

化学防護手袋の耐透過性をふまえた 適正使用

1 はじめに

化学物質を取り扱う実験者のばく露は、呼吸を介して体内に取り込む吸入ばく露と、皮膚を介して取り込む経皮吸収ばく露がある。吸入ばく露を防護するためにはドラフト内で実験を行い、必要とあれば呼吸用保護具を使用する。一方、経皮吸収ばく露の防護には、化学防護手袋（以下、手袋と略す）を使用する。素材の異なる手袋が多く市販されているが、手袋表面に付着した化学物質は手袋素材の内部に分子レベルで拡散し、時間の経過とともに手袋裏面に到達する。JIS T 8116（化学防護手袋）ではこの現象を「透過」と定義している。

手袋内部に侵入した化学物質は作業者の皮膚から吸収され、血液によって標的臓器にダメージを与える。それゆえ、化学物質が透過しにくい手袋の素材（透過時間が長い）を選定することが重要である。しかし、多くの化学物質に対する透過時間の情報が少ないのが実情である。JIS T 8116（化学防護手袋）規格は、手袋の透過試験方法の指導がなされているものの、16物質の透過試験の実施が義務付けされているのみで、手袋の選定を行うための情報としては少なすぎる。

本稿では、手袋への透過が注目されるきっかけとなった労災事故の紹介と、クロロホルムの透過量の測定結果を踏まえ、化学防護手袋の適正使用について概説する¹⁾²⁾。手袋を装着して実験を行っているから経皮吸収はないと思わず、化学物質に対する手袋の透過時間を調べる。透過試験結果の情報がなければ、自ら簡易的な試験を行い、使用したい手袋の透過時間を確認して手袋の使用時間（廃棄）を決めることが必要である。

2 オルトトルイジンばく露による膀胱がんの発症

2015（平成27）年12月、化学物質を取り扱うA工場で、膀胱がんの集団発生が報じられた。厚生労働省の発表によると、膀胱がん罹患した5名の労働者はオルトトルイジン等の芳香族アミンの原料を反応させる作業および生成物の乾燥作業に従事していた。労働安全衛生総合研究所の調査により、作業環境中オルトトルイジン濃度は許容濃度1ppm（4.4mg/m³）より、大変低い濃度であった。一方、使用していた天然ゴム製の手袋の内側空間よりオルトトルイジンが検出され、作業者の尿中からもオルトトルイジンが検出された³⁾。さらに、天然ゴム製手袋の使用実態を調査したところ、オルトトル

イジンを含む有機溶剤で手袋を洗浄し、再利用を繰り返していた。事業場では、手袋の平均使用期間は平均50日/人/双と、手袋が切れたりする耐劣化性を基準として交換していた。オルトトルイジンの作業場で使用していた天然ゴム製手袋に対して透過基準の目標値（0.1μg/cm²/min）に達するまでの時間を求めた結果、105分（76～131分）であった。作業者は新品の手袋を使用し、2時間前後で作業者の皮膚表面にオルトトルイジンが達し、更に、50日間透過している手袋に手を挿入してオルトトルイジンによる経皮吸収を生じていたことが推定された。

3 化学実験における薄手ニトリル製手袋からのクロロホルムの透過試験の測定例

吉澤⁴⁾は、クロロホルムを使用している大学の有機合成実験において、薄手のニトリル製手袋を装着して4名の学生を2日間、各1時間の実験において手袋内へのクロロホルムの透過量の測定を行った。実験方法は、学生の中指皮膚にSKC社製PERMEA-TECパッド（1.8cm×2.0cmの活性炭繊維に接着剤がついた製品）を貼付して、その上に薄手ニトリル製手袋を装着した。1時間の実験終了後、パッドをはがして活性炭のフェルト部分をバイアル瓶にいれ、二硫化炭素溶液で脱着しガスクロマトグラフ分析を行い、透過したクロロホルム量、および手袋内の透過速度を計算した。表1より、ほとんどの実験で透過基準の目標値（0.1μg/cm²/min）を超える結果が得られた。とりわけ、溶媒が手袋にかかった際には、25.90μg/cm²/minと高い透過速度を示した。大学での化学実験では、薄手のニトリル製手袋がよく使用されており、今回1時間と短い作業時間で、クロロホ

表1 有機合成実験における薄手ニトリル製手袋のクロロホルムの透過結果例

作業者 —調査回数、実験内容等	クロロホルム量 (mg/パッド)	透過速度 (μg/cm ² /min)
1-1 分液、洗浄、カラムクロマト	1.4	6.30
2-2 洗浄、反応準備、カラム	0.01	0.05
2-1 器具洗浄、再結晶	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（手袋外側から溶媒が接触）	5.6	25.90
4-2 カラムクロマト	2.1	9.48

ルムは薄手ニトリル製手袋を透過して皮膚に接触し、経皮吸収によるばく露が危惧される結果を得た。担当教授には、クロロホルムに対し耐透過性フィルム素材 (EVOH 製) の安価な手袋を提案した。

4 手袋の選定手順の提案

JIS 規格および ISO 規格による化学物質に対する透過時間の試験は 16 物質を義務付けているのみである。作業現場で使用されている何千という化学物質に対する手袋の透過試験のデータが公表されていないのが現状であり、これが大きな問題である。公開されている情報の範囲で、現場で使用している化学物質に対する手袋の透過を確認し、手袋の選定に役立つ情報を提案する。

使用する化学物質に対して、透過しにくい素材の手袋の情報を収集するとともに、自社で簡易的な透過試験を行い、手袋の使用透過時間を確認し、使用時間 (交換) の目安を作ることを提案する。

(1) 手袋メーカーに使用化学物質に対する手袋の選定について相談、指導を受ける。

(2) 浅沼・田中が開発した化学物質に対する手袋素材に対する透過時間を検索するシステム (ケミカルインデックス) を活用する。320 物質に対する手袋の透過時間が入力されており、使用する化学物質名を入力すると、アメリカ、日本の手袋メーカー合計 6 社のホームページに公開されている素材ごとの透過時間を検索することができる。

トルエンに対する検索結果 (図 1) では、手袋の銘柄として ① Ansell 製バリアー (PE-PA-PE)、② North 製シルバーシールド (PE-EVAL-PE)、③ ダイヤゴム製 (EVOH) の耐透過性手袋とともに、④ ポリビニルアルコール⑤ バイトンにおいて 480 分以上の良好な透過時間を示している。耐透過性フィルムを含む手袋は、その他の化学物質に対しても、長い透過時間が報告されている。作業現場でよく見かける手袋である天然ゴム、クロロレン、ニトリルおよびブチルゴム素材の手袋の透過時間は 10 分未満~60 分程度と短い。これらの透過デー

タを参照して、作業性、価格等を考慮して、使用する手袋を選定する。

(3) Wiley 社から出版している「Quick Selection Guide to Chemical Protective Clothing」⁵⁾は、化学物質ごとに手袋素材に対する透過時間が公表されている。875 物質を官能基別に分類し、化学物質名欄には、CAS 番号及び有害性コードを表記し、手袋と服の素材別に透過時間を得ることができる。透過試験データは、認定されたテストラボ、メーカーのテストラボ、ASTM, ISO, または EN 標準メソッドを使用した研究者による透過テストの (公開、未公開にかかわらず) 測定結果等に参照して作成された。手袋の素材としては、ブチルゴム、天然ゴム、ネオプレン、ニトリルゴム、ポリビニルアルコール (PVAL)、ポリ塩化ビニル (PVC)、バイトン、バイトン/ブチル、バリアー (PE/PA/PE)、シルバーシールド (PE/EV/AL/PE) の 10 種類である。この著書と筆者らが作成したケミカルインデックスのデータは大変良好な相関を示した。

(4) 自社で簡易的な測定方法を行い、手袋の選定、交換時期等の基準を作成する。(2) や (3) の情報を参考にして、使用したい手袋素材 (作業性、価格等も考慮) を選定し、使用化学物質に対する透過時間について簡易的な測定方法で試験を行う。その際、耐透過性の高い手袋と、作業性のよい手袋 (滑りにくい、つかみやすい等) の組み合わせも選択肢として検討することをお勧めする。

自社でできる簡易的な透過試験方法として、天秤を用いる重量法、検知管法、センサー (CUB) を用いる方法が埼玉産業保健総合支援センターのホームページ⁶⁾より動画で公開されているので参照して頂きたい。自社で手袋の選定、および手袋の透過をふまえた交換時期について根拠あるデータの作成を提案する。

文 献

- 1) 田中 茂：“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—”, (2017), 中央労働災害防止協会。
- 2) 田中 茂：“皮膚からの吸収・ばく露を防ぐ！—化学防護手袋の適正使用を学ぶ—”, 中央労働災害防止協会 (2018)。
- 3) 労働安全衛生総合研究所：災害調査報告書, A-2015-07 (2017)。
- 4) 岩澤聡子 (研究代表者)：労災疾病臨床研究事業費補助金総括・分担研究報告書, 190601-01 (2020)。
- 5) K. Forsberg, A. Van Den Borre, N. Henry III, J. P. Zeigler. : “Quick Selection Guide To Chemical Protective Clothing (Seventh Edition)”, (2020)。
- 6) <https://www.saitamas.johas.go.jp/movie/> (2021 年 9 月 30 日, 最終確認)。

[十文字学園女子大学名誉教授・
化学防護手袋研究会会長 田中 茂]

メーカー	ナイロン	ポリビニルアルコール	ポリ塩化ビニル	天然ゴム	ニトリル	ネオプレン	ブチルゴム	シリコンゴム	FKM	その他
Ansell	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
North	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
ダイヤゴム	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240
バイトン	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240

図 1 ケミカルインデックスによるトルエンに対する手袋の透過時間