッド化に関する研究	1名 東京電機大学	山口 篤志 山際 謙太
12) シールドトンネルの崩壊災害の防止に関する研究	1名 東京都市大学	吉川 直孝
13) シールドセグメントの崩壊災害等の防止に関する研究	1名 東京都市大学	吉川 直孝
14) 自然地山の掘削勾配と斜面安定性の検討	2名 東京都市大学	平岡 伸隆
15) 風荷重に対する足場等の安全性に関する研究	2名 東京理科大学	大幢 勝利 高橋 弘樹
16) オゾンによるエアバッグ用ガス発生剤の劣化による異常展開の危険性の調査	1名 横浜国立大学	西脇 洋祐
17) 硝酸グアニジンのオゾンによる劣化に関する研究	1名 横浜国立大学	西脇 洋祐
18) 産業化学物質の生体影響評価について	1名 北里大学	王 瑞生 豊岡 達士

3) 行政・労働安全衛生機関等への支援

表 3-8 行政・労働安全衛生機関等への支援実績

講演の名称	担当研究員
1) 東京労働局, 第2回 安全衛生部署配置中堅職員研修「港区内のビル建設現場で発生したつり荷の落下災害」について, 2月	山口 篤志
2) 東京労働局, 小売業の安全衛生対策連絡会議, 3月	菅間 敦

講演の名称	担当研究員
3) 長野労働局, 安全衛生技術研修「粉じん等の爆発・火災の危険性と防止策」, 12月	八島 正明
4) 神奈川産業保健総合支援センター, 中高年労働者の運動機能と転倒災害防止研修会, 9月	大西 明宏 柴田 圭
5) 神奈川労働局, 多店舗展開企業における労働災害防止のための連絡協議会「すべり転倒の危険評価について」, 2月	柴田 圭
6) 愛知県経済産業局, サービスロボットリスクアセスメント研修「リスクアセスメントの概要と安全設計手順」, 8月	池田 博康
7) 静岡県工業技術研究所, 静岡県ユニバーサルデザイン講習会, 9月	芳司 俊郎
8) 横浜南労働基準監督署, 大規模商業施設連絡協議会「転倒災害防止対策について」, 10月	柴田 圭
9) 明石防火協会・明石市消防局, 明石市危険物安全講演会「危険物施設における静電気に起因する事故防止策」, 6月	崔 光石
10) 尼崎市消防局, 危険物取扱者等実務研修会「静電気に起因する可燃性物質の爆発・火災とその防止対策」, 5月	崔 光石
11) 中央労働災害防止協会安全衛生教育センター, 第85回 電気取扱作業特別教育インストラクターコース「低圧の電気に関する基礎知識」「低圧の電気設備に関する基礎知識」, 2月	三浦 崇
12) 中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター, 安全衛生専門講座 第35回 静電気安全対策コース「液体取り扱い時の静電気対策(研究所訪問)」	遠藤 雄大
13) 中央労働災害防止協会安全衛生教育センター, 第87回 安全管理講座安全管理後期コース「電気災害の防止」, 6月	三浦 崇
14) 中央労働災害防止協会安全衛生教育センター, 第87回 安全管理講座「爆発災害の防止」, 6月	大塚 輝人
15) 中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター, 足場の組立て解体等特別教育インストラクターコース「労働災害防止に関する知識(RAの基本を含む)」, 7月, 10月, 2月	大幢 勝利
16) 中央労働災害防止協会安全衛生教育センター, 第35回 静電気安全対策コース「静電気災害・障害の実例と対策(研究所訪問)」, 11月	崔 光石
17) 中国電力土木関連安全対策協議会, 中電技術コンサルタント協力会社, 「建設工事・調査業務の安全衛生管理」, 6月	大幢 勝利
18) 安全工学会, 第43回安全工学セミナー「プラント安全設計」, 11月	島田 行恭
19) 安全工学会, 第43回安全工学セミナー「粉じん爆発危険物質」, 8月	八島 正明
20) 一般社団法人日本粉体工業技術協会, 粉じん爆発火災・安全研修【初級/基礎編】 Live配信・Web研修, 9月	崔 光石
21) 日本規格協会	城内 博
22) 労働大学校	城内 博
23) 枚方市教育委員会, 「これからの教職員の健康支援」	山本 健也
24) 中央労働災害防止協会, 衛生工学衛生管理者講習「労働生理、職業性疾病の予防に関する知識」	山本 健也
25) 一般財団法人地方公務員安全衛生推進協会, 職場の衛生管理研修会(大阪, 東京)	山本 健也
26) 東京都医師会, 産業医研修会「化学物質管理が変わる」	山本 健也
27) 中央労働災害防止協会, 順天堂大学医師会, 産業医研修会「中小規模事業場の嘱託産業医活動のこれから」	山本 健也
28) 産業医科大学, 首都圏集中講座「特殊健康診断と事後措置」	山本 健也
29) 一般財団法人地方公務員安全衛生推進協会, 「職場の健康管理と産業医の役割」	山本 健也
30) 建設業労働災害防止協会, ずい道等建設工事における換気技術指針改正に関する技術セミナー「坑内粉じん濃度の測定と呼吸用保護具について」	鷹屋 光俊
31) 東京都トラック協会, 健康起因事故防止研修会「トラックドライバーの過労死・健康起因事故を防ぐための新しい働き方・休み方について考える」	松元 俊
32) 公益社団法人日本作業環境測定協会, オキュペイショナルハイジニスト養成講座「振動リスクの管理」(映像授業)	柴田 延幸

	講演の名称	担当研究員
33)	中央労働災害防止協会東京安全衛生教育センター, 第18回 振動工具取扱い作業安全衛生教育インストラクターコース「振動障害の予防に関する知識」「振動の測定と評価と影響評価」「振動測定実習」	柴田 延幸
34)	公益社団法人日本作業環境測定協会, 認定オキュペイショナルハイジニスト養成講座「騒音, 超音波のリスク管理」(オンライン)	高橋 幸雄
35)	全国環境研協議会企画部会騒音振動担当者会議, 特別講演「低周波音の影響とその評価方法について」(オンライン)	高橋 幸雄
36)	浜松労働基準協会, 全国安全週間説明会「職場における熱中症対策～熱中症の発症メカニズムから有効な対策を考える～」	齊藤 宏之
37)	日本規格協会, 安全衛生セミナー-STOP! 熱中症対策コース「暑熱対策に関する JIS および ISO 規格の紹介と, それに基づく熱中症対策について」	齊藤 宏之
38)	厚生労働省, オンライン講習 職場における熱中症予防対策 「その1 熱中症が発生する原理と発生時の措置」「その2 熱中症予防対策として有効な方法(管理者向け)」「その3 熱中症予防対策として有効な方法(作業員向け)」「その4 WBGT 指数系を用いた作業環境管理の方法について」「その5 熱中症予防対策の好事例」	齊藤 宏之
39)	熊谷市医師会, 産業医研修会「換気について考える」	齊藤 宏之
40)	埼玉産業保健総合支援センター, 産業保健セミナー「オフィス・住宅における換気について」	齊藤 宏之
41)	社団法人日本磁気共鳴医学会, 安全性講演会, 4月, 6月, 9月, 12月, 3月	山口さち子
42)	社団法人日本磁気共鳴医学会, 基礎講座「MR の安全性」	山口さち子
43)	公益社団法人日本作業環境測定協会, 認定オキュペイショナルハイジニスト養成講座「非電離放射線のリスク管理」	山口さち子
44)	一般財団法人電力中央研究所, 電磁界情報交換会	山口さち子
45)	労働大学校, 労働衛生専門官研修「社会福祉施設における腰痛予防の取組み」(オンデマンド配信)	岩切 一幸
46)	労働大学校, 安全衛生専門研修「腰痛防止対策」(オンデマンド配信)	岩切 一幸
47)	労働新聞社, 安全衛生セミナー「職場の腰痛防止」(オンライン)	岩切 一幸

4) 海外協力

表 3-9 海外協力実績

	名称 (内容)	受入/参加人数
1)	マレーシア国立労働安全衛生研究所(NIOSH)とアジア労働安全衛生研究所会議(Asia Occupational Safety and Health Research Institute meeting: AOSHRI meeting)におけるプロジェクト Industrial Revolution (IR) 4.0 に関する調査について打ち合わせ	4名
2)	労働衛生に関する WHO 協力センター(WHO-CC)の WHO 西太平洋地域会議への出席	1名
3)	産業オートメーションシステムの安全に関する国際会議 (International Conference Safety of Industrial Automated Systems:SIAS)日本開催に伴い主催団体として参画	
4)	台湾の GCTF(Global Cooperation and Training Framework)の一環として、梅崎所長が研究所を紹介	3名
5)	AOSHRI(Asia Occupational Safety and health Research Institute) 2021 にて、梅崎所長と城内化学物質情報管理センター長が研究所を紹介	2名
6)	デンマーク国立労働環境研究センター シニアリサーチャーである Dr. Pete Kines との定例ワークショップで発表	1名
7)	デンマーク、ドイツ、フランス、フィンランド、オーストラリアの研究者、専門家たちとヒューマンファクターと労働安全についての合同会議	
8)	韓国雇用労働府から KOSHA 経由で我が国の「労働者死傷病報告」の制度についての情報提供	
9)	2022年1月27日にベトナム労働環境衛生研究所と WHO 西太平洋地域 WHO 協力センター	

名称 (内容)	受入/参加人数
(Occupational Health)による合同会議に出席	

4. 研究協力

表 3-10 研究協力協定の締結状況(～令和3年度)

協定先	国	協定締結	令和3年度の主な活動
米国国立労働安全衛生研究所(NIOSH)	米国	2001年(平成13年)6月制定 2006年(平成18年)6月更新 2013年(平成25年)10月更新 2019年(令和元年)5月更新	特になし
国立釜慶大学	韓国	2001年(平成13年)8月制定 2008年(平成20年)3月更新 2015年(平成27年)3月更新 2018年(平成30年)9月更新 2022年(令和4年)1月更新	IWISH2022の開催準備に協力した。
英国安全衛生研究所(HSL)	英国	2001年(平成13年)11月制定 2004年(平成16年)11月更新	特になし
韓国産業安全衛生公団労働安全衛生研究院(OSHRI)	韓国	2001年(平成13年)11月制定 2006年(平成18年)11月更新 2012年(平成24年)4月更新 2015年(平成27年)3月更新 2018年(平成30年)4月更新 2021年(令和3年)4月更新	特になし
フランス国立安全研究所(INRS)	フランス	2002年(平成14年)4月 2018年(平成30年)6月	特になし
国立ソウル科学技術大学	韓国	2002年(平成14年)9月制定 2019年(令和元年)6月再締結	特になし
中国海洋大学	中国	2003年(平成15年)9月制定 2006年(平成18年)9月制定	特になし
国立忠北大学	韓国	2008年(平成20年)3月制定 2011年(平成23年)3月更新 2015年(平成27年)3月更新 2018年(平成30年)7月更新 2021年(令和3年)9月更新	特になし
ローバル・ソウベ労働安全衛生研究所(IRSSST)	カナダ	2009年(平成21年)2月制定 2015年(平成27年)7月更新 2018年(平成30年)7月更新 2021年(令和3年)10月更新	2019年に実施した共同研究のレポートが、2022年2月にIRSSSTのホームページにおいて公表された。
オークランド大学地震工学研究センター	ニュージーランド	2015年(平成27年)10月制定 2018年(平成30年)10月制定	特になし
マレーシア労働安全衛生研究所	マレーシア	2016年(平成28年)3月制定 2018年(平成30年)11月制定 2021年(令和3年)11月更新	相互のロゴ利用についての覚書を交わした。
安全生産科学研究院	中国	2016年(平成28年)2月制定	特になし
韓国安全学会	韓国	2018年(平成30年)10月制定 2021年(令和3年)10月更新	特になし
ドイツ ヴェルツブルク・シュヴァインフルト応用科学大学	ドイツ	2019年(令和元年)9月締結	Christoph F. Bördlein氏とともに、ドイツ法定災害保険(DGUV)Form誌(令和2年11月発行)に労働安全に関する産業現場での現状を寄稿した。

労働安全衛生総合研究所年報

令和3年度版

発行日 令和4年12月22日 発行

発行所 独立行政法人 労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所
〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6

電話 042-491-4512(代表)

FAX 042-491-7846

ホームページ <https://www.jniosh.johas.go.jp>

Annual Report
of
National Institute of Occupational Safety and Health, Japan

2021

労働安全衛生総合研究所年報
（令和3年度）

1



JNIOSH 1-4-6, Umezono, Kiyose, Tokyo 204 0024, JAPAN

NATIONAL INSTITUTE OF
OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH