

研究課題名（課題番号） 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（防衛医科大学校 医学教育部医学科衛生学公衆衛生学講座）

### 【研究目的】

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、同一手袋の長期間使用等により、手袋を装着していても化学物質による経皮吸収曝露が生じている。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定めることが重要である。本研究では、手袋の透過性能を把握するため、手袋の装着時における透過量の測定方法や、簡易的な手袋からの透過試験方法等を確立し、事業場自らが科学的根拠を持って自主的に手袋内側への物質の透過状態を把握し、手袋の適正使用に結びつく基礎資料を得ることを目的とした。

### 【方法、結果】

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0.2mL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(株) 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0.2mL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する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。

#### 【結論および今後の展望】

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が得られた。作業者の経皮吸収曝露を防ぐために、現場の化学物質の使用状況をふまえて、各事業場で簡易的な手袋の透過性試験を行える可能性がある。その結果、科学的な根拠を持った手袋選定を実行し、化学防護手袋の適正使用を自律的に推進できると考えられる。