実験室メモ

投稿

手術用ゴム手袋信仰と有機溶剤

斎藤　正明
Saito Masaaki

1. はじめに

有機溶剤を扱う実験でゴム手袋は是か非かという話題である。ここでゴム手袋というのは使い捨ての薄手の手術用手袋で，非密封ラジオアイソトープ実験室などでおなじみの読者もいるだろう。本稿の結論は，既にwebサイトの“Yahoo！知恵袋”の回答で述べられている。次に引用すると，「ゴム手袋は水をはじきますが，有機溶媒は浸透します（ゴムは親油性です）。特に薄手の手術用ラテックスの手袋は過信すると危険です。ラテックスの手袋では浸透した有機溶媒が長時間皮膚と接触するため，有機溶媒の作業では避けた方が無難です。厚手のゴム手袋，またはニトリルゴムの手袋の使用をお勧めします。しかし，それも過信してはいけません」（toshimasa_katagiri，2012/11/8）

ようやく見付けたwebサイト情報であったこと，的確でありながら“ベストアンサー”として選ばれていなかったことも気がかりである。ゴム手袋による防御能力が実験者にどのように理解されているのだろう。本稿では，有機溶剤のゴム透過性について実証試験した結果をお伝えしたい。

2. 有機溶剤の有害性

一般に使用される有機溶剤について，ベンゼン環を有する芳香族炭化水素など化学的に安定で生理的にも分解排泄しにくいもの，有機塩素など毒性の高いものがとりわけ危険である。

有機溶剤は無意識のうちに皮膚から体内に浸透する懸念があり，皮下脂肪や肝臓に蓄積，脂質が多い神経，脳，肝臓に障害を引き起こす，ということである。

3. トリクロロエチレンのゴム手袋透過性試験

実験方法と結果について述べる。

【実験試料】

ゴム手袋（サイズ）/表示材質/販売会社名はそれぞれ，ナビロール（M）/塩化ビニルゴム/アズワン，クアテック（L）/天然ゴムラテックス/アズワン，SUPRENO（M）/ニトリルゴム/Microflexであった。有機溶剤としてトリクロロエチレンを用いた。これらの材料は化学実験室に置いてあったもので特に意味あって選定したものではない。なお，本格的な手術用は滅菌包装されているようである。

【実験操作】

トリクロロエチレン約5 gを染み込ませた紙（キムワイプ）を手袋の中に入れ，口を縛って密封し，初期質量を秤量した。室温21.5℃で放置して10分ごとに質量を秤量し，その減少値からゴムを透過した溶剤損失量を実測した。比較試料として蒸留水約5 gを同様に扱い，測定した。

【秤量結果】

トリクロロエチレン損失量変化（g）

経過時間				透過速度
0	10	20	30（分）	
		塩化ビニルゴム		
6.1	3.9	2.0	0.7	約 2 g/10 分
		天然ゴムラテックス		
7.1	5.1	3.1	1.3	約 2 g/10 分
		ニトリルゴム		
7.1	6.2	4.8	3.5	約 1.2 g/10 分

蒸留水損失量変化（g）

経過時間				透過速度
0	10	20	30（分）	
		塩化ビニルゴム		
4.9	4.9	4.9	4.9	0 g/10 分
		天然ゴムラテックス		
5.0	5.0	5.0	5.0	0 g/10 分
		ニトリルゴム		
5.0	5.0	5.0	5.0	0 g/10 分

実験事実として，10 分間当たりのトリクロロエチレン蒸気のゴム透過量は，塩化ビニルゴム手袋約 2 g，天然ゴムラテックス手袋約 2 g，ニトリルゴム手袋約 1.2 g であった。他方で水蒸気のゴム透過量は 0 g で実験誤差レベルであった。ゴム材質にかかわらず，水とトリクロロエチレンの透過性の違いは明瞭であり，有機溶剤がゴム手袋を容易に通過する，とする実証データとして十分であろう。

4. 謎解きは先人の化学を学びながら
―水と油の関係―

水と油は混じらない。液体状態では分子間力の強いもの同士が強く引き合い，弱い分子は排他的に疎外され，結果として水と油のように別々の液相を形成することになる。

水分子同士はとりわけ引きあう力が強い。水は酸素原子，水素原子の小さな分子でありながら液体である。一般に質量が大きい分子は引力が強いが，水と同程度の分子量の窒素分子などは気体である。液体とは分子同士が凝集している状態であり，水分子間の引き合う力はとりわけ強いのである。

酸素原子を中心とした電子軌道は正四面体の 2 頂点に電子が 1 個ずつ，別の 2 頂点に電子が 2 個（電子対）ずつ配置され，立体的にアンバランスな構造である。

電子 1 個の軌道はほかの原子の電子と共用して共有結合を形成できる。1 つの電子軌道の定員は電子 2 個までで，軌道上に 1 個だけ存在するよりも 2 個の方が安定である。その一番小さな形体が H_2O であり，1 つの分子と見たとき，結合電子は酸素側に引き寄せられ，酸素側がマイナスに，水素側がプラスに分極している。

多数の分子が集まると分子間の反対極同士が引き合い，強い凝集力を持つ。そもそもの発端は酸素原子の電子軌道に起因するということである。

有機溶剤分子は引力が弱い。有機物とは炭素原子，水素原子を含む化合物である。炭素原子は酸素原子より電子が 2 個少なく，前述した正四面体の 4 つの電子軌道に各々電子 1 個である。

炭素原子を中心に正四面体の頂点が全て水素原子である一番小さな形体がメタン分子，気体である。分子として電荷の偏りが生じないため，分子同士の引き合う力が弱い。有機溶剤分子が水に比べて極性が小さいのは炭素原子のバランスのとれた電子軌道に起因するということである。

細胞膜は油と親和しやすい。カリウムイオンの多い細胞内とナトリウムイオンの多い外側とを仕切っているのが生体における細胞膜である。

細胞膜というのは親水部と疎水部（親油性）を併せ持つ脂質分子である。疎水部同士が対面しつつ多数の分子が横並びする二重層膜構造である。油層膜で 2 つの水相を仕切っていると単純化できよう。

写真　ゴム手袋装着法

このようなわけで有機溶剤分子は細胞膜と親和性があり，皮膚から吸収されやすい化学構造である。さて，作業者は溶剤の有害性を避けたいのであるが…

ゴムは隙間だらけ。ゴムとは長い高分子鎖の一部がほかの鎖と結び付いた架橋構造で，分子全体としては移動できないものの，局部的な運動単位が 1 つの有機分子であるかのように振る舞う。高分子鎖の炭素–炭素結合軸の回転によって，架橋間隔が長いほど運動の自由度が増し，ミクロレベルで運動できる隙間の多い構造となる。

ゴムの隙間は無極性のカーボングラファイト微粉を取り込むことで，鉛筆用消しゴムとして役立っている。見方を変え，分子間力の弱い有機溶剤分子と混和しやすく，防御性能が良くないのは実証結果に示した通りで，その化学構造に起因するということである。

ゴムは，極性を持つ水分子は通りにくく水溶液を扱うには防御的であるけれども，隙間だらけである。すべからく液体を通しにくいかのように思われているのでは，というのが筆者の懸念である。

5. 結論

化学実験におけるゴム手袋は，酸，アルカリ，細菌など水系物質には有効とはいえ，ゴムと親和性のある有機溶剤を扱う際には注意が必要である。皮膚の下には皮下脂肪層がある。脂肪と有機溶剤はとりわけ親和性がある。

浸入した有機分子は体液，血流で運ばれ，排出されずに脂肪組織に蓄積しやすい。トルエンなど芳香族炭化水素は分解されにくいし，トリクロロエチレンなど有機塩素は毒性もある。肝臓は生命維持に大切な臓器であり，微量であっても長期間にわたる蓄積などは万病の元である。

職場では有機溶剤取扱者に対して特殊健康診断など行っているが，後追いの検査でしかない。安全面に限ったことではないが，管理とは自らが考えながら行うものである。

ゴム手袋を装着していれば安心，などと思い込まないことである。有機溶剤が手袋に付着したら，ペーパータオルなどで即座に拭き取り，洗剤で洗い，手袋を外す。場合によっては使い捨てにすることを勧める。

蛇足として，ゴム手袋装着法について追補しておく。装着した手袋の端がめくれている実験者を見掛けることがある。化学実験着には袖ひもが付いている。**写真**のように，ひもを結んで親指にかけると袖口が手の側に引っ張られ，同時に袖口が絞られるようになっている。

絞られた袖口までゴム手袋をかぶせて装着すると手袋が緩まない。10 年以上前に，ラジオアイソトープ取扱いビデオで筆者が初めて学んだ装着法であるが，この装着法がなかなか web サイトに見付からず残念である。