

## 事業者の自主管理を支援するための簡易濃度推計ツールの開発

Development of a simple concentration estimation tool to support the voluntary management of chemical substances by business operators

菊地 美加

KIKUCHI Mika

金井 正和

KANAI Masakazu

重水 洋平

SHIGEMIZU Youhei

今村 則子

IMAMURA Noriko

片谷 教孝\*<sup>1</sup>

KATATANI Noritaka

### 要旨

本研究所では桜美林大学と共に、PRTR データを活用した簡易なシミュレーション手法による、事業者の自主管理を支援するための実践的ツールの開発を行っている。ツールは、化学物質が地域環境に与えている影響と排出削減による効果を把握できるものとし、操作ができるだけ簡易となるよう設計した。設計したツールは、数値モデルや環境調査結果との比較検証を実施し、一定程度の精度が確保されていることを確認した。

キーワード：環境リスク評価、化学物質

Key words: Environmental risk assessment, Chemical substances

### 1 はじめに

本市は京浜工業地帯の中核であることから様々な業種の事業所で多くの化学物質が製造・使用されており、それらにより環境を通じて人や生態系に影響を及ぼす可能性がある。本市では、化学物質の大気経路の吸入暴露による人の健康影響に関する環境リスク評価<sup>1)</sup>を実施し、環境リスクの低減に向けた取組を行っている。また、化学物質を取り扱う事業者が、事業所周辺の環境リスクを評価し、効率的かつ効果的な環境リスクの低減を図るため「化学物質取扱い事業所周辺の環境リスク評価のための手引き」<sup>2)</sup>を作成し、事業者の自主的取組を促進している。

本研究所は、環境研究総合推進費SII-4「ライフサイクル全体での化学物質管理に資するPRTRデータの活用方策に関する研究」のテーマ2サブテーマ(2)「事業者の自主管理を支援するための実践的ツールの開発」に、協力研究機関として参画している。本研究では、サブテーマリーダーである桜美林大学と共に、PRTR データを活用した簡易なシミュレーション手法である「簡易濃度推計ツール」(以下、「ツール」という。)の開発を行っている。本ツールは、排出された化学物質が地域環境に与えている影響(濃度・リスク)と排出削減による効果を把握できるため、事業者の自主管理を支援するための実践的ツールとなることを目的としている。

今回、開発中のツールの概要と、ツールの精度検証で得られた知見について報告する。

## 2 ツールの概要

### 2.1 ツールの設計

事業所周辺の化学物質のリスク評価を実施するために、経済産業省一低煙源工場拡散モデル(以下、「METI-LIS」という。)が開発され、一般社団法人産業環境管理協会から公開されている。上記モデルを使用した化学物質の濃度予測には、対象地域や気象条件等の設定が必要であり、

事業者が事前にそれらのデータを準備する必要がある。本ツールは、誰にでも簡単に使用できるように、Microsoft Excelにて作成し、事業者の事前準備が必要となるデータ等をあらかじめツール内に収載しておき、使用者が簡単な選択肢または情報を入力するだけで、大気環境濃度が計算されるよう設計した。また、大気環境濃度だけでなく、大気環境濃度(暴露量)と有害性情報とのリンクによる環境リスク評価ができるようにした。

ツールの設計にあたっては事業者の要望を反映し、次のポイントを重視した。

- ①入力項目はできるだけ簡易なものとする。
- ②排出量は必須項目とし、排出高さ、評価高さ等の項目を任意で入力できることとし、様々な条件による濃度変化(排出量の削減効果等)の可視化を行う。
- ③物質ごとに有害性情報とのリンクを行い、評価地点及び最大濃度地点の濃度表示とリスク評価を可能とする。
- ④事業所所在地区の濃度を示すことで、濃度比較を可能とする。
- ⑤リスク評価や濃度の比較により、優先的に対策をすべき化学物質の順位づけ、効率的なリスク削減を可能とする。

上記を踏まえて設計したツールの概要(主な入力項目、出力項目、出力グラフ)を図1に示す。

| 主な入力項目       | 入力例      | 備考          |
|--------------|----------|-------------|
| 評価物質         | アクリロニトリル | プルダウンから選択   |
| 排出量[kg/year] | 1000     | PRTR 排出データ等 |
| 排出高[m]       | 10       |             |
| 評価地点[風下距離m]  | 900      | プルダウンから選択   |
| 評価地点(風下)の方角  | S        | プルダウンから選択   |
| 評価高さ[地上m]    | 1.5      | デフォルト 1.5m  |

\* 1 桜美林大学

|  | 主な出力項目                             | 出力例   | 備考  |
|--|------------------------------------|-------|---|
| 気象                                     | 同一方向に風が吹く頻度                        | 8.9%  | 自動表示  |
|  | 風速 u[m/s]                          | 2.75  | 自動表示  |
|  | 大気安定度                              | D     | Dで固定  |
| 有害性                                    | 有害性指標                              | 指針値   | 無毒性量、ユニットリスク、指針値、環境基準、TD0.05 のいずれかが表示                                     |
|  | 管理基準濃度[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 2     |   |
| 評価地点                                   | 大気予測濃度[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 0.149 |   |
|  | リスク評価指標                            | 13.4  | 管理基準濃度/評価地点の大気予測濃度  |
|  | 環境リスク評価                            | レベル3  | リスク評価指標が<br><1: リスクレベル1<br>1 $\leq$ , <10: リスクレベル2<br>10 $\leq$ : リスクレベル3 |
| 風下の最大濃度地点                              | 発生源からの距離[m]                        | 150   |   |
|  | 大気予測濃度[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] | 1.36  |   |
|  | リスク評価指標                            | 1.5   | 管理基準濃度/最大濃度地点の大気予測濃度  |
|  | 環境リスク評価                            | レベル2  | リスク評価指標が<br><1: リスクレベル1<br>1 $\leq$ , <10: リスクレベル2<br>10 $\leq$ : リスクレベル3 |
| 事業所所在地区の濃度[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] |                                    | 0.119 |   |

出力グラフ

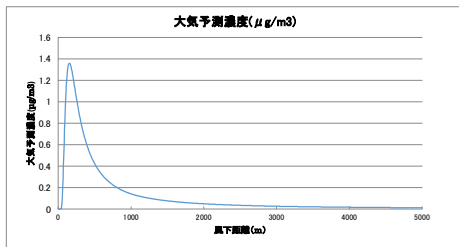


図1 ツールの概要

## 2.2 ツールの項目

図1に示したとおり、ツールの主な出力項目は、評価物質の大気濃度の予測に使用している気象に関する事項（風向頻度、風速、大気安定度）、評価物質の有害性に関する事項（有害性指標、管理基準濃度）、大気予測濃度、リスク評価に関する事項（リスク評価指標、環境リスク評価）、事業所所在地区の濃度である。

有害性指標は、環境省「化学物質の環境リスク評価」<sup>4)</sup>から得られる無毒性量、ユニットリスク、TD0.05を基本とし、大気汚染防止法の環境基準と指針値も活用した。有害性データは、ツールに実装する際、人に対する毒性重み付け係数を考慮して換算し、管理基準濃度として整理した。

ツールで算出される大気予測濃度は、METI-LISで使用されている点源プルーム式を活用した<sup>3)</sup>。

環境リスク評価は、有害性指標と大気予測濃度から求め、管理基準濃度/大気予測濃度の値をリスク評価指標としてリスクレベルを3段階にレベル分けした。

事業者の自主管理の参考とすべく、大気予測濃度は、評価地点だけではなく、風下の最大濃度地点についても算出し、最大濃度地点の距離と濃度、最大濃度地点のリスクレベルも出力項目とした。また、ツールで算出された大気予測濃度が周辺環境に与える影響を把握できるよう、事

業所所在地区の濃度も出力項目とした。事業所所在地区の濃度は、独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）により公表されている「PRTR マップ」<sup>5)</sup>の濃度（3次メッシュ（1km×1km）の濃度）を活用し、区に含まれるメッシュ濃度を平均して算出した。

出力には、これらの項目のほかグラフも出力し、グラフには、風下距離と大気予測濃度が表示され、排出条件（排出量、排出高さ）を変えた場合の濃度変化を確認することができるようにした。

ツールは、今後、事業者や専門家の意見を取り入れつつ、改良を行う予定である。

## 3. ツールの精度検証

ツールで算出した大気予測濃度をリスク削減に資するデータとして用いるためには、一定レベルの推計精度が必要である。ツールの精度を検証するため、ツールで算出した大気予測濃度をMETI-LIS等の数値モデルで算出した大気予測濃度や市内の大気環境調査結果（実測値）との比較検証を行った。

### 3.1 METI-LIS 計算値との比較

ツールは、1事業所の排出量が周辺地域に与える影響（大気環境濃度）を求めるものであるため、1事業所の仮想PRTR排出量を用いて、METI-LISで計算した値とツールで計算した値を比較し、検証を行った。検証に使用したMETI-LISとツールの計算条件を表1に示す。

表1 検証に使用したMETI-LISとツールの計算条件

| 項目        | METI-LIS  | ツール                                  |
|-----------|---|--------------------------------------|
| 排出量[kg/年] | 1000  | 1000                                 |
| 排出高[m]    | 10m, 50m  | 10m, 50m                             |
| 長期気象データ   | 日照時間は横浜地方気象台、それ以外は本市の各測定局での観測値<br>時間ごとの風向・風速・気温・日射率 | 本市の各測定局での観測値<br>年間風向頻度（16方位）<br>平均風速 |
| 計算点       | 10mグリッド   | 10m                                  |
| 計算範囲      | 10km四方  | 10m~3000m                            |
| 評価高さ[地上m] | 1.5m  | 1.5m                                 |

また、評価地点におけるツールとMETI-LISの大気環境濃度推計値の関係を図2に示す。

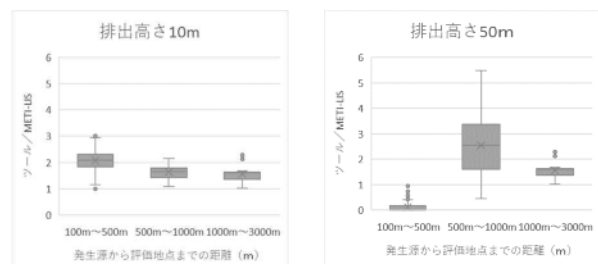


図2 評価地点におけるツールとMETI-LISの大気環境濃度計算値の関係

評価地点 100m から 3000m におけるツールと METI-LIS の関係は、排出高さ 10m においては、ツール計算値/METI-LIS 計算値が約 1～3 の範囲内となり、ツールは METI-LIS に比べ若干高めに計算されるものの、ほぼ同等の計算値であった。しかしながら、排出高さ 50m では、発生源近傍（評価地点約 500m 程度まで）の評価地点において、ツールの計算値がほぼゼロと算出されることによる差が生じるため、今後、ツールの計算パラメータや排出高さの設定について検討を行っていく必要があることが示唆された。

これらの結果から、1 事業所の排出量を用いた METI-LIS との比較によるツールの精度については、排出高さの設定について再検討する必要があるものの、ツールに必要とされる一定程度の推計精度が確保されていると考えられる。

### 3.2 環境調査結果との比較

#### 3.2.1 検証に使用した環境調査

環境調査の対象物質はツールの精度の検証への有用性を考慮し、市内の PRTR 届出排出量（大気）において、特定の事業所からの排出量が突出している物質、狭い区域に排出事業所が集中している物質として PRTR データを参考に 8 物質を選定した。選定した物質名、事業所数、（市内の PRTR 届出事業所数）、市内 PRTR 届出事業所からの排出量（大気）、市内の全 PRTR 排出量（大気）に占める届出排出量の割合を表 2 に示す。

表 2 環境調査の対象物質、事業所数、大気排出量

| 物質名       | 事業所数 | 市内 PRTR 届出排出量 (大気) |                | 市内排出量に占める届出排出量の割合 (%) |
|-----------|------|--------------------|----------------|-----------------------|
|           |      | 合計 (kg)            | 総量 (kg)        |                       |
| アクリロニトリル  | 4    | 4,960              | 300~3400       | 92                    |
| エチレンオキシド  | 5    | 3,650              | 30~1,900       | 94                    |
| 酸化プロピレン   | 4    | 6,340              | 100~5,200      | 100                   |
| クロロメタン    | 2    | 140,000            | 10,000~130,000 | 100                   |
| ジクロロメタン   | 3    | 10,150             | 850~8,100      | 43                    |
| トリクロロエチレン | 1    | 4,300              | 4,300          | 64                    |
| ナフタレン     | 6    | 12,182.7           | 0.3~12,000     | 83                    |
| 1,3-ブタジエン | 9    | 20,656             | 56~7,400       | 76                    |

調査地点は、選定した 8 物質の最大排出事業所との距離が、ツールの計算範囲内（10～5000m）となる、8 地点を選定した。調査は、2019 年度は年 4 回～12 回、2020 年度は年 6 回～12 回実施し、年平均値を求めた。

#### 3.2.2 検証に使用した数理モデルと設定条件

ツールで算出した大気予測濃度と環境調査結果（実測値）を比較するにあたり、数理モデルによる大気濃度の推計結果とも比較を行うこととした。数理モデルによる大気濃度の推計としては、川崎市の環境リスク評価で実施している、METI-LIS と産業技術総合研究所一曝露・リスク評価大気拡散モデル（以下、「ADMER」という。）を組み合わせた方法（以下「川崎市方式」という。）と、

ADMER の 2 つの方法で行った。ツール、川崎市方式、ADMER の設定条件を表 3～表 5 に示す。

検証に使用した排出量データ（PRTR 排出量）は、2018 年度データを用いた。気象データについては、その時点で入手可能なデータを用いた。

表 3 ツールの設定条件

| 項目     | 設定条件                               |
|--------|------------------------------------|
| 計算範囲   | 10m～5000m                          |
| 気象データ  | 本市の各測定局での観測値<br>年間風向頻度（16 方位）、平均風速 |
| 排出量データ | 市内 PRTR 届出排出量<br>排出高さは 10m         |
| 計算点    | 10m 間隔、高さは 1.5m                    |

表 4 川崎市方式の設定条件

| 項目      | 設定条件   |   |
|---------|--|---|
|         | METI-LIS (ver. 3.4.2)                                  | ADMER (ver. 3.5)  |
| 計算範囲    | 川崎市  | 神奈川県、東京都、千葉県  |
| 気象データ   | 日照時間は横浜地方気象台、それ以外は本市の各測定局での観測値                         | ADMER 専用アメダスデータ   |
| 排出量データ  | PRTR 届出排出量<br>（本市の行政区ごとに<br>入力）<br>排出高さは 10m           | PRTR 届出排出量<br>（METI-LIS で対象とした<br>地域を除く神奈川県、東<br>京都、千葉県）<br>PRTR 届出外排出量<br>排出源によりメッシュ化<br>指標を選択 |
| 計算点     | 200m 間隔グリッド分割<br>高さは 1.5m                              | 500m メッシュ   |
| 計算パラメータ |  | 分解係数、洗浄比を使用   |
| メッシュ化処理 | METI-LIS の 500m×500m メッシュに含まれる濃度を<br>平均化し、ADMER と足し合わせ |   |

表 5 ADMER (ver. 3.5) の設定条件

| 項目      | 設定条件  |
|---------|---|
| 計算範囲    | 神奈川県、東京都及び千葉県                                 |
| 気象データ   | ADMER 専用アメダスデータ                               |
| 排出量データ  | PRTR 届出排出量<br>PRTR 届出外排出量<br>排出源によりメッシュ化指標を選択 |
| 計算点     | 500m メッシュ                                     |
| 計算パラメータ | 分解係数、洗浄比を使用                                   |

### 3.2.3 結果

#### 3.2.3.1 ツール計算値と数理モデルによる計算値の比較

環境調査の対象とした 8 物質について、環境調査地点（8 地点）における年平均値を、ツール、川崎市方式、ADMER でそれぞれ算出し、比較検証を行った。ツール計算値と川崎市方式計算値の関係を図 3 に、ツール計算値と ADMER 計算値の関係を図 4 に示す。

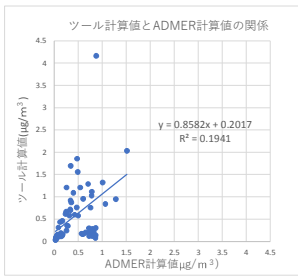


図3 ツールと川崎市方式の関係 (8物質)

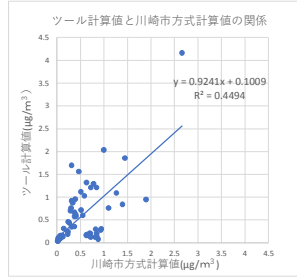


図4 ツールと ADMER の関係 (8物質)

ツール計算値と川崎市方式計算値との相関係数は、0.67、ツール計算値と ADMER 計算値の相関係数は0.44であり、相関は弱かった。ツール計算値と川崎市方式及び ADMER 計算値が異なる理由として、ツール計算値には、排出量データとして、PRTR 届出外排出量が含まれておらず、PRTR 届出外排出量が多い物質について、川崎市方式や ADMER 計算値との違いが生じることが示唆された。

よって、PRTR 届出外排出量が比較的多い (PRTR 届出外排出量の割合が 30%以上を占める) トリクロロエチレンとジクロロメタンを除いた6物質について、同様の比較を行った。

6物質に関するツール計算値と川崎市方式計算値の関係を図5に、ツール計算値と ADMER 計算値の関係を図6に示す。

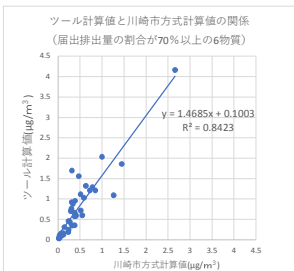


図5 ツールと川崎市方式の関係 (6物質)

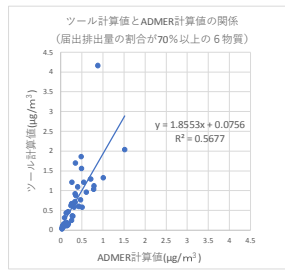


図6 ツールと ADMER の関係 (6物質)

6物質に関するツール計算値と川崎市方式計算値との相関係数は、0.92、ツール計算値と ADMER 計算値の相関係数は0.75であり、良好な関係性が得られた。

ツールは、川崎市方式計算値や ADMER 計算値よりも若干濃度が高めに算出される傾向があるものの、届出排出量の割合が高い物質については、ツールによる市内環境濃度の推計が行える可能性が示唆された。ツールによる市内環境濃度の推計の利点としては、評価地点における環境濃度と排出量との関係が明確であるため排出量の増減による環境濃度の増減の算出や評価地点における排出事業者ごとの寄与率の算出が容易であること等があげられる。

なお、ツール計算値が、ADMER 計算値よりも川崎市方式計算値との関係性の方が良好である理由として、ツールは、METI-LIS で使用されている点源ブルーム式を活用していること、METI-LIS と同じ測定地点の気象データを使用していることが考えられる。

一方、上記6物質に比べ、届出排出量の割合が低いトリクロロエチレンとジクロロメタンについては、ツールのみによる市内環境濃度の推計は困難であり、ADMER 等による届出外排出量の算定が必要であると思われる。

### 3.2.3.2 実測値との比較

環境調査の対象とした8物質について、環境調査地点 (8地点) における年平均値 (実測値) とツール計算値の比 (ツール計算値/実測値)、実測値と川崎市方式計算値の比 (川崎市方式計算値/実測値)、実測値と ADMER 計算値の比 (ADMER 計算値/実測値) の関係を図7に示す。

ツール計算値/実測値について、届出排出量の割合が低い、トリクロロエチレンとジクロロメタンは、ツール計算値/実測値の値が1地点を除き1以下となり、川崎市方式計算値や ADMER 計算値と比べても低めに算出される傾向があった。この理由としては、ツール計算値には、排出量データとして、PRTR 届出外排出量が含まれておらず、PRTR

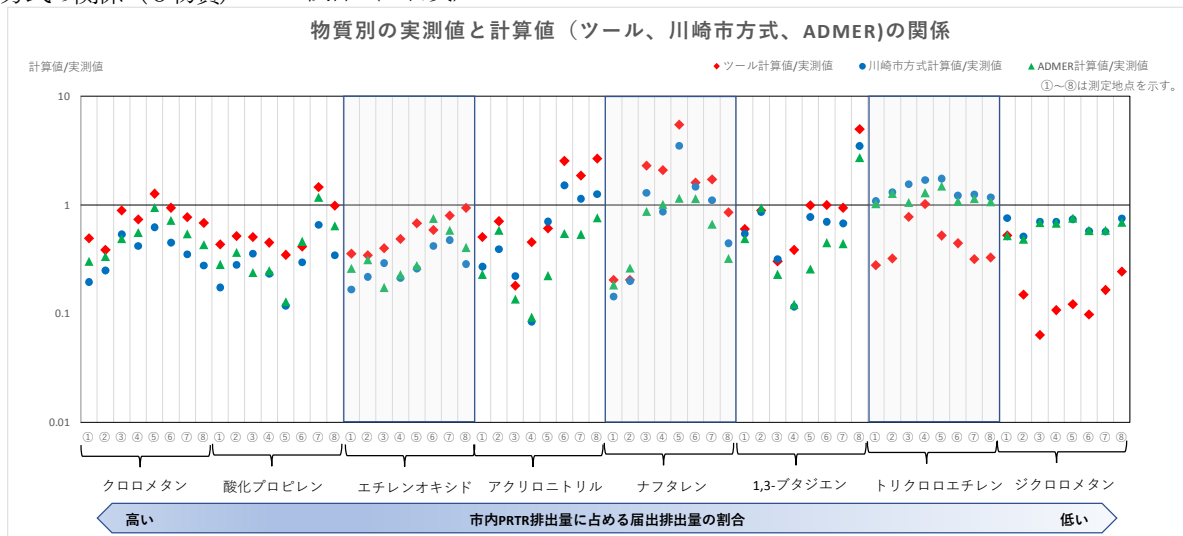


図7 実測値と計算値 (ツール計算値、川崎市方式計算値、ADMER 計算値) の関係

届出外排出量が多い物質について、実測値、川崎市方式及び ADMER 計算値との差が生じたためと思われる。届出排出量の割合が高いクロロメタンから 1,3-ブタジエンまでの6物質は、ツール計算値は川崎市方式計算値や ADMER 計算値よりも若干高めに算出される傾向がある。ナフタレンの⑤、1,3-ブタジエンの⑧の地点では、ツール計算値/実測値が5以上となり、ツール計算値と実測値との差が大きいが、川崎市方式計算値も同様の傾向を示しており、総合的に見てツール計算値のみが極端に外れ値となることはなかった。

以上のツールと数理モデル、実測値との比較から、ツールの精度については、一定程度の推計精度が確保されていると考えられる。

#### 4 まとめ

本ツールは、化学物質の環境リスクや、排出量の削減効果の把握が容易にできるよう開発した。

開発したツールの精度検証結果から、ツールは、一定程度の精度が確保されていることを確認した。今後は、事業者や専門家の意見を取り入れつつツールを改良し、ツールの使用マニュアルを作成し、事業者の自主管理に役立つツールとしていく予定である。

本ツールを提供することにより、今まで環境リスク評価を実施していなかった事業者によるリスク評価の実施、化学物質の自主管理の促進に寄与すると考えている。

#### 謝辞

本研究は環境総合研究推進費 JPMEERF19S20404 を得て行われたことをここに記し、謝意を表します。

#### 文献

- 1) 川崎市：環境リスク評価書  
<https://www.city.kawasaki.jp/kurashi/category/29-1-3-3-6-0-0-0-0-0.html>
- 2) 川崎市：化学物質取扱い事業所周辺の環境リスク評価のための手引き  
<https://www.city.kawasaki.jp/kurashi/category/29-1-3-2-12-1-0-0-0-0.html>
- 3) 経済産業省：「有害大気汚染物質に係る発生源周辺における環境影響予測手法マニュアル」  
<https://www.jemai.or.jp/tech/medi-lis/dd4ht300000008b5-att/a1498700929138.pdf>
- 4) 環境省：化学物質の環境リスク評価  
<https://www.env.go.jp/chemi/risk/index.html>
- 5) 独立行政法人製品評価技術基盤機構：「PRTR マップ」  
<https://www.prtrmap.nite.go.jp/prtr/top.do>