

労災疾病臨床研究事業費補助金

実際の使用条件下における化学防護手袋の  
透過性の調査  
(190601-01)

令和元年度～令和2年度 総括・分担研究報告書

研究代表者 岩澤 聡子

2021年3月

# 研究要旨

研究代表者 岩澤聡子

防衛医科大学校 医学教育部医学科衛生学公衆衛生学講座 講師

化学物質を取扱っている多くの事業場では、化学防護手袋(以下、手袋と略す)の透過時間を考慮しないで選定したり、同一手袋の長期間の使用等により、作業者は手袋を装着していても化学物質による経皮吸収曝露が危惧される。実際の化学物質取扱い作業場における手袋の使用状況をふまえて、手袋の選定や交換時期等を決めることが重要である。本研究では、手袋の化学物質による透過を把握して選定するための基礎的な研究として、1.手袋内へ透過した試験物質量を測定する手法の検討 2.簡易的な手袋への試験物質の透過を確認する方法の検討 3.手袋素材に試験物質を滴下する透過部とガス検知器を用いて手袋素材から透過する物質を検知する方法の検討 4.手袋メーカーがホームページ等で公表している化学物質に対する透過時間を整理して「2019年度保護具選定のためのケミカルインデックス」作成による検討 5.実際の手袋使用条件下における化学防護手袋の透過性についての研修会参加者に対して実施したアンケートの結果の解析などを行った。以下、概略を示す。

1. 手袋内へ透過した試験物質量を測定する手法の検討：① 実験室レベルで手袋内の手モデル表面と手袋の外側表面に開発したシート状サンプラーを貼り付け、トルエン蒸気を発生させ手袋内外の捕集率を求めて透過性能を検討した。4種類の市販の手袋では手袋内側にトルエンが検出され、透過を確認した。一方、耐透過性が期待される3種類の手袋では、480分経過後も手袋内への透過率が0.1%未満であった。② 製造現場において実際に使用されている状況下において、作業員12名について防護手袋の内外にサンプラーを装着し、使用されている5物質の手袋内外濃度を測定した。手袋は塩化ビニール製で、サンプラーに捕集された量の内外割合でみると、特にアセトンと物質cが高かった。耐透過性を有する材料の手袋の選択、交換頻度を考慮する必要があると思われた。③ 8名の化学実験者の手の中指に、市販の薄型サンプラー

(PERMEA-TECパッド)を張り付けて薄手ニトリル手袋を装着して実験を行い、パッドへのクロロホルムの透過量を測定した結果、全員から手袋交換濃度目標値 $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ を超える結果が得られた。薄手ニトリル手袋がクロロホルムを用いた実験の使用に不適であることを確認した。

2. 簡易的な手袋内への試験物質の透過を確認する方法の検討：① 電子天秤を用いた手袋からの試験物質の透過に伴う質量変化により検知：紙製のウエス

に試験物質 3g を染み込ませ手袋内に入れて密栓後、電子天秤を用いて経時的に質量測定した結果と、ガス検知器による透過濃度の測定を行った結果、手袋の質量の減少が手袋からの化学物質の透過に起因することを確認した。② 検知管法による手袋内への透過の検知：試験物質 0.2 mL を手袋の平（ひら）に添加し 10 分間放置後、手袋内に透過してくる試験物質をガス検知管で測定し透過を確認した。③ ガス検知器（理研計器㈱ CUB）による手袋の外と内の濃度測定を行って検知：薄手ニトリル手袋外側にテトラヒドロフラン(THF)を 0.2 mL 添加し 10 分間放置後、ガス検知器を手袋の内と外に設置し測定した結果、ガス検知器による濃度はほぼ同じ数値を示し、THF に対して透過を認めた。これらの検知方法は簡便であり、使用物質の手袋を選定する際に参考になると思われた。④ 簡便に劣化状況を確認する方法として、重量変化による方法を検討した。オルトトルイジンを薄手手袋に付着させた場合の手袋の切片の重量変化を計測し、評価を行った。オルトトルイジンのように低揮発性の有機蒸気の耐透過性能に加えて、耐劣化性能も同時に評価することが有効と言えた。簡便な耐劣化性能試験方法として、手袋の切片の重量変化を測定することが有効であった。同時に劣化も判定できた。

3. 手袋素材に試験物質を滴下する透過部と、ガス検知器を用いて手袋素材から透過する試験物質を検知する方法の検討：① 試験手袋の指部（指サック）を切り取り透過試験装置に取り付けて、試験物質を添加して指サックから透過してくる試験物質をガス検知器で測定し、手袋交換濃度目標値  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  に達するまでの時間を手袋の使用時間として求めた。試験物質を指サックに挿入しやすく、手袋の透過試験が可能である結果を得た。② ゴム系の手袋であっても、液に手袋を浸さない使い方、少量付着の可能性のみがある場合には、付着する物質が全て揮発する成分であれば、確実に管理を行うことで、手袋を再利用できることと思われた。アルミ蒸着PETフィルムの耐透過性性能が優れている可能性があることが判り、手袋化の検討が期待される。③ 手袋素材をセットし試験物質を滴下する透過部と、透過した化学物質の濃度測定するガス検知部を連結した試験装置の開発を行った。あわせて、本法の使い方の教育用ビデオも作成した。④ 手袋を2重装着することにより、インナーのフィルム素材の化学防護手袋の溶着部分へ溶剤が直接接触することを防ぐことができた。そのため耐透過性が向上した。アウターが薄手のゴム手袋を使用すると、化学防護手袋全体としては手にフィットし、ゴムで滑りにくくなるため、ある程度の作業性は確保できる結果を得た。⑤ 9種類の試験物質を用いて、5種類の市販の手袋素材と、4種類の耐透過性手袋素材に対する透過試験を行い、手袋交換濃度目標値  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  に達するまでの時間を求めた。⑥ PID 検出器を使用した手袋の簡易透過試験では測定が困難であったアセトニトリルや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可能なことが確認された。⑦ 酢酸エチル、ヘキサン、クロロホルムなど大学の実験室でよく使用する物質に対しては、手袋の中敷きに EVOH 手袋をした上に、薄手ニトリル手袋を使用することが望ましいという結果を得た。

4. 作成した「2019 年度保護具選定のためのケミカルインデックス」は、化学物質を入力すると公表されている市販の手袋に対する透過時間がわかる。データをチェックして使用する手袋の選定の参考として活用可能と言えた。

5. 研修会参加者に対してアンケート調査を実施した。化学防護手袋使用に関しての困りごとについては、作業性、コスト、教育展開方法、情報不足、試験評価方法、指針を望むなどの意見があった。さらに実際の作業現場にて使用されている化学物質に対する簡易な透過試験方法の開発が望まれている。さらに、現場の作業者にわかりやすく啓発することが求められている結果であった。

以上、これらの研究により、実際の作業場にて使用している手袋の透過状態の把握が可能となり、手袋の適正使用に結びつく基礎資料を得ることができた。

# 目 次

## I 総括研究報告

実際の使用条件下における化学防護手袋の透過性の調査・・・・・・・・・・6

研究代表者：岩澤聡子（防衛医科大学校 医学教育部医学科衛生学公衆衛生学講座 講師）

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）

## II 分担研究報告

### 1. 手袋内へ透過した試験物質量を測定する手法の検討

#### 1-1. シート状サンプラーによる手袋内の皮膚表面曝露濃度測定方法の開発研究(令和元年度)・・・・・・・・・・12

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）

研究協力者：山本 忍（産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学講座 助教）

#### 1-2. 実際の作業場における化学防護手袋の透過状況の調査(令和2年度)・・・・・・・・・・17

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)

研究協力者：山本 忍（産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学講座 助教）

#### 1-3. 化学実験者に対する薄手ニトリル手袋内へのクロロホルムの透過に関する研究(令和元年度)・・・・・・・・・・20

研究協力者：吉澤 章（(有)環境検査センター 所長）

### 2. 手袋材料についての簡易的な耐透過および耐劣試験方法についての検討

#### 2-1. 電子天秤を用いた手袋からの試験物質の透過に伴う質量変化により検知(令和元年度)・・・・・・・・・・22

研究協力者：(日化協会株式会社)

- 2-2. 検知管法による試験物質の手袋内への透過の検知(令和元年度)・・・25  
研究協力者：牛澤浩一（国立研究開発法人理化学研究所 安全管理部）
- 2-3. ガス検知器法（理研計器(株)CUB）による化学物質の手袋の外側と内側の濃度測定により検知(令和元年度)・・・26  
研究協力者：牛澤浩一（国立研究開発法人理化学研究所 安全管理部）
- 2-4. オルトトルイジン等低揮発性有機溶媒を対象とした経皮吸収防止のための化学防護手袋の選定における耐劣化性能の検討(令和2年度)・・・28  
研究協力者：牛澤浩一(国立研究開発法人理化学研究所 安全管理部) .
3. 手袋材料における試験物質の透過検出・評価方法の開発
- 3-1. 化学製造工場における手袋の透過性能に関する簡易評価方法に関する研究(令和元年度)・・・31  
研究協力者：峯 一弥((株)日本触媒姫路製造所 環境安全部 環境安全課)
- 3-2. 簡易透過試験方法を用いた化学防護手袋の評価(令和2年度)・・・33  
研究協力者：峯 一弥・陸井正明((株)日本触媒姫路製造所 環境安全部 環境安全課)
- 3-3. 手袋素材の透過を行う試験装置と透過した試験物質の濃度測定するガス検知部を連結した試験装置の開発(令和元年度)・・・39  
研究協力者：福岡荘尚（オリンパス(株) R&D 機能 生体評価基盤技術)
- 3-4. 透過試験装置と透過濃度のガス検知器(CUB)をドッキングした装置の開発(令和2年度)・・・43  
研究協力者：福岡荘尚(オリンパス(株) R&D 機能 生体評価基盤技術)
- 3-5. 手袋素材に対する透過試験結果（その1）(令和元年度)・・・46  
研究協力者：宮田昌浩（東京理科大学 環境安全センター 野田分室）
- 3-6. 半導体式検出器を活用した大学で使用している化学物質に対する化学防護手袋の透過時間の簡易測定について(令和2年度)・・・48  
研究協力者：宮田昌浩（東京理科大学 環境安全センター 野田分室）
- 3-7. 手袋素材に対する透過試験結果（その2）(令和元年度)・・・51  
研究協力者：吉澤 章 ((有)環境検査センター 所長)
4. 保護具選定のための情報提供システムの構築
- 4-1. 2019年 保護具選定のためのケミカルインデックスの作成(令和元年度)・・・53  
研究協力者：田中 茂（十文字学園女子大学 名誉教授），浅沼雄二（浅沼コンサルタント事務所 所長）
5. アンケート調査
- 5-1. 2020 研修会参加者アンケート集計結果(令和2年度)・・・56  
研究代表者：岩澤聡子(防衛医科大学校 医学教育部医学科衛生学公衆衛生学講座 講師)

## I 総括研究報告（実際の使用条件下における化学防護手袋の透過性の調査（1906601-01））

研究代表者 岩澤聡子（防衛医科大学 医学教育部医学科 衛生学公衆衛生学講座 講師）

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）

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 5 名の作業者が膀胱がんを発症し、原因究明のため労働安全衛生総合研究所が調査を実施したところ、尿中 OTD 量が検出されたものの個人曝露濃度(吸入曝露)は許容濃度と比較し大変低値であった。田中茂(研究協力者)グループが当工場で使用していた化学防護手袋(以下、手袋と略す)である天然ゴム製の OTD に対する透過時間を JIS 規格に従って試験した結果、平均 105 分と短く、更に手袋の交換頻度は平均 42 日/人・双と、OTD が透過した手袋を長期間使用していたことが示唆された。すなわち、使用手袋が OTD の透過時間を考慮せず選定され、同一手袋を約 2 か月近く使用していたことにより、長期間にわたって経皮吸収による OTD 曝露が生じていたことを示唆する結果であった(武林亨等 H29-労働-一般-002)。

(日本の化学物質を取り扱う作業場における手袋の使用状況)

・日本の手袋メーカーによる手袋の化

学物質に対する透過時間のデータが少ない。

・手袋の選定は、使用化学物質に対する劣化のデータ(亀裂、化学的变化等)を優先している。

・市販されている厚手手袋の価格が一般に高いため、多くの事業場における作業者は手袋を長期間使用しているのが現状である。

・JIS 規格による手袋の化学物質に対する透過時間の試験は、最大 8 時間で試験を終了しており、その後の手袋の使用による曝露防護の保証がない。特に、1 日使用すると手袋素材内に化学物質は残存し、その影響で翌日以降の手袋の透過時間が短くなるのが危惧される。

・研究機関、大学等の実験室では、価格の高い厚手手袋を購入することができず、安価な薄手手袋を使用していることが多い。一般に手袋素材が薄いため使用化学物質に対する透過時間が短い傾向であることを、実験者は認識していないで使用している。

・化学物質を使用している多くの事業場や研究室における作業員や実験者等は、手袋を装着しているものの手袋からの化学物質の透過を認識せず使用し、手からの経皮吸収曝露が大変危惧される。

(本研究の目的)

使用化学物質の手袋の透過による作業員の経皮吸収曝露を防護するために、作業現場で実施できる簡易的な透過を確認するための試験法の確立を目的とした。研究は大きく 5 つ

の内容について実施した。

(研究内容)

## 1. 手袋内へ透過した化学物質量を測定する手法の研究

### 1-1. シート状サンプラーによる手袋内の皮膚表面曝露濃度測定方法の開発研究

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)

研究協力者：山本 忍(産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学 講座 助教)

本研究ではシート状サンプラー(特願 2018-018326)を用いた手袋内の皮膚表面における簡便な濃度測定方法の開発を研究した。シート状サンプラーを手袋内の手モデル表面と手袋の外側表面に貼り付けて手袋内外のトルエン濃度の測定を行い、その割合を求めることにより化学物質に対する手袋の透過性能について検討した。手袋の素材としてポリエチレン(薄手)、ニトリル(薄手)、ウレタン(薄手)、ウレタン(厚手)では手袋内側へのトルエンの透過が認められた。一方、耐透過性が期待される EVOH+PE、EVOH+ナイロン、EVOH+PE(5層)の手袋では、480分経過時も手袋内への透過が0.1%未満であった。(Ⅱ 1-1-1 参照)

### 1-2. 実際の作業場における化学防護手袋の透過状況の調査

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)

研究協力者：山本 忍(産業医科大学 産業保健学部 作業環境計測制御学講座 助教)

実際に現場で使用されていた手袋について、内外濃度の割合でみると非常に低割合ではあったが、手袋の内側にも測定対象物質が検出された。使用されていた防護手袋は塩化ビニール製(厚手)であり、塩化ビニール材料は使用している有機溶剤に対して耐透過性は低いと言える。特にアセトンなどについては透過性が高い結果であった。

耐浸透性、耐劣化試験以外に耐透過性試験がある。本研究結果より、作業方法や作業時間によっては使用されていた手袋の透過性は高くないため、さらに耐透過性を有する材料の手袋、または交換頻度を考慮する必要があると思われた。

(Ⅱ 1-1-2 参照)

### 1-3. 化学実験者に対する薄手ニトリル手袋内へのクロロホルムの透過に関する研究

研究協力者：吉澤 章((有)環境検査センター 所長)

宮田昌浩(東京理科大学 環境安全センター 野田分室)

実験者の手の平(ひら)と中指に活性炭を用いたパッド(SKC 社製

PERMEA-TEC) を装着し、薄手ニトリル製手袋を装着してクロロホルム等を用いた化学実験を1時間行い、手袋内へのクロロホルムの透過量を求めた。手のひらの部分に装着した活性炭パッドには、汗がたまり分析が不可能であったため、中指に装着した部分について評価を行った結果、16回の測定結果から全ての手袋内濃度が透過基準として設定した  $0.1 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  を超える結果であった。手のひらに装着したパッドは手袋内の汗がたまり、パッドが吸い込み、クロロホルムの分析ができなかった。今後の試験においては汗の影響を検討する必要がある。(II 1-3 参照)

## 2. 簡易的な手袋における試験物質の透過を確認する方法の研究

### 2-1. 電子天秤を用いた手袋からの試験物質の透過に伴う質量変化に関する研究

研究協力者：(日化協会株式会社)

紙製のウェスに各々4種類の化学物質(アセトン、ヘキサン、エタノール、DMAC)を3.0g染み込ませ、裏返しにした3種類の手袋(ニトリル、天然ゴム、ポリエチレン)内に挿入して手袋の袖を接着テープ等で密封して電子天秤に乗せ、経過時間に対する手袋の質量変化を調べた。さらに、デシケーターに化学物質の入ったビーカーを入れ、ガス検知器(理研計器(株)製CUB)を紙カップに入れ、カップの上面を手袋で蓋をして、手袋を透過してくる化学物質濃度を経時的に測定した。天秤による質量の変化

とガス検知器による透過率の結果より、ガス検知器の感度の点で劣るものの対応する結果が得られた。(II 2-2-1 参照)

### 2-2. 検知管法による試験物質の手袋内への透過の研究

研究協力者：牛澤浩一(国立研究開発法人理化学研究所 安全管理部)

理化学研究所では、化学物質の飛沫による曝露防止に薄手手袋を使用しており、飛沫接触による手袋の透過状況を想定して試験した。5種類の薄手手袋(ラテックス、ニトリル、クロロプレン、ポリエチレン、ポリプロピレン)の表面にクロロホルムとジクロロメタンを各々0.2mL添加し10分間放置後、ガス検知管で手袋内の濃度を測定した。その結果、全ての手袋(手袋1枚装着)において、検知管の定量範囲を超えた高い透過濃度が認められ、本法により手袋からの化学物質の透過を確認した。更に、素材の異なる薄手手袋を2枚重ねることにより手袋からの透過濃度が下がる結果を得た。(II 2-2-2 参照)

### 2-3. ガス検知器(理研計器製CUB)による手袋の外と内の濃度測定を行う研究

研究協力者：牛澤浩一(国立研究開発法人理化学研究所 安全管理部)

手袋メーカーにより公表された透過試験のデータがないテトラヒドロフランを対象に透過試験を行った。薄手ニトリル手袋外側に0.2mLをたらして測定した結果、手袋外と内側の濃度が同じ数値を得た。試験に使

用した手袋はテトラヒドロフランに対して耐透過性がないことがわかった。(Ⅱ 2-2-3 参照)

#### 2-4. オルトトルイジン等低揮発性有機溶媒を対象とした経皮吸収防止のための化学防護手袋の選定における耐劣化性能の検討

研究協力者：牛澤浩一(国立研究開発法人理化学研究所 安全管理部)

ニトリル手袋を使用した場合はオルトトルイジン蒸気へのばく露は小さいものの、そのまま液体が手指に付着し、経皮吸収が起こることが示唆された。各素材の手袋切片の重量変化率の結果からはニトリルのみ大幅な増加を認めており、20分付着時の評価が NR であったことからニトリル素材の手袋を持って作業することは適切でないことが分かってきた。一方で、ラテックス、ポリエチレン手袋については手袋内側の濃度も低く、手袋切片の重量変化率も小さかったことから、薄手であってもある程度使用できることが示された。

このように低揮発性の有機溶媒を使用する場合、経皮吸収を防止するための手袋を選定するにあたって、蒸気の耐透過性能を検討するだけでなく、液体がそのまま付着することによる耐劣化性能も同時に検討すべきことを示した。比較的簡便に耐劣化性能を検討する方法として、手袋の切片の重量変化を測定し、変化率により劣化の判定を行うことができた。これにより低揮発性の有機溶媒

を使用する場合の手袋選定の可否について透過と劣化の観点から判定することが可能となった。(Ⅱ 2-2-4 参照)

### 3. 手袋材料における試験物質の透過試験方法の開発

#### 3-1. 手袋素材に試験物質を滴下する透過部とガス検知器を用いた手袋素材から透過する試験物質を検知する方法の検討

研究協力者：峯 一弥((株)日本触媒 姫路製造所 環境安全部 環境安全課)

田中茂(十文字学園女子大学 名誉教授)

手袋の指の部分を切り取って透過セル(指サック装着瓶)にセットし、ガス検知器(CUB)に接続した試験装置を開発した。2種類の化学物質(アセトン、アクリル酸メチル)を対象に、5種類の手袋素材(ポリウレタン、ニトリル、塩化ビニール、ブチル、薄手ニトリル)について透過試験を行った。透過値達成濃度  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  に達するまでの時間を手袋の使用時間として定め、手袋の使用管理を作成した。(Ⅱ 3-3-1 参照)

#### 3-2. 簡易透過試験方法を用いた化学防護手袋の評価

研究協力者：峯 一弥・陸井正明((株)日本触媒姫路製造所 環境安全部 環境安全課)

今回のテストの結果より、ゴム系の手袋であっても、液に手袋を浸さない使い方、少量付着の可能性のみがある場合には、付着する物質が

全て揮発する成分であれば、確実に管理を行うことで、手袋を再利用できることと思われる。また、今回行った別の試験結果からは、アルミ蒸着PETフィルムの耐透過性性能が優れている可能性があることが判った。これについては、今後、手袋メーカー等で手袋化を検討されることを期待したい。(II 3-3-2 参照)

### 3-3. 手袋素材の透過を行う試験装置と透過した化学物質の濃度測定するガス検知部を連結した試験装置の開発

研究協力者：福岡荘尚(オリンパス(株)R&D 機能 生体評価基盤技術)

上部に試験物質を添加する透過セルと下部に透過試験濃度を測定するガス検知器(CUB)の検出部を一体化にした試験装置を開発した。開発を行う際に、3種類の化学物質(エタノール、アセトン、2-プロパノール)を用いて、7種類の手袋素材(天然ゴム、ニトリル、ニトリル/ネオプレン、耐透過性素材のポリアミド(PA)、エチレンビニールモノマー共重合体(EVOH)、ポリエチレンテレフタレート樹脂(PET)、ポリ塩化ビニリデン(PVDC))を用いて透過試験を行い、手袋交換濃度目標値  $0.1 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  の得られるまでの時間を測定した。

(II 3-3-3 参照)

### 3-4. 透過試験装置と透過濃度のガス検知器(CUB)をドッキングした装置の開発

研究協力者：福岡荘尚(オリンパス(株)R&D 機能 生体評価基盤技術)

フィルム素材の化学防護手袋の溶

着部分の上に市販の薄手天然ゴム手袋を重ねて装着した場合、2重装着することにより、インナーのフィルム素材の化学防護手袋の溶着部分へ、溶剤が直接接触することを防ぐことができるため、耐透過性が向上したと考えられた。さらに、アウターが薄手のゴムのため、化学防護手袋全体としては手にフィットし、ゴムで滑りにくくなるため、ある程度の作業性は確保できると考えられた。

本研究では、手袋素材の一部を切り出して評価したものの、手袋全体としての評価も必要である。手袋全体としての耐透過性を評価、耐透過性が高いことが確認できれば、半日～1日程度で交換することにより安心して耐透過性の高い化学防護手袋を使用できるようになる。(II 3-3-4 参照)

### 3-5. 手袋素材に対する透過試験結果(その1)

研究協力者：宮田昌浩(東京理科大学 環境安全センター 野田分室)

3種類の化学物質(エタノール、アセトン、2-プロパノール)を対象に、7種類の手袋素材(天然ゴム、ニトリル、ニトリル/ネオプレン、ポリアミド(PA)、エチレンビニールモノマー共重合体(EVOH)、ポリエチレンテレフタレート樹脂(PET)、ポリ塩化ビニリデン(PVDC))について透過試験を行った。手袋素材に対して劣化を引き起こす試験物質は透過時間に影響するとともに、CUBの故障を引き起こすことがあることを経験した。

(Ⅱ 3-3-5 参照)

### 3-6. 半導体式検出器を活用した大学で使用している化学物質に対する化学防護手袋の透過時間の簡易測定について

研究協力者：宮田昌浩 (東京理科大学 環境安全センター 野田分室)

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アセトニトリルや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。

大学で多く使用されている薄手のニトリル製手袋は、アセトニトリルやメタノールに対しても耐透過性を有していないことから、当該化学物質が付着した場合には、すぐに交換する必要があり、また付着するリスクが高い実験操作を実施する場合には、アセトニトリルでは、MB をインナー手袋として使用することが望まれる。また、メタノールの場合には、透過時間が最も長い防護手袋は、GL-11(天然ゴム製)であったが 70 分で透過することから、改めて選定する必要があると考えられる。なお、MB(アセトニトリル耐透過性あり、メタノール耐透過性なし)において、メタノールを含むアセトニトリル混合溶液の場合には、透過時間が大きく変化することも考えられた。

また、混合溶液における化学防護手袋の選定及び交換間隔の判断には、実際に使用する混合溶液を対象とした簡易透過試験等を実施し、混合溶

液の耐透過性を把握した上で、各作業に適した化学防護手袋の管理の徹底が求められる。(Ⅱ 3-3-6 参照)

### 3-7. 手袋素材に対する透過試験結果 (その2)

研究協力者：吉澤 章 ((有)環境検査センター 所長)

3 種類の化学物質(クロロホルム、酢酸エチル、n-ヘキサン)を対象に、多く使用されている薄手ニトリルとともに、3 種類の耐透過性手袋(ポリアミド (PA)、エチレンビニールモノマー共重合体 (EVOH)、ポリエチレンテレフタレート樹脂 (PET))を対象に、田中作成の透過試験装置を用いてガス検知器で透過濃度を測定した。薄手手袋ではクロロホルム、酢酸エチルは即透過が認められ、耐透過性手袋では 3 物質とも透過が認められなかった。(Ⅱ 3-3-7 参照)

## 4. 保護具選定のための情報提供システムの構築

### 4-1. 2019 年度版 保護具選定のためのケミカルインデックスの作成

研究協力者：田中 茂 (十文字学園女子大学 名誉教授)

浅沼雄二 (浅沼コンサルタント事務所 所長)

手袋メーカーがホームページ等で公表している化学物質に対する手袋の透過時間をまとめ、物質ごとに検索するシステムを 2013 年から作成し続けてきており、今回 2019 年版を作成した。本法は事業場における使用化学物質に対する手袋の選定や交換の際に参考になると考え、紹介する。

(II 4-4-1 参照)

## 5. アンケート調査

### 5-1. 実際の使用条件下における化学防護手袋の透過性の調査研究概要報告研修会(2020年)参加者アンケート集計結果

研究代表者：岩澤聡子(防衛医科大学 医学教育部医学科衛生学公衆衛生学講座 講師) 58名より回答を得た(回答率48.3%)。参加者の職種は安全衛生担当者が53%、管理職が59%であった。化学防護手袋使用に関しての困りごとについては、作業性、コスト、教育展開方法、情報不足、試験評価方法、指針を望む、その他に分けられた。今後の講演会で取り上げてほしいテーマとしては、実践の情報、混合使用でのデータ、透過性試験結果、現場の事例、教育展開方法、メーカー情報、行政動向、経皮吸収について挙げられた。

### 考察

平成29年1月の通達「化学防護手袋の選択、使用等について」では、化学防護手袋の使用条件として透過性等に関するデータをもとに設定使用することを求めている。化学防護手袋の透過時間の求め方は現在、JIS T8116-2005、米国規格のASTM F739、ISO6529-2013等にて透過試験方法が定められているものの、複雑な測定装置を要する。さらに8時間を超える値の測定についての基準は特に定められていない。実際の作業現場にて使用されている化学物質に対する

簡易な透過試験方法の開発が望まれている。さらに、現場の作業者にわかりやすく啓発することが求められていることがわかった。(II 5-1 参照)

## II-1 分担研究報告

(手袋内へ透過した試験物質を測定する手法の研究)

### 1-1. シート状サンプラーによる手袋内の皮膚表面曝露濃度測定方法の開発

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)

### A. 研究目的

化学物質の経皮吸収に対する防護は健康障害を防止するために重要である。作業者は化学物質が手指皮膚から吸収されることを防ぐために化学防護手袋を使用しているが、化学物質が手袋素材を透過する、または手袋袖口の開放部分から手袋内に侵入し、経皮吸収が起きていることが考えられる。それを防止するためには、実際に化学防護手袋を装着した状態での手袋内部の化学物質濃度を測定し、正しく評価することが必要である。

本研究では、その基礎資料を得るために、シート状サンプラーを手袋内の手モデル表面と手袋の外側表面に貼り付け、手袋内外濃度測定を行い、その割合を求めることにより化学物質に対する手袋防護性能の性能につ

いて評価する方法について検討した。

## B. 研究方法

### (1) 試験対象物質

試験物質はトルエン(Toluene)とした。トルエンは、別名メチルベンゼン(Methyl benzene)、トリオール(Toluol)、フェニルメタン(Phenyl methane)と言われる。CAS 番号 No108-88-3、分子式  $C_7H_8$ 、分子量 92.14、比重 0.866 (20°C/4°C)、沸点 111°C、蒸気圧 3.8kPa (25°C) 無色の液体である。また、水には不溶であるがほとんどの有機溶剤に可溶で、塗料・インキ溶剤、合成クレゾール、甘味料、漂白剤、テレフタル酸、染料、香料、有機顔料、石油精製等として使用されている。

日本産業衛生学会より許容濃度として 50 ppm (188 mg/m<sup>3</sup>) [1]及び経皮吸収、ACGIH より TLV-TWA として 20 ppm が勧告されている。管理濃度は 20 ppm である。日本産業衛生学会では経皮吸収あり「皮」と表示され、GHS 分類の生殖毒性は区分 1A、特定標的臓器毒性(単回ばく露)は区分 1(中枢神経系)及び区分 3(麻酔作用、気道刺激性)、特定標的臓器毒性(反復ばく露)は区分 1(中枢神経系、腎臓、肝臓)、吸引力呼吸器有害性は区分 1、皮膚腐食性は区分 2、眼に対する重篤な損傷性・眼刺激性は区分 2B、急性毒性(吸入：蒸気)は区分 4、急性毒性(経口)は区分 5である [2]。平成 13 年におけるトルエンの生産量は 1,422,658 t (純トルエン)、輸入量は 51,927,255 t、輸出量は

83,685,825 t であり、平成 11 年における推定国内流通量は 1,518,161 t と多い[3]。

### (2) 使用サンプラー

図 1-1-1 に開発したサンプラーの構造図、図 1-1-2 にサンプラーの外観と内部にある ACF の写真を示した。開発したサンプラーの大きさは、縦横 3 cm、厚さ約 1 mm であり、重量約 0.5 g である。ポリエチレン系の多孔質フィルターで繊維状活性炭 ACF (Activated Carbon Fiber)を覆っており、5層のシートから構成される。測定時にサンプラーが剥がれることを防ぐために、裏面は接着層となっている。サンプラーの性能は以下となっている[4]。

#### ① トルエン分析条件

OSHA Method No.111 [5]、NIOSH Manual 4000 [6]、ガイドブック 5[7]にて、トルエンは活性炭管を用いて固体捕集する方法が確立されている。本研究ではガイドブック 5 に準拠した方法、即ち活性炭を捕集材として用い、GC 分析法に準じて検討を行った。GC の検出器として flame ionization detector (FID) が採用し、GC で分離したピーク成分を同定した。

試料前処理として、トルエンを吸着させたシート状サンプラー内の ACF を共栓小試験管に入れた。脱着用溶媒の二硫化炭素(99% 和光純薬工業製 特級) 1.0 mL を加え素早く密栓し、時々振とうした後、約 1 時間放置して上澄み液を GC-FID 分析に使用した。

GC の恒温槽内にキャピラリーカ

ラムを取り付け、十分にエージングを行い、GC を分析条件に合わせて運転させた。GC に装着されたオートサンプラーで最終試料液 2.0  $\mu\text{L}$  を GC に導入し、得られたクロマトグラム上の測定対象物質のピーク面積を測定後、検量線を用いて最終試料液中の測定対象物質量を求めた。行った分析条件は表 1-1-1 に示した。

## ② 添加回収率測定

バイアル瓶に ACF を入れ、トルエン二硫化炭素溶液 (12.9  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、64.7  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、129.4  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、258.8  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) をマイクロシリンジにて 10  $\mu\text{L}$  添加後 (各々  $n=5$ )、室内 (25 $^{\circ}\text{C}$ ) にて 4 時間保存した。4 時間経過後に二硫化炭素 2.0 mL により脱着し、分析を行った。

各濃度の回収率は添加回収率の測定結果を表 1-1-2 に示した。トルエン二硫化炭素溶液 (12.9  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、64.7  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、129.4  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、258.8  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) 10  $\mu\text{L}$  を活性炭 (各  $n=5$ ) に添加後、室内にて 4 時間保存した後、分析を行った。その結果、トルエン濃度 12.9  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ~258.8  $\mu\text{g}/\text{mL}$  における平均回収率 ( $n=5$ ) は 95.8~101.6 % と良好であった。なお、DMF についてもトルエンの分析操作方法と同様に、GC にて分析した。

## ③ サンプラー捕集後の保存安定性

サンプラーをトルエン標準ガス 20 ppm で 4 時間曝露させた。その後、速やかに冷暗所 (25 $^{\circ}\text{C}$ ) 及び冷蔵庫 (4 $^{\circ}\text{C}$ ) にて保存し、基準を捕集直後と定め 0~8 日目の保存率を確認した。その結果を表 1-1-3 に示した。

## ④ 検量線および検出下限及び定量下限

トルエン標準液を二硫化炭素により希釈し、0~258.8  $\mu\text{g}/\text{mL}$  の範囲で標準系列を調製し、検量線の直線性について確認した。その結果、標準系列の濃度と GC 分析による積分面積の相関係数 ( $r$ ) は 1.000 であり、トルエン標準液濃度 0~258.8  $\mu\text{g}/\text{mL}$  の範囲にて良好な直線性が確認された。

検量線の最低濃度である管理濃度の 1/10 付近に相当する標準液を、繰り返し 5 回のサンプル分析を実施し、標準偏差 standard deviation (SD) を算出した。SD の 3 倍を検出下限 low limit of detection (LOD)、10 倍を定量下限 low limit of quantification (LOQ) とした結果、LOD は 0.50  $\mu\text{g}/\text{mL}$ 、LOQ 1.66  $\mu\text{g}/\text{mL}$  となった。

## ⑤ サンプリング速度の解析

パーミエーター標準ガス発生装置 (校正用ガス調製装置 パーミエーター PD-1B (ガステック製)) で 20 ppm の 0.2、1、2 倍濃度の標準ガスを作成した。チャンバー内に試験対象サンプラーを入れ、サンプラーを試験ガス (温度 25 $^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 40%) で曝露した。

使用した機器を表 1-1-4 に示す。1~4 時間の曝露後に脱着を行い、ガスクロマトグラフにより分析し、捕集量 (分析値) を求めた。ただし、Sampling Rate (SR) は下記の式より求めた。

$$\text{SR} = \frac{\text{分析値 (ng)}}{\text{曝露濃度 (ppm)} \times \text{曝露時間 (min)}}$$

## ⑥ 自然環境因子による捕集性能変動の解析

全捕集量と曝露時間との関係図を図 1-1-3 に示した。結果より、各試験ガス濃度において全捕集量と曝露時間の比例関係がみられた。この条件における全捕集量と曝露時間の関係を用いて求めた **Sampling Rate (SR)** は  $4.4 \text{ ng}/(\text{ppm} \cdot \text{min})$  となった。

実際の使用時における自然環境因子である風速、温度、相対湿度について、捕集量に対する影響を試験により解析した。温度因子は温度・相対湿度制御装置を用いて、チャンバー内温度を  $15 \sim 35^\circ\text{C}$  の定温に制御した。上記条件下において各温度における標準ガス ( $10 \text{ ppm}$ ) の捕集量を求めた。相対湿度因子は温度・相対湿度制御装置を用いて、チャンバー内に空調した空気を流入させ  $33 \sim 75\%$  の定湿度に制御した。上記条件下において各相対湿度に対する標準ガス ( $10 \text{ ppm}$ ) の捕集量を求めた。風速因子はチャンバー内の流量調整を行い、 $0.05 \sim 0.3 \text{ m/s}$  の各風速条件における標準ガス ( $10 \text{ ppm}$ ) の捕集量を求めた。

その影響試験結果を図 1-1-4 に示した。結果より、温度  $15 \sim 35^\circ\text{C}$ 、相対湿度  $33 \sim 75\%$ 、風速  $0.05 \sim 0.3 \text{ m/s}$  の違いによる測定値へ影響は一部に認められたが、大きな影響は確認されなかった。以上の結果から、上記の実験を行った温度、相対湿度、風速の範囲では一定の精度を保持したサンプリングが可能と考えられた。

## (2) 実験装置を用いた手袋内外濃度測定

本研究では、シート状サンプラーを手袋内の手モデル表面に貼付けることにより、手袋内濃度を評価する方法について検討した。同時に、シート状サンプラーを手袋の外側表面にも貼り付けることにより、化学物質濃度の手袋内外比を算出し、化学物質に対する防護手袋の防護性能を評価する検討を行った。測定対象物質は産業界において塗料溶剤として多用されているトルエンとした。

### ① 試験対象物質および試験対象手袋

試験対象物質はトルエン (99.5% 和光純薬工業製 特級試薬) 試薬を用いた。試験対象とした手袋は 7 種類で、ニトリルゴム (薄手)、ポリエチレン (薄手)、ポリウレタン (厚手)、ポリウレタン (薄手)、エチレン-ビニルアルコール共重合樹脂 (EVOH) + ポリエチレン (PE)、EVOH + ナイロン、EVOH + ポリエチレン (5 層) 製である。各手袋の材質の種類、厚さ (mm)、重さ ( $\text{g}/\text{m}^2$ )、サイズ、長さを表 1-1-5 に示した。各手袋の写真を図 1-1-5-1 ~ 図 1-1-5-7 に示した。なお、既知のトルエンに対する手袋の透過性能も表 1-1-5 に示した。

### ② 試験装置および試験方法

試験対象手袋の外側表面と、少しずらした位置の手モデル表面へシート状サンプラーを貼り付け (図 1-1-6)、手袋の袖口は密閉した。試験装置の構造 (図 1-1-7) と試験装置の写真 (図

1-1-8) を示した。試験装置は表 1-1-4 に示した機器に、手袋が実際の現場において化学物質による蒸気やガスに曝露する状況を想定し、対象物質の蒸気が発生する曝露セルを設置し、手袋を入れた(図 1-1-9)。本実験ではトルエン濃度 50 ppm、装置内部温度を 25°C、湿度 40% に調整した。サンプラーは 240 分経過時と 480 分経過時、または 480 分経過時と 1440 分経過時に取り出し、サンプラー内の ACF をバイアル瓶へ入れた。ACF を入れたバイアル瓶へ二硫化炭素 2.0 mL を入れて脱着した後、GC-FID により分析を行った。捕集されたトルエン量を求め、手袋内外の捕集量比を、内側の捕集量/外側の捕集量×100 (%)により求めた。試験は各々3回ずつ行った。

### C. 研究結果

手袋に貼付けたサンプラーのサンプリング経過時間ごとの捕集されたトルエン量の内側に対する外側の割合を表 1-1-6 に、その関係について図 1-1-10 に示した。各測定値は JIS T 8030 化学防護服—防護服材料の耐透過性試験に示されている透過曲線に基づき変化曲線を追記した。

### D. 考察

手袋内外濃度比の結果より、7種類のうち最も短時間で内外比の割合が高くなったのは 2.ポリエチレン(薄手)で、240 分経過時は 57.3%、480 分経過時には 72.8% となり、1. ニトリ

ル(薄手)の 10.2%、14.6% に比べて短時間で内外の割合が高くなった。3. ウレタン(薄手)は 480 分経過時 32.5%、1440 分経過時の 71.8% に対し、4. ウレタン(厚手)は 480 分経過時に 6.8%、1440 分経過時に 24.1% と低い割合であった。各々の平均厚さは 0.15 mm と 0.9 mm であり、同種の素材であっても厚さの違いが内外比に影響したと推測された。5. EVOH+PE、6. EVOH+ナイロン、7. EVOH+PE(5層)は 480 分経過時で全て 0% であった。ただし、1440 分では 5. EVOH+PE が 1.7%、7. EVOH+PE(5層)は 3.1% となった。また、3. ウレタン(薄手)と 4. ウレタン(厚手)の 3 回実施時の相対標準偏差は、各々 480 分経過時で 21.2% と 30.9%、1440 分経過時には 46.8% と 7.5% 大きかった。

以上より、本実験条件において 5. EVOH+PE、6. EVOH+ナイロン、7. EVOH+PE(5層)は手袋の外側が 50 ppm に 480 分間曝露しても、内側は定量下限値未満であり、内外比は 0.1 未満となった。EVOH+ナイロンでは 1440 分間曝露しても、内側は定量下限値未満であった。また、ウレタン製の手袋 2 種では 3 回の内外濃度比に比較的ばらつきが認められたが、この原因として各手袋製品により、多少とも指先部や手の平部、甲部の厚みに違いがあることが原因の一つと推定された(表 1-1-5 参照)。今後は他の物質との違いや、実際に現場で使用されている状況である間欠的な使用についても検討する必要がある。

る。

## E. 引用文献

- [1] 日本産業衛生学会 (2013) : 許容濃度等の勧告. 日本産業衛生学雑誌 55 : 257-258
- [2] 厚生労働省(2009) : 職場のあんぜんサイト 安全データシート トルエン. 厚生労働省, 東京  
<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen/gmsds/0045.html> (accessed Feb 12, 2020)
- [3] 化学工業日報社 (編) (2015) : 16615 の化学商品. 化学工業日報, 東京
- [4] Miyauchi H (2020): Japan Society for Safety Engineering Development of a Method for Sampling Personal Exposure to Organic Solvent Vapor Using Layered Activated Carbon Fiber Passive Sampler in Workers. JSSE. 59(1): 27-32
- [5] Occupational Safety and Health Administration (1998) : United Department Labor.T-111-FV-01-9804-M
- [6] NIOSH Manual of Analytical Method (NMAM) (1994) : TOLUENE (diffusive sampler) 4000. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, Cincinnati, OH,USA. Fourth Edition (accessed Feb 12, 2020)
- [7] 日本作業環境測定協会(2017) : 作業環境測定ガイドブック 5 有機溶剤関係. 公益社団法人 日本作業環境測定協会, 東京 pp 273
- [8] Japanese Industrial Standards Committee (2005): Protective clothing-Protection against chemicals-Determination

of resistance of protective clothing materials to permeation by liquids and gases. JIS T 8030. Tokyo, Japanese Standards Association

## F. 研究発表

【論文発表】 なし

【学会発表】

2020年(93回)日本産業衛生学会 : シンポジウム4(最近の化学部質による経皮吸収を防ぐための化学防護手袋の研究) 演題: 実際の作業現場における化学防護手袋の透過試験

## G. 知的所有権の出願・登録状況

【特許取得】なし【実用新案登録】なし

## II-1 分担研究報告

(手袋内へ透過した試験物質を測定する手法の研究)

1-2. 実際の作業場における化学防護手袋の透過状況の調査

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)

## A. 研究目的

作業現場での防護手袋の使用において化学物質の透過に与える因子として、使用手袋(素材、厚さ等)、使用化学物質(種類、取扱量等)、作業方法、作業時間等があげられる。特に手袋

の素材、厚さ等が大きな因子と考えられる。化学物質による健康障害を予防する防止するために、これらのことを踏まえて適切な化学防個手袋の選定や作業方法を考えることは重要と言える。

本研究では、製造現場において実際に使用されている状況下において、防護手袋の内外にサンプラーを装着し、使用されている物質の手袋内外濃度を測定した。その結果を踏まえて、適正な手袋の選定、使用、交換(廃棄)時期を考慮する基礎資料を作成することを目的とした。なお、本研究は令和2年度労災疾病臨床研究「実際の使用条件下における化学防護手袋の透過性の調査」の一環として行い、産業医科大学の倫理委員会にて承認を得て行った(第R2 004号)。

## B. 研究方法

### 1) 研究対象作業場

製造事業所内の有機溶剤取り扱い作業場

### 2) 測定日および測定時間

令和2年11月11日～12月10日  
測定は午前と午後に分けて行った。

### 3) 測定期間、および対象作業場と対象者

A班：11月11日(水)～13日(金)

作業場1 (A、B氏)

作業場2 (C、D氏)

C班：11月17日(火)～19日(木)

作業場1 (E、F氏)

作業場2 (G、H氏)

B班：12月2日(水)～4日(金)

作業場1 (I氏)

作業場2 (J、K氏)

D班：12月8日(火)～10日(木)

作業場1 (L氏)

## 4) 測定方法

### (1) 作業内容の記録

記録用紙(別添参照)にサンプラーの貼り付け部位や測定年月日時・測定時間等を記載してもらい(表1-2-1)、作業の記録用紙(表1-2-2)とサンプラーと一緒に送付してもらった。

### (2) 使用サンプラー

開発したサンプラーのであるサンプラーA<sup>1)</sup>はパッシブ型のサンプラーで、白色、大きさ3cm×3cm×0.5mm、重さ約0.5g、市販されているサンプラーである。サンプラーBはSKC社製の肌色、大きさ3cm×1cm×1mm、重さ約1gのサンプラーである。手袋の外側にはサンプラーA、内側にはサンプラーBを用いた。図1-2-1にサンプラーAの構造図、図1-2-2にサンプラーの外観と内部にあるACFの写真を示した。サンプラーAの大きさは、縦横3cm、厚さ約1mmであり、重量約0.5gである。ポリエチレン系の多孔質フィルターで繊維状活性炭ACF(Activated Carbon Fiber)を覆っており、5層のシートから構成される。測定時にサンプラーが剥がれることを防ぐために、裏面は接着層となっている。

サンプラーBは、大きさ30mm×10mmのシート状のサンプラーである。活性炭繊維が入っている(図1-2-3)。

### (3) 試験対象物質

測定物質は作業場で使用されていた有機溶剤であるアセトン (Acetone)、メチルイソブチルケトン (Methyl isobutyl ketone (MIBK))、物質 a、物質 b、物質 c の 5 種類とした。なお、作業時に実際に使用されていた物質を分析の対象とした。

### (4) 分析条件

本研究ではガイドブック 5 に準拠した方法、即ち活性炭を捕集材として用い、GC 分析法に準じて検討を行った。GC の検出器として flame ionization detector (FID) が採用し、GC で分離したピーク成分を同定した。

試料前処理として、対象物質が吸着した活性炭部を共栓小試験管に入れた。脱着用溶媒の二硫化炭素(99%和光純薬工業製 特級)1.0 mL を加え素早く密栓し、時々振とうした後、約 1 時間放置して上澄み液を GC-FID 分析に使用した。

GC の恒温槽内にキャピラリーカラムを取り付け、十分にエージングを行い、GC を分析条件に合わせて運転させた。GC に装着されたオートサンプラーで最終試料液 2.0  $\mu$ L を GC に導入し、得られたクロマトグラム上の測定対象物質のピーク面積を測定後、検量線を用いて最終試料液中の測定対象物質量を求めた。行った分析条件は表 1-2-3 に示した。

## C. 研究結果

各サンプラーのサンプリングの速度が求めたところ、サンプラー B は

サンプラー A の約 6.83 倍であった。そのため内側捕集量にはファクターである 1/6.83 を掛けた値を捕集量とし、内側捕集量/外側の捕集量 $\times$ 100 により、手袋の透過率(%)とした。

測定時間の記録、測定値などを表 1-2-4 に示した。右側と左側、さらに午前と午後の全平均値を表の右側に示した。

その結果、アセトンでは、最小値が作業場 2 の G 氏 0.7%、最大値が作業場 1 の I 氏 7.8%(アセトンサンプリング作業 1 分 $\times$ 1 箇所等)、物質 a では最小値が作業場 2 の C 氏 0.1%以下、最大値が作業場 2 の H 氏 0.7%(a サンプリング作業 1-3 分 $\times$ 1-6 箇所等)であった。物質 b では最小値が作業場 2 の L 氏 0.2%、最大値が作業場 2 の C 氏 2.6%(b サンプリング作業 5 分 $\times$ 1 箇所、廃液作業 1 分、ドラム缶からの取り出し 3 分 $\times$ 2 箇所等)であった。物質 c では最小値が作業場 1 F 氏 0.1%、最大値が作業場 1 の I 氏 7.7%、MIBK では最小値が作業場 1 の F 氏 1.0%、最大値が作業場 1 の I 氏 4.1%であった。

## D. 考察

結果をまとめると、手袋の内外濃度比(透過率)は

アセトン : 0.7% - 7.8%

MIBK : 1.0% - 4.1%

物質 a : 0.1%以下 - 0.7%

物質 b : 0.2% - 2.6%

物質 c : 0.1% - 7.7%であった。

つまり、本測定結果において、内外

濃度の割合でみると非常に低割合であったが、手袋の内側にも測定対象物質が検出された。使用されていた防護手袋は塩化ビニール製(厚手)手袋であった。塩化ビニール材料は使用している有機溶剤に対して耐透過性は低いと言える。特にアセトンと物質 c については比較的透過性が高い結果であった。

手袋の性能として、耐浸透性、耐劣化以外に接合部からの液体の通過および、完成品による浸漬を繰り返し行い、膨張、収縮、硬化などの変化、引っ張り強度あるいは膨張率を調べる試験である。その他、手袋の性能として JIST8116 で定められている耐透過性試験がある<sup>2)</sup>。この試験は、材料の表面に化学物質が接触、吸収され、材料内部に分子レベルで拡散を起こし、材料の裏面から離脱する現象を調べる試験である。この耐透過性は材料が厚い場合は高くなる。使用されていたのは塩化ビニール製(厚手)であった。作業による耐久性はあると思われるが、本研究結果より、作業方法や作業時間によっては耐透過性は高くないと言える。手袋内部にて検出されたことを考慮すると、さらに耐透過性を有する材料の手袋、または交換頻度を考慮する必要があると思われた。

## E. 引用文献

[1] Miyauchi H (2020): Japan Society for Safety Engineering Development of a Method for Sampling Personal

Exposure to Organic Solvent Vapor Using Layered Activated Carbon Fiber Passive Sampler in Workers. JSSE. 59(1): 27-32

[2] Japanese Industrial Standards Committee (2005): Protective clothing-Protection against chemicals-Determination of resistance of protective clothing materials to permeation by liquids and gases. JIS T 8116. Tokyo, Japanese Standards Association

## F. 研究発表

【論文発表】なし

【学会発表】

2020年(93回)日本産業衛生学会：シンポジウム 4(最近の化学部質による経皮吸収を防ぐための化学防護手袋の研究)演題：実際の作業現場における化学防護手袋の透過試験

## G. 知的所有権の出願・登録状況

【特許取得】なし【実用新案登録】なし

## II-1 分担研究報告

(手袋内へ透過した試験物質を測定する手法の研究)

1-3. 化学実験者における薄手ニトリル手袋内へのクロロホルムの透過に関する研究

研究協力者 吉澤 章 ((有) 環境検査センター 所長)

## A. 研究目的

某大学理工学系研究室の作業環境

測定を6か月ごとに数年間依頼を受けて実施してきたが、第2, 第3管理区分となる研究室(有機合成化学系: クロロホルムが主体)があり、給気や全体換気装置、局所排気装置等の改善が行われてきた。作業環境測定と同時に個人サンプラーによる個人ばく露測定を行った結果、許容濃度を超える結果が得られた。そこで、個人ばく露測定と同時に薄手手袋(ニトリル製)の内側に、活性炭フェルトが付いたPERMEA-TECパッド769-3050(SKC社製)を作業者手のひら、指に貼り付け60分間実験を行ってサンプリングし、ガスクロマトグラフ分析を行い手袋の内側におけるクロロホルム濃度を測定した。

【研究室の状況】(図1-3-1 実験室風景)

- ・透過試験対象有機溶剤: クロロホルム、酢酸エチル、*n*-ヘキサン(定常的に使用されている有機溶剤として選定)
- ・対象研究室在籍者数: 5~8名。
- ・有機溶剤使用状況: ドラフト内(卓上ドラフト内)での合成反応、カラムクロマト・分画、ロータリーエバポレーターによる濃縮等。
- ・シリカゲルカラムクロマトグラム展開溶媒で使用(単独または混合溶媒として、卓上ドラフト内で使用)。カラムクロマトで分離後、展開液をロータリーエバポレーターに移し濃縮・乾固、溶解、精製等を行う。
- ・使用手袋: 汎用薄手ニトリル手袋  
肉厚: 約0.07 mm (70 μm)

## B. 研究方法

1日に8名の実験者を対象に、調査日を変えて2日間測定を行った。実験を行う前に、実験者の手のひらと中指にSKC社製PERMEA-TECパッド769-3050(PERMEA-TEC面積:  $1.8\text{ cm} \times 2.0\text{ cm} = 3.6\text{ cm}^2$ )を張り付けてから、薄手ニトリル製手袋を装着した。60分間の実験を行ったのち、パッドを外し二硫化炭素で脱着しガスクロマトグラフ分析を行い、手袋内側へのクロロホルムの透過量を測定した。

## C. 研究結果

### 1. 実験者における薄手ニトリル手袋内からのクロロホルム透過量の試験

手のひらと中指にパッドを装着して実験をおこなったが、手のひらに装着したパッドには汗が付着してしまい、測定することができなかった。そのため、中指に装着した分の測定結果を表1-3-1に示す。試みに、1パッドの面積あたりの透過濃度の計算例を記載した。(計算例:  $1.4\text{ mg}/3.6\text{ m}^2/60\text{ min} \times 1000 = 6.3\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ ) その結果、どの測定結果とも手袋の基準手袋交換濃度目標値である  $0.1\text{ }\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  を超える値であった。

## D. まとめ

化学実験におけるPERMEA-TECパッドを用いて薄手ニトリル手袋のクロロホルム透過量の試験において、8名の実験者の手袋からの透過の確認と、手袋交換濃度目標値(0.1

$\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ ) と仮定すると破過の結果を得た。本法は作業現場で手袋を透過し破過確認する方法として有効であることを確認した。パッドの装着において貼る位置として、作業者の汗の影響を考慮する必要があると思われた。

以上の結果より、大学等の化学実験室で使用されている薄手ニトリル手袋(厚さ 70  $\mu\text{m}$ )はクロロホルムに対して即破過を示しており、手袋の使用の検討が必要と思われた。

田中茂氏が耐透過性手袋として開発した EVOH 手袋は 3 種類の有機溶剤ともに手袋交換濃度目標値  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  と設定すると、780 分以上の透過性能を示した (3-7 手袋素材に対する透過試験結果(その 2) 参照) ので、大学の実験室で使用する際、手袋の中敷きに EVOH 手袋をした上に、薄手ニトリル手袋の使用が望ましいことを研究室の教授に指導を行った。

## E. 研究発表

【参考文献】なし【論文発表】なし【学会発表】なし【書籍、雑誌発表】なし

## F. 知的所有権の出願・登録状況

【特許取得】なし【実用新案登録】なし

## II-2 分担研究報告 (簡易的な手袋への試験物質の透過を確認する方法の研究)

### 2-1. 電子天秤を用いた手袋からの試

## 験物質の透過に伴う質量変化に関する研究

研究協力者: - (日化協会株式会社)

### A. 研究目的

化学物質に対する使い捨て手袋の透過時間データはほとんど無いのが現状である。試験機関に、JIS T 8116 に基づく耐透過性試験データを依頼、実施するとなると、コストが高すぎる。また、JIS T 8116 の試験条件は化学物質と手袋素材を Full contact させたものであり、作業員、研究者の化学物質による曝露は、化学物質の飛沫による飛散接触がほとんどである。そのため飛散接触のための試験方法が必要であり、その検討を行うこととした。安価な費用で測定できる方法の開発を目的に電子天秤を用いた重量法の有効性を確認するため、ガス検知器を用いる方法の 2 つの測定法を比較し検証した。

### B-1. 研究方法 重量法を用いる方法

簡易試験法として最初に検討したのは、斎藤氏の試験<sup>1)</sup>の追試である。

1) 紙製のウエスに約 3.0 g の有機溶剤である化学物質を染み込ませ、これを手袋内に挿入。物質の透過は外側から中へ移動するので手袋は裏返して使用した。

2) 手袋の口をしっかりシールする。シールの方法は輪ゴムと接着テープを用いた。また事前に使用する手袋は漏れないことを確認した。(図 2-1-1 参照)

3) 有機溶剤の入った手袋はカップの上に置いてドラフト内に放置し、0分、5分、10分、20分、30分の重量を電子天秤(下4桁)で測定した。

有機溶剤はアセトン、使用した手袋はニトリル系のクリーンノールニトリル手袋/アズワン社製とした。

### C-1. 結果

測定結果及び透過率の変換式を表2-1-1に示した。

有機溶剤重量の列：仕込んだ有機溶剤の重量は 3.589 g で 30 分後には 1.765 g であった。残存率から 30 分で 49.13% 消失したことがわかる。手袋を透過した時間は、30 分では 1.8279 g で、これより上記の式より透過率が求めることができる。手袋の面積は概算で 220 cm<sup>2</sup> とした。30 分の場合は、277.0 μg/cm<sup>2</sup>/min であった。

### D-1. まとめ

この検証から、本方法で透過率を求めることができることがわかった。

重量法について、検討した事例を図2-1-2に示す。1) は上記方法。直接手袋に有機溶剤を含んだ wet な紙製ウエスを挿入する方法。2) と 3) はカップに紙製ウエスを入れ、有機溶剤を添加し、カップの上部に手袋を被せて重量を測定する方法。2) は手袋をそのままカップに被せた。3) は手袋をハサミで切って、フィルム状態にしてカップに被せた。カップは 200 mL プラスチックビーカーを使用。

1) は正確な表面積を求めることは難

しいが、2)、3) はカップの口の面積が表面積になるので正確に表面積を求めることができる。シールからの漏れの確認については、1) は事前に空気入れることで漏れていない状況を確認できる。2)、3) についてはカップの口に手袋面が密着していることで漏れない状況としている。

### B-2. 研究方法 ガス検知器を用いる方法

ガス検知器として光イオン化型検出器(理研計器製 CUB)を用いた。本器の濃度範囲は 1ppb~5000 ppm と、低濃度領域まで測定可能である。

#### 【方法】

測定は図 2-1-3 にしたようにデシケーター中で行った。ガス検知器をカップに入れて、カップの上面を手袋で被い、手袋を透過してくる有機溶剤濃度を測定した。測定時間は 30 分として、測定後に 0 分、5 分、10 分、20 分、30 分の透過量 (mg/m<sup>3</sup>) を抜き出して記録した。

手順としては次の通り。

①有機溶剤の入ったビーカーをデシケーターの中に入れた。

②デシケーター—のふたをして 3 分放置した。

③PID 検出器の入ったカップの上部を手袋の素材で被い、デシケーターの中に入れ蓋をして、測定開始した。

コンビニのコーヒー用のカップを使用。同じタイプのカップを百均で購入(3個 100円)ふたの内部をハサミでくりぬき、押さえとして使用した。

手袋をハサミで切りフィルムとし、これを検出器が入ったカップに被せる。周囲を輪ゴムで押さえ、手袋表面をカップの口にしっかり密着させた。これに内部をくりぬいたふたを被せて押さえる。これでシールは完成した。注意：カップと手袋の接触面から漏れないようにする。手袋を被せたときに漏れが無いようにしっかりシールできることが肝要である(図 2-1-4 参照)。

## C-2. 研究結果

ガス検知器法の結果および透過率の変換式を表 2-1-2 に示した。

ガス検知器の表示単位は  $\text{mg}/\text{m}^3$ 、カップ内の容積は 180 mL で、カップ内に透過した有機溶剤重量 ( $\mu\text{g}$ ) が求まる。

## D-2. まとめ

表 2-1-3 および表 2-1-4 に示した。

## E. 透過率による管理の検討

【目的】重量法、ガス検知器法とも透過率を求めることができたので、「透過率」を透過の指標とし、手袋選択の基準を検討した。

【方法】透過率による使い捨て手袋の選択

【結果】重量法、ガス検知器法で測定した結果を表 2-1-3 に示した。手袋の材質はニトリル、天然ゴム、ポリエチレンの 3 種、有機溶剤はアセトン、ヘキサン、エタノール、DMAC の 4 種類を使用した。

表の左側に重量法、右側にガス検知器法の透過率を示した。

【考察】全体としては、重量法よりガス検知器法の方が高い透過率クラスであった。表 2-1-4 の透過率の使用と比較すると、ガス検知器法の透過率は「非常に良い」または「とても良い」であった。重量法は、材質や有機溶剤でクラスが異なる場合があった。また、DMAC やエタノールは重量が増加した事例があった。

【結論】今回の試験条件では重量法、ガス検知器法とも高濃度条件での測定であり、手袋の透過時間を求めることはできなかったが、透過率が得られることがわかった。透過率を指標として使い捨て手袋を選定する場合、透過率クラスを目安に E(非常に良い)、VG (とても良い) レベルを示す材質を選択する方法もあろうが、使用時間まで言及することは難しい。

使用時間については、化学物質の有害性の程度を加味することで使用時間を管理することができる可能性がある。一例として、有害性として経皮 Derived No-Effect Level (DNEL) を用い、手袋の透過率より健康障害が出ない使用時間を求めることが可能であろう。また、飛沫接触レベルまで濃度を低下させた条件では、感度が高いガス検知器法を用いれば透過時間を測定できる可能性がある。

## F. 研究発表

### 【参考文献】

[1] 斎藤正明:手術用ゴム手袋信仰と

有機溶剤. Isotope News (No.735)  
2015 : 7. 36-38.

【論文発表】なし【学会発表】なし【書籍、雑誌発表】なし

#### G. 知的所有権の出願・登録状況

【特許取得】なし 【実用新案登録】なし

### II-2 分担研究報告（簡易的な手袋への試験物質の透過を確認する方法の研究）

#### 2-2. 検知管法による試験物質の手袋内への透過の検知

研究協力者：牛澤浩一（国立研究開発法人理化学研究所 安全管理部）

##### A. 研究目的

特化則 44 条の改正により経皮吸収が想定される特別有機溶剤等について、これらを取り扱う作業においては手袋等の備付けや使用が義務付けられた。理研和光事業所においてはこれら特別有機溶剤の中ではクロロホルムとジクロロメタンが最も多く使用されている。化学系実験室では化学反応、抽出、濃縮の有機溶剤用途等、また HPLC や分取 LC の移動相用途等でクロロホルムやジクロロメタンが使用され、生物系実験室では DNA や RNA 抽出時にクロロホルムが使用されている。これらの作業においては殆どが、ラテックスなどのディスパーザブルの薄手の手袋を着用して作業が行われており、厚手

の手袋は作業性の悪さから敬遠されることが多い。そこで、実験室で普段から利用されている薄手の手袋で透過試験を行った結果、すぐ透過を確認した。種類を組み合わせで 2 重に使用することにより、実験用途での利用に耐えうる組合せについて簡易透過試験を行った。

##### B. 研究方法

試薬はクロロホルムとジクロロメタンを使用した。ゴム系手袋としてラテックス、ニトリル、クロロプレン、プラスチック系手袋としてポリエチレン、ポリプロピレンを用いた。実験用途での利用に耐えうる組合せの検討という観点から、試薬を手袋に付着させたまま 10 分程度着用したまま放置する、という最も悪い条件を想定して実験を設定した。

手順は以下の通りとした。1) 手袋を着用し 2 分以上おき、手汗などを付着させた後に手袋を外した。2) ピペットで約 0.2 mL を手袋の手の平部分に付着させ 10 分待った。3) ガス検知管で手袋の内側の濃度を測定した。4) 3 回繰り返し、平均値と標準偏差を求めた。(図 2-2-1)

##### C. 研究結果

表 2-2-1 より、1 枚手袋での調査の結果として、5 種類すべての手袋について、手袋内側の濃度が高濃度となることが確認された。各種組み合わせで 2 重手袋内側の濃度を調べたところ、クロロホルムとジクロロメタ

ン共にニトリルを内側、ポリエチレンを外側にした組合せ で手袋内側の濃度が最も低濃度となることが確認された。

#### D. 結論

10分程度を前提とした短時間利用であって、付着した場合には直ぐに手袋を取り替えるような実験用途においてはニトリルを内側、ポリエチレンを外側に2枚重ねで着用した状態で作業を実施しても経皮吸収は避けられるのではないかと推察できる。ただし、これは上記のような実験用途を主眼として行なった検討事項であり、別の各用途においてはその用途に合わせた検討が必要であることを付記しておく。

#### E. 研究発表

【参考文献】なし【論文発表】なし  
【学会発表】

・牛澤浩一、小田あゆみ、丹内佳織、篠原茂己、田中茂:実験用途を考慮した経皮吸収防止のための薄手手袋2枚重ねの有効性についての検討、第91回日本産業衛生学会、P2-76、2018年5月。

・牛澤浩一 :公募企画7 化学物質による経皮吸収ばく露防護:化学防護手袋の適正な選定、使用および交換(廃棄)を提案する、演題名:経皮吸収防止のための薄手手袋2枚重ねの有効性についての検討 ~化学物質を用いた実験用途を中心として~、第28回日本産業衛生学会全国協議会、

2018年9月。

【書籍、雑誌発表】なし

#### F. 知的所有権の出願・登録状況

【特許取得】なし【実用新案登録】なし

### II-2 分担研究報告(簡易的な手袋への試験物質の透過を確認する方法の研究)

#### 2-3. ガス検知器(理研計器製CUB)による手袋の外と内の濃度測定により検知

研究協力者:牛澤浩一(国立研究開発法人理化学研究所 安全管理部)

#### A. 研究目的

研究機関等において化学系や生物系の実験における試薬等の取扱いについては手先の細かい作業などが多いこともあり、ゴム系ではラテックスやニトリル素材、またプラスチック系ではポリエチレンやポリプロピレン素材の薄手手袋が用いられるケースが多い。これらの手袋についてはメーカーが各試薬に対しての耐透過性能表を用意しているケースが多く、まずはこれを参照して手袋の選択を行うことが基本事項となる。しかしながら、耐透過性能が公表されていない手袋を使用する場合や、耐透過性能表がある場合でも複数の試薬を同時に用いる場合にはすべての試薬に対して耐透過性を有していないこともあり、これらの薄手手袋を

そのまま使用すると、経皮ばく露リスクを抱えたまま作業することになる。手袋の耐透過性能が不明な場合や手袋を重ねて使用する場合などでは各試薬に対してどの程度の耐透過性能を持つかをあらかじめ調査し、その手袋の使用の可否等について認識しておく必要がある。比較的簡便に耐透過性能を調べる手段として検知管やガス検知器を用いる方法がある。

検知管を用いて手袋内部の濃度を測定する場合には、作業の内容をふまえて、手袋を使用する時間と手袋への付着量を想定し、その条件における透過性能を検討することが望ましい。実験の場合、1つの作業が10分であれば、その間1つの手袋を着用したままにすると想定し、10分間の耐透過性能があればよいと考える。生物系実験の作業中に試薬が付着してしまう例として、攪拌・遠心後にコニカルチューブやマイクロチューブの蓋を開けるときの蓋側に付着したままとなっていた試薬が数10  $\mu\text{L}$ 程度手に付着してしまうというケースがある。このような場合、条件設定としては10分間、付着量を若干多めに想定して100  $\mu\text{L}$ を付着させて、手袋の内側濃度を検知管によって測定してみるとよい。

ガス検知器を利用する場合、検知管測定との比較でより効果的である点は、データログを取得することができるため、経時変化をみることができることである。検知管測定においては、あらかじめ設定したその時

点での濃度しか知ることができないが、リアルタイムモニターについては検知管で設定した時間以上の長い時間で設定しておけば、どの程度の時間まで耐透過性能が継続できるのかを調査することも可能である。

計測した濃度がゼロであれば、設定した条件においてその手袋を使用できることが明確であるが、ある程度の透過濃度が計測される場合には基準値を設定しないと、どの程度の透過濃度までその手袋が使用できるのか判断できない。一つの判断基準としてJIS T8116「化学防護手袋」で示される標準透過速度(0.1  $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ )を利用する方法がある。測定される濃度データはppmもしくは $\text{mg}/\text{m}^3$ であり、このままでは比較できないため、試薬を付着させた面積と、付着から計測したい時間経過後の測定時間を利用して透過速度を求める。検知管を利用する場合は測定時点での透過速度が標準透過速度を超えていけば使用できないと判断する。リアルタイムモニターを利用する場合は経時変化をみることができ、標準透過速度に達する時間までは使用できると判断する。

## B. 研究方法

メーカーからニトリル手袋のテトラヒドロフランに対する透過時間が公表されていなかったため、リアルタイムモニター(CUB)を用いて、手袋内側と外側の濃度測定を行った。ニトリル手袋の外側にテトラヒドロ

フラン溶液を 0.2mL 付着させた後、手袋内側と外側のリアルタイムの濃度測定を行った（図 2-2-1 参照）。

### C. 研究結果

その結果、手袋外側の濃度と内側の濃度は、ほぼ同じ数値を示した。すなわち、この使用していたニトリル手袋のテトラヒドロフランの耐透過性がなく、手袋をしていても曝露防護を防げないことを示唆していた。（図 2-2-2 参照）

### D. 研究発表

【参考文献】なし

【学会発表】

・牛澤浩一：経皮ばく露対策の取組事例．経皮ばく露対策防止セミナー、厚生労働省最新動向解説セミナー（化学物質対策関係）、中央労働災害防止協会（2019）

・牛澤浩一：研究所における経皮吸収を防ぐための薄手化学防護手袋の活用、シンポジウム 4「化学物質による経皮吸収を防ぐための化学防護手袋に係る最新の研究」、第 93 回日本産業衛生学会（2020）．

【論文発表】なし

【書籍、雑誌発表】

・牛澤浩一：誰でもできる！簡易測定器で．化学物質のリスクアセスメント第 9 回 簡易測定器の活用事例 (3) 化学防護手袋の化学物質透過状況の確認、安全と健康 70 (10) 55-57(2019).

## II-2 分担研究報告(手袋材料についての簡易的な耐透過および耐劣試験方法についての検討)

### 2-4. オルトトルイジン等低揮発性有機溶媒を対象とした経皮吸収防止のための化学防護手袋の選定における耐劣化性能の検討

研究協力者：牛澤浩一(国立研究開発法人理化学研究所 安全管理部)

#### A. 研究目的

オルトトルイジン、アニリン、フェノールなどのいわゆる低揮発性有機溶媒については揮発しにくく蒸気になりにくいことから、蒸気が経皮吸収に与える影響については小さいことが想定され、溶媒が直接液体として手に触れてしまう場合を重点的に考慮する必要がある。化学防護手袋を着用する場合には、手袋を透過する蒸気量が小さいこと、溶媒の液体が直接手袋素材を溶解等してしまう可能性があることを考慮すると、手袋の溶媒に対する耐劣化性能が重要となってくる。劣化の状況を確認するためには、JIS T8116 / ASTM F739 による突刺強さの変化を計測する方法やショーワグローブやアンセルがメーカー基準で実施した重量変化による方法がある。突刺強さの変化を計測する方法は簡便には評価しにくいことから、本報告では簡便に劣化状況を確認する方法として、重量変化による方法を検討した。オルトト

ルイジンを薄手手袋に付着させた場合の手袋の切片の重量変化を計測し、評価を行ったので報告する。

## B. 研究方法

### 1) 手袋にオルトトルイジンを付着させた場合の手袋内側の蒸気濃度および透過速度の検出

ラテックスゴム、ニトリルゴム、ポリエチレンの3種類の素材の薄手手袋を準備し以下の通りの手順にて蒸気濃度を測定した。

- (1) グローブに手を入れて2分以上待ち、手を抜く(手汗等の影響を考慮)。
- (2) リアルタイムガスモニタ (ion science 社 CUB)を手袋内部に入れて封印する。
- (3) グローブの掌部分にピペットで試薬 200  $\mu$ L を付着させ、測定を開始(約 20 分)。
- (4) 3 回実施して平均値と標準偏差を計算する。
- (5) 付着したエリアを 25 $\text{cm}^2$  として、透過速度を計算する。

### 2) 見た目の変化による確認

付着部分の素材表面の変化等を目視により確認する。

### 3) 手袋切片の重量変化による劣化の確認

- (1) ニトリル、ラテックス、ポリエチレン各薄手の手袋を 2cm 角(2 x 2 = 4  $\text{cm}^2$ )に切り、これを各 12 片ずつ準備する。
- (2) 各片の重量を電子天秤で計測する(室温も計測しておく)。
- (3) 試薬(オルトトルイジン)を 20 L

程度付着させる。

- (4) 20 分または 120 分待つ (それぞれ別々に設定)。
- (5) キムワイプで付着させた液をふき取る。
- (6) 乾燥のため 60 分待つ。
- (7) 処理後の各片の重量を電子天秤で計測する。
- (8) 各素材について 12 片の重量の平均値、標準偏差を求め、試薬付着前後の百分率変化を確認する。
- (9) 等級表(表 2-4-1)を参考に耐劣化性を評価する。

## C. 研究結果

### 1) 手袋にオルトトルイジンを付着させた場合の手袋内側の蒸気濃度および透過速度の検出

手袋にオルトトルイジンを付着させた場合の各手袋内側の蒸気濃度と、この濃度から推算される透過速度を図 2-4-1 に示す。ポリエチレン手袋において 6 分過ぎ、ニトリルで 10 分過ぎ、ラテックスで 17 分過ぎから若干濃度が上昇するが、一番高い濃度でポリエチレンのとき 0.04 ppm であった。透過速度に換算してみると、20 分経過後でも全ての手袋が 0.01 $\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  未満であり、使用できるか判断の基準となる標準透過速度の 0.1  $\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  と比較しても 1/10 未満であり、大きく下回る結果となった(図 2-4-2)。

### 2) 見た目の変化による劣化状況の確認

ニトリル手袋にオルトトルイジン

を付着したときの見た目の変化を図 2-1-3 に示す。ニトリルの手袋では、シワや変色、内側への僅かなにじみが生じており、素材に何らかの物性変化が起こっていることが想定された。

### 3) 手袋切片の重量変化による劣化状況の確認

オルトトルイジンを付着させた前後の手袋切片の重量と変化率を表 2-4-2 に示す。ニトリルに 20 分間付着させたときに 68.5%、120 分間付着させたときに 40.6%重量が増加していることが分かった。一方でラテックスとポリエチレンについては 20 分間、120 分間ともに 5%未満の変化率にとどまった。耐劣化性等級表に照らし合わせてみるとラテックスとポリエチレンは重量変化が 10%以下であったことから評価は E となり、「使用可能」であったが、ニトリルは 20 分付着時で 51%以上であったことから評価は NR となり「推奨しない」という評価となった。

## D. 考察

手袋内側の蒸気濃度については 20 分経過後では各手袋についてすべて低濃度であり、この濃度だけで判断してしまうと、3 種の素材とも使用可能である結果となる。これはオルトトルイジンの揮発性が相当に低いこと(沸点 200°C、25°Cにおける飽和蒸気圧 34.5Pa)が影響していると考えられる。しかしながら、ニトリル手袋の状態を確認すると、付着部分への変

性が認められ、手袋内側に液体のにじみが見られたことから、揮発した蒸気の影響が小さくても溶媒の液体が手袋の素材を壊していると思われる。このことにより、ニトリル手袋を使用した場合はオルトトルイジン蒸気へのばく露は小さいものの、そのまま液体が手指に付着し、経皮吸収が起こることが示唆された。各素材の手袋切片の重量変化率の結果からはニトリルのみ大幅な増加を認めており、20 分付着時の評価が NR であったことからニトリル素材の手袋を持って作業することは適切でないことが分かってきた。一方で、ラテックス、ポリエチレン手袋については手袋内側の濃度も低く、手袋切片の重量変化率も小さかったことから、薄手であってもある程度使用できることが示された。

## まとめ

低揮発性の有機溶媒を使用する場合、経皮吸収を防止するための手袋を選定するにあたって、蒸気の耐透過性能を検討するだけでなく、液体がそのまま付着することによる耐劣化性能も同時に検討すべきことを示した。比較的簡便に耐劣化性能を検討する方法として、手袋の切片の重量変化を測定し、変化率により劣化の判定を行うことができた。これにより低揮発性の有機溶媒を使用する場合の手袋選定の可否について透過と劣化の観点から判定することが可能となった。

## E. 研究発表

【参考文献】なし【論文発表】なし

【学会発表】

・牛澤浩一、小田あゆみ、丹内佳織、篠原茂己、田中茂：実験用途を考慮した経皮吸収防止のための薄手手袋 2枚重ねの有効性についての検討、第91回日本産業衛生学会、P2-76、2018年5月。

・牛澤浩一：公募企画7 化学物質による経皮吸収ばく露防護：化学防護手袋の適正な選定、使用および交換(廃棄)を提案する、演題名：経皮吸収防止のための薄手手袋 2枚重ねの有効性についての検討 ～化学物質を用いた実験用途を中心として～、第28回日本産業衛生学会全国協議会、2018年9月。

【書籍、雑誌発表】なし

## F. 知的所有権の出願・登録状況

【特許取得】なし【実用新案登録】

なし

### II-3 分担研究報告（手袋の透過性能に関する評価方法に関する研究）

#### 3-1. 化学製造工場における手袋の透過性能に関する簡易評価方法に関する研究：

研究協力者：峯 一弥（(株)日本触媒姫路製造所 環境安全部 環境安全課）

#### A. 研究目的【背景】

1) 化学工場では、化学物質による薬傷や健康障害を防止するために、適正な手袋を選定し着用する必要がある。事業所では、様々な種類の化学物質を使用しているため、選定は、実作業の経験や浸漬テスト(劣化試験)の結果に基づいて行っていたが、福井県の化学工場における膀胱がん発症事案（平成27年）を受けて、厚生労働省より通達「化学防護手袋の選択、使用等について」（平成29年1月12日、基発0112第6号）が発行され、手袋の選択、使用、管理を行うにあたっては、対象とする化学物質に対する耐透過性クラス（使用可能時間）を参考にすることが必要となった。

#### 2) 事業所における化学物質取扱作業の実態

事業所では多種の化学物質を取り扱っているが、手袋としては、主に製造現場では厚手のゴム系の手袋を、実験室・試験室では薄手の使い捨て手袋を使用している。皮膚腐食性が高い物質を取り扱う場合等では、SDSで指定されているゴム手袋を使用したり、ゴム手袋を2重に着用するなど対策を行っている。なお、作業形態としては、液が付着した器具やウエスを取り扱う作業、少量の液はねが想定される作業が殆どであり、手袋を液に浸した状態で長時間作業するケースはまれである。

#### 3) 問題点

製造所では、通達に準じた化学防護手袋の選択、使用、管理を行うにあたっては、以下のようなことが現実

的な問題である。

#### (1) 耐透過性クラスデータの入手

耐透過性クラスのデータは、最近では手袋メーカーより提供されているが、少量かつ短時間付着する作業形態、長時間（8時間超）、再利用等を想定したデータは十分にそろっていないことが多い。

#### (2) 手袋の選択と廃棄に関する問題

厚生労働省通達によれば、一度使用した手袋は再使用できないが、製造現場で使用可能な厚手のゴム手袋で、価格と耐透過性能を両立するものは、未だ市販されていない。

### B. 研究方法

前述の問題を解決する一つの方法としては、実作業形態に近いモデルで透過性能確認を行い、その結果を科学的な根拠として、使用可能時間や廃棄のルールを定めることが考えられる。目的を達成する上で、厳密なデータは必要ない。そこで、手袋の耐透過性能と使用可能時間を簡易的に確認できる効果的な方法がないか検討を行った。

#### 1) 透過部の製作とその構造

透過セルの製作を行うにあたっては、研究協力者（田中茂）著で紹介されている幾種類かの器具と検知管を用いて事前テストを実施し、簡易的な測定が可能であることを確認した。その後、これらの器具を改良した簡易テストセル【A】、【B】、及び安全で簡易的な評価が出来るように手袋の指の部分を利用する透過セル【指

サック装着瓶】を考案し製作した。（図 3-1-1、図 3-1-2 参照）。

#### 2) 検知方法

ガスの透過量が手袋交換濃度目標値  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  に到達するまでの時間を求める事が可能な、ガス検知器（理研計器（株）製 CUB）を採用した。

#### 3) 測定回路

JIS 法に示されている循環系回路と開放系回路の両方の回路を作成し、測定評価が可能であるか検討を行った（図 3-1-3 参照）

### C. 研究結果

結果の一例を以下に示す。今回製作した試験装置を用いて、厳密では無いものの、実用上問題ないレベルで、透過時間の評価が可能であることが証明された。また、2枚重ね手袋の評価、手袋を再利用（一度テストで使ったものを水で洗って乾かしてもう一回テストした）を行った（図 3-1-4、表 3-1-1 参照）。

### D. まとめ

今回、簡易的な透過試験の手法を確立することを目的にテストを行った結果、市販の測定器等の組合せにより、簡易的な測定評価が可能であることが確認できた。

実際の現場作業では、微量かつ短時間の付着対策や念のための着用の場合は、手袋を使用後に洗浄して、穴あき、劣化、臭気などが無いことを確認して再利用せざるを得ないケースが多々ある。今後は、この手法で得ら

れたデータを、手袋メーカーから得られる耐透過性能の情報と併用することにより、手袋の種類と使用可能時間を適切に定め、製造現場における安全な手袋の着用管理方法を確立していきたい。

## E. 研究発表

### 【参考文献】

1. 田中茂：皮膚からの吸収・ばく露を防ぐ(第1報)ーオルト-トルイジンばく露による膀胱がん発生から学ぶー中央労働災害防止協会 (2017)
2. 田中茂：皮膚からの吸収・ばく露を防ぐ(第2報)ー化学防護手袋の適正使用を学ぶー、中央労働災害防止協会 (2018)
3. 田中茂：中災防ボックス、知っておきたい保護具のはなし(第1版) 中央労働災害防止協会 (2017)

### 【学会発表】

峯 一弥：化学防護手袋の耐透過性能の簡易的なテスト手法について 第78回全国産業安全衛生大会(京都) 化学物質管理活動分科会 研究発表集：604-606 (2019)

### 【論文発表】なし 【書籍、雑誌発表】

なし

## II-3 分担研究報告 (手袋材料の透過性能に関する評価方法に関する研究)

### 3-2. 簡易透過試験方法を用いた化学防護手袋の評価：

研究協力者：峯 一弥 ((株)日本

## 触媒姫路製造所 環境安全部 環境安全課)

### A. 研究目的

当製造所では、厚生労働省の通達「化学防護手袋の選択、使用等について」(基発 0112 第6号)を受けて、化学防護手袋の選択、使用、管理のために、簡易透過試験方法を用い、実際に現場で使用する手袋の事前評価を行っている。

今回、現場使用時の液の付着状況を想定し、少量付着を想定した試験、長期間の浸漬後の試験を行い、手袋の再使用が可能なことを示すデータが得られたのでその結果を報告する。

一方で、手袋を購入・使用するユーザーの立場としては、薄くて耐透過性能に優れ、現在市販されている手袋より、さらに安価な手袋を求めている。このことから、いろいろな素材を手袋に使用出来ないか検討する中で、市販のフィルムの透過性能が優秀であることが確認出来たので、手袋の素材として提唱すべく、これらの結果を紹介する。

### B. 研究方法

#### 簡易透過試験方法について

透過試験は、十文字学園女子大学 田中茂考案の簡易テストセルを参考に、手袋の2重化テストなども可能な形状に改良した、簡易テストセルを使用し、JIS-T8030:2015を参考に構成した簡易透過試験装置により行った。試験は、手袋から切りだした試験

サンプルを、簡易テストセルにセット後、セル内の液側の室に試験物質を注入し、測定回路に一定流量のガスを流して、テストセル内のガス側の室内に透過してきた気体状物質の濃度を連続的に測定することによって行った。透過したガス濃度の測定には、PID式のセンサを有する拡散式のVOC検知機を使用した。

## 1) 使用機器

### (1) 簡易テストセル【セルA】【セルB】

簡易透過セル【セルA】【セルB】は、田中茂が書籍等で紹介されているセルを参考に、セルの取扱上の安全性を高め、2重の手袋使用を想定した測定及び、少量付着時を想定した測定が出来るように、改良したものを使用した(図3-2-1)。

### (2) 検出器

光イオン化検出器(PID)センサを備えたガス検知器を使用した(図3-1-2)。

### (3) 送気ポンプ

一定流量で制御可能なサンプリングポンプを流用した(図3-2-3)。

### (4) 試験装置及び測定回路

簡易試験用器具を組合せ、JIS-T8030:2015を参考に、開放形の回路で構築した(図3-2-4)。

## 2) 試験方法

簡易試験装置を用い、実際に自社の現場で使用している化学物質と、今後採用したいと考えている手袋を用いて、実際の使用状況を想定した

以下の耐透過性テストを行った。測定条件等は表3-2-1から表3-2-3に示した。

## 試験1

### 液に手袋を浸漬する作業を想定した試験

液の中に手袋を漬けて行う作業を想定した試験を行った。この試験には、簡易透過セル【セルA】を使用した【装置AO】を使用した(図3-2-5参照)。

#### (1) 測定対象物質

産現場で使用している代表的な物質である、アクリル酸(AA)、アクリル酸メチル(AM)、及びメタクリル酸メチル(MMA)の3種を対象物質とした。

#### (2) 試験対象手袋の種類

アクリル酸に対して、耐透過性能が比較的良いことが期待される、クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋、厚手天然ゴムラテックス手袋など、表3-2-4の手袋をテストした。

#### (3) 簡易試験装置

使用した測定装置の構成は図3-1-5の通りである。

#### (4) 測定及びその条件

実施したテストの種類を表3-2-5に示す。

## 試験2

### 手袋に液が少量付着する作業を想定した試験

現場では、手袋を液に浸すような使い方はまれであり、殆どのケース

では、液はねや液だれが起こったときに手に薬品が付着しないよう、念の為にゴム手袋を着用しており、このとき、手袋に付着する液量は、ごく少量である。そこで、このような、手袋に液が少量付着する作業を想定した試験を行った。

#### (1) 測定対象物質

アクリル酸メチル (AA)、及びメタクリル酸メチル (MMA) の2種を対象物質とした。

#### (2) 試験対象手袋の種類

テストした手袋の種類を表 3-2-6 に示した。

#### (3) 簡易試験装置

使用した測定装置の構成は図 3-2-6 の通りである

#### (4) 測定及びその条件

実施したテストの種類を表 3-2-7 に示す。

### 試験 3

#### 一度使用した手袋を再利用するケースを想定した試験

現場では、手袋を、念のために着用している作業が多く、そのような場合には、一度使用したゴム手袋を毎回捨てるのは勿体ない。可能であれば、一度使用した手袋を洗浄し、よく乾燥させたあと、破れがなければ再利用したい。そこで、一度使用した手袋を再利用した場合の透過性能がどの程度変化するかを確認するため、測定後のサンプル片を十分に乾燥させた後、同じ試験片で耐透過性能の試験を行った。試験は、簡易透過セル

【セルA】を使用した【装置AO】を用いた (図 3-2-7)。

#### (1) 測定対象物質

アクリル酸メチルを使用して試験を行った。

#### (2) 試験対象手袋の種類

クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋、厚手天然ゴムラテックス手袋をテストした。

#### (3) 簡易試験装置

使用した測定装置の構成は図 3-2-7 の通りである。

#### (4) 測定及びその条件

実施したテストの種類を表 3-2-8 に示す。

### 試験 4

#### 一度使用した手袋を再利用するケースを想定した試験

上記試験 3 により、一度浸漬した手袋であっても、再利用出来る可能性があることは判ったが、若干の性能低下が見られたため、何度も繰り返し使用したケースを想定し、長期間化学物質に浸漬し、洗浄、乾燥させた場合の性能がどの程度変化するか確認する試験を行った。

サンプル片は1ヶ月、取り扱う化学物質に浸漬した状態とし、1ヶ月後に取りだし、十分に洗浄、乾燥したものを使用した。試験は、簡易透過セル【セルA】を使用した【装置AO】を用いて行った。

#### (1) 測定対象物質

試験 1 と同じアクリル酸、アクリル酸メチル、及びメタクリル酸メチル

の3種を対象物質とした。

#### (2) 試験対象手袋の種類

試験1で使用した手袋のうち、以下の3種の手袋をテストした(表3-2-9)。手袋より試験片を切り出し、スクリーン瓶に入れて、液を約2 mL投入し、室温で1ヶ月付置した。その後、試験片を取りだし、流水で十分に洗浄したあと数日間乾燥させ測定を行った。

#### (3) 簡易試験装置

試験1と同じ装置で測定した。

#### (4) 測定及びその条件

実施したテストの種類と条件を表3-1-10に示した。

### 試験5

#### 耐透過性に優れたフィルムの探索

現在市販されている薄手の使い捨て手袋のうち、安価なものは、PE、PPフィルム製、天然ゴム製であるが、これらの材質の手袋は耐透過性能が低く、早いものでは1分以内に急激に透過が進むことが判っている。

各社より耐透過性能に優れた手袋として、多層フィルム構造の材質の手袋等が販売されているものの、これらは、以前に比べれば値段は下がってはいるが、それでもまだ数100円～数1000円/枚の価格帯であり、使い捨てするには高価であり、採用が難しい。また、多くのフィルム材質の手袋を試着した感じは、フィルムが厚く、インナーとして着用するにはゴワゴワして着用感が悪い。

手袋を使用する側の立場としては、

耐透過性能に優れているだけでなく、安価で、インナーとしてできるだけ薄い手袋が望まれる。そこで、これらの条件を出来るだけ満たした素材を見つけないとと考えられる。

今回、酸素を透過しにくいことで知られ、樹脂成形材料のモノマー揮散防止に用いられている梱包材や、食品の包装などに使用されているアルミ蒸着フィルムが、厚みも薄く、インナーとして使用しやすいのではないかと考え、耐透過性はどの程度あるのか、簡易透過試験方法を用いて試験を行った。

試験は、簡易透過セル「セルA」を使用した「装置AO」を用いて行った。

#### (1) 測定対象物質

アクリル酸、アクリル酸メチル、及びメタクリル酸メチルの3種を対象物質とした。

#### (2) 試験対象フィルムの材質

薄いアルミ蒸着フィルム素材として、他用途で市販されている商品の中から、触った時の感触等を考慮して防災用(防寒用)に販売されている薄手のフィルムシート(アルミ蒸着PET)をテストした(図3-2-8)。

#### (3) 簡易試験装置

試験1と同じ装置で測定した。

#### (4) 測定及びその条件

実施したテストの種類とその結果を表3-2-11に示す。

## C. 研究結果

### 試験1

簡易測定方法を用いて、透過量が $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{分}$ となる時間を求め、透過時間とした。得られた結果を表 3-1-12 および図 3-2-9 に示した。

#### 試験 2

簡易測定方法を用いて、透過量が $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{分}$ となる時間を求め、透過時間とした。得られた結果を表 3-2-13 および図 3-2-10 に示した。

#### 試験 3

簡易測定方法を用いて、透過量が $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{分}$ となる時間を求め、透過時間とした。得られた結果を表 3-2-14 および図 3-2-11 に示した。

#### 試験 4

簡易測定方法を用いて、透過量が $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{分}$ となる時間を求め、透過時間とした。得られた結果を表 3-2-15 に示した。

#### 試験 5

簡易測定方法を用いて、透過量が $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{分}$ となる時間を求め、透過時間とした。得られた結果を表 3-2-16 および図 3-2-12 に示した。

### D. 考察

#### 試験 1

液に手袋を浸す使い方をした場合は、予め想定される通り、透過に耐えられる時間はそれほど長くない。

ただし、手袋の種類と使用物質の組合せによっては、30分以上耐えられるものもあることが判った。ゴム系の手袋であっても、手袋と使用物質の組合せによる耐透過時間を把握し、一定の時間耐えられ

るならば、最大使用時間を定めて使用することが可能である。

#### 試験 2

テストに使用したクロロプレンゴムコート天然ゴム手袋、厚手天然ゴムラテックス手袋、ブチルゴム手袋は、少量の液が付着した場合には、短時間であれば透過に耐えられる結果が得られた。また透過が始まった後の濃度の絶対値が小さいことが示された。この結果から、多量の液が付着した場合に耐透過時間が短いゴム系の手袋であっても、付着する液が少量の場合には、短時間であれば透過に耐えられ、また、透過が始まった後の透過量も少ないため、皮膚への影響、皮膚からの吸収量は低いレベルで押さえることが出来ると思われる。

ただし、量が少なくても透過しないわけではないため、物質毎に使用可能時間を定めるのが好ましい。

#### 試験 3

サンプル片を十分に乾燥させた場合、2回目の測定時においては耐透過性能は殆ど低下していないが3回目の想定時には、若干の耐透過性能の低下が見られた。この試験の結果から、一度使用した手袋を再利用した場合、若干の性能低下が見られるものの、完全に使用出来ないレベルには至っていないことから、再利用が出来る可能性もある。さらに詳細を調べることにした(以下の試験4参照)。

#### 試験 4

サンプル片を長期間浸漬させても、十分に乾燥させた場合、基準透過値に到達する時間は若干短くなるものの、性能が大きく低下することはないという結果が得られた。この試験の結果から、物質によっては、一度使用した手袋も、よく洗浄し乾燥させれば、再利用が出来る可能性がある。

なお、今回のテストは長期間乾燥させてから再利用した。実際に現場で再利用する際には、臭気等が残っていないか、破れがないかなどの確認を確実に行う必要がある。

#### 試験 5

いずれの物質も、透過基準値に達するまでの時間が長く、その後も透過量が低く抑えられていることから、高い耐透過性能があることが示された。この試験の結果から、アルミ蒸着PETフィルムが、非常に薄いフィルムであるにもかかわらず、高い耐透過性能を持っており、期待できる材質であることが判った。

#### まとめ

今回のテストの結果より、採用を検討している4種のゴム手袋について、使用方法に応じて、おおよそその耐透過時間を把握することが出来た。このことにより、作業毎に着用可能時間を定めることが可能となった。

1) 液に手袋を浸漬する使い方をした場合は、しばらく使用した後に透過が始まるため、それまでには手袋を脱着する必要がある。今回の測定

結果を参考に、この時間を手袋毎に決定できる。

2) 液に手袋を浸さず、念のために着用している場合は、手袋に付着する液は少量であり、その時の透過基準値に達するまでの時間は長くなる。また、一端透過が始まった後もその透過量は少ないため、長時間着用することも可能である。ただし、この場合は手袋に液が付着したことが判った時点で手袋を交換するのが好ましい。

次に、再利用時の透過挙動を確認することで、一度使用した手袋を再利用しても問題ないことが証明できた。今回使用した手袋と薬品の組合せでは、いずれも再利用しても問題ないことが判った。

以上のことから、ゴム系の手袋であっても、液に手袋を浸さない使い方、少量付着の可能性のみがある場合には、付着する物質が全て揮発する成分であれば、確実に管理を行うことで、手袋を再利用できることと思われる。また、今回行った別の試験結果からは、アルミ蒸着PETフィルムの耐透過性性能が優れている可能性があることが判った。これについては、今後、手袋メーカー等で手袋化を検討されることを期待したい。

#### E. 研究発表

##### 【学会発表】

峯 一弥：化学防護手袋の耐透過性能の簡易的なテスト手法について

第 78 回全国産業安全衛生大会(京都)  
化学物質管理活動分科会 研究発表  
集：604-606(2019)

【論文発表】なし【書籍、雑誌発表】  
なし

## II-3 分担研究報告 (手袋材料の透過性能に関する評価方法に関する研究)

### 3-3. 手袋素材の透過を行う試験装置と透過した試験物質の濃度測定するガス検知部を連結した試験装置の開発

研究協力者 福岡荘尚 (オリンパス(株)R&D 機能 生体評価基盤技術)

#### A. 研究目的

現在、手袋に対する簡易測定装置を考案した。

##### 【背景】

従来、化学防護手袋の選択は経験的に行われ、劣化情報のみでの選択で行われていたといっても過言ではないだろう。近年、手袋を通しての経皮吸収があることが分かり、手袋の選択に耐透過性の評価が必要となっている。耐透過性の評価方法は、JIS規格やASTM規格に示され、手袋交換濃度目標値  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  以下の時間までは使用可能であることが示されている。しかし、この通達では“適切な”手袋を選択するようにとされているが、“適切な”をどう解釈するかが大きな問題となっている。JIS や ASTM の測定は簡単に行うことはできず、測定可能な施設は限ら

れている。そこで、作業現場で容易に化学防護手袋の透過性を評価できる方法が求められている。

#### B. 研究方法

検出器として PID 測定器 (理研計器製 CUB) のセンサ部に手袋の切片をセットできるジグを考案し、手袋切片の上に有機溶剤を滴下し、透過性の評価を行った。

##### 1) ブランクの測定

測定開始前に手袋素材のみをセンサ部にセットすると数値が計測された。手袋自体が臭うことから、手袋素材からのなんらかの揮発成分を PID 測定器が計測している。測定原理が、紫外線を照射し、イオン化されたガスの電流値を測定しているため、手袋からのなんらかの揮発成分が計測されていると考えられる。そこで、測定に当たりブランク測定値が安定したことを確認し、一度、PID 測定器の電源を OFF にし 0 点として、再度、ON にし緑ランプが点灯した後に溶剤を手袋素材の上に載せて測定を行った。

図 3-3-1 は測定方法 D によるブランク測定例を示す。測定方法 A~D のどの場合でも、ゴム系素材、フィルム系素材に寄らずブランクは測定された。ブランク測定値が安定するまでの時間は、手袋素材、パッケージを開封してからの時間、放置時間により異なると考えられ、短い場合でも 30 分程度、長い場合は 4 時間以上かかるケースも見られた。

## 2) 手袋素材の耐透過性の測定

### ① 測定方法 A (図 3-3-2)

手袋を切り出し CUB(理研計器製)のセンサ部に被せ、上からポリアセタールチューブ(ミスミ製 樹脂パイプ内外装仕上げタイプ内径 25 mm)をはめた。エッペンドルフピペットを用い、エタノール 30  $\mu$ L (1 滴の付着を想定)を手袋の上に滴下した。

### 測定方法 B (図 3-3-3)

手袋を切り出しポリアセタールチューブ(ミスミ 樹脂パイプ内外装仕上げタイプ内径 25 mm)の上に輪ゴムで止め、CUB(理研計器)のセンサ部に上からをはめた。エッペンドルフピペットを用い、エタノールを 30  $\mu$ L (1 滴の付着を想定)を手袋の上に滴下した。

### ② 測定方法 C (図 3-3-4)

手袋の指の部分の部分を切り出し裏表反転し、ポリアセタールチューブ(ミスミ 樹脂パイプ内外装仕上げタイプ内径 25 mm)にはめ、CUB(理研計器)のセンサ部に被せた。エッペンドルフピペットを用い、エタノール 1 mL を手袋の指の部分に入れた。

#### ・測定方法 A~B の課題

手袋素材に滴下した溶剤が必ずしも均一な液滴になっていなかった。液の溜まり方、流れ方、形などが条件により異なり、透過面積が異なる。これは、表面張力に加え、手袋素材のセット時の引っ張り力、たわみによると考えられる。

#### ・測定方法 C の課題

透過したガスがたまる空間の体積、手

袋の透過面積が正確に測定できない。

### ② 測定方法 D

下に示す測定方法 A~C の課題を踏まえ、手袋素材と溶液のシルを十分に行い、手袋の全面が溶剤で十分に濡れた方が良くと考え、図 3-3-5 に示すジグ(材質ポリアセタール)を作製した。更に、CUB を倒立させるため傾かないように、スタンドも作製した(図 3-3-6)。

切り出した手袋をジグにセットし、CUB(理研計器)のセンサ部に被せた。エッペンドルフピペットを用い、2 mL (エタノール、アセトンなど)を手袋の上に滴下した。

## C. 研究結果

### ① 測定方法 A

ゴム系(天然ゴム: Ansell 63-754  
ニトリル: アズワン クリノールニトリル 8-5687、ニトリル/ネオプレン: Ansell 93-260)

フィルム系: PA, EVOH, PET, PVDC: 田中先生開発品)

有機溶剤: エタノール (30  $\mu$ L (1 滴の付着を想定))

測定方法 A によるエタノールの透過濃度と経過時間の関係を図 3-3-7、図 3-3-8 に示す。

### ② 測定方法 B

ゴム系(天然ゴム: Ansell 63-754、ニトリル: アズワン クリノールニトリル 8-5687)

フィルム系: PA, EVOH, PET, PVDC: 田中茂開発品)

溶剤: エタノール (30  $\mu$ L (1 滴の

付着を想定))

測定方法 B によるエタノールの透過濃度と経過時間の関係を図 3-3-9 に示す。測定方法 A、B とともに手袋の材質による濃度変化の傾向は同じであった。違いを相対的に評価することは可能と考えられる。

ニトリルの場合を比較すると、図 3-3-7では約4分で破過が起こっているが、図 3-3-8では約9分で破過が起こっている。これは、測定方法 A と B のセンサまでの空間の体積を比較すると、測定方法 A より測定方法 B の方がセンサまでの空間の体積が大きい。この空間体積の違いが影響し、破過が起こっていると考えられる濃度の急激な上昇までの時間が異なっていると考えられる。また、測定方法 A と B で同じ条件で複数回の測定を行ったが、測定結果にばらつきがみられた。この要因としては、以下が考えられる。

- ・手袋の厚さの均一性（手袋の製法により、指部分と掌部分で厚さが異なる場合あり）、しわ、キズ
- ・手袋切片セット時の引っ張り力、たわみ
- ・手袋自体からの揮発成分あり（製造日、パッケージの開封日、放置時間で変化）。ブランク測定を行っているため、ある程度抑えられていると思われる。

溶剤の液の溜まり方、流れ方、形などが表面張力の違いなどもあり、手袋素材上で必ずしも均一な液滴になっていなかった。そこで、溶剤のシ-

ルを十分に行い、手袋素材の全面が十分に濡れた方が安定した測定になると考えられる。

### ③ 測定方法 C

ゴム系（天然ゴム：Ansell 63-754  
ニトリル：アズワン クリノールニトリル 8-5687、ニトリル/ネオプレン：Ansell 93-260))

溶剤：エタノール(エタノール1 mLを手袋の指の部分に入れた。)

測定方法 C によるゴム系素材のエタノールの透過濃度と経過時間の関係を図 3-3-10 に示す。手袋素材の一定面積を濡らした測定は可能である。しかし、チューブ状にジグにセットできる素材は、ゴム系に限定されフィルム系素材は測定ができない。さらに、透過したガスがたまる空間の体積、手袋素材の透過面積を正確に測定することは難しい。

#### 測定対象外のガスの測定

測定方法 C によるゴム系素材の PID 測定器の測定対象外のガスの透過濃度と経過時間の関係を図 3-3-11 に示す。

PID 測定器の測定対象外のガスについて、相対評価ができるかどうか確認を行った。手袋材質の違いにより、濃度変化の傾向の違いを確認することができ、透過性の相対的な評価は可能と考えられる。

### ④ 測定方法 D

ゴム系（天然ゴム：Ansell 63-754、ニトリル：アズワン クリノールニトリル 8-5687、ニトリル/ネオプレン：Ansell 93-260)

フィルム系：PA, EVOH, PET, PVDC：田中先生開発品、Ansell 02-100、ダイヤゴム ダイロ-ブ T1-N(EVOH)

溶剤：エタノール、アセトン、2-プロパノール：2 mL

測定方法 D による透過濃度と経過時間の関係を図 3-3-12、図 3-3-13 に示す。

#### ・ゴム系素材

天然ゴム、ニトリルゴムとエタノール：1～4 分程度で濃度が急激に増加し、破過していると考えられる。ニトリル/ネオプレンとエタノール：25 分程度で濃度が急激に増加し、破過していると考えられる。

#### ・フィルム系素材

EVOH、PA とエタノール：10～20 分程度で濃度が急激に増加し、破過していると考えられる。PET、02-100、T1-N については、エタノール・アセトン・2-プロパノールでは濃度はかなり低く、1 時間では破過が起こっていないと考えられる。

### D. 考察

1) 手袋交換濃度目標値：0.1  $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  の算出の試み

透過試験において手袋交換濃度目標値が起こっていると考えられる天然ゴム、ニトリル/ネオプレのエタノールの透過について算出を試みた。

算出方法

手袋素材の面積は約 4.9  $\text{cm}^2$  (ジグの開口部の直径 25 mm より)

手袋素材からセンサ部までの体積：ジグの開口部の直径 25 mm、深さ 9.6 mm = 4710  $\text{mm}^3$  (ただし、CUB のカバ-の内部の体積はかなり小さいため 0 とした。)

$4.71 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \Rightarrow 1 \text{ mg}/\text{m}^3$  (グラフの縦軸) の当りの透過量 ( $\mu\text{g}$ ) :  $4.7 \times 10^{-3} \mu\text{g}$   
手袋素材の開口部の面積は約 4.9  $\text{cm}^2$  なので、 $4.7 \times 10^{-3} \mu\text{g} / 4.9 \text{ cm}^2 = 0.96 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{cm}^2$

$1 \text{ mg}/\text{m}^3 \doteq 1 \times 10^{-3} \mu\text{g}/\text{cm}^2$

JIS で規定された透過量をふまえた手袋交換濃度目標値：0.1  $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$   
 $\Rightarrow$  縦軸： $\text{mg}/\text{m}^3$ 、横軸：分とした場合、傾き：100 となる。

図 3-3-14 に傾きが 100 となる直線を赤線で示す。直線の傾きを外挿すると、計算上、0.1  $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  とした時の使用可能な時間が求められ、天然ゴムで約 1 分、ニトリル/ネオプレンで約 29 分となる。しかし、ここで算出された傾きは 100 となり、かなり大きな値であること。更に明らかに破過が起こった時間を過ぎていることより、計算上で算出することはできるものの、JIS と ASTM の基準値と手袋交換濃度目標値 0.1  $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  と直接比較できるか不明である。JIS や ASTM の測定系とは全く同じではない (セルの体積が小さい、フロ-を行っていないなど) ため、JIS/ASTM の測定系と相関を取りなんらかの係数を入れれば、簡易測定を正しく評価できるのではないだろうか。

## E. 本法の使い方の教育用ビデオの作成：

事業場で本法の透過試験ができるように、教育用ビデオを作成した。その内容は1 装置説明、2 パソコン上でのガス検知器の設定、3 手袋の切り取り方法、4 装置組み立て方法、5 化学物質添加方法、6 パソコン上でのデータ・グラフの取り方である。

## F. 今後の対応（案）

### 1) 簡易測定ジグと JIS または ASTM の結果の相関をとる

JIS/ASTM との相関を多くの材質と多くの溶剤の組合せで全て取るとは困難であるため、代表的な極性有機溶剤（アルコール、ケトン、エーテルなど）、無極性有機溶剤（ベンゼン、トルエン、ヘキサンなど）と代表的な手袋の材質の組合せを選定して、JIS による耐透過性の評価機関へ委託測定することが良いと考える。

### 2) 破過時間までの時間を使用可能とする

徐々に濃度が増加し明確に破過と認められないが高濃度になった場合の扱いをどうするか課題が残る。

### 3) 相対的な比較のみに使用する

使用実績のある手袋との相対的な比較を行い、より透過が低いと思われる手袋を選定する。

### 4) 暫定的な運用

暫定的に  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  を算出、または、相対比較により手袋を選定し、

使用状況を確認しながら使用可否を判断する。

### 5) 手袋の選定の基本的な考え方

8 時間以内の使用とし適切な使い捨て手袋を選定する。フィルム系の手袋を使用する場合には、インナーとし、アウターにゴム系を被せ作業性を向上させるのが良いと考える。

## G. 参考情報

①手袋などの保護具の耐透過性、対浸透性の情報

表 3-3-1 に手袋などの保護具の耐透過性、対浸透性の情報の出所を示す。

## H. 研究発表

### 【参考文献】

1. 田中茂：皮膚からの吸収・ばく露を防ぐ(第1報)ーオルト-トルイジンばく露による膀胱がん発生から学ぶー中央労働災害防止協会 (2017)

2. 田中茂：皮膚からの吸収・ばく露を防ぐ(第2報)ー化学防護手袋の適正使用を学ぶー、中央労働災害防止協会 (2018)

【学会発表】なし 【論文発表】なし  
【書籍、雑誌発表】なし

## II-3 分担研究報告 (手袋材料の透過性能に関する評価方法に関する研究)

### 3-4. 透過試験装置と透過濃度のガス検知器(CUB)をドッキングした装置の開発

研究協力者 福岡庄尚(オリンパス)

## (株)R&D 機能 生体評価基盤技術)

### A. 研究目的

#### 背景

市販のフィルム素材の化学防護手袋の耐透過性が高いことは知られているが、メーカーの透過性情報は、フィルム素材そのものに関するものである。フィルム素材の特性上、必ず製造工程で溶着が必要となるが、溶着部分の耐透過性は明らかとなっていない。また、フィルム素材の手袋は硬く伸縮しないため手にフィットせず、単体で使用すると作業性が悪い。そこで、これら 2 つの課題の解決が必要となっている。

#### 目的

市販のフィルム素材[1], [2], [3], [4]の化学防護手袋の溶着部分に対して、簡易測定装置を用いて透過性を評価した。その結果から、フィルム素材の化学防護手袋の使用方法について提案する。

### B. 研究方法

検出器としてPID測定器(理研計器製 CUB)のセンサ部に手袋の切片をセットできる透過試験装置(ジグ)を考案し、手袋切片の上に有機溶剤を滴下し、透過性の評価を行った。ブランクの測定も同様に行った。(昨年度報告済み)さらに、測定モードを標準ガスのイソブレンとし、測定後にアセトンの係数(1.170)を掛けて測定値としブランクの影響を極力排除した。

1) フィルム素材の手袋素材の耐透

#### 過性の測定

(1) フィルム素材の化学防護手袋の溶着部分が透過試験装置(ジグ)の中央部(直径)になるようにセットした。

(2) (1)のフィルム素材の化学防護手袋の溶着部分の上に、市販の薄手天然ゴム手袋(Micro Flex 63-754 Ansell 製 [5])を重ねてセットした。

有機溶剤としてアセトン 2mL を透過試験装置(ジグ)の上部容器に入れ測定を行った。

### C. 研究結果

1) フィルム素材の化学防護手袋の溶着部分が透過試験装置(ジグ)の中央部(直径)になるようにセットした場合の時間と透過濃度の関係を図 3-4-1 に示す。

赤の破線は 2 重シールの手袋[4]で、耐透過性が高かった。これ以外のものは、ごく短時間で透過が見られた。2 重シールは耐透過性向上に有効であると考えられる。

ここで、薄手天然ゴム手袋[5]のみの耐透過性を図 3-4-2 の青の実線で示す。

一部のフィルム素材の化学防護手袋の溶着部分は、アセトンに対しては、薄手天然ゴム手袋[4]と同等の透過性であることが示唆された。

一方、フィルム素材の化学防護手袋の作業性を向上させるために、フィルム素材の化学防護手袋をインナーとし、アウターに薄手のゴム手袋を被せて使用することを検討した。実際に、化学防護手袋をインナーと

し、アウターに薄手のゴム手袋を装着した場合の写真を図 3-4-3 に示す。操作性を何名かの技術者に確認したところ、ある程度の作業性は確保できると考えられた。そこで、フィルム素材の化学防護手袋の溶着部分の上に、市販の薄手天然ゴム手袋を重ねてセットし測定を行った。

2) 1)のフィルム素材の化学防護手袋の溶着部分の上に、市販の薄手天然ゴム手袋を重ねてセットした場合の時間と透過濃度の関係を図 3-4-4 に示す。フィルム素材の化学防護手袋の溶着部分のみは、破線で示し、フィルム素材の化学防護手袋の溶着部分の上に市販の薄手天然ゴム手袋を重ねてセットした場合を実線で示す。黒、青、黄、赤の色は、同じ手袋を表している。

フィルム素材の化学防護手袋の溶着部分の上に市販の薄手天然ゴム手袋を重ねてセットすると明らかに耐透過性は高くなり、2重シールのもの[4]は、1時間経過しても全く透過せず、素材そのもの(溶着部分がない)の耐透過性と同等であった。

#### D. 考察

**手袋交換濃度目標値：フィルム素材の化学防護手袋の溶着部分の上に市販の薄手天然ゴム手袋を重ねて装着した場合の可能性**

2重装着することにより、インナーのフィルム素材の化学防護手袋の溶着部分へ、溶剤が直接接触することを防ぐことができるため、耐透過性

が向上したと考えられる。さらに、アウターが薄手のゴムのため、化学防護手袋全体としては手にフィットし、ゴムで滑りにくくなるため、ある程度の作業性は確保できると考えられた。

**フィルム素材(インナー):耐透過性を確保**

**薄手ゴム手袋(アウター):作業性を向上+直接接触防止**

本研究では、手袋素材の一部を切り出して評価したが、実際は、手袋全体としての評価が必要である。そこで、手袋全体としての耐透過性を評価、耐透過性が高いことが確認できれば、半日～1日程度で交換することにより安心して耐透過性の高い化学防護手袋を使用できるようになる。さらに、日をまたがった長期間の耐透過性の評価は必要がなくなると考えられる。

#### 今後の対応(案)

##### 1) 2重装着の可能性

フィルム素材(インナー)と薄手ゴム(アウター)の2重装着の可能性をさらに検討する。本報告では部分的な評価に留まっているため、2重装着手袋全体としての耐透過性を評価する。

##### 2) 簡易測定透過試験装置(ジグ)

簡易測定透過試験装置(ジグ)と JIS または ASTM の結果の相関をとる。メーカーでの測定結果が公表されて

いる代表的な手袋と代表的な溶剤の透過性を評価する。

### 3) 簡易測定透過試験装置(ジグ)を用いた場合の実務上の対応

(1) 濃度の時間変化より、急激に濃度が増加する前の時間を使用可能時間とする。

(2) 相対的な比較のみに使用する

使用実績のある手袋との相対的な比較を行い、より透過が低いと思われる手袋を選定する。

(3) 耐透過性の評価値

暫定的に JIS に示されている  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ . を算出、状況を確認しながら使用可否を判断する。

## E. 参考文献

[1] AlphaTec02-100 <https://www.ansell.com/ja/ja/products/alphatec-02-100>

[2] SilverShield - SSG29 <http://ahttp://azearth.net/shop/g/gA550800-0012/>

[3] ダイローブ T1-N <http://www.dailove.com/dailove-t1-n.html>

[4] ペバラ <http://nakapoly-tokyo.co.jp/wp-content/uploads/2020/11/7d178b1763d078f6b5597ea36897af65.pdf>

[5] Micro Flex 63-754 <https://www.ansell.com/ja/ja/products/microflex-diamond-grip-plus-63-754>

## F. 研究発表

【学会発表】なし【論文発表】なし

【書籍、雑誌発表】なし

## II-3 分担研究報告(手袋の透過性能に関する評価方法に関する研究)

## 3-5. 手袋素材に対する透過試験結果(その1)

研究協力者：宮田昌浩（東京理科大学 環境安全センター 野田分室）

### A. 目的

【試験物質（有機溶剤）の選定】

法令に基づく化学物質のリスクアセスメント実施にあたり、本学における対象物質の使用状況を把握した。本学で使用量の多い対象物質の中で、日本産業衛生学会で経皮吸収が疑われ、かつ環境安全センターで使用を検討している化学防護手袋（再使用前提の GL-3000F、GL-11、GL-6）において、メーカーによる耐透過性試験結果が記載されていないN,N-ジメチルホルムアミド（DMF）、1,4-ジオキサンを試験の対象物質とした。なお、実験等で使用している手袋の多くは、薄手の使い捨てニトリルゴム製手袋である。

1. 使用量の多い有機溶剤（皮：日本産業衛生学会で経皮吸収が疑われる物質）

アセトニトリル、アセトン、エタノール、ジエチルエーテル、キシレン、クロロホルム（皮）、1,4-ジオキサン（皮）、シクロヘキサン、ジクロロメタン（皮）、N,N-ジメチルホルムアミド（皮）、スチレン（皮）、トルエン（皮）、ピリジン、イソプロピルアルコール、ベンゼン（皮）、メタノール

2. 上記の物質の中で経皮吸収が疑われ、化学防護手袋 GL-3000F、GL-11、GL-6 において耐透過性試験結果

が記載されていない物質（有機溶剤）

クロロホルム（皮）、1,4-ジオキサン（皮）、N,N-ジメチルホルムアミド（皮）、スチレン（皮）、ベンゼン（皮）

## B. 研究方法

### 【試験対象手袋】

表 3-5-1 に示す。

### 【試験有機溶剤】

ジメチルホルムアミド（DMF）、トルエン、1,4-ジオキサン

### 【簡易透過試験装置】

① 概要：簡易透過試験装置と、透過する有機溶剤の濃度測定にガス検知器（CUB）（理研計器製光イオン型検出器（PID））を接続した試験装置を用いた（図 3-5-1 参照）。

透過濃度から単位面積当たりの透過量（ $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ）を算出し、透過時間から手袋の手袋交換濃度目標値を把握した。

### ②装置の組立

・手袋を装置の大きさに合わせてカットする。

・下部の装置、Oリング、化学防護手袋をセットする。

・上部の装置をセットしクリップ及び必要に応じてネジ締めをする。

（ネジ締めの場合は化学防護手袋に穴をあける）

・CUBを下部にセットし電源を入れる⇒測定開始となる。

・測定対象の有機溶剤を上部から 1～2 mL 添加

・有機溶剤を揮発しないようにゴム栓をする。（図 3-5-2 参照）

### ※注意事項

・装置や付帯部品（Oリング等）を試験前にオープン等で加熱（40～60°C）する⇒装置等に吸着した溶剤を取り除く。

・使用するゴム栓やOリング等は、溶剤に耐久性のある材質を使用する⇒DMFの場合はフッ素ゴム系劣化、シリコンゴム系を使用。

### ② ガス検知器の設定（CUBの場合）

・標準ガス（イソブチレン）による校正又は濃度確認：定期的実施（図 3-5-3 参照）

・試験対象物質の溶剤に設定変更：DMFに設定（パソコン活用）

・データ記録の間隔の設定変更：1 分間に設定（パソコン活用）（図 3-5-4 参照）

・試験後のデータ解析（パソコン活用）

## C. 研究結果

対象物質：DMF

手袋交換濃度目標値：手袋  $1\text{cm}^2$  当り DMF が  $0.1\mu\text{g}$  透過する量（ $0.1\mu\text{g}/\text{m}^2$ ）に達した時間を求めた。（表 3-5-2、図 3-5-5、3-5-6、3-5-7 参照）GL-11 の DMF 透過試験において、下記のスケジュールで再使用による透過試験を行った。その結果を図 3-5-7 に示す。

トルエン、1,4-ジオキサンに対する手袋交換濃度目標値に達した時間を表 3-5-3、3-5-4 に示す。試験結果から手袋を再使用する場合には、手袋材質内に残留している有害物質によ

る経皮ばく露も懸念される。また、再使用による有害物質の透過量・透過時間等の変化も懸念された。よって、各作業場においても同様の手袋の簡易透過試験を実施し、各事業場に適した手袋の選定及び交換時期の検討を行う必要があると考えられた。

#### D. 考察

手袋 1 cm<sup>2</sup> 当り DMF が 0.1 μg 透過した量を評価基準値とした場合、透過時間が最も長い防護手袋は、MB であり順に MN、GL-11 (天然ゴム製)、MH、GL-3000F (フッ素系ゴム)、GL-6 (ウレタン)、ニトリスト (ニトリルゴム) であった。なお、透過時間が 60 分未満であった GL-3000F、GL-6、ニトリストについては、目視上劣化が生じており、DMF が防護手袋の材質を劣化させ短時間で透過に至ったと考えられた。大学の実験で良く使用されているニトリルゴム製の手袋は、透過時間 5 分間と著しく短く経皮吸収リスクの高い手袋であると考えられた。

試験対象物質であるトルエン、1,4-ジオキサンに対する透過時間は、DMF の結果と同様、ニトリルゴム手袋は数分で透過する結果であった。それに対し、MB、MH、MN は 700 分試験しても透過が認められなかった。

今回の試験結果より DMF の経皮吸収リスク低減のための手袋として、インナー手袋として使い捨ての MB (PE-ナイロン-EVOH-PE) を、外側に GL-11 (天然ゴム製) を再使用手袋

として、活用することが考えられた。ただし、GL-11 が再使用に適している手袋であるか、再使用による透過量の変化について試験を行ったが、更に検討が必要と思われた。

#### E. 研究発表

【参考文献】なし【論文発表】なし【学会発表】なし【書籍、雑誌発表】なし

### II-3 分担研究報告 (手袋の透過性に関する評価方法に関する研究)

#### 3-6. 半導体式検出器を活用した大学で使用している化学物質に対する化学防護手袋の透過時間の簡易測定について

研究協力者：宮田昌浩(東京理科大学 環境安全センター 野田分室)

#### A. 研究目的

経皮吸収を防止するためには、使用する化学物質の耐透過性をふまえて適切な化学防護手袋(以下、手袋)を選択、使用することが必要である。大学の実験で使用する手袋として、多くは薄手ニトリルゴム製手袋を購入、使用しているのが現状である。

2019 年度の試験においては、PID 検出器を使用した手袋の簡易透過試験(田中茂(十文字学園女子大学)等が開発した VOC モニターを活用した透過試験装置)について報告した。

しかし、本学で使用の多いアセトニトリルについては、PID 検出器(CUB)では反応(検知)しないため、簡易透過試験を実施することはできない。今

回、半導体検出器を活用し、PID 検出器で測定ができなかったアセトニトリル及びメタノールを対象として、ニトリル製手袋を含む数種類の素材の手袋に対する化学物質の透過時間を求めたので報告する。

## B. 研究方法

### 【試験物質(有機溶剤)の選定】

2019 年度実施した「簡易透過試験装置と透過する有機溶剤の濃度測定にガス検知器(CUB)(理研計器製光イオン型検出器(PID))をドッキングした試験装置を用いた」試験において、化学防護手袋のジメチルホルムアミド(DMF)、1, 4-ジオキサソ、トルエンにおける透過試験を実施した。しかし、本学で購入量が多く、HPLC(高速液体クロマトグラフィー)で活用され皮膚付着リスクが高いアセトニトリル、メタノールについても透過試験を実施する必要があると考えられた。よって、今回の透過試験の対象物質をアセトニトリル、メタノールとした。なお、アセトニトリルは、ACGIH(米国産業衛生専門家会議)において Skin の記載があり経皮吸収が示されている。また、試験対象の化学防護手袋は、本学の実験等で使用の多い薄手の使い捨てニトリルゴム製手袋、2019 年度の試験で実施した田中茂開発品のフィルム系 3 種類及びメーカーによる透過試験結果が記載されている GL-11 とした。

### 【試験対象手袋】

・ゴム系 2 種類：ニトリル製(ニトリ

スト No882)、天然ゴム(GL-11)

・フィルム系 3 種類：PE-PA-EVOH-PE(MB)、PE-PA-PET-PE(MH)、PE-PA-PE(MN)

※PA：ポリアミド(ナイロン)、EVOH: エチレンビニールモノマー共重合体, PET: ポリエチレンテレフタレート樹脂(田中茂開発品 (表 3-6-1 参照)

### 【試験対象化学物質】

アセトニトリル 99%以上、メタノール 99%以上

### 【簡易透過試験装置】

**概要:**簡易透過試験装置、半導体式検知器(新コスモス電機製 XV389)、半導体式検知器(新コスモス電機製 XV389)を入れる捕集袋及び循環するポンプを組み合わせた試験装置を用いた(図 3-6-1)。透過濃度から単位面積当たりの透過量( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )を算出し、手袋の使用可能時間を推定する。

**試験方法:**(図 3-6-1 参照)

- ・化学防護手袋を装置の大きさに合わせてカットする。
- ・下部の装置、O リング、化学防護手袋をセットする。
- ・上部の装置をセットしクリップ及び必要に応じてネジ締めをする

**簡易透過試験装置:**(ネジ締めの場合は化学防護手袋に穴をあける)

- ・捕集袋内に半導体検出器及び活性炭を通したクリーンエアーを一定量(3L)入れる。
- ・簡易透過試験装置と半導体検出器を入れた捕集袋及び循環ポンプをタイゴンチューブ(有機溶剤等の吸着

の少ないチューブ)にて接続する。

- ・循環ポンプを稼働させ、半導体検出器をゼロ設定する。

- ・15分間以上静置し、半導体検出器濃度が上昇しないことを確認する。

- ・有機溶剤を上部から1~2mL添加。

- ・有機溶剤が揮発しないようにゴム栓をする。

※注意事項

- ・装置や付帯部品(Oリング、タイゴンチューブ等)を試験前にオープン等で加熱(40~60°C)する⇒装置等に吸着した溶剤を取り除く。

**【対象物質濃度と半導体式検知器との相関関係及び換算について(簡易的な換算方法)】**

- ・半導体式検知器を入れた捕集袋内にクリーンエアーと共に対象物質をマイクロシリンジで添加する。

- ・捕集袋内の対象物質濃度を検知管で測定する。

- ・対象物質添加量を調整又は希釈し、捕集袋内濃度を変化させ、検知管による濃度と半導体式検知器濃度(トルエン換算値)との相関関係を把握する(図3-6-2、図3-6-3参照)。

対象物質の濃度推定

上記で得られた検知管濃度と半導体検出器(トルエン換算)濃度との相関関係(検量線)からアセトニトリル及びメタノールの濃度に換算し推定する。

## C. 研究結果

1) 対象物質：アセトニトリル

評価基準値：手袋1cm<sup>2</sup>当りアセトニ

トリルが1.0μg透過する時間(分)とする。

試験結果を表3-6-2、図3-6-4(グラフ)に示した。

2) 対象物質：メタノール

評価基準値：手袋1cm<sup>2</sup>当りメタノールが1.0μg透過する時間(分)とする。

試験結果を表3-6-3、図3-6-5に示した。

※評価基準値について、半導体検出器(トルエン換算)の定量下限値及び捕集袋内容量から判断した測定機器上の基準値であり、経皮吸収等の影響による基準ではない。捕集袋内容量を少なくすることにより評価基準値を下げることも可能。

## D. 考察

PID 検出器を使用した手袋の簡易透過試験(2019年実施報告)で測定が困難であったアセトニトリルや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1cm<sup>2</sup>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、アセトニトリルが透過するまでの時間(透過時間)が最も長い防護手袋は、MBであり(700分以上透過無)順にMN、GL-11(天然ゴム製)、MH、ニトリスト(ニトリルゴム)であった。また、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MH、MN、MB、ニトリスト(ニトリルゴム)

であった。

上記の結果より、大学で多く使用されている薄手のニトリル製手袋は、アセトニトリルやメタノールに対しても耐透過性を有していないことから、当該化学物質が付着した場合には、すぐに交換する必要がある、また付着するリスクが高い実験操作を実施する場合には、アセトニトリルでは、MB をインナー手袋として使用することが望まれる。また、メタノールの場合には、透過時間が最も長い防護手袋は、GL-11(天然ゴム製)であったが70分で透過することから、改めて選定する必要があると考えられる。なお、MB(アセトニトリル耐透過性あり、メタノール耐透過性なし)に

メタノール10%、30%、50%を含む3種類のアセトニトリル混合溶液を対象に、MBにおける同様の透過試験を実施した。

また、追加試験の結果より、メタノール耐透過性を有さないMBは、メタノールの含有率が変化することにより透過するまでの時間も大きく変化することが分かった。特にメタノール10%では、透過時間が925分であったが、メタノール30%では133分となり、メタノール濃度が3倍になると透過するまでの時間は7分の1程度短くなる。また、MBはアセトニトリルに対して1400分以上の耐透過性を有していたが、メタノール30%を含有することにより、試験終了時の205分でアセトニトリルも透過していた。以上より、混合溶液にお

おいて、メタノールを含むアセトニトリル混合溶液の場合には、透過時間が大きく変化することも考えられたため、メタノール含有割合変化による追加の透過試験を実施した(下記)。

### 【追加透過試験】

#### 試験方法

上記試験方法と一部検知管を活用して実施した。

#### 試験結果

メタノール10%、30%、50%を含む3種類のアセトニトリル混合溶液におけるMBの透過試験結果を表3-3-4、図3-6-6に示した。

ける化学防護手袋の選定及び交換間隔の判断には、実際に使用する混合溶液を対象とした簡易透過試験等を実施し、混合溶液の耐透過性を把握した上で、各作業に適した化学防護手袋の管理の徹底が求められる。

## E. 研究発表

【参考文献】なし【論文発表】なし

【学会発表】なし【書籍、雑誌発表】なし

## II-3 分担研究報告(手袋の透過性能に関する評価方法に関する研究) 3-7. 手袋素材に対する透過試験結果(その2)

研究協力者 吉澤 章 ((有)環境検査センター 所長)

## A. 研究目的

田中茂(研究協力者)が開発した簡易的な透過試験装置を用いて薄手ニトリル製手袋の透過試験を行ったので報告する。

## B. 研究方法

簡易透過試験装置を用いて手袋の透過濃度の測定

田中茂(共同研究者)が開発した簡易透過試験装置を用いて、クロロホルム、酢酸エチル、n-ヘキサンに対する手袋の透過濃度を求めた。実験に使用した手袋は研究室で使用している薄手ニトリル手袋(厚さ 70  $\mu\text{m}$ )と、3種類の耐透過性手袋：ガードMN(ポリエチレン(PE)ーナイロン(PA)ーPE、厚さ 60  $\mu\text{m}$ )、ガードMB(PEーPAーエチレンビニールモノマー共重合体(EVOH)ーPE、厚さ 60  $\mu\text{m}$ )、ガードMH(PEーPAーポリエチレンテレフタレート(PET)ーPE、厚さ 50  $\mu\text{m}$ )を用いた(図 3-7-1 参照)。

手袋素材を上側セルと下側セル(気積 10 mL、面積 5.7  $\text{m}^2$ )に挟み、上下の隔室を作り、上側セルに有機溶剤を添加(1 mL、4時間後に 1 mL 追加)し、下側セルのサンプリングパイプから試料空気 2 mL をサンプリングし、ガスクロマトグラフにより分析し、濃度を求めた。経過時間を求め、JIST-8816 :2005 を参考に 0.1  $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  となる点を手袋交換濃度目標値とした。(サンプリングパイプ片側には活性炭管を接続し、サン

プリング時下側セル内が負圧にならないように調整した。2本のサンプリングパイプは、直交する位置にあり、上下に約 7 mm の上下差があり、下側をサンプリング用位置とした)

分析機器は水素炎イオン化型検出器を装備したガスクロマトグラフ(島津ガスクロマトグラフ 2014、日立ガスクロマトグラフ 263-30)を用いた。

## C. 研究結果

簡易透過試験装置を用いた手袋の透過濃度の測定

透過濃度( $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ )=(ppm 濃度)・分子量( $\text{g}/\text{mol}$ )/24.47 ( $\ell/\text{mol}$ )/100000 /5.7  $\text{cm}^2$ /装着時間( $\text{min}$ )/1000

上記計算式により 0.1  $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  を手袋交換濃度目標値として求めた。ニトリル手袋ではクロロホルム、酢酸エチルに対し試験開始から 0.2 分後で 15000 ppm の透過濃度が得られ、即く透過することを確認した。本試験では、ニトリル手袋に対して n-ヘキサンでは基準手袋交換濃度目標値 0.1  $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  に対し 50 分で破過が認められた(図 3-7-2 参照)。

耐透過性手袋(EVOH)のクロロホルム、酢酸エチル、n-ヘキサンに対して、780 分以上の透過しない結果が得られた。その他、ナイロン(PA)手袋は酢酸エチル、ヘキサンに対しては 480 分の手袋交換濃度目標値を示したが、クロロホルムに対しては 90 分であった。PET 手袋は酢酸エチル、ヘキサンに対しては 480 分以上の透過性能を示したが、クロロホルムに

対しては 10 分経過で  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  を超える結果であった(図 3-7-3 参照)。田中茂が耐透過性手袋として開発した EVOH 手袋は 3 種類の有機溶剤ともに手袋交換濃度目標値  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  と設定すると、780 分以上の透過性能を示した(図 3-7-4 参照)。

#### D. まとめ

- 1) 簡易透過試験装置でディスプレイ薄手ニトリル手袋(約  $70\mu\text{m}$ )について透過試験を行ったが、クロロホルム、酢酸エチルに対して、即破過が認められ液付着には耐えられないと判断した。n-ヘキサンの使用には手袋交換濃度目標値まで 50 分間であった。
- 2) 以上の結果より、大学等の化学実験室で使用されている薄手ニトリル手袋(厚さ  $70\mu\text{m}$ )はクロロホルム、酢酸エチルに対してそく破過を示しており、手袋の使用の検討が必要と思われた。
- 3) 田中茂が耐透過性手袋として開発した EVOH 手袋は 3 種類の有機溶剤ともに手袋交換濃度目標値  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  と設定すると、780 分以上の透過性能を示した。
- 4) ナイロン(PA)手袋は酢酸エチル、ヘキサンに対しては 480 分以上の透過性能を示した。クロロホルムに対しては 90 分であった。
- 5) PET 手袋は酢酸エチル、ヘキサンに対しては 480 分経過後  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  以下の透過性能を示し

たが、クロロホルムに対しては 6 分で透過濃度が上昇し、10 分経過で  $0.1\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$  を超える結果となった。6) 以上の結果より、大学の実験室で使用する際、手袋の中敷きに EVOH 手袋をした上に、薄手ニトリル手袋を使用することが望ましいという結果を得た。

#### E. 研究発表

【参考文献】なし【論文発表】なし【学会発表】なし【書籍、雑誌発表】なし

### II-4. 保護具選定のための情報提供システムの構築

#### 4-1. 分担研究報告

2019年版保護具選定のためのケミカルインデックスの作成：

研究協力者 田中 茂(十文字学園女子大学 名誉教授)、浅沼雄二(浅沼コンサルタント事務所 所長)

#### A. 研究目的

化学物質を取り扱う作業場で、労働衛生保護具、とりわけ呼吸用保護具と化学防護手袋について、適切に選定、使用しているために、2013年に浅沼雄二氏の協力を得て、『保護具選定のためのケミカルインデックス』を作成し、十文字学園女子大学の筆者のホームページに公開し、多くの方に活用して頂いた。このシステムは厚生労働省の通達により、化学防護手袋を選定する際の情報として、参照するように紹介されている。(著

者は十文字学園女子大学を退職したため、現在は掲載されていない

## B. 研究方法

このケミカルインデックスは、化学物質の ACGIH の TLVs や日本産業衛生学会の許容濃度等の職業性曝露限界値として勧告している物質を対象に、今入手できる範囲での呼吸用保護具、化学防護手袋と化学防護服の選定に役立つ情報を検索できるシステムとして作成した。さらに、厚生労働省の「職場のあんぜんサイト」に記載の GHS 分類の有害性情報を入力した。

## C. 研究結果

### 1. 2019 年版ケミカルインデックスの内容

- ・許容濃度、経皮吸収の有無、発がん性分類：日本産業衛生学会の許容濃度等の勧告(2019 年度)を参照した。
- ・管理濃度：厚生労働省の発表している管理濃度（2018 年度）の情報を参照した。
- ・ACGIH-TLVs、BEIs4): ACGIH (2019 年度) を参照した。
- ・GHS 有害性データの見直し：厚生労働省「職場のあんぜんサイト GHS モデルラベル・SDS 情報」(2019 年度) を参照した。
- ・化学防護手袋の透過試験データ：化学防護手袋メーカーがホームページやカタログ等で公表している「化学物質に対する化学防護手袋の素材ごとの透過時間」を整理・追加した。

## 2. ケミカルインデックスの使い方

現在のケミカルインデックスは化学防護手袋研究会の会員登録をした後、化学防護手袋研究会のホームページ <https://chemicalglove.net/>を開き、会員サイトへアクセスすることができる。メニュー画面にてカタカナ名（全角、半角）、CAS No.のどれでも、検索欄に記載することにより、順次あてはまる物質名が絞られ表示される。表示された化学物質名から対象物質をクリックするとデータが表示される。この例を表 4-1-1 に示した。

## D. 研究発表（田中茂）

### 【論文発表】

- ・Hiroyuki MIYAUCHI, Shigeru TANAKA, Tetsuo NOMIYAMA, Yukio SEKI, Shun'ichiro IMAMIYA, Kazuyuki OMAE: N,N-dimethylformamide(DMF) vapor absorption through the skin in workers. J Occup Health 43, 92-94 (2001)
- Tetsuo NOMIYAMA, Hiroshi NAKASHIMA, Li Ling CHEN, Shigeru TANAKA, Hiroyuki MIYAUCHI, Tsuneyuki YAMAUCHI, Haruhiko SAKURAI, Kazuyuki OMAE: N,N-dimethylformamide: significance of dermal absorption and adjustment method for urinary N-methyl-formamide concentration as a biological exposure item. Int Arch Occup Environ Health 74, 224-228 (2001)
- ・Hiroyuki MIYAUCHI, Shigeru TANAKA, Tetsuo NOMIYAMA, Shunichiro IMAMIYA, Yukio SEKI: Comparison of degradation and permeation tests using four organic solvents on chemical protective gloves

commercially available in Japan. J Science of Labour, 80(3), 118-122 (2004)

・Yoko TSUDA, Hiroyuki MIYAUCHI, Aoi MINOZOE, Shigeru TANAKA, Heihachiro ARITO, Teruomi TSUKAHARA, Tetsuo NOMIYAMA : Seasonal difference in percutaneous absorption of N,N-Dimethylformamide as determined using two urinary metabolites. J Occup Health 56(4), 252-259 (2014)

・加部勇, 鶴岡寛子, 幸地勇, 古賀安夫, 江口将史, 松井智美, 伊藤理恵, 徳地谷洋子, 宮内博幸, 田中茂 : 事業場における化学防護手袋の選択、着用、保守管理等に関する実態調査 日本産業衛生学雑誌 59(4), 135-143(2017)

・Nakano M, Omae K, Takebayashi T, Tanaka S, Koda,S : Epidemic of bladder cancer:ten cases of bladder cancer in male Japanese workers exposed to ortho-toluidine. J Occup Health.60 (4) : 307-311(2018)

#### 【学会発表】

・和田丈晴、霧島雅明、田中茂 : 化学防護手袋の o-トルイジン透過性、第 45 回日本産業衛生学科産業中毒・生物学的モニタリング研究会 (鶴岡) (2017)

・田中茂 : 経皮吸収による曝露を防ぐ-オルトトルイジンによる膀胱がん発症から学ぶ-日本作業環境測定協会 (2017)

・田中茂 : 化学物質の経皮吸収ばく露と防護、第 90 回日本産業衛生学会: 自由集会 (2017)

・田中茂 : 経皮吸収による化学物質の曝露を防ぐ (化学防護手袋を学ぶ)、日本労働安全衛生コンサルタント会 (2018)

・田中茂 : オルトトルイジンの経皮吸収による膀胱がん発症から学ぶ 「化学防護手袋の選定、使用、交換を提案する」、第 62 回中国四国合同産業衛生学会産業衛生技術部会研修会 (2018)

・藤田ゆかり、田中茂、津田洋子、宮内博幸 : シート状サンプラーによる手袋内の皮膚表面積濃度測定方法の開発 第 91 回日本産業衛生学会 (熊本市国際交流会館) (2018)

・寺内靖裕、杉山浩明、田中茂、宮内博幸 : 化学物質のリスクアセスメントや化学防護手袋の透過に対する PID センサの活用 第 91 回日本産業衛生学会 (熊本市国際交流会館) (2018)

・牛澤浩一、小田あゆみ、丹羽佳織、藤原茂己、田中茂 : 実験用途を考慮した経皮吸収防止のための薄手手袋 2 枚重ねの有効性についての検討 第 91 回日本産業衛生学会 (熊本市国際交流会館) (2018)

・田中茂 : 自由集会 (産業中毒・生物学的モニタリング研究会) : o-トルイジンに対する化学防護手袋の性能試験、化学防護手袋の選定と廃棄 (交換) 時期を提案する 第 91 回日本産業衛生学会 (熊本市国際交流会館) (2018)

・田中茂 : 耐透過性に優れた薄手手袋の開発、シンポジウム「最新の化学

物質による経皮吸収を防ぐための化学防護手袋の研究」、第 93 回日本産業衛生学会 (2020)

【書籍、雑誌発表】

- ・田中茂：知っておきたい保護具のはなし.中央労働災害防止協会(第 1 版 2009)(第 2 版 2013)(第 3 版 2015)
- ・田中茂：トピックス:化学防護手袋、適切に使用していますか？不適切な使用による経皮吸収を防ぐ。安全と健康 17(12) 84-87p (2016)
- ・田中茂：化学防護手袋の最近の動向。セイフティダイジェスト 62(12), 14-16 (2016)
- ・大前和幸、加部勇、甲田茂樹、平川秀樹、田中茂：座談会：経皮吸収における健康障害事例をめぐって。作業環境 38(6), 4-20 (2017)
- ・田中茂：トピックス中災防ブック「知っておきたい保護具のはなし(第 4 版)」セイフティダイジェスト 63(10), 38-43 (2017)
- ・田中茂：皮膚からの吸収・ばく露を防ぐ(第 1 報)一オルト-トルイジンばく露による膀胱がん発生から学ぶ一中央労働災害防止協会 (2017)
- ・田中茂：皮膚からの吸収・ばく露を防ぐ(第 2 報)一化学防護手袋の適正使用を学 1 一、中央労働災害防止協会 (2018)
- ・田中茂：中災防ブック、知っておきたい保護具のはなし、(第 1 版) 中央労働災害防止協会 (2017)
- ・武林亨、田中茂、中野真規子、岩澤聡子：国内外の産業医学に関する文献紹介「化学物質の経皮吸収と職業

がん」産業医学ジャーナル 41 (2) , 89-93 (2018)

- ・田中茂、宮内博幸、寺内靖裕、和田丈晴：経皮ばく露防止のための保護具(化学防護手袋)、労働衛生工学 57, 12-21 (2018)
- ・田中茂：基礎と実践 安全衛生保護具の話(1)化学物質の経皮ばく露を防ぐ化学防護手袋(前編)安全と健康 70(1), 55-57 (2019)
- ・田中茂：基礎と実践 安全衛生保護具の話(2)化学物質の経皮ばく露を防ぐ化学防護手袋(後編)安全と健康 70(2) , 57-59 (2019)
- ・田中茂：基礎と実践 安全衛生保護具の話(3)防じんマスク、防毒マスク、化学防護手袋を使用する際には保護具着用管理責任者の配置を安全と健康 70(3), 54-57 (2019)
- ・田中茂：基礎と実践：2019 年版保護具選定のためのケミカルインデックスの活用 安全と健康 70(11) , 40-44 (2019)
- ・田中茂、岩澤聡子、寺内靖裕、中野真規子：産業医に役立つ最新の研究報告：化学物質の経皮吸収曝露防護のための化学防護手袋を学ぶ、産業医学ジャーナル 42(1), 61-67(2019)
- ・田中茂：基礎と実践：2019 年版保護具選定のためのケミカルインデックスの活用 安全と健康 安全と健康 70(11), 40-44 (2019)

## II-5. アンケート調査

### 5-1. 実際の使用条件下における化

## 学防護手袋の透過性の調査研究概要 報告研修会(2020年)参加者アンケート 集計結果

研究代表者：岩澤聡子(防衛医科大学  
校 医学教育部医学科衛生学公衆衛  
生学講座 講師)

### A. 研究目的

2019年度労災疾病臨床研究事業として「実際の使用条件下における化学防護手袋の透過性の調査」について調査研究を行い、その研究概要を報告する場を設けた。報告会の参加者を対象にアンケートを行うことにより、参加者のおかれた現状の把握を目的とした。

### B. 研究方法

2020年8月4日14時から17時に、コロナオンライン会議システムによるリモート開催方式で「化学防護手袋に関する講演会」を日本化学工業協会、化成品工業協会、化学防護手袋研究会の協力で開催した。事前参加申し込み者120名に対して、開催後にメールで質問票への解答を依頼した。使用したアンケートを表5-1-1に示した。参加者の職位と職種、今回の講演会の評価、リモート開催の評価、講演会への参加理由、化学防護手袋使用に関しての悩み、化学防護手袋講演会で取り上げてほしいテーマについて聞いた。

### C. 研究結果

58名より回答を得た(回答率48.3%)。参加者の職種は安全衛生担

当者が53%、管理職が59%であった。講演会に参加した理由については、社内事情、化学防護手袋メーカーや開発者も認められた。今回の講演会の内容についての満足度は、良かったおよび非常に良かったとした割合が81%であった。開催方法(リモート)についての満足度は、良かったおよび非常に良かったとした割合は72%であった。化学防護手袋使用に関しての困りごとについては、作業性、コスト、教育展開方法、情報不足、試験評価方法、指針を望む、その他に分けられた。今後の化学防護手袋講演会で取り上げてほしいテーマとしては、実践の情報、混合使用でのデータ、透過性試験結果、現場の事例、教育展開方法、メーカー情報、行政動向、経皮吸収について挙げた。

### 考察

平成29年1月の通達「化学防護手袋の選択、使用等について」では、化学防護手袋の使用条件として透過性等に関するデータをもとに設定使用することを求めている。化学防護手袋の透過時間の求め方は現在、JIS T8116-2005、米国規格のASTM F739、ISO6529-2013等にて透過試験方法が定められているものの、複雑な測定装置を要する。さらに8時間を超える値の測定についての基準は特に定められていない。実際の作業現場にて使用されている化学物質に対する簡易な透過試験方法の開発が望まれている。さらに、現場の作業者にわか

りやすく啓発することが求められていることがわかった。

#### D. 研究発表

『2020 年度第 1 回化学防護手袋の透過性に関する最新情報』化学防護手袋研究会 2020 年 11 月 11 日・12 日開催

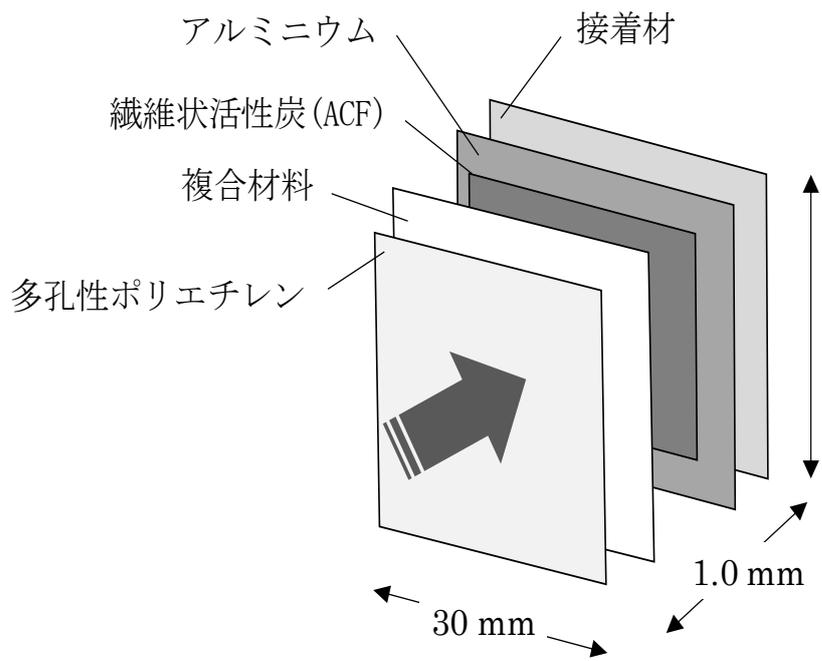


図 1-1-1 サンプラー構造図

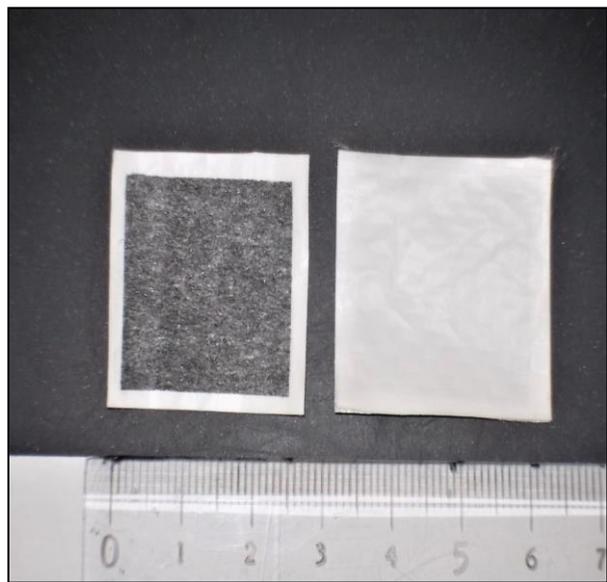


図 1-1-2 サンプラーの外観と ACF

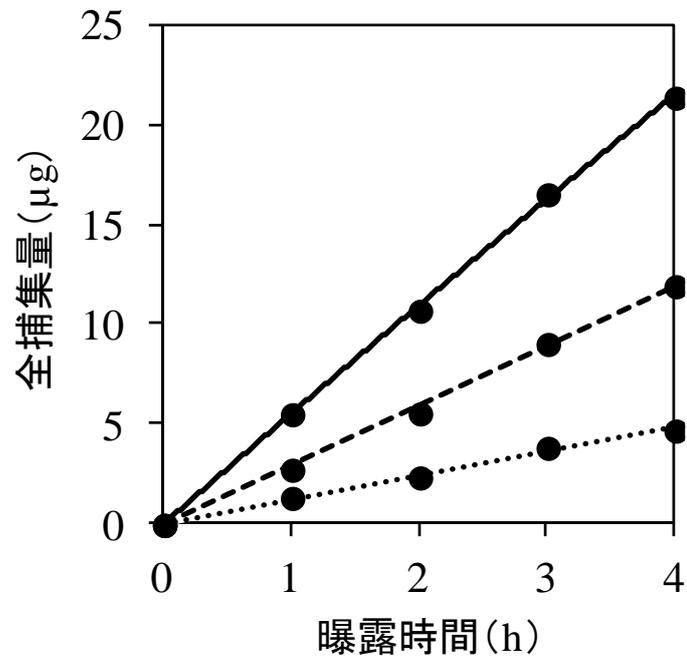


図 1-1-3 全捕集量と曝露時間との関係図

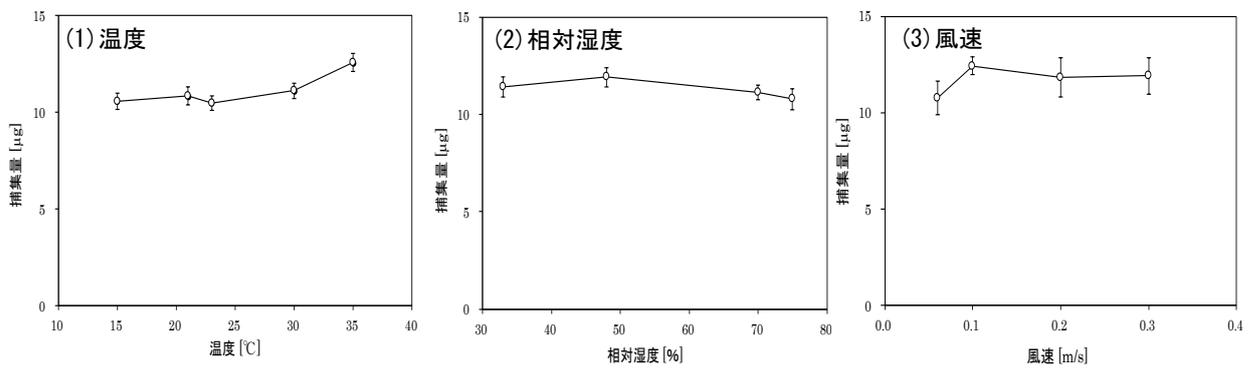


図 1-1-4 トルエン捕集量と環境要因 (1)温度、(2)相対湿度、(3)風速との関係



図 1-1-5-1 ニトリルゴム (薄手)



図 1-1-5-2 ポリエチレン (薄手)



図 1-1-5-3 ポリウレタン (厚手)



図 1-1-5-4 ポリウレタン (薄手)



図 1-1-5-5 EVOH+ポリエチレン



図 1-1-5-6 EVOH+ナイロン



図 1-1-5-7 EVOH+ポリエチレン (5層)



図 1-1-6 手モデル表面へ貼り付けたシート状サンプラー

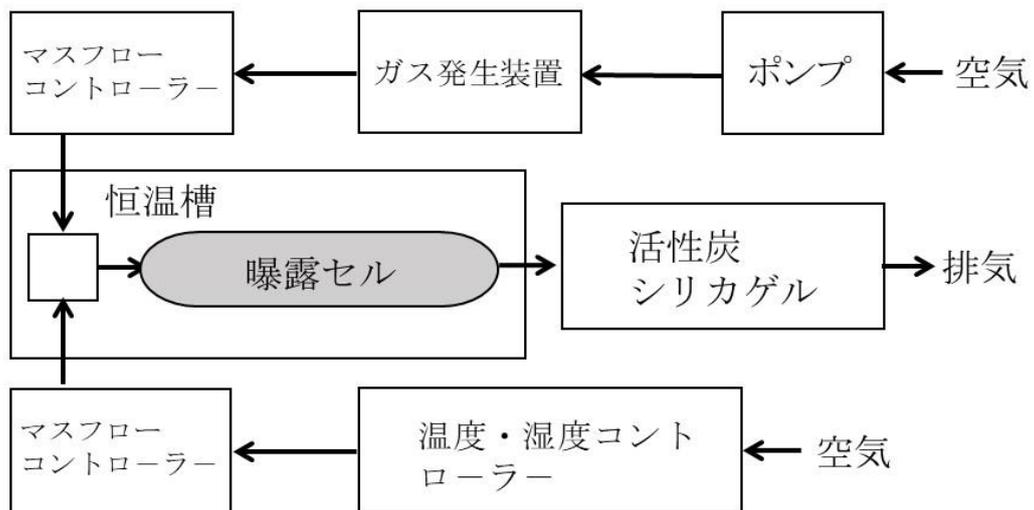


図 1-1-7 実験装置の構造図



図 1-1-8 実験装置の写真

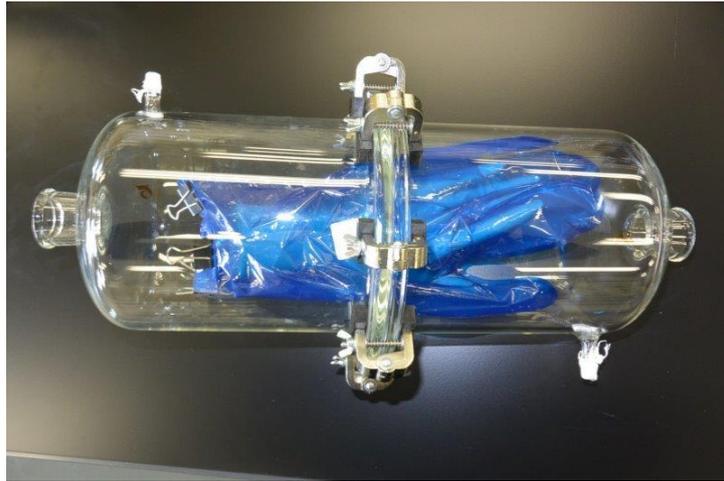
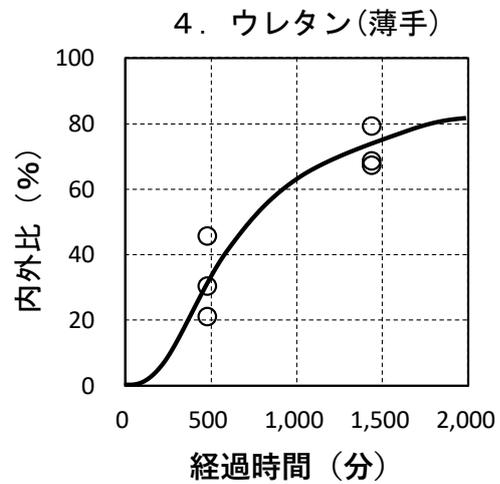
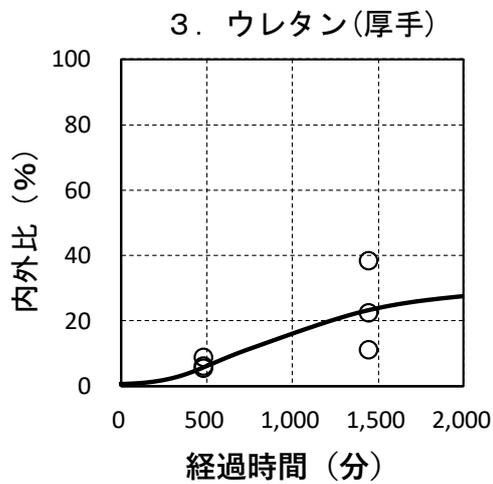
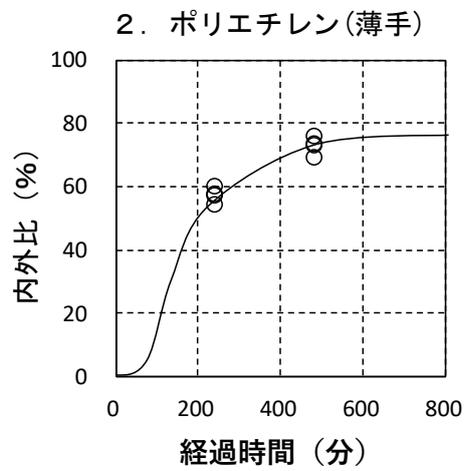
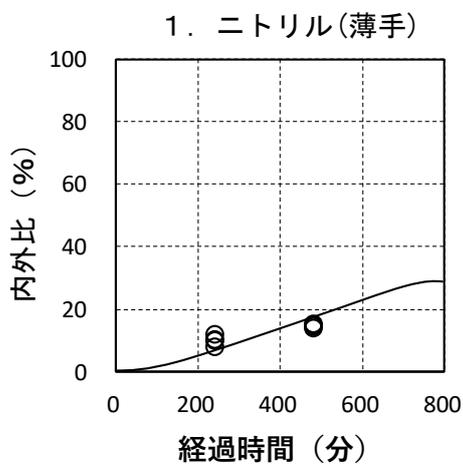


図 1-1-9 曝露セルの写真



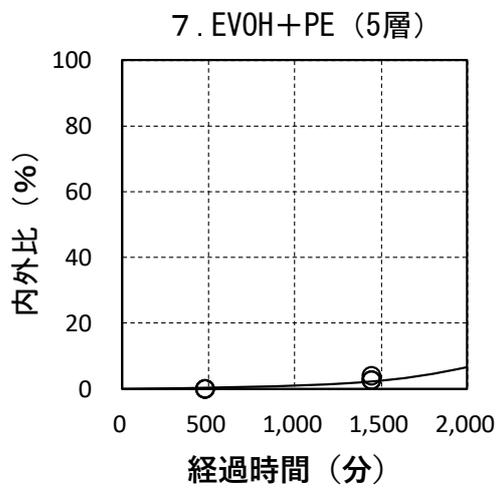
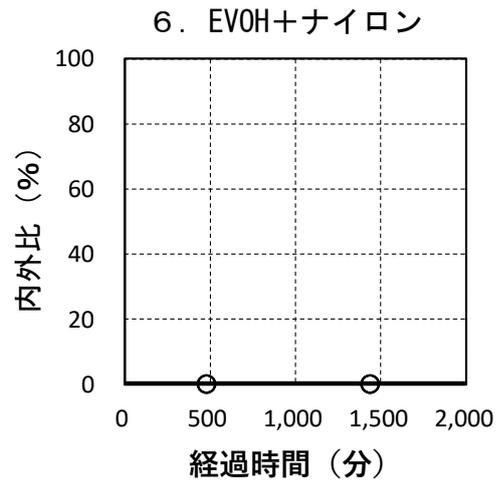
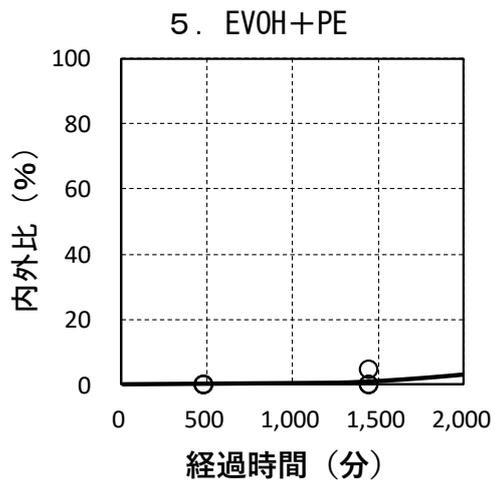


図 1-1-10 サンプラーのサンプリング時間と捕集されたトルエン量の関係

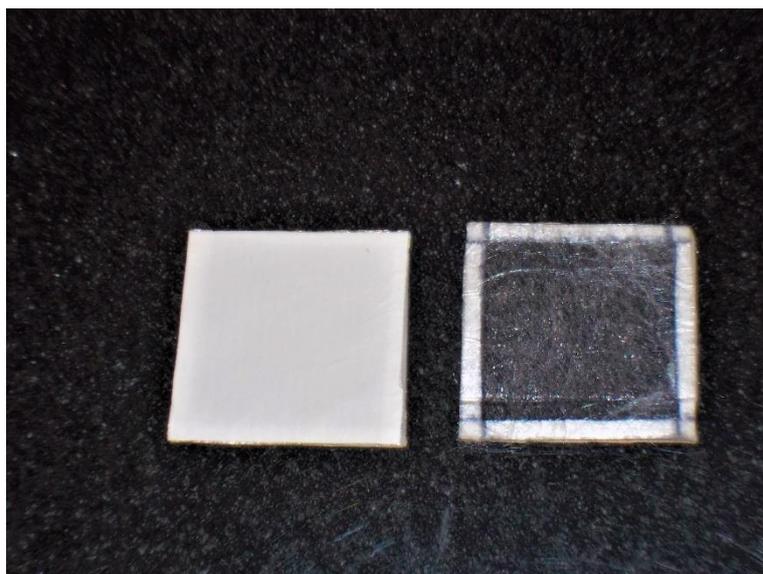


図 1-2-1 サンプラーAの外観

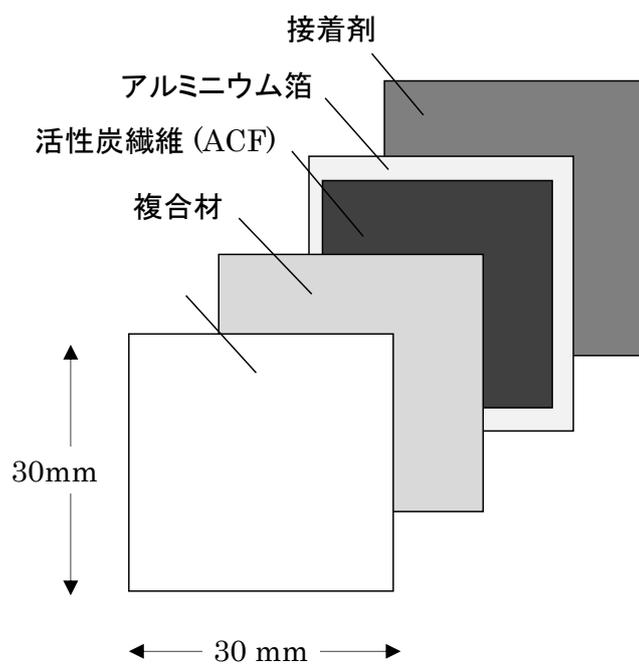


図 1-2-2 サンプラーAの構造



図 1-2-3 サンプラーBの外観



図 1-3-1 実験室風景



図 2-1-1 重量法測定イメージ

1)	<p>キムワイブ</p> <p>実験は裏返しで使用</p>	<p>電子天びん</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 手間が簡単。</li> <li>• 手袋の表面積はアバウト。</li> </ul>
2)	<p>4-1</p> <p>4-2</p> <p>4-3</p>	<p>電子天びん</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 輪ゴムでのシールがやや手間。</li> <li>• 表面積は正確。</li> </ul>
3)		<p>電子天びん</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 輪ゴムでのシールが簡単。</li> <li>• 表面積は正確。</li> </ul>

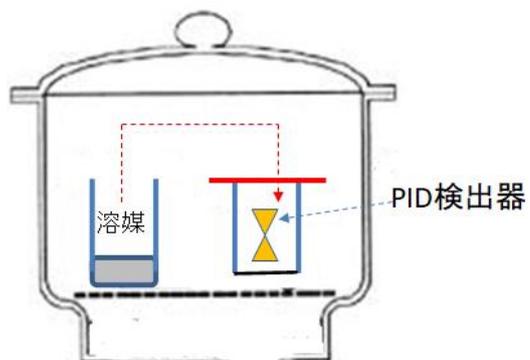
図 2-1-2 重量法で検討した測定方法

### 個人用PID式モニター Cub

検出範囲: 1ppb~5,000ppm

対象物質: 300物質以上

理研計器株式会社



- ① 溶媒の入ったビーカーをデシケーターの中に入れる。
- ② ふたをして3分放置。
- ③ 手袋膜で被った入れたカップに入れたPID検出器、測定開始

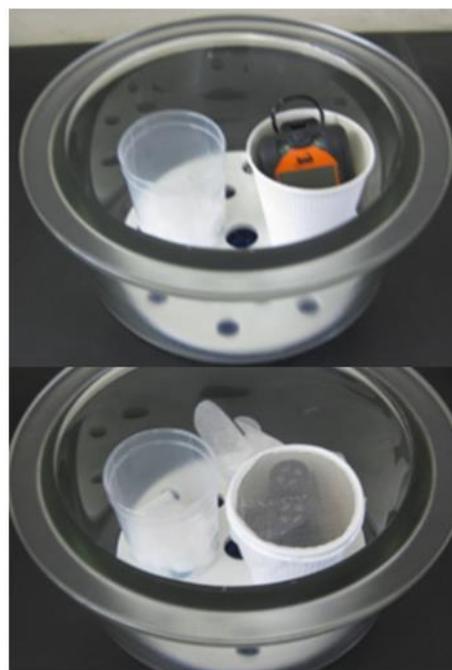


図 2-1-3 PID 式モニターCub を使用した簡易測定法

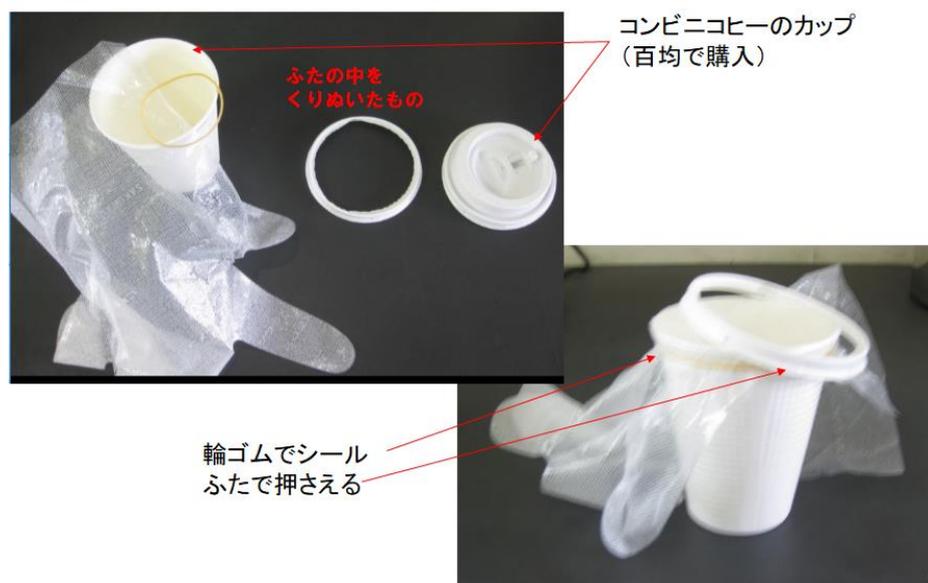


図 2-1-4 本実験で使用したカップとシール

## クロロホルムとジクロロメタンについて濃度を検討



### 手順

1. グローブに手を入れて2分以上待つ
2. 手を抜いた後にグローブの掌部分にピペットで200  $\mu$ Lを付着させ、10分待つ
3. ガス検知管を入れて手袋内側の濃度を測定する
4. 3回実施して平均値と標準偏差を計算する



上) CPとPE、下) NTとCP の2枚重ね

ラボ用途として短時間利用かつ溶剤を付着させた場合でもすぐに取り外すことを想定した検討



シルバーシールド

10

図 2-2-1 実験方法

## 手袋内側と気中(外側)の濃度を比較



ニトリルの  
薄手手袋



濃度測定器:  
理研計器販売  
(ion science  
社製造)のCUB

- |  |  |  |                           |
|--|--|--|---------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・手袋中にCUBを入れる</li> <li>・溶剤付着なし</li> <li>・口の密封なし</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・手袋中にCUBを入れる</li> <li>・溶剤付着あり</li> <li>・口の密封なし</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・手袋中にCUBを入れる</li> <li>・溶剤付着あり</li> <li>・口の密封あり</li> </ul> | 左の手袋に溶剤を付着させた際の気中濃度(手袋外側) |
|--|--|--|---------------------------|



10

図 2-3-1 実験方法

テトラヒドロフランを薄手ニトリル手袋に0.2mL  
付着させた後の手袋内側と気中(外側)の濃度

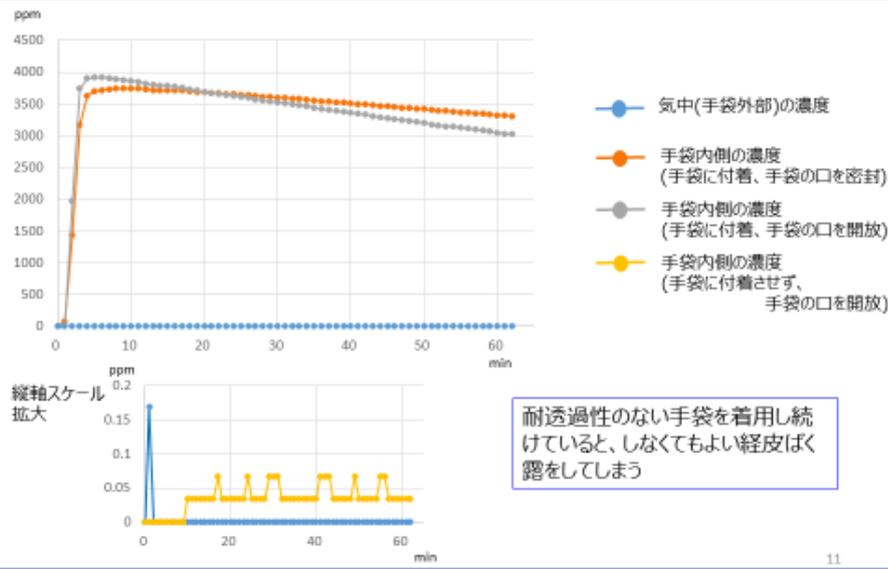


図 2-3-2 ガス検知器を用いた手袋の外と内の THF 濃度結果

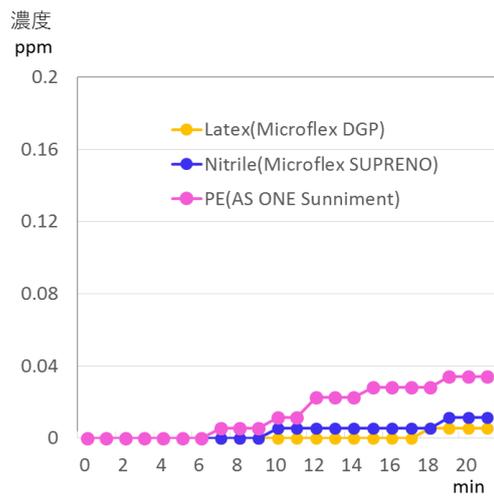


図 2-4-1 経時的な透過濃度の推移

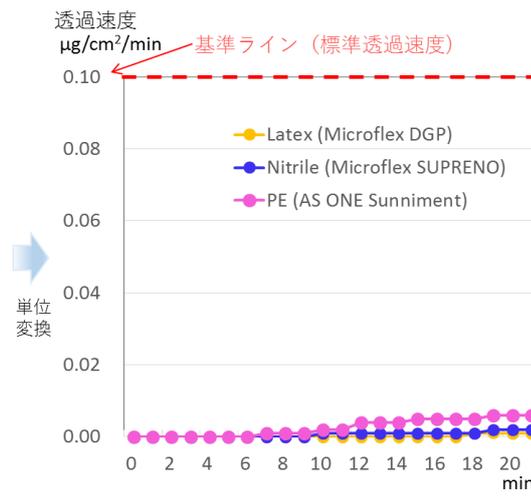


図 2-4-2 経時的な透過速度の推移



図 2-4-3 ニトリル手袋にオルトトルイジンを付着させたときの外観

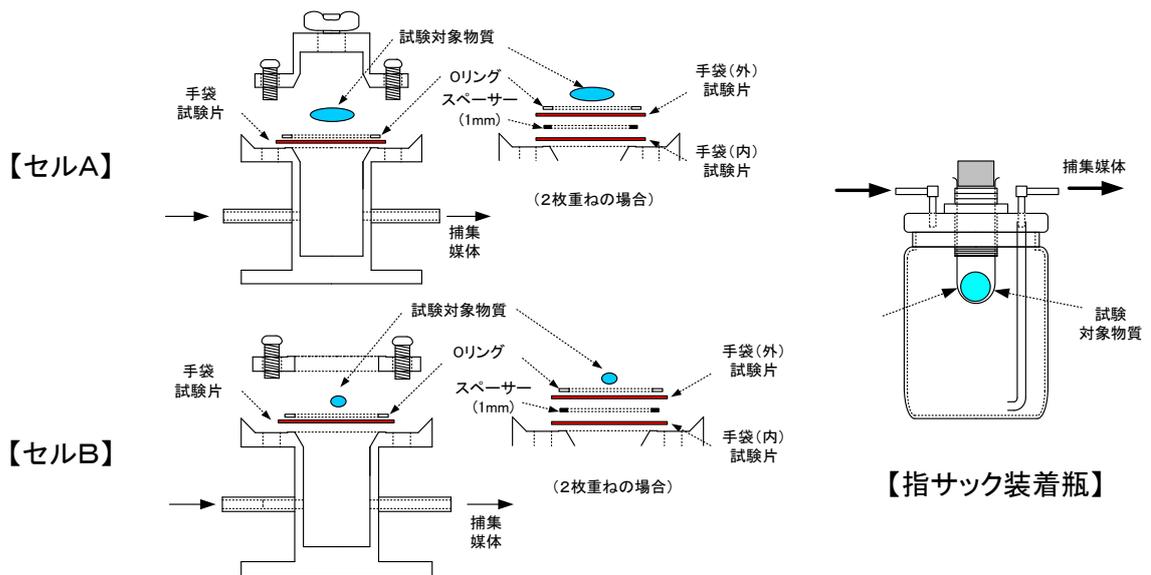


図 3-1-1 簡易透過セル (A) (B) 及び指サック装

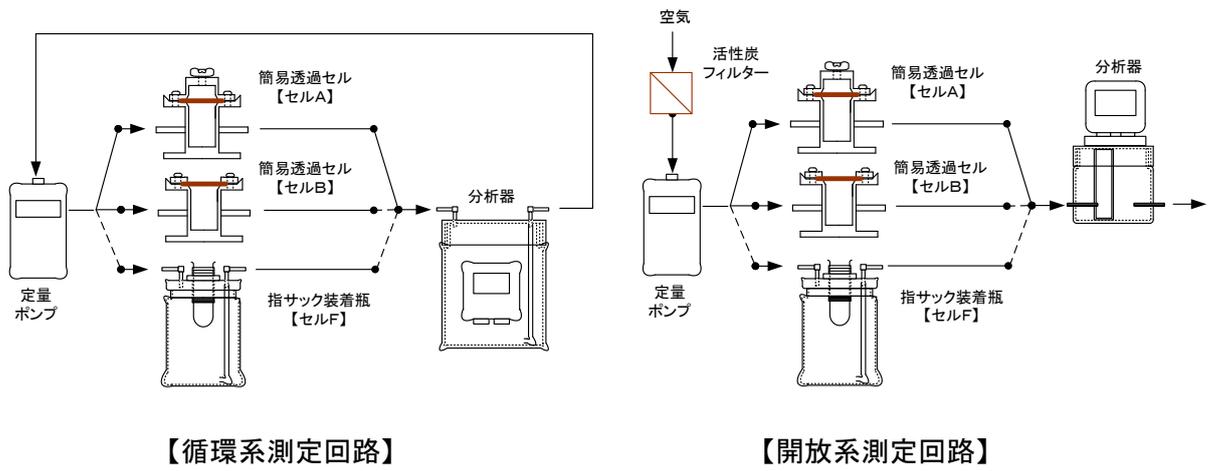


図 3-1-2 試験回路



図 3-1-3 循環系測定回路及び開放系測定回路の測定装置

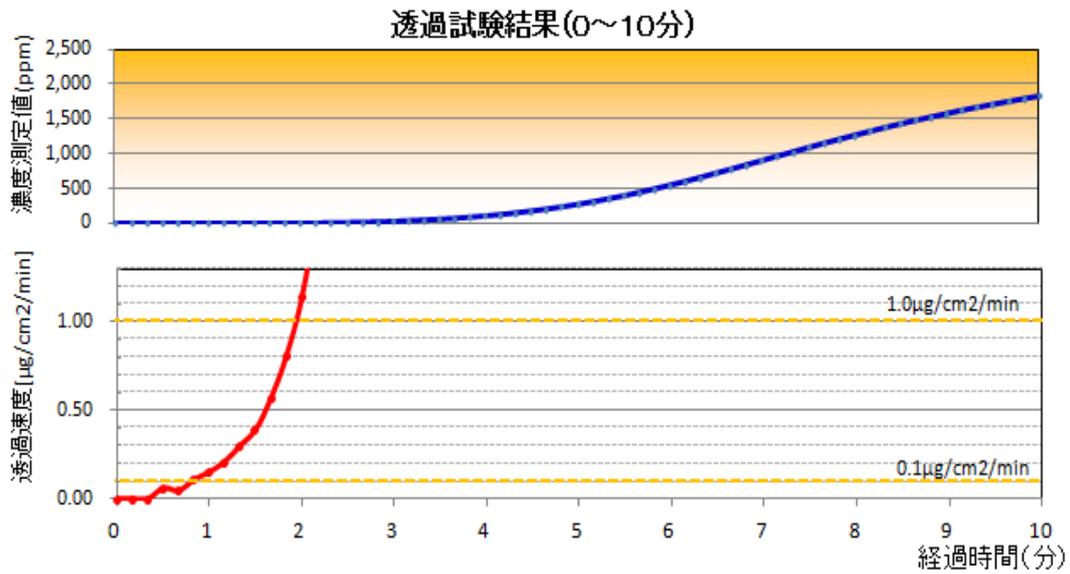


図 3-1-4 ニトリルゴム手袋の透過試験結果 (例)

種類	単層で使用する場合	2枚重ねて使用する場合	備考
【セルA】 (密閉型)	<p>(仕様) 捕集媒体通過部体積: 5.675cm<sup>2</sup>、透過部面積: 6.61cm<sup>2</sup></p>	<p>(仕様) 捕集媒体通過部体積: 5.675cm<sup>2</sup>、透過部面積: 6.61cm<sup>2</sup></p>	多量付着を想定した試験用
【セルB】 (開放型)	<p>(仕様) 捕集媒体通過部体積、透過部面積は密閉型と同じ</p>	<p>(仕様) 捕集媒体通過部体積、透過部面積は密閉型と同じ</p>	少量付着を想定した試験用

図 3-2-1 使用した簡易テストセル

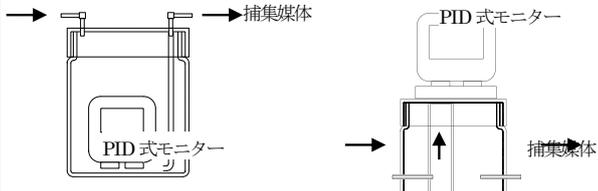
<p>検出器</p> <p>①理研計器製 光イオン化検出器 (PID) センサー式 ガス検知器</p> <p>(製品名) C u b (仕様) 検知方式: 拡散式</p> <p>(略号: 【C u b】)</p> 	
--	--

図 3-2-2 使用したガス検知器

	<p>(仕様)</p> <p>形式 : DSP-550 メーカー : 光明理化学工業株式会社</p> <p>流量設定範囲 : 50~550mL/min</p> <p>流量制度 : 設定流量に対し±10mL/min もしくは±5%以内の いずれか大きい方</p> <p>(特徴) ..メーカーHP より</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 気体試料をガスバッグへ直接捕集できるエアースAMPLINGポンプです。</li> <li>● サンプラ内での試料の VOC の吸着はほとんどありません。</li> <li>● 小型で静音性に優れ、振動がありません。</li> <li>● コンスタントフロー、スタートタイマー、オフタイマー、流量補正の機能付き。</li> <li>● 直接三脚に取り付けが可能です。</li> </ul>
---	---

図 3-2-3 使用したサンプリングポンプ

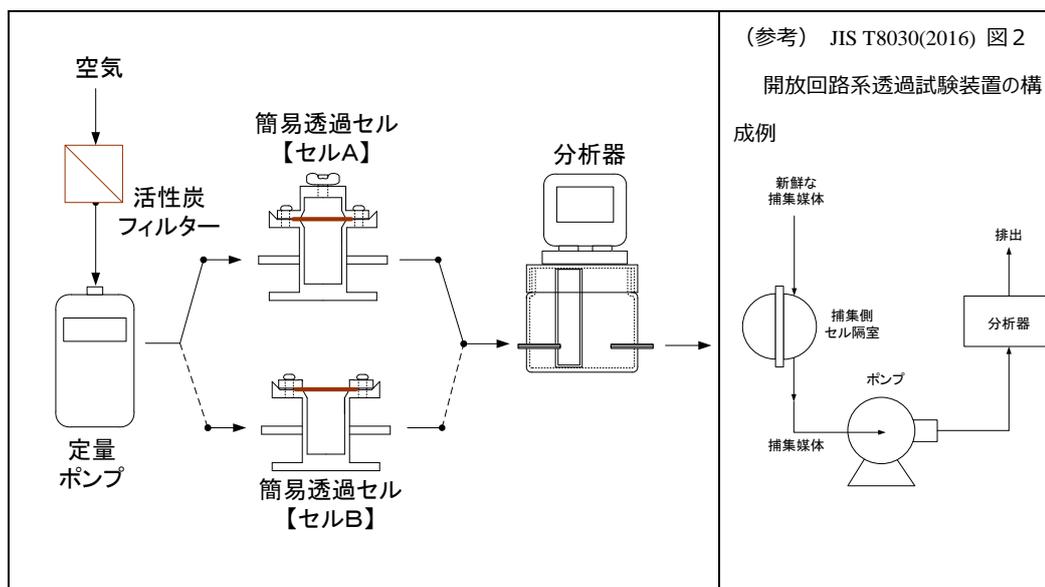
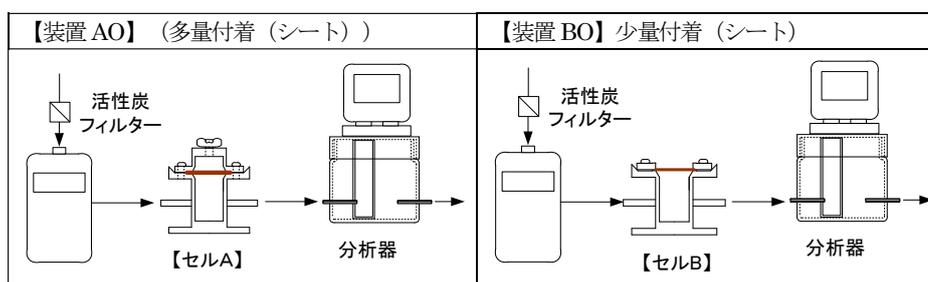


図 3-2-4 回路の構成 (概要)



簡易試験装置の構成 (開放回路系)

図 3-2-5 実験装置の写真

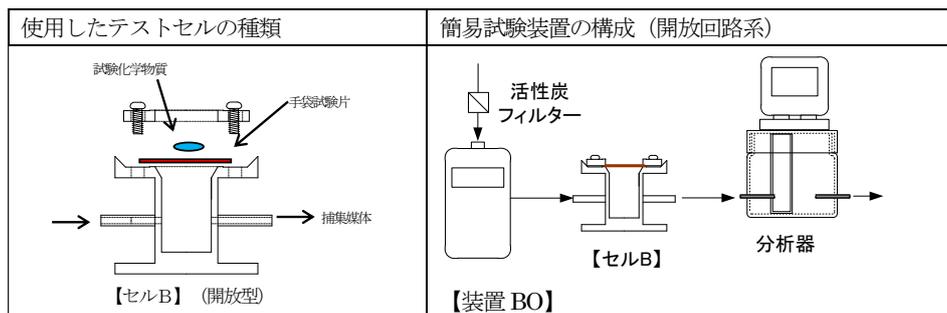


図 3-2-6 使用したテストセルの種類および簡易試験装置の構成

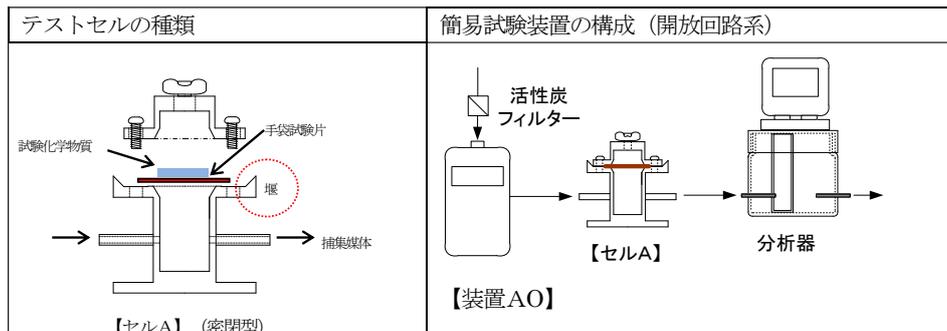
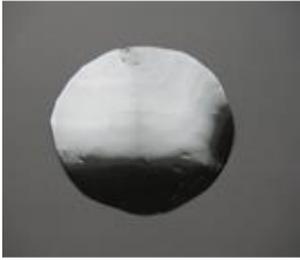
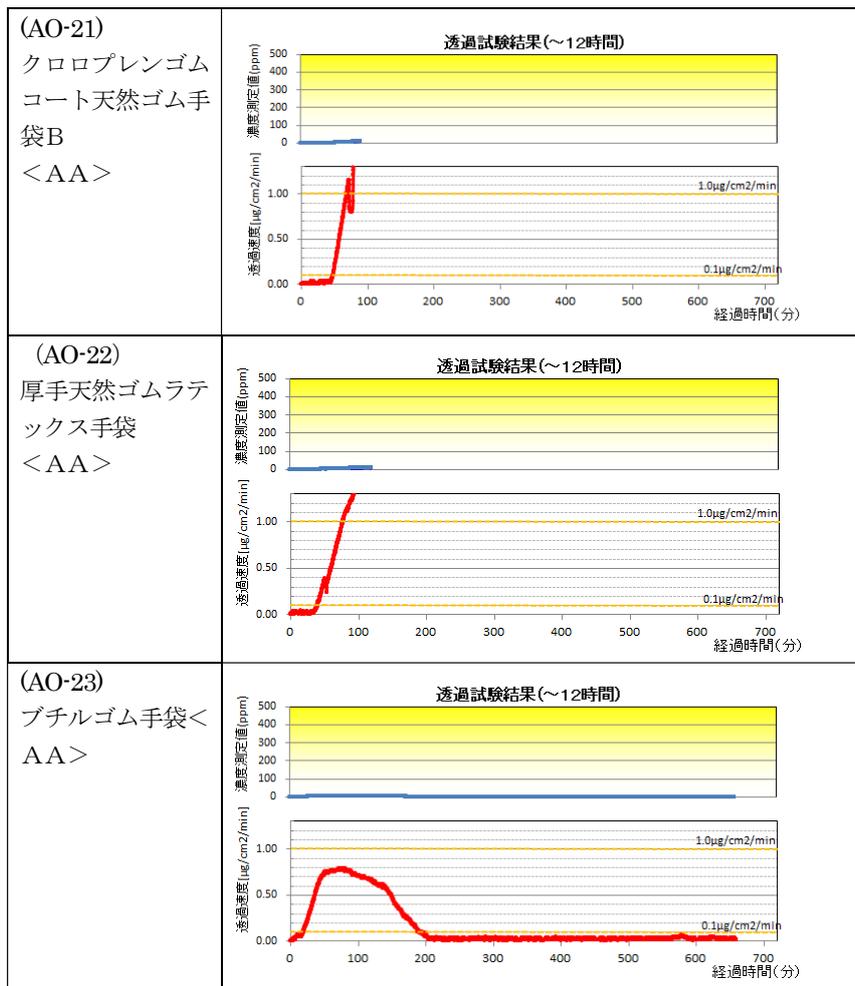


図 3-2-7 使用したテストセルの種類および簡易試験装置の構成



(フィルム厚み：約 $1.2 \times 10^{-3}$ mm (実測値) )

図 3-2-8 試験対象フィルムの外観



<p>(AO-26)            ブチルゴム手袋&lt;            AA&gt;            (再測定)</p>	<p>透過試験結果(~12時間)</p>
<p>(AO-38)            耐溶剤ニトリル手            袋            &lt;AA&gt;</p>	<p>透過試験結果(~12時間)</p>
<p>(AO-3)            クロロプレングム            コート天然ゴム手            袋B            &lt;AM&gt;</p>	<p>透過試験結果(~60分)</p>
<p>(AO-1)            厚手天然ゴムラテ            ックス手袋            &lt;AM&gt;</p>	<p>透過試験結果(~60分)</p>
<p>(AO-7)            ブチルゴム手袋&lt;            AM&gt;</p>	<p>透過試験結果(~12時間)</p>

<p>(AO-26)            ブチルゴム手袋&lt;            AA&gt;            (再測定)</p>	<p>透過試験結果(~12時間)</p>
<p>(AO-38)            耐溶剤ニトリル手            袋            &lt;AA&gt;</p>	<p>透過試験結果(~12時間)</p>
<p>(AO-3)            クロプロレンゴム            コート天然ゴム手            袋B            &lt;AM&gt;</p>	<p>透過試験結果(~60分)</p>
<p>(AO-1)            厚手天然ゴムラテ            ックス手袋            &lt;AM&gt;</p>	<p>透過試験結果(~60分)</p>
<p>(AO-7)            ブチルゴム手袋&lt;            AM&gt;</p>	<p>透過試験結果(~12時間)</p>

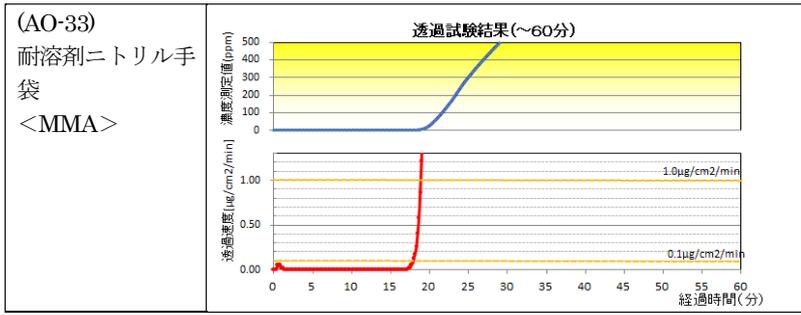


図 3-2-9 透過の挙動

<p>(BO-2) クロロプレンゴム コート天然ゴム手 袋B &lt;AM 1 滴&gt;</p>	<p>透過試験結果(~12時間)</p>	
<p>(BO-3) 厚手天然ゴムラテ ックス手袋 &lt;AM 1 滴&gt;</p>	<p>透過試験結果(~12時間)</p>	
<p>(BO-7) クロロプレンゴム コート天然ゴム手 袋B &lt;MMA 1 滴&gt;</p>	<p>透過試験結果(~60分)</p>	<p>最初の数分は 雰囲気中の物質 を検知したもの と推定</p>
<p>(BO-6) 厚手天然ゴムラテ ックス手袋 &lt;MMA 1 滴&gt;</p>	<p>透過試験結果(~60分)</p>	<p>最初の数分は 雰囲気中の物質 を検知したもの と推定</p>
<p>(BO-8) ブチルゴム手袋&lt; MMA 1 滴&gt;</p>	<p>透過試験結果(~12時間)</p>	<p>最初の数分は 雰囲気中の物質 を検知したもの と推定</p>

図 3-2-10 透過の挙動

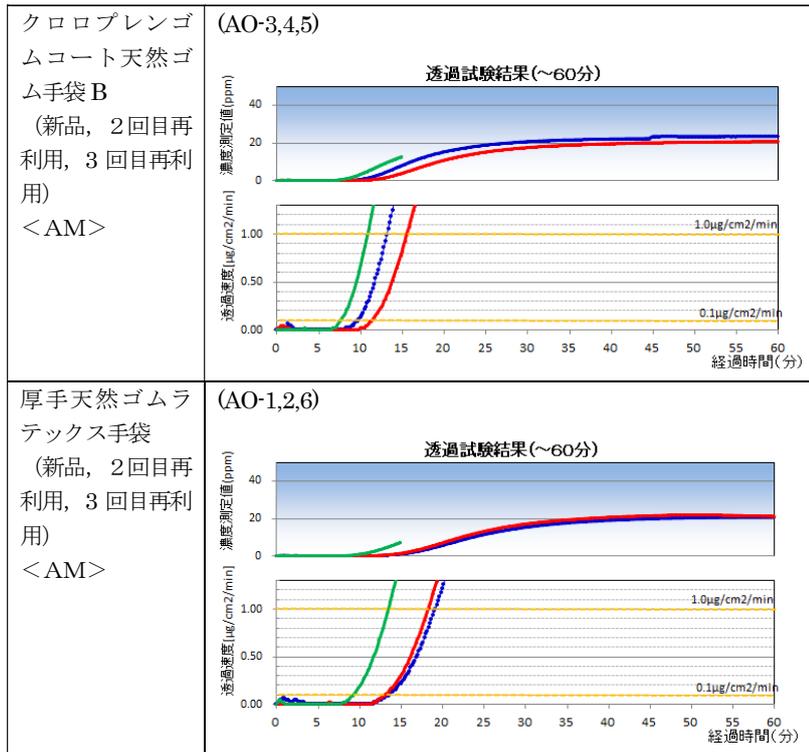


図 3-2-11 透過の挙動

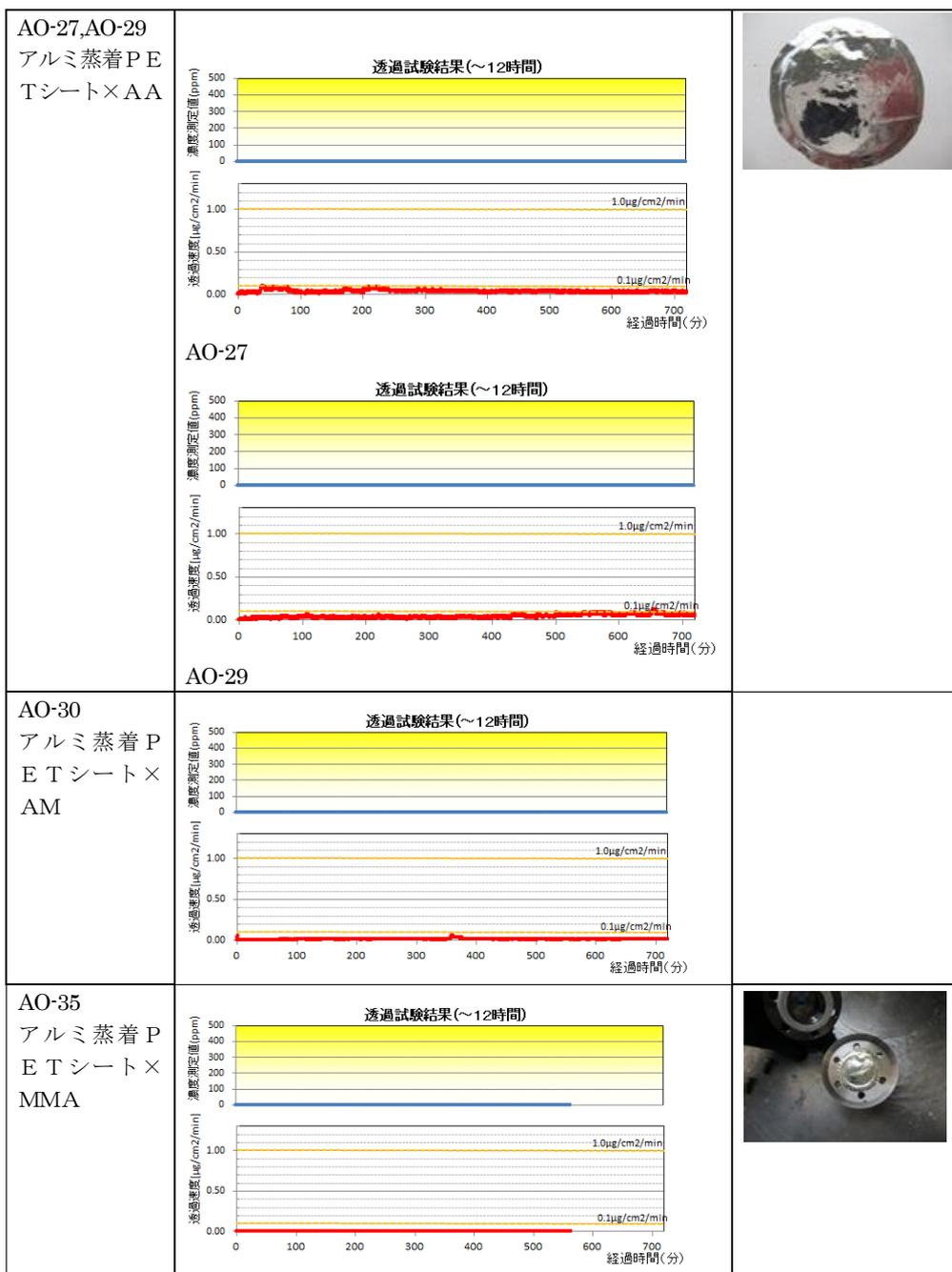


図 3-2-12 透過の挙動

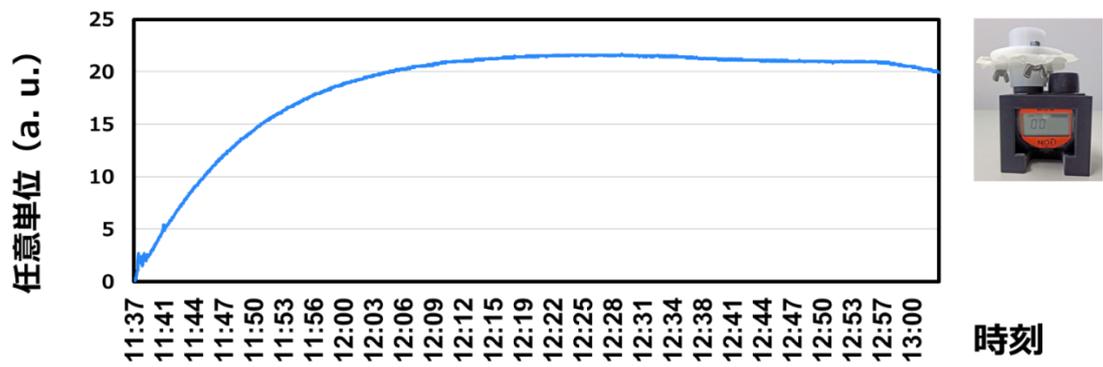


図 3-3-1 ブランクの測定例 (例 ニトリル/ネオプレン : Ansell 93-260)

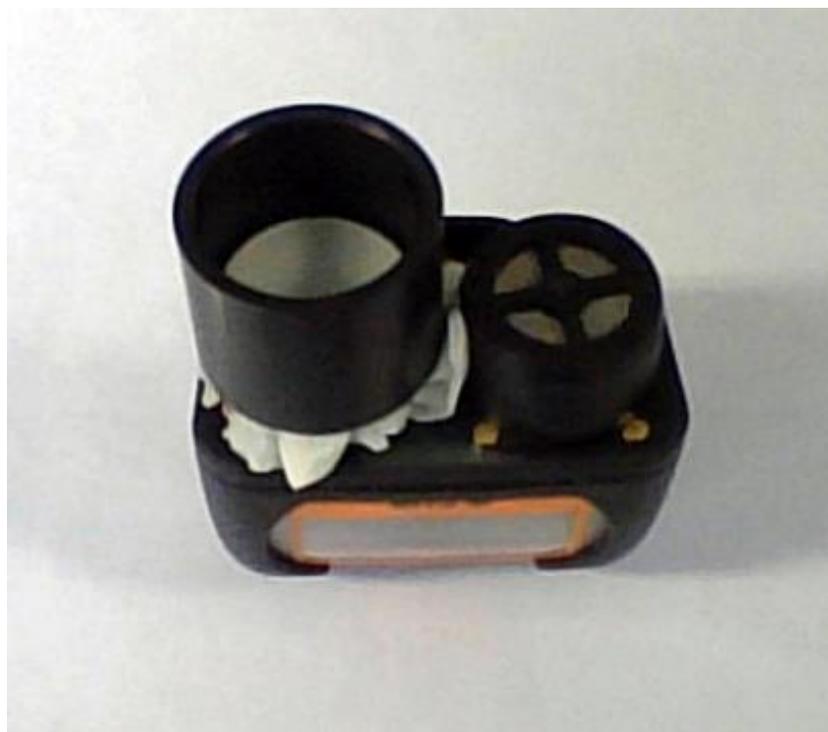


図 3-3-2 測定方法 A の装置



図 3-3-3 測定方法 B の装置

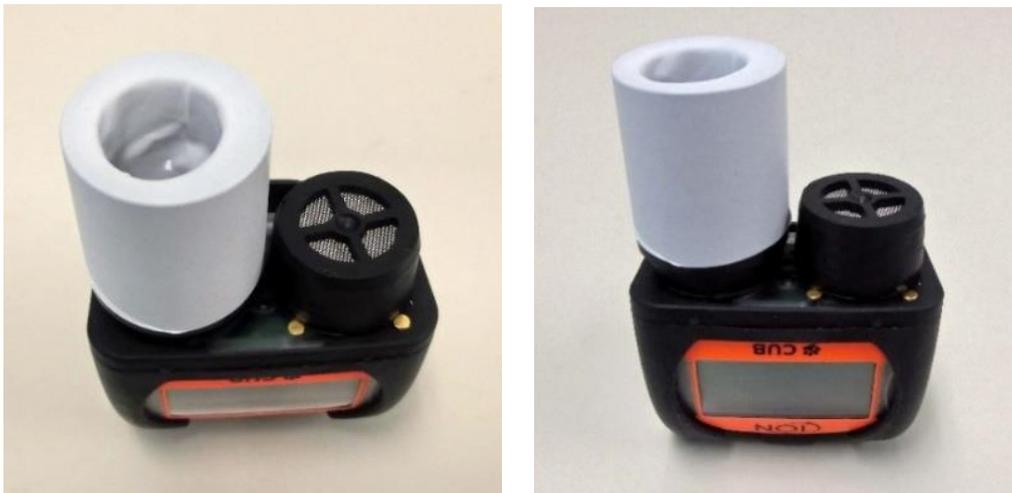


図 3-3-4 測定方法 C の装置



図 3-3-5 ジグの作成



図 3-3-6 作成した装置

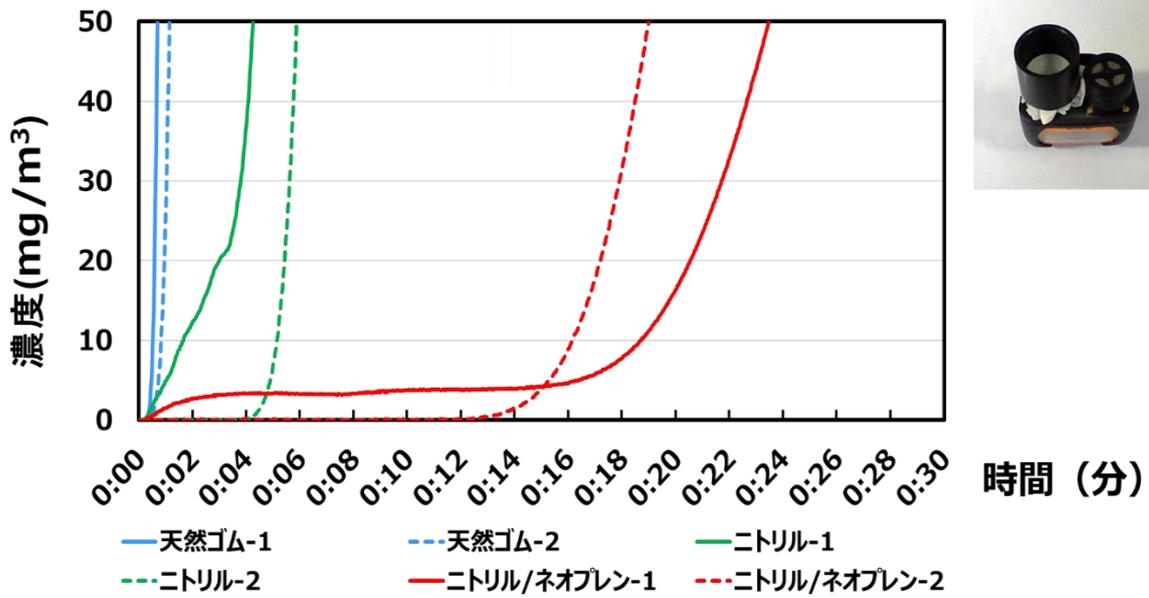


図 3-3-7 ゴム系/エタノールの透過濃度の経時変化 (測定方法 A)

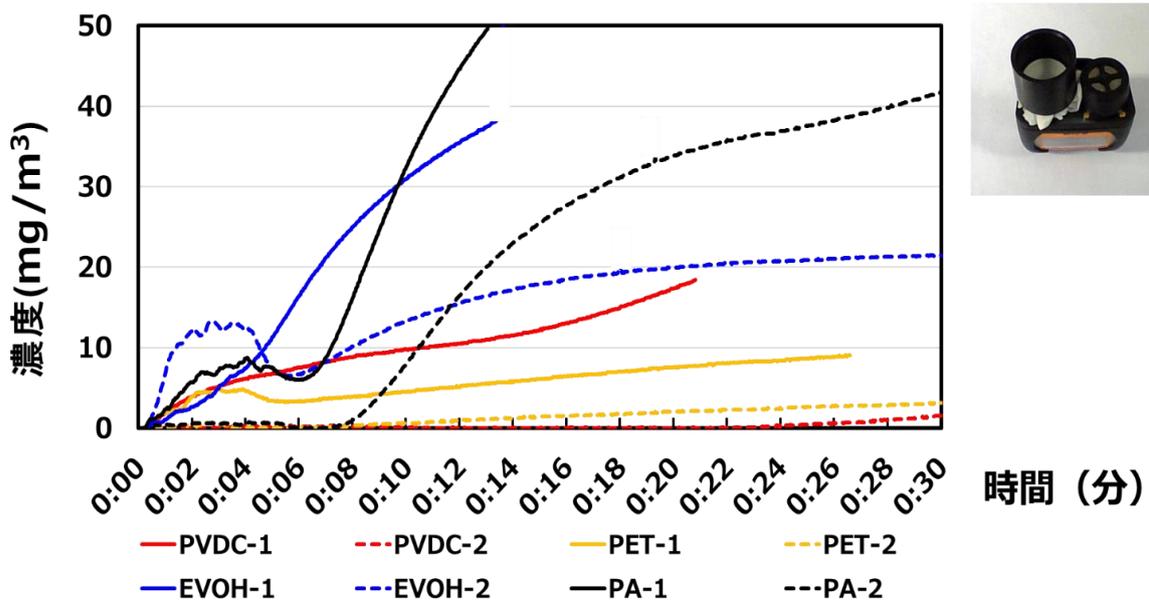


図 3-3-8 フィルム系/エタノールの透過濃度の経時変化 (測定方法 A)

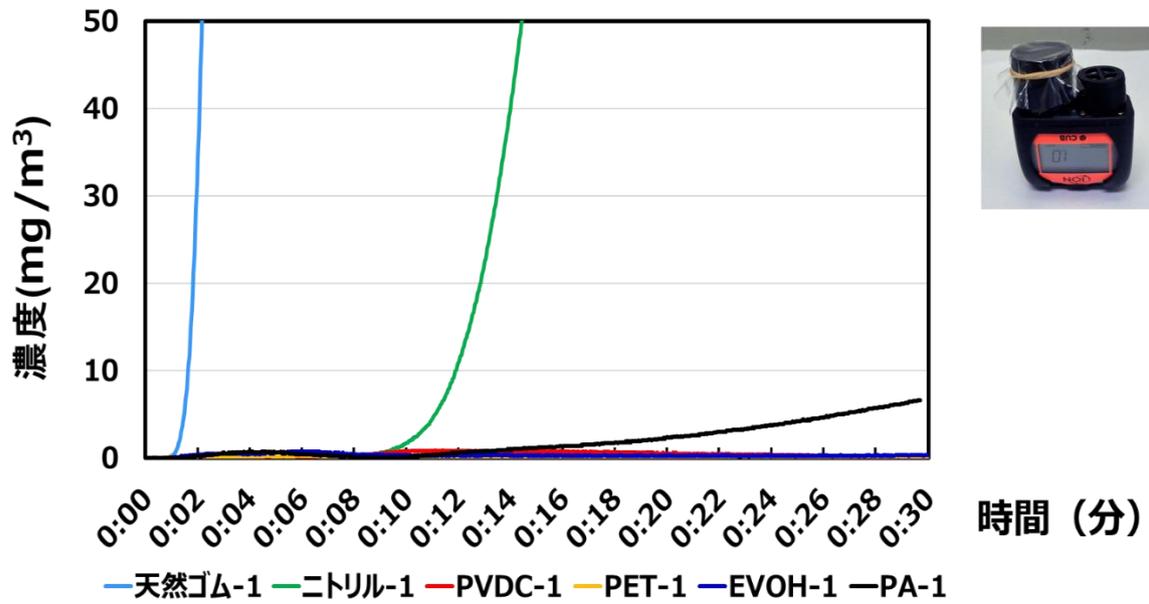


図 3-3-9 ゴム系・フィルム系/エタノールの透過濃度の経時変化 (測定方法 B)

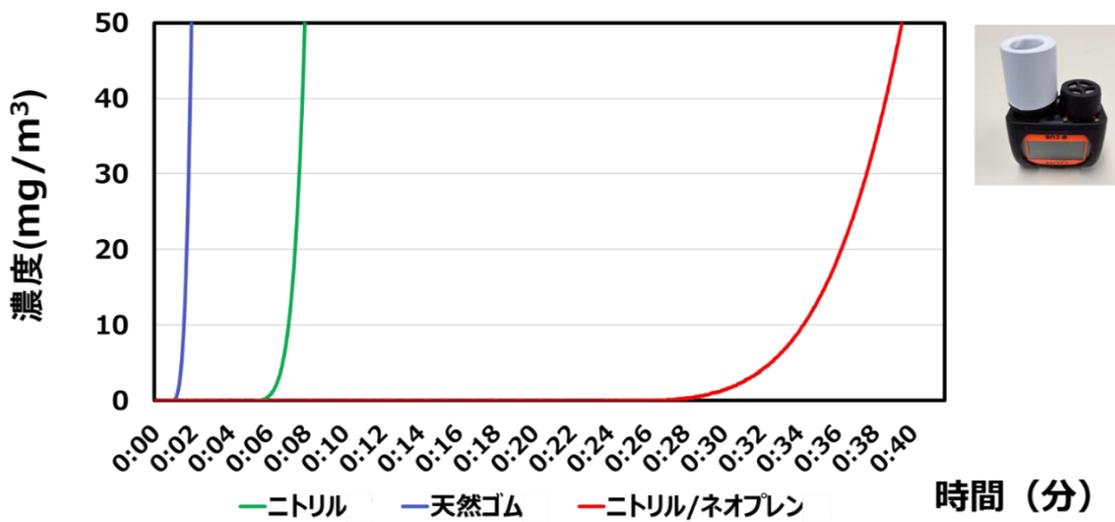


図 3-3-10 ゴム系/エタノールの透過濃度の経時変化 (測定方法 C)

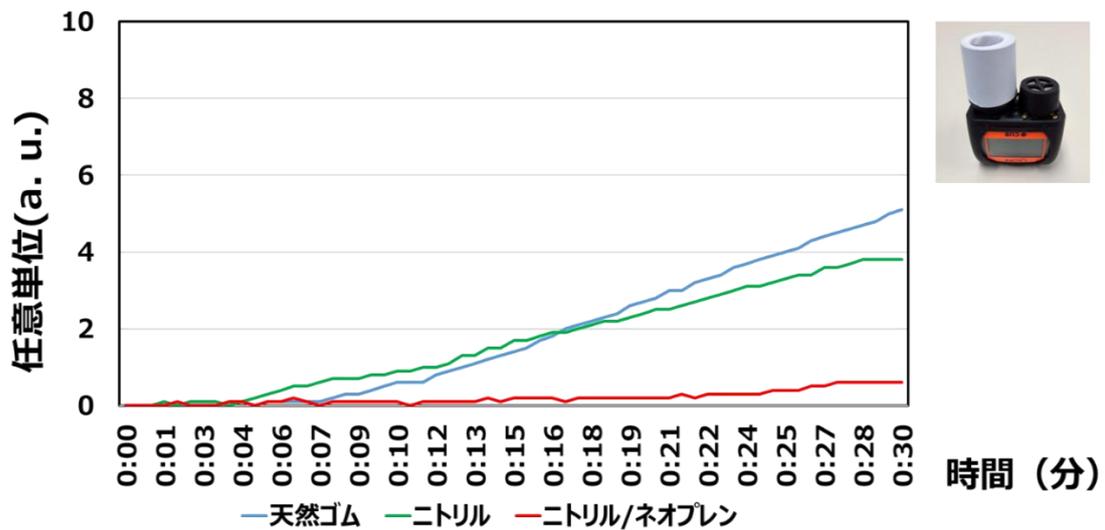


図 3-3-11 ゴム系/測定対象外のガスの透過濃度の経時変化 (測定方法 C)

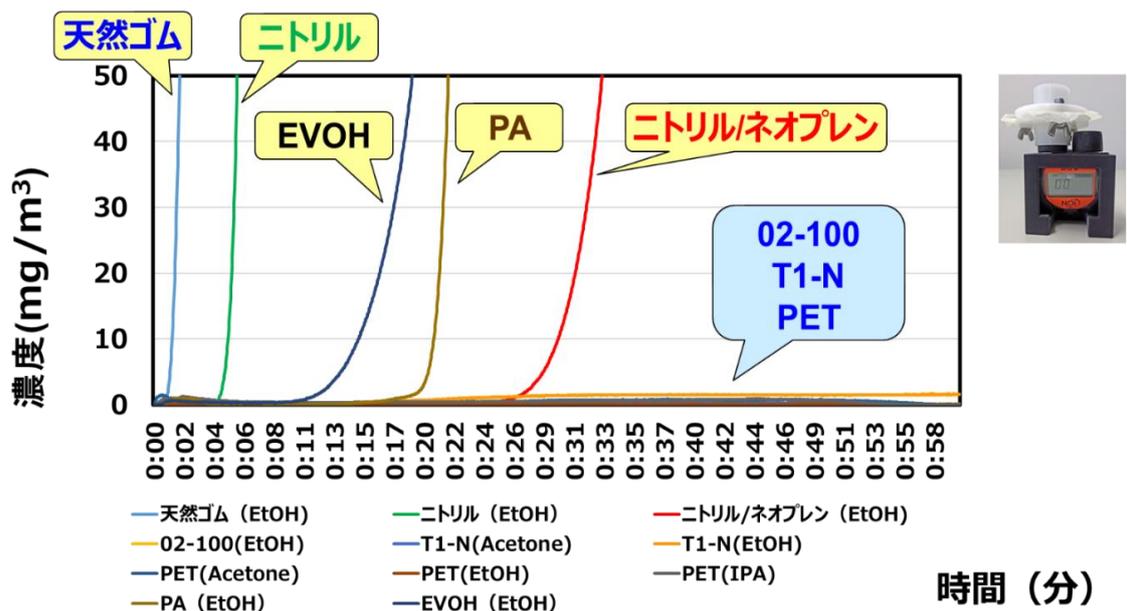


図 3-3-12 ゴム系・フィルム系/エタノール・アセトン・2-プロパノールの透過濃度の経時変化-1 (測定方法 D)

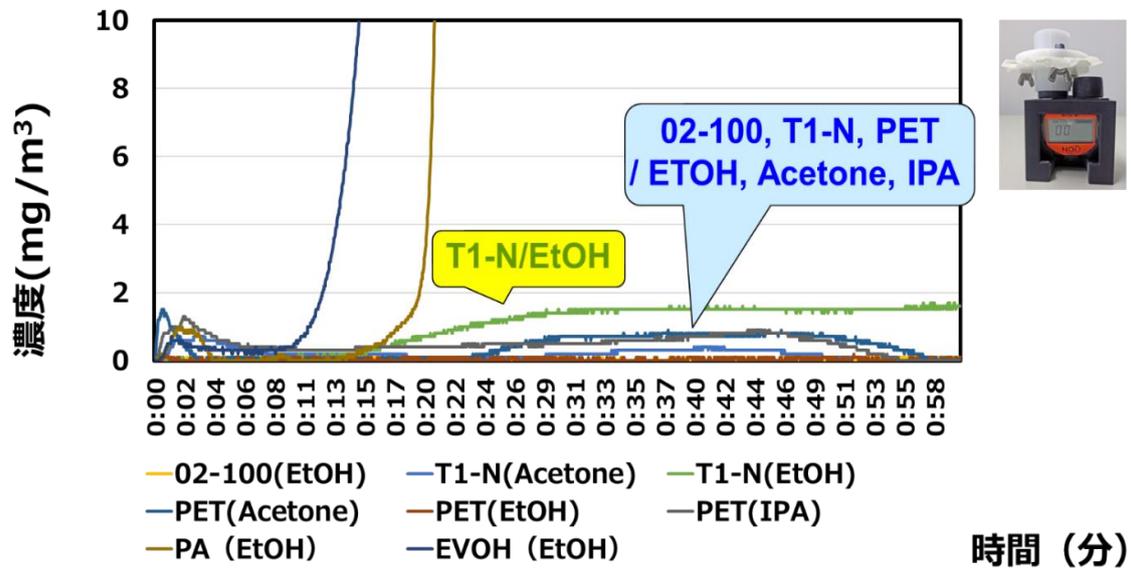


図 3-3-12 ゴム系・フィルム系/エタノール・アセトン・2-プロパノールの透過濃度の経時変化-2

(測定方法 D)

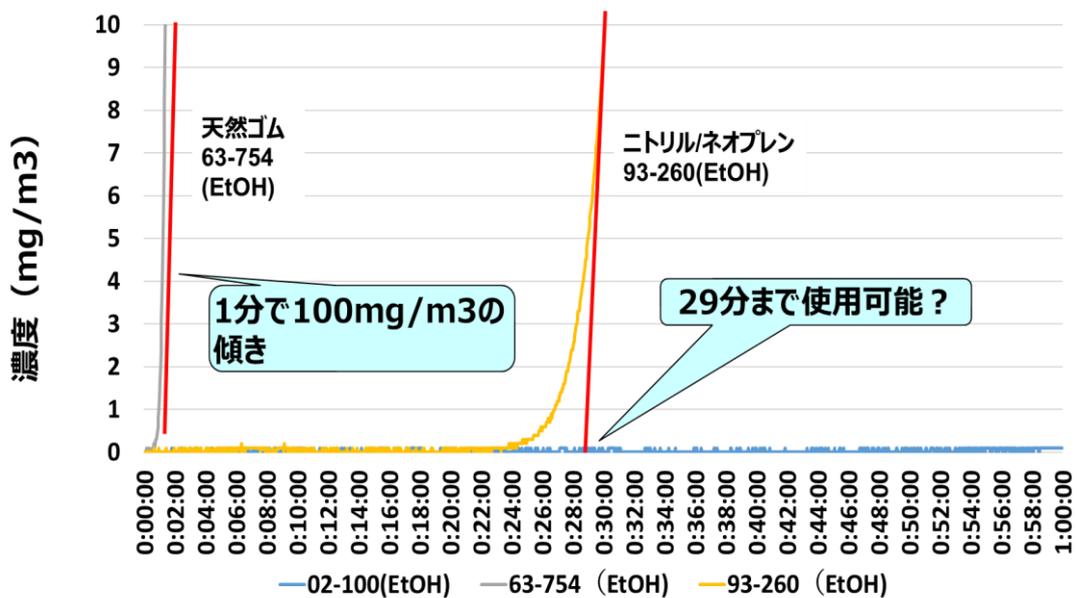


図 3-3-13 ゴム系/エタノールの透過濃度の経時変化 (測定方法 D) と JIS で規定された透過量の算出

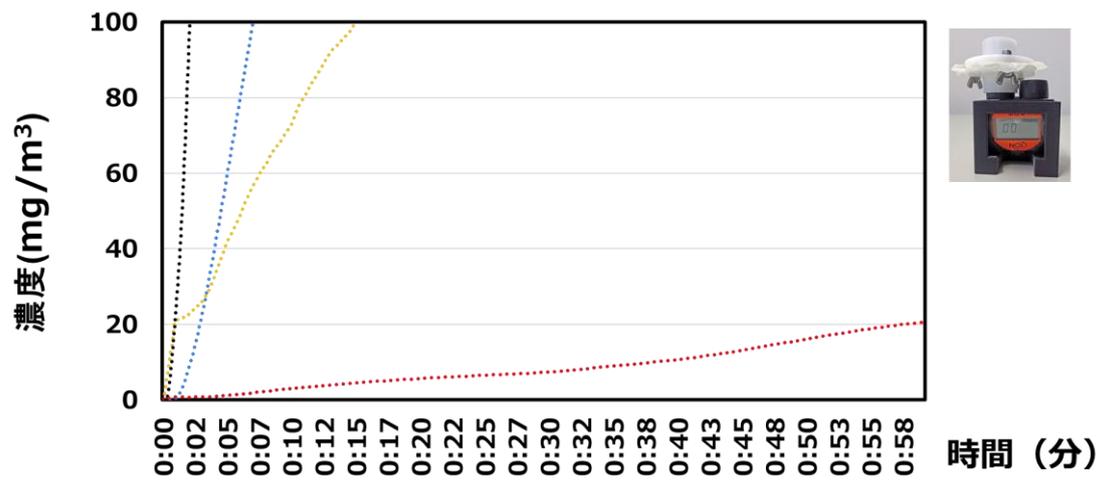


図 3-4-1 フィルム素材の溶着部分の耐透過性（時間と透過濃度の関係）

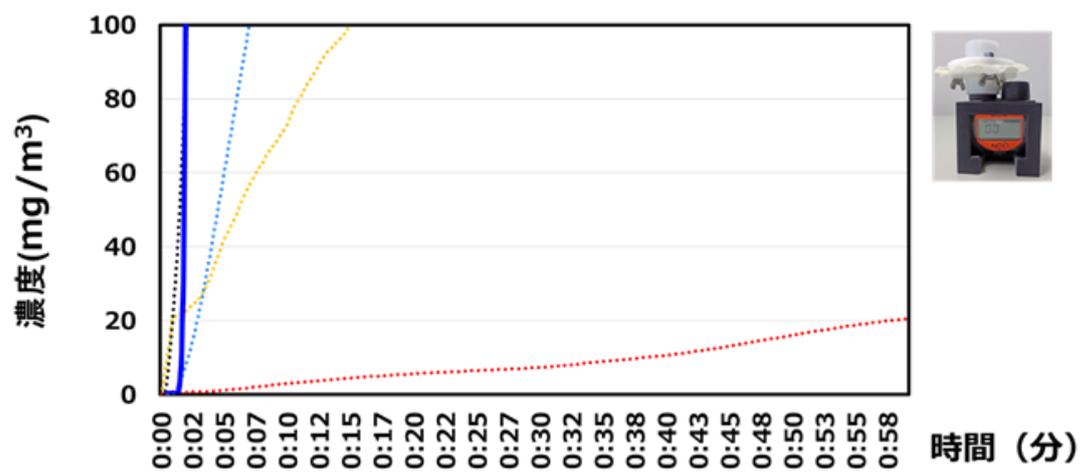


図 3-4-2 薄手天然ゴム手袋の耐透過性（時間と透過濃度の関係）



図 3-4-3 化学防護手袋(インナー)+薄手ゴム手袋(アウター)の装着状況

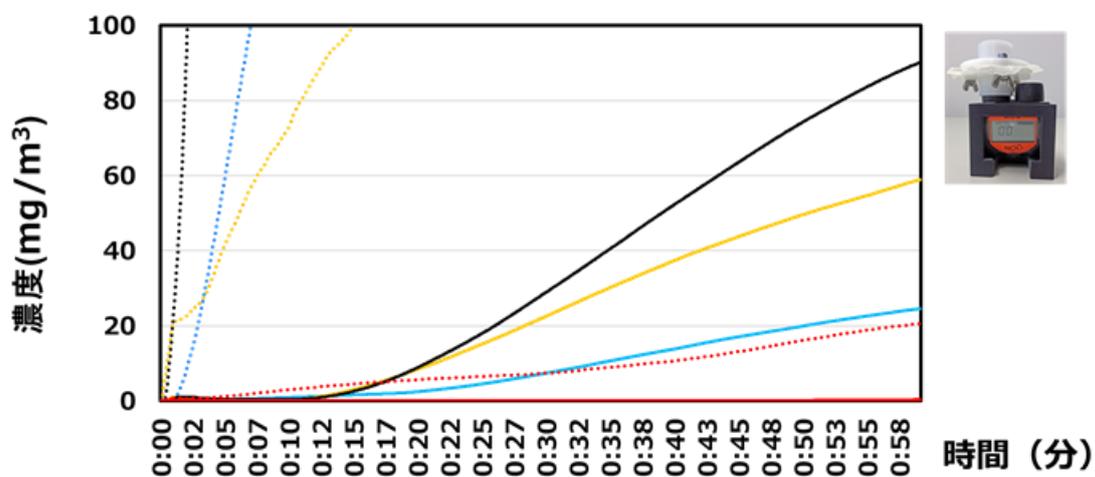


図 3-4-4 フィルム素材の化学防護手袋の溶着部分、およびフィルム素材の溶着部分+天然ゴム手袋の耐透過性 (時間と透過濃度の関係)

(破線: フィルム素材の溶着部分、実線: フィルム素材の化学防護手袋の溶着部分の上に市販の薄手天然ゴム手袋を重ねてセットした場合の検出濃度)

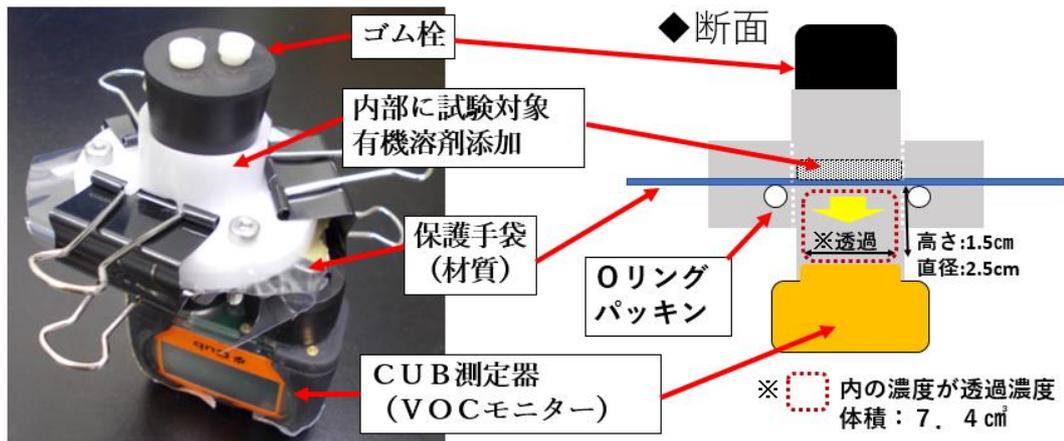


図 3-5-1 使用した簡易透過試験装置





図 3-5-2 装置の組立方法



図 3-5-3 校正又は濃度確認

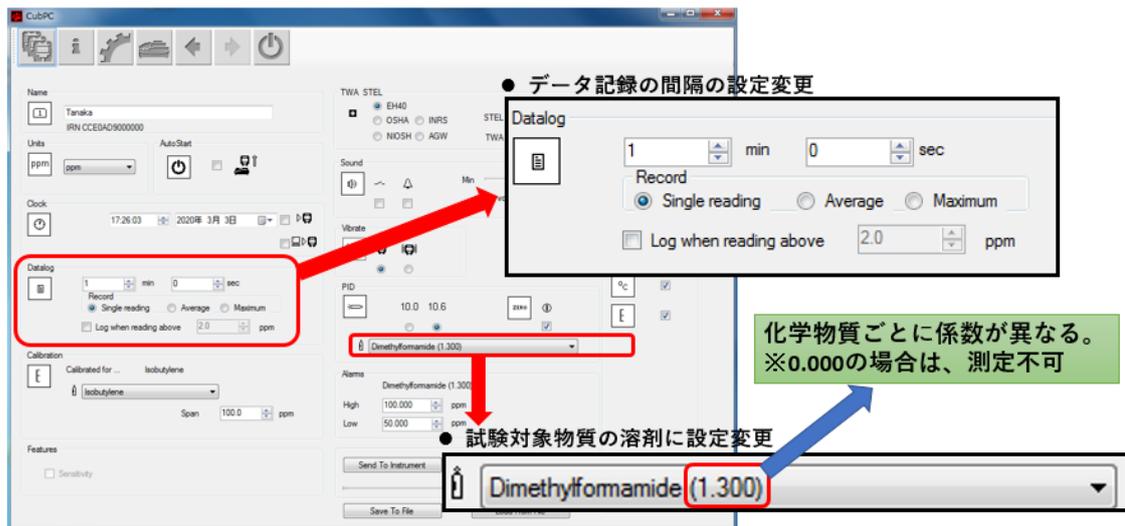


図 3-5-4 対象物質の設定とデータ記録間隔の設定変更

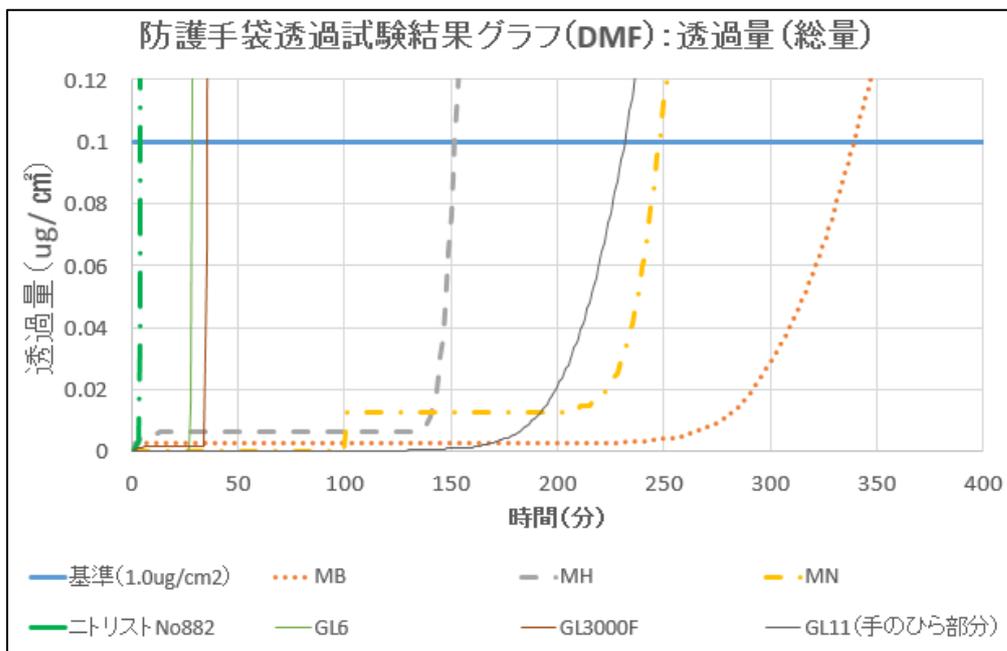


図 3-5-5 DMF に対する手袋の透過濃度の推移



図 3-5-6 目視上劣化が確認できた手袋 (写真)

(下記のスケジュールで再使用による透過試験を行った GL-11 の DMF 透過試験結果)

➤ GL-11は、DMF透過試験において目視上劣化がなく、再使用を検討する防護手袋の中で透過時間（1 ug/cm<sup>2</sup>超過時間）が最も長かった。



◆GL-11の試験内容

- ①残留濃度確認試験  
使用後（透過試験後）の防護手袋素材内部における有害物質残留濃度確認  
⇒再装着時におけるばく露状況の把握
- ②再使用試験  
①の試験結果において、防護手袋素材内の有害物質残留量が許容できることを確認した後に、再度透過試験を実施  
⇒初期使用と再使用の透過試験結果から再使用の可能性を検討

試験日		試験項目	DMF添加 (1ml)	透過量0.1ug/cm <sup>2</sup> 超過時の時間 (分)
①	初期 (3/23)	透過試験	有	232
②	試験2日後 (3/25)	残留濃度確認試験	無	4
③	試験7日後 (3/30)	残留濃度確認試験	無	>700
④	試験8日後 (3/31)	再使用透過試験	有	288
⑤	試験9日後 (4/1)	残留濃度確認試験	無	2

※各試験終了後のG-11試料は、付着しているDMFをキムワイプで拭き取り、室温（約25℃）で保管  
 防護手袋の劣化状況：①～⑤の試験結果後、DMFによる劣化（目視上）はなかった

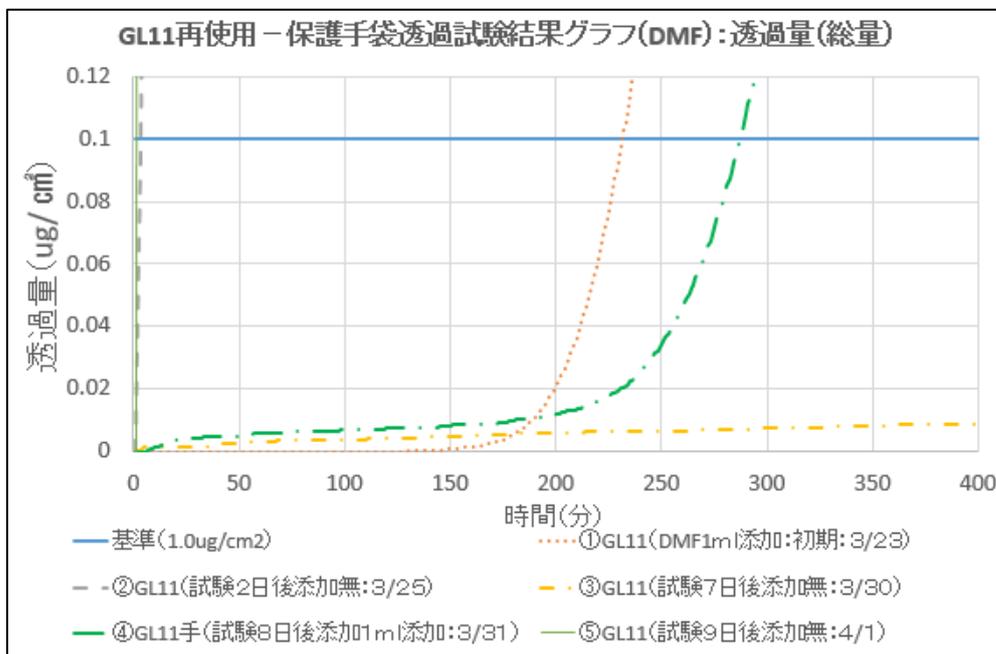


図 3-5-7 GL-11 の DMF に対する試験結果

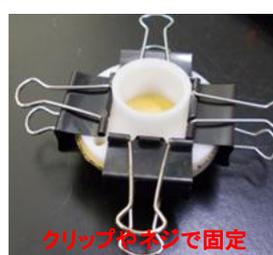
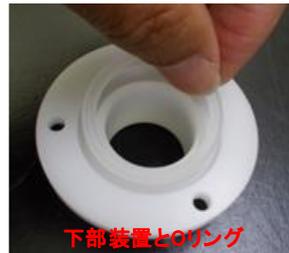
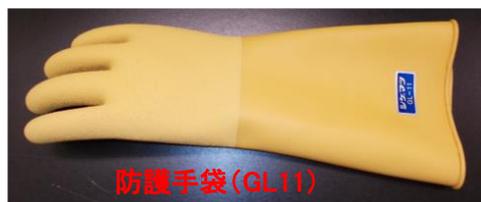
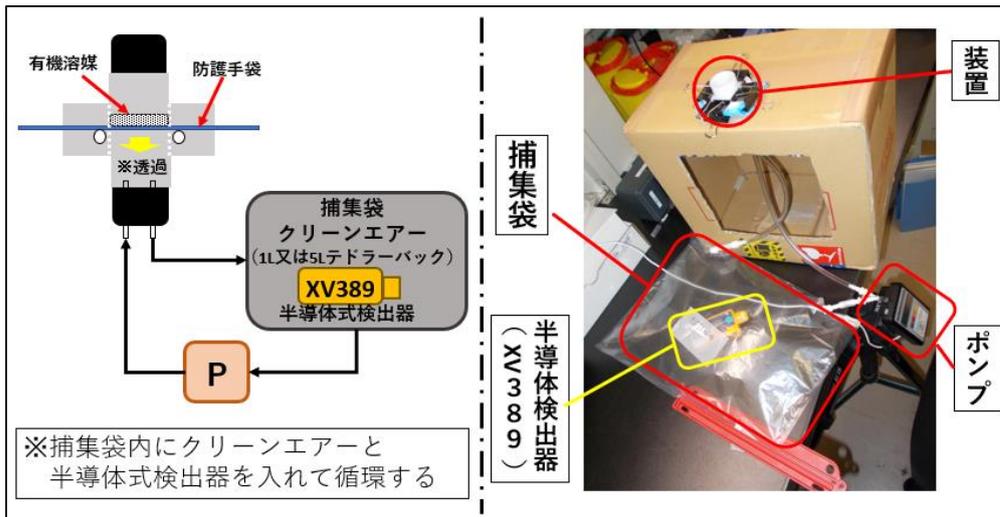


図 3-6-1 使用した簡易透過試験装置および組立て方法

- アセトニトリルにおける半導体検出器の濃度（XV389-トルエン換算値）について、ガステック検知管（パイロチューブNo52）を活用してアセトニトリル濃度への簡易的な換算を行った。

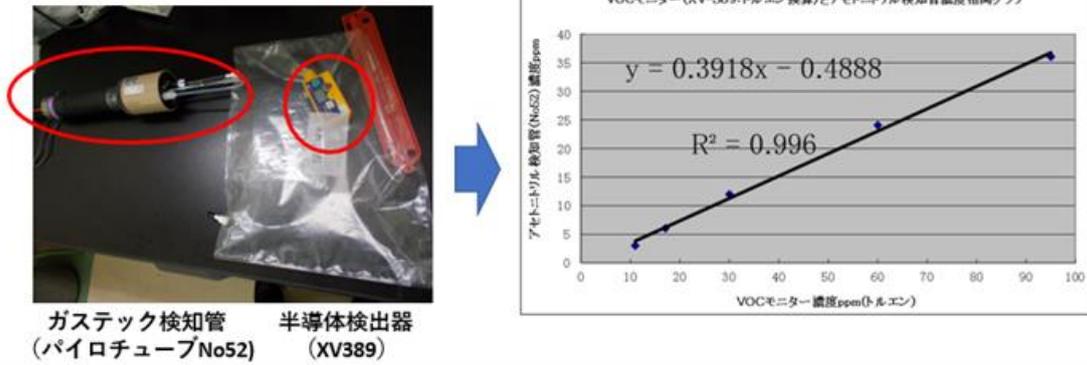


図 3-6-2 半導体式検出器濃度とアセトニトリル検知管濃度の関係

- メタノールにおける半導体検出器の濃度（XV389-トルエン換算値）について、北川式検知管（119U）を活用してメタノール濃度への簡易的な換算を行った。

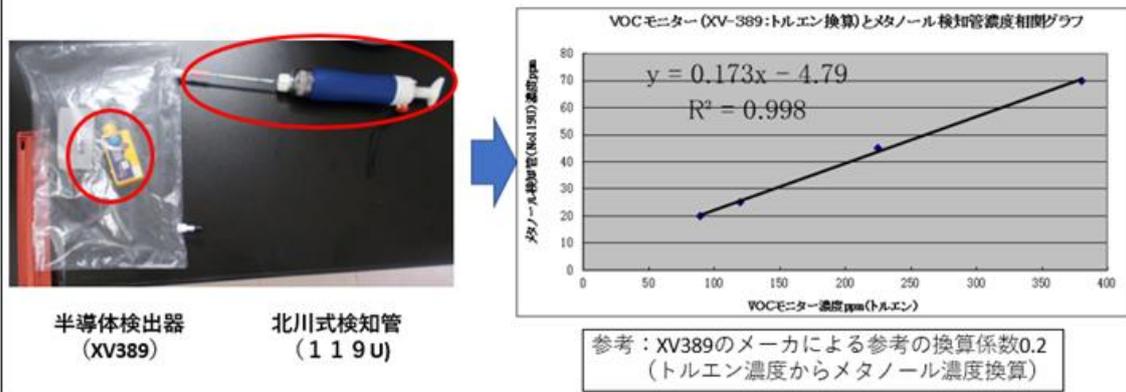


図 3-6-3 半導体式検出器濃度とメタノール検知管濃度の関係

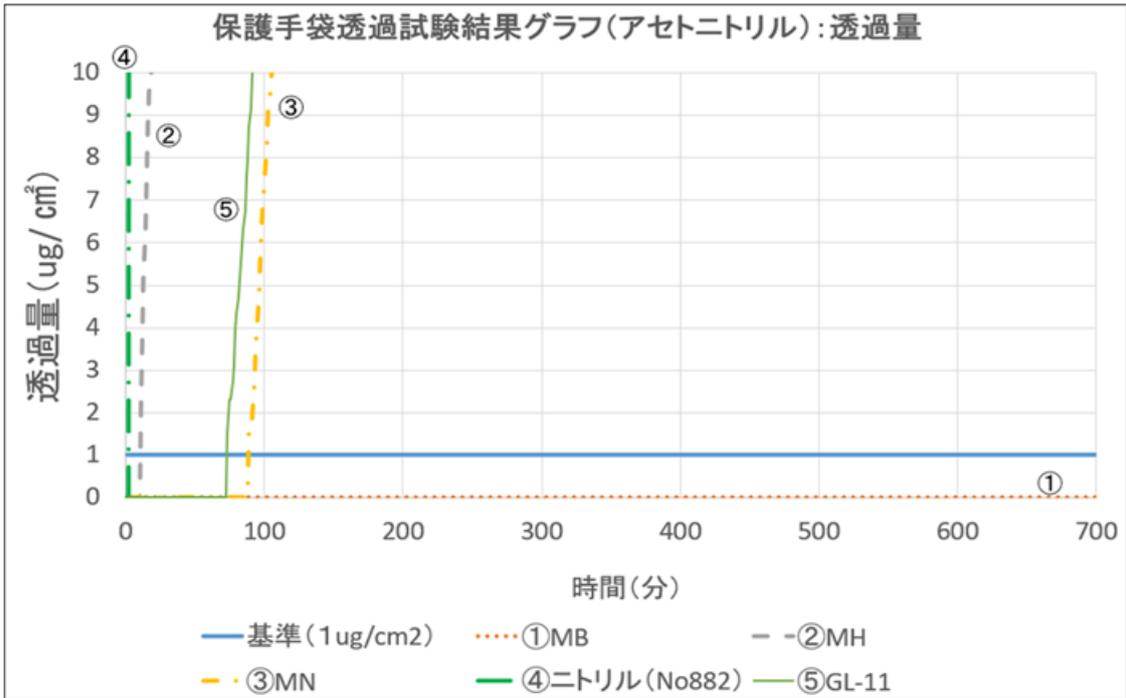


図 3-6-4 アセトニトリルの経時的な透過量変化

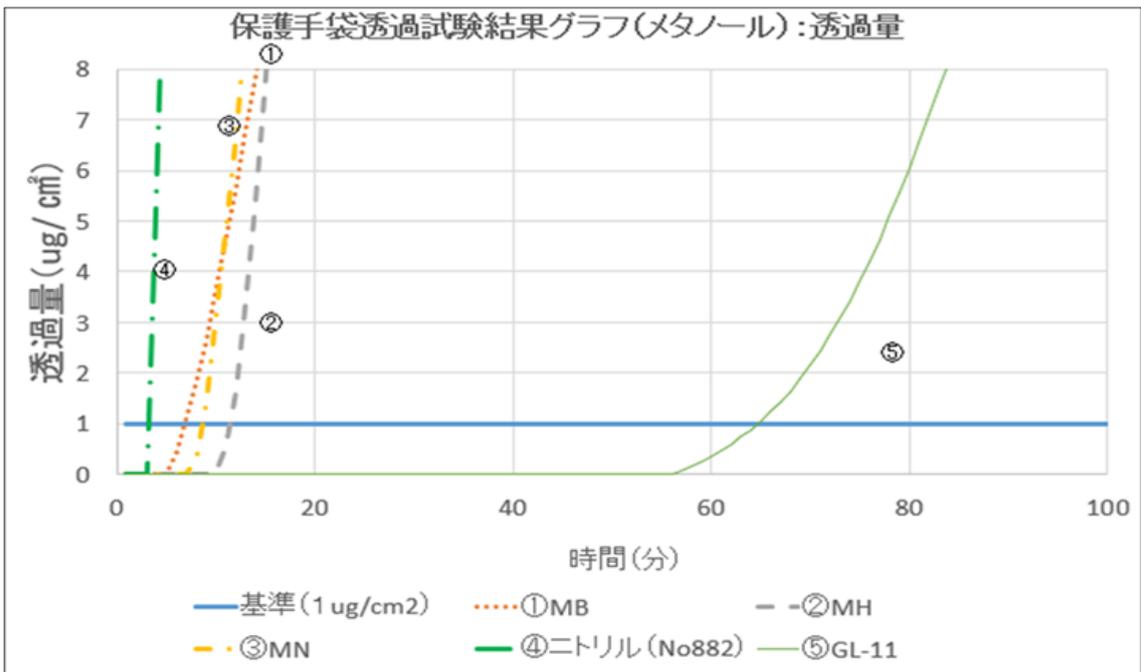


図 3-6-5 メタノールの経時的な透過量変化

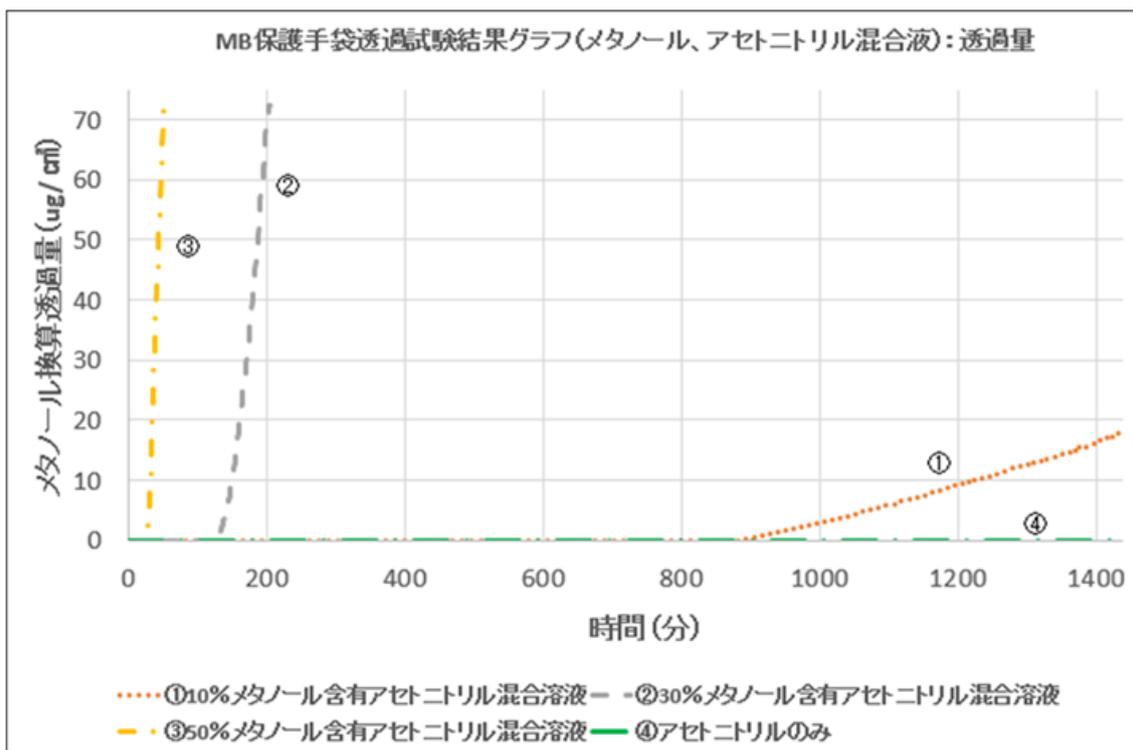


図 3-6-6 メタノールとアセトニトリル混合液の経時的な透過量変化

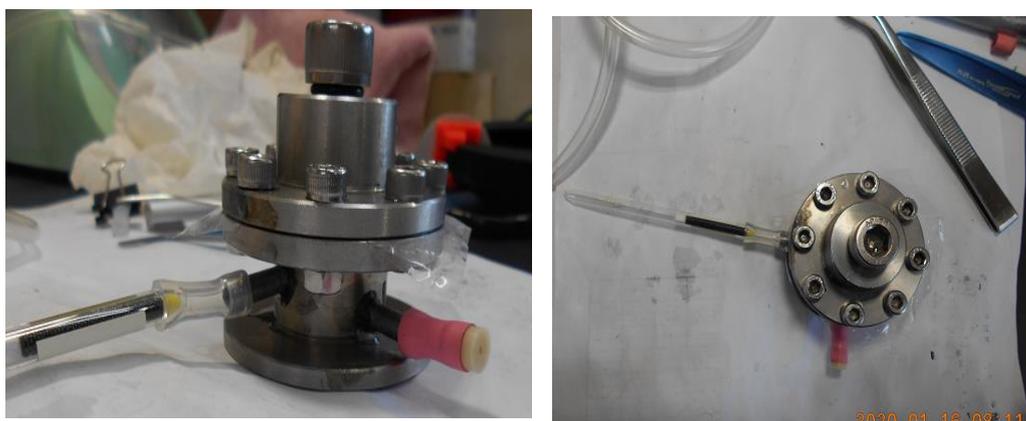


図 3-7-1 使用した簡易透過試験装置 (直径 55 mm、高さ 45 mm)

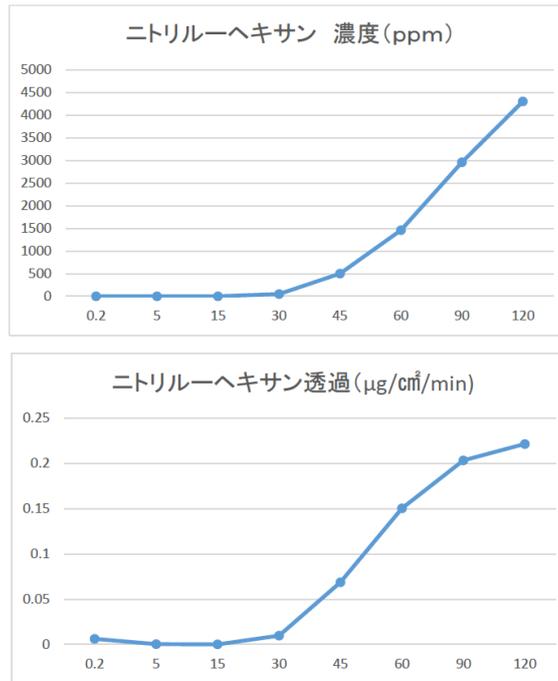


図 3-7-2 ニトリル手袋の経過時間に対する n-ヘキサン濃度と透過濃度の関係

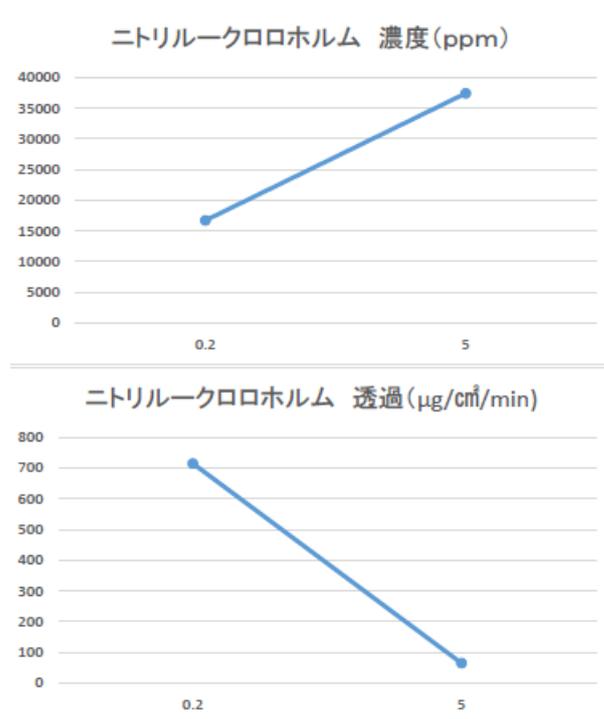


図 3-7-3 ニトリル手袋の経過時間に対するクロロホルム濃度と透過濃度の関係

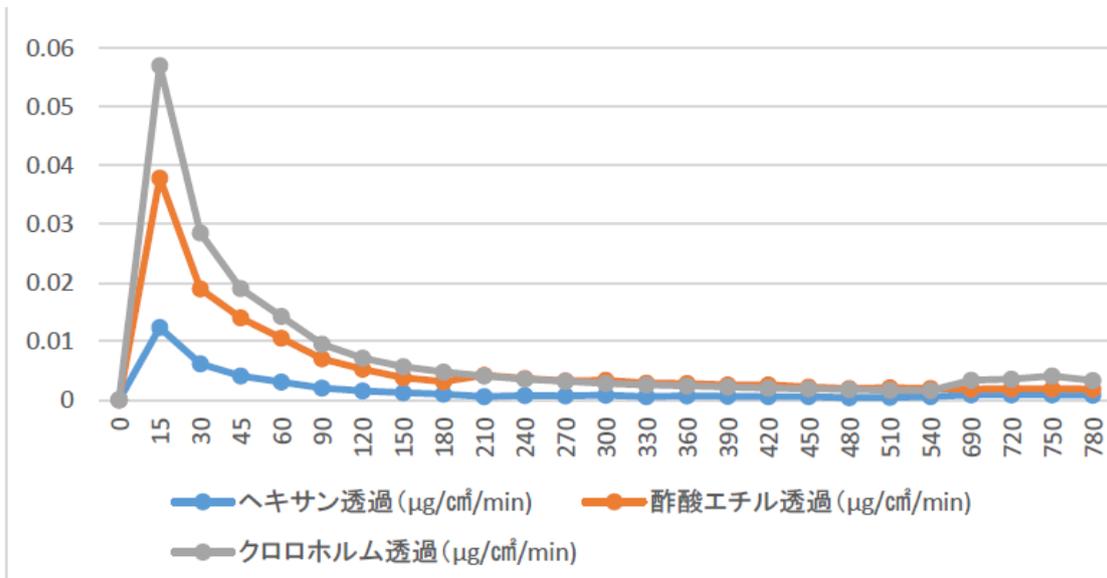


図 3-7-4 3 種類の有機溶剤混合におけるガード MB (EVOH 手袋) の透過時間に対する透過濃度の関係

表 1-1-1 GC の分析条件

機器	GC-FID (Agilent Technologies製)
カラム	DB-WAX 30 m×0.32 mm, 0.50 μm
カラム温度	40°C (1min) - 10°C/min - 80°C
注入方法	スプリットレス
注入口温度 (°C)	180
検出器温度 (°C)	200
注入量 (μL)	1
トータルガス流量 (mL/min)	He 40.0
脱着溶媒 (mL)	CS <sub>2</sub> 2

表 1-1-2 添加回収率の測定結果

トルエン濃度 (μg/mL)	脱着溶媒 (2 mL)	回収率 (%) (n = 5)		RSD (%)
		Mean	SD	
12.9	CS <sub>2</sub>	101.6	7.4	7.3
64.7		100.5	3.5	3.5
129.4		93.9	6.6	7.0
258.8		95.8	4.3	4.5

表 1-1-3 サンプラー捕集後の保存安定性

保存温度 (°C)	経過日数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	平均残存率 (%)	100.0	101.0	95.4	94.2	97.3	-	-	-	92.6	92.3
	標準偏差		5.59	7.63	2.90	6.24	-	-	-	3.20	4.16
4	平均残存率 (%)	100.0	103.8	97.4	-	-	-	101.6	100.4	101.4	98.4
	標準偏差		7.40	7.65	-	-	-	5.42	8.79	5.24	4.37

表 1-1-4 使用機器一覧表

種類	使用機器名
温湿度・流量制御装置	微小流量用温湿度制御装置 (KTC-Z02A-S) コトヒラ工業株式会社
ガス発生装置	校正用ガス調製装置 パーミエーター (PD-1B) ガステック株式会社
空調機	精密空調・局所空調 (PAU-800S) 株式会社アピステ

表 1-1-5 試験対象手袋一覧表

No	素材	トルエン 透過時間	厚さ(mm) 平均 (範囲)	重さ (g/m <sup>2</sup> )	サイズ	長さ (cm)
1	ニトリル(薄手)	不明	0.10 (0.10-0.12)	81.7	L	30
2	ポリエチレン(薄手)	不明	0.02 (0.02-0.02)	8.8	フリー	24
3	ポリウレタン (厚手)	不明	0.90 (0.78-1.10)	136.7	L	26
4	ポリウレタン (薄手)	不明	0.20 (0.15-0.30)	19.9	L	30
5	EVOH+PE	480分以上	0.09 (0.09-0.09)	9.3	—	41
6	EVOH+ナイロン	480分以上	0.06 (0.06-0.06)	16.3	L	41
7	EVOH+PE (5層)	480分以上	0.10 (0.09-0.10)	10.9	L	24

表 1-1-6 サンプラーのサンプリング時間と捕集されたトルエン量の内外比

No.	製品名	経過時間(分)	内外比(%) <sup>9</sup> <sup>1)</sup>			SD(%) <sup>2)</sup>	AM(%) <sup>3)</sup>	RSD(%) <sup>4)</sup>
1	ニトリル(薄手)	240	10.3	8.1	12.0	1.6	10.2	15.7
		480	14.0	14.6	15.3	0.5	14.6	3.7
2	ポリエチレン(薄手)	240	57.6	54.0	60.2	2.5	57.3	4.4
		480	69.2	73.5	75.6	2.7	72.8	3.7
3	ウレタン(厚手)	480	6.0	5.6	8.9	1.5	6.8	21.2
		1440	38.6	22.6	11.1	11.3	24.1	46.8
4	ウレタン(薄手)	480	21.3	45.7	30.5	10.1	32.5	30.9
		1440	67.3	79.3	68.8	5.4	71.8	7.5
5	EVOH+PE	480	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.0	0.1未満	0.0
		1440	0.1	4.9	0.1未満	2.3	1.7	137.9
6	EVOH+ナイロン	480	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.0	0.1未満	0.0
		1440	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.0	0.1未満	0.0
7	EVOH+PE (5層)	480	0.1未満	0.1未満	0.1未満	0.0	0.1未満	0.0
		1440	2.6	2.8	4.0	0.6	3.1	19.4

1) 内外比: 内側量/外側量 2)SD: 標準偏差 3)AM:算術平均 4)RSD: 相対標準偏差

表 1-2-1 測定位置記録票

## 担当者記録票

測定年月日: (            ) 年 (    ) 月 (    ) 日

サンプル番号 (            )

使用手袋名 (            )      製造元 (            )

手の甲へのサンプラー貼り付け位置を記載してください。

サンプラー-A (白色) の貼り付け位置は → ①

サンプラー-B (肌色) の貼り付け位置は → ②

として記号で書いて下さい。

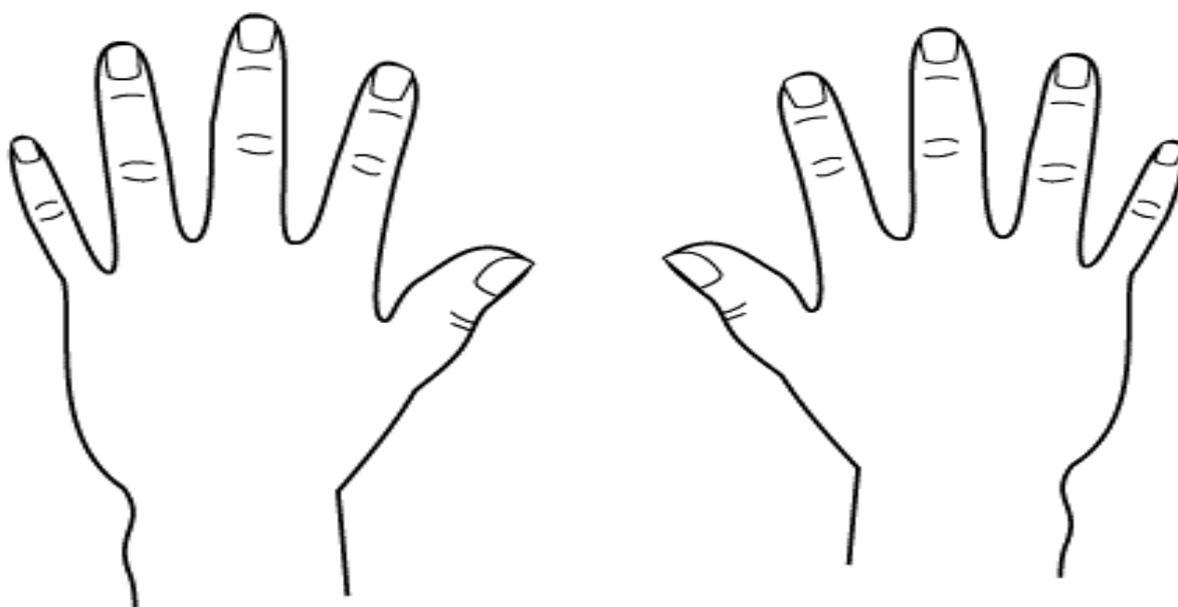




表 1-2-3 GC の分析条件

項目	測定条件
分析機器名	GC-6890 (Agilent Technologies)
カラム名	DB-WAX 30 m×0.32 mm, 0.5 μm
カラム温度条件	40 °C (3 min) - 10 °C/min - 200 °C
検出器	FID
検出器温度	200 °C
注入口温度	180 °C
注入方法	スプリットレス
試料液導入量	1 μL
キャリアーガス	He 40.0 mL/min
脱着溶媒	二硫化炭素 2 mL

表 1-2-4 測定結果一覧

氏名	月	日	使用時間	手袋 各物質の透過率(内側/外側×100)%				手袋 各物質の透過率(内側/外側×100)%				手袋 各物質の透過率(内側/外側×100)%												
				AM	PM	アセトン	a	b	c	MIBK	アセトン	a	b	c	MIBK	アセトン	a	b	c	MIBK				
A	11	12	180	AM	PM																			
				180	AM																			
				180	PM																			
				240	AM	右	0.6																	
				180	PM																			
<b>平均値</b>						<b>0.6</b>				<b>1.5</b>								<b>1.0</b>			<b>2.4</b>			
B	11	12	180	AM	PM																			
				240	AM	右	8.2																	
				180	PM																			
				240	AM	左	3.8																	
				180	PM																			
<b>平均値</b>						<b>4.6</b>				<b>3.2</b>								<b>3.9</b>			<b>3.3</b>			
C	11	12	180	AM	PM																			
				300	AM	右	4.5																	
				180	PM																			
				180	AM	左	9.1																	
				180	PM																			
<b>平均値</b>						<b>6.0</b>				<b>3.7</b>								<b>4.9</b>			<b>2.6</b>			
D	11	12	180	AM	PM																			
				300	AM	右	1.0																	
				180	PM																			
				180	AM	左	9.7																	
				180	PM																			
<b>平均値</b>						<b>3.3</b>				<b>2.1</b>								<b>2.7</b>			<b>0.6</b>			
E	11	18	180	AM	PM																			
				300	AM	右	5.2																	
				180	PM																			
				180	AM	左	0.1																	
				180	PM																			
<b>平均値</b>						<b>1.4</b>				<b>1.1</b>								<b>2.4</b>			<b>2.5</b>			
F	11	18	180	AM	PM																			
				230	AM																			
				110	PM	右	8.8																	
				150	AM	左	1.3																	
				180	PM																			
<b>平均値</b>						<b>2.9</b>				<b>4.6</b>								<b>3.8</b>			<b>1.0</b>			

氏名	月	日	測定時間	各物質の透過率(内側/外側×100)%			手袋	各物質の透過率(内側/外側×100)%			手袋	各物質の透過率(内側/外側×100)%		
				アセトン				アセトン				アセトン		
				a	b	c		a	b	c		a	b	c
G	11		240	0.1	0.1	0.1	左	0.1	0.1	0.1	左右平均	0.1	0.1	0.1
			180	0.1	0.1	0.1		0.1	0.1	0.1				
			300	1.4	0.1	2.7		3.7	0.1	0.6		2.5	0.1	0.6
			180	0.1	0.1	0.1		0.1	0.1	0.1		0.1	0.1	0.1
			平均値	0.4	0.1	0.8		1.0	0.1	0.2		0.7	0.1	0.2
H	11		240	5.1	0.1	3.0	左	0.5	0.2	0.1	左右平均	2.8	0.1	1.6
			180	2.9	0.2	0.2		1.5	2.2	1.2		2.2	1.2	
			300	0.3	0.3	0.2		0.8	0.1	0.1		0.6	0.2	0.1
			180	3.7	2.1	0.2		5.3	0.4	0.2		4.5	1.3	0.1
			平均値	3.0	0.7	1.6		2.0	0.7	0.1		2.5	0.7	0.8
I	12		180				左				左右平均			
			180											
			270	9.4	6.4	9.6		9.3	6.4	9.6		9.3	6.2	9.6
			180	6.4	1.6	1.6		6.1	1.6	1.6		6.2	1.6	1.6
			270											
平均値	7.9	5.7	4.2	7.7	4.2	4.2	7.8	4.0	4.1					
J	12		240	0.1	0.1		左	0.1	0.1		左右平均	0.1	0.1	
			180	1.3	0.6			1.2	0.2			1.3	0.4	
			300	0.6	0.6	4.2		0.9	0.8	1.7		0.7	0.7	3.0
			180	9.8	1.9			18.2	0.5			14.0	1.2	
			300	0.1	0.3			0.2	0.2	0.1		0.1	0.1	0.1
平均値	2.4	0.7	2.3	4.1	0.4	0.9	3.2	0.6	1.5					
K	12		240				左				左右平均			
			180											
			300	4.1	0.2	0.3		4.6	0.4	0.3		4.3	0.3	0.3
			180	8.8	0.1	0.5		6.9	0.3	0.4		7.9	0.2	0.5
			平均値	6.5	0.2	0.8		5.7	0.3	0.4		6.1	0.3	0.6
L	12		240	4.4	0.4	0.3	左	10.0	1.7	0.2	左右平均	7.2	1.0	0.3
			180	4.6	0.7			3.3	0.2			4.0	0.5	
			300	2.0	0.5	0.3		0.2	1.1	0.1		1.1	0.8	0.2
			180	4.9	0.8			2.0	0.3			3.5	0.5	
			240	0.2	0.2	0.2		0.1	0.1	0.1		0.6	0.1	0.2
平均値	3.2	0.5	0.3	3.3	0.6	0.1	3.3	0.5	0.2					

表 1-3-1 作業時間 60 分間におけるニトリル手袋内側への  
クロロホルムの透過量の測定

測定日-実験者	作業内容、使用状況等	クロロホルム	
		透過量 (mg/パッド)	単位面積・時間 当たりの透過量 ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ )
1-1	分液、洗浄、カラムクロマト (10分)	1.4	6.30
1-2	洗浄、反応準備、カラム (10分)	0.01	0.05
2-1	器具洗浄 30分、再結晶 30分	0.09	0.41
2-2	カラム	0.09	0.41
3-1	分液操作	0.19	0.86
3-2	カラム、洗い物	0.08	0.36
4-1	分液操作中手袋外側から溶媒がかかった	5.6	25.90
4-2	シリカルゲルカラム、分液	2.1	9.48
5-1	分液	0.06	0.27
5-2	カラム	0.20	0.90
6-1	分液	3.5	15.80
6-2	カラム (展開液クロロホルム使用)	0.31	1.40
7-1	分液	0.23	1.04
7-2	使用容器の洗浄	1.6	7.23
8-1	分液	0.03	0.27
8-2	反応の仕込みと、使用した器具洗浄	0.02	0.11

表 2-1-1 重量法測定結果と透過率の変換式

時間/素材	重量(g)	ニトリル			透過率
時間(分)	17.9210	溶媒重量	残存率	透過量(g)	$\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$
0	21.5140	3.593	100.00%	0.0000	
5	21.3030	3.382	94.13%	0.2110	191.8
10	21.0265	3.106	86.43%	0.4875	221.6
20	20.4480	2.527	70.33%	1.0660	242.3
30	19.6861	1.765	49.13%	1.8279	277.0

透過率を求める  
ことができる。

最初の溶媒量  
30分で手袋を  
透過した溶媒量

$$\text{透過率}(\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}) = \frac{\text{透過重量}(\mu\text{g})}{\text{表面積}(\text{cm}^2) \times \text{時間}(\text{min})}$$

$$\frac{1.8279 \times 1,000,000 (\mu\text{g})}{220 \times 30}$$

手袋の表面積: 220 cm<sup>2</sup>

n

表 2-1-2 ガス検知器法による測定結果

時間/素材	天然ゴム			透過率
(分)	PID検出量 (mg/m <sup>3</sup> )	透過重量 (μg)	μg/cm <sup>2</sup>	μg/cm <sup>2</sup> /min
0	10			
5	155.1	27.9	0.7	0.15
10	371.1	66.8	1.7	0.17
20	924.3	166.4	4.3	0.22
30	1355	243.9	6.3	0.21

透過率を求める  
ことができる。

\*カップ内の容積: 180ml

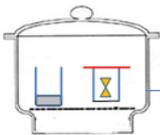
30分で手袋を透過した溶媒量

$$\text{透過率}(\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}) = \frac{\text{透過重量}(\mu\text{g})}{\text{表面積}(\text{cm}^2) \times \text{時間}(\text{min})}$$

$$\frac{243.9}{38 \times 30}$$

表 2-1-3 簡易測定法で得られた透過率

重量法とPID法を併せて表示

↓ 手袋の材質      溶媒

時間/方法	アセトン		ヘキサン		エタノール		DMAC	
	透過率 (重量法)	透過率 (PID)	透過率 (重量法)	透過率 (PID)	透過率 (重量法)	透過率 (PID)	透過率 (重量法)	透過率 (PID)
5	191.8	0.05	8.5	3.27	0.91	0.07	-4.9	0.00
10	221.6	0.12	5.7	3.10	-0.4	0.06	-4.3	0.00
20	242.3	0.23	3.9	3.48	0.2	0.05	-3.0	0.00
30	277.0	0.30	4.7		3.0	0.05	-2.5	0.003

時間/方法	アセトン		ヘキサン		エタノール		DMAC	
	透過率 (重量法)	透過率 (PID)	透過率 (重量法)	透過率 (PID)	透過率 (重量法)	透過率 (PID)	透過率 (重量法)	透過率 (PID)
5	57.2	0.15	7.2	0.04	3.3	0.05	-2.8	0.01
10	93.2	0.17	5.2	0.56	0.7	0.04	-2.2	0.01
20	132.0	0.22	3.1	1.37	-0.1	0.04	-2.8	0.01
30	160.2	0.21	2.8	1.77	1.7	0.04	-2.8	0.004

時間/方法	アセトン		ヘキサン		エタノール		DMAC	
	透過率 (重量法)	透過率 (PID)	透過率 (重量法)	透過率 (PID)	透過率 (重量法)	透過率 (PID)	透過率 (重量法)	透過率 (PID)
5	28.0	0.09	177.9	1.17	2.5	0.07	0.2	0.01
10	20.9	0.08	192.3	0.99	2.1	0.06	0.2	0.01
20	20.6	0.06	185.4	1.04	1.7	0.06	0.5	0.02
30	19.3	0.07	182.1	1.02	1.6	0.06	0.4	0.02

\*透過率クラスをセルに色表示      透過率クラス: 重量法 < PID      赤字: 重量増加

透過率クラス	
E	非常に良い
VG	とても良い
G	良い
F	普通
P	悪い
NR	勧められない

114

表 2-1-4 透過率の指標 (透過率クラス)

Ansell 耐薬品ガイドより

クラス		透過率	1時間当たりの透過する化学物質の量*
E	非常に良い	0.9 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ 未満	1-1/2滴
VG	とても良い	9 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ 未満	1-5滴
G	良い	90 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ 未満	6-50滴
F	普通	900 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ 未満	51-500滴
P	悪い	9,000 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ 未満	501-5,000滴
NR	勧められない	9,000 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ 以上	5,000滴以上

表 2-2-1 薄手グローブ内側の濃度 (1枚および2枚重ね)

手袋の組合せ# (最初の5種のみ組合せなし)	クロロホルム (ppm)	ジクロロメタン (ppm)	手袋の組合せ	クロロホルム (ppm)	ジクロロメタン (ppm)
LT	400<	500<	CP(u)-LT(o)	128±115	500<
NT	400<	500<	CP(u)-NT(o)	28±13	500<
CP	400<	500<	CP(u)-CP(o)	126±25	500<
PE	400<	190±36	CP(u)-PE(o)	51±43	94±15
PP	400<	363±118	CP(u)-PP(o)	300<	500<
LT(u)-LT(o)	400<	500<	PE(u)-LT(o)	400<	500<
LT(u)-NT(o)	400<	500<	PE(u)-NT(o)	400<	50< 0<
LT(u)-CP(o)	400<	500<	PE(u)-CP(o)	400<	500<
LT(u)-PE(o)	300<	400<	PE(u)-PE(o)	336±97	500<
LT(u)-PP(o)	400<	500<	PE(u)-PP(o)	400<	500<
NT(u)-LT(o)	17±12	500<	PP(u)-LT(o)	400<	500<
NT(u)-NT(o)	17±10	41±12	PP(u)-NT(o)	400<	500<
NT(u)-CP(o)	45±31	150±87	PP(u)-CP(o)	400<	500<
NT(u)-PE(o)	2.3±1.6	17±6.4	PP(u)-PE(o)	400<	500<
NT(u)-PP(o)	400<	150±121	PP(u)-PP(o)	400<	500<

#LT:ラテックス, NT:ニトリル, CP:クロロプレン, PE:ポリエチレン, PP:ポリプロピレン  
(u): under; 内側(直接手に触れる側), (o): over; 外側(手に触れない側)

表 2-4-1 等級表

表1 耐劣化性等級

耐劣化性等級	内容	重量の百分率変化
E	使用可能	0～10%
G	十分使用可能	11～20%
F	条件により使用可能	21～30%
P	薬品の飛沫がかかる程度であれば使用可	31～50%
NR	推奨しない	51%以上

ショーワグローブChemRest webサイトから引用  
[https://www.chemrest.com/ja\\_region/ja/](https://www.chemrest.com/ja_region/ja/)

表 2-4-2 手袋切片の重量変化

表2 各手袋切片にオルトトルイジンを付着させる前後の重量とその変化率

a) 20分間試薬を付着させたときの結果

素材	付着前重量* (mg)	付着後重量 (mg)	重量の変化率 (%)	評価#
ニトリル Ancell Microflex Supreno	40.3 ± 4.0	67.9 ± 9.4	+68.5	NR
ラテックス Ancell Microflex Diamond Grip Plus	42.0 ± 2.6	43.7 ± 2.7	+4.0	E
ポリエチレン As one サニメント手袋 エンボスタイプ	9.5 ± 0.3	9.6 ± 0.3	+1.1	E

b) 120分間試薬を付着させたときの結果

素材	付着前 (mg)	付着後 (mg)	重量の変化率 (%)	評価
ニトリル Ancell Microflex Supreno	42.1 ± 3.5	59.2 ± 5.0	+40.6	P
ラテックス Ancell Microflex Diamond Grip Plus	37.1 ± 1.6	37.9 ± 1.8	+2.2	E
ポリエチレン As one サニメント手袋 エンボスタイプ	10.0 ± 0.4	10.1 ± 0.4	+1.0	E

\*重量は平均値±標準偏差  
 #ショーワグローブの等級表による

表 3-1-1 評価試験の結果

試験 No	手袋の種類	テストセル (回路)	対象物質	基準透過値到達時間		総合評価
				0.1 µg/cm <sup>2</sup> /分	1.0 µg/cm <sup>2</sup> /分	
F-1	(f) ブチルゴム手袋	指サック装着瓶 (循環系)	アセトン	7時間2分	到達せず	◎
F-2	(d) ポリウレタンゴム手袋	↑	↑	2.5分	3.5分	×
F-3	(e) ニトリルゴム手袋	↑	↑	0.7分	1.8分	×
F-4	(f) 塩化ビニルゴム手袋	↑	↑	0分	8.3分	×
F-5	(a) 使い捨てニトリル手袋	↑	↑	2.2分	3.0分	×
F-6	(c) 使い捨てPE手袋	↑	↑	0分	2.7分	×
FO-1	(e) ニトリルゴム手袋	指サック装着瓶 (開放系)	アセトン	0.5分	1.2分	×
A2-1	【内】使い捨てPE手袋 【外】ニトリルゴム手袋	テストセル【A】 (循環系)	アセトン	到達せず	到達せず	◎
A2-2	【内】使い捨てPE手袋 【外】使い捨てPE手袋	↑	↑	2.3分	到達せず	× 透過量少
AO-1	(1) 厚手天然ゴムラテックス手袋	テストセル【B】 (開放系)	アクリル 酸メチル	13.5分	19.2分	○
AO-2	同上 (再利用品)	↑	↑	13.0分	18.2分	再利用○
AO-3	(j) クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋	↑	↑	9.7分	13.2分	○
AO-4	同上 (再利用品)	↑	↑	11.3分	15.5分	再利用○

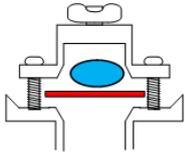
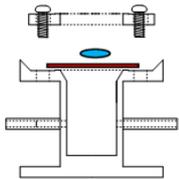
表 3-2-1 現場テストの測定条件 (試験条件)

	試験条件	(参考) J I S
温度	実測のみ (好ましくは 23°C ± 10°C)	23°C ± 3°C
湿度	実測のみ	特定条件無し
捕集媒体速度	400ml/min	特定条件無し
捕集媒体	空気	乾燥空気、乾燥した不燃性不活性ガス、又は試験化学物質の検出を妨げない気体
検出器	【Cub】 光イオン化検出器 (PID) センサー式ガス検知器 (製品名) C u b	
目視検査	変色、剥離、膨潤、脆化、破れ等の変化が見られた場合は記録する	同左

表 3-2-2 現場テストの測定条件 (破過時間の判定)

	判定条件	(参考) J I S
破過時間	毎分 $0.1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$	毎分 $0.1 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ 又は 毎分 $1.0 \mu\text{g}/\text{cm}^2$

表 3-2-3 現場テストの測定条件 (化学物質の注入方法)

試験の種類	概要図	化学物質投入量
A O (開放形)		2.5ml を投入する (説明) 液への浸漬又は多量付着時を想定したテスト
B O (開放形)		1 滴 (約 0.05mL) を滴下する。 (説明) 跳ねた液が手袋に付着した状態を想定したテスト

シート状の試験片は、手袋を円形状 ( $\phi 35\text{mm}$ ) にカットしたものを用いる

表 3-2-4 試験対象手袋

No	手袋 <メーカー>	材質	メーカー
手袋 j	天然ゴム・クロロプレンゴム手袋B 「ChemiPro <sup>®</sup> 87 224」 Ansell	天然ゴム・クロロ プレンゴム	
手袋 l	厚手天然ゴムラテックス手袋 「Extra87 950」 Ansell	天然ゴムラテッ クス	
手袋 f	ブチルゴム手袋 「BUTYL」 <クレイトン株式会社>	ブチルゴム	
手袋 n	耐溶剤ニトリルゴム手袋 「ダイローブ YN 5011」 <ダイヤゴム株式会社>	ニトリルゴム	

表 3-2-5 実施した試験の種類

試験No	試験物質	手袋の種類
AO-21	アクリル酸 (1.5 mL~2.5 mL)	(j)クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B
AO-22	↑	(l)厚手天然ゴムラテックス手袋
AO-23	↑	(f)ブチルゴム手袋
AO-24	↑	↑ (同上)
AO-38	↑	(n)耐溶剤ニトリルゴム手袋
AO-3	アクリル酸メチル 2.5 mL	(j)クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B
AO-1	↑	(l)厚手天然ゴムラテックス手袋
AO-7	↑	(f)ブチルゴム手袋
AO-36	↑	(n)耐溶剤ニトリルゴム手袋
AO-37	↑	↑ (同上)
AO-8	メタクリル酸メチル 2.5 mL	(j)クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B
AO-9	↑	(l)厚手天然ゴムラテックス手袋
AO-10	↑	(f)ブチルゴム手袋
AO-33	↑	(n)耐溶剤ニトリルゴム手袋
【共通の条件】		
装置の種類:【装置AO】(開放系) 透過セルタイプ:【セルA】 想定 付着量:多量(浸漬)		

表 3-2-6 試験対象手袋

No	手袋 <メーカー>	材質	メーカー
手袋 j	天然ゴム・クロロプレンゴム手袋B 「ChemiPro®87 224」 Ansell	天然ゴム・クロロ プレンゴム	
手袋 l	厚手天然ゴムラテックス手袋 「Extra87 950」 Ansell	天然ゴムラテッ クス	
手袋 f	ブチルゴム手袋 「BUTYL」 <クレイトン株式会社>	ブチルゴム	

表 3-2-7 実施した試験の種類

試験No	試験物質	手袋の種類
B0-2	アクリル酸メチル 1滴 (約0.05mL)	(j) クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B
B0-3	↑	(l) 厚手天然ゴムラテックス手袋
B0-4	↑	↑ (同上)
B0-7	メタクリル酸メチル 1滴 (約0.05mL)	(j) クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B
B0-6	↑	(l) 厚手天然ゴムラテックス手袋
B0-8	↑	(f) ブチルゴム手袋
【共通の条件】		
装置の種類: 【装置B0】 (開放系) 透過セルタイプ: 【セルB】 液量: 少量 (1滴 (約0.05mL))		

表 3-2-8 実施した試験の種類

試験No	試験物質	手袋の種類	測定日
AO-3 (比較用)	アクリル酸メチル 2.0~2.3ml	①)クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B	'19/4/3
AO-4	↑	同上(2回目再利用品)	'19/4/12
AO-5	↑	同上(3回目再利用品)	'19/8/1
AO-1 (比較用)	↑	①)厚手天然ゴムラテックス手袋	'19/3/29
AO-2	↑	同上(2回目再利用品)	'19/4/11
AO-6	↑	同上(3回目再利用品)	'19/8/1
【共通の条件】			
装置の種類:【装置AO】(開放系) 透過セルタイプ:【セルA】 想定付着量:多量(浸漬)			

表 3-2-9 試験対象手袋

No	手袋 <メーカー>	材質	メーカー
手袋 j	天然ゴム・クロロプレンゴム手袋B 「ChemiPro®87-224」 Ansell	天然ゴム・クロロ プレンゴム	
手袋 l	厚手天然ゴムラテックス手袋 「Extra87-950」 Ansell	天然ゴムラテッ クス	
手袋 f	ブチルゴム手袋 「BUTYL」 <クレイトン株式会社>	ブチルゴム	

表 3-2-10 実施した試験の種類

試験No	試験物質	手袋の種類
AO-21 (比較用)	アクリル酸 2.5ml	①クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋② (新品)
AO-17	↑	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)
AO-22 (比較用)	↑	①厚手天然ゴムラテックス手袋 (新品)
AO-19	↑	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)
AO-23 (比較用)	↑	②ブチルゴム手袋 (新品)
AO-26 (比較用)	↑	②ブチルゴム手袋 (新品 再測定)
AO-20	↑	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)
AO-3 (比較用)	アクリル酸メチル 2.5mL	①クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋② (新品)
AO-24	↑	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)
AO-1 (比較用)	↑	①厚手天然ゴムラテックス手袋 (新品)
AO-25	↑	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)
AO-7 (比較用)	↑	②ブチルゴム手袋 (新品)
AO-14	↑	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)
AO-8 (比較用)	メタクリル酸メチル 2.5mL	①クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋② (新品)
AO-15	↑	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)
AO-9 (比較用)	↑	①厚手天然ゴムラテックス手袋 (新品)
AO-16	↑	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)
AO-10 (比較用)	↑	②ブチルゴム手袋 (新品)
AO-18	↑	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)
【共通の条件】 装置の種類:【装置AO】(開放系) 透過セルタイプ:【セルA】 想定 付着量:多量(浸漬)		

表 3-2-11 実施した試験の種

試験No	装置種類	透過セルタイプ	想定 付着量	試験物質	素材
AO-27	【装置AO】(開放系)	【セルA】	多量	アクリル酸 2.5ml	アルミ蒸着PETシート
AO-29	↑	↑	↑	↑	↑
AO-30	↑	↑	↑	アクリル酸メチル 2.5mL	↑
AO-35	↑	↑	↑	メタクリル酸メチル 2.5mL	↑

表 3-2-12 基準透過値到達時間

試験No	手袋の種類	対象物質	基準透過値到達時間		総合評価 (○:30分以上) (□:10分以上) (△:5分以上) (×:5分未満)
			0.1 μg/cm <sup>2</sup> /分	1.0 μg/cm <sup>2</sup> /分	
AO-21	①)クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B	AA	47' 00"	68' 20"	○
AO-22	①)厚手天然ゴムラテックス手袋	AA	38' 30"	76' 20"	○
AO-23	②)ブチルゴム手袋	AA	18' 30"	到達せず	□~○
AO-26	↑(同上)	AA	90' 00"	91' 50"	
AO-38	(n)耐溶剤ニトリルゴム手袋	AA	12' 30"	55' 50"	□
AO-3	①)クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B	AM	9' 40"	13' 10"	△
AO-1	①)厚手天然ゴムラテックス手袋	AM	13' 30"	19' 10"	□
AO-7	②)ブチルゴム手袋	AM	75' 50"	到達せず	○
AO-36	(n)耐溶剤ニトリルゴム手袋	AM	11' 30"	12' 20"	□
AO-37	↑(同上)	AM	10'50"	11' 30"	
AO-8	①)クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B	MMA	6' 10"	7' 10"	△
AO-9	①)厚手天然ゴムラテックス手袋	MMA	8' 40"	9' 30"	△
AO-10	②)ブチルゴム手袋	MMA	42' 30"	45' 10"	○
AO-33	(n)耐溶剤ニトリルゴム手袋	MMA	17'50"	18' 50"	□

表 3-2-13 基準透過値到達時間

試験No	手袋の種類	対象物質	基準透過値到達時間		総合評価
			0.1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{分}$	1.0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{分}$	
BO-2	(j)クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B	AM	到達せず	到達せず	◎
BO-3	(l)厚手天然ゴムラテックス手袋	AM	到達せず	到達せず	◎
BO-7	(j)クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B	MMA	10'40"	18'30"	□
BO-6	(l)厚手天然ゴムラテックス手袋	MMA	13'20"	20'20"	□
BO-8	(f)ブチルゴム手袋	MMA	到達せず	到達せず	◎

表 3-2-14 基準透過値到達時間

試験No	試験物質	手袋の種類	測定日
AO-3 (比較用)	アクリル酸メチル 2.0~2.3ml	(j)クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B	'19/4/3
AO-4	↑	同上(2回目再利用品)	'19/4/12
AO-5	↑	同上(3回目再利用品)	'19/8/1
AO-1 (比較用)	↑	(l)厚手天然ゴムラテックス手袋	'19/3/29
AO-2	↑	同上(2回目再利用品)	'19/4/11
AO-6	↑	同上(3回目再利用品)	'19/8/1
【共通の条件】			
装置の種類:【装置AO】(開放系) 透過セルタイプ:【セルA】 想定付着量:多量(浸漬)			

表 3-2-15 基準透過値到達時間

試験No	手袋の種類	対象物質	基準透過値到達時間		総合評価 (○:30分以上) (□:10分以上) (△:5分以上) (×:5分未満)
			0.1 μg/cm <sup>2</sup> /分	1.0 μg/cm <sup>2</sup> /分	
AO-21 (比較用)	①クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B (新品)	AA	47' 00"	68' 20"	○
AO-17	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)	↑	54' 0"	75' 00"	○
AO-22 (比較用)	①厚手天然ゴムラテックス手袋 (新品)	↑	38' 30"	76' 20"	○
AO-19	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)	↑	65' 50"	95' 00"	○
AO-26 (比較用)	①ブチルゴム手袋 (新品)	↑	90' 00"	91' 50"	○
AO-20	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)	↑	(13' 00")	到達せず	(□)測定値異常
AO-3 (比較用)	①クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B (新品)	AM	9' 40"	13' 10"	△
AO-24	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)	↑	8' 30"	11' 50"	△
AO-1 (比較用)	①厚手天然ゴムラテックス手袋 (新品)	↑	13' 30"	19' 10"	□
AO-25	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)	↑	9' 00"	12' 40"	△
AO-7 (比較用)	①ブチルゴム手袋 (新品)	↑	75' 50"	到達せず	○
AO-14	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)	↑	344' 10"	到達せず	○
AO-8 (比較用)	①クロロプレンゴムコート天然ゴム手袋B (新品)	MMA	6' 10"	7' 10"	△
AO-15	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)	↑	12' 10"	13' 30"	□
AO-9 (比較用)	①厚手天然ゴムラテックス手袋 (新品)	↑	8' 40"	9' 30"	△
AO-28	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)	↑	9' 50"	11' 10"	△
AO-10 (比較用)	①ブチルゴム手袋 (新品)	↑	42' 30"	45' 10"	○
AO-18	同上 (1ヶ月浸漬後乾燥したもの)	↑	12' 50"	117' 50"	□

表 3-2-16 基準透過値到達時間

試験No	手袋の種類	対象物質	基準透過値到達時間		総合評価 (○:30分以上) (□:10分以上) (△:5分以上) (×:5分未満)
			0.1 μg/cm <sup>2</sup> /分	10 μg/cm <sup>2</sup> /分	
AO-27	アルミ蒸着シート	AA	38' 00"	到達せず	○
AO-29	↑	↑	652' 10"	到達せず	○
AO-30	↑	AM	到達せず	到達せず	○
AO-35	↑	MMA	到達せず	到達せず	○

表 3-3-1 保護具の耐透過性、対浸透性の情報

JIS T 8116 (ASTEM F739)	JIS:透過が 0.1μg/cm <sup>2</sup> /min 以上であれば破過としている。試験方法もあり <a href="http://kikakurui.com/t8/T8116-2005-01.html">http://kikakurui.com/t8/T8116-2005-01.html</a>
メ - カ - 取 説	例えば、 シゲマツ： <a href="http://www.sts-japan.com/news/2017/170201.html">http://www.sts-japan.com/news/2017/170201.html</a> アンセル： <a href="https://www.n-genetics.com/products/1017/1024/11031.pdf">https://www.n-genetics.com/products/1017/1024/11031.pdf</a> アンセル： <a href="https://azearth.co.jp/business/protect/chemical/pdf/ansell_glove.pdf">https://azearth.co.jp/business/protect/chemical/pdf/ansell_glove.pdf</a>
書籍	例えば、 Quick selection guide to chemical protective clothing <a href="https://leseprobe.buch.de/images-adb/ee/e7/eee79141-76d7-438f-90d7-5b857d95fb78.pdf">https://leseprobe.buch.de/images-adb/ee/e7/eee79141-76d7-438f-90d7-5b857d95fb78.pdf</a> 皮膚からの吸収・ばく露を防ぐ!-オルト-トルイジンばく露による膀胱がん発生から学ぶ <a href="https://www.gov-book.or.jp/book/detail.php?product_id=317060">https://www.gov-book.or.jp/book/detail.php?product_id=317060</a>
HP	保護具選定のためのケミカルインデックス (化学防護手袋研究会) <a href="https://chemicalglove.net/page-123/">https://chemicalglove.net/page-123/</a>

表 3-5-1 試験対象手袋

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 (使い捨て)		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

※MB、MH、MN はフィルム系 (田中茂先生開発品)

表 3-5-2 DMF に対する手袋の交換濃度目標値に達した時間

防護手袋名称	材質	透過総量0.1ug/cm <sup>2</sup> 超過時の時間 (分)
MB	PE-ナイロン-EVOH-PE	3 4 0
MH	PE-ナイロン-PET-PE	1 5 2
MN	PE-ナイロン-PE	2 4 8
<b>ニトリストNo882</b>	<b>ニトリルゴム</b>	<b>5</b>
<b>GL-6</b>	<b>ウレタン</b>	<b>2 9</b>
<b>GL-11</b>	<b>天然ゴム</b>	<b>2 3 2</b>
<b>GL-3000F</b>	<b>フッ素ゴム</b>	<b>3 6</b>

表 3-5-3 トルエンに対する手袋の交換濃度目標値に達した時間

防護手袋名称	材質	透過量0.1ug/cm <sup>3</sup> 超過時の時間 (分)
MB	PE-ナイロン-EVOH-PE	700以上
MH	PE-ナイロン-PET-PE	700以上
MN	PE-ナイロン-PE	700以上
ニトリストNo882	ニトリルゴム	2

表 3-5-4 1, 4-ジオキサンに対する手袋の交換濃度目標値に達した時間

防護手袋名称	材質	透過量0.1ug/cm <sup>3</sup> 超過時の時間 (分)
MB	PE-ナイロン-EVOH-PE	700以上
MH	PE-ナイロン-PET-PE	700以上
MN	PE-ナイロン-PE	700以上
ニトリストNo882	ニトリルゴム	2

表 4-1-1 アセトン、n-ヘキサン、ジメチルアセトアミド (DMAC) に対する各メーカーが公表されている透過時間

(田中茂、浅沼雄二作成 ケミカルインデックス 2019年版より)

<アセトン>

CAS番号	67-64-1	化学物質名	アセトン		
化学防護手袋の透過時間 (分)					
<Ansell製 2019年度>					
バリアー (PE-PA-PE)	>480	ニトリル	<10	ネオプレン	10
ポリビニルアルコール	143	ポリ塩化ビニル	<5	天然ゴム	10~30
ネオプレン/天然ゴム	<10	ブチルゴム	240~480	バイトン/ブチル	93
<North製 2013年度>					
シルバーシールド (PE-EVAL-PE)	>480	バイトン	0	ブチルゴム	>1020
ニトリルラテックス	5	天然ゴム	5		
<重松製作所 2018年度>					
フッ素ゴム	<10	天然ゴム	31~60	ウレタン	<10
<ダイヤゴム 2018年度>					
EVOH(PA-EVOH-PA)	>480	ブチルゴム	>480	フッ素ゴム	<1
<ショウワグローブ 2019年度>					
クロロプレン	>10	塩化ビニル	1~5		
<Micro Flex製 (薄手) 2019年度>					
ニトリル/ネオプレン	3	ニトリル	<10		

<n-ヘキサン>

CAS番号	110-54-3	化学物質名	n-ヘキサン		
化学防護手袋の透過時間 (分)					
<Ansell製 2019年度>					
バリアー (PE-PA-PE)	>480	ニトリル	>480	ネオプレン	42
ポリビニルアルコール	>360	ポリ塩化ビニル	<10	天然ゴム	<10
ネオプレン/天然ゴム	10~30	ブチルゴム	<10	バイトン/ブチル	>480
<North製 2013年度>					
シルバーシールド (PE-EVAL-PE)	>1440	バイトン	>660	ブチルゴム	
ニトリルラテックス		天然ゴム			
<重松製作所 2018年度>					
フッ素ゴム	>480	天然ゴム	10~30	ウレタン	>480
<ダイヤゴム 2018年度>					
EVOH(PA-EVOH-PA)	>480	ブチルゴム	<10	フッ素ゴム	>480
<ショウワグローブ 2019年度>					
クロロプレン	>480	塩化ビニル	>10		
<Micro Flex製 (薄手) 2019年度>					
ニトリル/ネオプレン	>480	ニトリル	>480		

<ジメチルアセトアミド (DMAC)>

CAS番号	127-19-5	化学物質名	ジメチルアセトアミド -N,N-(DMAC)		
化学防護手袋の透過時間 (分)					
< Ansell製 2019年度 >					
バリアー (PE-PA-PE)	>480	ニトリル	10~30	ネオプレン	<10
ポリビニルアルコール	<10	ポリ塩化ビニル	<10	天然ゴム	60~120
ネオプレン/天然ゴム	60~120	ブチルゴム	>480	バイトン/ブチル	>480
< North製 2013年度 >					
シルバーシールド (PE-EVAL-PE)	>240	バイトン		ブチルゴム	
ニトリルラテックス		天然ゴム			
< 重松製作所 2018年度 >					
フッ素ゴム		天然ゴム		ウレタン	
< ダイヤゴム 2018年度 >					
EVOH(PA-EVOH-PA)		ブチルゴム		フッ素ゴム	
< ショウワグローブ 2019年度 >					
クロロプレン	>10	塩化ビニル			
< Micro Flex製 (薄手) 2019年度 >					
ニトリル/ネオプレン	<10	ニトリル	<10		

## 表 5-1-1 使用したアンケート

2020年8月6日

### 化学防護手袋リモート講演会に関するアンケート

先日は、講演会にご参加いただきありがとうございます。ご多忙の折恐縮ですが、以下のアンケートへのご協力をお願いいたします。

1. 【お名前★】( )
2. 【メールアドレス★】( )
3. 【職種】(安全衛生担当者・それ以外)
4. 【職位】(管理職・それ以外)
5. 【講演会に参加した理由をお聞かせください】
  
6. 【今回の講演会の内容について、あてはまるものを選択し○を付けてください】  
・非常に良かった ・良かった ・普通 ・あまり良くなかった ・良くなかった
7. 【今回の講演会開催方法(リモート)について、あてはまるものを選択し○を付けてください】  
・非常に良かった ・良かった ・普通 ・あまり良くなかった ・良くなかった
8. 【現在、化学防護手袋使用に関してお悩みの点や、困りごとがあればお書きください】
  
9. 【化学防護手袋講演会で他に提起してほしいテーマがあればお書きください】
  
10. 【今後講演会を開催する場合、参加しやすい日程や時間帯があればお書きください】
  
11. 【その他、今回の講演会のご感想などがあればご自由にお書きください】

★ 無記入でも構いません。

アンケートへのご回答は、今後の講演会開催の参考とさせていただきます。  
ご協力いただき、ありがとうございました。

# 化学防護手袋リモート講演会 アンケートから見える 現状の報告

2020年11月11日

防衛医科大学校 岩澤聡子

化学防護手袋に関する講演会

# 実際の使用条件下における 化学防護手袋の透過性の調査

2020年8月4日

防衛医科大学校	講師	岩	澤	聡	子
産業医科大学	教授	宮	内	博	幸
十文字学園女子大学	名誉教授		田	中	茂

## 研究の背景及び目標

平成 29 年 1 月の通達「化学防護手袋の選択、使用等について」では、化学防護手袋の使用条件として透過性等に関するデータをもとに設定使用することを求めている。

化学防護手袋については、これまで**単体**の化学物質のデータや使用時間 **480 分までのデータ**は存在しているが、実際の使用条件に近い**複数日にわたって使用**した場合のデータや**溶液状態**でのデータ、**少量飛沫が接触**した場合のデータは示されていない。

このため、例えば、480 分まで透過性が保たれる素材の手袋を複数日にわたって使用した場合やオルトトルイジンや N,N-ジメチルホルムアミドといった経皮吸収により健康障害のおそれのある物質を**有機溶剤等に溶かした場合**などについて、手袋への透過性を調査する。

基発 0112 第 6 号  
平成 29 年 1 月 12 日

都道府県労働局長 殿

厚生労働省労働基準局長  
(公印省略)

#### 化学防護手袋の選択、使用等について

有害な化学物質が直接皮膚に接触することによって生じる、皮膚の損傷等の皮膚障害や、体内への経皮による吸収によって生じる健康障害を防止するためには、化学物質を製造し、又は取り扱う設備の自動化や密閉化、適切な治具の使用等により、有害な化学物質への接触の機会をできるだけ少なくすることが必要であるが、作業の性質上本質的なばく露防止対策を取れない場合には、化学防護手袋を使用することが重要である。化学防護手袋は、使用されている材料によって、防護性能、作業性、機械的強度等が変わるため、対象とする有害な化学物質を考慮して作業に適した手袋を選択する必要がある。

### 3 化学防護手袋の使用に当たっての留意事項

化学防護手袋の使用に当たっては、次の事項に留意すること。

- (1) 化学防護手袋を着用する前には、その都度、着用者に傷、孔あき、亀裂等の外観上の問題がないことを確認させるとともに、化学防護手袋の内側に空気を吹き込むなどにより、孔あきがないことを確認させること。
- (2) 化学防護手袋は、当該化学防護手袋の取扱説明書等に掲載されている

耐透過性クラス、その他の科学的根拠を参考として、作業に対して余裕のある使用可能時間をあらかじめ設定し、その設定時間を限度に化学防護手袋を使用させること。なお、化学防護手袋に付着した化学物質は透過が進行し続けるので、作業を中断しても使用可能時間は延長しないことに留意すること。また、乾燥、洗浄等を行っても化学防護手袋の内部に侵入している化学物質は除去できないため、使用可能時間を超えた化学防護手袋は再使用させないこと。

耐透過性！

## 求められる成果

化学物質の経皮吸収による健康障害防止のため、中小規模事業場においても化学防護手袋の使用促進が図られるよう、化学物質の種類や対応する化学防護手袋の素材、使用条件等に応じて、当該化学防護手袋の使用時間の限度をデータで示すことが求められる。

こうして得られた成果は、実際の使用条件に応じて事業場における化学防護手袋の選定と管理を行う上での有用な情報となる。

# 化学防護手袋に関する講演会

- 協力機関：日本化学工業協会、化成品工業協会、化学防護手袋研究会
- 開催日時：2020年8月4日 14時から17時  
ZOOMによるリモート開催方式
- 今般、2019年度労災疾病臨床研究事業として「実際の使用条件下における化学防護手袋の透過性の調査」について調査研究を行いました。今回、その研究概要を発表し、2020年度の研究に生かしたいと考えます。

# プログラム：

- 1 研究代表者挨拶 岩澤聡子（防衛医科大学校 医学教育部医学科衛生学公衆衛生学講座 講師）
- 2 化学防護手袋における化学物質の透過の検出法について
  - （1）化学物質の透過の検出法について 牛澤浩一（国立研究開発法人理化学研究所 安全管理部）
  - （2）電子天秤を用いた手袋からの試験物質の透過に伴う質量変化に関する研究 ―（日化協会株式会社）  
代理：桑田大介（一般財団法人産業保健協会 研究開発部）
  - （3）簡易透過装置とガス検知器（CUB）の組み合わせによる簡易的な透過試験方法の検討  
峯一弥（（株）日本触媒姫路製造所 環境安全部 環境安全課）
  - （4）PID測定器を用いた化学防護手袋の簡易測定を試み 福岡荘尚（オリンパス(株) R&D機能 生体評価基盤技術）
  - （5）化学防護手袋における有害物質の簡易透過試験方法について ―大学におけるVOCモニター（CUB）の活用事例―  
宮田昌浩（東京理科大学 環境安全センター 野田分室）
  - （6）手袋内部にパッチを取り付けて作業を実施し、化学物質の透過量を測定する方法  
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）
  - （7）研究室等で使用されている薄手手袋の有機溶剤透過試験 吉澤章（(有)環境検査センター 所長）  
代理：宮田昌浩（東京理科大学 環境安全センター 野田分室）
  - （8）2019年度 保護具選定のためのケミカルインデックスの作成  
浅沼雄二（浅沼コンサルタント事務所 所長）
- 3 労働衛生における経皮吸収の取り組みと今後の調査研究の協力 田中茂（十文字学園女子大学 名誉教授、化学防護手袋研究会会長）

## 化学防護手袋リモート講演会に関するアンケート

- 事前参加申し込み者 120名  
(手袋研究会 39名、化成協 7名、日化協 74名)
- 講師 8名、 運営 5名

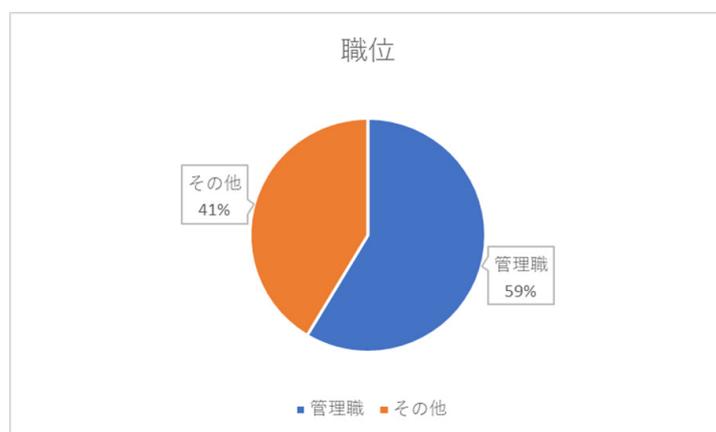
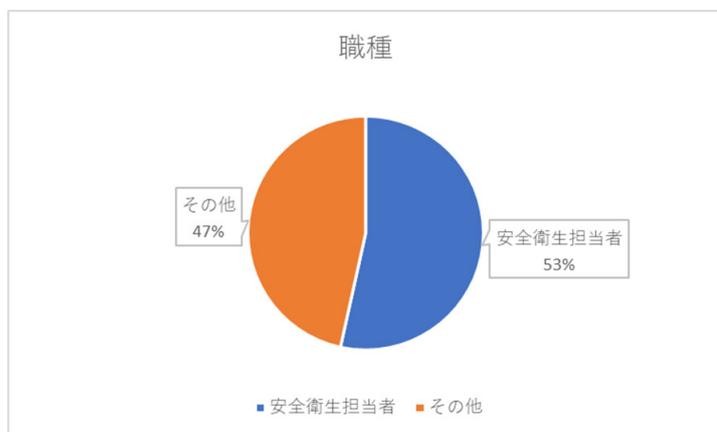
集計 20200826時点

- アンケート提出者 58名  
(手袋研究会 30名、化成協 3名、日化協 25名)

# アンケート内容

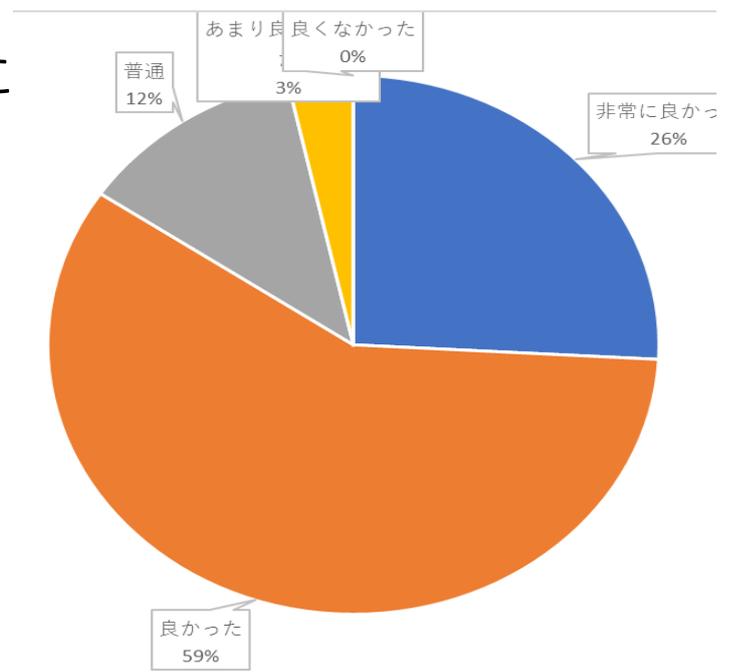
1. 参加者の職位と職種
2. 今回の講演会の評価
3. リモート開催の評価
4. 講演会への参加理由
5. 化学防護手袋使用に関するの悩み
6. 化学防護手袋講演会で取り上げてほしいテーマ

# 1. 職種と職位



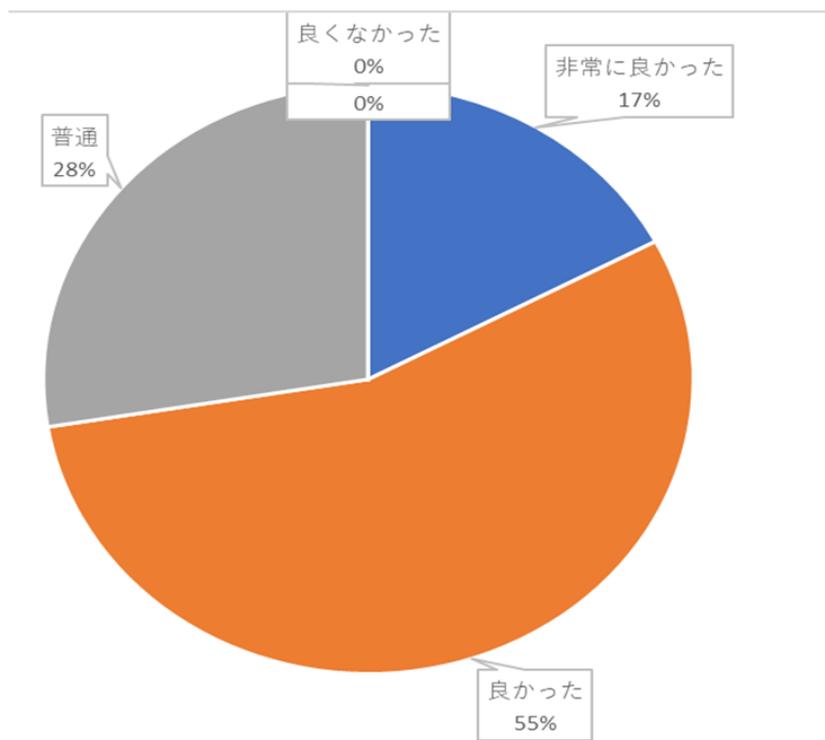
## 2. 今回の講演会の内容について、あてはまるもの

- 非常に良かった 15名 (26%)
- 良かった 34名 (59%)
- 普通 7名 (12%)
- あまり良くなかった 2名 (3%)
- 良くなかった 0名



### 3. 今回の講演会 開催方法（リモート） について、 あてはまるもの

- 非常に良かった 10名 (17%)
- 良かった 32名 (55%)
- 普通 16名 (28%)
- あまり良くなかった 0名
- 良くなかった 0名



## 4. 講演会に参加した理由

### 社内事情

- 大学でラテックス手袋を使って作業しているので、安全衛生上の問題点を確認したいことと田中先生からのお誘い
- 厚労省H29年1月通達への対応を考えるための参考とするため。
- 弊社の作業での製造現場での化学防護手袋選定及び使用期間決定の参考とさせて頂くため
- 取り扱う化学品の透過性評価が必要と考えている。評価に際しどのような試験が必要であるか、且つ実施が可能であるかを検討するため参加させていただきました。
- 研究室で学生に安全に実験指導をさせるために防護手袋の安全性を勉強したかったので
- 薬傷による災害が根絶できておらず、過去には化学防護手袋の溶媒浸透による災害事例も発生しています。本研究成果を参考に、社内の化学防護手袋の使用基準の見直しを行いたいため。
- 工業会の会員会社が製造・販売するTDI、MDI、PPGの化学防護手袋に対する透過性に興味があります。
- 以前から化学物質の取り扱いの際に、手袋選定に苦慮していた。理由は、体感ではあるが、防護の目的で使用していたはずの手袋から有機溶剤が透過しているようで、そのために非常に神経質に素材を選定し、試行錯誤していた。この学会で、有効な情報を得て、私のように困っている人と情報共有するために参加した。
- 多くの化学物質を取り扱う職場であり、薬傷災害を予防する参考としたい

## 4. 講演会に参加した理由

- 適切な手袋の選定について学びたかったため
- 各化学薬品取り扱いにおいて、保護具の選定および評価方法に関する知見習得の為
- 化学薬品の製造(包装まで)を実施しています。手袋をはじめ保護具の利用は定常的にあり、作業者へのばく露は気にしているテーマです。そこで今回の講演会に参加させていただいた次第です。
- 化学防護手袋における技術情報等の知識が乏しい。今回の知見獲得により、今後の安全教育または保護具選定に役立てたい。
- 弊社でも手袋を使用。業界の情報を確認しておきたい。
- 会社として、手袋の管理方法を模索しており、その参考とするため。
- 自社にて取り扱う化学物質には皮膚吸収毒性があり、経皮ばく露対策の1つとして化学防護手袋の選定を検討しているため。
- 作業毎に最適な手袋を選定する為に必要な知識を得るため
- 薬傷防止に関して、手袋評価に興味があったため

## 4. 講演会に参加した理由

### メーカー

- ユーザー様の現場で簡易測定ニーズが多いと感じていたため
- 当社でも化学防護手袋を開発しており、発売予定のため
- 弊社もフィルム製の化学防護手袋の販売を予定しているのですが、外部試験機関でJIS規格の耐透過試験ができる化学物資に限られており、試験ができない多くの化学物質に対応するためにJIS規格でない簡易的な試験方法を研究されている研究会で情報収集したいと思い参加しました。
- 『化学防護手袋の規格や標準化への関心が非常に大きい』ので、参加をさせて戴きました。小職所属の『日本ビニル工業会の会員会社』では、化学防護手袋を製造しているメーカーさんも比較的多く、又、部会や委員会メンバー等の関心も大きいので、聴講させて戴きました。

## 5. 現在、化学防護手袋使用に関してお悩みの点や、困りごと

1. 作業性
2. コスト
3. 教育展開
4. 情報がない
5. 試験評価方法
6. 指針が欲しい
7. その他

## 5. 現在、化学防護手袋使用に関してお悩みの点や、困りごと

### 作業性

- 耐透過性手袋をつけると、手袋の中の汗がひどく、ベタベタになり作業しにくい点
- 適合範囲の広い薄手の手袋がない。物質によってはニトリル手袋+ポリエチ等の二重装着で対策しているが、作業性が悪い
- ニトリルゴム手袋が使いやすく、利用しているが有機溶剤にはあまり耐性がなく困っています
- クロロホルムとDMFの取り扱い：どちらも耐透過性の実証データ付きの防護（繰り返し使用）手袋と（消耗品）オーバー/アンダー手袋を併用中で、作業性、維持管理が課題。
- 耐切創性と化学的防護、化学防護手袋を着用している際の汗、肌荒れ等のトラブル。
- 耐透過性のある手袋が切創しやすい、物を扱うときに滑りやすい

## 5. 現在、化学防護手袋使用に関してお悩みの点や、困りごと

### コスト

- リスクを知っていても被害が目に見えにくいことから、コストを優先する企業が多いこと
- 主に値段の観点から適切な有機溶剤耐性グローブの使用を進めることが困難であり、ニトリルグローブを使わざるを得ない状況
- コロナの影響での在庫確保（ニトリルの使い捨て手袋）
- 作業性の防護力、コストの面で最適な手袋の選定に苦労している。
- 耐酸手袋としてゴム手袋（炊事手袋）を使用しているが、適時交換頻度（同期）の設定に苦慮している。コストも考慮しながら。
- 耐透過性のある手袋の価格が高値である
- 高価な化学防護手袋でしか対応できない化学物質を取り扱い、手袋以外の経皮ばく露対策が困難な場合、最大8時間までしか使用できないことが現実的・経済的に厳しいことです。

## 5. 現在、化学防護手袋使用に関してお悩みの点や、困りごと

### 教育展開

- 現場では手袋（ニトリル製ゴム手袋等）を着用していれば、安心との感覚がある。安全衛生教育の重要性を感じている。
- 今回の情報から、事業所内への教育を含めた展開をどのようにするか
- 防護手袋を含め、一般課員の保護具に関する意識レベルアップの働きかけの仕方。
- 大学では、ラテックスやニトリルの薄手袋の使用が一般的であるため、適切な使用条件を如何に使用者に理解してもらえるかで苦労しています。透過の動画教材など充実させてもらえればありがたいです

## 5. 現在、化学防護手袋使用に関してお悩みの点や、困りごと

### 情報がない

- 手袋の材質ごとの化学物質に対する許容時間などの実測データがほしいと思っています。
- 化学防護手袋を通しての暴露（実際に作業員がどのくらい暴露しているか）を知りたい。溶剤に手袋をつけることはほとんどないが、ドラム缶からの溶剤仕込み、遠心ろ過機の掻き落とし作業では手袋は汚染されている。実際の作業でどの程度汚染しているか調査をしたい。
- 開発にあたりJIS規格に対応した耐透過試験ができる外部試験機関がほとんど無いことに驚きました。・既成のフィルムに関してもメーカーは化学物質に対する耐透過試験結果は無く、独自に試験するしか方法が無いのですが、外部試験機関では9つの化学物質しか試験できませんでした。・結果、どのように多くの化学物質に対する耐透過性を検証すれば良いのか困っています。
- 化学物質の透過と交換時期、そしてその根拠となるデータがないこと
- ジクロロメタン（塩化メチレン）を使用する作業に使用する手袋の選定について

## 5. 現在、化学防護手袋使用に関してお悩みの点や、困りごと

### 情報がない

- 化学防護手袋メーカーの化学物質に対する評価は、主要な化学物質のデータしかなく、自社で使用可否の判断を行わざるを得ないが、適切な評価が行えていないというのが現状です。
- 混合薬品の耐薬品性データの集め方があれば知りたい。
- 基発0112第6号化学防護手袋の選択と使用等についての通達が出たものの、透過性・浸透性のデータが少ない。また、実際使える時間や繰り返し使用がどこまで出来るかがわからない。
- 発表資料8に掲載の「化学防護手の素材別化学物質の袋透過時間（分）と劣化」で、1,2-ジクロロエタンの記載はありましたが、データがありませんでした。塩化ビニルモノマー関連であれば有益な情報となりますので、情報があれば提示頂きますと幸甚です。
- 混合溶液を取り扱う場合の透過時間が不明

## 5. 現在、化学防護手袋使用に関してお悩みの点や、困りごと

### 試験評価方法

- 中小の企業でも実施可能な簡易試験方法の確立
- 今後自社で透過試験・評価を実施してゆくとなると、それなりの労力・時間がかかり、また、試験・評価方法等の違いによって企業間や事業所間で評価結果に差が生じる懸念があります。そこで、まず業界として試験・評価方法を統一して頂くことが必要と考えます。また、その上で業界内で取り扱われている主要な物質に対する市販の防護手袋の評価に関しては、業界を代表して日化協殿に試験・評価を実施して頂き（実際には相応の研究機関に外部委託）、その結果を整理して会員会社に情報提供して頂けると、業界内で統一された評価結果に基づいた防護手袋の選定が可能となり、また業界全体として非常に効率的に進めることができるものと考えます。

## 5. 現在、化学防護手袋使用に関してお悩みの点や、困りごと

### 指針が欲しい

- 選定方法や交換時期に悩むことが多い
- 化学薬品を使用する際に、酸性やアルカリ性に強い手袋はどのようなものがあるのか。また、実際に化学工場によく使用されているのはどんなものがあるのか。使用する際の使い方として最善な方法はどのようなものか。という部分を詳しく聞きたいです。
- 化学防護手袋に関して、もう少し製品を規格・分類してほしい。理由は選定する際に参考となる情報が少なすぎるため。
- 現場の管理者は透過時間を物質ごとに測定し使用時間の設定まですることは難しいと感じている方もいて、現場の希望としては「この材質の手袋を使用する」というような手袋の指定欲しいとの声がある。EVOH系の使い捨て手袋はかなり高い性能を示すデータが示されており、化学物質ごとのデータを蓄積して頂きたい。

## 5. 現在、化学防護手袋使用に関してお悩みの点や、困りごと

### その他

- 厚労省H29年1月通達への対応
- 化学防護手袋の対応（手袋の選択と使用、再使用）や性能（「不透過性」、「不浸透性」、作業で使用する化学物質の種類及び当該化学物質の使用時間（8hr、複数日）に応じた耐透過性クラス）に関する、最近の動向の把握
- 大学の場合、非常に多種類の化学物質を扱います。合理的な運用方法があれば知りたいです。
- 大学でラテックス手袋を使って作業している。安くて入手しやすいが、安全衛生上問題がありそう
- 特にありませんが、手袋の種類についてよく考えるべきだと再認識致しました。
- 講演を拝聴して、私どもの知識が足りないと感じています。今回の講演で知り得た事項を役立てていきたいと考えています。

## 6. 化学防護手袋講演会で他に提起してほしいテーマ

1. 実践
2. 混合使用でのデータ
3. 透過性試験結果
4. 現場の事例
5. 教育展開
6. メーカー
7. 指針 行政動向
8. 経皮吸収
9. その他

## 6. 化学防護手袋講演会で他に提起してほしいテーマ

### 実践

- 静電対策手袋を使用する事が会社より指示されており、耐透過性の両方を兼ね備えた手袋がない点。静電気対策手袋で耐透過性を備えた手袋の開発検討は可能でしょうか？
- 有規則で測定、分析する際に頻繁に使用する、二硫化炭素について最も適した防護手袋の情報がほしい
- 耐溶剤、導電などに関すること
- 化学ではないのですが、医療系大学なので針刺しを少しでも低減できる化学防護手袋があると良いのですが・・・
- 各種化学物質に対する透過時間の測定結果の報告
- 化学物質の構造と安全な手袋の種類
- 酸関係（フッ酸、硫酸、硝酸など）における知見データについても取り上げて頂きたい。

## 6. 化学防護手袋講演会で他に提起してほしいテーマ

### 混合

- 混合溶媒や複数の薬品使用時の防護について
- 混合物のデータ
- 混合物質を取り扱う際の透過時間がどのように変化するか
- 高温多湿の環境下で使用すると透過時間がどのように変化するか
- 混合薬品の耐薬品性について評価方法、選定基準等

## 6. 化学防護手袋講演会で他に取り上げてほしいテーマ

### 透過試験結果

- 製造業での透過試験結果の事例をより増やして頂きますようお願いできればと思います。化学防護手袋の選定の参考にさせて頂ければと思います。
- 今回、幅広いテーマの講演がありましたので、続編を期待したいです。
- 引き続き簡易試験方法の検討など取り上げて頂きたいです
- 化学物質の種類が多いので使用している会社様がサンプル1枚あれば簡易的に耐透過性を検証できる試験方法をこれまで通り研究して頂きたいです。
- 簡易試験に関しては専門の知識がない小規模の会社様でも実施できる試験が確立できれば普及が進むと思いますのでそのような試験も検討して頂きたいです。
- まだ、継続評価中と思いますので、評価が進んだ段階で報告会をお願いいたします。
- 最新情報があれば定期的にアップして頂くようになれば良いと思います。

## 6. 化学防護手袋講演会で他に提起してほしいテーマ

### 現場の事例

- 手袋や化学物質の扱いは各現場で異なると思いますので、現場での日々作業されている中での扱い方をテーマに提起してほしいです。
- 各使用者での手袋選定方法の事例。行政動向。
- 業種別に、推奨される化学防護手袋の素材・厚み・工夫（2枚重ね・交換の目安）などを紹介してほしい。業種が同じであれば取り扱う化学物質の種類や作業内容に共通点があるため参考にしやすい。
- 手袋それぞれの長所と短所を詳しく説明しているものは聞きたいです。
- 実際の事故事例や改善例などを学べたらありがたいです

### 教育展開

- 化学物質使用者に対する化学防護手袋の指導・教育・管理運用事例
- 手袋に関する社内教育内容。

## 6. 化学防護手袋講演会で他に取り上げてほしいテーマ

### メーカー

- 化学防護手袋メーカーから観る作業場の課題について
- **価格**も含めた比較
- 各社の**新商品**紹介やそのユーザー評価

### その他

- 化学工場の現場では、手袋の袖から結晶や薬液が入る可能性もあります。現場では腕カバーを手袋の上に付けて対応する、といったことも聞きますが、**腕カバーの材質**についても知りたいです。
- 海外における化学防護手袋の使用状況、**新規材料**の開発動向
- 基発0112第6号における下記の文章の見直しを要求して頂きたい。「作業を中断しても使用可能な時間は延長しないことに留意すること。また、乾燥、洗浄等を行っても化学防護手袋の内部に侵入している化学物質は除去できないため、使用可能時間を超えた化学防護手袋は再使用させないが、使用状況によっては十分に再使用が可能と考えられる。この回の講演会でも再使用可能なデータも得られているので、一定条件を満たせば再使用が可能という方向へ修正して頂きたい」
- 化学防護手袋を使用する分野の方々が、**手袋の透過についてご存じかどうかを、アンケート取得した結果**等を教えていただけると興味深いです。（医療従事者でも透過の知識がある方はわずかなと推測しています）

## 6. 化学防護手袋講演会で他に提起してほしいテーマ

### 指針

- 工場など使用実態に沿う評価方法や、将来 評価方法の標準化に伴う情報などをご講演頂ければ幸いです
- 大学の研究室のように、少量多品目の化学物質を扱う際に、どのくらいの種類の手袋を用意して、どのような使い分けを行うべきか。実験内容によって異なると思いますが、基準のようなものを教えていただきたいです。
- 大学研究室における使用を前提とした防護手袋使用のガイドライン。実際は透過してしまっても、少量の場合は健康被害への影響は無視できる？

### 経皮吸収

- 化学防護手袋からの人体への暴露の調査方法
- 経皮吸収における許容濃度
- 人体に影響を与えるハードのテーマであれば何でも興味があります。