

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：82406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K10521

研究課題名（和文）経皮吸収による健康障害防止のための化学防護手袋の適正使用指針構築

研究課題名（英文）Establish guidelines for the proper use of chemical protective gloves to prevent health problems from dermal absorption

研究代表者

岩澤 聡子（IWASAWA, Satoko）

防衛医科大学校（医学教育部医学科進学課程及び専門課程、動物実験施設、共同利用研究施設、病院並びに防衛・衛生学公衆衛生学・講師

研究者番号：10570369

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：手袋内側への物質の実用的な透過検知法の開発を行い、適正使用に関する指針が作成可能かどうかの検討をしたが、現場においては、作業内容そのものが機密であることも多いことから、すべての条件を俯瞰した指針の構築は極めて困難であると結論した。企業の安全衛生担当者向けの成果報告会では、化学防護手袋の耐透過性評価の検討について報告を行った。令和5年4月安衛則の改正により、皮膚等障害化学物質等への直接接触防止のため、作業者に適切な保護具を使用させることは努力義務となった。しかし、手袋の材質に化学物質が透過する現象が、作業場で知られていないことが多く、ステークホルダーへの継続的な教育啓発活動が重要と考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

令和4年5月31日に公布された労働安全衛生規則等の一部を改正する省令（令和4年厚生労働省令第91号）等の施行により、令和6年4月1日以降、皮膚等障害化学物質等に対して、化学防護手袋等の保護具着用が義務化される。規制対応上重要となる皮膚等障害化学物質に応じた適切な保護防護手袋の選択について、本研究結果が作業現場で実践できる簡易な評価手法を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：We developed a practical method for detecting the permeation of substances into the inside of gloves and examined the possibility of developing guidelines for proper use. However, we concluded that it would be extremely difficult to construct guidelines that overlook all conditions, since the work itself is often confidential in the field. At the results briefing for corporate health and safety personnel, we reported on our study of the evaluation of the permeability of chemical protective gloves. According to the April 2023 revision of the Safety and Health Regulations, it is now an obligation to make efforts to have workers use appropriate protective equipment to prevent direct contact with chemical substances that may cause skin and other problems. However, the phenomenon of chemical substance permeation through glove materials is often unknown to workers, and continuous education and enlightenment activities for stakeholders were considered important.

研究分野：有害化学物質のリスク評価

キーワード：皮膚等障害化学物質 経皮吸収 化学防護手袋 リスクコミュニケーション 検知法 透過性 適正使用 健康影響

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

平成 27 年オルトトルイジン(OTD)を取り扱っていた顔料製造工場で膀胱がんが発生した。調査によると、作業場の個人曝露濃度(吸入曝露)は許容濃度と比較し 1/50~1/100 と低値であった。当該工場で使用していた天然ゴム製手袋の選定は OTD の透過時間を考慮していなく、同一手袋を 2 か月近く使用していたことから、長期間の経皮による OTD 曝露を示唆する結果であった。しかし、化学物質を取り扱っている多くの作業者は、手袋の不適切な選定と同一手袋を長期間使用していることにより、手袋を装着していても、知らずに化学物質による経皮曝露を生じていることが危惧された。そこで、我々は、「経皮吸収による健康障害防止のための化学防護手袋の適正使用指針」が今、求められているという着想に至った。

### 2. 研究の目的

手袋内側への物質の実用的な透過状況検知法の開発をする。手袋の透過性試験を、経皮吸収のリスクの高い化学物質について、実験室における透過性試験および、作業場での実態調査を行う。実際の使用条件に近い、480 分を超えて使用した場合、少量飛沫の付着が複数日に渡った場合や、有機溶剤並存下での透過性調査を行う。さらに作業場での手袋の使用状況をふまえて、手袋の適正使用に結びつく基礎資料を作成する。その上で指針構築が可能かどうかを検討する。さらには、それをもとに教育啓発活動やリスクコミュニケーションを行うことを目的とする。

### 3. 研究の方法

手袋内の透過濃度の測定と調査を行う。

(1)(実験室での検討)パッシブサンプラー法: 蒸気状化学物質に手袋が接触した場合の手袋内の透過量を測定した。パッシブサンプラー法は、permea-Tec patch (SKC 社) とシート状サンプラー(特願 2018-018326)について検討した。(研究分担者、研究協力者)

(2)(実験室での検討)調査に使用する手袋(素材)の対象物質に対する透過試験の実施を行う。使用している有機溶剤共存下での透過試験を実施する。試験は透過側濃度が透過評価基準値(0.1  $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ )に達するまで測定を行った。(研究協力者)。(作業現場での検討)実際に使用している手袋の透過試験を PID センサーとパッシブサンプラーを用いた測定方法で実施する。(研究代表者、研究分担者、研究協力者)田中茂(研究協力者)が開発した薄手手袋(素材: ナイロン、EVOH、PET、ポリ塩化ビニリデン等)を対象に実験室と作業現場における調査を実施した。(研究代表者、研究分担者、研究協力者)

(3)これらの透過試験結果をふまえて、手袋の選択、使用、交換(廃棄)についての適正使用に関する指針が作成可能かどうかを検討した。(研究代表者、研究分担者、研究協力者)リスクコミュニケーションを行った。

### 4. 研究成果

#### (1)研究の主な成果

パッシブサンプラー法による手袋全体の耐透過性試験

研究分担者: 宮内博幸(産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学講座 教授)

研究協力者: 青木隆昌(国立大学法人 九州工業大学 健康支援・安全衛生推進機構 講師)

(実験室での検討)層状のサンプラーを用いた簡易な化学防護手袋『全体』の耐透過性試験が可能となった。8 時間(1440 分)を超える化学物質曝露 状況下の透過状況の把握が可能となった。同一材料では厚さが薄いほど透過時間が早く製品によっては 部位の厚さに違いがあった。ニトリルゴム や、ポリウレタン(薄手)では、指の付け根が先端に比べて薄い傾向・ポリウレタン(厚手)は手の甲、親指、人差し指、中指の先端は、他の部位より厚い傾向があった。手袋材料試験および手袋『全体』試験ともに 480 分では透過なかった。手袋材料試験では 1440 分時点で透過なかった。手袋『全体』試験では 1440 分で多層フィルム A, 多層フィルム C において透過を確認した。

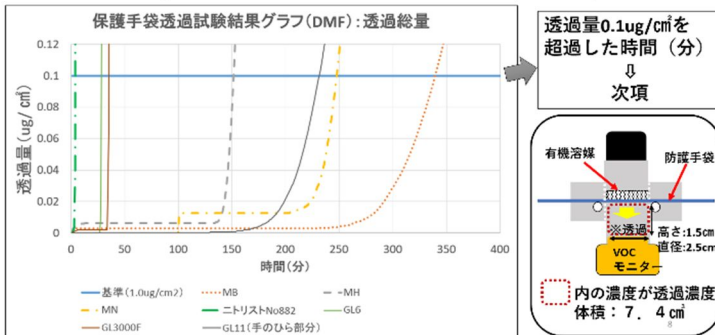
# 半導体式検出器を活用した簡易測定について

研究協力者：宮田昌浩(東京理科大学 環境安全センター)

化学防護手袋名称	写真	材質
MB (使い捨て)		PE-ナイロン-EVOH-PE
MH (使い捨て)		PE-ナイロン-PET-PE : 50um
MN (使い捨て)		PE-ナイロン-PE : 60um
ニトリストNo882 (大で利用が多い使い捨て手袋)		ニトリルゴム
GL-6		ウレタン
GL-11		天然ゴム
GL-3000F		フッ素ゴム

## 実験例 (DMF) 結果①

▶対象物質：N, N-ジメチルホルムアミド (DMF)



手袋と有害物質(有機溶剤)との接触面積が把握できている。透過量(ug/cm³)や透過率(ug/cm³/min)の算出が可能であった。

- ◆対象物質：メタノール
- ◆対象手袋：マイクロフレックス93-260 (ニトリルゴム、ネオプレンゴム)



- ◆試験方法  
天秤法、検知管法、VOCモニター法の比較

検出物質	透過率	透過時間
メタノール	> 80%	> 80%
アセトン	> 80%	> 80%
エタノール	> 80%	> 80%
メタノール	1.28%	229

## メタノール結果例(まとめ)

	天秤法		検知管法	VOCモニター法	メーカー試験データ
	普通 (0.01g)	精密 (0.00001g)	検知限度5ppm (119u)	(XV389)	
減少・濃度からの推定透過時間(分) ※透過が検知された時間	20	15	15~20	11	22 (ASTM F739)

※検知管法は、密閉容器の容積や検知管検知限界濃度により結果が多少異なると思われる

◆透過時間が短い順に  
VOCモニター法 < 天秤法(精密) < 検知管法 ≒ 天秤法(普通) < メーカー試験

※ASTM: 米国試験材料協会の規格試験

※CUBではメタノールが反応しないため代わりに半導体検出器 (XV389) を使用し...

PID 検出器を使用した手袋の簡易透過試験で測定が困難であったメタノールにおいても、半導体検出器(XV389)と検知管により手袋の透過試験を簡易的に実施することができた。手袋1cm²当り対象物質が1.0µg透過した量を評価基準値とした場合、メタノールにおける透過時間が最も長い防護手袋は、GL 11(天然ゴム製)であり(70分まで透過無)順にPE-ナイロン-PET-PE:50µm、PE-ナイロン-PE:60µm、PE-ナイロン-PE:60µm、ニトリスト(ニトリルゴム)であった。簡易透過試験方法別の比較では、透過時間が短い順に、VOCモニター法、天秤法(精密)、検知管法、天秤法(普通)、メーカー試験結果 となった。

## 2重装着の耐透過性について

研究協力者：福岡荘尚(オリンパス(株)エキスパートテクノロジーソリューションズ 評価技術開発)

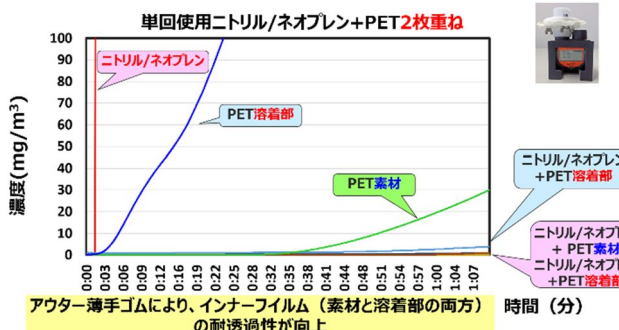
溶剤に接触する、または、接触する可能性が高い場合の対応(案)

**化学防護手袋の2重装着**  
 フィルム素材(インナー) : 耐透過性を確保  
 ゴム素材(アウター) : 直接接触防止+作業性を向上



手袋全体としての耐透過性を評価し、その結果により交換する

## ゴム/フィルム素材の2重装着の耐透過性(アセトン)



ゴム手袋と耐透過性を有するフィルム手袋の2重装着により、耐透過性の確保が可能ではないだろうかという問いに、使用する手袋/溶剤の組合せでの評価が必要であり、アウターを繰返し使用する場合には、洗浄/乾燥条件を含めた評価を十分に行い、正しく運用することが必要と思われた。また、混合溶剤は、リアルタイムモニターでの濃度測定が難しく、JISに規定されている0.1µg/cm²/min.は算出が困難である点においては、リアルタイムモニターの強度値が急上昇する前の時間を使用可能時間に設定すれば良いのではないかと示唆が明らかとなった。また、フィルム手袋の溶着部分については、透過しやすいと思われるため注意が必要である。そして、ゴムの膨潤、実用場面での動きの影響を加味した評価は難しいことも明らかとなった。

## 指針の構築について

研究代表者（岩澤） 研究分担者（宮内） 研究協力者（田中茂）

透過試験結果をふまえて、手袋の選択、使用、交換（廃棄）についての適正使用に関する指針が作成可能かどうかの検討をした。現場においては、経皮吸収のリスクの高い化学物質を、様々な条件下（少量飛沫の付着が複数日に渡る、繰り返し使用、暑熱環境、高湿度環境、多様な物質性状、有機溶剤並存）と多種多様にわたり使用している。しかも、作業内容そのものが機密であることも多いことから、すべての条件を俯瞰した指針の構築は極めて困難であると結論した。一方、本研究により、作業現場で使用できる簡易の耐透過試験を複数提案し、2重装着の耐透過性も明らかになった。それぞれの現場の状況に即し、リスクアセスメントを行い、耐透過性試験に基づき手袋選定や、使用・装着方法、交換時期の設定を行うことが望ましいと結論する。

## リスクコミュニケーションの実施

研究代表者（岩澤） 研究協力者：星野賢人（防衛医科大学校 医学研究科 医師）

2021年はオンラインにて、2022年・2023年は日本産業衛生学会の自由集会「化学防護手袋に関する講演会プログラム」として実施した。本プログラムは主に化学物質を使用する職場の管理者や化学防護手袋を製造するメーカーからの参加者を対象に実施した。手袋使用に関する実状を把握することで、実際の手袋選択や使用に関する問題点や注意点を明らかにすることを目的に質問紙票調査を行った。参加人数は2020年が120名、2021年が212名であった。講演の内容は、1.手袋の透過性についての問題意識の共有、2.透過性の簡易検査手法についての情報提供、3.今後の自律的管理で求められる体制についての教育、の3点を主とした。講演終了後、参加者に対して「講演会参加の理由」、「手袋使用・選定に関する困りごと」、「今後充実してほしい講演内容」についての自由記述式のアンケートを実施した。そのアンケート結果を研究代表者、研究協力者で確認し、質的解析により問題点・課題点を抽出した。

2020年、2021年に共通して多く見られた代表的回答として、「化学物質ごとの透過データの検索方法とその解釈を知りたい」、「透過の簡易測定方法を知りたい」、「手袋選択、手袋使用環境、薬傷などの実事例を教えてほしい」、「手袋の再使用や2重装着についての今後の動向が気になる」、「透過、保護具の効果についての知識が深まった」が明らかとなった。また、2021年で特に多く見られた特徴的的回答としては、「（コストの面で）長時間使用に耐えられる手袋が理想的ですが」、「薄手で扱いやすい手袋以外は作業に支障が出るため選定が難しい」、「薄手の手袋は作業性が良いが破れやすいので困っている」、「2重手袋の交換時期の判断が難しい」が挙げられた。

## (2)今後の展望

個別具体的な物質の情報や実事例、透過や保護具の基礎的な説明を継続的に行うことが現場のニーズに即した教育となりうる。状況は変化し続けており、リスクコミュニケーションとしての化学防護保護具（手袋）に関する講演会の継続的な開催が望ましいと考えられる。

## (3)得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

作業現場での化学物質に対する手袋の透過に与える因子として、手袋（素材、厚さ等）、使用物質（種類、取扱量等）、作業方法、作業時間等がある。特に物質に対して使用する手袋の素材によって大きく透過が異なる。そのため、作業現場での手袋の使用状況における手袋内の透過に及ぼす研究がほとんどなされていないのが実情であったが、我々の研究により、複数の簡易透過性試験を提供することができた。

## (4)研究開始時には予期していなかった行政の大きな動きがあった。

令和4年5月31日に公布された労働安全衛生規則等の一部を改正する省令（令和4年厚生労働省令第91号）等の施行により、令和6年4月1日以降、皮膚等障害化学物質等に対して、化学防護手袋等の保護具着用が義務化される。（参考：「労働安全衛生規則等の一部を改正する省令等の施行について（基発0531第9号）」）保護具の使用による皮膚等障害化学物質等への直接接触の防止について理解した上で、規制対応上重要となる皮膚等障害化学物質の判断や保護具の選択を現場が行うこととなる。現場においては、多数の化学物質を、様々な条件で使用しており、使い方に合わせた、有効な保護具の選択の判断を行う必要がある。また、単体の化学物質においても、手袋メーカーによる耐透過性のデータが半数程度は不明である。そこで、我々の研究結果は、自律的な管理を基軸とする規制において、予防医学的知見として貴重で新しく、実務上も大変に有用である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Takamasa Aoki, Satoko Iwasawa, Shinobu Yamamoto, Akito Takeuchi, Shigeru Tanaka, Hiroyuki Miyauchi.	4. 巻 3
2. 論文標題 Development of a simple method for determination of gas permeability resistance of whole chemical protective gloves	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental and Occupational Health Practice	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1539/eohp.2020-0027-0A	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 岩澤 聡子	4. 巻 23
2. 論文標題 化学物質管理 最前線 経皮ばく露	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 安全と健康	6. 最初と最後の頁 88-90
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉川幸雄、岩澤 聡子、田中茂、松川岳久、北村文彦
2. 発表標題 化学防護手袋の選定(その1)：大学病院で使用されている手袋の化学物質透過試験
3. 学会等名 日本産業衛生学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中茂、吉川幸雄、松川岳久、岩澤聡子、北村文彦
2. 発表標題 化学防護手袋の選定（その2）：2020年度ケミカルインデックスの作成と簡易評価法の活用
3. 学会等名 日本産業衛生学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塩田航大、友松萌絵、山本忍、青木隆昌、竹内靖人、岩澤聡子、田中茂、宮内博幸
2. 発表標題 化学防護服材料等の化学物質透過性能についての検討
3. 学会等名 日本労働衛生工学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮内博幸、山本忍、青木隆昌、岩澤聡子
2. 発表標題 化学防護服材料における化学物質透過性能についての検討
3. 学会等名 日本衛生学会学術総会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	宮内 博幸  (Miyachi Hiroyuki)  (90784025)	産業医科大学・産業保健学部・教授   (37116)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	青木 隆昌  (AOKI Takamasa)  (50822813)	九州工業大学・キャンパスライフ支援本部・准教授   (17104)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------