

## 1.4 京都大学の PRTR 制度対象化学物質の移動量把握手法 精緻化への取組み

京都大学環境科学センター

矢野 順也、本田 由治、黒崎 陽介、平井 康宏

### 1.4.1 はじめに

前節では高等教育機関ならびに京都大学の PRTR 届出状況について概説した。本節では、本学の環境および事業所外への移動量の算出方法に関する課題点と、その移動量把握手法精緻化に向けた近年の取組について紹介する。

現在の算出方法の課題は以下のとおりである。1 つ目は、使用中の試薬として、あるいは使用後の廃液としての学内ストック量を物質収支の中で加味できていない点である。これは物質収支により差分で算出する大気への移行量に影響するものと考えられる。そのため 1.3.2 項において、化学物質の保有状況ならびに取扱量を研究室別に把握することを試みた。

2 つ目は、下水道への移動量は化学物質取扱量に年度に依らず一定の排出係数を乗じて算出してきたことである。水質汚濁防止法（水濁法）等で排水基準が定められている化学物質においては、1.1 節、1.2 節でも紹介されているように大学でも排水濃度はモニタリングされている一方、化学物質の取扱量に対する排水への移動量の割合（移行率）は十分把握されず、したがって、各部局・大学構成員の適正な分別貯留・排水管理策の効果を反映できていなかった。そのため、実験排水中濃度と排水量から下水への移動量を算出する方法に修正中であり、その取り組みを 1.3.3 項で述べる。

3 つ目に、廃棄物としての事業所外への移動量、大気への移動量把握である。特に大気への移動量については、大気汚染防止法においても揮発性有機化合物の排出規制において、ジクロロメタンやクロロホルムをはじめとする 100 物質がリストアップされて

いる。現在、大学からの大気中への VOC 排出についての規制値は定められていないものの、同法の主旨にのっとり排出抑制に努める必要がある。そのため、1.3.4 項において実験や廃液の分別貯留時の揮散実験を行った。

本節では吉田・桂・宇治の 3 キャンパスで届出対象となっており、また、他大学からの届出も多いクロロホルム、ジクロロメタン、ノルマルヘキサンを主要な化学物質として対象としつつ、本学で届出対象あるいは対象候補となっている他の化学物質についても一部の取組では対象としている。

### 1.4.2 対象化学物質の研究室保有状況の整理

取扱量について、薬品納入業者 4 社の 2019 年度の京都大学の納品リストをもとに集計した。また、保有量について、京都大学化学物質管理システム Kyoto University Chemicals Registration System (KUCRS) から得たデータをもとに、2020 年 12 月 8 日時点の保有量を調査した。なお、各薬品の取扱量、保有量ともに一部を除いて研究室単位で記載されており、部局別、研究室別に保有量、取扱量を調査した。吉田キャンパスの保有量は表 1 に示したとおり、クロロホルム 2508 kg、ジクロロメタン 1256 kg、ノルマルヘキサン 1488 kg であった。部局別にはクロロホルムとノルマルヘキサンは農学研究科、理学研究科、薬学研究科が、ジクロロメタンは理学研究科、薬学研究科、高等研究院の保有量が多い。表 2 に示したとおり、取扱量についても農学研究科、理学研究科、薬学研究科、高等研究院の割合が高いことが分かる。

桂キャンパスでは対象物質を取り扱っている部局は工学研究科のみであった。表 3 に示したとおり、取扱量に対する保有量は 9.4～24%程度である。

表 1 吉田キャンパス部局別の化学物質保有量  
(2020 年 12 月 8 日時点、単位 kg)

|           | CHF   | DCM   | HEX   |
|-----------|-------|-------|-------|
| 農学研究科     | 717   | 96    | 202   |
| 理学研究科     | 461   | 569   | 465   |
| 薬学研究科     | 432   | 195   | 429   |
| 附属病院      | 187   | 0     | 25    |
| 高等研究院     | 168   | 205   | 81    |
| 医学研究科     | 145   | 6     | 12    |
| 生命科学研究科   | 116   | 16    | 72    |
| ウイルス・再生研  | 110   | 38    | 39    |
| 人間・環境学研究科 | 92    | 89    | 94    |
| そのほか      | 80    | 42    | 69    |
| 合計        | 2,508 | 1,256 | 1,488 |

CHF: クロロホルム、DCM: ジクロロメタン、HEX: ノルマルヘキサン

表 2 吉田キャンパス部局別の化学物質取扱量  
(2019 年度、単位 kg)

|           | CHF   | DCM   | HEX   |
|-----------|-------|-------|-------|
| 農学研究科     | 730   | 297   | 1,158 |
| 理学研究科     | 474   | 5,305 | 3,917 |
| 薬学研究科     | 2,998 | 628   | 3,299 |
| 高等研究院     | 297   | 859   | 556   |
| 医学研究科     | 634   | 0     | 63    |
| 生命科学研究科   | 171   | 0     | 83    |
| 人間・環境学研究科 | 219   | 564   | 649   |
| そのほか      | 84    | 49    | 73    |
| 合計        | 5,607 | 7,702 | 9,797 |

表 3 桂キャンパスの化学物質の保有量と取扱量  
(保有量 2020 年 12 月 8 日時点、  
取扱量 2019 年度、単位 kg)

|     | CHF   | DCM   | HEX   |
|-----|-------|-------|-------|
| 保有量 | 1,310 | 768   | 613   |
| 取扱量 | 5,864 | 5,446 | 7,552 |

宇治キャンパスの保有量取扱量は表 4、表 5 に示した。化学研究所、エネルギー理工学研究所が 3 物質を取り扱っている。

集計年が異なるため保有量と取扱量を単純比較はできないものの、各キャンパスの保有量、取扱量が多い主要部局の移動量をきめ細かく把握することが、PRTR 対象化学物質の移動量把握の精緻化に重要と言える。また、取扱量が少なく一定の保有量が確認される場合には、使用しないまま長期保管していることが予想され、不用薬品として適正排出することで漏洩リスクの低減にもつながると考えられる。

表 4 宇治キャンパス部局別の化学物質保有量  
(2020 年 12 月 8 日時点、単位 kg)

|             | CHF | DCM   | HEX |
|-------------|-----|-------|-----|
| 化学研究所       | 525 | 352   | 437 |
| エネルギー理工学研究所 | 85  | 863   | 26  |
| 生存圏研究所      | 61  | 42    | 35  |
| 農学研究科       | 42  | 8     | 26  |
| そのほか        | 3   | 1     | 4   |
| 合計          | 716 | 1,266 | 528 |

表 5 宇治キャンパス部局別の化学物質取扱量  
(2019 年度、単位 kg)

|             | CHF   | DCM   | HEX   |
|-------------|-------|-------|-------|
| 化学研究所       | 2,976 | 1,700 | 1,897 |
| エネルギー理工学研究所 | 436   | 1,050 | 516   |
| 生存圏研究所      | 27    | 3     | 20    |
| 農学研究科       | 3     | 0     | 8     |
| そのほか        | 5     | 2     | 1     |
| 合計          | 3,447 | 2,755 | 2,442 |

表 6 各キャンパスの保有量・取扱量に占める

上位 10 研究室の割合

|     |    | CHF   | DCM   | HEX   |
|-----|----|-------|-------|-------|
| 保有量 | 吉田 | 48.8% | 73.0% | 57.4% |
|     | 桂  | 78.6% | 74.4% | 66.7% |
|     | 宇治 | 70.5% | 91.0% | 73.9% |
| 取扱量 | 吉田 | 74.8% | 91.1% | 72.6% |
|     | 桂  | 84.0% | 84.1% | 79.5% |
|     | 宇治 | 90.2% | 97.2% | 94.8% |

表 7 対象 3 化学物質の保有・取扱がある研究室数

|    |    | CHF | DCM | HEX |
|----|----|-----|-----|-----|
| 吉田 | 保有 | 313 | 105 | 168 |
|    | 取扱 | 136 | 55  | 72  |
| 桂  | 保有 | 55  | 50  | 61  |
|    | 取扱 | 47  | 42  | 45  |
| 宇治 | 保有 | 43  | 38  | 46  |
|    | 取扱 | 35  | 22  | 24  |
| 合計 | 保有 | 411 | 193 | 275 |
|    | 取扱 | 218 | 119 | 141 |

※保有量 2020 年 12 月 8 日時点、取扱量 2019 年度

保有量または取扱量に占める上位 10 研究室の割合を物質別、キャンパス別に表 6 に示した。吉田キャンパスのクロロホルム、ノルマルヘキサンは保有量については、上位 10 研究室の割合が 48.8%、57.4%と比較的低く、多くの研究室が保有している傾向を示している。事実、保有もしくは取扱のある研究室数を表 7 に示したとおり、吉田キャンパスではクロロホルムは 313 研究室、ノルマルヘキサンは 168 研究室が保有しており、他の物質、桂・宇治キャンパスの保有研究室数よりも多いことが確認された。また、それ以外は上位 10 研究室が概ね 70%以上を占めており、こうした多量に保有している研究室の使用用途や廃液保管状況等を優先的に調査することが、移動量把握の精緻化には効率的と考えられる。宇治キャンパスでは保有・取扱があった研究室は 50 未満と少なく、取扱量は数研究室だけで 9 割近くを占めた。

### 1.4.3 排水分析に基づく排水移行率

環境科学センターで実施している建物別の排水濃度分析では、検出下限  $0.2 \mu\text{g/L}$  と低濃度であっても検出できるようになった。そこで、2017～2019 年度の吉田キャンパス構内別（本部、北部、吉田南、病院、医学部、薬学部各構内）の排水放流量と排水中の平均濃度を用いて排水中の含有量を求め、取扱量で除すことで下水道への移行率を算出した。その結果は表 8 に示したとおり、ジクロロメタンでは排水基準値超過が見られた 2017 年の 0.035%から 2018 年 0.0012%、2019 年では 0.0010%と種々の排水管理対策によって排水への移行率を大幅に低減できたことが確認された。クロロホルムについても 2017 年 0.022%から 2019 年 0.0062%まで改善されている。また、2018 年度まで PRTR 届出の際に使用していた下水道への移行率は 200 倍近く大きく、PRTR 制度の運用が開始された当時の排水分析装置の検出下限、ここ 10 数年の学内実験環境の変化など多くの要因が推察される。いずれにせよ、2017～2019 年の分析結果からも、近年の各部局・大学構成員の適正な分別貯留・排水管理策の効果を反映できることが確認された。そのため、2020 年度届出（2019 年度実績）よりクロロホルムとジクロロメタンについては排水濃度に基づく排水移行率を採用した。他の対象化学物質についても分析対象に加えているところであり、今後段階的に見直していく予定である。

表 8 吉田キャンパス構内別排水放流量と排水濃度から算出した下水道への移行率

|                  | CHF     | DCM     |
|------------------|---------|---------|
| 2017             | 0.022%  | 0.035%  |
| 2018             | 0.022%  | 0.0012% |
| 2019             | 0.0062% | 0.0010% |
| 参考：2018 年度までの採用値 | 0.9%    | 0.2%    |

### 1.4.4 実験器具・保管廃液の揮散実験

#### (1) 実験器具の揮散実験

実験器具や実験操作に係る大気や排水中への揮散・流出については、当センターの過去の研究成果<sup>1)</sup>

も引用しつつ、排水基準超過を受けた対応をまとめた環境保全 2017 (No.32) ②においても紹介されている。具体的には、1) 実験器具からの揮散、2) 廃液容器からの揮散、3) ロータリーエバポレーター使用時の溶媒回収、4) ガラス器具に付着した溶媒の洗浄、などである。また、定量的な結果は紹介していないものの、アスピレーター使用に伴う流出や溶媒抽出操作での流出についても注意喚起を行っているので、詳細は同号を参照されたい。

実験器具からの揮散については、実験中のビーカーからの揮散実験を行った。クロロホルム、ジクロロメタン、ノルマルヘキサン、アセトニトリル、N,N-ジメチルホルムアミドの 5 化学物質で実験を行ったが、紙面の都合上、前者 3 化学物質の結果を紹介する。実験期間は 2021 年 1 月 20 日～2 月 4 日である。

実験条件は表 9 に示したとおりである。まず、容量 100mL、200mL ビーカーの重量を電子天秤（メトラー・トレド株式会社 ML3002）で計量し、大小 2 つのビーカーに化学物質毎に純物質を注いだ。そして、ドラフトを Off または On にした状態でドラフト台の上に静置し、1 時間ごとに 12 時間の間、電子天秤で計量し、減少量を揮散量とした。なお、①-1 と ③-1、②-1 と ④-1 は同じ操作を 2 回実施し、再現性を確認した。使用したドラフトの前面の口の広さは縦 36.5cm、横 132cm であった。また、測定時の研究室の室温も記録した。実験温度（室温）は空調を運転させ一定に保つようにし、約 20℃で推移した環境下で実験した。

表 9 ビーカー揮散実験の実験条件

| 実験 No. | ドラフト | ビーカー<br>サイズ | 液量     |
|--------|------|-------------|--------|
| ①-1    | Off  | 100 mL      | 100 mL |
| ①-2    | Off  | 200 mL      | 100 mL |
| ②-1    | On   | 100 mL      | 100 mL |
| ②-2    | On   | 200 mL      | 100 mL |
| ③-1    | Off  | 100 mL      | 100 mL |
| ③-2    | Off  | 200 mL      | 200 mL |
| ④-1    | On   | 100 mL      | 100 mL |
| ④-2    | On   | 200 mL      | 200 mL |

実験操作中のビーカーからの理論的な揮散量は、野村 ④によって定式化されている。以下に、その理論式を紹介する

フィックの第一法則によると、単位時間に単位断面面積を通るある物質の物質流束  $J$  は次式で表される。

$$J = -D \frac{dC}{dx} \quad (\text{式 1})$$

ここで  $D$  は拡散係数、 $C$  はある物質の濃度、 $x$  は距離座標、 $dC/dx$  は  $x$  軸方向の濃度勾配を表す。また、ここでは単位をそれぞれ、 $J$  [mol/(m<sup>2</sup>・h)]、 $C$  [mol/m<sup>3</sup>]、 $x$  [m]、 $D$  [m<sup>2</sup>/h]とする。断面積  $S$  [m<sup>2</sup>]からの気相のある物質の単位時間当たりの移動量  $N$  [mol/h]は次のように表せる。

$$\begin{aligned} N = S \times J &= -S \times D \frac{dC}{dx} = -S \times D \times \frac{1}{RT} \times \frac{dP}{dx} \\ &= -D \left( \frac{S}{RT} \right) \frac{dP}{dx} \quad (\text{式 2}) \end{aligned}$$

気体の状態方程式 ( $PV=nRT$ ) を利用し、 $C=n/V$  とした。ここで  $P$  はある物質の分圧[Pa]、 $V$  は体積[m<sup>3</sup>]、 $n$  は物質量[mol]、 $R$  は気体定数[Pa・m<sup>3</sup>/(mol・K)]、 $T$  は物質の絶対温度[K]である。

次に、深さが  $L_0$  [m]、内側の断面積が  $S$  [m<sup>2</sup>]のビーカーについて考える。純粋な液体の物質を注いだ初期状態からの経過時間を  $t$  [h]とし、 $t$  [h]後の容器開口部と液面との距離を  $L(t)$  [m]、単位時間当たりの物質移動量を  $N(t)$  [mol/h]とする。液面のごく近傍では物質の分圧は飽和蒸気圧  $P^S$ [Pa]であると考えられ、容器開口部では分圧は 0 になるとすると、単位時間当たりの物質の移動量、つまり揮散量は次のように表される。

$$\begin{aligned} N(t) &= -D \left( \frac{S}{RT} \right) \times \frac{(0 - P^S)}{L(t)} \\ &= \frac{K_D}{L(t)} \quad \left( K_D = \frac{DSP^S}{RT} \right) \quad (\text{式 3}) \end{aligned}$$

ここから  $D$  は空気との相互拡散係数を示すものとする。また、 $L(t)$  と  $V(t)$ 、 $N(t)$  と  $V(t)$ の間には次のような関係がある。

$$L(t) = L_0 - \frac{V(t)}{S} \quad (\text{式 4})$$

$$V(t) = V_0 - \frac{M}{G} \int_0^t N(\tau) d\tau \quad (\text{式} 5)$$

ここで  $V_0$  は初期液量 [ $\text{m}^3$ ]、 $M$  はある物質の分子量 [ $\text{kg/mol}$ ]、 $G$  は物質の液体時の密度 [ $\text{kg/m}^3$ ] である。  
式 3～式 5 より  $N(t)$  を求めると次のようになる。

$$N(t) = \frac{SK_D}{\sqrt{(SL_0 - V_0)^2 + 2I_D t}}$$

$$\left(I_D = \frac{MSK_D}{G}\right) \quad (\text{式} 6)$$

したがって、揮散が始まってから  $t$  時間後の揮散量  $E(t)$  [ $\text{kg}$ ] は次式によって表される。

$$E(t) = M \int_0^t N(\tau) d\tau$$

$$= G \left\{ \sqrt{(SL_0 - V_0)^2 + 2I_D t} - (SL_0 - V_0) \right\} \quad (\text{式} 7)$$

式 3 より、時間が経過するとともに液面の高さが小さくなり、ビーカー開口部との距離が増加する。そのため、時間当たりの揮散量が減少することが分かる。この傾向はドラフトを運転させた場合、させていない場合、どちらの実験結果についてもみられる特徴である。また、式 7 より、ビーカーのように形状が一定の容器であれば、容器の断面積と容器の深さ、容器に入れられた物質の体積、分子量、密度、飽和蒸気圧、拡散係数、さらに、容器の置かれた場所の室温が分かれば、理論的に静置容器からの揮散量を見積もることができることがわかる。各物質の物性値は表 10 にまとめた。

本模擬実験に使用したビーカーは、容量 100mL、深さ 65mm、内径 50.8mm、容量 200mL は深さ 83mm、内径 63.8mm であった。

表 10 理論揮散量算出に用いた物性値

|                                    | CHF                | DCM                | HEX                |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 分子量[g/mol]                         | 119.38             | 84.93              | 86.17              |
| 密度 (25℃)<br>[g/cm <sup>3</sup> ]   | 1.48               | 1.33               | 0.65               |
| 飽和蒸気圧<br>(20℃)[Pa]                 | $2.13 \times 10^4$ | $4.74 \times 10^4$ | $2.07 \times 10^4$ |
| 空気との相互拡<br>散係数[cm <sup>2</sup> /s] | 0.0888             | 0.101              | 0.0761             |

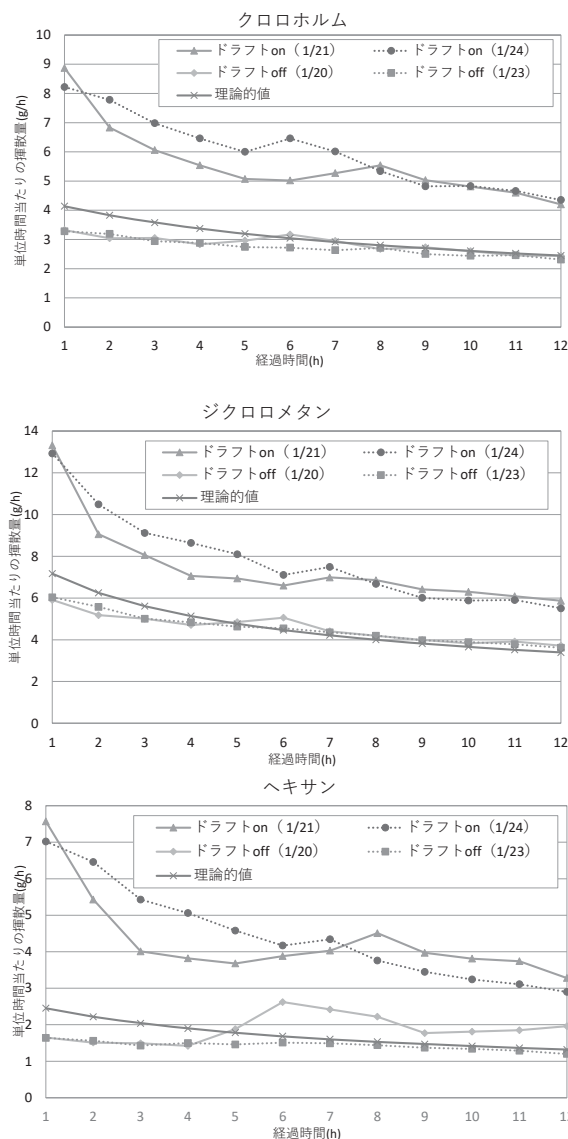


図 1 ビーカー揮散実験結果  
(ビーカーサイズ 100 mL、液量 100 mL)

実験開始から 12 時間までの単位時間当たりの揮散量推移を、推定した理論値とともに図 1 に示した。ドラフト Off の実験結果は理論値どおり、時間経過とともに単位時間当たり揮散量は減少傾向を示した。この減少傾向は、ドラフトを On にした時により顕著であった。なお、アセトニトリル、N,N-ジメチルホルムアミドについては時間当たりの揮散量が少なく、揮散量の変化の傾向を十分に掴むことができなかった。

また、200 mL ビーカーに 100 mL 注入した実験 (図 2) では、揮散量は 100 mL ビーカーに比べ減少した。これは、100 mL ビーカー時と比べビーカー

開口部との距離が増加し、時間当たりの揮散量が減少したと考えられる。また、理論値においても時間経過による減少幅がほとんど見られず、ドラフトを on にした時であっても実験結果の単位時間当たり揮散量に明確な減少傾向は表れなかった。

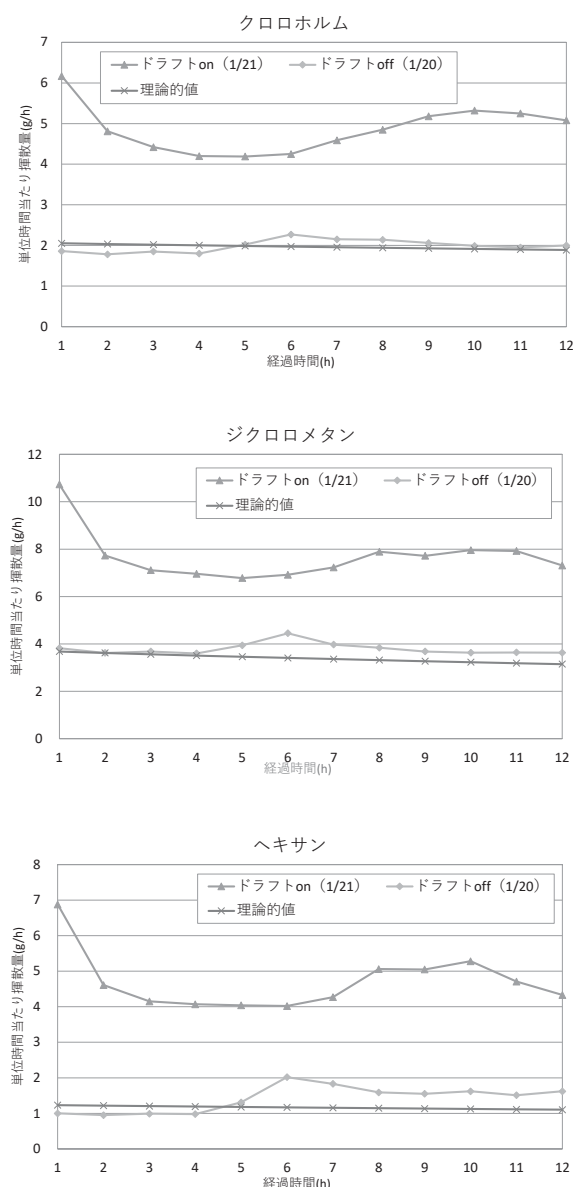


図 2 ビーカー揮散実験結果  
(ビーカーサイズ 200 mL、液量 100 mL)

静置 12 時間の間の揮散率（大気への移行率）は表 11 に示したとおり、ジクロロメタンはドラフト Off では 30-43%、ドラフト On では 63-71% となった。たとえば実験後に片付けをせずドラフト内に放置されてしまうと、大気への揮散量は決して小さくないといえる。また、ドラフト Off で静置すると、大気へ

の揮散は緩やかであるが、実験室での作業員の暴露リスクは高まる可能性も考えられる。

表 11 ビーカー静置 12 時間の揮散率結果

| 液量/ビーカー | ドラフト | CHF | DCM | HEX |
|---------|------|-----|-----|-----|
| 100/100 | Off  | 23% | 43% | 35% |
| 100/200 | Off  | 16% | 35% | 26% |
| 200/200 | Off  | 17% | 30% | 21% |
| 100/100 | On   | 46% | 71% | 80% |
| 100/200 | On   | 40% | 71% | 87% |
| 200/200 | On   | 42% | 63% | 75% |

## (2) 保管廃液（ポリ容器）の揮散実験

京都大学では実験廃液は無機廃液は 20L、有機廃液は 10L の蓋つきポリ容器にて研究室・実験室毎に分別貯留し、保管される。このポリ容器での保管中にも保管容器からの揮散が予想されることから、ポリ容器からの揮散実験を 2021 年 1 月 29 日から～3 月 4 日にかけて実施した。

実験条件は表 12 に示したとおりである。まず、容量 250mL と 1L の蓋つきポリ容器をそれぞれ 10 本用意（物質別に 2 つずつ）した。物質別に 1 本は蓋を外し、もう 1 本は蓋を付け、電子天秤で計量した。そして、250mL ポリ容器に 100mL、1L ポリ容器に 200ml ずつそれぞれ注入した。蓋つきの容器は蓋をきつく締めた後に、およそ 90 度開く方向に回転させた。これは、液体が揮発してポリ容器が膨張・破裂することを防ぐためであり、実際の廃液保管のルールとして通常蓋は締めすぎないように指導していることを反映した。

それら 20 本のポリ容器を運転させていないドラフト台に静置し、電子天秤で計量した。実験開始時と、6 時間後までは 1 時間おきに、その後は 9 時間後、12 時間後に計量した。さらにその後は、実験開始から 3 週間目までは 1 日（24 時間）ごとに、その後は概ね 1 週間ごとに 34 日後まで重量、気温を計測し、減量分を揮散量とした。

また、使用したポリ容器のサイズを表 13 に示した。実際の揮散実験は実施していないが、実際の有機廃液の保管に使用する 10L ポリ容器のサイズも参考として掲載している。高さや断面積、口の直径が揮散量に寄与すると考えられるが、250mL サイズと 1L

サイズでは口の円周、断面積はそれぞれ 1.29 倍、1.93 倍である。

表 12 保管廃液（ポリ容器）の揮散実験

| 容器の蓋 | 容器サイズ  | 液量     |
|------|--------|--------|
| 開    | 250 mL | 100 mL |
| 開    | 1 L    | 200 mL |
| 閉    | 250 mL | 100 mL |
| 閉    | 1 L    | 200 mL |

表 13 ポリ容器の寸法

| 容器<br>サイズ | 口直径<br>(mm) | 寸法<br>(mm)  | 口の<br>円周比 | 断面積<br>比 |
|-----------|-------------|-------------|-----------|----------|
| 250 mL    | 34          | 59×59×131   | 1         | 1        |
| 1 L       | 44          | 82×82×206   | 1.29      | 1.93     |
| 10 L      | 49          | 230×230×230 | 1.44      | 15.2     |

※材質はいずれも HDPE、寸法：縦×横×高さ(mm)

#### < 蓋を開けた状態での揮散量 >

250 mL 容器では、クロロホルムは 10 日、ジクロロメタンは 8 日、ヘキサンは 12 日で全量揮散した。日毎の揮散量推移では、クロロホルム、ジクロロメタン、ヘキサンではビーカー実験同様、僅かながら 1 日当たり揮散量の減少傾向が確認された。また、1L 容器の方が揮散量は多かった。一方で、後述の蓋を閉めた状態での揮散量と比較すると、蓋を開いた状態ではいずれの物質も 1 桁多い揮散量になることから、廃液容器の蓋を開き、廃液を捨てやすいよう上呂を常設するなどの不適切な保管環境においては、実験作業者や周辺環境への暴露リスクを大きく高める可能性が示唆される。

#### < 蓋を閉めた状態での揮散量 >

蓋をきつく締めてから 90 度開いた状態での揮散実験について、図 3 に示した揮散量をみると、これまでのような単位時間当たりの揮散量の減少傾向は見られなかった。このことから、ビーカーや蓋を開けた状態での開放系の静置・保管条件とは異なり、液面面積の揮散量への寄与は小さく、揮散口となる注ぎ口の直径等の別の寄与が大きい可能性が考えられる。また、今回の実験では初期液量がそれぞれ 100mL、200mL であり、液面と口までの距離にも大きな違いがあり、液面と口までの距離も揮散量への寄与が小

さいと考えられる。250ml 容器の高さは 131mm、100ml の液体が入っているときその水位はおよそ 37mm であり、時間当たり揮散量が水面と口までの距離に反比例するとすると、水位が 5mm の時（34 日目）と初期状態では  $1.31 = (131-5)/(131-37)$  と初期状態の方が 3 割ほど時間当たり揮散量は大きくなる見込みであった。しかし、今回の実験ではジクロロメタンはそのような挙動を示しておらず、実際の廃液保管が数か月の長期にわたらない間においては、時間当たりの揮散量は概ね一定と言える。なお、ジクロロメタンは蓋を閉めた状態でも 24 日で全量揮散した。

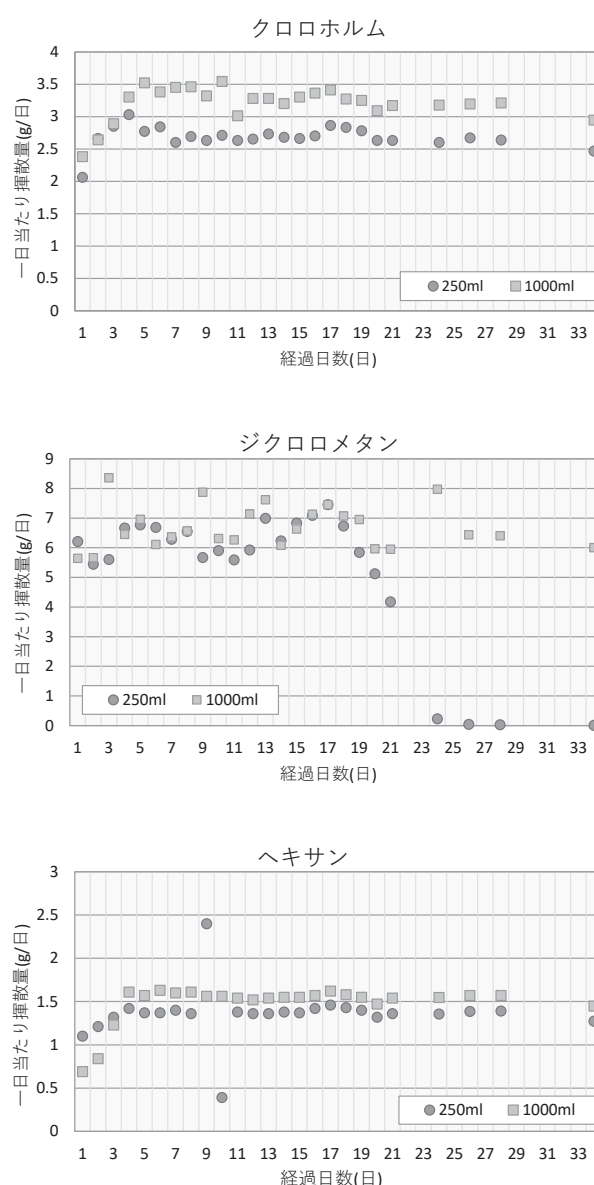


図 3 ポリ容器の揮散実験結果（蓋：閉）

先行研究である野村<sup>1)</sup>の実験では、有機廃液ポリ容器（10L）にクロロホルム、ジクロロメタンを詰めてねじ式の蓋を締めたのち半回転戻し、1日静置して重量を測り揮散量を求めている。その結果、クロロホルムは2.8g、ジクロロメタンは5.7g揮散した。この結果は今回のクロロホルム、ジクロロメタンの蓋を締めた容器からの揮散量2.38g/日、5.64g/日とも近く、容器サイズの揮散量への影響は小さいことが示唆される。

ここで、ジクロロメタンのポリ容器からの揮発実験結果を例に、ポリ容器保管中の大気への揮散量について考察する。より長期的な揮散量の推移を見る必要があるが、6日間の模擬実験では1日当たりの揮散量は平均6.63g/日、1日当たり約4.2%が揮散した。仮にジクロロメタンを含有する実験廃液を30日間保管し、この間の揮散率が一定であった場合、30日後のジクロロメタン含有量は初期含有量の27.6%まで減少する。すなわち、ポリ容器での廃液保管時の大気への揮散率は72.4%と概算される。2020年度に有機廃液分析を行った（2020年9月～2021年1月の環境科学センター処理代行分）有害廃油・引火性廃油の43本のうち、8本に計2.52kgのジクロロメタンが含有されていた。2020年度京都大学の有害廃油・引火性廃油廃液の搬出本数はあわせて8819本であることから、同じ割合でジクロロメタンが含まれているとすると516.8kgが含まれていることになる。これが揮発しなかった27.6%にあたると考えると、2020年度のポリ容器からの大気への移行量は、

$$516.8 \text{ [kg/年]} \times 72.4/27.6 = 1356 \text{ [kg/年]}$$

と概算される。これは物質収支に基づく2019年度の学内3キャンパスのジクロロメタンの大気への移行

量9,400kgと比べると約14%に相当する。これはいち試算例に過ぎないが、保管ポリ容器からの大気への揮散量が決して小さくない可能性を示唆している。

#### 1.4.5 さいごに

本節では、京都大学の3化学物質の環境および事業所外への移動量把握手法精緻化に向けた近年の取組について紹介した。このほかにも、環境科学センターが処理を代行している部局の有機廃液については、2020年9月より試行的に廃液サンプリングと性状分析を実施しており、実験廃液の性状把握のための分析方法やサンプリング～分析までの仕組みづくりも含めて検討を進めているところである。

今後、取扱研究室・保有研究室に対して聞き取り調査を行い、より詳細な使用用途や試薬としての保有状況、実験後の実験廃液の保管状況や排出頻度等を明らかにすることで、環境および事業所外への移動量をより正確に把握することが可能となる。こうした使用実態を把握することは、PRTR届出情報の精緻化のみならず、漏洩リスクや実験操作～廃液管理における暴露リスクを低減することが期待されることから、化学物質を取り扱う研究室にとっても有用な知見が提供できるものと考えている。

#### 1.4.6 参考文献

- 1) 野村直史：京都大学大学院工学研究科修士論文（2004）
- 2) 環境保全、No.32. 31-36（2018）