

令和7年度 研究成果報告書概要

研究課題名：労働環境調査に基づく保護具の簡易透過性測定法の開発と透過機構解析
(課題番号：250601-01)

1. 研究の背景と目的

化学物質による健康障害において、日本国内では経皮ばく露による皮膚障害が吸入・経口ばく露の約4倍と最も多く報告されている。これを受け、令和4年の労働安全衛生法令の改正により、GHS分類で危険・有害性が確認された全物質への自律的管理と、皮膚等障害化学物質等に対する「不浸透性保護具」の使用が義務化された。この改正の背景には、平成28年に発生したオルトトルイジン等の芳香族アミン類による労災事例がある。この事例では、手袋を着用していたにもかかわらず経皮吸収による健康障害が発生しており、適切な保護具選定基準の確立が喫緊の課題であることが浮き彫りとなった。しかし、現行のJIS T8030に基づく試験はコストや受託機関の不足により、現場で多用される混合溶媒のリスクを十分に評価できていない。本研究は、(1)実態調査、(2)簡易的な評価法の開発、(3)透過メカニズムの解明、(4)分析法の確立の4つのサブテーマを通じ、実用的な評価・選定支援手法の構築を目指している。

2. 研究方法

サブテーマ①作業現場における選定状況・使用状況調査：令和6年度に実施されたリスクコミュニケーション後アンケートの自由記載内容について、テキストマイニング手法を用いて解析し、現場における化学防護手袋選定上の課題および支援ニーズの抽出を行った。

サブテーマ②簡易的な透過評価法の開発：従来のJIS法の課題を解決するため、実用性の高い評価系の構築を進めた。

- ・受託機関向け手法（デシケーター法）：手袋に溶媒を添加し、デシケーター内空気を0.1 L/minで吸引し、チャコールチューブで5分ごとに捕集する方法について検討した。

- ・事業者向け手法（検知剤法）：検知剤の色調変化を視覚的に観察することで透過を確認する手法を検討した。

サブテーマ③化学防護手袋の透過メカニズムの検討：ニトリル製化学防護手袋を対象として、膨潤試験および透過試験を実施するとともに、デジタルマイクロスコープによる構造解析を行った。さらに、Hansen 溶解度パラメータ（HSP）およびFlory-Huggins 相互作用パラメータ（ χ ）を用いて、溶媒と手袋材料との親和性について評価した。

サブテーマ④網羅的な定量分析方法の開発：活性炭捕集後試料を対象として、GC-MSによる多成分同時分析条件の予備検討を行った。

3. 主要な研究成果と考察

(1) 現場における化学防護手袋選定上の課題

アンケート解析の結果、化学防護手袋の選定について「難しい」「現場適用が難しい」といった意見が多く認められた。また、SDS や既存マニュアルに対して、より具体的な耐透過性情報や実務的な選定指針を求める声が多く、単一物質ベースの情報のみでは現場対応が困難であることが示唆された。さらに、「厚い手袋は作業しにくい」といった意見も多く、防護性能と作業性の両立が課題となっていることが明らかとなった。

(2) 簡易的な透過評価手法の構築

チャコールチューブを用いた時系列捕集により、混合溶媒中の各成分の透過開始時間

(BT) および透過挙動を比較的簡便に把握可能な評価系の基盤を構築した。また、検知剤法では、混合溶媒条件下での透過早期化を視覚的に確認することが可能であり、現場での簡易的リスク把握や安全教育への応用可能性が示された。加えて、GC-MS による多成分同時分析条件について、複数成分を対象とした分析条件の整理及び測定条件の最適化を進めた。

(3) 混合溶媒条件における透過促進挙動の確認

単一溶媒条件では、HSP に基づく Relative Energy Difference (RED) が小さい溶媒ほど膨潤率が高く、膨潤率が高いほどブレイクスルータイム (BT) が短くなる傾向が認められた。一方、混合溶媒条件では、単独では透過が確認されなかった成分においても透過の早期化が認められた。さらに、HSP および Flory-Huggins 相互作用パラメータ (χ) に基づく解析ならびに膨潤挙動との比較により、溶媒と材料との親和性が透過挙動に関与することが示された。これらの結果は、混合溶媒条件下では、材料の膨潤に伴う透過経路の形成などにより、他成分の透過が促進される可能性を示唆している。また、単一溶媒データのみでは、実作業環境における混合溶媒の透過リスクを十分に評価できない可能性が示された。

(4) 構造的要因の把握

デジタルマイクロスコープによる解析の結果、同一素材・同一厚さとされる手袋であっても、製造元によって表面構造や局所厚みに差異が認められた。これらの構造差が透過挙動に影響している可能性が示唆された。

4. 総括と今後の展望

令和7年度の研究により、現場における化学防護手袋選定上の課題を整理するとともに、簡易評価手法および透過メカニズム解析を組み合わせた評価体系の基盤構築を進めた。特に、混合溶媒条件における透過促進挙動を実験および理論解析の両面から検討したことは、従来の単一物質データのみに基づく手袋選定の限界を示す重要な知見である。今後は、構築した評価手法について JIS 法との比較検証を進め、妥当性および適用範囲を整理するとともに、混合溶媒条件を考慮した実務的評価手法および化学防護手袋選定支援法の構築に向けた検討を進める予定である。また、事業所を対象とした実態調査を本格化し、現場ニーズを反映した選定・交換管理支援手法の整備を進める。