

平成22年度外部研究評価報告書

平成23年3月

独立行政法人 労働安全衛生総合研究所

目 次

I	はじめに.....	1
II	独立行政法人労働安全衛生総合研究所外部評価規程.....	2
III	外部評価委員名簿.....	5
IV	外部研究評価委員会.....	6
V	研究課題一覧.....	8
VI	評価対象課題の研究概要及び評価結果.....	11
1	新規課題.....	11
1.1	従来材及び新素材クレーン用ワイヤロープの経年損傷評価と廃棄基準合理化への応用.....	11
1.2	貯槽の保守、ガス溶断による作業での爆発・火災・中毒災害の防止に関する研究.....	15
1.3	建設業における職業コホートの設定と労働者の健康障害に関する追跡調査研究.....	22
1.4	発がん性物質の作業環境管理の低濃度化に対応可能な分析法の開発に関する研究.....	27
1.5	非電離放射線等による有害作業の抽出およびその評価とばく露防止に関する研究.....	32
2	継続課題.....	37
2.1	第三次産業で使用される機械設備の基本安全技術に関する研究.....	37
3	終了課題.....	42
3.1	高圧設備の長期使用に対応した疲労強度評価手法に関する研究.....	42
3.2	危険・有害物規制の調和のための統一的危険・有害性評価体系の構築に関する研究.....	48
3.3	事故防止のためのストレス予防対策に関する研究.....	54
3.4	第三次産業の小規模事業所における安全衛生リスク評価法の開発に関する研究.....	62
3.5	先端産業における材料ナノ粒子のリスク評価に関する研究.....	71
3.6	誘導結合プラズマ質量分析計およびその他の機器による労働環境中有害金属元素測定方法の規格制定に関わる研究.....	79

I はじめに

労働安全衛生総合研究所における平成22年度の外部研究評価委員会は、12人の外部評価委員(以下、「委員」という。)の御参集をいただいて、平成22年12月14日に開催した。評価いただいた課題は、平成23年度を初年度とする新規プロジェクト研究5課題(事前評価)、平成21年度を最終年度とするプロジェクト研究4課題及びイノベーション25研究1課題(終了評価)並びに平成22年度が研究の中間年に当たるプロジェクト研究1課題(中間評価)の計12課題であった。

この種の評価の常として、評価点の高低に関心が向きがちであるが、当研究所では、研究課題に対する委員からの多岐にわたる御意見や御指摘を虚心坦懐に受け止め、新規課題や継続課題であれば、御助言等に沿って研究計画を精査するといったプロセスがより重要であると認識している。本年度の例を挙げれば、ワイヤロープの経年損傷評価に関する研究では、御指摘を踏まえ、実験室での疲労試験について、実際の使用で経年劣化したワイヤロープとの比較検証を行うことで、同試験の妥当性を検討することを加えた。また、低濃度化に対応可能な分析法の開発に関する研究では、開発した技術を社会に普及することが重要との御指摘を踏まえ、研究期間を1年ほど延長して、最終年度にマニュアル等の作成・公表を行うこととした。このような研究計画の修正については、平成23年2月に実施した当研究所の内部研究評価委員会で更に精査し、ブラッシュアップを図ったところである。本報告書では、これら全てのプロセスを御紹介できないが、当研究所では、このような流れで研究計画の精査や、研究の進捗管理を行っていることを御理解いただければ幸いである。

評価の方法については、例年と同様、研究課題に関する諸資料を事前に委員に送付して一読していただいた後、評価委員会当日に、研究代表者によるパワーポイント資料に基づくプレゼンテーション及び質疑応答を行った上で採点及びコメントを記入していただいた。このうち、終了課題については、研究成果を取りまとめた「労働安全衛生総合研究所特別研究報告」(JNIOOSH-SRR-No.40)を基礎資料としたが、紙数の関係から、本報告書には各研究報告の総論部分のみを掲載した。御関心のある方におかれては、当研究所のホームページで公表している各論の成果についても御一読いただければ欣快に堪えない。なお、委員からは、資料について、予算の執行等に関する情報提供が十分でないとの御指摘をいただいた。この点については、来年度に向けて改善を図ることとしている。

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

Ⅱ 独立行政法人労働安全衛生総合研究所外部評価規程

(総則)

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

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

(外部評価委員会)

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

2 委員会の委員は、研究所理事長(以下「理事長」という。)が委嘱する。

3 委員の任期は2年とする。

4 委員会に委員長をおく。委員長は、委員の互選により選任する。

(委員会の会議の開催)

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

2 理事長は、会議の開催に当たり必要と認める者の出席を求めることができる。

3 委員長は、会議の議長を務める。ただし、評価の対象となる研究課題に応じ、委員長があらかじめ指名する者に議長の職務を行わせることができる。

(研究課題評価)

第4条 研究課題評価は、プロジェクト研究について事前評価、事後評価及び中間評価(実施期間が5年以上の研究の場合に限り3年目を目途に中間評価を実施する)を行うほか、理事長が特に必要と認めたプロジェクト研究について追跡評価(研究終了後3年から5年経過後に、研究の直接の成果(アウトプット)及びそこから生み出された社会・経済への効果(アウトカム)、波及効果(インパクト)について評価するもの)を行う。

2 理事長は、研究課題評価の対象となる研究の課題ごとに研究の計画及び成果の概要に係る資料を作成し、委員会に提出する。資料の書式については別に定める。

3 研究課題評価は、別表に掲げる項目について実施する。

(評価結果の公表)

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

(事務局)

第6条 委員会の事務局は、研究企画調整部におく。

(補則)

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

附則

この規程は、平成 20 年 2 月 26 日から施行する。

附則

この規程は、平成 21 年 11 月 1 日から施行する。

附則

この規程は、平成 22 年 4 月 1 日から施行する。

別表

1. 事前評価

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

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

2. 中間評価及び事後評価

下表の各項目について、次に示す5段階評価により評価する。

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

ている)

評価項目	評価内容
1 目標達成度	研究目標が計画どおりに達成されているか。研究経費が適切に執行されているか。
2 行政的・社会的貢献度	労働災害、職業性疾病の予防等に貢献する成果が得られ、行政施策、労働安全衛生関係法令・規格、ガイドライン、特許等に反映されたか、又はその予定・可能性はあるか。
3 研究成果の公表	学術誌、研究所刊行物・国内外の学術会議での公表、特許・実用新案等の出願、研究所のホームページ等情報メディアによる公表を適切に行っているか。
4 学術的貢献度	独創性・新規性・新技術創出の観点からみて、研究成果の学術的意義が認められるか。
5 その他の評価	上記1～4以外の評価内容(学際的視点、費用対効果、研究テーマのチャレンジ性、期待されるアウトカム、波及効果(インパクト)など)について評価する。

Ⅲ 外部評価委員名簿

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

IV 外部研究評価委員会

1 日 時 : 平成22年12月14日(火)9:30~13:40

2 場 所 : TKP品川カンファレンスセンター・ルーム2

3 出席者

(1)外部評価委員(Ⅲ 外部評価委員名簿)

(2)研究所

前田理事長、小川理事、高橋理事

榎本監事(オブザーバー)

豊澤研究企画調整部長、甲田研究企画調整部首席研究員

梅崎安全研究領域長、岩崎健康研究領域長、管野環境研究領域長

(3)厚生労働省

安全衛生部計画課 井上調査官(オブザーバー)

(4)事務局

大幢上席、外山上席、縄田調査役、中島企画専門員(書記)

4 議 事

(1)開会

(2)理事長挨拶

(3)委員紹介

(4)研究課題評価

ア)事前評価

事前-1 従来材及び新素材クレーン用ワイヤロープの経年損傷評価と廃棄基準合理化への
応用 (本田)

事前-2 貯槽の保守、ガス溶断による解体等の作業での爆発・火災・中毒災害の防止に関
する研究 (板垣)

事前-3 建設業における職業コホートの設定と労働者の健康障害に関する追跡調査研究
(佐々木毅)

事前-4 発がん性物質の作業環境管理の低濃度化に対応可能な分析法の開発に関する研
究 (小野)

事前-5 非電離放射線等による有害作業の抽出及びその評価とばく露防止に関する研究
(奥野)

イ)中間評価

中間-1 第三次産業で使用される機械設備の基本安全技術に関する研究 (梅崎)

ウ)事後評価

- 事後-1 高圧設備の長期使用に対応した疲労強度評価手法に関する研究 (佐々木哲)
- 事後-2 危険・有害物規制の調和のための統一的危険・有害性評価体系の構築に関する研究 (藤本)
- 事後-3 事故防止のためのストレス予防対策に関する研究 (原谷)
- 事後-4 第三次産業の小規模事業所における安全衛生リスク評価法の開発に関する研究 (甲田)
- 事後-5 先端産業における材料ナノ粒子のリスク評価に関する研究 (鷹屋)
- 事後-6 誘導結合プラズマ質量分析計及びその他の機器による労働環境中有害金属元素測定方法の規格制定に関わる研究 (鷹屋)

エ) 総合討論

V 研究課題一覧

1 プロジェクト研究

課題 番号	研究期間		研究課題名	代表者	分担・共同研究者
	開始 年度	終了 年度			
新規課題					
P-1	23	25	従来材及び新素材クレーン用ワイヤロープの経年損傷評価と廃棄基準合理化への応用	本田尚	佐々木哲也, 山際謙太, 山口篤志
P-2	23	26	貯槽の保守、ガス溶断による解体等の作業での爆発・火災・中毒災害の防止に関する研究	板垣晴彦	八島正明, 大塚輝人, 水谷高彰, 木村新太, 菅野誠一郎, 鷹屋光俊, 小野真理子, 齊藤宏之
P-3	23	27	建設業における職業コホートの設定と労働者の健康障害に関する追跡調査研究	佐々木毅	久保田均, 甲田茂樹, 坂本龍雄, 久永直見(愛知教育大), 柴田英治(愛知医大), 毛利一平(労研)
P-4	23	25	発がん性物質の作業環境管理の低濃度化に対応可能な分析法の開発に関する研究	小野真理子	菅野誠一郎, 古瀬三也, 萩原正義
P-5	23	25	非電離放射線等による有害作業の抽出およびその評価とばく露防止に関する研究	奥野勉	木村真三, 山口さち子
継続課題					
P-6	18	22	災害多発分野におけるリスクマネジメント技術の高度化と実用化に関する研究	高木元也	中村隆宏, 梅崎重夫, 清水尚憲, 濱島京子, 江川義之, 島田行恭
P-7	20	24	第三次産業で使用される機械設備の基本安全技術に関する研究	梅崎重夫	池田博康, 清水尚憲, 齋藤剛, 濱島京子, 呂 健
P-8	21	24	災害復旧建設工事における労働災害の防止に関する総合的研究	高梨成次	大幢勝利, 日野泰道, 伊藤和也, 高橋弘樹, 豊澤康男, 玉手聡
P-9	22	24	初期放電の検出による静電気火災・災害の予防技術に関する研究	富田一	山隈瑞樹, 大澤敦, 崔光石, 市川紀充(工学院大), 最上智史(春日電機), 鈴木輝夫(春日電機)
P-10	20	22	アーク溶接作業における有害因子に関する調査研究	奥野勉	小嶋純, 齊藤宏之, 久保田均, 山口さち子, 久永直見(愛知教育大), 毛利一平(労研), 村田克(労研), 大平明弘(島根大), 中西孝子(昭和大), 小笠原仁夫(日本溶接協会)
P-11	21	23	蓄積性化学物質のばく露による健康影響に関する研究	高橋正也	伊藤弘明, 翁祖銓, 牧祥, 王瑞生, 齊藤宏之, 三浦伸彦, 小川康恭, 牛橋(中国・山西医科大学), 千田大(国立国際医療センター研究所)

課題 番号	研究期間		研究課題名	代表者	分担・共同研究者
	開始 年度	終了 年度			
P-12	21	23	メンタルヘルス対策のための健康職場モデルに関する研究	原谷隆史	井澤修平, 廣尚典(産医大), 池田智子(茨城県立医療大), 島津明人(東大), 北村尚人(三菱重工業), 高橋信雄(JFEスチール), 福井城次(富士通)
P-13	21	23	健康障害が懸念される化学物質の毒性評価に関する研究	王瑞生	須田恵, 大谷勝己, 翁祖銓, 北條理恵子, Lei GUO (NCTR/USA), 那須民江(名大)
P-14	22	24	勤務時間制の多様化等の健康影響の評価に関する研究	高橋正也	久保智英, 東郷史治, 田中克俊(北里大), 島津明人(東京大)
P-15	22	24	オフィス環境に存在する化学物質等の有害性因子の健康影響評価に関する研究	澤田晋一	齊藤宏之, 坂本龍雄, 萩原正義, 榎本ヒカル, 牧祥
終了課題					
P-16	19	21	高圧設備の長期間使用に対応した疲労強度評価手法に関する研究	佐々木哲也	本田尚, 山際謙太, 山口篤志
P-17	19	21	危険・有害物規制の調和のための統一的危険・有害性評価体系の構築に関する研究	藤本康弘	八島正明, 板垣晴彦, 大塚輝人, 鷹屋光俊, 小野真理子, 宮川宗之, 齊藤宏之
P-18	19	21	事故防止のためのストレス予防対策に関する研究	原谷隆史	中田光紀(米国 NIOSH), 大塚泰正(広大), 三木圭一, 福田秀樹, 井澤修平
P-19	19	21	第三次産業の小規模事業所における安全衛生リスク評価法の開発に関する研究	甲田茂樹	佐々木毅, 齊藤宏之, 平田衛(関西労災病院), 木村真三, 大西明宏, 堤明純(産医大), 梅崎重夫, 濱島京子, 吉川徹(労研), 遠藤暁(広大), 熊谷信二(大阪府立公衆衛生研究所), 吉田仁(大阪府立公衆衛生研究所), 吉田俊明(大阪府立公衆衛生研究所), 宮島啓子(大阪府立公衆衛生研究所)
P-20	19	21	先端産業における材料ナノ粒子のリスク評価に関する研究	鷹屋光俊	小野真理子, 久保田久代, 甲田茂樹, 齊藤宏之, 篠原也寸志, 芹田富美雄, 戸谷忠雄, 三浦伸彦, 宮川宗之

2 イノベーション25研究

課題 番号	研究期間		研究課題名	代表者	分担・共同研究者
	開始 年度	終了 年度			
継続課題					
I-1	19	23	多軸全身・多軸手腕振動曝露の人体への心理・生理影響の評価方法に関する研究	前田節雄	柴田延幸, 石松一真, Neil J Mansfield (英国ラフボロー大学), Subhash Rakheja (カナダ・コンコルディア大学)
I-2	19	24	作業温熱ストレスの労働生理学的評価と予防対策技術の研究	澤田晋一	上野哲, 榎本ヒカル
I-3	19	22	生体内繊維状物質の高感度・多元的検出とばく露レベルに関する研究	篠原也寸志	
終了課題					
I-4	19	21	誘導結合プラズマ質量分析計およびその他の機器による労働環境空気中有害金属元素測定方法の規格制定に関わる研究	鷹屋光俊	

3 GOHNET 研究

課題 番号	研究期間		研究課題名	代表者	分担・共同研究者
	開始 年度	終了 年度			
継続課題					
G-1	20	22	職業性疾病・職業性ばく露のアクティブ・サーベイランスーウェブ情報システムの開発と活用	坂本龍雄	小川康恭, 毛利一平 (労研), 牧祥
G-2	20	22	中小企業における労働安全衛生マネジメントシステムの確立	甲田茂樹	佐々木毅, 伊藤昭好 (産医大), 原邦夫 (久留米大), 堤明純 (産医大), 渡辺裕晃 (大牟田市役所), 鶴田由紀子 (大牟田市役所), 丸山正治 (大牟田市役所)
G-3	20	-	ヘルスケアワーカー及びその他の労働者の職業性健康障害	高橋正也	岩切一幸, 毛利一平 (労研), Derek R. Smith (オーストラリア・ニューキャッスル大学)

VI 評価対象課題の研究概要及び評価結果

1 新規課題

1.1 従来材及び新素材クレーン用ワイヤロープの経年損傷評価と廃棄基準合理化への応用 (平成23年度～平成25年度)

(1) 研究の背景等

ア. 社会的背景・行政的要請

つり上げ用具類のなかでワイヤロープは、その柔軟性と強度の高さから、クレーン等産業機械をはじめ、玉掛け作業などに多用されている。しかし、複雑な構造のために損傷検出が困難であり、このため経年劣化したワイヤロープの切断による労働災害が多発している。クレーンに用いるワイヤロープは、労働安全衛生規則、クレーン等安全規則及び JIS でその取扱、保守、検査および廃棄について定められているが、安全率や廃棄基準の根拠が明確でない。特に廃棄基準は、国内法規と国際規格で評価法が異なるため、今後国際規格を JIS 化していくうえで、廃棄基準の根拠となるデータが求められている。また、ワイヤロープの検査は主として目視であり、経年損傷を定量的に評価することができないことから、ワイヤロープの経年損傷を定量的に評価する方法が求められている。加えて、近年、クレーンペンダントロープのような静索に、新素材である炭素複合材料を使用することが検討されている。そこで、このような新素材ワイヤロープに鋼製ロープと同様の安全基準が適用可能かどうか、経年劣化特性を中心に調査・検討することが望まれている。

イ. テーマに関連した研究の現状

クレーンに用いるワイヤロープの安全性、特に経年損傷について系統的に行われた研究は、国内外を問わず、ほとんど行われておらず、安全率及び廃棄基準について損傷量との相関を詳細に調査した例はない。また、新素材である炭素繊維ロープの経年損傷について実験的に検証した研究報告はほとんどない。そこで、従来の鋼製ワイヤロープおよび新素材ロープの疲労試験を行い、損傷量と寿命の関係を調査することで、労働安全衛生規則、クレーン等安全規則の改正および JIS の改訂を行う際の基礎資料とする。また、ワイヤロープの検査は、目視に代わる簡易かつ有効な検査法がないのが現状であり、そこで、簡易かつ安価な非破壊検査法について検討し、労働災害の減少に寄与する。

ウ. 当該研究の基となる代表者及び共同研究者の主要な成果

- 1) 佐々木哲也, 本田尚, 山際謙太, ワイヤグリップの使用基準に関する検討, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告 JNIOSSH-SRR-No.37, pp41-49 (2008).
- 2) 本田尚, リンクチェーンの 3 次元応力解析と疲労強度評価, 産業安全研究所研究報告 NIIS-RR-2001, pp1-7 (2002).

(2) 研究の概要等

ア. 研究期間内で行う研究の概要

初年度から二年度前半まで、クレーンに用いられる代表的な動索ワイヤロープ及び静索ワイヤロープの疲労試験を行う。動索ワイヤロープは山口研究員が中心となり、静索ロープの疲労試験は本田研

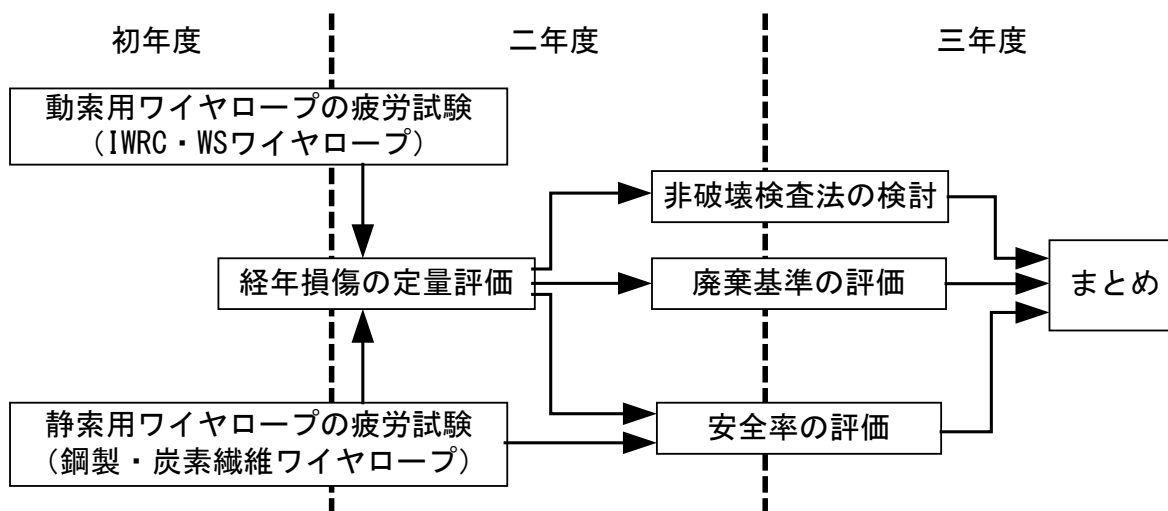
究員が中心となって行う。疲労試験によりワイヤロープの経年損傷材を得たのち、経年損傷の定量的評価を行う。これは山際研究員が中心となって行う。

二年度後半からは、目視に代わる非破壊検査法の検討を山口研究員が中心となって行う。また、本田研究員と山際研究員が中心となり、損傷量と寿命の関係を調査し、労働安全衛生規則やクレーン等安全規則、JIS 及び ISO で定められた廃棄基準の妥当性を評価する。最終年度後半に佐々木研究員と本田研究員がまとめを行い、研究を総括する。

年度ごとの要求研究費(概算)

1年目	25,000千円
2年目	20,000千円
3年目	15,000千円

【研究期間全体を通してのフローチャート】

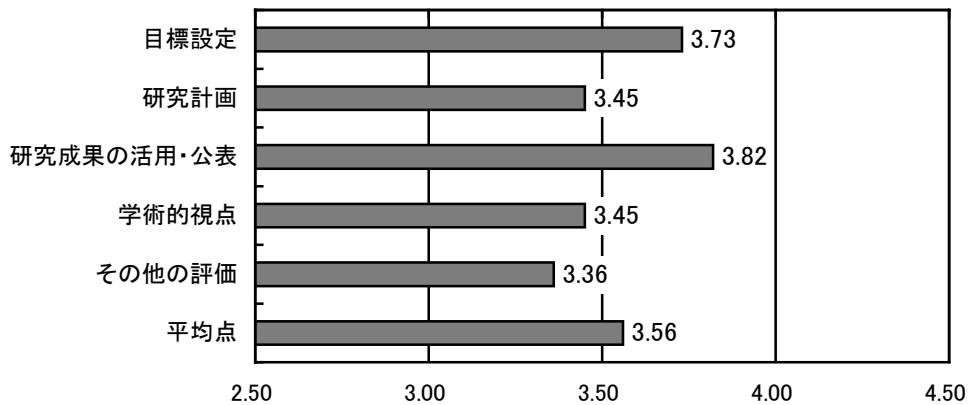


イ. 期待される研究成果

- 労働安全衛生規則及びクレーン等安全規則の改正
- 日本工業規格の改訂
- 国際規格への反映

(3) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

- (A 委員)ワイヤロープの経年損傷については、過去に数多くの研究がなされているが、既往の研究との違いをもう少し明瞭にする必要がある。また、新素材の炭素繊維ロープの経年損傷評価の目的がはっきりしないように思われる。研究の必要性を明確にすることが望ましい。研究費がすこぶる高額であるが、費用対効果の検討は充分になされているのか疑問である。
- (B 委員) 現行の廃棄基準を確立すること、新素材を採用すること、さらに、その評価法を検討すること等、広範囲にわたる研究を計画している。これらの成果を複数の学術論文としてまとめる場合には、多数の成果が期待できる。しかし、一つのプロジェクト研究としては、研究目的の焦点が絞られていない。
- (C 委員) 本研究はワイヤロープの経年損傷と切断の関係が主題であるが、経年損傷とロープのはずれとの関連性についてもあらかじめ詳しく調査を行うとよいと思われる。もし何らかの関連性があればそれも考慮した研究計画が望まれる。また、クレーンのワイヤロープはエレベータの場合と異なり屋外で使用されることから、屋外環境の影響を考慮したサイクル試験の必要性の有無についても検討されるとよいと思われる。
- (D 委員) ワイヤロープの切断に関する研究は他研究機関での研究も少なく、また、新素材がロープに採用されてきており、労働安全衛生総合研究所が取り組むべきテーマである。いくつかの研究下地があるとはいえ、難易度が高いテーマになる。目視に代わる簡易的な検査法につなげてほしい。
- (E 委員) 外部評価会議の場でも質問が出されたが、経年損傷評価という言葉が題目に入っているので、供試材料にはできる限り経年損傷材(使用済みのワイヤロープ)を取り入れて欲しい。
- (F 委員) 職場での災害例も多く、社会的に重要な研究である。加えて、新素材の開発が進み、早急な対策が求められている。電子顕微鏡を用いた観察によるメカニズムの解明、S字曲げ疲労試験、引っ張り試験など駆使して研究しており成果を基盤にしている。しかし、本研究の大きな目的の一つである非破壊検査の開発については、どの様にアプローチするのか、不明であった。
- (G 委員) ワイヤロープの製造業者で有しているデータなどはすでにないかどうか、また製造業者とのネットワークなども有効ではないか。これまでの非破壊検査法が不十分なら新しい方法を開発するとあるが、事前に新しい方法について明確な方針を持っていなければ期間内に研究が完了できないリスクがある。
- (H 委員) クレーン用ワイヤロープの切断事故の予防は労働災害防止に重要と考える。特に非破壊検査法の確立に期待したい。年次進行に伴う予算の内訳がわからないが、各年度に試験機等の購入を

計画しているのか。

- (I 委員) 経年損傷のシミュレーションであるという説明であったが、根拠の明示がない。目視と非破壊検査法との関連をどう検討するか曖昧である。
- (J 委員) 使用条件、実験条件だけでなく、天災・気候条件、塩害などの自然条件についても検討の必要はないか。
- (K 委員) ワイヤロープ切断による労災は、即死亡事故につながり、安全を担保する基本的な内容であることから、本研究は重要であろう。炭素素材等新素材の研究は日本では先行しているので、その分野での国際規格への対応は必須の対応が必要と考える。ただし、エレベータ等ワイヤロープを使用する機械も多くあり、それらの分野での研究や標準を参照すべきと思われるし、新たに得られた知見も国際標準化されるのが望ましい。

(4) 外部評価委員の指摘に対する措置・対応等

御多忙中、本研究をご評価いただきましたことを感謝申し上げます。委員の先生方からは、おおむね当研究所で行うべき研究であると、肯定的な評価をいただいたと考えております。本研究を実行する際は、クレーンだけでなく、エレベータ等、ワイヤロープを使用する他の機器についても、規格及び既往の研究を調査(A委員、G委員)し、本研究の目標であるワイヤロープの廃棄基準見直しに焦点を絞った上で(A委員、B委員)、経年損傷の評価を行う所存です。また、ワイヤロープ製造者や使用者と連携して、実際の使用で経年劣化したワイヤロープを入手(E委員、G委員)するなど、疲労試験結果の妥当性を検討いたします。

次に、炭素繊維ロープの経年損傷を評価する目的(A委員)に関しましては、これまでクレーンでの使用実績がないことから、厚生労働省から従来の鋼製ワイヤロープの安全基準が適用できるかどうか、早急な検討を求められております。クレーンにおきましては、静荷重だけでなく、動荷重に対する強度評価が必須であり、そのためには動的荷重による経年損傷を評価する必要があると考えております。

また、使用条件だけでなく環境の影響を検討してはどうかとご指摘(C委員、J委員)がありました。御指摘のとおり、使用環境は経年損傷を評価する上で無視できない要因の一つですが、環境試験は疲労試験のように加速試験が困難であり、3年間という研究期間を考えますと、本研究とは別に基礎的な検討を行った上で、次のプロジェクト研究につなげたほうがよいのではないかと考えております。

非破壊検査については、複数の委員の先生から研究方法が明確でないとの御指摘(F委員、G委員、I委員)がありました。本研究では、新たな非破壊検査法を開発するのではなく、現在実用化されている非破壊技術でどの程度の内部断線が検出できるかを、損傷量が明確になっているロープに対して適用し、検査結果を蓄積することで、ユーザーが損傷量を適切に判断するための有効な判断材料を提供する所存です。

1. 2 貯槽の保守、ガス溶断による作業での爆発・火災・中毒災害の防止に関する研究 (平成23年度～平成25年度)

(1) 研究の背景等

ア. 社会的背景・行政的要請

近年、化学設備や機械設備の老朽化による更新や廃棄が増加傾向にあり、タンクやサイロなどの貯槽の解体作業における爆発・火災災害(図1)が頻発している。金属製の貯槽の解体作業では裸火や火花を発生させる器具を使うことが多く、爆発の原因となる物質(例えば、廃液、汚泥、スラッジなど)が残っていたり、解体作業の際の熱の影響でタンク内の残さから爆発性の物質が生じたりすることによる爆発・火災危険性が従来から予測されているにもかかわらず、同種災害が繰り返されている。また、可燃性ガスのほか、貯槽内の有害性ガスの存在を知らずにマンホール等を開放するなどの保守作業時における中毒災害も懸念されている。



図1 ガス溶断機具を使った解体作業において爆発に至る典型的な例

解体作業では一般に集中的に工事が実施されるため、局所に作業員が集まった状況になりやすく、爆発や漏えいが発生すると周辺の作業員をも巻き込み、重大災害に至ることも多い。2009年12月下旬、大阪において、タンクのふたに4名が上がって作業中、タンク下部の側面で別の作業員が切断作業をしたところ爆発が発生し、上にいた4名全員が死亡した。さらに、2010年3月には静岡でも貯槽の爆発が発生している。

同種災害の頻発には、化学設備解体専門の業者ではなく、作業を請け負う企業の業種が建設業であったり、廃棄物処理や機械解体業であったりし、貯槽内の物質の危険

性を知らずに単に鉄板を切る程度の認識で作業を行っている実態が推測される。

本研究課題を早急に実施し、行政機関と協力しながら得られた成果の普及を行い、現場で解体作業にあたる者に周知させることが必要である。

イ. テーマに関連した研究の現状

本研究課題は、最近の爆発災害の頻発傾向、研究員が現地に赴き実施した災害調査に基づき提案するものである。また、貯槽の保守や解体作業での中毒災害については、懸念されつつもその実態が把握されていない。当研究所ではこれまで、災害調査の実施によって労働行政に貢献し、一方で企業からの技術相談にも応じてきた。本研究課題の実施主体は、行政と企業と協力しながら研究を強力に推進でき、中立的な立場にある当研究所が適している。

本研究課題は古くて新しいものである。ガス溶断・解体作業については、以前から災害が多発し、通達等も出されている。火気を使った解体作業における爆発危険性については、講習会のテキストにも書かれ、周知の事実である。しかし、同種災害はなくなるならない。

本研究課題について、当研究所では基盤的あるいはプロジェクト研究としては実施していない。災

害調査と関連する課題であり、災害調査を実施しない他の研究機関とは重複しない。

【所内における関連する研究課題の実施状況】

- アセチレン溶接作業の災害とその対策(再版) SD-1957-3
- アセチレンガス溶接作業用乾式安全器技術指針 TR-82-2
- ガス溶接・切断作業用乾式安全器指針 TR-89-1

ウ. 当該研究の基となる代表者及び共同研究者の主要な成果

板垣(研究代表者) :

- ガス溶接・溶断作業テキスト改訂編集委員会(H22 年度外部委員会)
- 熊本県熊本市内の半導体工場で発生した除害装置用カートリッジの火災災害調査(H21.8～H22.3)
- 板垣晴彦, 事故事例に見る爆発, 火災の原因と対策—可燃性のガスと液体, 反応性物質による爆発・火災, 安全と健康, Vol.10, No.8, pp.21-25 (2009)
- 板垣晴彦, 災害事例に見るアーク溶接作業における爆発・火災の防止対策, 安全と健康, Vol.61, No.6, pp.26-29 (2010)
- 板垣晴彦, 独立行政法人労働安全衛生総合研究所の紹介, 安全工学, Vol.49, No.3, pp.191-195 (2010)
- 板垣晴彦, 市販スプレー缶についての GHS 方式による着火性試験結果について, 平成 20 年度日本火災学会研究発表会 (2008)
- 八島正明, 小野真理子, 鷹屋光俊, 板垣晴彦, 金属粉の火災による粒子状物質の生成, 第 41 回安全工学研究発表会 (2008)
- 板垣晴彦, 最近の火災・爆発事故の話題(1)「危険物事故」, 日本火災学会化学火災専門委員会公開シンポジウム「産業事故を考える」(2010)
- 板垣晴彦, 労働災害データベースに基づく火災・爆発事例の分析, 平成 22 年度日本火災学会研究発表会 (2010)
- Y.Tatsumi, S.Tsuchiya, T.Mizutani, H.Itagaki, Combustion of Apparatus by Rapid Valve Opening of High Pressure Oxygen, Asia Pacific Symposium on Safety (2009)
- H.Itagaki, Ignition Hazard about the Spray Can by GHS Test Method, Asia Pacific Symposium on Safety (2009)

八島 :

- 粗大ごみ破碎処理施設における爆発防護に関する現地調査(NIIS-SSR-No.29:2004)
- ごみ固形化燃料(RDF)堆積層内の燃え広がり(JNIOOSH-SRR-No.34:2006)
- 粉じんの爆発圧力放散設備に関する野外検証実験(JNIOOSH-SRR-No.34:2006)
- 爆発圧力放散設備技術指針(改訂版)(NIIS-TR-No.38:2005)
- 技術雑誌「化学装置」において, 爆発・火災を起こさないための基礎知識を連載(第 1 回 2007 年 9 月～第 10 回 2010 年 1 月)(継続中), 工業調査会
- 神奈川県横須賀市内の産業廃棄物工場で発生した爆発災害調査(H21.10～H22.3)

大塚 :

- アルミニウム粉じんと水との爆発危険性に関する研究(NIIS-SRR-No.29:2004)

- 数値計算による開放空間における爆燃の爆風の検証(JNOSH-SRR-No.34:2006)
- 大阪市淀川区内の化学工場で発生した爆発災害調査(H21.12～H22.3)
- 静岡県富士市内の化学工場で発生した爆発災害調査(H22.3～H22.6)

菅野：

- Akito Takeuchi, Yasuki Nishimura, Yuichiro Kaifuku, Tsutoshi Imanaka, Shuichiro Natumeda, Hirokazu Ota, Shu Yamada, Ichiro Kurotani, Kimiaki Sumino, Sei-ichiro Kanno, Determination method of nitromethane in workplace air, J. Occup. Health 52, No.3, 194-197 (2010)
- 萩原正義, 菅野誠一郎, 加熱脱着法によるメチルセロソルブの測定, 第49回日本労働衛生工学会 (2009)
- 菅野誠一郎, 加熱脱着法によるクロロニトロベンゼンの分析法, 第 49 回日本労働衛生工学会 (2009)
- 萩原正義, 古瀬三也, 菅野誠一郎, 加熱脱着法による塩化アリルの分析法, 第 50 回日本労働衛生工学会 (2010)
- 古瀬三也, 萩原正義, 菅野誠一郎, 加熱脱着法によるジクロロプロパンの分析法, 第50回日本労働衛生工学会 (2010)

(2) 研究の概要等

ア. 研究期間内で行う研究の概要

本研究では、初年度に板垣上席研究員が中心となり、同種災害の原因を調査し、事例分析を行い、3年度までに検証実験を実施する。以上の結果を取り込みながら、初年度から4年度(最終年度)までは八島主任研究員が中心となり、爆発あるいは中毒の原因となりうる危険性を実験的、理論的に調べ、また、解体作業ではよく用いられるガス溶接・溶断機器について安全性を高める方策、貯槽に設けるべき爆発放散設備などハード面の防止策について調べる。3年度目から最終年度までは八島主任研究員と板垣上席研究員が中心となり、総合的な防止対策の検討及びまとめに入り、普及に向けて作業員の行動に係るソフト面の防止策も含めて、同種災害防止のための適切な作業方法を提案する。成果は逐一公表し、早い段階から普及に努めるが、関係する団体、業種、企業の数が多いため全国規模の普及活動を考慮すると、研究全体では最低4年間は必要である。

【サブテーマの詳細】

サブテーマ1: 災害の事例分析・検証実験(担当:板垣、八島、大塚、水谷、木村、菅野、小野、鷹屋、齋藤)[初年度～3年度]

- 現地調査を実施し、実態の把握に努め、解体作業に伴い爆発、火災、中毒の災害に至る直接原因と間接原因、背後要因を調べる。ハードとソフトの問題がある。分析的な考察のため、ETA、FTAなどのリスク解析を実施する。
- 危険性を事前に評価、危険性を把握していながら爆発に至った事例(防止対策が失敗した事例)について、危険性評価が適正に行われていたかどうかを調べ、これまでの分析・評価手法に問題があったかどうかを明らかにする。
- 爆発や火災、有害ガスの発生から中毒に至った事例について検証実験を実施する。未解明災害や当時の調査が不十分だった事例を積極的に取り上げる。着火源と原因物質を検証するほか、ガス炎の大きさ、電動工具からの火花の発生、溶接スパッタの飛散状況などを調べる。

模擬実験で壁面での温度上昇の程度、内容物の変化、可燃性ガス発生、漏洩状況を調べる。爆発に及ぼす貯槽の構造・材質、内壁のコーティング材、腐食などの影響を調べる。特定された原因物質の危険性についてはサブテーマ2で調べる。

サブテーマ2:爆発原因物質の危険性データの収集(担当:水谷、八島、木村)[初年度～4年度]

- 爆発や火災の原因となる化学物質(例えば、可燃性固体・粉体、可燃性液体)の爆発・火災危険性データを収集する。対象とする化学物質は災害原因となった物質のほか、原因となり得る純物質と貯槽に残りやすい廃液、汚泥やスラッジ(不純物を含む重質の固体や液体)などの混合物も取り上げる。実験では、最新の分析手法も取り込み、発熱開始温度、熱分解温度、発火温度、引火温度、ガスの発生特性などの危険性データを収集する。
- 引火性のある物質について、研究所の下部・上部引火点試験法に基づき引火点測定を行う。試験の効率化のため、研究所の引火点試験装置の高機能化を図る。

サブテーマ3:機器・設備の問題点の抽出とハード上の防止策(担当:八島、水谷、工業会・メーカーと共同)[3年度～4年度]

- 着火源となり得る機器の問題点(アセチレンガス機器など)を抽出し、爆発防止の観点から改良の余地を調べる。そして、望まれる機器のあり方について検討する。
- 貯槽に適用できる爆発放散口・破裂板について、放散面積の計算、設置基準などを調べる。
- 工業会、メーカーと意見交換を行い、達成し得るハード面での防止対策を提案する。

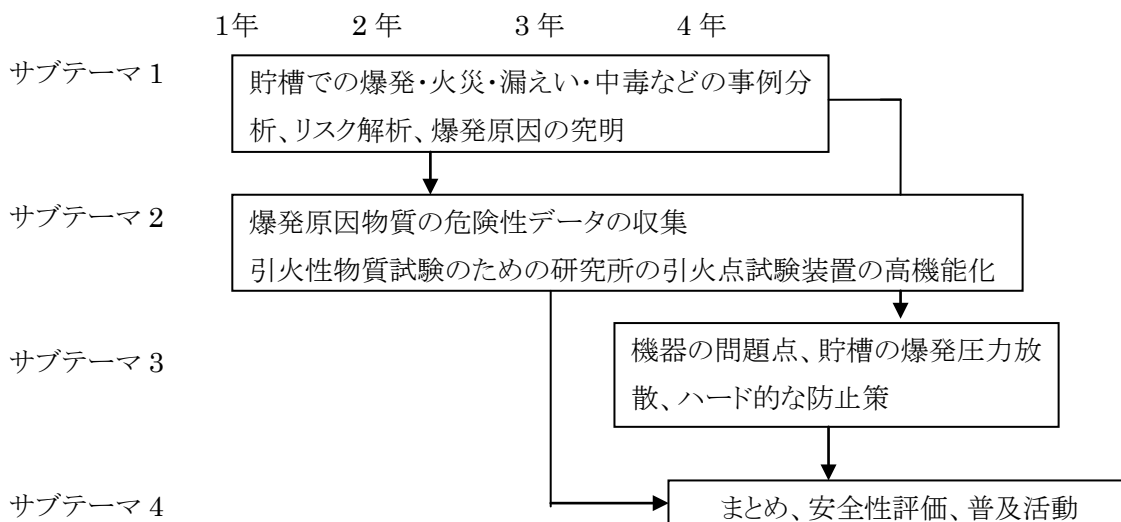
サブテーマ4:防止策の提案と成果の普及(担当:板垣、八島、大塚、水谷、木村、溶接機器関係の工業会、講習を行っている団体)[3年度～4年度]

- 安全な解体作業のための簡単なチェックリスト作成(カードタイプなど)を行う。チェックリストに設ける項目としては、リスク解析に基づく項目であり、その具体的な方法、参照すべきデータが別に示されるようにする。
- 工業会、講習を行っている団体と共同で成果の普及活動を行う。

年度ごとの要求研究費(概算)

1年目	40,000	千円
2年目	30,000	千円
3年目	20,000	千円
4年目	10,000	千円

【研究期間全体を通してのフローチャート】

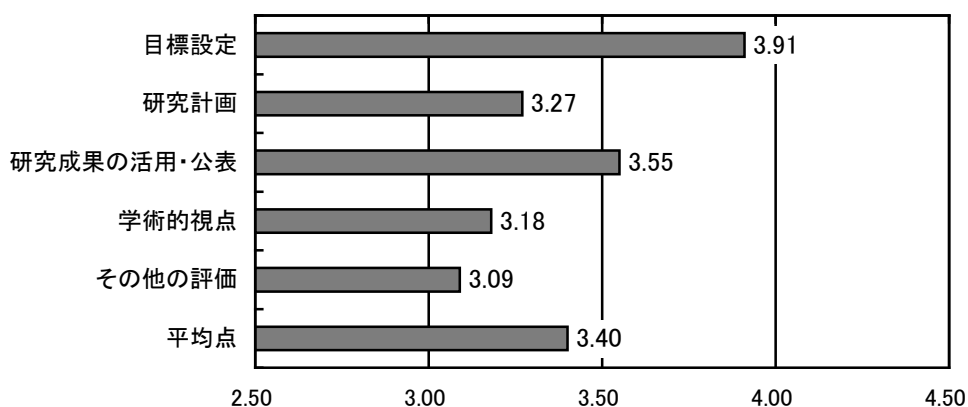


イ. 期待される研究成果

- 最近の災害発生状況と事例の紹介、爆発・火災・中毒の原因となり得る物質の危険性データの公表、ソフト的・ハード的な管理方法の提案。
- ガス溶接溶断機器メーカー関係の工業会、ユーザー、化学工業だけでなく建設業、廃棄物・機械解体業などの工事関係者への安全情報の提供。
- 機器・装置メーカーとの連携によるハード的な防止対策の提案による安全対策の向上。
- 行政機関に対しては、最新の知見を盛り込んだ現場指導、通達作成の参考となる。また、災害調査の高度化につながる。

(3) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(A委員)それぞれの担当者の研究成果をまとめて、ひとつのプロジェクト研究を計画しているようである。このような研究を行う場合、プロジェクト研究としての目的、結論が明確になるように計画を立てる必要がある。

- (B委員) 期待される研究成果の活用のあり方を考える際に現状での火災・爆発の要因としてあげられている作業員が化学設備に精通しているとは限らないことを前提とした対策の構築を主体に考えるのかどうかで、研究の方向性が部分的に異なってくると思われる。これらの前提、方向性については早めに十分検討されることを望みたい。
- (C委員) 近年の事故において、タンクや配管の除害不十分による事故が増えており、除害作業を支える研究意義がある。事故現場では、このための予防措置として、リスクアセスメント、KYの実施が取り上げられており、精力的に取り組まれている。それはこの種の事故がそれぞれの現場の事情に基づいて起きているためである。背景として説明された大阪の事故も事故報告書は、リスクアセスメント、KYの徹底を対策として取り上げている。この研究がそのような現状に対して何を提供するものが今一つはっきりしない。
- (D委員) 対象とする貯留槽内に可燃性ガスや中毒性ガスがどのように滞留するかを調べることが本研究では重要であると考えられる。レーザーを用いた微粒子計測技術等を用い、この点に関しても明らかにすることを研究項目に是非加えて戴きたい。
- (E委員) 本研究は、事例の収集によるケース研究およびデータベースの構築により予防のデータベースとして利用することが考えられた。しかし、基本的には事例の解析に終始しており、反応等の予測に基づく危険予知に関する研究の掘り下げが不十分と感じられた。
- (F委員) 労働衛生上重要な研究テーマである。ハード上の対策に具体案はあるか？研究成果として提案される対策に現時点では具体性がない。各サブテーマの研究相互の関連性、位置づけが不明確。
- (G委員) 貯蔵庫の解体作業における事故、中毒災害を予防することは重要と考える。フローチャートによれば、3年目からまとめに入り、安全性評価、普及活動をするということであるが、そうであれば、特にサブテーマ1、2については、当初の2年間で最低限必要なデータを収集する必要があると考える。もちろん、まとめながら必要なデータを追加収集する必要があると思うが、この図だと3年目からまとめができないのではないかと。また、研究費が総額で1億円近いが、予算の中身がわからないので、それに見合うプロジェクトかどうかは判断できない。
- (H委員) 事故の原因の多くを占めるであろうヒューマンファクターが取り上げられていない。これは致命的な欠陥である。また、個々のサブテーマと全体像とが結びつかない。
- (I委員) チェックリストのみならず、現場向けの分かりやすい安全作業マニュアルの作成もお願いしたい。安全集会などでの成果の普及活動についても期待したい。
- (J委員) 今後日本において、旧プラント・設備等の廃棄・解体が多くなる事が予測される為、その事故を防ぐための重要な研究であると考え。研究成果の現場への徹底が重要であり、加えて、国際規格化や海外学会への発信等が、計画からは見受けられないが、この様な取り組みも必要では？
- (L委員) 近年の大規模な爆発・火災・中毒災害の発生を受けて、広範囲にわたって研究を進めるという意欲に期待したい。予算が各年度ともに多額であるように思われるが、費用対効果を十分に検討されることを望む。

(4) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究課題に対しまして、御意見及び御要望をいただきありがとうございます。保守や解体等の非常作業中の労働災害を防止することが今後ますます重要となるとの認識は共通的と思われる(C委員、F委員、G委員、I委員、J委員、L委員)、その期待に答えるべく研究を進めていこうと考えて

おります。

今回、研究項目として、事例分析や危険性データの収集、ハード的な防止対策に着目したわけですが、プロジェクト研究としてのまとまりと目的が不十分(A委員、F委員、H委員)や、得られる成果の具体性がはっきりしていない(C委員、E委員)とのご指摘のほか、まとめと普及活動に力を注ぐためにも主たるデータ収集を2年で終えるべき(G委員)との意見がありました。

実際の災害事例をいくつか調べてみましたところ、引火点などの危険性データの不足、溶接器具の取扱い不良、作業前の環境測定の不備など、古典的とも言える要因が非定常作業では問題となっていましたので、これらの問題を解決するための直接的な対策を中心に研究項目を立ち上げました。逐次公表していくそれぞれの成果にはまとまりがなく、それぞれが独立しているように見えてしまいがちですが、各成果が互いに支え合うことによって、爆発・火災・中毒災害の防止に寄与できるものと考えています。

普及活動については、測定と公表を進めている危険性データをどのように活用していけば良いか、ハード的な防止対策とはどのようなものかといった点が中心ですので、ある程度の成果がそろえられれば、実施は可能であると考えます。つまり、データ収集のサブテーマが4年間継続する形とはなっていますが、すべての物質のデータを収集することは到底不可能であることから考えても、ご指摘のように、主たるデータを早期に測定した後に、その間を補うデータを測定していくという手順を踏むことが、実際的かつ効率的でもあると考えています。

解決しなくてはならない(したい)問題はこのほかにも数多くあることは承知しておりまして、滞留状態の計測を望む(D委員)、反応等の危険予知にも取り組んで欲しい(E委員)、ヒューマンファクターに関する項目を追加すべき(H委員)との意見を頂きました。滞留状態の計測は基本的な安全対策である「作業前のガス濃度測定」に合致しており、可燃性や有毒ガスがどのように滞留し、このガスを換気するにはどうすればよいかの視点から、研究項目としての追加を予定します。次の反応等の危険予知とヒューマンファクターについては、確かに重要な視点であり労働災害の防止対策を考える際に必要なことではありますが、主たる研究対象を非定常作業中としているので、その作業中に反応が進行している機会は少ないこと、開始時期は本研究よりも遅れてしまっていますが、ヒューマンファクターに関わるプロジェクト研究の構想が別にあることから、現段階では本研究の対象から外しておきたいと思えます。

このほかに、得られた成果の普及活動に関して、計画に挙げた講習会やチェックリストにとどまらず、作業マニュアルの作成(I委員)や、国際規格化と海外発信(J委員)へも広げるようにとの点については、産業現場での活用を第一としてチェックリストを取り上げたわけですが、産業界全体での活用を考えれば、御指摘のとおりです。そのためには、普及活動を特にしなくても自然に広まっていくような魅力的な成果が得られるように努力しなくてはならないと考えております。

1. 3 建設業における職業コホートの設定と労働者の健康障害に関する追跡調査研究 (平成23年度～平成27年度)

(1) 研究の背景等

ア. 社会的背景・行政的要請

労働者の健康・安全上の問題点を把握し、その原因と結果の関連を詳細に解明する上で、職業集団(コホート)を設定し解析・検討することは非常に有用である。しかしながら、日本では様々な統計調査が行われているものの、労働安全衛生分野の政策や方針を検討・決定するための、職業コホートの設定・活用が十分行われてこなかった。その理由として、労働現場における職業コホートの設定・確保は、昨今の個人情報保護法等により困難な状況にあることが挙げられる。また、職業コホートを維持していくには多大な労力・資金が必要になることも一因であろう。しかし、職業コホートを設定・活用することにより、職業的ばく露と職業病あるいは作業関連疾病との関連について予防的な検討を行い、及び事後的な検証を行うことが可能となる。

本研究では、既に基盤的研究において確保済みである建設業従事者コホートを対象として、疫学的手法を用いた多角的調査を実施する。建設業はここ数年、石綿にばく露する業種として注目されており、呼吸器系の悪性腫瘍などの石綿関連疾患の発生を追跡していく必要がある。さらには、建設業は、多種多様な化学的・物理的リスクにさらされる業種であるため、従来から懸念される筋骨格系疾病のみならず、昨今の様々な技術革新等に伴った新たな健康障害の発生も懸念される。また、この業界では中小零細規模の事業所が大半で、労働安全衛生面での管理・指導が徹底され難い。以上のような観点からも、建設業に従事する労働者集団を職業コホートとして設定し、労働者の健康障害等の発生状況を追跡し、有害因子ばく露の死因への影響、疾病・自覚症等との関連について調査研究していくことは重要である。

イ. テーマに関連した研究の現状

労働安全衛生の研究機関として、疫学的手法を用いて職域集団を対象としたコホート研究を遂行することは重要かつ必須あると考える。また、対象とするコホート集団である建設業従事者の有害因子ばく露とその影響に関して、日本においては明白な実態並びに生体影響についてまとまった研究はほとんど成されていない。諸外国においては英国から最近、診断書データから建設業労働者の呼吸器系疾患、皮膚の疾患、筋骨格系疾患が多いことが報告された(Stocks SJ *et al.* (2010) *Occup Environ Med*)。また、スウェーデンやフィンランドなどの北欧諸国では国立の労働安全衛生研究所が中心となって、職業上の有害要因ばく露と職業性疾患ないしは作業関連疾病の発症などとの関連について疫学研究を以前より実施しており、労働衛生行政施策や方針の策定に重要な情報を提供してきた。日本でも医師会が中心となってがん登録を行っているが、職業がんの予防という観点からは有害因子のばく露情報など欠如が多く、その意味では当研究所が関与する意義は大きいといえる。

更に、この集団で発生した(ないしは発生する)労働災害(怪我)や業務上疾病(腰痛等の筋骨格系疾病)の事例の分析とあわせて、労働者の年齢や健康状態、就労上の危険有害要因へのばく露との関連を検討し、労働災害の多発に環境要因や個人要因がどの程度関与するのか検討し、労働衛生と産業安全の両面からのアプローチをする。

ウ. 当該研究の基となる代表者及び共同研究者の主要な成果

- 1) 久保田 均、柴田英治、久永直見(2010) 某県建設国保組合員における有害作業の現状に関する質問紙調査、第 83 回日本産業衛生学会、ほか 2006～2009 年の同学会にて関連演題 8 報。
- 2) 甲田茂樹、熊谷信二、佐々木 毅、吉田 仁(2010) 病院の病理検査室におけるホルムアルデヒドばく露のリスクアセスメントについて。労働安全衛生研究、Vol.3、No.1、p.5-10。
- 3) 渡辺裕晃、甲田茂樹、佐々木 毅、鶴田由紀子、伊藤昭好、原 邦夫、堤 明純、山口秀樹、丸山正治(2010) 自治体職場への OSHMS 導入－導入途上の状況と今後の展望－。労働安全衛生研究、Vol.3、No.1、p.11-16。
- 4) 毛利一平、佐々木 毅(2010) 疲労と貧困のはざままで走る－タクシー運転手の労働・健康と生活に関する追跡調査から。大原社会問題研究所雑誌 No. 615、p1-12。
- 5) Otsuka Y, Sasaki T, Iwasaki K, Mori I (2009) Working hours, coping skills, and psychological health in Japanese daytime workers. Ind. Health 47, 22-32。

※ 1)が当該研究のコホートに関する成果、2)は当該研究のコホートではないが有害物ばく露調査に関する発表、3)～5)も当該研究のコホートではないが疫学調査に関する発表。

(2) 研究の概要等

ア. 研究期間内で行う研究の概要

対象は某県建設国民健康保険組合の組合員(約 17,600 人)とし、死因追跡調査をメインに、毎年組合員定期健診時の問診票による横断調査をも実施する。

死因追跡調査は戸籍調査、住民票照会、各地方方法務局への死因照会等を行い(2 年目まで)、データベースの構築をし(3 年目まで)、ICD10 に基づく疾病別、あるいは職種別の死因について検討し(4 年目まで)、有害物ばく露との関連を検討する(5 年目)。以上は、3 年目までは久保田、佐々木、甲田が中心となり、4 年目以降は全員での検討となる。

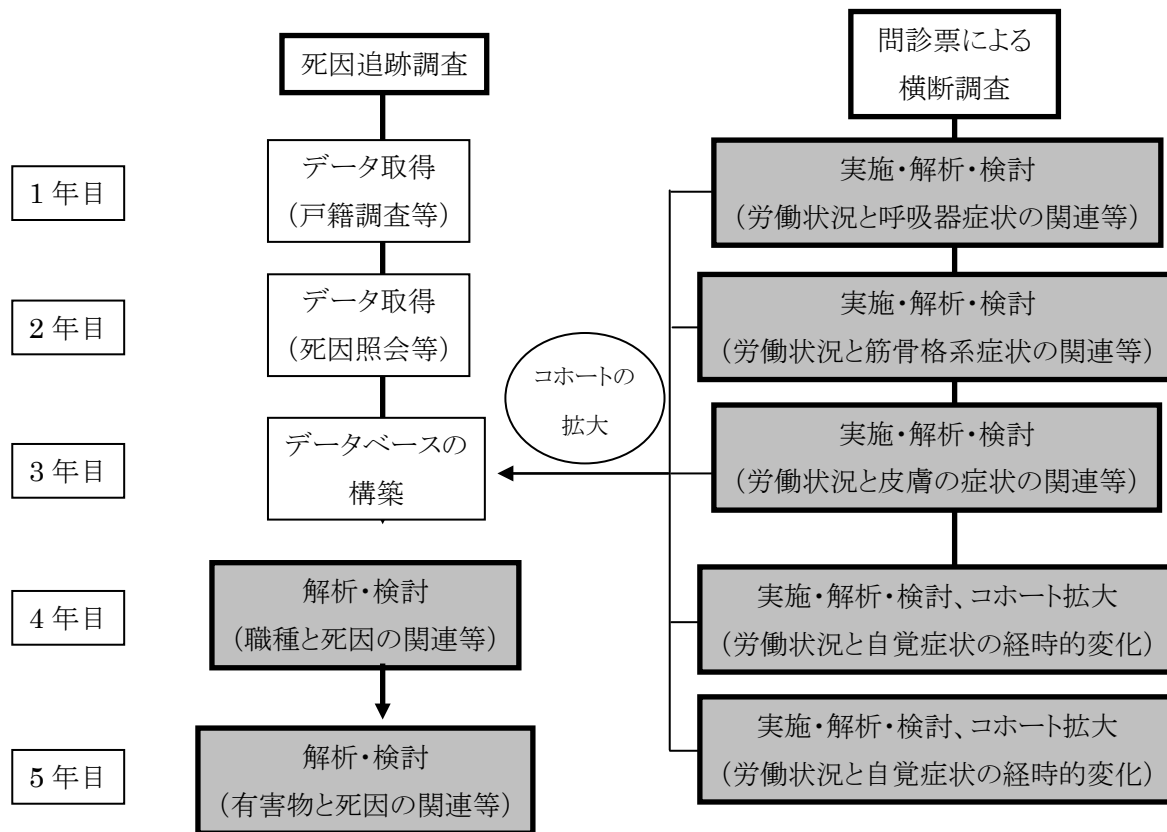
問診票による横断調査は対象集団の労働状況や健康状態を把握する上で貴重なデータとなることから 1～5 年目まで毎年実施する(久保田、久永、柴田が中心)。検討事項は職種、建材取扱い状況、有害物ばく露状況などと自己申告による呼吸器系症状、筋骨格系症状、皮膚の症状などとの関連とし(1～3 年目)、追跡可能であった者が多数いた場合は経時的解析の検討を行い、各年度で取得したデータは死因追跡調査で構築しているデータベースに登録し、コホートの拡大を図る(4～5 年目、佐々木、久保田、甲田、坂本が中心)。

以上のように蓄積したデータの解析においては、記述統計学的アプローチのみならず、推測統計学的アプローチを行う。例えば呼吸器疾患発症のリスク要因である喫煙といった生活習慣を調整因子とした多変量解析を行い、職業性疾病の発症リスクを算出し検討する。

年度ごとの要求研究費(概算)

1 年目	7,000	千円
2 年目	5,000	千円
3 年目	5,000	千円
4 年目	5,000	千円
5 年目	5,000	千円

【研究期間全体を通してのフローチャート】

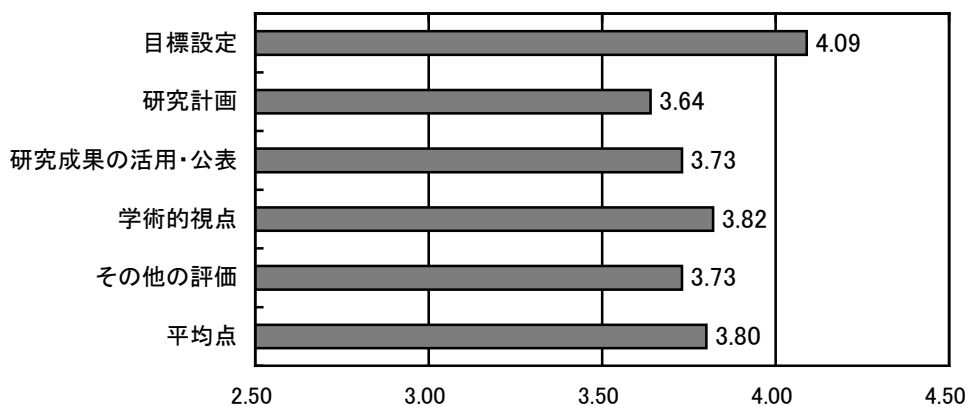


イ. 期待される研究成果

建設業従事者の職種別あるいは有害物ばく露による死因や呼吸器系症状、筋骨格系症状、皮膚の症状などとの関連が示されれば、これまで主に行われてきた労働安全面への施策のみならず労働衛生面への施策の立案に貢献できると思われる。

(3) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(A委員) 日本では建設業の職業コホートについて疫学的な健康障害の研究は初めての取り組みとのこ

とであり、できればこれまでに同種の研究を行ってきた諸外国の研究者との意見交換等も行って、研究開始にあたって十分な準備をされることを期待したい。

(B委員) 業種を広げずに建設業に絞って、研究を進めていくことは良い。またこの種の研究は労働安全衛生総合研究所が取り上げるべきテーマと考える。それでも研究をまとめていくには十分なデータベースが必要で、10年くらいかけて調査するくらいの意気込みでないともとまらないのではないか？

(C委員) 本研究成果を有効なものとするために、できる限り多くのデータ収集に努めて欲しい。

(D委員) 主な outcome として死亡として設定し、ある特定県の約 18000 人の建設労働者に対して後ろ向きコホート研究と横断研究を企画している。しかし、本研究は outcome 及び参加人数から得られる成果は限定的であり、現在の労働者及び雇用者が抱える問題に十分こたえられるとは期待できない。労働安全衛生研究所が initiative を発揮し、多くの職種を対象に、労働衛生あるいは労災認定、自殺やうつ、離職や女性の働きやすさ、出産育児など多くの outcomes に対応できる全国規模の50万人コホートを確立し、EBMに基づく労働行政に資する研究と壮大な大志を抱いて取り組んでほしい。

(E委員) 建設業の健康障害に関する疫学研究は重要な課題である。できるだけ前向きコホートを組むように努力する必要がある。前向きコホートには社会心理的要因の調査項目も含めると発展性がある。アウトカム の定義、調査方法が研究計画では不明確である。明確化する必要がある。後ろ向きコホートでは health worker effect の存在や、曝露の変化などの制限が予想される。できるだけこれらの予想される問題に対して回答できるように情報収集をはかること。

(F委員) 建設業には安全衛生上の問題が多く、本プロジェクトの重要性は評価できる。しかし、建設業では、有害な物質を扱っていても、基本的には作業環境測定の対象外であるため、リスク評価を行うためにはハザードは把握できても作業環境又は曝露状況の把握がされていない場合がほとんどであると考えられる。疫学調査に加えて、有害物を取り扱う作業については、作業環境あるいは曝露の測定を実施し、その結果も加えるようにするとより成果が上がると思う。

(G委員) この研究を発展させ、生物学的情報(遺伝子等)や健診データの活用、事故多発傾向の分析、ヒューマンエラーを含む大規模な労働安全衛生コホート研究を、ナショナルセンターとして展開できるようにめざしていただきたい。大志を抱いてください。

(H委員) 職業コホート追跡期間は10年間とかもう少し長い期間で行えないか。

(I委員) 職業コホートの設定や、追跡・調査研究の重要性を認識できた。アスベスト災害は2度と出していない事は基より、今後カーボンナノチューブ等新素材の普及に伴い、益々潜在的リスクが増加するものと予見できる。本研究の成果を、日本だけにとどまらず、海外へも積極的に発信願いたい。

(K委員) 長期間を要する難しい調査研究であるが意欲的に取り組む姿勢が感じられる。中間でのまとめを実施し、後半の研究方向を見直す等、固定した手法のみで研究を進めないよう注意が必要である。

(L委員) 「死因に関する追跡調査」と「定期検診による横断調査」の2本柱で研究を進めようとしているが、この二つの研究を融合させて、一つの結論が導けるように計画することが重要である。これらが独立した研究となり、独立した二つの結論が出てくるのであれば、プロジェクト研究の意味はない。

(4) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究に関して様々な御指摘をいただきましてありがとうございます。おおむね、本研究の趣旨、

目的と方向性について御理解いただき、過大な御期待をいただいたと考えています。

全国規模の50万人コホートの確立(D委員)あるいは10年間の追跡(B委員、H委員)といったご指摘は、一研究者としての意向としては一致するものの、予算面あるいは当研究所としての研究課題遂行の方針がありますので確約できませんが、できる限り多くのデータ収集(C委員)には努めたいと考えています。また、自殺やうつ、離職や女性の働きやすさ、出産育児等(D委員)、社会心理的要因(E委員)、有害物を取り扱う作業での作業環境又はばく露の測定(F委員)、遺伝子等の生物学的情報・健診データ・事故多発傾向・ヒューマンエラー(G委員)といった労働安全衛生上重要な項目についての調査内容が不足しているとの御指摘をいただきました。これらについては、対象とする組合との調整、我々の人的・予算的都合を勘案しながら可能な範囲で対応したいと考えております。

後ろ向きコホートでは不十分だという御指摘(D委員、E委員)に従い、前向きコホートに拡大するために研究3年目には予算増額を申請したいと考えております。それでは十分な回答になっていないかもしれませんが、まずこのコホート研究によって建設業従事者、特に中小・零細企業といったこれまで安全・衛生指標に関するデータが不足している分野についてのエビデンスを提示することを第一に考え、その成果を基に拡大することを提案していきたいと考えております。その際には、御指摘にありました中間でのまとめと研究の2本柱の融合や研究方向性の見直し(K委員、L委員)、諸外国研究者との意見交換等や情報発信(A委員、I委員)、healthy worker effect やばく露の変化(E委員)を念頭に入れながら実施していきます。また、アウトカムの定義や調査方法が不明確(E委員)という御指摘も、死因と疾病愁訴を縦断的又は横断的に調査するといった基本的な事項の御理解はいただいていると思いますので、成果を発表する際に詳細に報告できると思っております。

最後に、大志を抱け(D委員、G委員)という大変ありがたい激励をいただきましたが、おっしゃるように大志を抱いて本研究を行っていききたいと思っておりますので、今後も御指導、御鞭撻の程よろしくお願ひ申し上げます。

1. 4 発がん性物質の作業環境管理の低濃度化に対応可能な分析法の開発に関する研究 (平成23年度～平成25年度)

(1) 研究の背景等

ア. 社会的背景・行政的要請

従来の有機化合物類の管理濃度は、その実現性・検証可能性等を考慮し殆どが ppm レベル以上である。その分析法としては、固体捕集－溶媒脱着－ガスクロマトグラフ/水素炎イオン化検出法(GC/FID)分析が用いられている。一方、発がん性物質に関しては、詳細なリスク評価を行ったうえで、労働者の健康を保持するに十分な低濃度で作業環境を管理することが求められている。その発がん性物質の管理レベルは従来の管理レベルより安全サイドとし、労働者の生涯発がんリスクが 1/10000 程度となるよう濃度を管理するのが一般的になりつつある。しかし、現在の作業環境測定では、ダイオキシンなどの例を除くとこのような低濃度の分析は行われていない。

発がん性物質の適切な管理濃度レベルとしては現在検討中の物質でも ppb レベル以下となる1-クロロ-2-ニトロベンゼンや2,4-ジクロロ-1-ニトロベンゼンのような物質があるが、作業環境分析法が無いためにそのような水準の規制を実施することが難しい状況にある。

化学物質の管理手法として、コントロールバンディングのような実測によらない簡易型のばく露アセスメント、リスクアセスメントがあるが、このような手法の元になるデータは、有機溶剤等の濃度が高い物質の測定データであり、発がん性物質に適用することはできない。

この問題に対処するために、低濃度まで測定可能な分析方法の開発が進むと予想されるが、1 機関で多数の分析法の開発は困難であり、そのような分析法の性能を保証するための判定基準を作成し、今後開発される分析法の精度管理を行うことが必要である。

イ. テーマに関連した研究の現状

作業環境測定の方法を開発し、測定法に要求される精度や汎用性について検討することは、当研究所の主要な役割の 1 つである。

米国労働安全衛生研究所(NIOSH)や英国安全衛生庁(HSE)は、種々の有機化合物に対する個人ばく露濃度測定法を公開しているが、ppb レベルの分析法は無い。HSE が公開している固体捕集－加熱脱着－GC/FID 分析法は、10ppb 程度まで測定可能な物質もあるが、更に低濃度の測定は困難である。

近年我が国では発がん物質も対象として、新たな作業環境に関する自主的な管理方策を検討しており、より厳しい環境管理が求められつつある。

微量分析法として通常行われる固体捕集－GC/MS(質量)分析は ppb 程度まで測定可能であるが、測定の妨害となることの多い溶液による成分の脱着プロセスを必要としない、固体捕集－加熱脱着－GC/MS 分析法は、ppb 以下まで理論的には測定可能である。しかしながら、共存物質が多い作業環境においては、試料の捕集法との関係も含め、現実には即した分析法の検討が必要である。

また、現在の技術では、目的とする標準ガスの発生が困難であり捕集量が少ない場合の回収率の確認は困難であるが、目的物質の溶液を直接吸着剤に添加回収する方法により、回収率の検討を行うことは可能と考える。

さらに、捕集剤として、日本では活性炭等の炭素系の吸着剤を用いることが多いが、低濃度領域では回収率が低下することから、実際の濃度の過小評価になっているおそれがあり、リスク管理的には

不安全サイドの情報となる可能性がある。低濃度領域での系統だった検討を行うことにより、捕集剤に必要な要素を明確化することができる。

現在、厚生労働省の検討会では発がん性物質に関する管理の見直しを行っているが、それらの物質に的を絞って、科学的かつ重点的に測定法を検討している研究は他にはない。一般環境における化学物質の分析については環境省が所管しているが、短時間の濃度変動までの評価を目的とするものではない。作業環境を評価する際の時間変動を考慮する視点での測定法の開発に関する研究は、当研究所が推進すべきと考える。

ウ. 当該研究の基となる代表者及び共同研究者の主要な成果

- 1) 加熱脱着 GC/MS 法により、ナノサイズのディーゼル排出粒子やたばこ煙、ナノマテリアル中の多環芳香族炭化水素の分析法を開発した。(小野)
- 2) 低濃度の発がん物質の測定方法として固体捕集-加熱脱着-GC-FID 法により ppm-ppb 濃度範囲の分析法を作成してきた。(菅野・萩原・古瀬)
- 3) 防毒マスク用吸着剤の破過を GC/FID により測定し、加湿影響に関する検討を行ってきた。(古瀬)

(2) 研究の概要等

ア. 研究期間内で行う研究の概要

固体捕集-加熱脱着-GC/MS による低濃度分析を行う為には、ppm レベルの分析では問題とならないコンタミネーションや、低い脱着率が精度に大きく影響する可能性が高い。また、標準的な分析法を開発する場合に通常用いられる標準ガスを発生することに関しても、困難が予想されることから、次の項目についての検討を主として行う。

○固体捕集法の検討

1. 吸着剤ごとの、標準試料添加量と回収率の測定(1-3 年目:菅野・古瀬)
2. 分析の前処理方法とコンタミネーションに関する評価(1-2 年目:小野・萩原)
3. ある物質の分析法における固体捕集法の確立(2-3 年目:全員)

○標準ガス等の作成方法の検討(1-2 年目:菅野・古瀬・萩原)

現状の技術では精度が出ない可能性があるが、連続発生法による安定な標準ガス供給のための条件を検討する。不可能な場合には標準溶液を用いた代替法による標準的な脱着率試験法を検討する。

○確立した分析法に関する総合的な整理(3 年目:全員)

分析法が必要とされている物質(～5 種程度 1-クロロ-2-ニトロベンゼンや2, 4-ジクロロ-1-ニトロベンゼン等)の分析法の開発を行い、その手順をもとに固体捕集-加熱脱着-GC/MS 法により低濃度分析法を開発する際の留意点を整理する。

年度ごとの要求研究費(概算)

1 年目	25,000 千円
2 年目	3000 千円
3 年目	3000 千円

ルまでの感度を向上させることである。捕集、抽出、分析など、他の分野で確立されている技術は既に存在していると思われる。また機器自体についても既に開発されたものを利用するだけである。目的物質の選定も重要であるが、産業レベルで既に導入されていることから他省庁の研究機関、民間の研究機関でも既に開発されているものが多く、公定法定める意味しか見いだせない。この課題の問題点は、研究者あるいは研究グループの問題ではなく、行政間の連携を有効に進め重複する部分を如何に排除し研究を効率的に進めるか示されていない点は、改善の余地があろう。

(D委員) 研究計画に具体性がなく、どのような成果が得られるか不明確である。研究予算額の妥当性の根拠が不明確である。機器購入のための研究になっていないだろうか。

(E委員) 管理濃度が引き下げられるなど、低濃度でのリスク管理が求められるようになっていく中で、低濃度に対応した分析法の確立は今後ますます重要になってくる。この意味で、本プロジェクトの意義は高いと考える。固体捕集—加熱脱着法—GC/MS 法は室内環境における VOC の測定法として ISO や JIS 規格があるが、作業環境には使用されていないので、実用可能な方法の提案を期待したい。労働現場における測定であっても、法令に基づく作業環境測定の対象物質や対象作業場であれば、曝露測定を含めたリスク評価につながる方法を提示すればよいと考えるので、そのような観点から測定可能な条件を示してほしい。

(F委員) GC/MS の新規購入が必要かどうか、説明が不十分であった。

(G委員) 使用量、使用頻度、毒性の高い発癌物質についての優先度を配慮して研究を行って欲しい。

(H委員) 専門外の医学的分析手法の研究であるが、日本の死亡原因 TOP はガンであり、また今後も先端技術の発展に伴って発ガンに起因する物質も増加する可能性もあることから、研究成果につながるガン発症率低下に貢献していただきたい。日本がリードしている面が多いとの説明であり、大いに期待します。

(J委員) 研究計画が明瞭かつ整理されている。一年目の予算と二年目以降の差が大きい、研究計画との関連を明記されたい。

(K委員) 研究の目的が明確になっているので、研究成果に一定の期待が持てる。

(L委員) 目指している分析技術が信頼性が高く普及しやすい技術になるように期待したい。

(4) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究に関しまして貴重な御意見をありがとうございました。実用的な研究であるとの評価をいただき、技術を社会に普及する方向で研究を進めるようにとの御意見(A委員、E委員、H委員、K委員、L委員)に対応して参る所存でございます。いくつか御意見を頂戴しておりますので、その点につきまして説明させていただきます。

既存研究との重複があるのではないかと御指摘(C委員、E委員)につきましては、直接的に既存研究を利用するのは難しいことが多いのですが、既存研究のうち応用可能な部分は応用してまいります。本研究は個々の化合物への分析法を開発するばかりでなく、固体捕集剤の適否、脱着方法の適否などをより広い視点で網羅的に調査し、本研究で検討する物質以外にも分析手法開発時に参照可能な手順書を作成することを目標としておりますので、その際にも既存研究については詳細な検討を行い、活用を図ってまいります。

初年度と二年度目以降の予算額の違いにつきまして御指摘(D委員、F委員、J委員)がございました。本研究は加熱脱着—ガスクロマトグラフ/質量分析装置がなければできないものですが、当研究所には本研究に最適なガスクロマトグラフ—質量分析装置がありませんので、初年度に機器を購

入して研究を遂行致します。ただ、前述しました手順書作成に当たりましては既存の装置で対応可能な部分もありますので、新規に購入する装置ばかりでなく既存装置も活用して研究を進めてまいります。

化合物の選定および公定法としての整合性等に関する御意見(A委員、C委員、G委員、H委員)につきましては、厚生労働省を始め関係諸団体と十分に情報交換を行いつつ、研究を進めてまいります。

微粒子の測定に関する御意見(B委員)につきましては、本研究の範囲に含めるには難しい点がございますが、当研究所の他の研究における検討課題とさせていただきたいと存じます。

行政対応の研究で学術的意義を認めにくい、成果が不明確との御意見(C委員、D委員)につきましては、各化合物の分析法については論文化して発表し、適切に必要な分野における学術的価値を高め、全体の手順書については研究所のホームページでの公開を行う方向で検討致します。

1. 5 非電離放射線等による有害作業の抽出およびその評価とばく露防止に関する研究 (平成23年度～平成25年度)

(1) 研究の背景等

ア. 社会的背景・行政的要請

作業現場では、多くの作業者が非電離放射線へばく露されているが、体感として捕らえにくいいため、その管理が難しく、また、監督行政機関にとっても、その規制が難しい。一方、その特殊性のため、労働衛生関連研究機関においても、非電離放射線に関する本格的な調査・研究はあまり行なわれていない。

非電離放射線の労働衛生管理の基本となる許容基準については、発表されていないか、または、発表されていても不適切な場合が多い。したがって、非電離放射線の有害性の生物学的データを求め、これを基に許容基準を策定または再検討する必要がある。

近年、工業技術の発展に伴い、労働者がばく露される非電離放射線は、発生源が変化している。したがって、従来の発生源に加え、新しい発生源についてもその強度や性質などの調査を行う必要がある。

非電離放射線の労働衛生学的調査研究は、物理工学分野と生物医学分野の密接な連携が必要であり、大学などの通常の研究機関では、実施が困難である。また、この種の調査研究は、結果の解釈に公平さが要求されるため、特定の企業や大学ではなく、公的機関である当研究所が相応しいと考えられる。

イ. テーマに関連した研究の現状

<電磁場>

労働環境における電磁場ばく露に関しては、平成9年～14年度に厚生労働省の委託を受け当研究所と中央労働災害防止協会が大規模なばく露実態調査を行っているが、以後継続研究がなされていない。ばく露実態調査の継続は、年々変化する電磁場ばく露の実態(周波数や、ばく露強度)に対応し、危険作業の特定や防止にとって必要不可欠である。

電磁場の生体影響については、熱作用と誘導電流についてはよく調べられているが、それ以外の作用については、研究が進んでいない。

<有害光線>

急性障害である角結膜炎と皮膚炎に関する紫外放射による有害性については、多くの生物学的データが蓄積されており、これに基づいて評価方法が確立されている。しかし、作業現場における評価は、高度な知識と技術が必要であるため、実際には、あまり行なわれていない。白内障に関する赤外放射の有害性および光網膜症に関する可視光の有害性については、評価方法は発表されているが、不十分、不正確な生物学的データを元に決められており、再検討が必要である。遅発性障害である白内障、翼状片、皮膚がんに関する紫外放射の有害性、および、黄斑変性症に関する可視光の有害性については、生物学的基礎データがほとんどなく、評価方法自体が確立されていない。

ウ. 当該研究の基となる代表者及び共同研究者の主要な成果

【原著論文】

1. Tsutomu Okuno, Jun Ojima, Hiroyuki Saito (2010) Blue-light hazard from CO₂ arc welding

of mild steel, Ann. Occup. Hyg. 54, 293-298.

2. Masaki Tanito, Tsutomu Okuno, Yoshihisa Ishiba, Akihiro Ohira (2010) Transmission spectrums and retinal blue-light irradiance values of untinted and yellow-tinted intraocular lenses, J. Cataract Refract. Surg. 36, 299-307.
3. Masaki Sekino, Hiroyuki Ohsaki, Sachiko Yamaguchi-Sekino, Norio Iriguchi, Shoogo Ueno (2009) Low-frequency conductivity tensor of rat brain tissues inferred from diffusion MRI. Bioelectromagnetics, vol. 30, pp. 489-499.
4. Masaki Sekino, Hiroyuki Ohsaki, Sachiko Yamaguchi-Sekino, and Shoogo Ueno. (2009) Toward detection of transient changes in magnetic resonance signal intensity arising from neuronal electrical activities," IEEE Transactions on Magnetics vol. 45, pp. 4841-4844.
5. Sachiko Yamaguchi-Sekino, Masaki Sekino, Hozumi Tatsuoka, Hiroyuki Ohsaki, Yusuke Abe, Shoogo Ueno. (2008) Discriminative Detection of Extracellular and Intracellular Sodiments in Nerve Fibers by Magnetic Resonance Spectroscopy. IEEE Trans. Magn. Vol. 44, pp. 4500-4502.
6. Tsutomu Okuno (2008) Hazards of solar blue light, Appl Opt 47(16), 2988-2992.
7. 奥野 勉 (2009) 金属製フレーム保護めがねからのニッケルの溶出, 労働安全衛生研究 2(1), 11-18.
8. 奥野 勉 (2009) 保護めがねなどの個人用眼保護具に対する光拡散の試験方法について, セイフティダイジェスト 55, 9, 2-6.

【総説】英文 1 件、和文 3 件

【著書(分担)】和文 3 件

(2) 研究の概要等

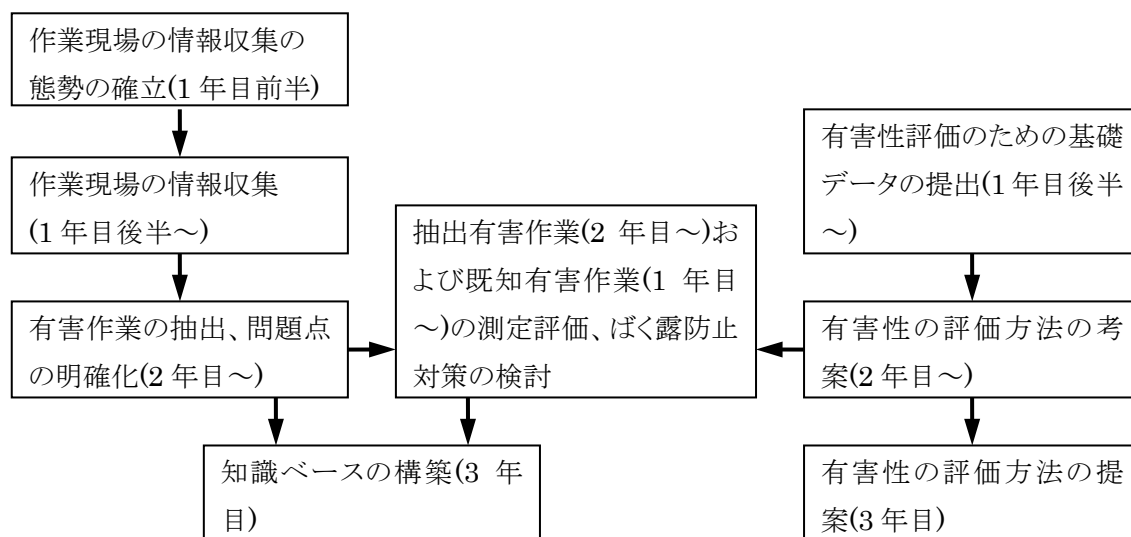
ア. 研究期間内で行う研究の概要

- 非電離放射線の労働衛生に関して、本省、労働局、労基署からの相談、関係諸団体、企業の安全衛生担当者、一般から問合せなどを集約する態勢を整える。(担当者全員、1 年目前半)
- 相談、問合せなどの内容から、非電離放射線による有害作業の抽出し、その問題点を明らかにする。(担当者全員、1 年目後半以降)
- 抽出した有害作業および既知の有害作業について、有害性の測定・評価を行い、ばく露の防止について検討する。(担当者全員、抽出有害作業は 2 年目以降、既知有害作業は 1 年目後半以降)
- 有害性の評価方法が確立されていない非電離放射線について、有害性の評価のための基礎となる閾値などのデータを、動物実験、培養細胞実験、数値シミュレーションなどによって求める。(担当者全員、1 年目後半以降)
- 有害性の評価方法を考案し、有害作業の評価に実際に適用する。内外の公的機関に対して、これを提案する。(担当者全員、3 年目)

年度ごとの要求研究費(概算)

1 年目	14,000	千円
2 年目	10,000	千円

【研究期間全体を通してのフローチャート】



イ. 研究期間内で行う研究の概要

非電離放射線による有害作業について、その種類、有害性の程度、具体的な問題点、ばく露防止対策などについての知見を蓄積することができる。これに基づき、社会的行政的問題が発生した場合、および、本省、労働局、労基署からの相談、関係諸団体、企業の安全衛生担当者、一般から問合せなどがあつた場合に、迅速、的確に対応することにより、行政および社会に対して貢献できると考えられる。

以下に、許容基準などに関して期待されるアウトプットを示す。

<電磁場>

電磁場ばく露に関しては、欧州では労働者への電磁場ばく露に関する指令 (Directive 2004/40/EC) が採択されたことを契機に、職域での電磁場ばく露の大規模実態調査が行われており、これらの結果は電磁場ばく露の国際的ガイドライン (ICNIRP ガイドライン: 国際非電離放射線防護委員会) にも大きく影響を与えている。ガイドラインの改定は将来的にも繰り返される見込みであり、従つて本研究で行われる電磁場ばく露調査や防止策の提言は、新ガイドライン改定時に寄与できると考えられる。

<有害光線>

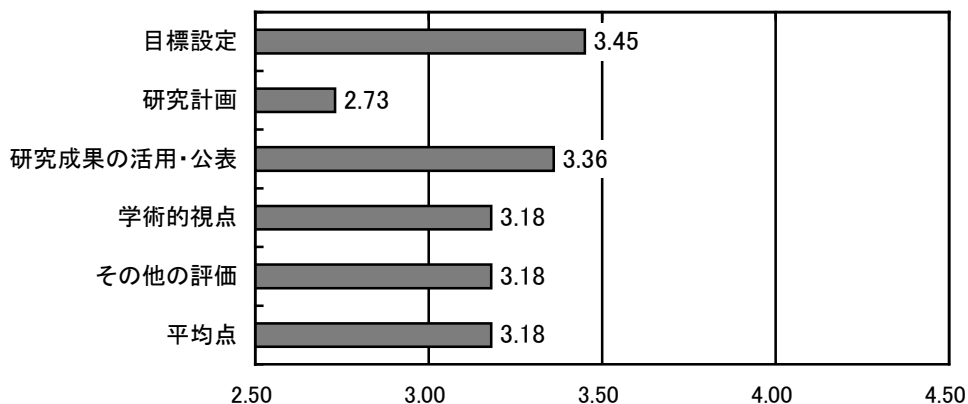
白内障に関する赤外放射の現在の許容基準 (ACGIH、ICNIRP) は、不十分、不正確な生物学的データを元に決められており、再検討を行なう必要がある。また、これらの基準は、基本的に、ガラス作業、金属作業などの従来の作業を対象としており、近年、作業現場における使用が増加している赤外域の LED、レーザーに適用することは困難である。現在、国際照明委員会は、技術委員会 TC6-49 Infrared Cataract を設置し、赤外放射の有害性に関する調査と、これに基づく新しい許容基準の策定を進めている。担当者は、本委員会の委員長であり、本研究の結果は、直接、赤外放射の許容基準の策定に反映させることができる。

また、担当者は、日本産業衛生学会許容濃度等委員会の有害光線の担当者であり、遅発性障害に関する紫外放射、白内障に関する赤外放射、網膜障害に関する青光などの許容基準の策定に寄

与できる可能性がある。

(3) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

- (A委員) 既存の類似研究をできる限り参照し、効率的な研究推進を図って欲しい。
- (B委員) 多様な成果を目指しており焦点が絞れていない。その為、何れもが中途半端になるきらいがあるので焦点を絞りこんでほしい。
- (C委員) 研究テーマの範囲が広く、目標が総花的になっており、具体的成果が得られるかどうか不明である。これだけの研究を実施できる人員体制、他機関とのネットワークがあるかどうか不安である。計上されている予算の根拠が不明確である。
- (D委員) 非電離放射線については、米国 ACGIH の勧告値はあるが、わが国では許容基準が勧告されているものは少ないので、ハザード調査、曝露調査を行い、許容基準の基本データを得ること、また、リスク評価の方法を確立することは重要である。その意味で、本研究の意義は高いと考える。ただし、本研究で、様々な作業における非電離放射線への曝露の実態を調査することは可能と考えるが、有害性評価については、3年間で、動物実験を含め、非電離放射線全般の有害性を評価することは難しいのではないかと考える。実験としてはある程度絞ったほうが成果が得られやすいと考える。
- (E委員) 疫学調査の視点が欠落している。ラボでの実験だけで、適切な有害性評価法の知見が得られるとは思えない。
- (F委員) 電磁場の生体影響についての疫学調査を、使用機器、職種別についても実施されることを提案する。
- (G委員) 作業環境の変化に伴い、認知されにくい危険源への対応に関する研究であり、重要なテーマであると考え。有益な成果を達成し、国内外へ有益な評価方法として発信していただきたい。ただ、非電離放射線といっても非常に範囲が広く、有効にまとめていくのは難しいのではないかと感じる。もう少し課題内容を絞る方がよいのでは。
- (I委員) 研究計画が少し抽象的である。もう少し具体的に何をどこまで明らかにするかを検討する必要がある。他の研究機関で行われている研究をもっと積極的に参考にしてはどうか。
- (J委員) 静電磁場から UV までのあらゆる場が生物に与える影響を評価し、対策を検討しようとしている。これほどの広い範囲の研究には、多数の研究者と長い研究期間が必要と考えられる。研究の焦点

を絞り、目的を明確にする必要がある。

(K委員) 研究期間は短めの3年間であり、有害性を詳しく調べる対象の波長域を研究の進展の中である程度絞り込むほうがより発展性の高い研究になると思われる。

(L委員) 社会のニーズを捉えた研究であるが、ターゲットをもう少し絞り込まないと3年でまとめるのは難しいのではないかと。

(4) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

貴重な御指摘をいただきましてありがとうございます。

多くの委員からのご指摘のとおり、研究内容が広範すぎますので、基本的に、電磁場と有害光線に対象を絞り、その中間領域については、社会的に問題になった場合(その可能性は十分あると思われる)にのみ、対応していきたいと思っております。また、電磁場と有害光線の研究の中でも、社会的に緊急性の高い作業者の電磁場ばく露の調査研究と赤外放射のハザードの研究を優先的に進めていきたいと思っております。

C委員、D委員からのご指摘についてですが、ハザードの実験的研究は、当方の研究所を中心として数か所の大学と共同で行う予定ですので、ある程度の成果が得られると考えております。特に、それぞれの有害光線(赤外放射、可視光、紫外放射)については、最近、実験モデルを確立することができましたので、これを用いて、許容基準などの基礎となるハザードのデータを提出する予定です。

また、E委員、F委員のご指摘に従って、作業現場における健康調査も行いたいと思っております。医療現場において、ばく露調査と平行して、アンケート又はインタビューなどによる調査を行なうことを新たに計画しました。さらに、ほかの現場についても同様に実施したいと考えております。

疫学調査の視点が欠落しているというE委員の御指摘についてですが、一般に、非電離放射線などの物理因子の有害性の評価方法は、振動数などの変数を考慮する必要がありまして、非常に複雑です。このため、疫学調査から、有害性の評価法に関する知見を得るのは、非常に難しいのが実情ですので、今後の検討課題とさせていただければと考えております。

2 継続課題

2.1 第三次産業で使用される機械設備の基本安全技術に関する研究

(平成20年度～平成24年度)

(1) 研究の概要等

ア. 背景(行政的・社会的ニーズなど)

第三次産業で発生する労働災害は、平成11年で全労働災害の28.5%であったものが平成16年には34.6%と増大傾向にある。特に、機械設備による死亡災害は、ゴミ収集車で21件、フォークリフトで17件、ドラグショベルで16件、移動式クレーンで15件、混合機・粉砕機で12件、リフトで10件、コンベアで8件、エレベータで7件、立体駐車場で6件、梱包プレスで6件など、廃棄物処理機械や昇降・搬送用機械で多発している(平成11～15年)。

また、休業4日以上災害では、食品機械で230件、フォークリフトで113件、ゴミ収集車で79件、コンベアで72件、ゴルフ場機械で62件と多い(平成18年)。

一方、最近では、介護労働や警備業などへのサービスロボットの導入も見込まれる。

イ. 目的

第三次産業で使用される機械設備を対象に基本安全技術の構築を試みる。具体的には、①第三次産業で災害が多発しているサービス業務の災害防止対策の解明、②廃棄物処理機械及び③昇降・搬送用機械を対象とした基本安全技術の検討を目的とする。併せて、NEDOからの受諾研究である「生活支援ロボット(サービスロボット)の安全性検証手法の研究開発」(平成21～25年度)や行政支援研究「食品機械の労働災害分析と保護方策の検討」(平成21～23年度)との一体的実施によって、第11次労働災害防止計画の重点である第三次産業の労働災害防止に資する。

ウ. 方法

第三次産業で使用している機械設備の労働災害を分析した結果、死亡災害が多発しているのは廃棄物処理機械と昇降・搬送機械であった。このうち、前者は広大で死角が多く、かつ複数作業員間の連携が不適切であるために、後者はインタロックが不具合であるために災害が多発していると推察された(平成20～21年度)。そこで、混合機、粉砕機、梱包プレス、コンベア等が統合した大型の廃棄物処理設備(広大で死角が多く、かつ複数作業員間の連携が問題)を想定し、最新の光電子技術、識別技術、遠隔通信技術、ICT支援技術などを活用した安全システムの構築を進めている(平成21～23年度)。また、昇降・搬送用機械で特に災害の多いフォークリフト、エレベータ、リフト、立体駐車場などを対象に、最新の人間機械協調技術の観点から安全確認形インタロックの高度化を図る(平成22～24年度)。

以上の結果を基に、設備対策を重視した「第三次産業で使用される機械設備を対象とした保護方策に関する手引き」(仮称)を作成するとともに、この手引きに基づいて作業性や経済性も考慮した保護方策を提案できる支援システムの構築も検討する(平成22～24年度)。

エ. 研究の特色・独創性

第三次産業で使用されている機械設備を対象に、労働災害の原因を定量的に究明し、人の注意力に依存しない保護方策を総合的に提案するのは本研究が初めてである。また、本研究では、各種

の先端技術(サービスロボット、人間機械協調、光電子、RFID、遠隔通信、ICT など)を活用することで、従来にない新しい方式の保護方策を提案する。さらに、本研究では、人間機械系のシミュレーションソフトウェアである IGRIP/ERGO やタグチメソッドなどの定量的解析手法を利用して、安全性だけでなく作業性や経済性なども考慮した適切な保護方策を提供できる手法の構築を進める。

年度ごとの要求研究費(概算)

<u>1年目(H20年度)</u>	<u>11,000</u>	<u>千円</u>
<u>2年目(H21年度)</u>	<u>22,000</u>	<u>千円</u>
<u>3年目(H22年度)</u>	<u>14,500</u>	<u>千円</u>
<u>4年目(H23年度)</u>	<u>.....</u>	<u>千円</u>

(2) 研究成果等

ア. 研究結果

<サービス業務の災害防止対策の解明(平成 20～21 年度)(濱島・梅崎)>

第三次産業で発生した機械設備による労働災害(死亡 436 件、休業4日以上災害 2,854 件、重大災害 384 件)を対象に分析を実施し、典型的な災害事例を抽出するとともに、保護方策のあり方をまとめた。また、欧州における最新の機械安全技術の調査や現場調査などを平行して進め、ベストプラクティスの観点から第三次産業における今後の災害防止戦略を検討した。

<廃棄物処理機械を対象とした基本安全技術の検討(平成 21～23 年度)(清水・濱島・梅崎)>

大型の廃棄物処理機械の広大領域内に作業者が進入することを想定し、当該作業者の位置検出(レーザー又は画像処理によるパターンマッチング)や存在検出(RFID)を実現する基盤技術の有効性を実験的に検証する。具体的には、当該システムを大手メーカーのラインに導入し、その実証試験を行う(12 月に実施)。また、当該設備を対象に、人間機械系のシミュレーションソフトウェアである IGRIP/ERGO や作業者動線解析などの定量的解析手法を利用して、安全性だけでなく作業性や経済性なども考慮した適切な保護方策を提供できる手法の構築を進めている。

<昇降・搬送機械を対象とした基本安全技術の検討(平成 22～24 年度)(岡部・呂・池田・齋藤)>

フォークによる挟まれ災害を防止するために、安全確認形インタロックである着座センサーの有効性などを評価する研究を進めている。平成 22 年度から開始し、かつ担当者の多くが NEDO のサービスロボットの受諾研究に従事しているため、進捗は芳しくない。

<技術基準等の策定(平成 22～24 年度)(梅崎・濱島)>

「第三次産業で使用される機械設備を対象とした保護方策に関する手引き」(仮称)で記載すべき項目を固めた。また、この手引きに基づいて作業性や経済性も考慮した適切な保護方策を提案できる支援システムを検討している。

イ. 研究業績・成果物

- 1) 原著論文(機械学会(2), 労働科学(1), 労働安全衛生研究(2), 土木学会(3)) 計 8 編
- 2) 総説(精密工学会) 1件

- 3) 解説記事(労働安全衛生広報(2), 実務&展望(1), 電気評論(2), 標準化と品質管理(1), ビルクリーニング(1), クレーン(1)) 8 件
- 4) 学会発表(SIAS(2), SICE(1), 機械学会(1), 産業衛生学会(1), 安全工学シンポ(4)) 9 件
- 5) 講演等(当所重点シンポ(2), 日機連(1), 四国電事連(1)) 4 件
- 6) 報告書(欧州機械安全(1), NECA(2)) 3 件

ウ. 次年度の研究計画

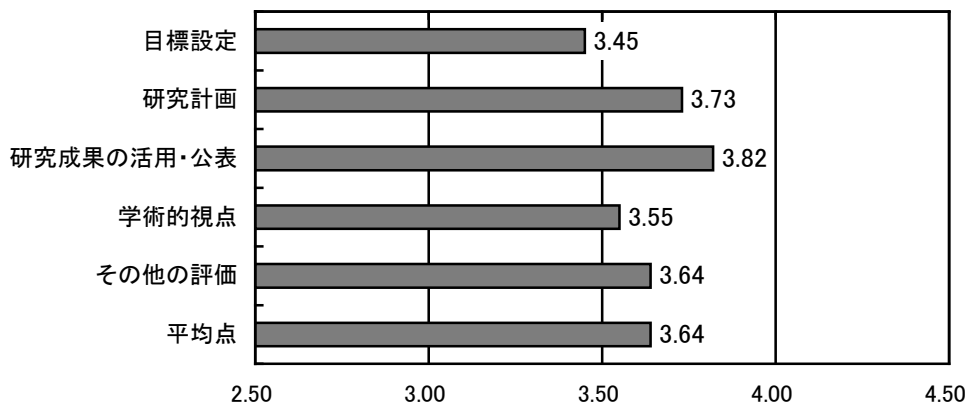
- 1) 廃棄物処理機械を対象とした基本安全技術の検討(清水、濱島、梅崎)
 大手メーカーでの実証試験結果を基に、当該システムの改良と高度化を図る。また、大型の廃棄物処理機械のモデルを対象に、人間機械系のシミュレーションソフトウェアである IGRIP/ERGO や作業者動線解析などの定量的解析手法を利用して、安全性だけでなく作業性や経済性なども考慮した適切な保護方策を提供できる手法を検討する。
- 2) 昇降・搬送機械を対象とした基本安全技術の検討(岡部、呂、池田、齋藤)
 挟まれ災害の防止措置として安全確認形インタロックである着座センサーの有効性を評価する研究を進める。また、転倒・転落事故から運転者の死傷リスクを軽減するためのキャビンガード方法や、周辺作業員被害の多い激突と巻き込まれ事故を防止するための環境監視センサーの開発を行う。
- 3) 技術基準等の策定(梅崎、濱島)
 「第三次産業で使用される機械設備を対象とした保護方策に関する手引き」(仮称)の素案を作成する。また、この手引きに基づいて作業性や経済性も考慮した適切な保護方策を提案できる支援システムを検討する。

エ. 成果の公表目標

- 1) 学会発表
 機械学会や安全工学シンポジウムなどを中心に、4件程度を実施する(現在～23 年度末まで)。
- 2) 論文投稿
 機械学会などを中心に6件程度を投稿する(現在～23 年度末まで)。

(3) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

- (A委員) NEDOからの外部資金の導入など、成果をあげている。成果の情報発信については、是非特許など具体的な成果に還元してほしい。
- (B委員) 重要な研究テーマである。着実に研究が進展しており、成果が公表されている。
- (C委員) 第3次産業にもロボットなど様々な機械設備が入ってきており、それによるリスクを削減することは重要である。本研究は5年計画の3年目であり、論文や学会発表など成果も上がっている。アウトプットとして、web上で利用できるようにすることで、より良いものになるように今後検討していただきたい。また、途中から NEDO 等の研究が組み込まれているという説明があったが、当初の研究計画に大きな変更があったのかがよくわからない。
- (D委員) サブテーマ間の関連が不明である。課題4のみでもよかったのではないか。
- (E委員) 現場の普及活動に役立つ情報提供を積極的に行って欲しい。
- (F委員) 第3次産業での事故分析や、それに対する技術対策は極めて重要なテーマである。また、今後益々作業効率UPの為、ロボット等の機械と人間の共存化が必要とされるが、安全・安心社会確立のためには、本研究が非常に有益になると考えられる。有効な手法を確立し、世界に向けて成果を発信願いたい。安全技術の国際会議 SIAS2010 での労安衛研からの発表や研究内容は、海外の安全技術専門家からも評価が高く、なお一層産業界との連携も進めていただきたい。
- (H委員) 第三次産業で使用されている機械設備による労働災害の原因を定量的に明らかにし、さらに、そうした機械設備から労働者を守るための保護方策を総合的に提案している。今後、益々重要性を増す研究内容であり、成果も順調に挙げている。
- (I委員) 第三次産業に関わるすべての機械を対象に研究が行われている。したがって、本研究の目的が曖昧であり、まとまった結論が得られないことが懸念される。研究の目的を明確にし、実施計画を再検討する必要がある。
- (J委員) 最近のすぐれた各種技術、手法を有効に活用または発展させることにより第三次産業で直面している機械設備の安全性の向上を網羅的に図る意欲的な試みである。膨大な開発項目が含まれるのでその遂行はたいへんと思われるが、個々の開発をていねいに進めていただきたい。
- (K委員) NEDOの受託研究によって、生活支援ロボット研究にほとんどの人員を割いたと報告されたが、途中段階であるので、この時点で当初計画を見直し、生活支援ロボット研究に重点を絞った方が良いのではないかと？当初の4課題は、それぞれが独立のテーマとしても良い内容で、残された時間を考えると重点化していかないと難しいのではないかと？
- (L委員) ヒューマンファクターとして過去に行われた類似研究をできる限り参照して、効率的な研究推進に努めて欲しい。対象によっては、社会的に非常に関心の高い事故を扱うこともあると思われるので、情報発信を的確に行って欲しい。

(4) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究に関して適切な御指導を賜り、厚く御礼申し上げます。評価の結果、本研究の重要性と適切な進捗に関する肯定的評価(A委員、B委員、E委員、F委員、H委員、J委員)を多くの先生方から頂いたことを大変心強く感じております。また、成果の積極的な公表を求める御意見も多く(A委員、E委員、F委員、L委員、C委員)、今後は論文等だけでなくWEB公開(C委員)、国際規格提案(F委員)、特許出願(A委員)なども併せて進めて行きたいと考えております。さらに、産業界との連携(F委員)も積極的に進めてまいります。

一方で、本研究の課題が多過ぎるので重点化を図った方が良いのではないか(I委員、K委員)との御指摘も頂きました。この点については、保護方策を実験的に検討する機種を各課題で重点化する(たとえば、昇降・搬送機械ではフォークリフトとエレベータの2機種に対象を限定)などの方策を進めて行きます。また、過去に行われた類似研究を参照し、効率的な研究推進に努めるべきとの御意見(L委員)も頂きました。この点については、研究開始の段階で十分検討したところですが、その後数年が経過しているため、今一度他の研究の動向を確認しておきたいと考えております。

3 終了課題

3.1 高圧設備の長期使用に対応した疲労強度評価手法に関する研究

(平成19年度～平成21年度)

(1) 研究概要

高度経済成長期に製造された圧力設備をはじめとする産業機器には依然として使用可能なものも多いが、長期間の使用によって疲労破壊の危険性は高まっていると考えられる。しかし、従来の疲労強度設計は長期間使用を前提とした疲労強度データに基づいていないため、これらの機器の安全性を十分に評価することができないという問題があった。本研究では産業機器に使用される各種鉄鋼材料の長期間使用に対応した疲労強度データを取得するとともに、溶接継手の疲労強度向上手法などについても検討し、産業機器の安全な長期間使用に資することを目的とする。

ア. 産業機器の長期使用と疲労強度上の問題点

わが国では経済の低成長化に伴い、各種産業機器に対して設計寿命を超えて使用したいという要求が産業界において高まっている。しかし、長期間の使用によって機器に負荷される荷重の回数は増大することになるため、寿命延伸によって疲労破壊の危険性は高まることになる。

一般に、鋼構造物の疲労破壊を防止するためには、材料の疲労試験を行って図1に示すようなS-N線図と呼ばれる疲労設計線図を求め、設計時に想定した荷重繰返し数に対して破壊が生じないようにする。しかし、疲労強度設計に使用されている疲労設計線図(S-N線図)は荷重繰返し数 10^7 回程度までのデータで作成されており、長期間使用を前提としたものになっていない。

一方、近年の研究によれば、工具鋼や低合金鋼などの高強度鋼では、荷重繰返し数 10^7 回程度以上の長寿命領域で疲労強度が低下し、疲労限以下の応力振幅であっても疲労破壊が生じる恐れのあることが明らかになっている。従って、労働者の安全を確保しつつ、機器の寿命延伸を可能にするためには、長期間使用に対応した材料の疲労強度特性を明らかにする必要がある。また、疲労破壊が最も問題となる溶接部については、継手形式に応じた疲労強度評価に加えて、疲労強度を向上させる手法の開発が望まれる。

さらに、実際に疲労破壊事故が発生した場合には、事故原因の究明が必要となる。この場合には、材料の破断面の様相から負荷された荷重の大きさや繰返し数を推定することができれば、実際に負荷されていた荷重を推定できるため、同種災害の再発防止に寄与することができる。

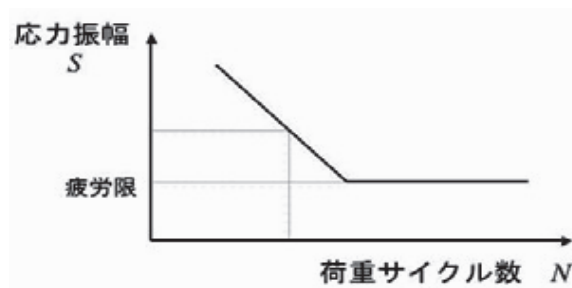


図1 SN線図の一例

イ. 研究の全体像

本研究では、まず、高圧設備をはじめとする各種産業機器で使用される鉄鋼材料の母材および溶接部について、長寿命領域(荷重繰返し数 10^7 回以上)の疲労設計線図(S-N 線図)を取得する。

また、高圧設備やクレーンなど大型の構造物や機械では、溶接が多用されているが、溶接部の長期間使用に対する強度(疲労強度)は、使用する材料の強度にあまり影響されない。このため、高強度な材料の長所を生かしきれていない。そこで、各種産業機器で使用される溶接継手の疲労強度を向上させ、高強度材料を長期間にわたって安全に使用するための手法を開発する。

さらに、長期間使用した産業機器が疲労破壊して災害が発生した場合に、破断面の模様からその部材に負荷された応力の大きさを推定するための手法を開発し、災害調査に資することも目的とする。

上記を可能にするため、本研究は3つのサブテーマに分けて実施する。以下、それぞれのサブテーマの概要について述べる。

①鉄鋼材料の長寿命疲労強度評価

通常電気油圧サーボ疲労試験機(最大加振周波 20Hz 程度)に加え、超音波疲労試験機(加振周波数 20kHz)や回転曲げ疲労試験機(最大加振周波数 60Hz、図 2 参照)を使用して、高圧設備をはじめとする各種産業機器で使用される鉄鋼材料素材(母材)の疲労試験を行い、荷重繰返し数 10^7 回~ 10^9 回程度までの疲労強度データを取得する。また、長寿命領域での疲労破壊機構についても検討する。

②溶接継手の長寿命疲労特性の評価

各種産業機器で使用される鉄鋼材料を用いて溶接継手を模擬した試験片を作製し、疲労強度特性を明らかにする。疲労試験には電気油圧サーボ疲労試験機(図 3 参照)を使用する。

また、溶接継手の疲労強度を向上させる手法として、超音波処理(UIT; Ultrasonic Impact Treatment)に着目し、その有効性について検討する。

③鉄鋼材料の長寿命領域疲労破面の定量評価

疲労破面には繰返し応力の影響で図 4 に示すような縞模様(ストライエーション)が観察される。これをストライエーションという。ストライエーションの幅はおおよそ $0.1\mu\text{m}$ ~数 μm であり、形状は1方向の波のような形状をしている。高さは幅の 30~40%程度であるため、 $1\mu\text{m}$ 以下である。

これまでの研究により、ストライエーションの幅は応力振幅と関係があり、高さは大小の比(応力比)と関係があることが知られている。従って、ストライエーションの幅と高さに相当する量が得られれば、応力が推定できることになる。高さや幅を計測するためには、疲労破面の三次元形状を計測する必要があるが、本研究ではレーザー顕微鏡の三次元計測機能を使用することを試みた。

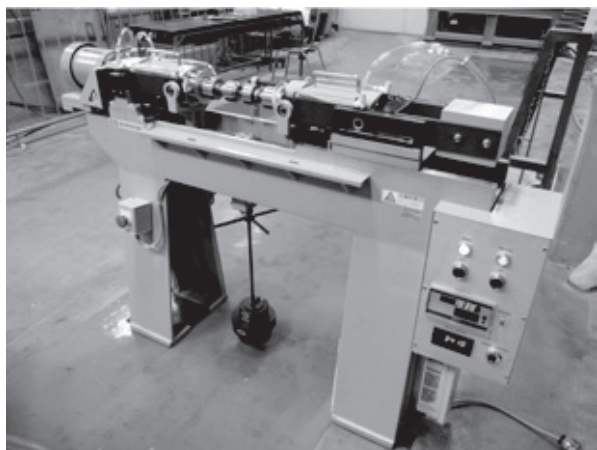


図 2 回転曲げ疲労試験機



図 3 油圧サーボ疲労試験機 (容量 1500kN)

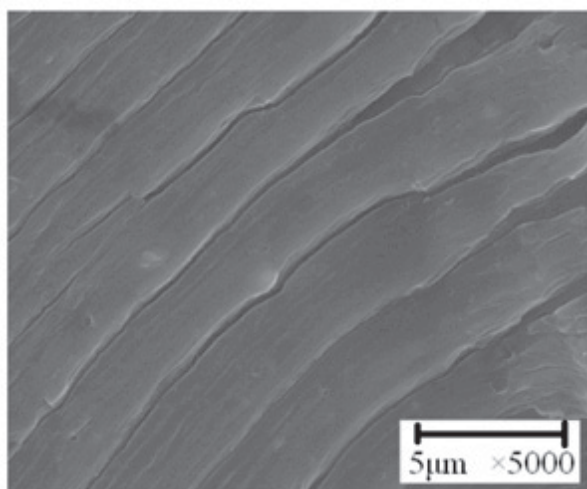


図 4 ストライエーションの例

ウ. 今後の展開

本研究では時間、予算の制約から一部の鉄鋼材料、継手形式の疲労強度データしか得られなかった。今後も、さらに強度の高い高張力鋼等について、長寿命領域での疲労強度、破壊メカニズムを明らかにすることにより、産業機器の安全な寿命延伸に寄与していきたいと考えている。

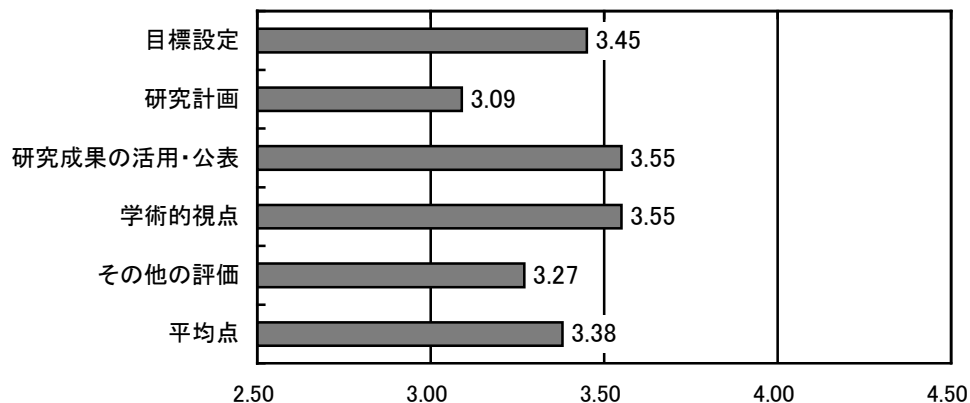
エ. 研究業績リスト

平成 22 年度(2010 年)		
1	国内外の研究集会発表	Y. Togasaki, T. Honda, T. Sasaki, A. Yamaguchi (2010) Effect of Ultrasonic Impact Treatment on Fatigue Life in Butt Welded Joints of Austenitic Stainless Steel. ASME Pressure Vessels & Piping Conference, Bellevue, WA, U.S.A., CD-ROM.
2	国内外の研究集会発表	宮本昌幸, 辻 裕一, 山際謙太, 佐々木哲也 (2010)アルミニウム合金疲労破面に観察されるストライエーションの三次元定量解析. 日本機械学会 M&M2010 材料力学カンファレンス, 長岡市, CD-ROM.
3	国内外の研究集会発表	戸ヶ崎祐, 辻 裕一, 本田 尚, 山口篤志(2009)UIT 高張力鋼溶接継手の疲労強度改善. 日本機械学会 M&M2010 材料力学カンファレンス, 長岡市, CD-ROM.
4	国内外規格等	佐々木哲也ほか(2010)移動式クレーン構造部分に使用する鋼材の基準. 日本クレーン協会技術仕様書, JCA TS 2103-2010.

5	国内外規格等	佐々木哲也ほか(2010)クレーン等のリスクアセスメント. 日本クレーン協会規格, JCAS 0001-2010.
平成 21 年度(2009 年)		
1	原著論文	Kenta Yamagiwa, David W Hoepfner(2009)In-situ fatigue test of A36 steel. 12th International.
2	原著論文	Honda,T, Sasaki,T, Yamaguchi,A.(2010)Effect of UIT on Fatigue Life in Web-Gusset Welded.
3	原著論文	最上雄一, 佐々木哲也, 泉 聡志, 酒井信介(2009)破壊評価線図を用いた構造健全性評価における部分安全係数の感度解析. 日本機械学会論文集 A 編, 第 75 巻, 756 号, p.1112-1117.
4	国内外の研究集会発表	坂本国雄, 辻 裕一, 佐々木哲也, 本田尚(2009)600MPa 級高張力鋼の超長寿命疲労特性. 日本機械学会 M&M2009 材料力学カンファレンス, 札幌市, CD-ROM.
5	国内外の研究集会発表	戸ヶ崎祐, 辻 裕一, 本田 尚, 佐々木哲也(2009)面外ガセット溶接継手の疲労寿命に及ぼす超音波衝撃処理の影響. 日本機械学会 M&M2009 材料力学カンファレンス, 札幌市, CD-ROM.
6	国内外の研究集会発表	宮本昌幸, 辻 裕一, 佐々木哲也, 本田 尚, 山際謙太(2009)レーザ顕微鏡を用いたアルミニウム合金疲労破面の三次元定量解析. 日本機械学会 M&M2009 材料力学カンファレンス, 札幌市, CD-ROM.
7	国内外の研究集会発表	戸ヶ崎祐, 辻 裕一, 本田 尚, 山口篤志(2009)UIT による面外ガセット溶接継手の疲労寿命向上. 溶接構造シンポジウム講演論文集, p.451-454.
8	国内外の研究集会発表	山際謙太, 宮本昌幸(2009)レーザ顕微鏡を用いた疲労破断面の三次元形状の解析例. 日本材料学会フラクトグラフィ部門委員会, 東京.
9	国内外の研究集会発表	佐々木哲也(2010)クレーンのリスクアセスメント. 日本高圧力技術協会 RBM 専門研究委員会 .
10	国内外規格等	佐々木哲也ほか(2010)移動式クレーン構造部分の許容応力及び破壊靱性要求の基準. 日本クレーン協会技術仕様書, JCATS 2101-2009.
11	国内外規格等	佐々木哲也ほか(2010)移動式クレーン構造部分の溶接継手の許容応力基準 . 日本クレーン協会技術仕様書, JCATS 2102-2009.
平成 20 年度(2008 年)		
1	国内外の研究集会発表	Kenta Yamagiwa, David W Hoepfner(2009)Fundamentals of 3D-EBSD Method, HOLSIP09, Utah, U.S.A..
2	国内外の研究集会発表	戸ヶ崎祐, 辻 裕一, 本田 尚, 佐々木哲也(2008)SUS304 突合せ溶接継手の疲労寿命に及ぼす超音波衝撃処理の影響. 日本機械学会 M&M2008 材料力学カンファレンス, 草津市, CD-ROM.
3	国内外の研究集会発表	坂本国雄, 辻 裕一, 佐々木哲也, 本田 尚(2008)SNC631 鋼の超長寿命疲労特性評価. 日本機械学会 M&M2008 材料力学カンファレンス, 草津市, CD-ROM.
4	国内外の研究集会発表	佐々木哲也(2008)モンテカルロシミュレーションによる設計点の近似評価法. 日本機械学会 M&M2008 材料力学カンファレンス, 草津市, CD-ROM.
5	国内外の研究集会発表	最上雄一, 酒井信介, 佐々木哲也(2008)部分安全係数法を用いた構造健全性評価. 日本機械学会 M&M2008 材料力学カンファレンス, 草津市, CD-ROM.
6	国内外の研究集会発表	山際謙太, David W Hoepfner(2008)A36 鋼の in-situ 疲労試験. 第 4 回マイクロマテリアルシンポジウム.
7	その他(表彰 / 報道等)	佐々木哲也(2008)科学技術振興賞「リスクベース工学の基礎から応用まで」, 日本高圧力技術協会.
平成 19 年度(2007 年)		
1	原著論文	本田 尚, 佐々木哲也, 山口篤志, 吉久悦二(2007)赤外線法による溶接止端に発生する疲労き裂の検出と応力拡大係数範囲の評価. 日本機械学会論文集 (A 編), 73-735, p.1280-1287.
2	総説ほか	佐々木哲也(2007)破損確率評価技術. 圧力技術, 45-2, p.18-27.
3	総説ほか	本田 尚(2007)機械・構造物の経年劣化と非破壊検査. 日本信頼性学会誌, 29-6, p.350-357.
4	国内外の研究集会発表	佐々木哲也(2007)国際安全規格による機械設備のリスク評価手法と関連研究の紹介. 日本鉄鋼協会・第 76 回技術部会.
5	国内外の研究集会発表	本田 尚(2007)ホイスト用リンクチェーンの破断事故解析. 日本材料学会第 50 回強度設計・安全性評価部門委員会.
6	その他の専門家向け出版物	本田 尚(2007)「金属疲労」とはき裂の現象. 労基旬報, 第 1349 号.
7	その他の専門家向け出版物	本田 尚(2007)経年機とつきあう方法(維持・管理). 労基旬報, 第 1352 号 .

(2) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

- (B委員) 高張力鋼の疲労特性について調べたもので、高圧設備等に使用されている材料の安全性を調べるうえで有用な知見が得られたと考えられる。本試験で用いた材料以外にも多くの材料があるが、未知の材料について、試験をしなくても、物理化学的性状からシミュレーション等である程度結果を予測できる可能な方法も検討できないか。
- (C委員) 「高圧設備の疲労」という研究計画からいえば、実際に行ったこととのかい離が大きいのではないか。
- (D委員) 現場での疲労強度評価に汎用できる情報提供を発信して欲しい。
- (E委員) 地味ではあるが、鉄鋼材料の基本性能を確認する重要な研究と考える。今後は、日本の得意分野である、新素材の寿命曲線も平行して研究することで、新素材の有効性確認にもつなげていただきたい。
- (G 委員) 高張力鋼等の長寿命領域での疲労強度、破壊メカニズムの解明など、経済の低成長時代の産業界に貴重な研究であり、新規性の高い成果も得られている。
- (H委員) 複数の異なった研究を行い、これらの成果を集約して一つの報告としている。したがって、この研究の真の目的や成果が曖昧になっている。
- (I委員) 最近のすぐれた各種技術、手法を有効に活用または発展させることにより第三次産業で直面している機械設備の安全性の向上を網羅的に図る意欲的な試みである。膨大な開発項目が含まれるのでその遂行はたいへんと思われるが、個々の開発をていねいに進めていただきたい。
- (J委員) 研究者が総括しているように、一部の鉄鋼材料、継ぎ手形式の疲労強度データにとどまっており、当初の研究計画との関連で、予算を含めて見直す必要がある。長寿命領域での疲労設計に絞って展開すれば、ニーズが大きく、学術的貢献も期待できたとと思う。
- (K委員) 長寿命疲労時の内部破壊起点で何が起きているのか、研究終了後も現象解明の努力を続けて欲しいと思う。そのことが長寿命疲労破壊事故の低減に繋げうる成果と考える。
- (L委員) どの様に役に立つのかよくわからなかった。

(3) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究に関してご指摘いただきましてありがとうございます。基本的には、「高圧設備等に使用されている材料の安全性を調べるうえで有用な知見が得られたと考えられる。(B委員)」、「地味ではあるが、鉄鋼材料の基本性能を確認する重要な研究と考える。(E委員)」、「経済の低成長時代の産業界に貴重な研究であり、新規性の高い成果も得られている(G委員)」、「第三次産業で直面している機械設備の安全性の向上を網羅的に図る意欲的な試み。(I委員)」、といった肯定的なご評価をいただけたものと考えています。また、「現場での疲労強度評価に汎用できる情報提供を発信して欲しい。(D委員)」、「長寿命疲労時の内部破壊起点で何が起きているのか、研究終了後も現象解明の努力を続けて欲しい。(K委員)」というご要望があったことから、今後は論文等による発表に加え、研究所 Web ページを利用したデータ公開等も検討するとともに、引き続き基盤的研究等で内部破壊現象の解明を図りたいと考えています。さらに、「未知の材料について、試験をしなくても、物理化学的性状からシミュレーション等である程度結果を予測できる可能な方法も検討できないか。(B委員)」、「新素材の寿命曲線も平行して研究することで、新素材の有効性確認にもつなげていただきたい。(E委員)」、「一部の鉄鋼材料、継ぎ手形式の疲労強度データにとどまっている。(J委員)」、といったご指摘についても、今後の基盤的研究等で検討させていただきたいと存じます。

一方、「複数の異なった研究を行い、これらの成果を集約して一つの報告としており、この研究の真の目的や成果が曖昧になっている。(H委員)」、「どの様に役に立つのかよくわからなかった。(L委員)」というご意見もいただきましたが、今回は事後評価ということで研究成果の説明に重点を置いたため、研究の目的や成果の活用に関する説明が十分できませんでした。今後は説明の仕方に注意したいと思います。また、「高圧設備の疲労という研究計画からいえば、実際に行ったこととのかい離が大きいのではないか。(C委員)」というご意見もありましたが、これは計画立案から研究開始までに3年以上経過し、当初予定していた高圧設備用材料の長寿命疲労の特性解明がかなり進んだため、研究があまり行われていない荷役機械等を使用される高張力鋼を研究対象に加えたことによるものです。この点については事前評価等で理由を説明して了承済みであったこともあり、今回は発表時間の制約から詳しく説明しませんが、ご理解いただければと思います。

3.2 危険・有害物規制の調和のための統一的危険・有害性評価体系の構築に関する研究 (平成19年度～平成21年度)

(1) 研究概要

労働安全衛生法は、平成17年の改正においてリスクアセスメントの実施が義務化されたことで、これまでの後追的な性格のみものから、先取的な性格を含むものへと大きな変化を遂げた。

労働安全衛生総合研究所では、リスクアセスメントの実施に資する情報として、GHSで示されている試験方法を中心に、その妥当性などを検討した。

ア. 化学品を扱う現場におけるリスクアセスメント実施の現状

労働安全衛生法は、平成17年の改正においてリスクアセスメントの実施が義務化されたことで、これまでの後追的な性格のみものから、先取的な性格を含むものへと大きな変化を遂げた。しかるに現行の労働安全衛生法で定義される危険物は旧来の物質名例示のままであり、今後は試験方法を指定した事前評価を追加、または事前評価のみに置き替えていく必要がある。そしてそれらの試験方法は、今後は他の法規制等、特に国際規格との協調が強く要求されることとなる。

図1に示すように、リスクアセスメントは、対象とする事象の持つハザード情報およびその頻度情報を用いて評価が実施されるが、それぞれの情報の入手にあたっては、既存情報を入手するか、あるいは新たに測定して情報を入手するかの二つの方法がある。以下、それぞれについて、問題点を列挙してみたい。

例えば化学品のハザード情報については、現在GHSを基に国際間で区分表示の調和が実施されようとしている。そして、代表的な化学品単体については、国内外においてその分類作業が行なわれている。また、それ以外の化学品についても、MSDS情報として、製造者より提供されているもの、あるいは一般情報としてインターネット等で公開されているものが多い。

しかし、問題点として、GHS情報やその他のハザード情報をMSDS等から入手しようとしても、本当に必要な情報が記載されていない、あるいは必要なものを全て盛りこもうとして、何が大切かわからなくなっている等が現場から指摘されている。

また、実際に労働安全衛生法が対象としている作業現場においては、化学品は単独で取り扱うだけでなく、複数の化学品を混合したり、高温高圧下で反応させる等の作業が行なわれることが多く、そのような場合のハザード情報としては、現状の基本的に化学品単体を対象としたGHS情報やMSDS情報だけでは全く不足しているということが挙げられる。

したがって、現実の作業現場において必要とするハザード情報を入手するには、多くの場合は実際にその化学品あるいはそれらの混合や反応による変化の状況をそれぞれ実際に測定して見ることが必須となっている。このような場合に用いられる測定手法としては、GHSで例示されている試験方法がひとつの指標となるが、問題点として、これらの試験方法の中には、項目によって国内でこれまで実施されてきた試験方法や区分の判定方法と異なるものが少なくないこと、さらに、それらは必ずしも反応等に関しての評価方法として適切とは言えず、他に標準と言えるものも存在しないことが挙げられる。結局、その時々に応じて試行錯誤で検討しているのが現状である。

次に頻度情報であるが、定量的には、たとえばプラントの故障頻度などは既存の部品の故障確率等の情報を元に、必要に応じてシミュレーション計算等を行ない求めることになる。また有害物の暴露頻度等もやはり有害物の濃度とその職場環境をシミュレーションすることで計算はできる。

しかし、問題点としては、シミュレーションは計算が複雑で、通常のリスクのスクリーニング評価には適さないことが多く、そのような場合の代替手段、例えば職場環境と暴露情報の既存情報を集めたデータベースが、日本ではまだ充分整備されていないことが挙げられる。このように、労働安全衛生法においてリスクアセスメントの実施が義務化されたといっても、特に化学品を扱う現場においては、その実施にあたって解決すべき問題点が数多く存在する。

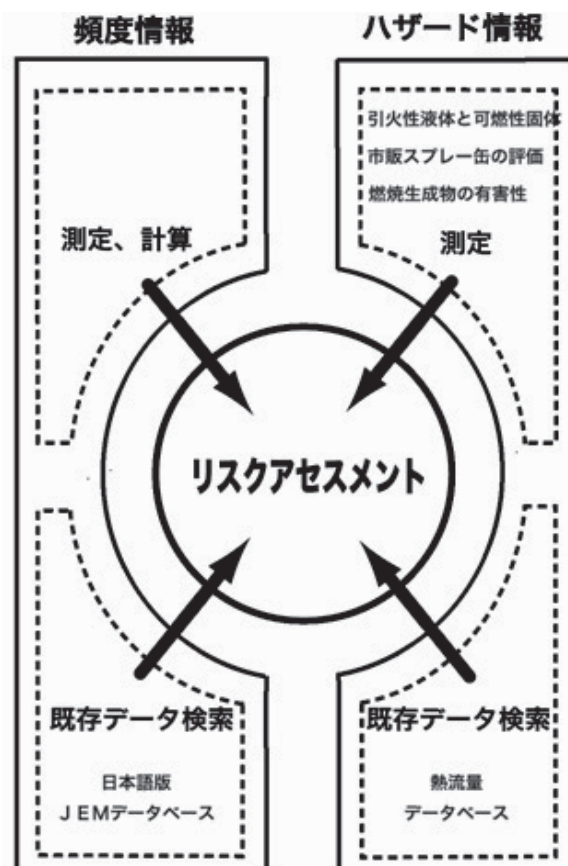


図 1 プロジェクト研究の研究成果と リスクアセスメントの各要素との関連

イ. 本プロジェクト研究の位置付け

1 章で述べた化学品を扱う現場におけるリスクアセスメント実施の現状を踏まえ、本プロジェクト研究では、化学物質を取り扱う事業所を念頭に置きながら、リスクアセスメントの必須要素としてのハザード情報および頻度情報の評価について、近年国際間で区分表示の調和を目的として導入が進んでいる GHS を念頭において、これらの問題点の改善に取り組んだ。

本プロジェクト研究の研究成果の位置付けは図 1 のようになる。まず、右上のハザード情報を測定で評価する点については引火性液体と可燃性固体(粉体)を取り上げ、それらのわが国での災害の発生状況とこれらに関する危険性評価の項目を整理し、GHS 分類基準と合わせて検討を加えた。また、市販されているスプレー缶について GHS 方式による試験法により着火危険性試験を実施した。そして、市販製品における着火危険性を考察した。他に GHS が想定していない危険有害性の発露の例として、可燃性固体の燃焼によって生成する微粒子の有害性について若干の検討を加えた。

右下のハザード情報の検索に関する問題点に関しては、熱流量データベースを基に、そのデータのありかたに検討を加えると共に、データの提供方法(図 1 での中心に向う矢印に相当)にも検討を加えた。これは、GHS の表示区分や MSDS 等から各種の情報を入手しようとしても、そこには本当に

必要な情報が記載されていない、あるいは必要なものを全て盛りこもうとして、何が大切かわからなくなっているといった指摘に対するひとつの回答である。



図 2 安全情報の提供

また、左下の頻度情報の既存データの検索に関連して、我が国で未構築の Job Exposure Matrix (JEM) データベースの日本版構築の検討をおこなった。これは、疫学調査等において職務内容から曝露状況を推定する際に有用なツールであることが知られている。そして、ここに GHS 分類情報を統合することで、GHS 区分ごとの曝露サーベイランスなど GHS 分類情報の高度な活用を目指した。

図 1 の左上の頻度情報を測定や計算で評価する件に関しては、今回は、本研究のテーマである GHS 情報に関連した適切なテーマが見出せなかった。今後の課題としたい。

ウ. 今後

リスクアセスメントの効果的な実施のためには、本研究で検討した内容を含めて、実施する作業現場に向けての多くのサポート情報の提供がかかせない。本プロジェクト研究は 2010 年 3 月で終了したが、今後も基盤的研究や、新規プロジェクト研究、あるいは競争的研究資金の取得等を図ることによって、研究の継続を図っていきたい。

エ. 研究業績リスト

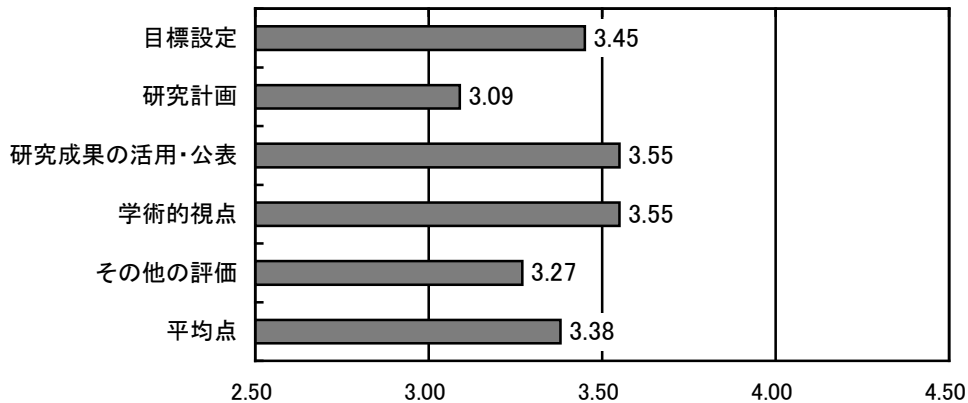
平成 22 年度(2010 年)		
1	その他の専門家向け出版物	用語解説: 化学プラントにおけるリスクアセスメント, 火災(日本火災学会誌), Vol.60, No.2, pp.51, (2010) 八島
2	その他の専門家向け出版物	追悼特集: 名誉会員 秋田一雄先生・上原陽一先生, 火災(日本火災学会誌), Vol.60, No.2, pp.1, (2010) 八島
平成 21 年度(2009 年)		
1	原著論文	RDF 堆積層内の上方と下方の燃え広がり, 日本火災学会論文集, Vol.59, No.2 (2009) pp.42-54, 八島
2	原著論文	温度上昇による結合長の伸びと反応開始温度の相関の評価, Journal of Computer Chemistry, Japan, Vol.9(2010), No. 1 pp.47-54, 大塚
3	国内外の研究集会発表	メタンと PMMA 粉じんのハイブリッド混合物中を伝ばする火災, 第 47 回燃焼シンポジウム, 2009 年 12 月 2 日(札幌), 宮本, 土橋, 八島
4	国内外の研究集会発表	円柱状固体片が堆積した層内における上方と下方燃え広がり, 平成 21 年度日本火災学会研究発表会(ポスター), 平成 21 年 5 月 19 日(東京), 八島

5	国内外の研究集会発表	量子化学計算を用いた温度上昇による結合長の伸びと反応開始温度の相関の評価, 第 42 回安全工学会研究発表会, 2009/10/20, 大塚, 熊崎, pp.87-90
6	国内外の研究集会発表	Ignition Hazard about the Spray Can by GHS Test Method, APSS2009(Osaka), Itagaki, H.
7	国内外の研究集会発表	Estimation of the dust explosion risk of ultrafine particles, APSS 2009(Osaka), Uchino, H. Dobashi, R. and Yashima, M.
8	その他の専門家向け出版物	GHS の動向—改訂第 3 版におけるおまな修正点—, 安全工学, Vol 48,358-0367(2009), 藤本, 宮川
9	その他の専門家向け出版物	<用語解説>防爆電気設備, 火災(日本火災学会誌), Vol.59, No.6, pp.40,(2009), 八島
10	その他の専門家向け出版物	爆発・火災を起こさないための基礎知識(第 9 回)化学物質の危険性評価試験(1)化学装置, Vol.51,No.12,pp.56-66,(2009) 八島
11	その他の専門家向け出版物	爆発・火災を起こさないための基礎知識(第 10 回)化学物質の危険性評価試験(2)化学装置, Vol.52,No.1,pp.85-95,(2010) 八島
12	その他の専門家向け出版物	インターネット上の火災・爆発災害等のデータベース, 火災(日本火災学会誌), Vol.59,
13	その他の専門家向け出版物	危険物規制のためのデータベース構築, 安全衛生情報, Vol.29, 第 90 号, pp.26-31, 平成 21 年 4 月 20 日発行, 大塚
14	その他の専門家向け出版物	事故事例に見る爆発, 火災の原因と対策～可燃性のガスと液体, 反応性物質による爆発, 火災～, 安全と健康, 8 月号, Vol.10,No.8,21-25,(2009), 板垣
15	その他の専門家向け出版物	<用語解説>爆発圧力放散設備, 火災(日本火災学会誌), Vol.59, No.4, pp.44,(2009), 八島
16	その他の専門家向け出版物	爆発・火災を起こさないための基礎知識(第 7 回)爆発・火災の予防方法(1)化学装置, Vol.51,No.6,pp.85-92,(2009), 八島
17	その他の専門家向け出版物	爆発・火災を起こさないための基礎知識(第 8 回)爆発・火災の予防方法(2)化学装置 Vol.51,No.7,pp.99-104,(2009), 八島
平成 20 年度(2008 年)		
1	国内外の研究集会発表	粉じん粒子と気流の速度差が粉じん火災の挙動に与える影響, 第 46 回燃焼シンポジウム,
2	国内外の研究集会発表	粉じん雲中を伝ばする火災近傍における粉じん粒子挙動の解析, 第 46 回燃焼シンポジウム, 2008 年 12 月 5 日(京都), 西村, 八島, 桑名, 土橋
3	国内外の研究集会発表	金属粉の火災によって発生する粒子状物質の大きさ, 第 46 回燃焼シンポジウム(京都),
4	国内外の研究集会発表	金属粉の火災による粒子状物質の生成, 第 41 回安全工学会研究発表会(東京), 2008 年 11 月
5	国内外の研究集会発表	市販スプレー缶についての GHS 方式による着火危険性試験結果について, 平成 20 年度日本火災学会研究発表会(神戸), 2008 年 5 月 22 日, 板垣
6	国内外の研究集会発表	金属粉の燃焼に伴う粒子状物質の大きさ, 日本火災学会研究発表会(神戸), 2008 年 5 月 21 日, 八島
7	国内外の研究集会発表	粉じん粒子と気流の速度差が粉じん火災の挙動に与える影響, 第 46 回燃焼シンポジウム, 2008 年 12 月 5 日(京都), 宮本, 西村, 桑名, 土橋, 八島
8	国内外の研究集会発表	The Application of a Raw Signal Database for Heat Flow to the Round-robin Test, IGUS- EOS, Copenhagen, Sweden, 2008/5/14, T. Otsuka
9	報告書	http://www.jniosh.go.jp/en/results/2008/1031/index.html Analysis of DSC Data for Reactive Chemical Substances (2) T. Otsuka
10	報告書	http://www.jniosh.go.jp/results/2008/1031/index.html 示差走査熱量データの公開について(2) 大塚
11	報告書	http://www.jniosh.go.jp/en/results/2008/0714/index.html Analysis of DSC Data for Reactive Chemical Substances, T. Otsuka
12	その他の専門家向け出版物	<研究室リレー>独立行政法人労働安全衛生総合研究所 化学安全研究グループ(粉じん爆発実験室) 火災(日本火災学会誌) Vol.58, No.3, pp.56-59, (2008), 八島.
平成 19 年度(2007 年)		
1	国内外の研究集会発表	The characteristics of explosions and fires for recycling industry, APSS2007(Korea), Itagaki,H.
2	国内外の研究集会発表	The development and application of a raw signal database for heat flow, Asia Pacific Symposium on Safety, Busan,Korea, 2007/10/31, T. Otsuka, pp.19-22
3	国内外の研究集会発表	Interoperability of hazard data for easy GHS implementation, Asia Pacific Symposium on Safety, Busan, Korea, 2007/10/31, Y. Fujimoto.

4	国内外の研究集会発表	Super CRC データの時定数最適化, 第 40 回安全工学研究発表会, 2007/12/4, 大塚, 熊崎.
5	国内外の研究集会発表	炭素系ナノ材料の有機系不純物の加熱脱着- GC/MS, 第 24 回エアロゾル科学・技術研究討論会, 小野.
6	国内外の研究集会発表	化学物質データベースの拡張, 産業医科大学産業生態科学研究所・労働安全衛生総合研究所 研究交流会, 北九州産医大, 2007/07/05, 大塚.
7	報告書	http://www.jniosh.go.jp/results/2007/0621_3/index.html 示差走査熱量データの公開について, 大塚.

(2) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

- (A委員) 本研究は、リスクアセスメントを実施する上で必要なハザードを、GHS の方法を中心に検討したもので、GHS の問題点も指摘していることは評価できる。ただし、GHS 分類は国際的に統一された方法で行われているものであり、特に引火性液体と可燃性固体についてGHS 分類が危険性を十分に反映していないということであれば、今後、この結果をどのように反映させていくのかを考える必要がある。また、JEM については、今回は、FinJEM と作業環境測定データのデータを独立にまとめたただけの印象なので、今後、使えるデータベースとなるようにさらに検討を願いたい。
- (B委員) サブテーマ間の関連とこれらが「統一的危険・有害性評価」にどう統合されるのかが不明である。作業現場および労働者の視点で研究を行わなければ、リスクアセスメントにつながらないのではないかと。
- (C委員) 現場作業員、現場安全担当者にももう少し分かりやすいマニュアルの作成、新しいデータの継続的提供システムに期待する。
- (D委員) 化学プラント等でリスクアセスメントを定着させる意味においても重要な研究テーマであると考えられる。今後も、継続して産業界での展開をお願いしたい。
- (F委員) 労働安全衛生法で義務化されたリスクアセスメントの効果的な実施を進めるために、工学系と衛生系の研究者の共同による研究であり、今後につながる研究成果を挙げている。
- (G委員) 「評価体系の構築」が研究テーマであるが、どのような評価体系を構築したのかが明確になっていない。いくつかの研究成果が羅列されているような感じがする。
- (H委員) 本プロジェクトで得られたあるいは将来の類似の研究で得られるデータや指摘事項をGHSに関する国際的な動きに実効的に反映させるしくみを関係諸機関と連携して構築されることを希望し

たい。

(I委員) リスクアセスメントの実施は、労働安全衛生法の改正によって努力義務化されたが、各事業所での実施には課題があり、本研究はGHSを中心に妥当性を研究するもので意義がある。産業現場へのフィールドテストが必要で、協力企業を見つけて実証していけばさらに有力な方法に結び付けられる。今後も競争的資金を得て、研究の継続を期待する。

(J委員) 本研究は危険・有害物質を取り扱う作業現場での安全性確保のための危険情報の提供が大きな目的であると考えられるが、成果報告ではそのことがよく伝わっていなかった。

(K委員) GSHの技術情報は十分発信し啓発に努めていた。活動が地方の労働基準局の職員へ向けた啓発活動に留まっているのではないか？

(L委員) 研究により、何を新たに明らかにした(追加した)のか明確でない。啓発活動を行っただけではないか。成果として提示された原著論文と、研究プロジェクトとの関連が不明確である。

(3) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

本プロジェクト研究に関して貴重なご意見、御指摘をいただきましてありがとうございます。

本研究テーマの重要性は、基本的に御理解いただけたものと考えております。今後も本研究テーマについては、競争的資金の獲得などによって継続して実施していけるように努力する所存です。

(A委員、D委員、F委員、H委員、I委員)。そして、本研究あるいはその発展によって得られた成果は、引き続き産業現場への啓発に務めるとともに(D委員)、GHS のアップデートに反映させるべく、国際的な委員会活動にも力をいれて行く所存です(A委員、H委員)。

本研究テーマのタイトル「危険・有害物規制の調和のための統一的危険・有害性評価体系の構築に関する研究」に関しまして、各サブテーマの成果がどのような「評価体系の構築」に関係しているかが明らかではないとの御指摘を頂きました(B委員、G委員)。これにつきましては、御指摘のとおり、各サブテーマの成果の統合が不十分であったと考えております。作業現場及び労働者の視点での研究が大切(B委員)との御指摘と合わせ、真摯に受けとめて今後の研究活動に役立てていきたいと存じます。また、原著論文と研究プロジェクトの関連性が不明確(L委員)、成果報告で目的がよく伝わってこなかった(J委員)という御指摘につきましては、説明担当者の力量不足であったかもしれません。

その他の御指摘事項として、まず、公開、啓発活動が地方の労働基準局職員に限られているのではとの御指摘がございました(K委員)。これにつきましては、今後の安全衛生技術講演会などの研究所主催の講演会や各協会等主催の講演会といった機会を積極的に利用して、あるいはガイドやマニュアル等の作成、配布を通して、現場作業員、現場安全担当者へすぐ役立つ形での情報提供に務めて行く所存です(C委員、L委員)。また、JEM については、日本での利用に適した形について引き続き検討を続けていく所存です(A委員)。

3.3 事故防止のためのストレス予防対策に関する研究（平成19年度～平成21年度）

（1）研究概要

労働者がストレス状態にある場合には、精神的に不安定となり睡眠や飲酒の問題が発生したり、注意不足、乱暴な運転、眠気、居眠り、二日酔いなどにより事故の危険性が増す可能性が高い。しかし、労働者のストレス、心身の健康状態と不安全行動、事故との関連はこれまで十分に検討されていない。

労働者のストレスや心身の健康状況が事故の発生に及ぼす影響を明らかにし、事故を予防する観点を含め、職場におけるストレス予防対策に係るマニュアルの作成を行った。

ア. 職業性ストレスと事故・怪我に関する文献的考察

職場の事故・怪我の発生を予防する有効な対策を立てるために、どのような職業性ストレスが事故・怪我と関連するかについて文献的考察を行った。職業性ストレスと事故・怪我に関する国内外の既存資料を Medline 等の文献検索システム等を用いて調査した。文献検索用語には(“Occupational injury”[All fields] OR “occupational injury [MeSH Terms]” OR “Work injury”[All fields] OR “Work injury [MeSH Terms]” OR “Occupational accident”[All fields] OR “Occupational accident [MeSH Terms]”) AND (“Job stress”[All fields] OR “Job stress [MeSH Terms]” OR “Occupational stress”[All fields] OR “Occupational stress [MeSH Terms]” OR (“Work stress”[All fields] OR “Work stress [MeSH Terms]”))を用いた。職業性ストレスと怪我に関する研究は 8 本認められた。加えて、4 本の職業性ストレスと怪我に関する研究として引用された論文を加えた。収集した文献について、著者の独自の判断のもとに文献レビューを行った。表 1 に事故・怪我の原因となる主な職業性ストレスを示した。労働負荷、仕事のコントロール、職場の支援、対人関係等のストレス要因と事故や怪我との関連が報告されていた。

表 1 事故・怪我の要因となる職場ストレス

-
- ・労働負荷や時間的プレッシャーが多い
 - ・仕事のコントロール（裁量権）が少ない
 - ・同僚・上司からのサポートが少ない
 - ・職場での対人関係が悪い
 - ・職務満足感が低い
-

イ. 唾液中ストレスバイオマーカーを用いた人の注意機能の評価

心理社会的なストレスはヒューマンエラーやパフォーマンスの低下などに関連しており、また同時にコルチゾールなどのストレスホルモンは人の認知機能や注意機能を阻害することが報告されている。本研究では、ストレス関連物質の中でも、唾液中コルチゾール、インターロイキン 6(IL-6)に注目し、これらの物質と特に情動 性の注意機能の関連を検討した。実験室において、男性 27 名を対象に心理社会的ストレスの負荷(スピーチ・暗算)を行い、その 1 時間後に注意機能を測定する課題をパソコン上で実施した。実験中は唾液採取を複数回実施し、得られた唾液からコルチゾール、IL-6 の測定

を行った。図 1 に実験の流れを示した。その結果、ストレス負荷によってコルチゾール濃度、IL-6 濃度の上昇が観察された。その際のコルチゾール濃度、IL-6 濃度と注意課題の成績について相関分析を行ったところ、IL-6 の総分泌量とネガティブ情報に対する注意の引き付け、解放困難の間に中程度の相関が認められた ($r = .46 \sim .60, p < .05$)。またコルチゾールについても注意の引き付けとの関連が認められた ($r = .46, p < .05$)。これはストレスによって上昇した唾液中の IL-6 濃度が情動性のネガティブ情報へ注意の高まりを促進したと解釈できる。本研究では唾液中のバイオマーカーを用いることにより、ストレスによるヒューマンエラーやパフォーマンスの低下を評価できる可能性を示した。

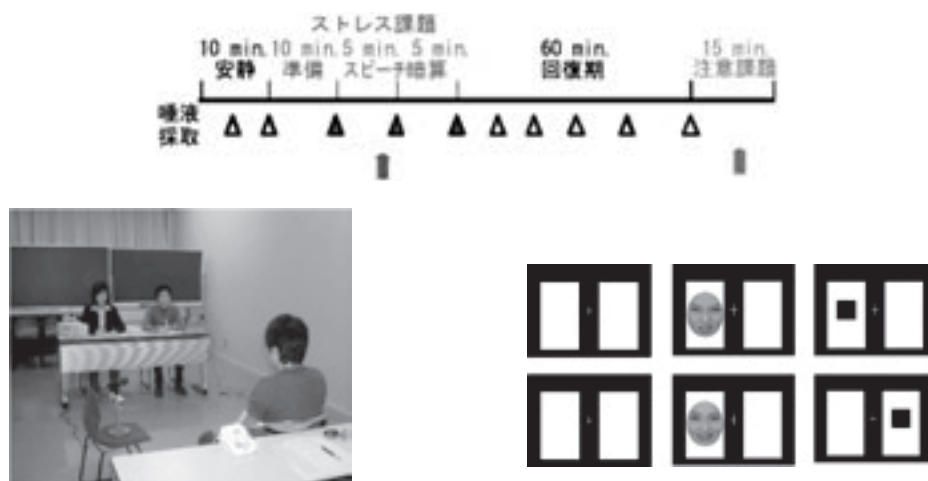


図 1 唾液中ストレスバイオマーカーを用いた注意機能の評価

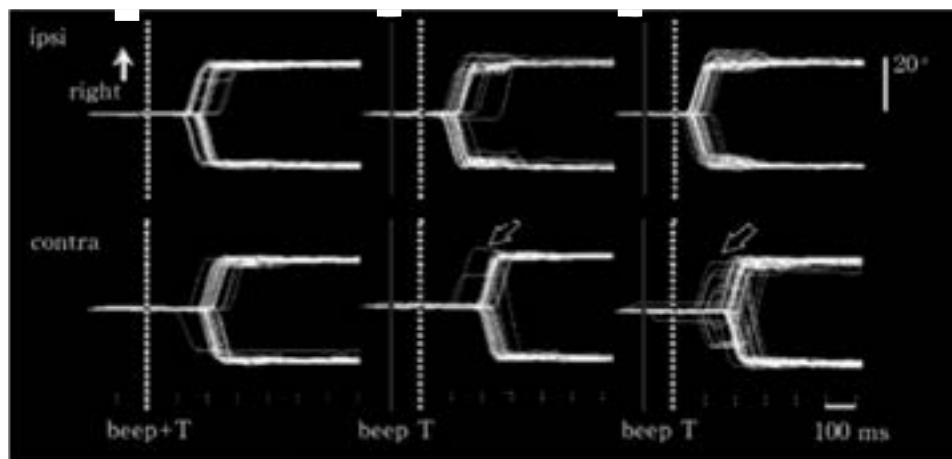
ウ. ストレスによるサッカード・エラーの増加

注視していた光点(固視点)が消え、それと同時に視野の片隅にもう一つ光点(視標)がつくと、それに対する眼球運動(サッカード)の軌跡は直線的である。このような光刺激に誘導された視覚性サッカードの方向は常に視標と同じ方向である。しかしながら、本研究から視標を呈示する 100 ミリ秒前に音刺激を視標と反対側から呈示すると、音刺激呈示側へ眼が動き視標にサッカードするというエラーが生じること、そしてこのサッカード・エラーは視標の呈示時間と視標の明るさが暗くなる dim 時間を短くしたストレス負荷条件で増加しやすいことが明らかになった(図 2)。

サッカード・エラーの研究は少なく、特に労働安全衛生という分野で皆無であるように思われる。サッカード中は視覚入力が抑制される(サッカード抑制)時間が増えるとされており、このことからこのサッカード・エラーに関する研究が事故・怪我の予防対策を講じるうえで重要と考えられる。たとえば、大規模なプラントの中央監視室の各種モニターには、様々な情報が整然と表示されている。もし異常が発生すると、警報音が鳴り、警報ランプが点滅する。オペレータは異常の原因を確かめるために、異常を示すモニターを見て対策を講じなければならない。工作機械や建設機械の操作でも同様のことが考えられよう。警報音と警報ランプとモニターの位置関係、そして警報音(断続音)と警報ランプ(点滅)の時間関係の組み合わせによっては、サッカード・エラーが起き、モニターに表示された情報に気づかず見落とす可能性が高まると考えられる。大規模なプラントの中央監視室の各種モニターには、様々な情報が整然と表示されている。もし異常が発生すると、警報音が鳴り、警報ランプが点滅し、オペレータは異常の原因を確かめるために、直ちに異常を示すモニターを見て対策を講じなければならない。

オペレータ、警報音、警報ランプ、モニターの位置関係、そして警報音(断続音)と警報ランプ(点滅)との時間関係の組み合わせによっては、サカド・エラーが起き、モニターに表示された情報に気づかず見落としてしまう可能性が高まると考えられる。

サカド中は視覚入力の情報処理がなくなること、サカド・エラーに関する知見、およびこれまでの眼球運動に関する研究から、サカド・エラーに関する研究は労働安全衛生でいわれる不安全状態、不安全行動、事故や怪我の予防の対策を講じるための基礎資料として意味があるように考えられた。



A. ストレス負荷無しで音刺激と視標を同時に提示した条件

B. ストレス負荷無しで音刺激 (beep) を視標 (T) が点く 100 ミリ 秒前に提示した条件

C. ストレス負荷有りで音刺激を視標より 100 ミリ 秒前に提示した条件

図 2 ストレス負荷によるサカド・エラーの増加

サカド・エラーを矢印で示した。A,B,C ともに、上段は視標と音刺激を同側(ipsilateral)から提示した条件。下段は反対側(contralateral)から提示した条件

エ. 職業性ストレスと事故との関連

仕事のストレス、ストレス反応、緩衝要因等の職業性ストレスの各種要因と業務上の事故との関連を明らかにすることを目的として、業務上の事故やケガの発生が比較的多い製造業生産技能職と給食調理員を対象に職業性ストレス簡易調査票を使用した自記式質問紙調査を実施した。

男性製造業生産技能職では、業務上の事故があった群はない群に比べて、グループ間対人葛藤、役割曖昧さが高かった。女性製造業生産技能職では、業務上の事故があった群はない群に比べて、グループ内対人葛藤、役割葛藤が高かった。女性給食調理員では、やけどを 6 回以上の群は 5 回以下の群に比べて、仕事のストレス、量的労働負荷、質的労働負荷、身体的労働負荷、対人問題、職場環境が高く、仕事の適性は低かった。精神的ストレス反応が高く、活気は低く、怒り、疲労、不安、抑うつ、身体的ストレス反応が高かった。総合満足度、仕事の満足度、家庭生活の満足度は低かった。図 3 に仕事のストレスとやけどの年間頻度との関連を示した。

切り傷を 6 回以上の群は 5 回以下の群に比べて、仕事のストレス、量的労働負荷、質的労働負荷、身体的労働負荷、精神的ストレス反応、疲労、不安、身体的ストレス反応が高かった。このような仕事のストレスや心身のストレス反応の軽減が職場の事故防止に資すると思われる。

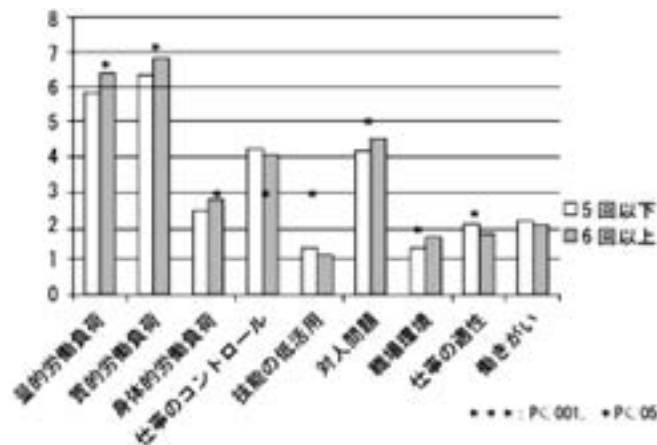


図3 仕事のストレスとやけどの年間頻度との関連

オ. 事故防止のためのストレス予防対策に係る マニュアルの開発

事故防止のためのストレス予防対策に係るマニュアルとして、「事業場における事故防止のためのストレス対策マニュアル」を作成した。「労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針」、「危険性又は有害性等の調査等に関する指針」、「労働者の心の健康の保持増進のための指針」および米国 NIOSH、英国 HSE 等のマニュアルや報告書などを参考に、マニュアル案を作成した。作成したマニュアル案を現場の安全・健康担当スタッフに配布し、改善点等の意見を求めた。得られた意見を参考にマニュアル案を改良し、「事業場における事故防止のためのストレス対策マニュアル」を完成させた。本マニュアルでは、「1. わが国における労働災害の発生状況」、「2. わが国における事故防止対策とストレス対策の現状」、「3. 事業場における事故防止対策」、「4. リスクアセスメントのすすめ方」、「5. 事業場におけるストレス対策」、「6. 事故防止対策を含めたストレス対策のすすめ方」の 7 項目で構成した。「6. 事故防止対策を含めたストレス対策のすすめ方」では、「Ⅰ. 職場に存在するストレスを測定しましょう」、「Ⅱ. どんなリスクが発生する可能性があるかを把握しましょう(健康面)」、「Ⅲ. どんなリスクが発生する可能性があるかを把握しましょう(安全面)」、「Ⅳ. 検討内容のまとめと対策の立案」、「Ⅴ. 事後評価、見直しの実施」の 5 段階を取り上げた。図 4 にストレスと事故の対策シートを示した。本マニュアルでは、職場のストレス、ストレス反応、不安全行動、事故やけがの発生可能性に関する判定結果を段階評価で示すことができるため、継続的な取り組みを行った際の効果が一般の人々にもわかりやすくなっている。

	内 容	判定
部署名	A 工場 製造一課	
職場のストレス	勤務状況	E
ストレスの具体的内容	繁忙期による長時間労働の恒常化	
ストレス反応	疲労 うつ	E D
不安全行動	個人の安全確保 使用器具の安全確保	E D
事故やけがの発生可能性	機械への巻き込み事故	E/D
職場のストレスを低減させるための対策	勤務シフトを見直して長時間の勤務日数が続かないようにする	
その他の対策	巻き込み事故防止のための安全対策を行う	

図4 ストレスと事故の対策シート

安全面、健康面のリスクを A (よい)～ E (わるい)で判定し、

リスクアセスメントの判定 結果も踏まえて、今後の対策を立案

カ. まとめ

労働者のストレスや心身の健康状況が事故の発生に及ぼす影響を明らかにし、事故を予防する観点を含め、職場におけるストレス予防対策に係るマニュアルの作成を行った。

職業性ストレスと事故・怪我に関する文献的考察では労働負荷、仕事のコントロール、職場の支援、対人関係等のストレス要因と事故や怪我との関連が報告されていた。

事故防止のためのストレス評価として、唾液中ストレスバイオマーカーを用いた人の注意機能の評価では、ストレス負荷によってコルチゾール濃度、IL-6 濃度の上昇が観察された。IL-6 の総分泌量とネガティブ情報に対する注意の引き付け、解放困難の間に中程度の相関が認められ、コルチゾールと注意の引き付けとの関連が認められた。唾液中のバイオマーカーを用いることにより、ストレスによるヒューマンエラーやパフォーマンスの低下を評価できる可能性を示した。

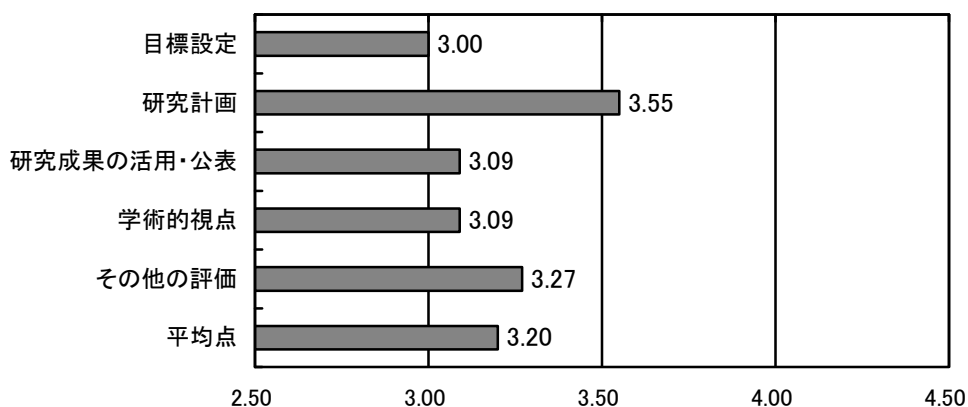
キ. 研究業績リスト

平成 21 年度 (2009 年)		
1	原著論文	Akira Yugeta, Tasuo Terao, Hideki Fukuda, Okihide Hikosaka, Fusako Yokochi, Ryoichi Okiyama, Makoto Taniguchi, Hiroshi Takahashi, Masashi Hamada, Rituko Hanajima, Yoshikazu Ugawa (2010) Effects of STN stimulation on the initiation and inhibition of saccade in Parkinson disease. Neurology 74, 743-748.
2	総説ほか	福田秀樹(2010)眼球運動の年齢変化. Clinical Neuroscience 28, 42-45.
3	総説ほか	野村芳子, 木村一恵, 福田秀樹, 寺尾安生, 瀬川昌也(2010)ジストニア. Clinical Neuroscience 28, 84-87.
4	国内外の研究集会発表	Takashi Haratani, Yasumasa Otsuka, Akinori Nakata (2009) Job stress and depression in information technology workers. 29th International Congress on Occupational Health, Cape Town, South Africa, p496.
5	国内外の研究集会発表	Yasuo Terao, Hideki Fukuda, Akira Yugeta A, Rituko Hanajima, Yoshiko Nomura, Masaya Segawa, Yoshikazu Ugawa (2009) Impaired visuomotor control in Parkinson's disease. Mov Dis24(suppl.1): S253.
6	国内外の研究集会発表	Akira Yugeta, Tasuo Terao, Hideki Fukuda, Ryoichi Okiyama, Fusako Yokochi, Makoto Taniguchi, Hiroshi Takahashi, Rituko Hanajima, Yoshikazu Ugawa (2009) Effects of STN DBS on antisaccade and frontal lobe function in Parkinson's disease. Movement Disorders 24 (Suppl.1): S317.
7	国内外の研究集会発表	寺尾安生, 福田秀樹, 弓削田晃弘, 花島律子, 野村芳子, 瀬川昌也, 宇川義一(2009)パーキンソン病における視覚に基づく運動制御の障害. 第 50 回日本神経学会総会(仙台).
8	国内外の研究集会発表	福田秀樹, 寺尾安生, 弓削田晃弘, 本多和子, 野村芳子, 瀬川昌也, 江本正喜(2009)正常被験者の premature saccade の発現頻. 第 39 回日本臨床神経生理学会学術大会, 臨床神経生理学 37, 410-411.

9	国内外の研究集会発表	岡野智子, 寺尾安生, 福田秀樹, 江本正喜, 花島律子, 竹中 克, 池田 均, 矢富 裕, 宇川義一(2009)超音波画像診断における視線解析. 第 39 回日本臨床神経生理学会学術大会, 臨床神経生理学 37, 410.
10	国内外の研究集会発表	寺尾安生, 福田秀樹, 弓削田晃弘, 花島律子, 辻 省次, 椎尾 康, 野村芳子, 瀬川昌也, 宇川義一(2009)不随意的視線の動きが随意的な眼球運動や手指の反応時間に及ぼす影響. 第 39 回日本臨床神経生理学会学術大会, 臨床神経生理学 37, 410.
11	国内外の研究集会発表	弓削田晃弘, 寺尾安生, 福田秀樹, 沖山亮一, 横地房子, 谷口 真, 高橋 宏, 花島律子, 宇川義一(2009)視床下核深部脳刺激療法 (STN DBS) のサッカーボールへの影響-確立分布 による検討. 第 39 回日本臨床神経生理学会学術大会, 臨床神経生理学 37, 332.
12	国内外の研究集会発表	大塚泰正 (2009)事業場における事故防止のためのストレス・メンタルヘルス対策マニュアル, メンタルヘルス勉強会.
13	国内外の研究集会発表	木村健太, 井澤修平, 菅谷渚, 小川奈美子, 山田クリス孝介, 城月健太郎, 三上育葉, 平田華奈子, 長野祐一郎, 長谷川寿一(2010)社会的な刺激への注意と心理社会的ストレスに対する内分泌反応との関連. 日本心理学会第 74 回大会.
14	総説ほか	井澤修平, 小川奈美子, 原谷隆史(2010)唾液中コルチゾールによるストレス評価と唾液採取手順. 労働安全衛生研究 3(2), 119-124.
平成 20 年度 (2008 年)		
1	総説ほか	原谷隆史(2008)職場のハラスメントに関する用語と最近の動向. 産業精神保健 16(2):108-114. (5 月 12 日発行, 6 月号)
2	著書・単行本	原谷隆史(2008)メンタルヘルスに関する調査手法とその使い方. メンタルヘルスケア実践ガイド 第 2 版, 産業医学振興財団, 127-131.
3	その他の専門家向け出版物	原谷隆史(2008)巻頭言 職場のいじめ. 民族衛生, 74(6), p277-278.
4	国内外の研究集会発表	島津明人, 小杉正太郎, 原谷隆史, 馬ノ段梨乃, 佐藤澄子(2008)ワークショップ 職場のストレスとメンタルヘルス-個人向けストレス対策の提供手段に注目して-. 日本心理学会 第 72 回大会発表論文集, WS037.
5	国内外の研究集会発表	原谷隆史(2008)指定討論, ワークショップ 職場のストレスとメンタルヘルス-個人向けストレス対策の提供手段に注目して-. 日本心理学会第 72 回大会.
6	国内外の研究集会発表	原谷隆史(2008)職業性ストレスの評価と対策-最新情報-. 日本産業ストレス学会研修会, 東京大学医学部鉄門記念講堂, 2008.12.7)
7	国内外の研究集会発表	Takashi Haratani (2008) Prevention of stress in the Japanese workplace. The Seventh Interdisciplinary Conference on Occupational Stress and Health, Work, Stress, and Health 2008, Washington, DC.

(2) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(A委員)疫学調査を行った視点は大きい評価されるので、今後はこの点を労働者コホートも含め、大きく展開してほしい。マニュアル作成は評価できる。

- (B委員) マニュアルと対策シートの現場への普及活動に努めて欲しい。
- (C委員) 今後作業現場には、効率化の為のロボット導入等今まで経験したことの無い環境変化に伴うストレスが現場作業員に課せられる事が予測されることから、本研究の成果は、ストレス予防に役立つ内容と考える。今後の環境変化に対応した、継続した研究をお願いしたい。(E委員) 労働者のストレス、心身の健康状態と事故の発生の関係を明らかにしようと努めた事は意義がある。しかし研究成果が明確になっていない点が指摘される。
- (F委員) 「ストレス予防対策」が研究テーマであるが、このマニュアルが未完成である。この件については、昨年も指摘されているが、現在に至ってもマニュアルが完成していない。
- (G委員) 成果物であるストレス予防対策に係るマニュアルの特徴、アピール点が不明瞭に思えた。利用の促進を図るためにはそれらに関するより積極的な発信を望みたい。
- (H委員) 取り上げた課題は、労働者のストレス状態と不安全行動、事故との関連を研究するもので、ニーズが高く、当研究所にふさわしいテーマである。発表を聴いて感じることは、当初掲げた目標に対して、現実的には今回の報告内容となるということは理解できる。一方、それならば、当初計画は、どこまでを実施するかを考慮した計画にすべきで、目標を3カ年で達成というのは厳しかったのではないかと？ 事故との関連の結び付けやマニュアル作成などは、重要な課題なので、今回の研究結果を踏まえて今後どう展開していくかを再検討すべきではないかと？
- (I委員) 本研究成果はマニュアル作りで終了ではなく、ストレスを軽減できる職場環境を醸成することにある筈である。成果が有効に活用されるように、各種職場での啓発活動に努めてもらいたい。
- (L委員) ストレスと事故の関係は十分に考えられることであり、本研究は労働安全衛生上重要な内容を含んでいると考える。ストレスマーカーについては、負荷によって値が変動しているので、当該負荷がかかっている作業中にリアルタイムで唾液の採取、分析が必要と考えられるが、これが現場で可能かどうかなど、さらに検討する必要があると思われる。サッカード・エラーについては、新しい方法として興味ある結果が得られているので、さらに進めてほしい。
- (J委員) 一般的なストレス研究であり、事故防止との関係が不明確である。ストレス評価法をどうマニュアルに反映させるのかについても不明瞭であり、事故防止に役立つとも思えない。
- (K委員) 実験的研究を含めているが、ヒューマンエラーの基礎研究でしかなく、研究目的と整合性がない。当初の研究計画とも相違がある。疫学研究は、やけどという特定のアウトカムについてしか実施されておらず、その評価を自己報告に頼っており、また危険作業への従事頻度などを調整していないなど、調査計画、解析に十分な配慮が欠けている。マニュアルは、他の研究成果との関連性が不明で、本研究プロジェクトの成果としての特徴を出せていない。公表してもその有用性は高くないと推測される。

(2) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究に貴重な御指摘を賜り感謝申し上げます。課題の意義(E委員)、重要性(H委員、L委員)、マニュアル作成(A委員)、ストレス予防に役立つ内容(C委員)を評価していただきありがとうございます。研究成果が明確になっていない(E委員)、事故防止との関係が不明確(J委員)、マニュアルの特徴、アピール点が不明瞭(G委員)、マニュアルが未完成である(F委員)、マニュアルを公表しても有用性は高くはない(K委員)、事故防止に役立つとも思えない(J委員)との御指摘を頂きました。一方、マニュアルと対策シートの現場への普及活動(B委員)、成果が有効に活用されるように啓発活動(I委員)、利用の促進を図るために積極的な発信(G委員)という普及や情

報発信の要望を頂きました。本研究でマニュアルを作成しましたが配付した特別研究報告では頁数の制限のため掲載することができず大変申し訳ございません。問題点を改善して、研究所のホームページや印刷物の配布等で公表することを検討致します。

目標を3か年で達成は厳しい計画(H委員)、実験的研究はヒューマンエラーの基礎研究(K委員)、疫学研究は調査計画、解析に十分な配慮が欠けている(K委員)という研究計画、内容の問題点を御指摘いただきました。また、今後の展開を再検討(H委員)、ストレスマーカ―の現場での可能性の検討(L委員)、労働者コホートも含め大きく展開(A委員)、今後の環境変化に対応した継続した研究(C委員)という今後の検討、研究を期待する御指摘をいただきました。研究体制の変更により、基礎的実験となり目標達成や配慮が不十分となりました。今後の研究では、研究計画や内容を慎重に考慮して労働現場に応用できる実践的研究に発展できるように努力したいと思います。

3.4 第三次産業の小規模事業所における安全衛生リスク評価法の開発に関する研究 (平成19年度～平成21年度)

(1) 研究概要

本プロジェクト研究は①国内外で提案されている安全衛生活動の成功事例の吟味、②第三次産業における職場のリスク評価法の開発の試みと評価、③安全衛生プログラムや教育訓練プログラムの提示と展開、の三つの柱に沿って行われてきた。国内外の第三次産業の安全衛生リスク情報を参考に、安全衛生リスクを評価するチェックリストを作成し、第三次産業の小企業でその有効性を検証した。ついで、多様な安全衛生の課題を抱えている陸上貨物運送事業と医療保健業を対象にして、労働災害や健康障害に關与する特有の安全衛生リスクを評価し、あるいは評価方法を開発し、有効な改善対策を提案・実施し、その効果を検証してきた。とりわけ、宅配ステーションでの危険作業の洗い出し、病院での人間工学・ストレス要因のリスク評価法の開発と効果的な職場環境の改善対策、病理検査室でのホルムアルデヒドのリスク評価と改善対策、薬剤部での抗がん剤のリスク評価と改善対策、安全な抗がん剤調製のチェックリストの安全作業マニュアルの提案とその検証などで研究成果が得られた。

ア. 第三次産業小企業の安全衛生リスク評価法の開発

わが国の産業構造の転換に伴い、第三次産業には多くの雇用労働者が従事しているが、その業種の多様さや企業規模の小ささなどが影響して、様々な労働安全衛生上の課題を抱えている。第三次産業の労働現場における安全衛生リスクを的確に評価するツールを作成するために、わが国の労働行政や各種団体の関連資料や国外の安全衛生研究機関などの研究論文や関連資料を収集・分析して、第三次産業の事業所の労働現場の安全衛生リスクを簡便に評価できるチェックリスト案を作成した。なお、チェックリストの作成の過程で、実際の事業所に赴いて見学及び聞き取り調査などを繰り返して、安全衛生リスクの洗い出しが適切に行われるかどうかを検討し、さらには、産業安全の専門家の意見も踏まえて、チェックリストの改良を重ねた。

実際に完成したチェックリストを労働現場で試用するに当たっては、その対象として総務省の労働力調査を参考に、従事労働者の多い「小売業」「飲食業」「貨物運送業・倉庫業」「旅客運送業」「医療業」を選び、中小企業家同友会から紹介を受けた事業所を訪問して、作成したチェックリストが労働現場における安全衛生リスクを的確に抽出できるのか、その妥当性について検討した。しかし、本チェックリストはまだ完成の段階ではなく、引き続き小規模事業場で実際に使ってもらった上で、リスクを十分にカバーしているかどうか、使い勝手はどうか、分量が適切かどうか、改善案が現実的であるかどうか、などの意見を収集し、さらに改善していくことが必要であると考えられる。

イ. 運送業(宅配業)で多発する労働災害とその防止対策の取り組みについて

陸上貨物運送事業(運送業)における平成21年の休業4日以上死傷者数は全体の12.1%を占めており、製造業、建設業に次ぐワースト3位の業種である。運送業における実際の業務は多様であるため、それぞれに応じた安全衛生リスクの評価法や対策を講じていくことが必要になってくる。本研究では、運送業の中でも宅配業を対象として、労災の発生状況について分析し、その実態を把握し、労災防止対策について検討することとした。まず、宅配業者に協力を求めて、労働災害の発生状況などの細かい統計資料を入手し、分析を行った。宅配業で発生している労働災害の内容を見ていくと、集荷ステーションでの構内作業中の労働災害と荷物の集荷作業中のものに分けられる。荷物の集荷

作業中に発生する労働災害は広範な発生場所や環境が予想されるため、ここでは、集荷ステーションでの構内作業中の労働災害を念頭に置いて、安全衛生リスクやハザードの特徴などを検討することとした。荷の集荷ステーションを中心に、既存のチェックリストや職場環境(照明や騒音など)を実測し、さらには、職場のレイアウトや整理整頓の状況を点検し、職場の安全衛生リスクを総合的に評価し、労災防止対策について検討した。その結果、ロールボックスパレットと呼ばれる物流機材の使用中の被災が多いことがその特徴であり、とりわけ、作業経験の浅い者に集中していることが明らかになった。

当該の宅配事業者は、多発する労働災害に対して「手甲部プロテクター」や「アキレス腱プロテクター」などの保護具を独自に開発し、労働災害が発生した時の被災者の災害程度の軽減を目指してきた。しかしながら、我々は今回の研究結果から、安全衛生リスクを評価するチェックリストを用いた職場環境の点検や職場巡視の実施、ロールボックスパレット使用ルールの徹底や安全確認、雇入れ時の安全教育の見直しと徹底、直接職場で管理するスタッフの充実などを、労働災害を防止する対策として提案した。

ウ. 医療職場における職場環境等改善を通じた 人間工学・ストレス対策とその効果について

医療従事者は非常に強いストレス状態で働いており、医師や看護師等の必要なスタッフの人員不足や過重労働だけではなく、この他にも安全衛生上の課題は多い。医療従事者の健康と安全を確保することは、その労働者のみならず国民の健康等を維持する上でも重要である。

働く人のストレス問題に対応するには、様々なアプローチ手段があるが、本研究では、職場のストレスとなりうる要因(職場環境や勤務条件)に対する一次予防的な措置を講じるという人間工学・ストレス対策を実施・検討し、医療従事者のストレス軽減を目指すことを目的とした。具体的には、労働者自らが参加するグループ討議を通じて、職場環境改善アクションチェックリスト等を利用しながら、自らの

職場のリスク要因を評価し、職場の改善対策の提案・実行・評価・再提案を進めていくという、いわゆる PDCA (Plan-Do-Check-Action) サイクルを基盤とした人間工学・ストレス対策を目指した。公立の総合病院の協力のもとで、10 職場(介入職場)から 2 名ずつファシリテータを選出し、職場環境改善アクションチェックリストを用いた人間工学・ストレス対策の研修を実施した。その後の 1 年間で、各職場でのグループ討議で提案された職場改善事例の報告会を 4 回開催し、各職場での作業環境測定や職場巡視結果をあわせて報告した。介入職場からは多くの改善事例が報告され、それらを分類すると表 1 のように六つに分類される。

今回実施した人間工学・ストレス対策が、職場の安全衛生活動や医療従事者の健康やストレス状態などに与える影響を評価するために、質問紙を用いたアンケート調査を介入時(ベースライン調査)と 14 ヶ月後(フォローアップ調査)に実施して比較検討した。

まず、職場でどの程度の改善対策が実施されてきたのかを検討すると、介入職場では非介入職場に比べて改善対策が実施されたと認識した労働者の比率は高くなっていた。しかし、改善対策について「より働きやすくなった」という認識に両者で有意な差は認められなかった。ベースライン調査と 14 ヶ月後のフォローアップ調査結果から、職場環境と心理的・身体的ストレス反応得点との関連が職場特異的に多数認められ、その解析により職場特有の問題点を抽出できる可能性が示唆された。看護師、看護師以外とも、介入群と非介入群の全体で見ると、ストレス反応の低減効果が認められなかった。しかしながら、介入群を職場ごとの個別にみていくと、仕事の情報伝達に関する領域の改善対策(表 1 参照)が盛んに行われていた某介入病棟の看護師では、非介入病棟の看護師に比べて「仕事の負担

度」が減少し、「仕事のコントロール度」は上昇し、結果的に心身のストレス反応の低減効果が認められた。さらに、職場で実施された改善対策の効果の有無に関する評価の違いで比較検討すると、「効果有り」と評価した群では「効果無し」の群に比べて心理的ストレス反応得点が低く抑えられていた。このことは、ファシリテータが職場の安全衛生リスクやストレス問題を的確に把握し、職場での合意形成を踏まえて改善対策を実施していくことで、メンタルヘルス対策としても効果的な安全衛生活動を展開できることを示唆している。

表 1 職場から提案・実施された環境等の改善対策

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

エ. 病院・病理検査室におけるホルムアルデヒドのリスクアセスメント手法の確立とばく露低減対策

病院の病理検査室ではホルムアルデヒドが古くから使われてきたが、IARC がその毒性を見直したことも影響し、ホルムアルデヒドに関わる一連の労働安全衛生法規等が 2007 年に改正された。具体的には、①ホルムアルデヒドの第二類物質への格上げ(特化則)、②特定業務従事者の健康診断の適用、③作業環境測定の実施と記録の保存(30 年)、④特定管理物質への追加、⑤局所排気装置の性能要件の設定、⑥管理濃度の設定(0.1ppm)などである。このような動きを踏まえて、本研究では、病理検査室におけるホルムアルデヒドのリスクアセスメント手法の確立とばく露低減対策とその効果について検証した。

まず、病理検査室内におけるホルムアルデヒドの作業環境測定(連続測定を含む)や勤務時間(長時間ばく露)およびホルムアルデヒドを直接取り扱う作業(短時間ばく露)におけるパッシブサンプラーを用いたばく露を測定し、ホルムアルデヒドのばく露状況を評価した。なお、ホルムアルデヒドのリスクアセスメントを行う際の判断基準としては、わが国の管理濃度(0.1ppm)と日本産業衛生学会の短時間の許容濃度(0.2ppm)、ACGIH の TLV-C(0.3ppm)を参考にした。

ホルムアルデヒドを直接取り扱う作業(臓器の切出しや臓器の水洗作業、写真撮影、標本作製など)の環境中のホルムアルデヒド連続測定結果では 1.5~2.5ppm で推移しており、この結果は短時間ばく

露の許容濃度として提案されている日本産業衛生学会や ACGIH の基準を遙かに超える状態にあった。

ついで、ホルムアルデヒドの個人ばく露を評価するために、検査技師の勤務時間中のホルムアルデヒドばく露を測定した結果、その三分の二で管理濃度の 0.1ppm を超えていた。ホルムアルデヒドのばく露濃度は、ホルムアルデヒドを直接取り扱う作業の時間と有意な高い相関が認められ、さらに、その取り扱う作業時間が 1 時間を超える(60.0%)と、1 時間以下の場合(6.7%)に比べると、管理濃度である 0.1ppm を超える比率が有意に高くなっていた(図 1)。

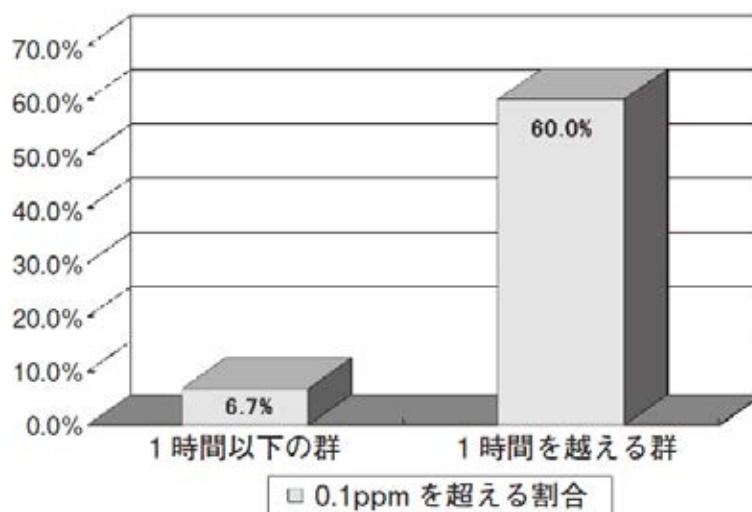


図 1 ホルムアルデヒドばく露時間の長さの違いによる管理濃度 (0.1ppm) を超える比率の比較検討

ホルムアルデヒドを直接取り扱う作業を適切な局所排気装置のもとで実施することでばく露を低減させることが可能になることを、病院側にアドバイスした結果、開放式プッシュプル型の排気装置(下の写真 1 参照)を導入した。この改善対策の効果を判定するために、同様のばく露評価を実施した結果、改善後の長時間ばく露を測定したところ、測定した全例で管理濃度の 0.1ppm を下回り(図 2)、その改善効果が認められたが、ホルムアルデヒドを直接取り扱う作業での短時間ばく露測定では 0.33、0.24ppm と許容濃度の 0.2ppm を超えており、急性の健康影響の防止という観点からは課題が残った。

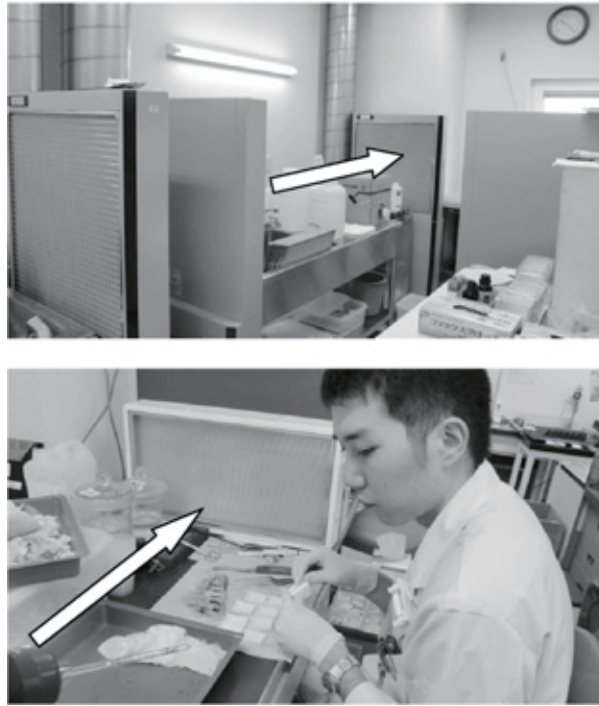


写真1 ばく露低減対策として導入された開放式プッシュプル型換気装置
(上：切出室内に導入された大型の換気装置，下：卓上型の換気装置)

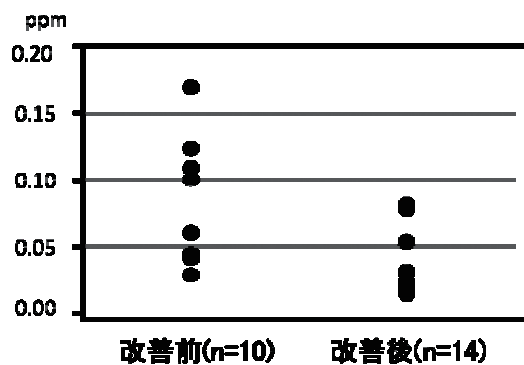


図2 ばく露低減対策前後でのホルムアルデヒドばく露濃度の測定結果

オ. 病院・薬剤部における抗がん剤ばく露のリスクアセスメント評価法の確立、安全対策の提案とその検証

抗がん剤は細胞の DNA を傷害する、あるいは細胞分裂を阻害することでがん細胞を殺すが、がん細胞だけでなく正常細胞にも影響を及ぼす。抗がん剤は通常、輸液に注入して使用されるが、その輸液の調製時や投与時および廃棄の際、医療従事者は、抗がん剤を吸入したり皮膚に付着したりする危険性がある。アメリカの国立労働安全衛生研究所 (NIOSH) では、医療現場において抗がん剤、抗ウイルス薬、ホルモン、一部のバイオ医薬品など有害な薬剤を取扱うことにより、あるいはその近くで働くことにより、皮膚発疹、不妊症、流産、場合によっては白血病やその他のがんを引き起こす可能性がある、と 2004 年に警告している。一方、わが国でも、日本病院薬剤師会が抗がん剤取り扱いに関するガイドラインを制定 (1991 年, 2005 年には改定) している。

本研究では、まず、病院の薬剤部における抗がん剤ばく露のリスクアセスメント評価法を確立し、現在提案されている安全対策の効果を検証することとした。その上で、より簡便で汎用性の高いリスクア

セスメント評価法や安全対策をすすめる具体的ツールを確立し、その有効性を検証することで、全国の病院で行われている抗がん剤調製作業の安全対策に資することができればと考えた。抗がん剤調製作業のばく露を評価するために、三つの病院・薬剤部に研究協力を求めた。いずれの病院も BSC (安全キャビネット)を有する専用の抗がん剤調製室を持ち、地域のがん拠点病院としてがん患者の治療に従事してきた公立病院である。対象とした抗がん剤はシクロホスファミド(CPA)、フルオロウラシル(5FU)、ジェムザール(GEM)、白金製剤(Pt)であり、BSC 内部・作業台・床やガウン・マスク・手袋への抗がん剤飛散などの環境汚染状況、薬剤師の一日尿中の抗がん剤の測定によるばく露評価を行うと共に、どのようなミキシング手技が行われているのか、どのような清掃が行われているのか、クローズドシステムは導入されているのか、などを抗がん剤調製作業の詳細についても調査した。

その結果、抗がん剤調製室における抗がん剤汚染状況を評価したところ、程度に差はあるものの、いずれの病院からも抗がん剤が検出された。BSC 内空気およびエアコンフィルタ拭き取り試料から抗がん剤が検出されたことから、調製時に飛散した、もしくは室内に残存した抗がん剤が空气中に飛散する可能性が示唆され、また BSC の重要性が再認識された。クローズドシステムは抗がん剤の職場環境汚染および調製者へのばく露を明らかに減少させたが、クローズドシステムだけでは完全に抗がん剤の汚染とばく露を予防できなかつた。そのため、調製室内の清掃等を含めた安全対策が必要となった。BSC 内の清掃には消毒用エタノールのみでは不十分であり、水および水酸化ナトリウム液による拭きとりが重要であった。BSC の中と外を往復するステンレストレイはなるべく汚染を少なくする必要がある。特に 5FU のカット後のアンプル等で汚染されたトレイは作業台をはじめ、調製室全体を汚染する可能性が高い。3 病院とも抗がん剤汚染がみられた作業台および床の適切な清掃方法を検討する必要がある。また、BSC 内のみならず調製室内全体が抗がん剤に汚染されている可能性あるため、調製室内に出入りする人への対策が必要と考えられた。3 病院いずれにおいても、最も抗がん剤濃度が高かった 5FU については、適切な容器および容量の設定が望まれる。

BSC の導入やクローズドシステムの使用は抗がん剤ばく露防止に一定の効果のあることは確認できたが、高額な経費がかかること、効果判定の科学的検証に時間と経費がかかることから、より簡易で汎用性の高いばく露防止対策が必要であるという認識に至った。

そこで、今までの調査研究で得られた、抗がん剤ばく露防止に寄与する知見を参考にして「安全な抗がん剤調製のためのチェックリスト」と「抗がん剤ミキシング基本マニュアル(入院・外来共通)」を作成した。

「安全な抗がん剤調製のためのチェックリスト」は医療機関で安全な抗がん剤調製作業が行われているかどうかを診断することを目的として作成され、A) 設備・メンテナンス(10 項目)、B) 文書化とトレーニング(23 項目)、C) 安全対策キット(6 項目)、D) 個人保護具(6 項目)、E) 緊急時対応(12 項目)の 5 群からなり、各設問の点数は重要度に応じて重み付けがなされており、最終的には各群の合計点をレーダーチャートとしてあらわし、安全な抗がん剤調製の目安を 80% とした。

「抗がん剤ミキシング基本マニュアル(入院・外来共通)」は抗がん剤調製専用の部屋に設置された BSC 内で薬剤師がミキシングを行うことを前提として作成され、①保護具の装着(8 項目)、②安全キャビネット内の消毒(5 項目)、③調製作業(7 項目)、④一日の作業終了後の清掃と脱衣(12 項目)、⑤一時退出時の保護具の脱衣(5 項目)からなる。なお、このマニュアルが作成された背景には、抗がん剤調製作業が安全かつ適切に実施され、BSC 内外の抗がん剤の汚染が少なく、薬剤師へのばく露もほとんど確認できなかった医療機関でのミキシング手技を参考にした。

これらの「安全な抗がん剤調製のためのチェックリスト」と「抗がん剤ミキシング基本マニュアル(入

院・外来共通)」の科学的効果を検証するために、病院・薬剤部の協力のもとで介入研究を実施した結果、導入後には抗がん剤のBSC内部・作業台やガウン・手袋への環境汚染は検出されず、「安全な抗がん剤調製のためのチェックリスト」と「抗がん剤ミキシング基本マニュアル(入院・外来共通)」を用いることによる効果が科学的に検証できた。

従って、今後、医療機関で抗がん剤調製作業の現状の危険度を判定し、ばく露防止のための安全対策を検討するにあたっては、①「安全な抗がん剤調製のためのチェックリスト」を用いて現在の病院の状況を点数化する、②次の改善に必要な場所の見当をつけてから「抗がん剤ミキシング基本マニュアル(入院・外来共通)」を参考にして安全対策を実施する、③再び「安全な抗がん剤調製のためのチェックリスト」で点数化して評価を行う、という一連作業は、効率的に安全対策を進めていく上で極めて重要だと考える。

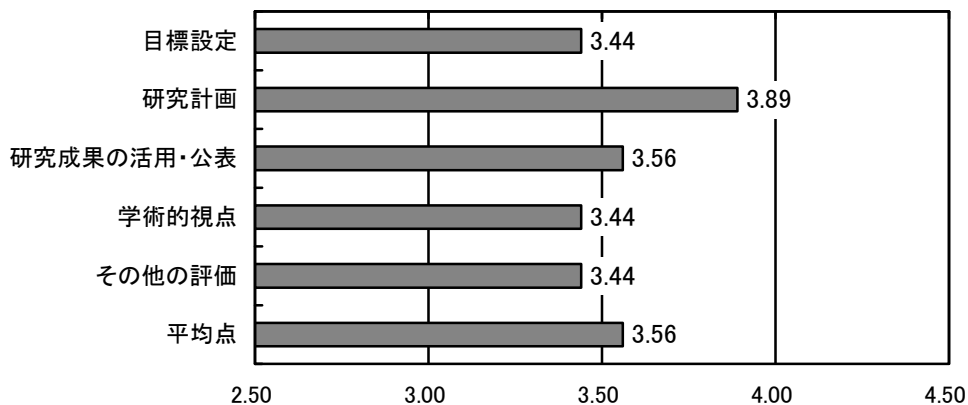
カ. 研究業績

平成 21 年度(2009 年)		
1	原著論文	甲田茂樹, 熊谷信二, 佐々木 毅, 吉田 仁. 病院の病理検査室におけるホルムアルデヒドばく露のリスクアセスメントについて. 労働安全衛生研究 2010; 3(1): 5-10.
2	原著論文	Jin Yoshida, Shigeki Koda, Shozo Nishida, Toshiaki Yoshida, Keiko Miyajima, and Shinji Kumagai: Association between occupational exposure levels of antineoplastic drugs and work environment in five hospitals in Japan The Journal of Oncology Pharmacy Practice.
3	研究所出版物	病院の職場環境等の改善事例集. プロジェクト研究「第三次小規模事業場におけるリスク評価法の開発に関する研究(独)労働安全衛生総合研究所. 2009.
4	国内外の研究集会発表	甲田茂樹, 吉田 仁, 佐々木 毅, 熊谷信二(2009)シンポジウム「これらの医療従事者の産業保健:多様な課題とグッドプラクティス」-新しい化学物質による健康障害のリスク評価. 第 82 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 51(Suppl.), p157-158.
5	国内外の研究集会発表	吉田 仁(2009)教育講演「医療従事者における抗がん剤の職業的曝露と健康影響に関する研究」. 日本注射薬臨床情報学会.
6	国内外の研究集会発表	吉田 仁(2009)シンポジウム「抗がん剤調製時の Closed-system の有用性, 曝露調査と閉鎖系器具の有用性」. 日本病院薬剤師会 関東ブロック第 39 回学術大会.
7	国内外の研究集会発表	吉田 仁(2009)シンポジウム「抗がん剤による曝露対策をどう考える, 抗がん剤曝露と NIOSH ガイドライン」第 19 回日本医療薬学会年会, 講演集, p251.
8	国内外の研究集会発表	吉田 仁, 丁 元鎮, 望月千枝, 榎 喜恵, 甲田茂樹, 熊谷信二(2009)抗がん剤調整室におけるシクロホスファミド汚染に対する閉鎖系注入器具の有用性評価. 第 82 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 51(Suppl.), p257.
9	国内外の研究集会発表	中野寛之, 杉本貴洋, 望月千枝, 丁 元鎮, 榎 喜恵, 吉田 仁, 宮島啓子, 吉田俊明, 熊谷信二, 甲田茂樹(2009)抗がん剤調製室を持つ病院薬局での抗がん剤拡散について. 第 19 回日本医療薬学会年会, 講演要旨集, p351
10	国内外の研究集会発表	藤原季美子, 吉田 仁, 古川 諭, 島元健次, 木寺康裕, 谷森佳弘, 川口明範, 宮島啓子, 吉田俊明, 熊谷信二, 甲田茂樹, 西田升三, 山添 譲, 森山健三(2009)閉鎖系注入器具導入による当院の外来化学療法室内薬剤調製室の環境改善事例. 第 19 回日本医療薬学会年会, 講演要旨集, p351.
11	国内外の研究集会発表	齊藤宏之, 木村真三, 平田 衛, 梅崎重夫, 濱島京子(2009)第三次小規模事業所向け安全衛生チェックリストの作成とその検証. 日本産業衛生学会中小企業安全衛生研究会第 43 回全国集会, 講演集, p8-9.
12	国内外の研究集会発表	大西明宏, 甲田茂樹, 佐々木 毅, 久保智英(2010)某陸上貨物運送業者における労働災害の実態と防止に向けた取組み. 第 83 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, 52(Suppl.), p407.
13	国内外の研究集会発表	甲田茂樹, 熊谷信二, 吉田 仁, 佐々木 毅(2010)病院の病理検査室におけるホルムアルデヒドばく露のリスクアセスメントについて. 第 83 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 52(Suppl.), p469.
14	国内外の研究集会発表	吉田 仁, 熊谷信二, 甲田茂樹, 西田升三(2010)医療現場における抗がん剤取り扱い方法と職場環境汚染との関連性. 第 83 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 52(Suppl.), p469.
15	総説ほか	甲田茂樹. リスクアセスメント手法を用いた労働衛生対策～化学物質管理を中心に～. 安全衛生コンサルタント. 2010; 30(95): p22-27.

16	総説ほか	甲田茂樹. 職場で実践できる一次予防としてのメンタルヘルス対策の勧め. 労働経済春秋
平成 20 年度(2008 年)		
1	原著論文	Jin Yoshida, Genshin Tei, Chie Mochizuki, Yoshie Masu, Shigeki Koda, Shinji Kumagai. Use of a closed system device to reduce occupational contamination and exposure to antineoplastic drugs in the hospital work environment. Ann Occup Hyg. 2009; 53: 153-160.
2	研究所出版物	病院の職場環境等の改善事例集. プロジェクト研究「第三次小規模事業場におけるリスク評価法の開発に関する研究」(独)労働安全衛生総合研究所. 2008.
3	国内外の研究集会発表	木村真三, 甲田茂樹(2008)医療従事者に於ける電離放射線被ばくのリスク評価(第一報).第 81 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 50(Suppl.), p474.
4	国内外の研究集会発表	佐々木 毅, 堤 明純, 甲田茂樹(2008)医療従事者におけるストレス対策を目指した職場環境等の改善に基づく介入研究の試み (I). 第 81 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 50(Suppl.), p511.
5	国内外の研究集会発表	平田 衛, 齊藤宏之, 木村真三(2009)第三次産業の小企業における安全衛生リスク評価法の開発-第二報-販売業. 日本産業衛生学会 中小企業安全衛生研究会第 42 回全国集会, p11-12.

(2) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

- (A委員) 職場改善に繋がる参加型安全衛生活動の展開に役立つチェックリスト、マニュアルの情報発信を積極的に行って欲しい。
- (B委員) 第3次産業における、安全衛生リスク評価法の本格的浸透等、本研究の成果が期待される。チェックリストをうまく活用していただきたい。(D委員) 広範囲の分野にまたがる研究であり、課題も山積しているが、3年間という短い研究期間であるため、成果が限られた分野にのみ絞られていることは理解できる。限られた分野ではあるが高い効果が得られている。
- (E委員) 本研究で開発した「安全衛生リスク評価法」がどのように使われ、どのように役立っているのかを検証しないと、この評価法の有効性を評価したことはない。
- (G委員) 本研究は、第3次産業の事業所の労働安全衛生リスクを簡便に評価できるチェックリスト案の作成が狙いである。しかし、第3次産業といっても多岐にわたるので、まとまりのある提案とするに、最終報告のように、医療に絞ったのは良い。チェックリスト作成の前に現場の実情を把握するための分析が必要であったと説明されたことは理解できるが、それならば当初計画段階で、もっと実際にできることに焦点をおいて計画を作成した方がよい。この現状把握のための方法研究を経て、チェックリストが策定できる。チェックリストとしては、もっと実際の場での評価を得た形で、十分利用可能なものに仕上げて提案してほしい。

- (H委員) 産業現場では all or nothing 的リスク評価は馴染まないものと考えられるので、安全衛生リスク評価という表現を掲げるのであれば、危険と防護策との関係をリスクで段階表示する等の努力をして欲しかった。
- (I委員) 多面的な領域を提案し、最終的には就業人口が大きい 500 万人の大次産業である医療に焦点を当て、現場で問題となっている抗がん剤の調剤を如何に安全に行うかに取り組んでいた。医療事故と過重労働などにも切り口にさらに発展させることを期待する。
- (K委員) 第 3 次産業のリスク評価法の開発というテーマであるが、全体としては医療系に偏っていて、研究課題名と研究内容との間にやや違和感がある。それぞれのサブテーマについては、成果が上がっていると思われるが、プロジェクト全体としての結論が不明確で、拡散しているような印象を受ける。
- (L委員) 本来のテーマである「安全衛生リスク評価法の開発」に重点を置いた研究とすべきであった。とってつけたようなサブテーマがみられる。

(3) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

本研究に関して御指摘いただき感謝申し上げます。研究テーマが第三次産業の小規模事業所を対象にしているため、あまりにも広く、研究期間内に効率的にかつ普遍的な研究成果が得られたかどうか、疑問に思われた委員(G委員、K委員、L委員)からの御指摘がある一方、肯定的な評価の御意見(D委員、I委員)もいただきました。その点につきましては、研究期間や研究組織、研究費等の制約から、対象となる第三次産業を労働災害や業務上疾病が多く発生している業種や特有の安全衛生リスクを有する業種に絞らざるを得ませんでした。調査対象となる業種を絞り込み過程で、極力、労働安全衛生上の研究の必然性や労働現場でのニーズを考慮したつもりです。危険と防護策との関係をリスクで段階表示する努力をすべきであった(H委員)との御指摘についてはごもっともだと思います。これについては、抗がん剤のリスクである程度定量的な評価、すわなち、対策としての BSC・クローズドシステム・チェックリストによる評価とマニュアル使用の発がんリスクの低減は示すことができるとは思いますが、それ以外のストレス対策や労働災害対策では不十分であったと考えております。今後、同様の研究を進める上で、上記の指摘に応えられるように配慮してまいります。

また、本研究で提示された安全衛生リスク評価法(具体的にはチェックリストやマニュアル)の活用や有効性の検証を求める意見(A委員、B委員、E委員、G委員)が多数出されておりました。本研究で提案したものは、運輸業など 5 業種の小規模事業所向けのチェックリストと医療現場における抗がん剤調製作業におけるチェックリストとマニュアルですが、前者については、その活用や検証作業が今後の課題として残されております。研究成果を研究所の HP などで公表して多くの事業所で活用していただく努力を行う予定です。抗がん剤については、発表時間の制約から詳細を説明できませんでしたが、チェックリストとマニュアルを作成する過程で 5 つの病院における抗がん剤ばく露を防止する好事例や対策など(科学的な裏付けとしては汚染状況やばく露を定量的に評価しております)を参考にしており、さらには、関東近辺のがん拠点病院での試用を経て作成しております。その成果は昨年度末に学術論文として受理されており、一定の活用や検証作業を行ってきました。ただ、本研究で得られた知見やチェックリストとマニュアルなどを、さらに広く活用していただくような努力をするよう予定しております。

3.5 先端産業における材料ナノ粒子のリスク評価に関する研究（平成19年度～平成21年度）

（1）研究概要

ナノテクノロジー産業が発展することに伴い、ナノテクノロジーで用いられるナノ材料に由来する、粒子径が数～数百 nm の粉じん粒子（ナノ粒子）に、労働者がばく露することによる健康影響の可能性が指摘されている。ナノ粒子は、いままで労働環境中で管理の対象となっていたサイズがより大きい（ μm スケール）の粉じん気中粒子よりも強い有害性を持つのではないかという疑いももたれており、これらナノ粒子のばく露から労働者の健康を守るために必要な研究を行うことが求められている。

当研究所では、平成19年度から3年間にわたり、労働者がナノ材料にばく露する可能性の有無について、ナノ材料取り扱い事業場へのアンケート調査と現場での測定で調査するとともに、職場環境でのナノ材料由来粒子の評価方法について研究を行った。またナノ粒子の有害性について、細胞実験では銀ナノ粒子について、動物実験では酸化セリウムについて検討を行った。

ア. ナノテクノロジー産業と労働衛生問題

1985年に、星間物質（宇宙空間に存在する物質）の研究中に炭素原子60個からなる新しい物質「フラーレン」が発見された。この物質は炭素原子同士の結合が六角形と五角形を形成し、全体としては直径0.7nm（1nm:1ナノメートル=10億分の1メートル）の球状をしている。その形がサッカーボールと似ているためサッカーボール分子などともいわれる。フラーレンは科学的に興味深い性質を多数持ち、超伝導やマイクロマシンの構造材等といった技術的応用が期待されているため、その大量製造法が研究された。その過程で1991年に、NECの飯島澄男氏により、炭素原子でできたチューブ状の物質が発見された。これがカーボンナノチューブ（CNT）であり、CNTもフラーレン同様様々な技術的応用が期待される物質であるため、その効率的な製造法が各国により精力的に続けられている。

フラーレン、CNTといった炭素系の新材料の研究とは別に、金属酸化物などの無機材料も微細化による性能改善が図られ、従来の破砕（大きなものを小さくする）に加えて、気相合成（ガスを反応させて小さなものを大きく成長させる）といった新しい製造方法がとられるようになった結果、数～数十 nm の大きさを持つ粒子が製造されるようになった。その結果、微細化の目的であった物理的・化学的性能の改善の他に量子力学的作用による全く新しい性質を有するものも現れた。

このように、物質を構成する原子を「ナノサイズ」で制御して構造を組み立てることにより、様々な物理的・化学的機能を持たせることが可能になることがわかった。この技術を総称したのが、最近、新聞・テレビなどでもよく取り上げられ、一部商品の宣伝文句にも使われるようになった「ナノテクノロジー」である。

ナノテクノロジーは、21世紀の前半において科学技術の中心となると予想されている。特に20世紀後半より人類が直面している、食糧難・環境破壊などの問題に対処する為に必要不可欠な技術であると考えられる。ナノテクノロジーは人類全体にとって重要であると同時に我が国の産業にとっても大変重要である。重要な理由の一つは、グローバル化する経済状況にあって、知的集約型の高付加価値製品を送り続けることが不可欠な状況にあるということ。その中にあって、CNTの発見者が日本人であることからわかるようにナノテクノロジーに関わる技術について日本は世界的にも最先端を進んでいることが挙げられる。

夢の技術ともいえるナノテクノロジーではあるが、今世紀初め、まさに夢の実現が始まろうとしたときに、大きな問題が立ちはだかり始めた。それは一言で言ってしまうと、「ナノテクノロジーは安全か？」

という問いに誰も答えを出すことができないということである。

そこで、ナノテクノロジーで用いるナノマテリアルが原因となるヒトへの健康障害はまだ報告されていないが、ナノテクノロジーの開発と並行して、ナノテクノロジーの「リスク評価」を行い、ナノテクノロジーが社会にもたらす利益と不利益の双方を社会に示す「リスクコミュニケーション」が行われつつある。

新しい技術・特に新しい物質を扱う場合、産業に従事している労働者はまさに最前線であり、労働者の健康を守るための適切な対策は一般環境での対策のためのノウハウとなるとともに、もっとも最初に新しい技術にふれる生産現場で安全・健康問題を引き起こさないことは、新技術の不利益が過大評価されないためにも重要である。そういった点で我々労働安全衛生の研究に携わる者は、日々の労働者の安全・健康を守るという直接的な社会的使命・責務の他に、新しい技術の社会的受容にも関わる責務も負っている。このような背景に基づき独立行政法人労働安全衛生総合研究所では、平成19年度から3年間、ナノテクノロジー産業に係わる労働衛生問題についてのプロジェクト研究を行った。

イ. 研究の全体像

本プロジェクト研究は、平成19年度から3年間に渡り行った。本研究では様々な専門の研究者を有する当研究所の特長を生かし、多数の研究者が参加した。研究の概要と参加したメンバーは、本稿の著者8名に加え、現在は退職した2名戸谷忠雄(当時健康障害予防研究 G)、芹田富美雄(当時環境計測管理研究 G)の計10名である。また、生体影響評価に、外部の研究者として、聖マリアンナ医科大学の高田礼子准教授の協力を得た。これらのメンバーの専門は、医学、(疫学、病理学)、労働衛生工学、化学、鉱物学、生化学、毒性学と多岐に亘っており、それぞれが分担および相互協力して、(1)ナノテクノロジーの実態調査、(2)ナノ粒子測定法の評価、(3)ナノ粒子毒性評価法の開発を行った。これらの研究は、図のように相互に関連づけを行いながら研究を遂行した。

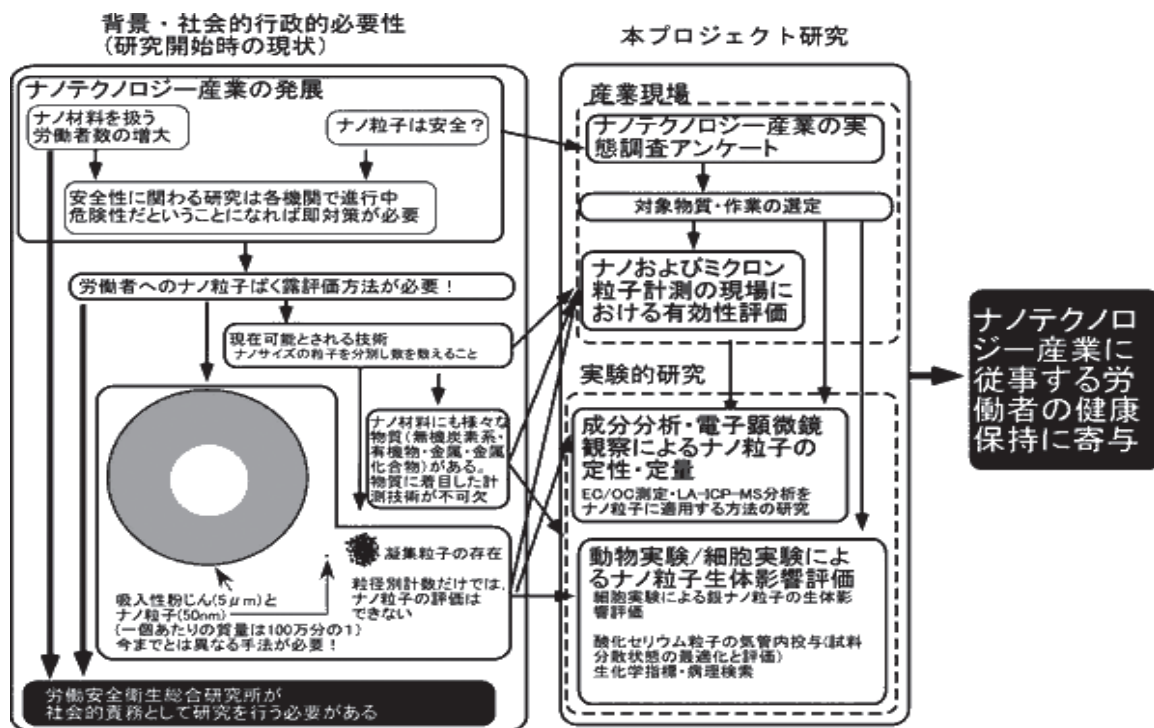


図1 研究の全体像

ウ. ナノテクノロジーの実態調査(アンケート)

本研究開始時にはナノテクノロジー関連産業における労働者のナノ粒子へのばく露可能性について、包括的に把握されていないため、対策に関する研究を行うにしろ、将来健康影響調査を行うにしろ、まずばく露の可能性も含む取り扱い実態調査を行う必要があった。まず、ナノテクノロジー関連企業リストを作成し、使用物質、ナノ物質取扱労働者の作業態様等についてアンケート調査を行った。

アンケート調査は産業技術総合研究所(AIST)と共同で行った。ナノテクノロジービジネス協議会(NBCI)の協力を得て、企業80社の適切な担当者に対してNBCIを通じて調査票を送付し、郵送で回収した。ナノテクノロジー産業には、企業秘密が多いこともあり、十分な情報を得るために多数の質問事項を掲げた調査票では著しく回答率が落ちることが予測されたため、本アンケート調査では、A票(企業の基本情報、取扱っているナノマテリアルの種類や総合的な労働衛生管理の状況など)とB票(主要なナノマテリアル製品とその基本的情報、具体的な生産プロセスごとのばく露予測や労働衛生管理の状況など)の2種類の調査票に分けた。その結果、A票は48.8%、B票では35%の回答が得られた。このアンケート調査の結果より、ナノマテリアルを取扱っている多くの企業では一般的な労働衛生管理を適用しているが、ナノマテリアルに関する有害情報と健康影響、ばく露実態や適切な保護具などに不安を抱く企業も少なくなかった。ナノマテリアルの中でも主要な金属酸化物やCNTについては、主として粉じん対策としての労働衛生管理が行われ、その内容は保護具の支給が最も多く、ついで局所排気装置、全体換気などであることがわかった。また、生産プロセスごとのばく露については、製造・秤量・装置注入・製品回収・清掃などでその懸念があるとする比率が高かった。

エ. ナノテクノロジーの実態調査(現場調査)

さらにアンケートに回答をいただいた企業に現場調査を依頼し、協力が得られた企業(炭素系4社、金属系2社)で実際の作業現場に測定装置を持ち込んだ現場調査を行った。測定には、ナノ材料が空気中に放出されて発生されるとされている粒子径100nm以下の「ナノ粒子」を対象とした測定器として、10nm~1000nmの大きさの粒子濃度を測定する凝縮核カウンター(CNC)、ナノ粒子を約10nm~400nmの範囲に渡り粒子の大きさ別濃度(粒度分布)を測定する走査移動度粒径測定器(SMPS)に加え、ナノ粒子が多数集まって生じると予想されるミクロンサイズの粒子を対象とする測定器(粒子カウンターOPC)の双方を持ち込んで測定を行うと共に、現場の空気中の粒子を捕集し、研究所に持ち帰り、電子顕微鏡観察や各種の化学分析を行った。

実際に測定を行った現場は、ナノ材料を粉体として扱っている製品の袋詰めや装置への投入工程が中心だが、ナノ材料を製造している反応炉を開ける工程についても何カ所かで測定を行った。

測定の結果、作業に伴う粒子濃度変化はOPCで捉えることができる場合が多かった。OPCはナノサイズの粒子発生を捉えることはできないが、物理現象の連続性や、OPCとSMPSで同時に測定した経験からいえば、ナノ粒子も含め、OPCの測定結果を利用して、粒子発生の危険性の高いホットスポットの推定や、局所排気装置の評価などには十分使えるといえた。一方、SMPSを用いればCNC単独よりは実態に近づくことはできるが、SMPSは、高価であるだけでなく大きく工場内のどこにでも持ち込めるわけではないという問題が残っている。現時点では、ナノに対応していない機器であっても積極的に用いることによりナノを含む粉じん全体として制御するという方法は有効であるというのが我々の結論である。

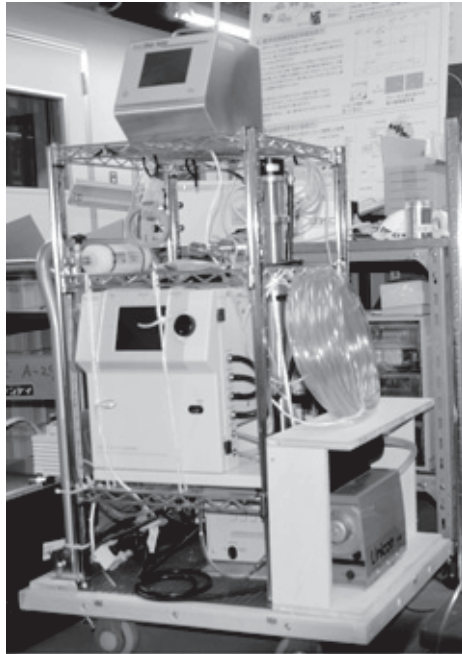


図 2 現場調査に持ち込んだ測定器の一部

オ. ナノ粒子分析法の検討

ナノ粒子計測は物質情報がないため、労働環境管理には不十分な情報しか得られない。本研究では物質情報も得られる計測法として、現場調査における各種測定機器の結果と電子顕微鏡観察を組み合わせることによるナノ粒子計測法の評価および、フラーレン、CNT の分析法の開発・評価を行った。フラーレンは、有機溶媒に溶解する性質を利用して高速液体クロマトグラフによる分析法が提案されている。この方法の労働環境への応用を試み、実際にフラーレン取り扱い職場から採取した粉じん粒子の分析に適用して、作業の有無と気中フラーレン濃度に関連があることを見いだした。

CNTおよびカーボンブラック(CB)は、元々、ディーゼル排気ガス中の粒子(DEP)の分析用に開発された有機/元素状炭素モニター(OC/EC モニター)の運転条件(試料加熱プログラム)に変更を加えることにより、大気中に存在するDEPを始めとするバックグラウンド粒子と、CNTやCB粒子を分離して測定する方法を開発した。この方法を用いてCNTやCB製造工場中の空気中粒子の分析を行った結果、CNTやCBの分析が可能であった。

カ. ナノ粒子のハザード評価

ナノ材料は日々多くの材料が開発されているため、ナノ粒のばく露による生体影響を知るために、迅速なスクリーニング法である、ヒト培養細胞を用いた所謂 *in vitro* 試験の重要性が高まると考えられる。一方、呼吸器への影響を定量的に確定させるには、空気中に粒子を発生させたエアロゾル試料を動物に呼吸させる吸入ばく露実験を行う必要があるが、吸入ばく露実験は時間も費用もかかるため、補助的な方法として、気管内投与実験が広く行われている。当研究所においても高度な技術と多数の経験に基づく標準的な試験方法が確立されている。本プロジェクト研究では、前者の例として、銀ナノ粒子の生体影響評価を行った。後者の例として2種類の粒径の酸化セリウムをラットに投与した実験を行った。

細胞実験による銀ナノ粒子の影響は、ヒト由来 HeLa 細胞を用い、銀ナノ粒子または硝酸銀(対照

試料としての銀イオン)を添加して細胞生存率、アポトーシスの有無、ストレス応答タンパク質の遺伝子発現量を評価した。その結果、硝酸銀よりは弱いものの銀ナノ粒子も細胞障害性を示し、その障害にアポトーシスや酸化ストレスが関与することを見いだした。本研究で用いた、細胞死の有無や細胞死の形態、および遺伝子発現変動などを指標としたナノ粒子の生体影響評価法は、労働現場の実態調査結果に基づいたナノ粒子についても応用可能である。

酸化セリウムの気管内投与による生体影響評価は、11nmと200nmの酸化セリウム粒子をラット気管内に投与し、投与14日後に肺胞洗浄液(BALF)の生化学測定、肺組織の電顕観察および酸化ストレス応答遺伝子の発現量解析を行った。その結果、より小さい粒子の方が有害性が大きいという予想とは異なり、200nmの粒子の方が評価に用いた生体影響指標により大きな変化をもたらす場合があった。この結果から、一次粒子サイズの大きさだけで生体影響を考えるのではなく、検査対象とするナノ粒子の化学的特性、分散状態、組織内分布など多くのファクターで考慮する必要があることが示唆された。

キ. 情報の収集と公開

前項までが、プロジェクト研究として我々自身が行ったナノテクノロジー職場の労働衛生に関する研究である。これらの他に、独立行政法人労働安全衛生総合研究所は、平成21年3月31日厚生労働省労働基準局長通達(基発第0331013号)に基づき、ナノテクノロジー職場の労働衛生に係わる情報(当研究の研究成果にとどまらず、各国のガイドライン、他の研究機関の研究成果など)について、国民に提供する事とされている。この、通達に基づき、研究所ホームページ内に特設ページ「職場におけるナノマテリアル取り扱い関連情報」(<http://www.jniosh.go.jp/joho/nano/index.html>)を設けている。このホームページの作成メンバーは本研究プロジェクトのメンバーと重なっており、情報の収集・英文情報の翻訳などに、本研究プロジェクトが全面的に協力を行った。プロジェクト研究は終了したが、ホームページでの情報収集は、継続しており、今後とも情報を充実させてゆく予定である。

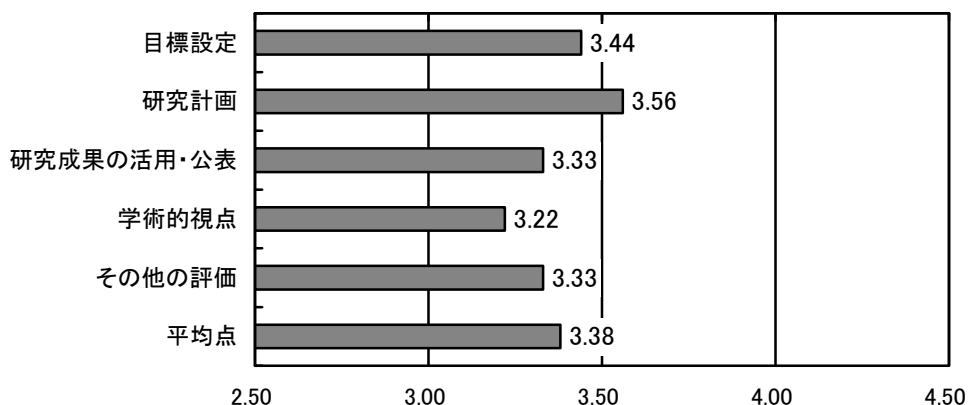
ク. 研究業績リスト

平成 21 年度(2009 年)		
1	原著論文	Nobuhiko Miura, Yasushi Shinohara(2009)Cytotoxic effect and apoptosis induction by silver nanoparticles in HeLa cells. <i>Biochem Biophys Res Commun</i> 390, 733-737.
2	原著論文	Toshihiko Myojo, Takako Oyabu, Kenichiro Nishi, Chikara Kadoya, Isamu Tanaka, Mariko Ono-Ogasawara, Hirokazu Sakae and Tadashi Shirai (2009)Aerosol generation and measurement of multi-wall carbon nanotubes. <i>J Nanoparticle Res</i> 11(1), 91-99.
3	原著論文	鷹屋光俊, 芹田富美雄, 小野真理子, 篠原也寸志, 齊藤宏之, 甲田茂樹(2010) 多層カーボンナノチューブ製造工場における気中粒子の測定及び炭素分析 1-袋詰め作業-, <i>産業衛生学雑誌</i> , vol. 52, No.4,p182-188
4	原著論文	Mitsutoshi Takaya, Fumio Serita, Kazunori Yamazaki, Shigetoshi Aiso, Hisayo Kubota, Masumi Asakura, Naoki Ikawa, Kasuke Nagano, Heihachiro Arito, and Shoji Fukushima (2010). Characteristics of Multiwall Carbon Nanotubes for an Intratracheal Instillation Study with Rats. <i>Industrial Health</i> , vol.48, No.4, 452-9.
5	原著論文	久保田久代, 鷹屋光俊, 芹田富美雄, 甲田茂樹(2010) プラスティック材料に含まれるナノ添加剤の透過電子顕微鏡観察-粉体塗料を試料とした試料調製-, <i>労働安全衛生研究</i> , Vol.3, No.2, 125-128.
6	原著論文	Mariko Ono-Ogasawara, Fumio Serita and Mitsutoshi Takaya(2009)Distinguishing nanomaterial particles from background airborne particulate matter for quantitative exposure assessment. <i>J Nanoparticle Res</i> 11(7), 1651-1659.
7	原著論文	Mariko Ono-Ogasawara, Toshihiko Myojo (2010) Proposal of Method for Evaluating Airborne.
8	総説ほか	小野 真理子, 鷹屋 光俊(2009) 労働環境におけるナノマテリアルの測定当面の課題と国際動向, <i>エアロゾル研究</i> , 24(3), 179-185.

9	総説ほか	甲田茂樹(2009)職場におけるナノマテリアルの取り扱いについて, 安全衛生コンサルタント 29(89), 24-27.
10	総説ほか	甲田茂樹(2009)ナノマテリアル取扱いと労働衛生の課題, 労働の科学 64(4), 13-15.
11	その他の専門家向け出版物	鷹屋光俊, 篠崎典良, 明星敏彦, 望月速人, 山室堅持(2009)ナノマテリアルの作業環境管理について(座談会), 作業環境 30(4), 4-20
12	その他の専門家向け出版物	小野 真理子, 明星 敏彦(2009)「工業用ナノ粒子に関わる労働環境のリスクマネジメント」関連用語, エアロゾル研究, 24(3), p.191.
13	その他の専門家向け出版物	鷹屋光俊(2010)ナノ粒子と作業環境での測定・分析 労働衛生工学, 49,13-20
14	国内外の研究集会発表	Mitsutoshi Takaya(2009)Current status of workplace environment management of the workplaces using nano materials in Japan. The 3rd conference of asian Occp Health and Safety Research Institutes. Beijing, Proceedings, p167-169.
15	国内外の研究集会発表	Mariko Ono-Ogasawara(2009)Risk Assessment Case Study – MWCNT, OECD Working Party on Manufactured Nanomaterials(WPMN), Workshop on Risk Assessment of Manufactured Nanomaterials in a Regulatory Context, OECD web page(今のところ disclose されていない)[1]
16	国内外の研究集会発表	鷹屋光俊(2009)ナノ粒子と作業環境での測定・分析 第 30 回作業環境測定研究発表会, 技術講演(招待講演)
17	国内外の研究集会発表	Nobuhiko Miura, Shinji Koizumi(2009)Assesment of the biological effects of silver nanoparticles in cultured cells. Society of Toxicology, SOT Program CD, Abstract #874.
18	国内外の研究集会発表	Mariko Ono-Ogasawara, Fumio Serita, Mitsutoshi Takaya(2009)Field Survey of Workplace Handling Fullerene, 4th Inter national Conference on Nanotechnology – Occupational and Environmental Health, Programme and Abstracts, p.86.
19	国内外の研究集会発表	三浦伸彦, 篠原也寸志, 小泉信滋(2009)銀ナノ粒子によるヒト培養細胞へのアポトーシス誘導. 第 82 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 51 巻(Suppl.), p508.
20	国内外の研究集会発表	甲田茂樹, 鷹屋光俊, 芹田富美雄, 篠原也寸志, 斎藤宏之, 三浦信彦(2009)アンケート調査から伺えるナノマテリアル取扱い職場における労働衛生管理の課題について. 第 82 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 51(臨増) 262.
21	国内外の研究集会発表	相磯成敏, 梅田ゆみ, 山崎一法, 長野嘉介, 戸谷忠雄, 鷹屋光俊, 甲田茂樹, 有藤平八郎, 福島昭治(2009)多層カーボンナノチューブ(MWCNT)の単回強制気管内投与によるラットの肺及び肺外への影響:1. 病理学的検索. 第 82 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌 51(Suppl.) 529.
22	国内外の研究集会発表	鷹屋光俊, 芹田富美雄, 篠原也寸志, 三浦信彦, 斎藤宏之, 甲田茂樹(2009)ナノ材料取扱職場の環境測定、職場における粒子測定装置の評価と電子顕微鏡観察, 第 82 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, 51(suppl) 263.
23	国内外の研究集会発表	芹田富美雄, 鷹屋光俊, 久保田久代, 甲田茂樹, 相磯成敏, 山崎一法, 長野嘉介, 有藤平八郎, 福島昭治(2009)多層カーボンナノチューブ(MWCNT)の単回強制気管内投与によるラットの肺及び肺外への影響: II. 気管注入時の投与物質及び肺内 MWCNT の SEM 観察. 第 82 回日本産業衛生学会, 産業衛生学雑誌, 51(suppl.), 530.

(2) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

- (A委員) ナノテクノロジーは今後日本が世界と戦っていく主戦場であり、この分野での安全性追求は、非常に重要なテーマであると考えます。世界に先駆け、有効な安全技術を確立することは、先端技術分野における優位性を確実にすることであり、今回の説明では、まだ十分な成果が達成できていないとは分かっていなかったため、継続した研究に期待する。
- (C委員) 先端産業でのナノマテリアルの使用実態を明らかにするとともに、その危険性を検証した事は意義がある。成果の公表とさらなる検討の継続が望まれる。
- (D委員) この研究は、ナノ粒子に関して多方面からの研究を離散的に行った研究であるため、結論が曖昧になっている。本来の目的は、ナノマテリアルの生態影響の評価方法や評価結果であるにも関わらず、ナノマテリアルが人体に有害か否かの結論も見当たらない。
- (F委員) 研究所の中期計画に対して、本研究がどの部分を受け持っているのかを明確にして推進する必要がある。それが発表の場で、いったい、ナノマテリアルの安全性はどのようになったのかという質問になった理由と考える。本研究テーマに対する一般の関心は、ナノマテリアルの安全性に対して、どう評価されるかで、この課題の推進グループとどのような接触をもちながら、本研究を推進したのかを説明して欲しかった。研究プロジェクトとして、一旦、終わりということであるが、ナノマテリアルの問題はもっと継続して研究が必要で、労働安全衛生総合研究所が取り上げるテーマである。
- (G委員) ナノ粒子で有害、無害の違いがあるのか、あるいは有害な場合に人体にどのような悪影響を及ぼすのかを明確にした上で研究を行って欲しかった。
- (H委員) ナノ技術の展開により、産業に従事する労働者の増加があると考えられ、曝露及び健康影響について明らかにすることは重要である。しかし、得られた結果は、常識的である、十分まとめられていない。
- (J委員) ナノ粒子のリスクを調べることは重要であり、本研究の意義は大きいと考えられる。ナノ粒子には様々な種類があるが、生体影響を調べる場合、従来の吸入性粒子のサイズを対照として比較をしなければ、何らかの所見があったとしても、ナノというサイズが問題なのか、サイズではなく粒子の物理化学的性状が問題なのか不明確になると思われる。吸入実験については、酸化セリウムをミクロンサイズ、サブミクロンサイズ、ナノサイズに分けて実験を行っているが、細胞実験でもそのようなサイズの違いによる影響を見たのかは今回の資料からは明らかではない。また、様々な技術的問題はあると思うが、ナノ粒子の曝露形態としては吸入が多いと考えられるので、今後、吸入曝露実験についても取り組んでいただきたい。
- (K委員) Web による情報提供を行った視点は大きいと評価される。このような新しい領域の研究は、所内の限られたリソースで行うのではなく、研究所が支援・調整機関として、外部の研究者との連携を強化すべきではないか(他のテーマにも共通するが)。
- (L委員) 積極的な研究知見の情報提供を行って欲しい。

(3) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

私どもの研究に、評価を頂きありがとうございます。本研究のテーマである「リスク評価」に関しまして、研究の内容がハザード評価とばく露評価の二本立てとなりましたために、本研究課題の成果が一見わかりにくい形になってしまったようですので、改めて説明させていただきます。

まず、ハザード評価に関しまして、D委員、G委員より、そもそもナノが有害であったのかどうかについて、何らかの答えに到達したのか不明であるというご指摘を受けました。F委員、K委員の御指摘にも関連しますが、ナノの有害性そのものについては、世界的に研究が進められているにもかかわらず、未だに明確な答えはない、というのが唯一の正しい答えだと考えております。このように大きな問題については、J委員から御指摘の吸入ばく露実験も含めまして、他機関との連携が必要であると考えております。

J委員御指摘のサイズに関してですが、細胞実験については、よく制御されたナノ銀の分散液が入手できましたので、粒径の影響ではなくナノ銀そのものの有害性を評価致しました。

一方のばく露評価に関しましては、現場調査等で、漸くナノ物質の取扱い・挙動についての知見が得られたという段階です。世界的に見ましても、ナノ粒子を捕らえて評価することに関しては、測定法自体が固まっておらず、情報の共有化に向けて動きが出て来ているのが現状です。

情報提供や成果の公表に関するH委員とL委員からの御指摘ですが、ナノマテリアルを扱っている企業はハイテク企業が多いこともあり、調査対象企業との調整に時間がかかる面もありますが、今後も鋭意努力する所存です。

A委員、C委員より、ナノマテリアルの労働安全衛生に関する研究は重要であるので継続すべきであるという御指摘に関しましては、研究所への激励と受け止め、今後の研究活動に反映してまいります。

3.6 誘導結合プラズマ質量分析計およびその他の機器による労働環境中有害金属元素測定方法の規格制定に関わる研究（平成19年度～平成21年度）

（1）研究概要

労働者を有害物ばく露から守るためにまず、労働者周辺の有害物濃度を知ることが大変重要である。

我が国では、作業環境測定により、労働環境中の有害物濃度測定を行っている。今後、企業売り出す製品が、製品そのものの安全性のみならず、製造過程での公正さについても求められる時代になりつつある。生産に係わる労働者の労働衛生対策が十分に取られていることを世界に訴えるためには、日本における労働環境の環境管理に用いる分析方法が、日本の法規に従っていると同時に、国際規格に適合していることが望ましい。このような背景を元に、現在規格の作成が進められている ISO30011（案）の性能試験に参加すると共に、既に ISO 規格となっている六価クロム分析（ISO16740）を日本の規格に導入する際に必要な問題点の洗い出し、代替分析法の開発研究を行い、日本の規格をもとに ISO となった金捕集剤を用いた水銀分析法（ISO20552）について、現場の実務者から出された要望を元に改良分析法の評価などの研究をおこなった。

ア. 作業環境測定への新機器導入と各種規格との整合

本研究は、研究代表者をつとめる著者が、労働環境中の空気中無機有害物質の測定方法に関する国際標準化機構（ISO）の国際規格技術委員会（TC146/SC2/WG2）の委員として行った活動に由来する。活動内容は ISO 規格と日本国内規格と整合させる、ISO 規格ならびに ISO 予定規格となる欧米各国の手法を日本へ導入する、日本の有用な分析法の ISO 規格化への提案である。ISO 規格の多くは、欧米の規格を基にしているが、法体系の違いにより、ISO の方法をそのまま導入しても日本ではうまくゆかない可能性があり、日本の法体系に合わせた条件においても、実際に規格が機能するかどうかの実験的研究を必要とする。具体的には、我が国では、労働環境空間中の有害物濃度を把握する作業環境測定（固定点サンプリングあるいは場の測定）を行っている。一方、欧米諸国では、労働者の呼吸域の有害物濃度を把握する個人ばく露に基づく測定を行っている。これらの方法はそれぞれに優れている点があり、単純に優劣を論じることは困難である。ただ、国際化の時代にあつては、生産国のルールに加え、輸出相手先のルールも守る必要がある。今後の趨勢として、企業売り出す製品が、製品そのものの安全性のみならず、製造過程での公正さ、つまり生産過程での有害物発生が無く、生産に係わる労働者の衛生対策まで十分に配慮されていることが求められる時代になりつつある。この点が考慮されていることを世界に訴えるためには、日本における労働環境の管理に用いる分析方法が、日本の法規に従っていると同時に、ISO 規格に適合していることが望ましい。このような観点から、環境計測管理研究グループでは、旧組織の産業医学総合研究所作業環境計測部の時代から引き続いて 10 年余、労働環境中の有害物質測定法の規格を策定する ISO/TC146/SC2/WG2 に継続的に委員を派遣して、各 ISO 規格の決定の際に個人ばく露に加え、作業環境測定に対応できるように固定点サンプリング（場の測定）をオプションで追加することを主張するとともに、日本で用いられている分析法の ISO 規格化などを提案している。提案が実現した一例として水銀分析法の ISO 規格（ISO20552）がある。

この ISO20552 は、日本の一般環境における分析法を労働環境で行えるように一部条件を調整し、実際の工場での測定データなど検証結果も含め提案しており、最初の文案全体も筆者ら旧産業医

学総合研究所作業環境測定研究部で作成し ISO 規格として完成したものである。

イ. 本研究の全体像

ISO/TC146/SC2/WG2 では、著者が関与した 2000 年より現在までに、労働環境中の水銀の分析法 (ISO17733, ISO20552)、誘導結合プラズマ発光分光法 (ISO15202-1~3)、六価クロム分析 (ISO16740) などの ISO 規格を生み出し、現在はイオンクロマトグラフによる酸の分析 (ISO/CD 21438-1~3)、誘導結合プラズマ質量分析による金属・金属類分析 (ISO/CD 30011)、ポータブル蛍光 X 線による鉛分析 (ISO/NWIP13828) の規格化を目指している。なおここで、ISO の後につく CD、NWIP 等は、規格制定のプロセスの進行状況を示している。本研究中の 3 年間では、上記の規格に関連して以下のような研究を行った。

- ① ISO/CD30011 (誘導結合プラズマ質量分析 (ICP-MS)) 関連: ICP-MS による金属・金属類分析の分析精度・確度検証のための国際共同実験への参加をおこなった。また本規格とは直接関係しないが、将来的な規格の提案に向け、レーザー気化試料導入装置 (LA) を用いた労働環境中有害金属分析法に関わる基礎的研究を行った。
- ② ISO20552 (アマルガム法による水銀分析): 本規格は、ISO 規格化にともない、採用が拡大する傾向にあるが、現場サイドの測定実務者より指摘された問題点を解決するフォローアップ的実験研究を行った。
- ③ ISO16740 (イオンクロマトによる六価クロム分析): 本規格は、米国の研究者らが開発し、ISO の他 ASTM などに類似の規格が存在する。この方法では、イオンクロマトグラフを用いるが使用する分離カラムが事実上 1 社の 1 製品に限定されているため、他社のカラムで、この ISO 規格の分析手順を実行できるかどうかの検証実験を行った。また、この方法は国際的に六価クロムの有害性が再評価され、より低濃度まで管理する必要性に迫られ開発された方法であるが、比較的高価で特殊な装置を使用するため、別の装置を用いて同等の分析性能を得ることを目指した開発的研究を行った。

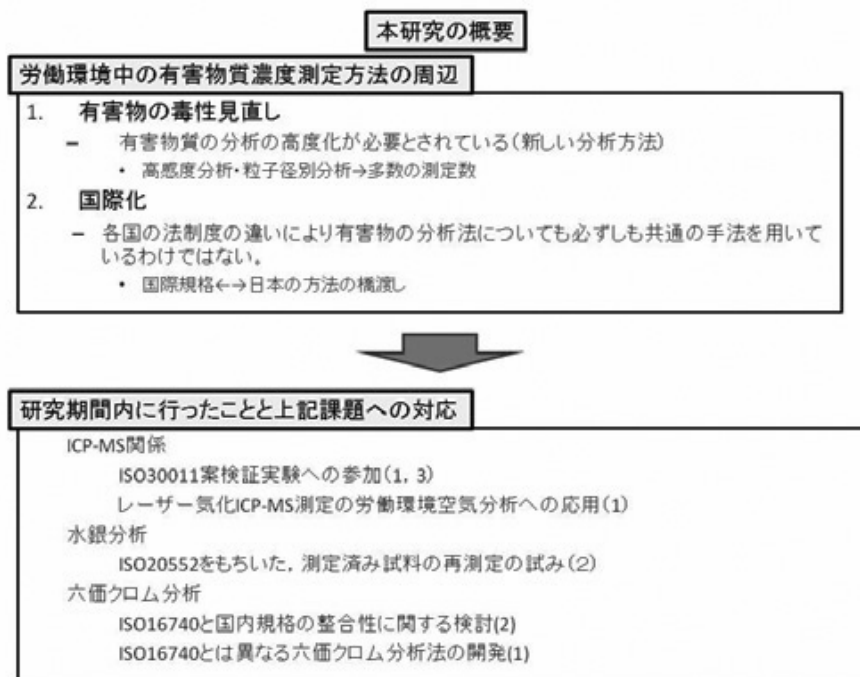


図1 本研究の概要

ウ. ICP-MS

ICP-MS を労働環境中の有害金属元素分析に適用する方法(ISO30011(案))のうち、空気中の粒子状物質を装置で分析可能な水溶液にするための前処理方法として ISO TC146/SC2/WG2 では、ICP-AES を用いた分析方法(ISO15202)の前処理部分(ISO15202-2)をそのまま適用できないかどうか検証することとした。この検証作業として米国労働安全衛生研究所(NIOSH)の Ashley 博士と、英国衛生安全研究所(HSL)の Howe 氏が中心となり、国際ラボ間テスト(ISL)が実行された。これは、NIOSH が作成した試料(濃度は知らされず)を 20(米 11、仏 4、英 2、ハンガリー、カナダ、日本各 1)の研究機関に配布し、ISO15202-2 の手順に従って分析を行い、その結果ならびに、分析時に観測された問題点を NIOSH に返答し、その結果を NIOSH と HSL で解析するという方法で行われた。労働安全衛生総合研究所は欧米以外からの唯一の機関としてこの ISL に参加した。その結果は、Ashley らにより学術論文として公開されているが 1)、ISO15202-2 の手順を ICP-MS の試料前処理に用いることについて特段の問題がないということで、現在 ISO30011(案)の作成作業が進んでいる。

このほか、ICP-MS 関連では、研究所独自の研究として、レーザー気化 ICP-MS(LA-ICP-MS)を労働環境空気中の有害金属分析に適用する方法を研究した。LA-ICP-MS は試料にレーザー光を照射して試料を気化させ、ICP-MS に導入し、分析する方法で、試料を水溶液とする前処理が不要になるため、より多数の試料を分析して、より精密な環境管理を実現する可能性を有する機器である。ただし、空気中粉じんをフィルター上に捕集した試料を対象とした場合、レーザー照射の衝撃で、捕集した粉じん粒子が吹き飛んでしまうという問題があった。この解決法としてフィルターに接着剤あるいは光硬化樹脂をしみこませて、試料を樹脂中に固める方法を開発した。この方法は、本研究と同時期に行っていたナノ材料関連の研究において、ナノ材料取り扱い職場で捕集した粒子の金属成分の分析に実際に応用した。

エ. 水銀分析

ISO2055 の元となった“ダブルアマルガム法”は、空気中の水銀を金捕集剤に合金(アマルガム)として捕集し、熱脱着して発生させた水銀蒸気を原子吸光法で測定する方法である。空気中水銀測定に用いられる他の方法(過マンガン酸カリウム-硫酸溶液による液体捕集、マンガン系触媒による空気酸化捕集)にくらべ、分析操作が単純・簡単であることと、使用する試薬の量・種類が少ないため、試薬に微量不純物として含まれる水銀の影響が殆どなく、より高感度の測定が行え、より低濃度の環境まで管理できるという利点がある。反面、熱脱着法一般の問題として、分析時に試料を全量消費してしまうため、後から測定値の検証が必要となった際に再測定できないという問題が実務家より指摘されていた。

本研究では、ダブルアマルガム法で用いる水銀濃度測定検出器(冷蒸気原子吸光計)の特徴に着目し、測定後の水銀蒸気を、金捕集剤に再度吸着させ、再検証用の試料とすることが可能かどうかを実験的に検証した。

その結果、測定器の排気から水銀蒸気をほぼ定量的に回収可能であること。測定器の排気口に再回収用の捕集剤を取り付けても本来の測定値に誤差をもたらすことはないこと。の 2 点を確認し、必要であれば、回収用捕集剤を取り付けることにより、ISO20552(ダブルアマルガム法)においても、後で再検証が必要な場合の試料が用意できることを確認した。

オ. 六価クロム分析

古くから、有害だと知られ労働環境中で管理されている物質についても毒性研究による再評価で、より低濃度で管理することが必要となる場合がある。六価クロムもそういった物質の一つであり、2006年に米国労働安全衛生庁(OSHA)では許容濃度を 0.1mg/m³ から 0.005mg/m³ へと一気に 20 分の 1 に下げた。このため、既存法よりより高感度で、また共存物質の妨害の影響が少ない方法として、イオンクロマトグラフーポストカラム発色法が NIOSH で開発され、この方法をもとに労働環境空気中の六価クロム分析法の ISO 規格(ISO16740)が制定された。イオンクロマトグラフを行う場合、クロマトグラフ用のカラムの選定が分析結果に大きな影響をもたらす。ISO16740 の元となったすべての文献では、米国 Dionex 社製の製品(AS-7)が使用されており、他社製品での分析例は存在しない。ISO16740 に沿った分析法を日本の規格にする場合、この点が障害になると予想されたため、他社の製品を用いた場合でも ISO16740 の分析手順に従い六価クロムの分析が可能か検証実験を行った。その結果、他社のカラムを用いた場合、分析そのものは行えるものの、不純物との分離が不十分になる可能性があることがわかった。

上記検証実験に加え、現状では 1 社の装置に依存するイオンクロマトグラフ法とは別の方法で六価クロムの測定を行う方法を検討し、イオンクロマトグラフの代替装置として用いられる、キャピラリー電気泳動と呼ばれる装置を用いて六価クロムを分析する方法を検討し、ISO16740 とほぼ同等の感度で分析が行える方法を開発した。

カ. まとめ

労働環境中の有害物質管理は、産業技術の変化にともなう新たな対象物質への対応や毒性研究の結果にともない、より低濃度まで管理する必要が出た場合への対応の必要性から、常に新しい方法の開発・検証が必要な、終わりのない研究課題である。現在も ISO TC146/SC2/WGでは、ICP-MSによる分析の他にイオンクロマトグラフによる空気中の酸の分析や、蛍光 X 線による鉛のスクリーニング分析などの ISO 規格化が進められており、後者については筆者が国内エキスパートに指名されている。

本研究は、プロジェクト研究としては今年 3 月で 3 年間の区切りを迎えたが、基盤的研究や、競争的研究資金の取得等を図り、研究の継続を行ってゆく予定である。

参 考 文 献

- 1) Ashley K., Brisson M. J., Howe A., Bartley D. L., Interlaboratory Evaluation of a Standardized Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry Method for the Determination of Trace Beryllium in Air Filter Samples. J. Occup. Environ. Hyg. 2009, 6(12), 745-50.

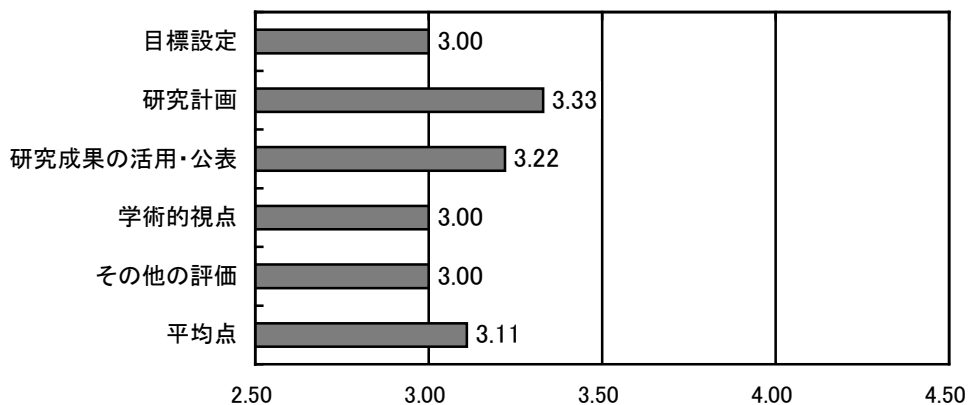
キ. 研究業績リスト

平成 21 年度(2009 年)		
1	国内外の研究集会発表	鷹屋光俊(2009)ISO16740 による Cr(VI)分析と代替分析手法の評価. 第 49 回日本労働衛生工学会, 抄録集, 50-51.
2	国内外の研究集会発表	鷹屋光俊(2010)誘導結合プラズマ質量分析計およびその他の機器による労働環境空気中有害金属元素測定方法の規格制定に関わる研究. 研究成果による最新の知見を共有・提供するためのセミナー(プロジェクト研究発表会)
平成 20 年度(2008 年)		
1	原著論文	鷹屋光俊, 芹田富美雄(2008)プラスチックシートによる空気中粉じんの捕集及び濃縮-蛍光X線分析およびレーザー気化誘導結合プラズマ質量分析法の試料調製法-, 労働安全衛生研究 vol. 1, No3, pp237-42.

2	国内外の研究集会発表	Mitsutoshi Takaya, Fumio Serita, Hiroyuki Saito(2008)A Novel Cr(VI)Analytical Method and Its Application to Welding Fumes. International Occupational Hygine Association 7th International Scientific Coference(IOHA2008), Program & Abstract p111.
3	研究所出版物	鷹屋光俊(2008)誘導結合プラズマ質量分析計およびその他の機器による労働環境空気中有害金属元素測定方法の規格制定に関わる研究. 労働安全衛生総合研究所, プロジェクト研究報告, p33-43
4	国内外の研究集会発表	鷹屋光俊(2008)誘導結合プラズマ質量分析計およびその他の機器による労働環境空気中有害金属元素測定方法の規格制定に関わる研究. 研究成果による最新の知見を共有・提供するためのセミナー(プロジェクト研究発表会).
平成 19 年度(2007 年)		
1	報告書	鷹屋光俊(2007)JIS Z3920 改定案のための六価クロム分析方法の比較実験報告書. 社団法人日本溶接協会安全衛生・環境委員会 資料番号 L-1676, p1-19, 社団法人日本溶接協会.
2	国内外の研究集会発表	鷹屋光俊, 芹田富美雄, 齊藤宏之(2007)ステンレス溶接ヒューム中の六価クロム分析: ISO16740・キャピラリー電気泳動法・吸光光度法・原子吸光法の比較, 日本分析化学会第 56 年会, 講演要旨集, p183.
3	国内外の研究集会発表	鷹屋光俊, 芹田富美雄, 齊藤宏之(2007)溶接ヒューム中金属酸化物のキャラクタリゼーション(II) 新しいCr(VI)分析法, 第47回日本労働衛生工学会, 抄録集, p158-159.

(2) 評価結果

ア. 評価点



イ. 評価委員のコメント

(B委員) 研究の重要性は伝わってきているが、当研究所での成果が見えない。

(C委員) この研究は、「規格制定に関わる研究」であるが、結論に、どのような規格を制定したのか、また制定しようとしているのかが明確に述べられていない。

(E委員) 本研究は、ISOの規格策定にも関与し、一方、現場では購入し得ない機器を購入して、現場実務者の要望に応える改良分析法に関する研究で成果を上げており、意義が大きい。いくつかの方法は採用されており、労働安全衛生総合研究所にふさわしいテーマである。

(F委員) 有害金属の存在が避けられない作業現場で、どのような状態が人体に悪影響を及ぼすのかを考慮した上で研究が進められたのか不明であった。

(G委員) 重金属測定における国際的なハーモナイゼーションの一貫としての研究である。わが国特有の場の濃度の測定という独自の考えは、早急に国際的常識と調和した方がよい。そのことで本研究の課題の一部も解消され、国際的なデータの使用も可能となろう。

(I委員) 金属元素の測定方法の規格制定に関わる研究ということであり、ICP/MSについては本研究の

データを含め ISO 化の作業が進んでいるとのことであるが、他の研究については本研究の成果をどのようにして規格化に結び付けるのかが明確ではない。

(J委員) 3年という比較的ながい研究期間にみあった成果であるか、十分な説明がない。

(K委員) 国際規格の制度管理に資する測定方法の開発に期待する。

(L委員) 限られた説明内容で、全容が把握しにくかった。ただ、今後も国際規格への提案活動は重要であり、継続して実施していただきたい。

(3) 評価委員の指摘に対する措置・対応等

研究結果について評価の労を執っていただきありがとうございました。

まず、B委員、J委員の成果が見えない、C委員、I委員、L委員の規格との関係が明確ではないという点に関して、補足説明させていただきます。本研究では、3つほどのパートに分かれておりますが、一つ(ICP)は、規格制定に向けた国際共同研究の一部で明確に規格制定につながっておりますが、残りのクロムと水銀は現行の国際規格を日本に導入する際の問題について解決を提案した形の研究となっており、そういった点では規格制定には直接つながっておりません。この点についての説明が不十分であったようです。

F委員の分析法の規格とそれが実際に適用される現場とのつながりが不明確であったという御指摘に関しては、将来、本研究テーマと同じように分析方法の規格・公定法に関する研究を進める際により明確に対象を選ぶようにしたいと考えております。

本研究は、プロジェクトとしては終了いたしますが、E委員、K委員の御指摘の通り、国際規格に資する研究活動を継続してゆきたいと考えております。また、G委員御指摘の国際ハーモナイゼーションの重要性については、常にこのことを意識しつつ研究を進めてまいりたいと思いますが、場の濃度測定についての問題提起は、行政施策レベルの話であり、研究者・研究所のレベルでは、限定的な対応となろうかと思えます。