

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】

1. 手袋内へ透過した化学物質量を測定する手法の検討

- 1) 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、トルエン蒸気を発生させて手袋内外のシート状サンプラーに捕集させた。内外の捕集割合を求め、トルエンに対する透過性能を検討した。
- 2) 8名の化学実験者の手の平（ひら）と中指に、市販の薄型サンプラー（PERMEA-TECパッド）を1時間/日、2日間貼り付け、クロロホルムに対する薄手ニトリル手袋使用時の透過量を測定し、手袋の透過性能を検討した。

2. 簡易的な手袋への化学物質の透過を確認する方法の検討

- 1) 4種類の化学物質を対象に、紙製のウエスに各試験化学物質 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な質量を測定し、手袋表面からの化学物質の透過量について検討した。同じ手袋素材による化学物質の透過濃度の測定をガス検知器（理研計器(株)製 CUB）でも行い、電子天秤による質量変化とガス検知器による透過濃度の関係について考察した。
- 2) 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）の手の平部に2種類の化学物質（クロロホルム、ジクロロメタン）を各々0.2ml 添加し10分間放置後、手袋内に透過してくる化学物質濃度をガス検知管（(株)ガステック製）にて測定する方法を検討した。
- 3) 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側と外側に設置し、THFの経時的な濃度測定を行った。

3. 化学物質による手袋素材からの透過試験装置とガス検知器を用いた方法の検討

田中茂（研究協力者）が20年前から開発してきた手袋の簡易透過試験装置を参考にして、7名の研究協力者が透過試験装置の開発を進めると共に、多くの化学物質の透過試験を実施した。

- 1) 試験手袋の指部（指サック）を切り取り透過試験装置内に取り付けてから、試験化学物質を添加して指サックから透過してくる化学物質をガス検知器で測定した。試験は2種類の化学物質（アセトン、アクリル酸メチル）と5種類の手袋（ポリウレタン、ニトリル、塩化ビニール、ブチル、薄手ニトリル製）を対象に、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。
- 2) 手袋素材をセットする透過試験装置と、手袋素材から透過する化学物質の濃度を測定するガス検知器を連結した装置の開発の検討を行った。
- 3) 9種類の化学物質（エタノール、アセトン、2-プロパノール、ジメチルホルムアミド（DMF）、トルエン、1,4-ジオキサン、n-ヘキサン、酢酸エチル、クロロホルム）を用いて、5種類の市販の手袋素材（天然ゴム、ニトリル、ニトリル/ネオプレン、ウレタン、フッ素ゴム）と、4種類の耐透過性手袋素材（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（RVDC））に対する透過試験を行った。

【結果】

1. 手袋内へ透過した化学物質量を測定する手法の検討

1) 蒸気状トルエンを発生させて実験を行い、手袋の内外トルエン濃度比を求めた。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)では高い内外比となり、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(ポリエチレン)、EVOH+ナイロン、EVOH+PEの手袋では、480分経過時でも手袋内への内外比は0.1%未満と低値であった。

2) 8名の実験者全員の手の中指部に装着したパッドより、クロロホルムの透過濃度が手袋交換濃度目標値 $0.1 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ を超え、薄手ニトリル手袋がクロロホルムを用いた実験では不適であることが確認された。そこで、管理者に対し手袋の中敷きに耐透過性手袋を装着した上に、薄手ニトリル手袋を着用することの指導を行った。また、今回の調査で、手の平部に装着したパッドは1時間で多量の汗がたまり、クロロホルムを定量することができなかつたことについて、今後の試験方法の検討が必要と思われた。

2. 簡易的な手袋への化学物質の透過を確認する方法の検討

1) 4種類の化学物質を対象に、電子天秤による質量の変化と、ガス検知器による手袋の透過の測定結果に対応する結果が得られ、本法による質量変化測定が、透過の簡易測定手法として有効であることが示唆された。

2) 2種類の化学物質を5種類の薄手手袋に添加して10分間後、手袋内濃度は100ppm~500ppm以上と、手袋素材からの化学物質の透過が確認された。素材の異なる薄手手袋を2枚重ねた場合に、手袋からの透過濃度が下がることも確認された。

3) THFの手袋外側と内側のガス検知器による濃度は、最初からほぼ同じ数値を示した。すなわち、使用したニトリル手袋はTHFに対して即、透過していることを意味した。このような試験方法によっても、手袋からの化学物質の透過を簡便に確認することができた。

3. 化学物質による手袋素材からの透過試験装置とガス検知器を用いた方法の検討

1) 指サックを用いた透過試験装置を開発し、手袋の透過時間の評価が可能である結果を得た。現場で興味のある試験として、2枚重ね手袋の評価や手袋の再利用(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)の検討も実施した。

2) 手袋素材を挟み試験化学物質を滴下する透過試験部と、透過したガス濃度を検出するガス検知器を連結したコンパクトな装置を開発した。この透過試験装置を事業場でも使用できるように、教育用ビデオ(装置説明、PC上でのガス検知器の設定、手袋の切り取り方法、装置組み立て方法、化学物質添加方法、PC上でのデータ・グラフの取り方)を作成した。

3) 9種類の化学物質(エタノール、アセトン、2-プロパノール、ジメチルホルムアミド(DMF)、トルエン、1,4-ジオキサン、n-ヘキサン、酢酸エチル、クロロホルム)を用いて、5種類の市販の手袋素材(天然ゴム、ニトリル、ニトリル/ネオプレン、ウレタン、フッ素ゴム)と4種類の耐透過性の手袋素材(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(RVDC))に対する透過試験を行い、手袋交換濃度目標値 $0.1 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{min}$ の算出が可能となった。

4) 手袋メーカーからホームページ等で公表され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」を作成した。事業場で使用している化学物質に対する透過時間をふまえた手袋の選定する際の情報として活用可能となった。

【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。来年度、上記の方法を用いて実際の作業現場における手袋の透過試験を行うことが必要と思われる。