

Environment Research and Technology Development Fund

環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

S II-4-2 PRTR制度における排出源管理及び環境改善把握の
支援ツールの開発
(JPMEERF19S20420)
令和元年度～令和3年度

Support Tools for Release Source Management and Environment Improvement Validation
Using PRTR Scheme

〈研究代表機関〉
国立大学法人横浜国立大学

〈研究分担機関〉
桜美林大学
(公財)東京都環境公社東京都環境科学研究所

〈研究協力機関〉
川崎市環境総合研究所

令和4年5月

目次

| | |
|--|----|
| I. 成果の概要 | 1 |
| 1. はじめに（研究背景等） | |
| 2. 研究開発目的 | |
| 3. 研究目標 | |
| 4. 研究開発内容 | |
| 5. 研究成果 | |
| 5-1. 成果の概要 | |
| 5-2. 環境政策等への貢献 | |
| 5-3. 研究目標の達成状況 | |
| 6. 研究成果の発表状況 | |
| 6-1. 査読付き論文 | |
| 6-2. 知的財産権 | |
| 6-3. その他発表件数 | |
| 7. 国際共同研究等の状況 | |
| 8. 研究者略歴 | |
| II. 成果の詳細 | |
| II-1 簡易排出管理手法の基本設計及び分析データバンク作成の要素技術開発 （国立大学法人横浜国立大学） | 17 |
| 要旨 | |
| 1. 研究開発目的 | |
| 2. 研究目標 | |
| 3. 研究開発内容 | |
| 4. 結果及び考察 | |
| 5. 研究目標の達成状況 | |
| 6. 引用文献 | |
| II-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 （桜美林大学、協力：川崎市環境総合研究所） | 32 |
| 要旨 | |
| 1. 研究開発目的 | |
| 2. 研究目標 | |
| 3. 研究開発内容 | |
| 4. 結果及び考察 | |
| 5. 研究目標の達成状況 | |
| 6. 引用文献 | |
| II-2 行政が実施する環境改善の状況把握を支援するためのデータベースの開発 （（公財）東京都環境公社 東京都環境科学研究所） | 46 |
| 要旨 | |

1. 研究開発目的
2. 研究目標
3. 研究開発内容
4. 結果及び考察
5. 研究目標の達成状況
6. 引用文献

| | | |
|-------------------|-------|-----|
| III. 研究成果の発表状況の詳細 | | 6 1 |
| IV. 英文 Abstract | | 6 5 |

I. 成果の概要

課題名 SII-4-2 PRTR制度における排出源管理及び環境改善把握の支援ツールの開発

課題代表者名 亀屋 隆志 (国立大学法人横浜国立大学 大学院環境情報研究院 教授)

研究実施期間 令和元年度～令和3年度

研究経費

145,811千円 (合計額)

(各年度の内訳：令和元年度：48,635千円、令和2年度48,588千円、令和3年度：48,588千円)

研究体制

(サブテーマ1) 簡易排出管理手法の基本設計及び分析データベース作成の要素技術開発 (国立大学法人横浜国立大学) (JPMEERF19S20403)

(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 (桜美林大学) (JPMEERF19S20404)

(サブテーマ3) 行政が実施する環境改善の状況把握を支援するためのデータベースの開発 ((公財)東京都環境公社東京都環境科学研究所) (JPMEERF19S20405)

研究協力機関

川崎市環境総合研究所

本研究のキーワード PRTR、自主管理、支援ツール、リスク評価、アセスメントシート、環境モニタリング、一週間捕集、バックグラウンド濃度、AIQS-DB分析

1. はじめに (研究背景等)

「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律 (化管法)」の目的は、事業者による化学物質の自主的な管理の改善を促進し、環境の保全上の支障を未然に防止することにある (法第1条)。事業者に対しては排出量等の把握及び届出 (PRTR) (法第5条) と化学物質等の性状及び取扱いに関する情報の提供 (SDS) (法第14条) が義務付けられている。一方、そもそも化管法においては、事業者は化学物質の物理的・化学的性状についての科学的知見及び製造、使用その他の取扱い等に関する技術の動向を勘案して定められた「事業者が講ずべき化学物質の管理に係る措置に関する指針 (化学物質管理指針)」 (法第3条) に留意し、事業者の責務として化学物質の取扱い等に係る管理とその状況に関する国民の理解を深めるよう努めなければならない (法第4条) と位置付けられており、法名称の後半部分にある「管理の改善の促進」を如何に実現できることこそがこの法律が目指す最終目的である。

化管法の制定から20年を経過した。法の制定・施行の当初には、事業所内で化学物質を効率的に管理できるデータベースシステムの導入や、地域住民との対話集会の開催等が盛んに行われ、また、同じ時期に大気汚染防止法改正によって揮発性有機化合物 (VOC) の30%排出削減を目標とした規制が行われたこともあり、枠組規制である化管法においても、対象物質の管理の改善が急速に進んだ。一方で、化管法には直接的に具体的な排出行為に対する禁止や制限、義務付けはなく、事業者の意識向上と創意工夫に期待しつつも、目標の達成やこれまで努力してきた事業者の取り組みの成果を点検し、さらなる効果的な改善へとつなげていく手段の提供が不足している。特に、事業者が創意工夫による自主的管理での環境リスク管理を支援する使いやすいツールや、行政が化管法の効

果測定として環境改善把握を行うための効率的なツールがなく、新たな環境政策を展開するための情報資源が不足している。

2. 研究開発目的

本研究テーマでは、「経済財政運営と改革の基本方針2018」の「力強い経済成長の実現に向けた重点的な取組」における「安全で安心な暮らしの実現」に欠かせない「化学物質対策」の柱として、また、「第5次環境基本計画」における「化学物質のライフサイクル全体での包括的管理」の重要なツールとして、さらには国際協調の下で取り組んでいるWSSD2020年目標やポスト2020における化学物質のさらなる適正管理の実現に向けて取り組むものである。具体的には、現場の事業者がPRTRデータをより実践的に活用し、化学物質の管理の改善に向けた自主的取組を実践できるためのツールを提供すること、および、その排出抑制の取り組みによって実際の環境の状況がどこまで保全や改善がなされているかについて国が地方自治体を通じて包括的に把握できるためのツールを提供することが本研究テーマ全体としての研究開発目標である。

サブテーマ1では、事業者支援のための化管法対象物質の特性に応じた簡易な排出管理手法の基本設計と、行政支援のための大量の分析データの収集・収録方法の要素技術開発を目的とする。サブテーマ2では、高度な環境解析技能を有しない事業者においても利用が可能となる、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目的とする。サブテーマ3では、地方環境行政における指導・監視や地域環境の改善状況の把握を支援するため、PRTR対象物質について環境実態を効果的に把握するための手法を整備し、行政が簡易に利用することが出来るデータベースの開発を目的とする。

3. 研究目標

| | |
|----------------|---|
| 全体目標 | 高度な解析技能を有しない事業者でも容易に使用可能なPRTRデータを活用した自主的取組実践のための事業者支援ツール、その排出抑制によって実環境の状況がどこまで保全や改善されているかを国が地方自治体を通じて包括的に把握するための行政支援ツールを提供する。 |
| サブテーマ1 | 簡易排出管理手法の基本設計及び分析データバンク作成の要素技術開発 |
| サブテーマリーダー/所属機関 | 亀屋隆志/国立大学法人横浜国立大学 |
| 目標 | 「簡易排出管理手法の基本設計及び分析データバンク作成の要素技術開発」では、事業者において簡易に作成可能な排出シナリオおよび周辺環境への曝露シナリオの基本設計を行い、簡易リスク評価シートを開発する。化学物質の特性や排出事業所の周辺環境に応じ、自主的管理のための目標排出量を設定できるようにする算定手法の基本設計を行う。また、分析者における容易な手法選択と効率的なモニタリングデータ収集を可能とする一斉分析手法のあり方と具体的な分析条件を整理して、562物質に及ぶ化管法対象物質に対する適用範囲を明らかにする。 |
| 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 |
| サブテーマリーダー/所属機関 | 片谷教孝/桜美林大学 |
| 目標 | 「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」では、実態調査として対象物質は10物質程度、測定地点は10地点程度について、3年間の継続調査を実施する。高度な環境解析技能を有しない事業者が利用可能な簡易な、一般 |

| | |
|---------------|--|
| | <p>的なソフトを活用した周辺環境推計ツールを作成し、環境モニタリング結果や詳細なシミュレーション結果と比較検証して、その信頼性を確保する。また、事業者による自主管理の検討に資するよう、濃度推計と対策効果推計のデータの蓄積を行うとともに、試験的に事業者に提示して試用結果のフィードバックを受けるとともに、ツールの有用性に関する5名以上の専門家による技術レビュー等を受け、事業者支援のための実践的ツールのマニュアルを作成する。</p> |
| サブテーマ3 | 行政が実施する環境改善の状況把握を支援するためのデータベースの開発 |
| サブテマリーダー/所属機関 | 星 純也 / (公財)東京都環境公社東京都環境科学研究所 |
| 目標 | <p>「行政が実施する環境改善の状況把握を支援するためのデータベースの開発」では、地方環境行政における指導・監視や地域環境の改善状況の把握を支援するため、PRTRデータ、100成分以上のVOCの環境モニタリングデータの双方を用いた効率的な地域リスクの評価手法や地域環境改善の検証、リスク評価のためのモニタリング手法の検討を行う。これらの結果を統合して、行政がPRTRデータを活用して適切に環境改善状況を把握する手法を確立していくとともに、地域の実情に合わせたリスク評価と施策立案に活用できるデータベースを、東京都をモデルケースとして構築する。なお、対象物質は都内での環境リスクから優先度を決めて200~300物質程度、測定地点は6ヶ所、測定頻度は年平均値の評価に有用な1週間捕集×年4回を目標に実施する。</p> |

4. 研究開発内容

(1) 簡易排出管理手法の基本設計及び分析データバンク作成の要素技術開発

① 簡易な環境リスクアセスメントシートの開発

化学物質の有害性と曝露量を使用状況に合わせて尺度化するコントロール・バンディング手法を拡張し、事業所周辺での大気環境リスクをパソコンやアプリケーションを用いずに、簡易なパラメータ選択と足し算だけで推計するロジックとその実用的なアセスメントシートの開発を行った。METI-LISを用いた事業所周辺環境における諸条件での詳細な拡散シミュレーション結果をベースに、環境中での曝露濃度に対して感度の高い重要パラメータを抽出し、曝露濃度に対する変化率に定量的に相関するようにパラメータの尺度化を行った。さらに、尺度化法による簡易推計の信頼性についてケーススタディを行って検証した。

② 化管法指定物質に対するGC-MS自動同定定量データベースシステムの適用範囲の拡大

多様な化管法指定物質をできるだけ画一的な条件で一斉分析できるようにし、モニタリングデータの飛躍的な蓄積を図ることができるようにすることを念頭に、化管法指定物質についてGC-MS自動同定定量データベース (GC-MS AIQS-DB) 法の適用対象物質の拡大を図った。揮発性有機化合物 (VOC) に対する捕集カラムの選定や脱離溶媒、昇温条件など分析諸条件の検討や、分析注入液における誘導体化処理によるGC-MS AIQS-DB法への適用検討を行った。さらに、DBの拡張を図ったGC-MS AIQS-DB法の有用性について、実際に継続的なモニタリング調査を行い、その検出状況を黒本調査と比較して検証した。

(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

① PRTR対象物質大気排出事業所近傍における大気環境実態調査

開発するツールの精度検証に活用するため、研究対象とした川崎市域のPRTR対象物質の大气への排出事業所近傍において、大気環境濃度の実態調査を実施した。対象物質は、ツールの精度検証への有用性を考慮し、川崎市内において、特定の事業所からのPRTR届出排出量（大気）が突出している物質や、狭い区域に排出事業所が集中している物質を選定し、調査地点は、対象物質の排出事業所周辺を中心に8～10地点を選定した。

② 簡易濃度推計ツールの開発

リスク評価の実施に意欲はあるものの、何らかの理由が原因でリスク評価の実施に至らない事業所も多くあることから、事業者における環境リスク評価の障壁となっている現状や課題についてヒアリング調査を実施し、簡易濃度推計ツールを活用するにあたっての事業者の技能、需要、活用意欲、作業性、推計精度などのベストミックスを図ることを念頭に、簡易濃度推計ツールに使用する諸元とアウトプットの設計を行い、ツール開発を行った。ツールで使用する濃度計算プログラムは、経済産業省一低煙源工場拡散モデル(以下「METI-LIS」という。)をベースとして、一般にもっとも普及している計算ソフトMicrosoft Excelで開発した。その際、METI-LISで使用する点源ブルーム式のパラメータや気象データを精査した。また、環境リスク評価が行えるよう、既存の文献から化学物質の有害性情報を整理するとともに、当該事業所からの寄与を可視化できるようにするため、事業所周辺の環境濃度情報を整理した。これらの気象データ、有害性データ、事業所周辺の環境濃度情報は、ツールに収載するとともに、情報更新が容易できるよう、更新方法の設計も行った。

③ 環境実態調査結果や詳細シミュレーション結果との比較検証

開発した簡易濃度推計ツールの精度検証は、当該1事業所の仮想PRTR排出量からMETI-LISでの計算値とツールでの計算値との比較のほか、市内のPRTR排出量を用いた際のツールでの計算値、数値モデルで計算値および環境実態調査での実測値との比較を行った。数値モデルでの推計は、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。）を組み合わせて推計する方法（以下「川崎市方式」という。）と、ADMERのみを用いた2つの方法で推計した。また、ADMERを用いて推計した市内PRTR届出排出事業所由来の濃度を環境実態調査での実測値から差し引いた分をバックグラウンド濃度と定義して解析した。

④ 簡易濃度推計ツールの改修とツールマニュアルの作成

開発段階のツールを排出事業者及び専門家に提示し、試用結果（操作性、有効性、要望等）や実際の使用を想定したツールマニュアルに関する意見、要望等を調査した。こうした試用結果とツールの改修を繰り返してブラッシュアップを行いながら、ツールマニュアルを作成した。

(3) 行政が実施する環境改善の状況把握を支援するためのデータベースの開発

① PRTRデータを活用した地域環境リスク推定の効率的な手法開発

PRTR届出データの他、東京都条例の化学物質適正管理制度に基づく排出量報告データ、PRTR届出外データの解析から区市町村別及び5km×5kmのメッシュ別の地域の排出量把握を行った。排出量からモデル推計した大気中濃度と実測値である環境モニタリングデータを比較することによって、物質毎にモデル推計を用いた大気濃度推計値の妥当性を評価した。また、推計値と実測値が合わない物質については乖離要因の考察と精度向上の検討を行った。この検討結果を、4. (3) ④のデータベース開発の基礎情報として活用した。

② 排出量データ及び環境モニタリングデータを用いた地域環境改善の検証

環境モニタリングデータと排出量データの時系列的な変化について解析し、地域環境の改善効果を排出量、環境濃度双方から検証した。環境濃度は公表されている東京都のモニタリングデータを用いた。排出量データはPRTRデータの他に小規模事業所まで網羅している都の化学物質適正管理制度による報告データを用いた。これによって詳細な事業所規模別の環境濃度への影響の解析や、届出排出量の精度検証、排出削減要因の推定を行った。

③ 時空間的モニタリングデータの収集方法の検討とデータ蓄積

化学物質の空間分布及び年間暴露量の推定のための適正な測定地点及び測定頻度の検討を行った。この測定地点、頻度の検討は大気モニタリングを対象に実施した。測定地点の検討は大気汚染常時監視データと東京都の有害大気汚染物質モニタリングデータを用い、相関分析、クラスター解析によって行った。測定頻度の検討は東京都が実施してきたVOC 連続測定 of データを用いて実施した。また、効率的により正確な年平均濃度を把握するための手法として1週連続採取法の検討を行った。

検討結果から得られた適正な測定地点、測定頻度で約200物質の大気中化学物質濃度のモニタリングを行った。モニタリングでは本研究で検討した1週間連続採取法を用いた。また、小笠原父島におけるバックグラウンド (BG) 測定も合わせて実施し、都内大気のリスクに対する都市排出源由来とバックグラウンド由来のリスクの寄与推定を行った。また、このモニタリングデータを4.

(3) ④のデータベースの入力データとした。

④ 行政支援のための地域リスク評価ツールと地域環境改善状況データベースの開発

①～③の結果を踏まえて実施したモニタリング結果をデータベース (東京版) として整理した。また、各自治体でのデータベース作成を支援する地域リスク評価ツールを開発した。評価ツールは汎用のソフトウェアで操作が可能で、専門的なモデルシミュレーションの知識のない自治体職員でも活用できることを主眼にMicrosoft Office ExcelとMicrosoft Office Accessで利用可能な仕様とした。評価ツールでは①評価対象地域におけるPRTR物質別の大気排出量、推計濃度、モニタリング濃度等によるリスクレベル概況、②物質別の評価対象地域内の市区町村別リスクレベル、③物質別の評価対象地域内の3次メッシュ別リスクレベルを表示することが可能である。また、地域のリスクレベルをサブテーマ1で開発された尺度化法による環境リスク簡易アセスメントのリスクレベルで表示する機能も付加した。さらに、GISを用いた大気環境のリスクを可視化するツールも作成した。これらのツールによって今後、PRTR による排出量に変化していった場合に行政が簡易・適切に環境改善状況の評価する手法を整備した。

5. 研究成果

5-1. 成果の概要

1) サブテーマ1 簡易排出管理手法の基本設計及び分析データバンク作成の要素技術開発

(1) 簡易な環境リスクアセスメントシートの開発

基礎式に基づいて事業所周辺の簡易濃度推計が定量的に行える手法の論理構築を行った。任意の基準条件 (表1.1参照) に対して、各パラメータが変化したときの曝露濃度を基準条件での曝露濃度で除したものを「変化率 α 」と定義した。基準条件としては、各パラメータがとりうる範囲の平均値や中央値付近の値を用いることとしたが、どこを基準にとっても相対的な定量性は変わらないことから、任意に基準設定することができる。ここで、(1.1)式の線形性は各パラメータの想定範囲内において必ずしも一定ではないが、一定の変化率 α ごとに各パラメータの条件範囲を関係づけておく「尺度化」により、(1.2)式の比例計算によって、曝露濃度を算出することができる。有害性やリスクについても同様に、(1.3)式および(1.4)式によって基準条件と変化率 α をもとに尺度化できる。

また、尺度化の定量的な取扱いについて、(1.2)式の両辺対数をとると(1.5)式となることで説明した。まず、基準条件での曝露濃度に対する各パラメータの変化率 α を公比3で尺度化した場合には、(1.5)式は底が3の対数式であるとみなすことができ、パラメータの変化率 $\alpha = 3$ 倍に対しては尺度化した変化率 $\log_3 \alpha = 1$ となる。このとき、パラメータの尺度が1だけ異なる場合には、算出される曝露濃度の尺度化が1 (濃度は3倍) だけ異なることを意味する。したがって、基準条件で算出された曝露濃度の尺度 $\log_3 C_{\text{基準条件 (曝露)}}$ に各パラメータの変化率の尺度 $\log_3 \alpha$ を足し算することで、パラメータが変化した場合の尺度化された曝露濃度 $\log_3 C_{\text{尺度化 (曝露)}}$ を算出することができる。実際には、例えば公比

3でパラメータの尺度を区切ると1→3.3→10→33→100→333と中途半端な数値になってしまうため、有効数字の取扱いを容易にする目的から、ほぼ等間隔に1→3→10→30→100→300として各パラメータを想定範囲内の条件範囲ごとに刻んで尺度化することとした。

$$\text{基礎式} : \alpha = \frac{c}{c_{\text{基準条件}}} \quad (1.1) \text{式}$$

$$\text{曝露量} : C_{\text{尺度化(曝露)}} = C_{\text{基準条件(曝露)}} \times \alpha_{\text{煙突vs距離}} \times \alpha_{\text{排出量}} \times \alpha_{\text{風向頻度}} \quad (1.2) \text{式}$$

$$\text{有害性} : C_{\text{尺度化(有害性)}} = C_{\text{基準条件(有害性)}} \times \alpha_{\text{有害性}} \quad (1.3) \text{式}$$

$$\text{リスク} : HQ_{\text{尺度化}} = \frac{C_{\text{尺度化(曝露)}}}{C_{\text{尺度化(有害性)}}} = HQ_{\text{基準条件}} \times \frac{\alpha_{\text{煙突vs距離}} \times \alpha_{\text{排出量}} \times \alpha_{\text{風向頻度}}}{\alpha_{\text{有害性}}} \quad (1.4) \text{式}$$

$$\log C_{\text{尺度化(曝露)}} = \log C_{\text{基準条件(曝露)}} + \log \alpha_{\text{煙突vs距離}} + \log \alpha_{\text{排出量}} + \log \alpha_{\text{風向頻度}} \quad (1.5) \text{式}$$

また、METI-LISの各パラメータについて、実際の変動範囲で事業所周辺の大気濃度に対する感度分析を行ったところ、大気濃度に大きく影響する重要パラメータは、煙突高さや煙源距離、排出量、風向頻度、および有害性強度の5つであることがわかった。

次に、各パラメータを尺度化してランク設定し、ランク点数の合計値を曝露レベルとした。なお、デフォルト設定として、尺度化幅は3倍（・・・→1→3→10→30→100→・・・）とした。煙突高さや煙源距離は独立ではなく相互依存性が確認されたため、煙突高さや煙源距離をマトリクス表で尺度化し、煙突高さ1～40mかつ煙源距離1000m以内でランク0～7が設定された（[図1.5](#)参照）。PRTR情報の年間大気排出量は0.1kgから140万kgの範囲であり、変化率を約3倍毎に尺度化することで排出量ランク0～14が設定された（[図1.6](#)参照）。16方位の風向頻度の全国最小値は0.00092、最大値は0.42であった。風向頻度が0.01以下のケースが500件程度（全体の3%程度）あり、安全側として $0.01 < \alpha \leq 0.03$ として評価して、風向頻度ランクは0～3となった（[図1.7](#)参照）。以上の合計から曝露レベルのとりうる範囲は0～24となった。有害性については、環境省の化学物質の環境リスク初期評価における無毒性量等から算出した管理濃度とエコケミストリー研究会の大気管理参考濃度を整備してリスト化した。データ収録数は、前者が79物質、後者が163物質、両方に重なるものが91物質あったが、有害性評価値が同一となるものは15物質のみであった（[図1.8](#)参照）。このため、使用目的に応じていずれかを選択して利用できることとしたが、デフォルト条件として、安全側の厳しい数値を採用した。これにより、計227物質について有害性レベルのとりうる範囲は0～14となった（[図1.9](#)参照）。なお、風向頻度については、気象庁の全国約900地点のAMeDASデータを2016年から2019年の4ヶ年に亘って解析し、風向頻度が尺度を超えて大きく変動しないことを確認して、各地点の代表的な風向頻度表を作成した。

以上のように尺度化したパラメータについて、算出される曝露濃度との間に線形性が成り立っていることを確認し、また、尺度化比を約3と設定しても尺度化比を約2とする場合に比べて発生する誤差が大きくなることを確認した。これにより、『選択』した各パラメータ尺度の数値を次の(1.6)式および(1.7)式に従って2回だけ『足し算』することでリスクレベル(RL)が算出できる。簡易な環境リスクアセスメントシートを構築することができた。

$$\text{曝露レベル(EL)} = \text{煙突高さ} \times \text{煙源距離ランク(C)} + \text{排出量ランク(d)} + \text{風向頻度ランク(e)} \quad (1.6) \text{式}$$

$$\text{リスクレベル(RL)} = \text{有害性レベル(HL)} + \text{曝露レベル(EL)} \quad (1.7) \text{式}$$

作成したリスクアセスメントシートの信頼性について、実際のPRTRデータに基づく24のケーススタディを行ったところ、本研究で開発した尺度化法を用いたリスク評価手法によって、リスクの大幅な過小評価は発生せず、かなり精度よくリスク評価が行える結果が得られたことが確かめられた（[図1.10](#)参照）。

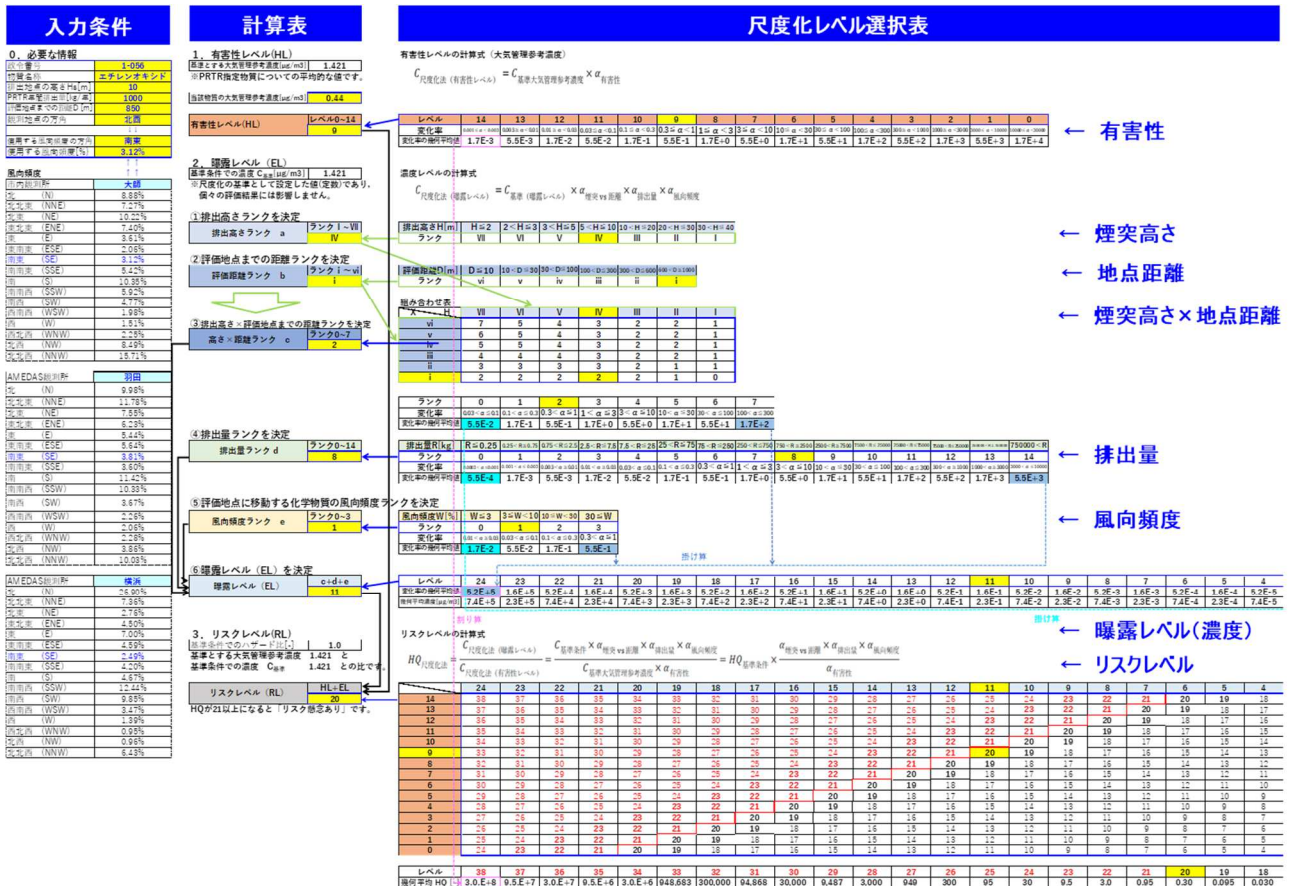


図 1. 9 尺度化法による簡易な環境リスクアセスメントシート

(2) 化管法指定物質に対するGC-MS自動同定定量データベースシステムの適用範囲の拡大

揮発性物質 (VOC) 用のGC-MS AIQS-DBの開発を行った。捕集カラムからの脱離溶媒の選定、GC気化室温度の設定、GCへの試料注入条件の設定、GCキャリアガス流量の設定、GCカラムの選定、GC昇温条件の設定などの検討を行った結果、固相抽出溶媒には二硫化炭素CS₂を用いること、GCへの試料注入はスプリット(1:10)法が適することGCカラムの昇温は沸点が低いVOCには緩やかな昇温で行うこと、GCカラムには不活性度の高いDB-624系が適していることがわかった。これらのシミュリティ検索で同定した57種のVOCについて、①カラム保持時間、②質量スペクトル、③検量線の3つのAIQD-DBを作成し、検量線が信頼性高く定量できる下限を定量下限として決定して、計76種のVOCについてGC-MS AIQS-DBを開発することができた。

次に、半揮発性物質 (SVOC) 用のGC-MS AIQS-DBの開発を行った。GC-MS AIQS-DB法の元々の開発経緯がSVOCを対象としたものであるため、先行研究において280種程度の化管法指定物質についてはGC-MS AIQS-DBが存在している。そこで、化管法指定物質の2回目の指定物質見直しを前提に、審議会情報や環境省環境安全課からの情報提供を受け、対象となるSVOCのGC-MS AIQS-DBへの追加収録を進めた。VOCと同様に、①カラム保持時間、②質量スペクトル、③検量線の3つのAIQD-DBを作成し、検量線が信頼性高く定量できる下限を定量下限として決定した。その結果、新規追加指定の96種のSVOCについてGC-MS AIQS-DBを追加することができた。

また、TMS誘導体化した後に半揮発性物質 (TMS-SVOC) として分析するのGC-MS AIQS-DBの開発を行った。活性水素基を有する物質のうち、無機化合物、鎖界面活性剤、有機スズ、重合体や、試薬が入手できなかった物質を除いて検討対象とし、また、GC-MSへの試料注入の前段階でBSTFA+1%TMSIを添加し、反応時間を1時間~3時間としてTMS化を行ってから分析を行った。その結果、108種のTMS化SVOCについてGC-MS AIQS-DBを追加することができた。

以上の化管法指定物質に対するGC-MS AIQS-DBへの収録状況をまとめると表 1. 3および表 1. 4のようになった。GC-MS AIQS-DB法の活用方策の一例を示すため、サブテーマ2および3とそれぞれ連携

してモニタリング調査を実施した。GC-MS AIQS-DB収録した異性体を含む436物質のSVOCと78物質のVOCについて解析したところ、川崎市内の5地点で2020年夏から2022年冬に計11回および東京都内の6地点で2020年夏から2021年冬に計7回行った継続モニタリングでは、SVOCの5割弱、VOCの3割弱の物質は不検出であったが、一方、SVOC、VOCそれぞれ2割程度の物質が3割以上のサンプルで検出された。この検出結果を黒本調査での検出結果と比較したところ、436物質のSVOCのうち183物質、78物質のVOCのうち20物質が黒本調査でこれまで調査対象外であったが、黒本調査で調査対象とされたSVOCの253物質のうち74物質が検出され、VOCの58物質のうち40物質が検出される結果となり、調査地点や調査地点数および調査回数が異なるとしても、GC-MS AIQS-DB法により化管法指定物質が効率的に調査できる可能性が示された。

表 1. 3 化管法指定物質(群)のGC-MS AIQS-DB法への収録結果

| ID | 2021指定除外 | | 2021指定除外(グループ化等) | | 継続SVOC-DB | | 除外SVOC-DB | | 新規SVOC-DB | | 継続TMS-SVOC-DB | | 除外TMS-SVOC-DB | | 新規TMS-SVOC-DB | | 継続VOC-DB | | 除外VOC-DB | | 新規VOC-DB | |
|----|----------|-----|------------------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|-----|---------------|-----|---------------|-----|---------------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|
| | SVOC | VOC | SVOC | VOC | SVOC | VOC | SVOC | VOC | SVOC | VOC | SVOC | VOC | SVOC | VOC | SVOC | VOC | SVOC | VOC | SVOC | VOC | SVOC | VOC |
| 1 | 51 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 | 101 |
| 2 | 52 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 | 102 |
| 3 | 53 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 | 103 |
| 4 | 54 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 | 104 |
| 5 | 55 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 | 105 |
| 6 | 56 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 | 106 |
| 7 | 57 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 | 107 |
| 8 | 58 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 | 108 |
| 9 | 59 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 | 109 |
| 10 | 60 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 | 110 |
| 11 | 61 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 | 111 |
| 12 | 62 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 | 112 |
| 13 | 63 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 | 113 |
| 14 | 64 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 | 114 |
| 15 | 65 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 | 115 |
| 16 | 66 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 | 116 |
| 17 | 67 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 | 117 |
| 18 | 68 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 | 118 |
| 19 | 69 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 | 119 |
| 20 | 70 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| 21 | 71 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 | 121 |
| 22 | 72 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 | 122 |
| 23 | 73 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 | 123 |
| 24 | 74 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 | 124 |
| 25 | 75 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 |
| 26 | 76 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 | 126 |
| 27 | 77 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 | 127 |
| 28 | 78 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 | 128 |
| 29 | 79 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 | 129 |
| 30 | 80 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 |
| 31 | 81 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 | 131 |
| 32 | 82 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 |
| 33 | 83 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 | 133 |
| 34 | 84 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 | 134 |
| 35 | 85 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 | 135 |
| 36 | 86 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 | 136 |
| 37 | 87 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 | 137 |
| 38 | 88 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 | 138 |
| 39 | 89 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 | 139 |
| 40 | 90 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 | 140 |
| 41 | 91 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 | 141 |
| 42 | 92 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 | 142 |
| 43 | 93 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 | 143 |
| 44 | 94 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 |
| 45 | 95 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 | 145 |
| 46 | 96 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 | 146 |
| 47 | 97 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 | 147 |
| 48 | 98 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 | 148 |
| 49 | 99 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 | 149 |
| 50 | 100 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |

表 1. 4 化管法指定物質(群)数のまとめ (AIQS-DBの種類別、化管法指定のカテゴリ別)

| 2008政令 →2021政令 | SVOC | SVOC TMS-SVOC | TMS- SVOC | SVOC | TMS- SVOC | VOC | 計 |
|-------------------|------|------------------|--------------|-------|--------------|-----|-----|
| 継続指定 | 172 | 35 | 8 | (207) | (43) | 45 | 260 |
| 除外 | 73 | 25 | 6 | (98) | (31) | 7 | 111 |
| 新規指定 | 80 | 16 | 18 | (96) | (34) | 24 | 138 |
| 合計 | 325 | 76 | 32 | (401) | (108) | 76 | 509 |
| 2008政令(562) | 245 | 60 | 14 | (305) | (74) | 52 | 371 |
| 2021政令(649) | 252 | 61 | 26 | (303) | (77) | 69 | 398 |

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

(1) PRTR 対象物質大気排出事業所近傍における大気環境実態調査結果

開発するツールの精度検証には、排出事業所からの影響が明確な物質が適していることから、大気環境濃度実態調査を行った10物質について、排出事業所との距離、風向を考慮し、排出事業所による影響が明確な8物質 (【9】アクリロニトリル、【56】エチレンオキシド、【68】酸化プロピレン、

【128】クロロメタン、【186】ジクロロメタン、【281】トリクロロエチレン、【302】ナフタレン、【351】1, 3-ブタジエン)を選定した。選定した8物質について、3年間調査を実施しツールの精度検証の基礎資料とした。

(2) 簡易濃度推計ツールの開発

排出事業者へのヒアリングから、事業者における環境リスク評価の障壁として、リスク評価のための体制構築、リスク評価に要するコスト、未規制物質に対するリスク評価のあり方、環境リスク評価で使用されることの多い「METI-LIS」の操作性の複雑さの4点を整理することができた。ヒアリング結果で得られた事業者の技能や需要、活用意欲、作業性、推計精度などの課題や障壁を解決すべく、事業者が使いやすく、リスク削減に役立つツールとして次のポイントを重視し、ツールの設計を行った。

- ①METI-LISの条件設定が難しいとの意見があるため、入力項目はできるだけ簡易なものとする。
- ②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評価地点の濃度を示すことで、事業所からの排出による環境への寄与の可視化を行う。
- ④物質ごとに毒性情報とのリンクを行い、評価地点のリスク評価を可能とする。
- ⑤自社の寄与率やリスク評価により、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。

設計に基づき、開発したツールの構成を図2.3に示す。ツールは、事業者の事前準備が必要となる気象データ等のパラメータをあらかじめツール内に収録しておき、使用者が簡単な選択肢または情報を入力することで自動入力されるよう開発した。事業者が実際に入力する計算ツールの内部データとして、気象データ、有害性データ、PRTRマップデータが対応しており、これらの内部データは更新を容易にするため、エクセルのシートで作成した。

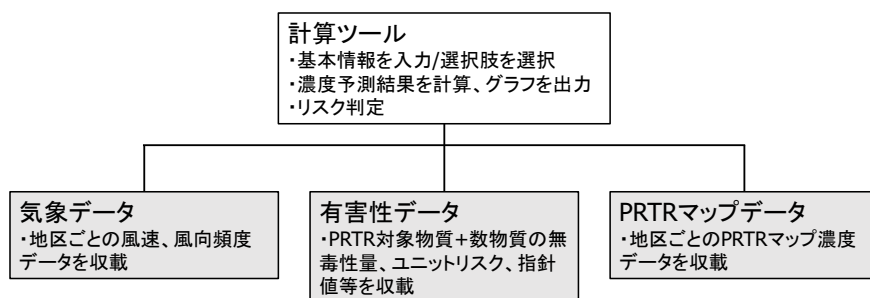


図2.3 簡易濃度推計ツールの構成

計算ツールの入力・出力画面を図2.4に示す。計算ツールは、事業者が基本的な情報を入力する「入力画面」と入力した情報から濃度予測結果、環境リスク評価結果、濃度グラフ等が表示される「出力画面」から構成した。

設計のポイント①「入力項目はできるだけ簡易なものとする。」を満足するため、入力項目はサブテーマ1と同様に省力化を図り、排出量（kg/年）、排出口の高さ（m）等の7項目のみとした。また基礎データや、大気予測濃度の計算に必要な同一方向に風が吹く頻度（%）等の気象データが自動表示されるようにした。入力項目をすべて入力することで、出力される項目は次の①～⑤のとおりである。

①有害性データ（管理基準濃度）

有害性データシートに各物質の管理基準濃度が収録されており、評価物質コードを入力することで、「有害性指標」及び「管理基準濃度 [μg/m³]」が自動表示される。ツールに収録した有害性情報は、「環境省の初期リスク評価書」³⁾及び大気汚染防止法の環境基準と指針値から引用し、サブテーマ1および3と統一した考え方により「管理基準濃度」として整理した。

②大気濃度予測

大気濃度予測は、使用者が決定する評価地点及びツールの適用範囲内（10～5000m）の最大濃度地点の2か所の値が計算、表示されるようにした。ツールはMETI-LISで使用されている点源ブルーム式⁴⁾を活用し、大気濃度予測を行った。

③ リスク評価指標

設計のポイント④「評価地点のリスク評価を可能とする。」を満足するため、使用者が決定する評価地点及びツールの適用範囲内の最大濃度地点の大気予測濃度に対し、管理基準濃度との比からリスク評価指標を算出した。

④ 事業所所在地の平均濃度との比較

設計のポイント③「事業所からの排出による環境への寄与の可視化を行う。」を満足するため、大気予測濃度と地区の濃度との比較ができるようにした。地区の濃度データは、川崎市域だけではなく、他地域でも活用できるように、独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）から公開されているPRTRマップデータ¹⁾を活用して地区ごとのバックグラウンドとなる平均濃度を算出し、合計165物質のデータを収載した。なお、このツール推計値と実測濃度との比較と合わせ、テーマ1の成果であるPRTRデータの正確性と捕捉範囲の評価結果を参照することで、行政が地域におけるPRTRデータの妥当性確認や改善に資する情報整備としても活用できる。

⑤ グラフの表示

設計のポイント②「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。」を満足するため、濃度変化のグラフを掲載し、排出量や排出高さの変化による環境濃度の変化を視覚的にとらえることができるようにした。

| 水色 | のセルに入力してください | | |
|------------------------|--------------|---|----------------------------|
| <位置情報> | | | |
| 入力項目 | 入力条件 | 備考 | 入力の制限 |
| 事業所所在地 | 川崎区 | ブルダウンから選択 | 川崎区、幸区、中原区、高津区、宮前区、多摩区、麻生区 |
| <計算条件> | | | |
| 入力項目 | 入力条件 | 備考 | 入力の制限 |
| 評価物質コード | 1-392 | 評価物質リストから物質コードを入力 | |
| 評価物質 | ノルマルヘキサン | 自動計算 | |
| 排出量 [kg/year] | 5000.0 | 年間の排出量(PRTR排出量データ等) | 0より大きい数値 |
| 排出量 [ug/s] | 158549.0 | 自動計算 | |
| 排出口の高さ [m] | 10 | | 1以上の数値 |
| 評価地点の距離 [風下距離m] | 1000 | ブルダウンから選択 | 10m-5000mの範囲、10m刻み |
| 評価地点(風下)の方角 | N | ブルダウンから選択 | 16方位 |
| 評価高さ [地上m] | 1.5 | デフォルト1.5m | 0より大きい数値 |
| 同一方向に風が吹く頻度 | 8.8% | 自動計算 | |
| 風速 [m/s] | 3.62 | 自動計算 | |
| 風速の測定地点高さ [m] | 16 | 自動計算 | |
| 排出源の出口高さにおける風速 [m/s] | 3.38 | 自動計算 | |
| 大気安定度 | D | Dで固定 | |
| <計算結果> | | | |
| 項目 | 備考 | | |
| 有害性指標 | 無毒性量 | 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 | |
| 管理基準濃度 [ug/m3] | 1.00.E+02 | 無毒性量、ユニットリスク、指針値、環境基準、TD0.05を5変換した値 | |
| 項目 | 備考 | | |
| 評価地点の大気予測濃度 [ug/m3] | 5.74.E-01 | | |
| 評価地点のリスク評価指標 | 174.4 | 管理基準濃度[ug/m3] / 評価地点の大気予測濃度[ug/m3] | |
| 評価地点のリスクレベル | レベル3 | リスク評価指標が <1:リスクレベル1 1 ≤ <10:リスクレベル2 10 ≤ :リスクレベル3 | |
| 項目 | 備考 | | |
| 最大濃度地点の距離 [m] | 150 | | |
| 最大濃度地点(風下)の方角 | SSE | | |
| 最大濃度地点の濃度 [ug/m3] | 1.10.E+01 | | |
| 最大濃度地点のリスク評価指標 | 9.1 | 管理基準濃度[ug/m3] / 大気予測濃度[ug/m3] | |
| 最大濃度地点のリスクレベル | レベル2 | リスク評価指標が <1:リスクレベル1 1 ≤ <10:リスクレベル2 10 ≤ :リスクレベル3 | |
| 事業所所在地の濃度 [ug/m3] | 6.92.E+00 | NITE「PRTRマップ」(2018年度)を加工し、事業所所在地の平均濃度を算出 | |
| 最大濃度地点の濃度と事業所所在地の濃度の比較 | 159.0% | 最大濃度地点の濃度[ug/m3] / 事業所所在地の濃度[ug/m3] | |

入力画面

出力画面

図 2. 4 簡易濃度推計ツールの入力・出力画面

(2) 環境実態調査結果や詳細シミュレーション結果との検証結果

1 事業所の仮想PRTR排出量（1000kg/年）と川崎市内の3地区の気象条件を用いて、METI-LISで計算した大気環境濃度とツールで計算した大気環境濃度を比較した結果、条件1（排出高さ10m）で計算した場合、ツール計算値とMETI-LIS計算値はほぼ同等であったが、条件2（排出高さ50m）で計算した場合、排出口から500m程度までの距離でツール計算値とMETI-LIS計算値に乖離がみられた。乖離の要因としては使用している計算式と気象データによる差が考えられた。ツール計算値をよりMETI-LIS計算値に近づけるためには、収載する気象データの高度化（時間ごとの風速や日照データ）が必須となり、気象データの収集や更新が煩雑となるため、ツールは現状のままとし、ツールを使用する際はツールの特性を理解しつつ使用すべきである旨をマニュアルに記載した。

環境実態調査の対象とした8物質について、環境実態調査地点（8地点）ごとに環境濃度（年平均値）を、数理モデル（川崎市方式、ADMER）とツールで計算し、ツール計算値と数理モデルによる計算値（川崎市方式計算値、ADMER計算値）の関係を調べた。結果、ツール計算値と数理モデルによる計算値の関係性は弱く、理由として、ツール計算値には、PRTR届出外排出量が含まれていないことから、PRTR届出外排出量の割合が多い物質について、数理モデルによる計算値との違いが生じていると考えられた。PRTR届出外排出量の割合が比較的多い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結果、6物質については良好な関係性が得られた（**図2.8**）ことから、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。また、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）を比較したところ、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、実測値との比較結果から、ツールは一定程度の推計精度が確保されていると考えられた。

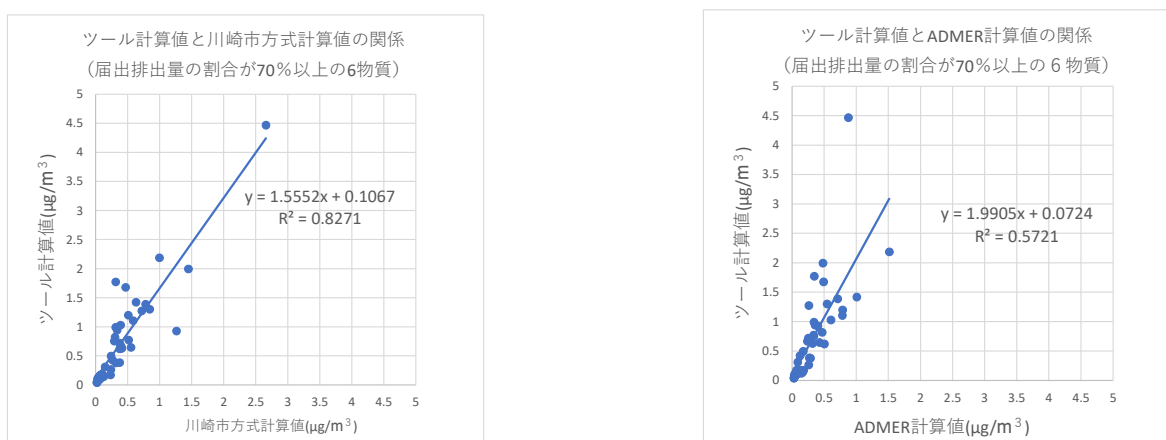


図2.8 ツール計算値と数理モデルによる計算値（6物質）の比較（左：川崎市方式、右：ADMER）

(3) 簡易濃度推計ツールの改修と実践的ツールマニュアルの作成

開発中のツールに関する事業者の試用結果から、何らかの理由によりリスク評価ができなかった事業者にとって、満足できるツールを開発できた。専門家からのマニュアルに対する意見、要望として、語句に関する丁寧な解説や、ツールの用途や使用場面などが伝わるような具体的な例示が必要等の意見があり、マニュアルには、ツールの使用用途やリスク評価そのものの有効性も併せて示していくこととした。また、事業者や専門家から寄せられたツールの操作性等に関する要望を取り入れた改修を実施し、ツールの信頼性の検証や、事業者、専門家の意見を踏まえることで、より活用効果の高いツールとした。作成したツールマニュアルの構成を**表2.8**に示す。ツールを開発した目的や使用用途がわかるよう、事業者の自主管理を支援するためのツールであること、化学物質の適正管理における判断材料の一つとして活用して欲しいこと等を「①はじめに」に記載した。また、ツールの用途や使用場面などが伝わるよう、ツールの使用例や「④自主管理の推進に向けたツールの活用」において、具体的な事例

を掲載した。さらに、ツールを使用することによって専門的知識やスキルを段階的に身につけられるよう、参考資料には、ツールで使用する計算式等の情報を掲載した。

表 2. 8 ツールマニュアルの構成

| タイトル | 内容 |
|--------------------|--|
| ①はじめに | <ul style="list-style-type: none"> ・ツール開発の経緯 ・ツールの位置付け |
| ②簡易濃度推計ツールの概要 | <ul style="list-style-type: none"> ・ツールの概要説明 ・ツールの使用例 ・化学物質のリスク評価手法について ・ツールの構成 ・計算に必要なパラメータについて |
| ③簡易濃度推計ツールの操作手順 | <ul style="list-style-type: none"> ・地点情報の設定 ・計算条件の設定 ・計算結果の解説 |
| ④自主管理の推進に向けたツールの活用 | <ul style="list-style-type: none"> ・ケーススタディ①（ある化学物質を排出した場合の、評価地点大気濃度の試算） ・ケーススタディ②（事業所における削減する化学物質の優先度付け） ・ケーススタディ③（環境への影響がありそうな物質の削減効果の試算） |
| ⑤おわりに | <ul style="list-style-type: none"> ・詳細なリスク評価の紹介等 |
| ⑥参考資料 | <ul style="list-style-type: none"> ・ツールで使用する計算式について ・内部搭載データについて ・ツールとMETI-LIS 計算結果の比較 |

3) サブテーマ3 行政が実施する環境改善の状況把握を支援するためのデータベースの開発

(1) PRTRデータを活用した地域環境リスク推定の効率的な手法開発

5km×5kmメッシュ別に整備した大気排出量及び排出量からモデル計算される大気濃度推計値について大気モニタリングデータ（実測値）との比較を行った。各物質の大気濃度推計値とモニタリングデータとの関係を4つのパターン及びその他に分類した（表 3. 1 参照）。推計値≒実測値となるパターン1に分類された13物質は、大気拡散モデル（ADMER）による大気濃度の推計を行った場合とモデルを用いずにメッシュ別排出量と大気モニタリングデータを直接比較した場合で大気濃度の推計精度を検証した。その結果、その精度に大きな差は見られず、対象13物質の中では最も分解速度が速いスチレンを除くと、メッシュ別排出量から大気濃度を推計して環境リスクを評価できる可能性が示された。推計値<実測値であるパターン2やパターン4に分類された物質の一部はバックグラウンド濃度が高いことが影響し、実測値が都内あるいは近隣地域での排出のみを反映した濃度でない物質が多いと考えられた。また、未把握排出量があり、排出量推計の精度向上の必要性が示唆された物質や、大気中での二次生成が影響していると考えられる物質などに分類された。

(2) 排出量データ及び環境モニタリングデータを用いた地域環境改善の検証

検証に用いた68物質のうち大気モニタリングデータがあり、かつ届出、届出外の合計で排出量データがある物質は36物質であった。このうちオゾン層破壊物質として分類されている4物質を除いた32物質について2003年以降の都内年平均大気濃度と都内年間排出量を用いて相関分析を行った。32物質のうち排出量と大気濃度が有意水準1%で相関が認められた物質は10物質、有意水準5%で相関が認められた物質は5物質であった。

次に排出量の多いジクロロメタンとトルエンを例に、PRTR届出排出量及び都条例の届出排出量、使用量から算出した1件当たりの排出量と使用量及び排出率（排出量/使用量）を整理した（図 3. 6 参照）。ジクロロメタンについては1件当たりの排出量、使用量ともに減少している。これは各々の事業所が事業活動の中で使う量を減らしており、それが都内排出量減少に繋がっていることが示唆される。しかし、排出率は減っていないので、使用量を減らしていない事業所からの使用状況、排出状況はあまり変化していないものと思われる。一方、トルエンについては1件当たりの使用量は微増になっているものの、排出量は減少している。排出率も経年的に減少していることから、各々の事業所の事業活動での使用は減らしていないものの、大気に排出しない工夫が進められている可能性がある。このように、都条例の情報と組み合わせることによって物質毎の排出量削減の原因の違いを明確にできる可能性が示された。

(3) 時空間的モニタリングデータの収集方法の検討とデータ蓄積

2011年度から2017年度までの大気中化学物質モニタリングデータと、その測定日、測定地点の大気汚染常時監視データとの相関分析を行った。また、東京都の大気汚染常時監視データを用いて常時監視項目毎にクラスター解析を行った。ここでは6つのクラスターに分類した。その結果、大気中に一定濃度で存在する化学物質についてはいずれかの常時監視項目との相関が得られ、また、クラスター解析からは地理的に近い地点が類似した変動することが示された。これらの結果を踏まえ、都内化学物質のモニタリング地点を6地点選定した。

VOC 連続測定 of データを用いて実施した測定頻度の検討の結果、年間の測定頻度を少なくする（測定周期を伸ばしていく）と365日測定した真の年平均値に対する測定頻度ごとの変動が大きくなった。また、7日、14日、28日周期など同じ曜日でのモニタリングとなる測定周期では真の平均に対してより誤差が大きくなることが示された（図3.8参照）。1測定を24時間でなく1週間連続とすると、年4回（四季に1度）の測定であっても24時間で年12回測定するより年平均推定精度は高くなることが示された（図3.8参照）。

1週間連続測定を実施するにあたり、1週間連続採取法による試料保存性の確認試験を行った。図1にVOC132物質、701データについて24時間採取を1週間連続して行った時の平均値（ \bar{A}_{24h} ）と1週間連続採取の測定値（ A_{1week} ）の相関を示した。全体の87%で、 A_{1week}/\bar{A}_{24h} が0.7~1.3となり、多くの物質で1週間連続採取法の有効性が示された。

検討した1週間連続採取法を用いて都内6地点のモニタリング結果と小笠原父島のバックグラウンド（BG）調査を行った。この結果を用いて都内大気環境リスクと都内リスクに対するBGの寄与割合の推定を行った。リスクは各物質の濃度と基準値等との比（ハザード比）から推定した。その結果、リスクベースで全体の30%以上がBG由来となっており（図2）、地域排出源由来のリスクの評価や地域での対策の効果の検証にはBG濃度の正確な把握が必要であることが示された。

(4) 行政支援のための地域環境改善状況のデータベース開発

2020年度の都内モニタリング結果及び最新の排出量データである2018年度排出量を入力データとし、4.(3)④で示した地域リスク評価ツールを用いて東京都の大気中化学物質のデータベースを作成した。出力したデータベースのうちの「物質一覧」のシートは都内の物質毎のリスクを一覧にしたもので、対策を優先すべき物質の検討のためのデータベースとなっている（表3.2参照）。地域リスク評価ツールでは物質毎に市区町村別、あるいは3次メッシュ別のハザード比等を算出して対策の優先順位の高い市区町村やメッシュを確認するシートも備えた。3次メッシュ別シートでは大気モニタリングデータがあるポイントでは大気濃度実測値からのリスクも表示し、実測値をとPRTR排出量から算出した推計値の双方から優先順位の高い地区を確認することができる仕様となった。また、テーマ1の成果であるPRTRデータの正確性と捕捉範囲の評価結果を参照することで、行政が地域におけるPRTRデータの妥当性確認や改善に資する情報整備としても活用できる。

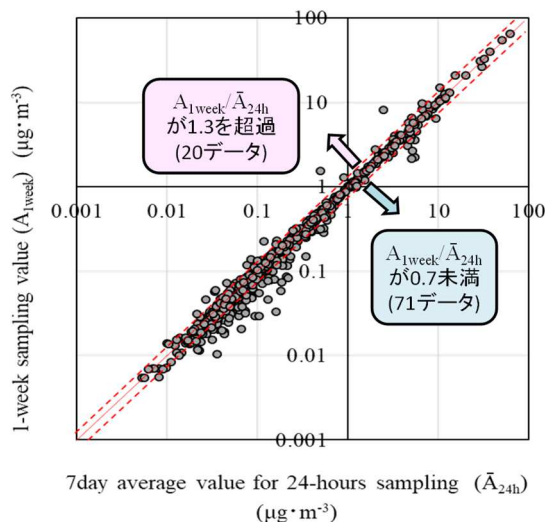


図1 24時間採取の1週間平均濃度と1週間連続採取の比較

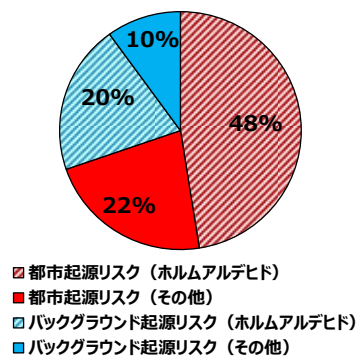


図2 バックグラウンド（BG）の割合

5-2. 環境政策等への貢献

<行政等が既に活用した成果>

環境省が令和3年度化学物質と環境に関する対話の促進に係る調査・検討等業務の一環として行った「化学物質アドバイザーの講習と意見交換会（2022.2.23、オンライン）」において、サブテーマ1の研究成果である「尺度化法による環境リスクアセスメントシート」の開発状況とその科学的根拠を提示し、事業者の自主管理支援を担う化学物質アドバイザーの知識向上に貢献した（YouTube（<https://youtu.be/0w08iUkr6xQ>）における録画配信（視聴回数約250回）も行われた）。

<行政等が活用することが見込まれる成果>

- ① サブテーマ1の研究成果である「尺度化法による簡易な環境リスクアセスメントシート」は、PRTR排出事業所の周辺大気における環境リスクについて、高度な解析技能を有しない事業者でもPCアプリケーションを利用することなく容易に利用できる簡易なツールであり、事業者における自主管理の促進政策において活用が見込まれる。
- ② サブテーマ1の研究成果である化管法対象物質の「GC-MS AIQS-DB」は、汎用普及型の質量分析装置を用いて、新・旧509種の化管法対象物質を自動同定定量できるようにする国内最大の一斉分析データベースであり、相互協力して進めている環境総合研究推進費S-17において開発中のWeb解析システムへ搭載することによって、全国の地方環境研究所等における環境状況の把握ならびに環境改善状況の把握において効率的な活用が見込まれ、環境モニタリングデータ量の飛躍的な拡大と蓄積が期待される。
- ③ サブテーマ2の研究成果である事業所周辺での「簡易濃度推計ツール」は、PRTR排出事業所の周辺大気環境濃度と環境リスクが一般的なソフトであるExcelによって簡単に求めることができるツールであり、特に、リスク評価や自社の寄与の可視化により、優先的に対策をすべき化学物質の順位づけ等、効率的なリスク削減を可能とするツールとして開発することができた。わかりやすいツールマニュアルと合わせて、事業者による化学物質の自主管理の促進施策において活用が見込まれる。
- ④ サブテーマ3の研究成果である大気環境における年平均値把握のための測定頻度の検討と1週間連続採取の検討は、行政が有害大気汚染物質モニタリング測定計画を策定あるいは見直す際に、より効率的で精度の高い年平均値把握の手法としての活用が見込まれる。
- ⑤ サブテーマ3の研究成果である地域環境改善状況のデータベース作成を支援する地域リスク評価ツールは、既存のデータから大気中化学物質の物質別リスクや地域別リスクを一覧表示することが可能であり、合わせて、サブテーマ1の簡易リスクアセスメントシートやサブテーマ2の簡易濃度推計ツールによって同じロジックで算出される事業所からの排出リスクと直接比較することができ、行政が地域の化学物質管理政策を立案・実施する際の優先物質、優先地域の選定での活用が見込まれる。
- ⑥ サブテーマ3の研究成果である地域環境改善状況のデータベースは、東京都が都職員向けに実施している大気汚染データの解析研修のツールとして活用が見込まれており、また、本研究で開発した地域リスク評価ツールを用いて他の自治体でもこのデータベースを簡易に作成し活用することが見込まれる。

5-3. 研究目標の達成状況

サブテーマ1においては、事業者が行う排出管理において、事業所周辺でのリスク評価を極めて簡易に使える簡易リスクアセスメントシートの開発に取り組んだ。濃度推計ツールとして最も良く利用されるMETI-LISを開発ベースとして、詳細な条件下でのシミュレーションを行い、簡易なリスク推計において重要となるパラメータを抽出し、基準条件での計算結果との変化率を定量的に尺度化して、尺度の足し算でリスクの程度を推計できる画期的なロジックを構築できた。また、リスクを減らすためには、当該物質の利用状況や事業所周辺から評価地点までの地理的な様子を鑑みながらツールを逆算的に活用して各尺度を引き算する方法が有効であることを示した。こうした論理性と利便性を兼ね備えたツールが開発でき、当初の研究目標を高い質で達成できた。また、事業者の排出抑制によって改善が期待される環境の状況を効率的に把握するために、化管法指定物質に対し、GC-MS AIQS-DB法の適用範囲の拡大に取り組んだ。化管法の物質指定に関する政令改正に合わせ、新旧の指定物質について網羅的にDB収録の可否を明らかにし、実際の継続モニタリングを行って、黒本調査を十分に保管できる可能性を示したことから、当初の研究目標を十分に達成できた。

サブテーマ2においては、当初の研究目標を十分に達成できた。具体的には、実態調査の対象物質として環境実態調査結果において検出状況の異なる8物質を選定するとともに、それらの排出源近傍の8地点について、3年間の継続調査をもとに、簡易濃度推計ツールの開発と信頼性の検証を実施した。高度な環境解析技能を有しない事業者が利用可能な一般的なソフトとしてExcelを活用した周辺環境濃度の推計とリスク評価を可能としたツールを開発し、環境モニタリング結果や詳細なシミュレーション結果と比較検証して、その信頼性を確保することができた。また、事業者による実際の自主管理での利用に資するよう、ツールによる市内濃度推計や削減効果の試算を実施し、ツールを試験的に事業者に提示して試用結果のフィードバックを受けるとともに、ツールの有用性に関する専門家の技術レビュー等を受けてツールを改修し、事業者支援のための実践的ツールのマニュアルを作成することができた。

サブテーマ3においては、行政がPRTR制度を活用して環境改善の状況把握を行うことを支援していくためのデータベースを構築することを目的として取り組んだ。構築するデータベースが地域の環境を適切に把握するものとなるよう、地域環境のモニタリング手法やPRTRデータの活用手法について科学的根拠を基に検討を行った。データベースの作成においては、都内6ヶ所とバックグラウンド地点において延べ202物質の高精度なモニタリングと920物質のGC/MS全自動同定・定量データベース(AIQS-DB)を用いた一斉分析を行った。これらの結果から、適切なモニタリング地点や精度の高い年平均値把握のモニタリング手法、PRTRの排出量データから推計される環境濃度の精緻化などを組み込んだデータベースを作成できた。このデータベース作成に用いる地域リスク評価ツールを各自治体が活用することで、膨大な排出量及び環境濃度データを簡易・適切に集計し、PRTR制度を化学物質管理により実践的に活用できる基盤を提供することができた。

また、蓄積したモニタリングデータを共有し、テーマ1ではPRTRデータの信頼性評価や黒本調査の補完として、テーマ2サブテーマ間ではダブルチェックとして相互に活用できた。

6. 研究成果の発表状況

6-1. 査読付き論文

<件数>

4件

<主な査読付き論文>

1) 三保紗織, 亀屋隆志, 小林剛, 藤江幸一: 環境科学会誌, 33, 5, 90-102 (2020), 河川水モニ

タリングにおけるGC-MS AIQS-DB法の同定定量精度の評価

- 2) 亀屋隆志, 岡田美代子, 鈴木拓万, 三保紗織, 高梨啓和: 環境科学会誌, 33, 5, 103-113 (2020), 化管法対象物質とその分解生成物の河川水中での存在状況
- 3) 髙島智恵子, 星純也, 加藤みか, 亀屋隆志: 環境化学, 31, 64-74 (2021), VOC測定周期と頻度による大気環境濃度の年平均値の精度
- 4) 星純也, 髙島智恵子, 加藤みか, 亀屋隆志: 環境化学, 31, 75-90 (2021), 化学物質の環境排出量の報告・推計データを用いた大気濃度低減の検証

6-2. 知的財産権

「特に記載すべき事項はない。」

6-3. その他発表件数

| | |
|------------------|------|
| 査読付き論文に準ずる成果発表 | 0 件 |
| その他誌上発表 (査読なし) | 5 件 |
| 口頭発表 (学会等) | 36 件 |
| 「国民との科学・技術対話」の実施 | 11 件 |
| マスコミ等への公表・報道等 | 0 件 |
| 本研究に関連する受賞 | 1 件 |

7. 国際共同研究等の状況

「特に記載すべき事項はない。」

8. 研究者略歴

研究代表者

亀屋 隆志

横浜国立大学工学部卒業、博士(工学)、現在、横浜国立大学 大学院環境情報研究院 教授

研究分担者

1) 小林 剛

横浜国立大学工学部卒業、博士(工学)、現在、横浜国立大学 大学院環境情報研究院 准教授

2) 片谷 教孝

東京大学工学部卒業、工学博士、現在、桜美林大学 リベラルアーツ学群 教授

3) 星 純也

東京農工大学農学部卒業、博士(理学)、現在、(公財)東京都環境公社東京都環境科学研究所 副参事研究員

4) 加藤 みか

横浜国立大学工学部卒業、博士(工学)、現在、(公財)東京都環境公社東京都環境科学研究所 主任

5) 髙島 智恵子

東京理科大学工学部卒業、学士(工学)、現在、(公財)東京都環境公社東京都環境科学研究所 主任研究員

II. 成果の詳細

II-1 簡易排出管理手法の基本設計及び分析データバンク作成の要素技術開発

国立大学法人横浜国立大学

大学院環境情報研究院 亀屋 隆志

大学院環境情報研究院 小林 剛

[要旨]

化管法施行後20年を経過しても、排出行為に対する制限や義務付けがないため、自主的取組としてどのような物質／使い方を改善すべきかの方針が不明確で、取組みの成果を点検し、さらなる改善へつなげる手段がない。特に、事業者の意識向上と創意工夫に期待するばかりで、リスク評価/リスク管理をより実践的に促進するためのツールや、排出抑制の効果を包括的・効率的に把握するためのツールが整備されておらず、「管理の改善の促進」と「国民の理解の増進」が進まない。こうした状況を鑑み、本研究では、化学物質の有害性と曝露量を使用状況に合わせて尺度化するコントロール・バンディング手法を定量的に拡張して、事業所周辺での大気環境リスクの簡易なリスク評価手法の開発を行った。

化管法における化学物質の排出状況や事業所周辺での環境条件および化学物質の物性等を入力した拡散シミュレーションの結果に基づき、感度の高い重要パラメータを算出される環境濃度に対して定量的に尺度化することにより、パラメータ条件の選択と尺度化レベルの容易な足し算によって環境リスク評価が行える簡易アセスメントシートが開発できた。また、多様な化管法指定物質を一斉分析できるGC-MS自動同定定量データベース（AIQS-DB）法の適用対象物質の拡大に向け、揮発性有機化合物に対する捕集カラムの選定や脱離溶媒、昇温条件、分析妨害物質への対策方法の検討、および分析注入液での誘導体化処理による一斉分析対象物質の拡大の検討を行うとともに、2021年に見直しされた化管法指定物質を含めて計494種のAIQS-DBが構築できた。

1. 研究開発目的

経済産業省が2017年度に実施した調査によれば、化管法に基づく化学物質の排出抑制のための自主管理において、自らリスク評価ツールを使ったことのある事業者はわずか5.2%に過ぎず、また、国が開発したリスク評価ツールの認知度も高々1割程度であった。このため、事業者における化学物質の自主管理は、当初に期待された環境リスクに基づく効率的な管理には結びついていない。また、化管法では多種多様な化学物質が指定されているため、環境改善把握のための環境モニタリングがほとんど実施されておらず、事業者における化学物質の排出抑制の取り組みの検証ができていない。

サブテーマ1では、事業所から排出された化学物質による事業所周辺での環境リスクを事業者自らが容易に把握できるようにするため、高度な環境解析技能を有しない事業者においても利用が可能な、実践的に使いやすい環境濃度推計ツールの開発を目的とする。また、行政が多大な予算や労力を要することなく多様な化学物質を画一的な前処理で一斉に分析することができるGC-MS AIQS-DB法の適用範囲を拡大することにより、大量のモニタリングデータを効率的かつ飛躍的に大量に取得できるようにする分析データバンク作成の要素技術の開発を目的とする。

2. 研究目標

サブテーマ1「簡易排出管理手法の基本設計及び分析データバンク作成の要素技術開発」では、事業者において簡易に作成可能な排出シナリオおよび周辺環境への曝露シナリオの基本設計を行い、簡易リスク評価シートを開発する。化学物質の特性や排出事業所の周辺環境に応じ、自主的管理のための目

標排出量を設定できるようにする算定手法の基本設計を行う。また、分析者における容易な手法選択と効率的なモニタリングデータ収集を可能とする一斉分析手法のあり方と具体的な分析条件を整理して、562物質に及ぶ化管法対象物質に対する適用範囲を明らかにする。

3. 研究開発内容

3-1 簡易な環境リスクアセスメントシートの開発

(1) 事業者が利用選択可能なリスク評価ツールの整理

まずはじめに、「使ってもらえるツール」の開発を目指し、事業者が解析技能に応じて利用選択可能な環境リスク評価ツールの整理を行った。大気に排出された化学物質の環境リスクは、近隣住民に呼吸により曝露される大気中の年平均濃度と有害性の強さを掛け合わせたものとして定義される。このため、化管法指定物質の年平均濃度は、経済産業省が提供し、事業所周辺での拡散解析に用いられる「経済産業省一低煙源大気拡散モデル (METI-LIS)」や、(国開)産業技術総合研究所 (AIST) が開発・提供し、地域での拡散解析に用いられる「産総研一曝露・リスク評価大気拡散モデル (ADMER)」があるが、それらの利用率はわずか5.2%に過ぎない。そこで本研究では、解析技能のレベルや必要機材等の要否に応じて利用者が手軽に選択して利用可能なツールの開発を目指し、もっとも一般的な計算ツールである「Microsoft Excelを用いた簡易な事業所周辺大気濃度推計ツール」を開発するとともに、PCすら用いることなくパラメータの尺度の選択と足し算によって年平均濃度と環境リスクを推計する「尺度化法を用いた環境リスクの簡易アセスメントシート」の開発を行った。前者はサブテーマ2において、後者はサブテーマ1において検討したが、有害性情報や入力データの共通化をできるだけ図ることとした。

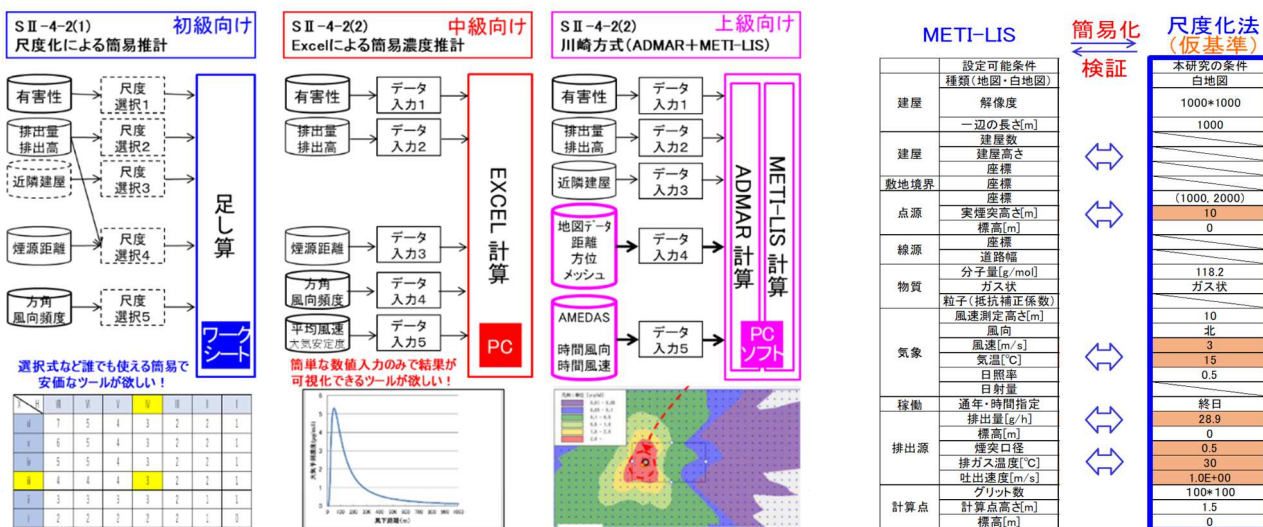


図 1. 1 利用者の解析技能レベルに応じた簡易濃度推計ツール

図 1. 2 METI-LISからの重要パラメータの抽出

(2) 尺度化法を用いた簡易推計における重要パラメータの抽出

METI-LISをベースとした仮想計算により、各パラメータの基準条件に対する感度分析を行った。図 1. 2 に示すように、METI-LISには専門的で複雑なパラメータが非常にたくさん組み込まれており、専門家でない事業者が扱うにはハードルが高い。このため、これらパラメータの一つひとつについて、リスク評価を実施する事業者がそのパラメータ値を容易に知り得ることが可能か否かとともに、現実的にあり得る想定レベルの範囲を調べ、また、基準条件で計算される事業所周辺濃度に対してパラメータ値を変化させたときの算出濃度の変化率を調査した。このとき、パラメータ値の想定幅が大きければ変化率の算出幅も大きくなり、また、パラメータ値の変化に対する感度が大きければ変化率の算出幅も大きくなる。これらを明らかにして、簡易リスク推計に用いる重要パラメータを抽出した。

(3) 尺度化法を用いた簡易評価手法の論理構築

事業所周辺大気についてのリスク評価の実施を促すため、リスク評価の知識や技術を習得していない事業者が簡単かつわかりやすく使用できるような、誰でも使えるツールの確立を基本コンセプトとした。すなわち、『使ってもらえるツール』として、利用者が①高性能の計算機や専門のアプリケーション、あるいは②汎用のパソコンやソフトウェアをも使わずに、③化学物質の取り扱いの状況や事業所の状況に関するデータを選択し、簡単な足し算を行うだけでリスク評価が行える手法を確立した。具体的には、必要最低限の重要パラメータを定量的な尺度化ランクとして選択するコントロール・バンディング法¹⁾を用いた簡易リスク評価ツールの作成を検討した。

尺度化においては、次の基礎式に基づいて簡易濃度推計が定量的に行える方法を検討した。まず、表 1. 1 のように任意に定めた基準条件に対して、各パラメータが変化したときの曝露濃度を基準条件での曝露濃度で除したものを「変化率 α 」と定義した。基準条件としては、各パラメータがとりうる範囲の平均値や中央値付近の値を用いることとしたが、どこを基準にとっても相対的な定量性は変わらないことから、任意に基準設定することができる。ここで、(1.1)式の線形性は各パラメータの想定範囲内において必ずしも一定ではないが、一定の変化率 α ごとに各パラメータの条件範囲を関係づけておく「尺度化」により、(1.2)式の比例計算によって、曝露濃度を算出することができる。有害性やリスクについても同様に、(1.3)式および(1.4)式によって基準条件と変化率 α をもとに尺度化できる。

また、尺度化の定量的な取扱いについては、(1.2)式の両辺対数をとると(1.5)式となることで説明できる。まず、基準条件での曝露濃度に対する各パラメータの変化率 α を例えば公比3で尺度化した場合には、(1.5)式は底が3の対数式であるとみなすことができ、パラメータの変化率 $\alpha = 3$ 倍に対しては尺度化した変化率 $\log_3 \alpha = 1$ となる。このとき、パラメータの尺度が1だけ異なる場合には、算出される曝露濃度の尺度化が1だけ異なること（上記の例では3倍）を意味する。したがって、基準条件で算出された曝露濃度の尺度 $\log_3 C_{\text{基準条件(曝露)}}$ に各パラメータの変化率の尺度 $\log_3 \alpha$ を足し算することで、パラメータが変化した場合の尺度化された曝露濃度 $\log_3 C_{\text{尺度化(曝露)}}$ を算出することができる。実際には、例えば公比3でパラメータの尺度を区切ると $1 \rightarrow 3 \rightarrow 10 \rightarrow 33 \rightarrow 100 \rightarrow 333$ と中途半端な数値になってしまうため、有効数字の取扱いを容易にする目的から、ほぼ等間隔に $1 \rightarrow 3 \rightarrow 10 \rightarrow 30 \rightarrow 100 \rightarrow 300$ として各パラメータを想定範囲内の条件範囲ごとに刻んで尺度化することとした。

基礎式 :
$$\alpha = \frac{c}{c_{\text{基準条件}}} \tag{1.1式}$$

曝露量 :
$$C_{\text{尺度化(曝露)}} = C_{\text{基準条件(曝露)}} \times \alpha_{\text{煙突vs距離}} \times \alpha_{\text{排出量}} \times \alpha_{\text{風向頻度}} \tag{1.2式}$$

有害性 :
$$C_{\text{尺度化(有害性)}} = C_{\text{基準条件(有害性)}} \times \alpha_{\text{有害性}} \tag{1.3式}$$

リスク :
$$HQ_{\text{尺度化}} = \frac{C_{\text{尺度化(曝露)}}}{C_{\text{尺度化(有害性)}}} = HQ_{\text{基準条件}} \times \frac{\alpha_{\text{煙突vs距離}} \times \alpha_{\text{排出量}} \times \alpha_{\text{風向頻度}}}{\alpha_{\text{有害性}}} \tag{1.4式}$$

$$\log C_{\text{尺度化(曝露)}} = \log C_{\text{基準条件(曝露)}} + \log \alpha_{\text{煙突vs距離}} + \log \alpha_{\text{排出量}} + \log \alpha_{\text{風向頻度}} \tag{1.5式}$$

表 1. 1 入力パラメータの基準条件

| 入力条件 | 点源 | | | 物質 | | | | | 気象 | | | | 稼働 | 排出源 | | | | 計算点 計算点 高さ |
|------|-----------|----------------|-----|------------|----|--------------|------------|-----|-----|---------------|------------|------------|--------------|------------|--|--|--|------------------|
| | 煙突高さ | 分子量 | 状態 | 風速測定 高さ | 風向 | 風速 | 気温 | 日射量 | 排出量 | 煙突口径 | 排ガス 温度 | 吐出速度 | | 計算点 高さ | | | | |
| 基準条件 | 10 [m] | 118.2 g/mol | ガス状 | 10 [m] | 北 | 3.0 [m/s] | 15 [°C] | 0.5 | 終日 | 28.9 [g/h] | 0.5 [m] | 30 [°C] | 1.0 [m/s] | 1.5 [m] | | | | |

尺度化法における環境リスク算出過程の論理的イメージを図 1. 3 に示す。各パラメータがとり得る想定範囲（定義域）は大きく異なるが、図中の上下中央付近の一行が(1.5)式の左辺で示される基本条件での計算となる。これに対し、各パラメータの尺度化された変化率 α が中央付近からズレただけ算出される曝露濃度の尺度は大きくなる。この尺度化法を用いて、実際のPRTR排出事業所周辺での環境リスク評価に関するケーススタディを行い、尺度化法による評価とMETI-LIS解析による評価結果を比較した。この際、各事業所からの排出量は、0.1kg/年～10000kg(10t)/年までと幅広く選び、また、排出事業所から評価地点までのおよその距離（煙源距離）は200m～1000mのデータを使用した。

- 手順) 1) 各パラメータの基準条件での濃度計算値を求める。
 2) レベル幅が異なる各パラメータについて、影響度に応じて尺度化されたランクを選択する。
 3) 各パラメータのランク値を足し算することにより、曝露濃度および環境リスクのレベル値を算出する。

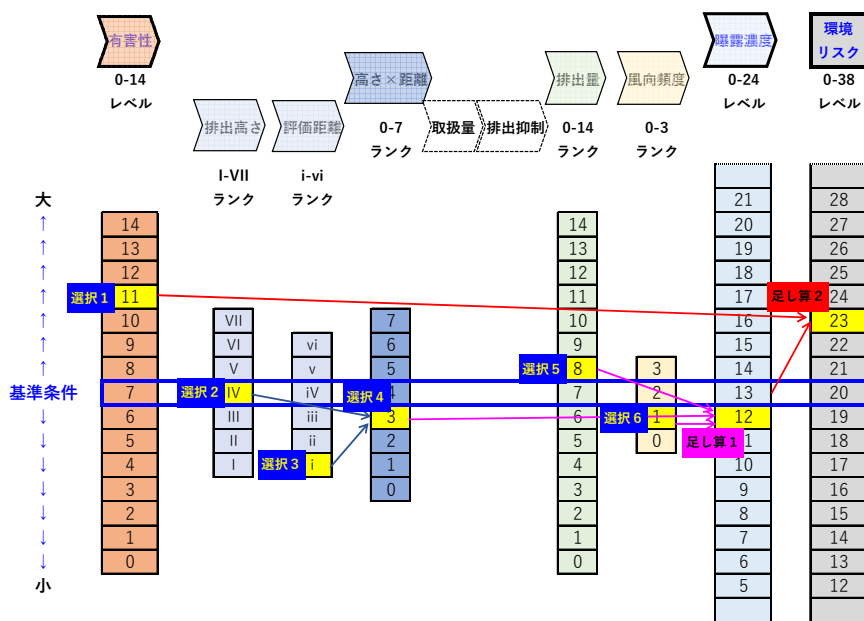


図 1. 3 尺度化法における環境リスク算出過程の論理的イメージ

(4) 有害性情報の収集

有害性情報は、算出過程が公表されていること、および、情報が多いことの2つの条件を満たす情報源として、環境省が行っている「化学物質の環境リスク初期評価」報告書²⁾の中から、吸入曝露による無毒性量についての3種類の有害性データを使用した。これらの情報には動物実験のデータが多数含まれるが、川崎市では「人に対する無毒性量等」として算出された数値を公表している³⁾。また、同様の2つの条件を満たす情報源として、エコケミストリー研究会が開発・提供している「大気管理参考濃度⁴⁾」を使用した。後者の大気管理参考濃度は、環境基準等と同様の管理参考値として大気からの曝露濃度との比較に利用できるが、前者の無毒性量等は、実験動物の体重当たり一日あたりの無毒性量や、発がんユニットリスク、あるいは、生涯の過剰発生率5%に対する曝露量であることも多いため、川崎市の方式に従い、曝露時間や一日摂取量などに関する標準的な換算を行って、管理濃度に換算した値を大気からの曝露濃度との比較に利用した。

3-2 GC-MS自動同定定量データベースシステムを用いた化管法物質の一斉分析手法の開発

多種多様な化管法指定物質の環境汚染実態を効率的に把握するため、GC-MS自動同定定量データベース(AIQS-DB)法⁵⁾の適用範囲の拡大を検討した。GC-MS AIQS-DB法は、機器の性能評価を毎日行うことで毎回の検量線作成をデータベース活用によって省略でき、定量性にはやや欠けるが、環境汚染データの収集能力が格段にアップできる簡易法である。この方法は、約1,000種類の半揮発性有機化合物(SVOC)の一斉分析としてDB開発されてきたが、本研究では、特に化管法指定物質の排出事業所周辺での大気モニタリングへの適用拡大を考え、DB未収録の物質に加え、揮発性有機化合物(VOC)や高極性・難揮発性・熱分解性のために誘導体化分析が必要な物質を対象に、捕集カラムの選定や脱離溶媒、昇温条件、分析妨害物質への対策方法を検討し、適用可能物質の範囲の拡大を行った。

揮発性有機化合物(VOC)については、大気捕集カラムとしてSVOCと同じ樹脂吸着カラムと活性炭吸着カラムの比較、目的物質と妨害物質の脱離溶媒性能としてアセトン(CH₃COCH₃、沸点56.5℃)、デカン(C₁₀H₂₂、沸点174℃)、二硫化炭素(CS₂、沸点46.3℃)の比較、GC分離カラムとしてDB-5ms系カラムとDB-624系カラムの比較、対象物質の沸点を考慮した昇温プログラム条件の比較を行った。誘導体化分析が必要な物質については、トリメチルシリル(TMS)誘導体化法として、BSTFA(N,0-bis(trimethylsilyl)trifluoroacetamide)、TMSI(N-trimethylsilylimidazole)およびTMCS

(trimethylchlorosilane) の比較を行った。これらの捕集条件や前処理と並行しつつ、AIQS-DB法における対象物質についての①質量スペクトル (m/z) データベース、②分離カラム保持時間 (RT) データベースおよび③検量線データベースの開発を行った。なお、これらの手法は、テーマ1 およびサブテーマ3 と連携し、実環境モニタリングでの活用を検討した。

さらに、本研究を推進する期間中に化管法指定物質の見直しが行われたため、物質選定に関する審議会情報の収集や環境省担当課からの情報提供を受けつつ、新規に追加指定される化学物質についても、当初の研究計画に追加する形で、AIQS-DBへの適用範囲の拡大を検討した。

4. 結果及び考察

4-1 簡易な環境リスクアセスメントシートの開発

(1) 簡易リスク推計における重要パラメータの抽出

METI-LISの各入力パラメータが標準条件における事業所周辺濃度に与える影響を変化率として求めた結果の例を示した(図1.4)。煙突高さは1.5mから30mまでの20倍の変動幅において変化率として0.09~36倍の影響をもたらした。排出量は、年間で1kgに満たない場合から1000トンに至る6桁に及ぶ変動幅があるため、変化率は 10^{-6} ~ 10^3 程度までの9桁に及んだ。このとき、変化率に対し、排出量は線形関係にあるが、煙突高さは線形性が見られなかった。他のMETI-LISの各パラメータについても、実際の変動範囲で変化率に対する感度分析を行った結果、事業所周辺の曝露濃度に大きく影響する重要パラメータは、煙突高さや煙源距離、排出量、風向頻度、および後述の有害性強度であることがわかった。

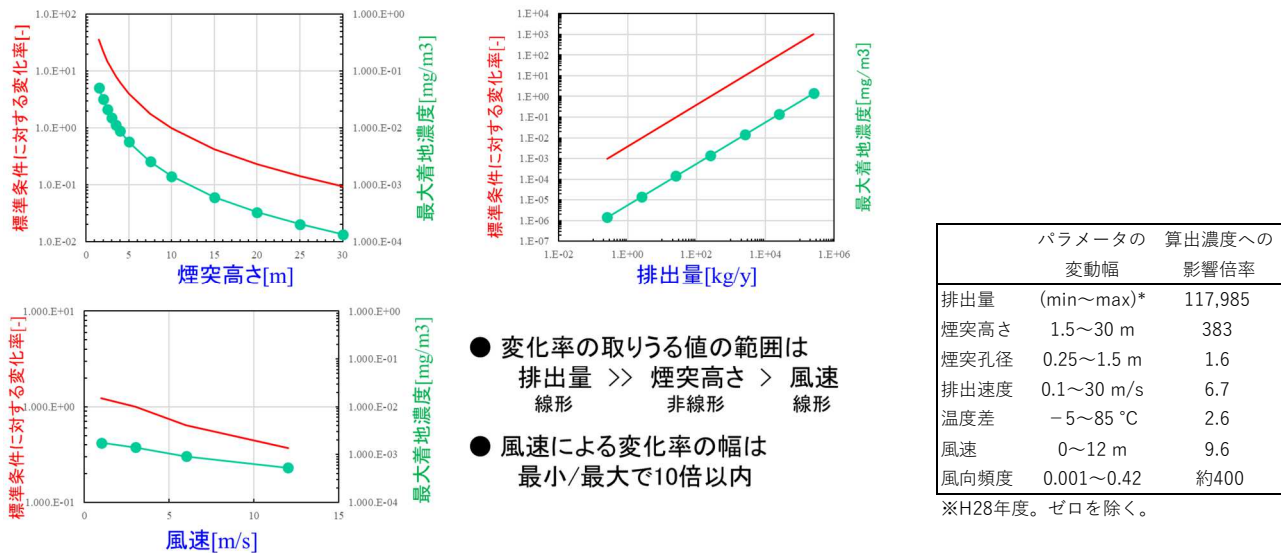


図1.4 最大着地濃度に対する曝露パラメータの感度特性の把握

(2) 曝露パラメータの尺度化

曝露について、各パラメータを尺度化してランク設定し、ランク点数の合計値を曝露レベルとした。なお、デフォルト設定として、尺度化幅は3倍(…→1→3→10→30→100→…)とした。煙突高さや煙源距離は独立ではなく相互依存性が確認されたため、煙突高さや煙源距離をマトリクス表で尺度化し、煙突高さ1~40mかつ煙源距離1000m以内でランク0~7が設定された(図1.5)。PRTR情報の年間大気排出量は0.1kgから140万kgの範囲であり、変化率を約3倍毎に尺度化することで排出量ランク0~14が設定された(図1.6)。16方位の風向頻度の全国最小値は0.00092、最大値は0.42であった。風向頻度が0.01以下のケースが500件程度(全体の3%程度)あり、安全側として $0.01 < \alpha \leq 0.03$ として評価して、風向頻度ランクは0~3となった(図1.7)。以上の合計から曝露レベルのとりうる範囲は0~24となった。

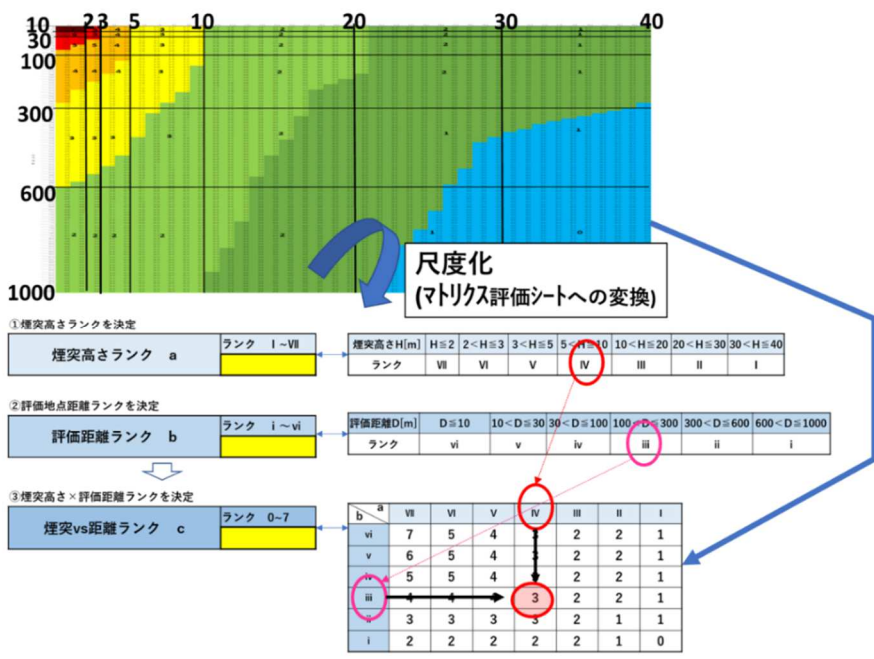
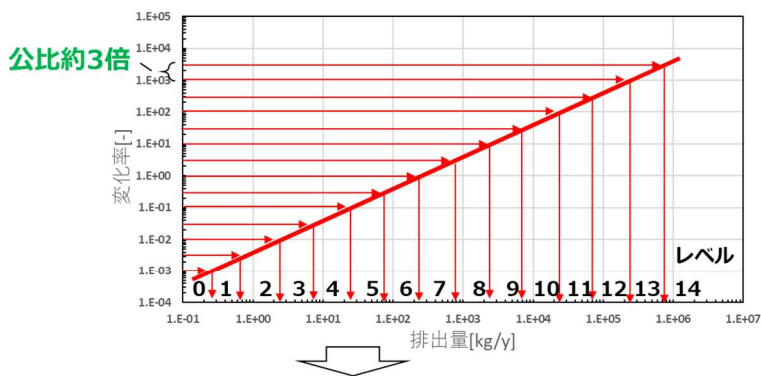


図 1. 5 パラメータの尺度化とランク設定 (煙突高さと煙源距離)



| | | | | | | | |
|-----------|----------------|---------------|--------------|---------------|----------------|-----------------|--------------|
| 排出量R[kg] | R≦0.25 | 0.25<R≦0.75 | 0.75<R≦2.5 | 2.5<R≦7.5 | 7.5<R≦25 | 25<R≦75 | 75<R≦250 |
| ランク | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 変化率 | 0.0003<α≦0.001 | 0.001<α≦0.003 | 0.003<α≦0.01 | 0.01<α≦0.03 | 0.03<α≦0.1 | 0.1<α≦0.3 | 0.3<α≦1 |
| 250<R≦750 | 750<R≦2500 | 2500<R≦7500 | 7500<R≦25000 | 25000<R≦75000 | 75000<R≦250000 | 250000<R≦750000 | 750000<R |
| 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 1<α≦3 | 3<α≦10 | 10<α≦30 | 30<α≦100 | 100<α≦300 | 300<α≦1000 | 1000<α≦3000 | 3000<α≦10000 |

図 1. 6 パラメータの尺度化とランク設定 (排出量)

AMEDASデータにおける16方位風向頻度 (全国911地点、2018年)

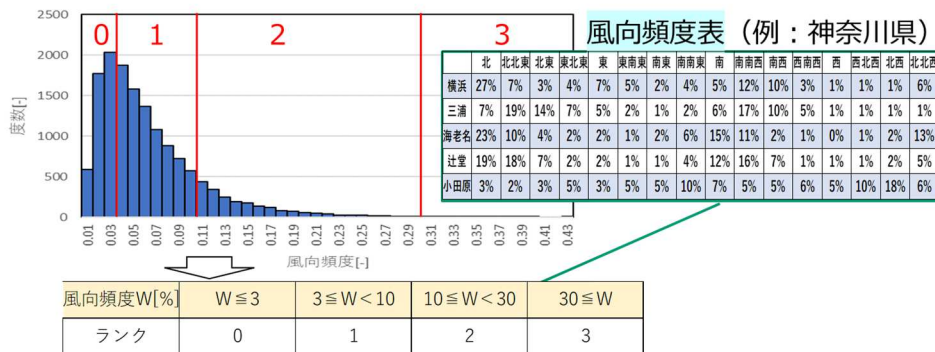


図 1. 7 パラメータの尺度化とランク設定 (風向頻度)

(3) 有害性情報の収集と尺度化

環境省の化学物質の環境リスク初期評価における無毒性量等から算出した管理濃度と、エコケミストリー研究会の大気管理参考濃度をリスト化した。有害性が極めて高く、他法令等での個別管理が望ましいダイオキシン類、六価クロム、ベリリウム、インジウムは除くこととした。データ収録数は、前者が79物質、後者が163物質、両方に重なるものが91物質あったが、有害性評価値が同一となるものは15物質のみであった(図1.8)。このため、使用目的に応じていずれかを選択して利用できることとしたが、デフォルト条件として、安全側の厳しい数値を採用した。有害性評価値となる管理濃度の最小値は 1.7×10^{-6} mg/m³ (1,2,4-ベンゼントリカルボン酸1,2-無水物)、最大値は 50 mg/m³ (HCFC-142b)であった。これにより、計227物質について有害性レベルのとりうる範囲は0~14となった(図1.9)。

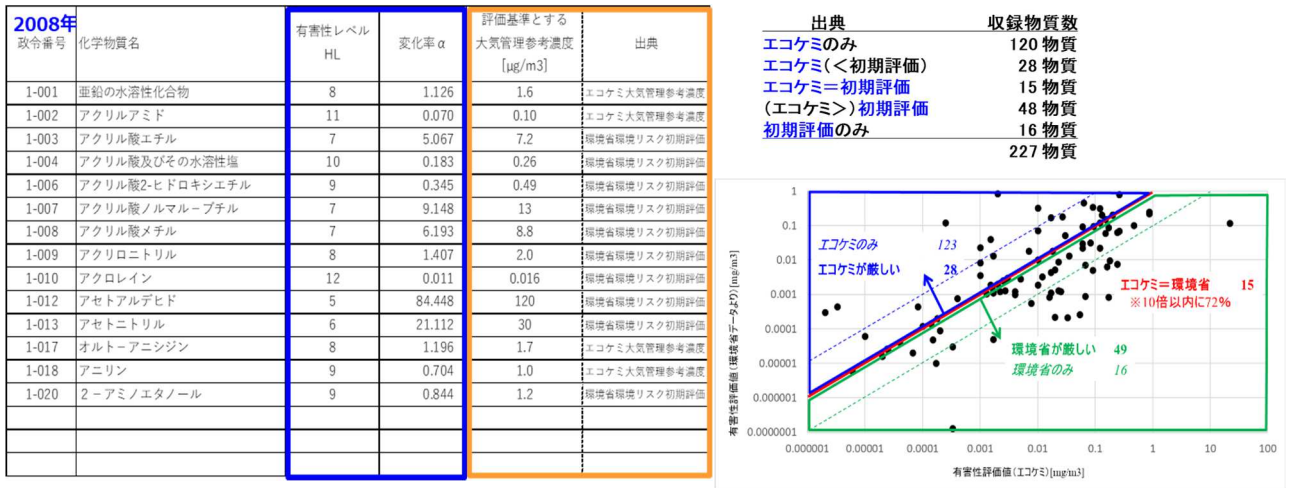


図1.8 有害性情報(大気管理参考濃度)の収集と情報源による差異

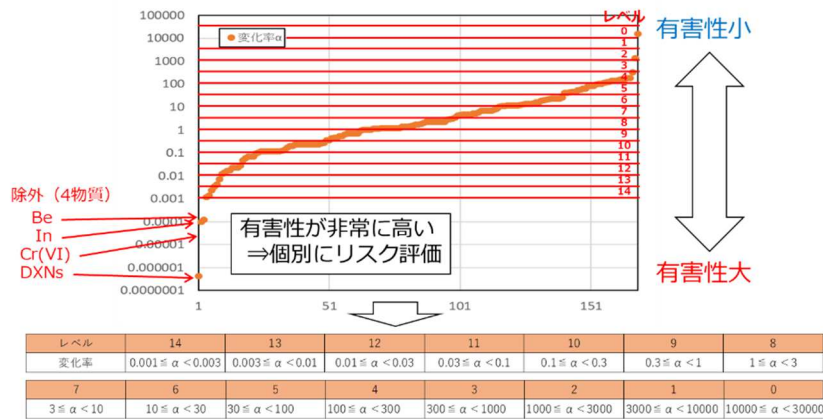


図1.9 有害性の尺度化とランク設定(大気管理参考濃度)

(4) 尺度化パラメータの線形性の確認

以上のように尺度化した各パラメータと算出される曝露濃度との間の線形性の確認を行った。図1.10に示すように、当然のごとく、各パラメータの尺度(ランクあるいはレベル)が1だけ増えるごとに算出される曝露濃度は約3倍になっていることを確認した。このことにより、(1.5)式で説明したとおり、各パラメータの尺度の変化から曝露濃度を定量的に推計できることが確かめられた。

(5) 尺度化比の検討

実際のPRTRデータをもとに24のケーススタディを行い、尺度化比をデフォルトの3倍から2倍あるいは10倍に変化させた際にMETI-LISで計算される真値との誤差を比較した。尺度化比が小さい方が平均平

方二乗誤差（RMSEL）は当然小さくなるが、尺度化比3と尺度化比2の比較では、各パラメータについて誤差に大差は見られず、HQではほぼ1/3～3以内で推計できていた。このため、各パラメータの選択カテゴリ数を減らし、利用しやすいアセスメントシートとする方針から、尺度化比3とすることとした。

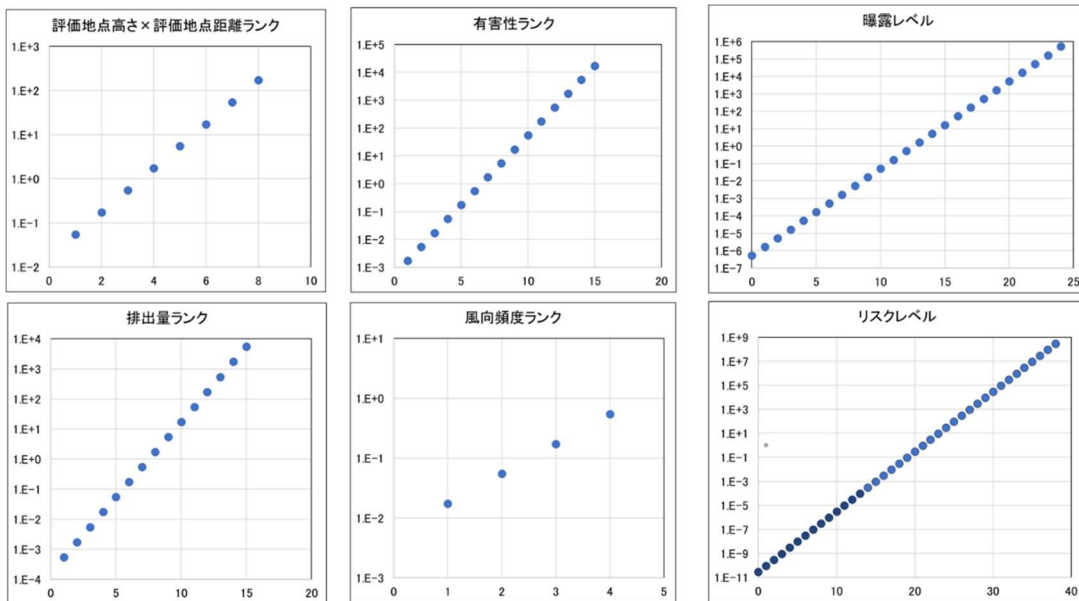
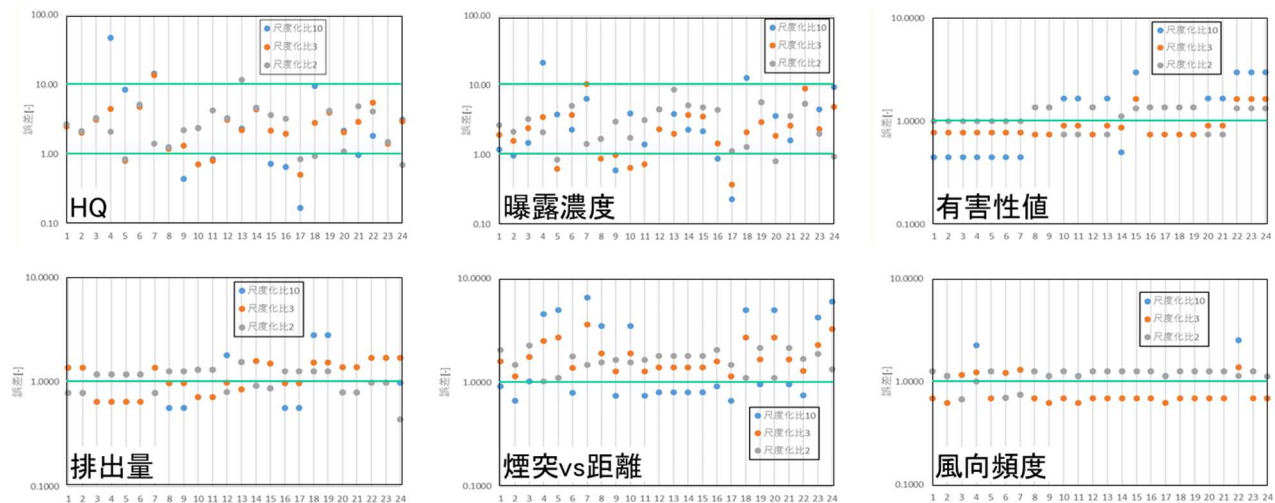


図 1. 7 尺度化した各パラメータと曝露濃度との線形性の確認（縦軸：変化率、横軸：尺度ランク）



| 尺度 | RMSEL値 | | |
|--------|----------|---------|---------|
| | A:尺度化比10 | B:尺度化比3 | C:尺度化比2 |
| HQ | 0.633 | 0.476 | 0.480 |
| 曝露濃度 | 0.608 | 0.466 | 0.501 |
| 排出量 | 0.189 | 0.157 | 0.119 |
| 煙突vs距離 | 0.727 | 0.619 | 0.531 |
| 風向頻度 | 0.147 | 0.162 | 0.098 |
| ハザード | 0.304 | 0.128 | 0.107 |

図 1. 8 尺度化比の設定幅による誤差の比較（RMSE：平均平方根二乗誤差）

(6) 簡易な環境リスクアセスメントシートの作成

以上のように各パラメータを尺度化したことにより、(1.5)式の考え方に基づき、曝露量と有害性の尺度レベルの合計値がリスクレベルとなる。本研究においては、リスクレベルに大きな影響を与える重要パラメータとして、煙突高さと煙源距離について0～7の尺度化レベルが設定され、排出量について

は0~14、風向頻度については0~3、有害性については0~14の尺度化レベルが設定され、これらによってリスクレベルについては0~38までの尺度化レベルが設定された。また、これらのレベル設定によって、結果的にリスクレベルが21となるとときに、算出される曝露濃度が管理基準値（有害性レベル）を超えることになるため、リスクレベルが21以上の場合は「リスク懸念あり」と判定され、21よりも小さい場合は「リスク懸念なし」と判定される。この「21」という数値自体には意味はなく、あくまで本研究において対象とした各パラメータの尺度化比3での変動範囲を0から積み上げた結果として得られる数値である。

各パラメータの尺度を選択しながら、簡単な足し算だけで行えるリスクアセスメントシートを作成した(図1.9)。選択すべきパラメータ尺度は、①有害性、②煙突高さ、③煙源から評価する地点までの距離、④化学物質の年間排出量、⑤風向頻度の5つのみである。②煙突高さと③煙源距離は曝露濃度に対して相互に依存し合うため、図1.5に示したとおり、両者の組み合わせによるランクを選択できるようにした。『選択』した各パラメータ尺度の数値を次の(1.6)式および(1.7)式に従って2回だけ『足し算』することより、リスクレベル(RL)が算出される。上述のとおり、リスクレベル(RL)が21以上で「リスク懸念あり」となる。なお、⑤風向頻度については、気象庁が提供するAMeDASデータ⁶⁾が必要になるが、全国約900地点の風向データを2016年から2019年の4ヶ年に亘って解析し、風向頻度が尺度を超えて大きく変動しないことを確認して、各地点の代表的な風向頻度表を作成した。

$$\text{曝露レベル(EL)} = \text{煙突高さ} \times \text{煙源距離ランク(C)} + \text{排出量ランク(d)} + \text{風向頻度ランク(e)} \quad (1.6) \text{式}$$

$$\text{リスクレベル(RL)} = \text{有害性レベル(HL)} + \text{曝露レベル(EL)} \quad (1.7) \text{式}$$

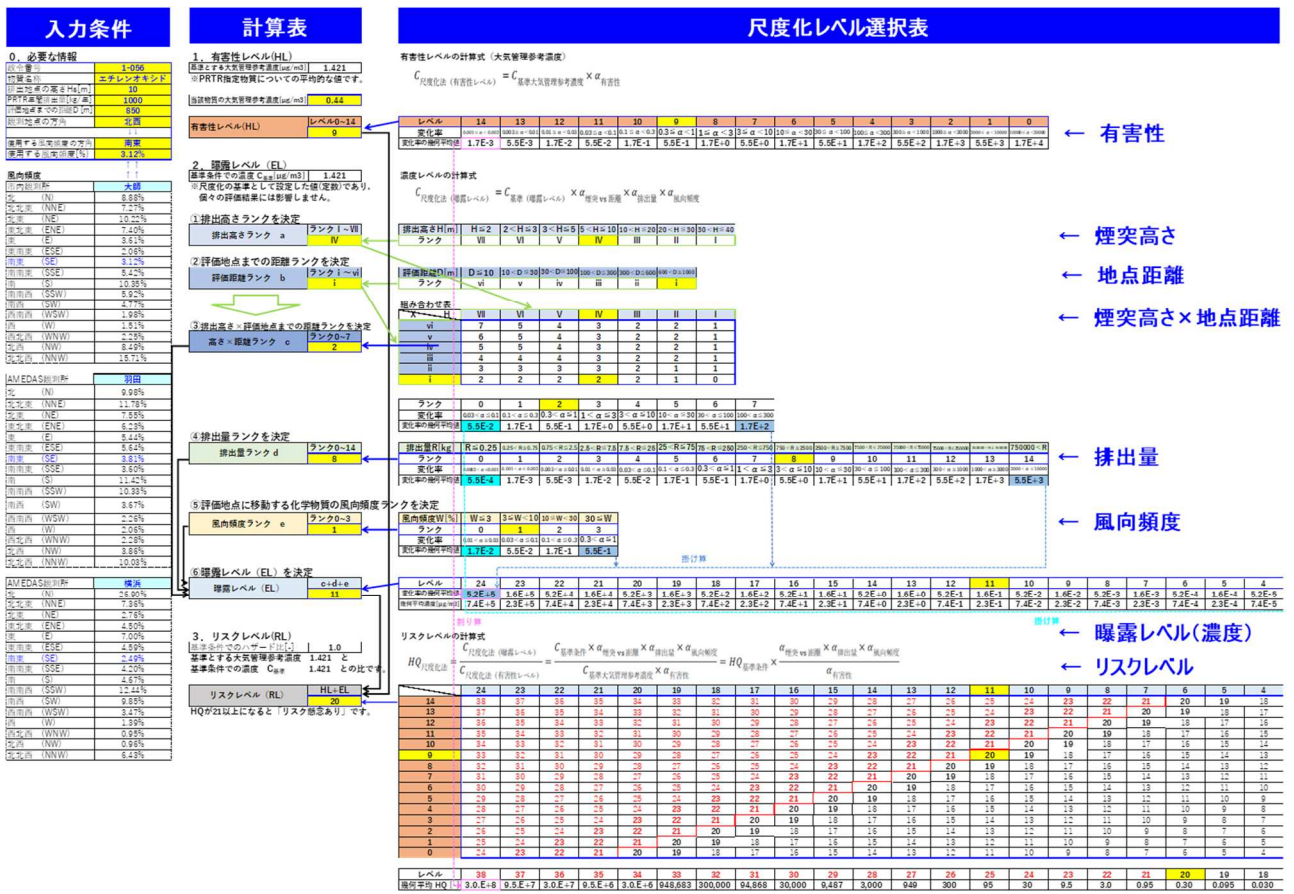


図1.9 尺度化法による簡易な環境リスクアセスメントシート

(7) ケーススタディによる簡易な環境リスクアセスメントシートの検証

作成したリスクアセスメントシートを用いたリスク推計手法の信頼性を確かめるため、入手が難しい煙突高さをデフォルト値10mで固定した条件ではあるが、実際のPRTRデータをもとにして、24のケーススタディによる検証を行った（図1.10）。実際のパラメータ値をMETI-LISに入力して計算した場合のリスクに対し、選択したパラメータの尺度範囲の幾何平均値をMETI-LISに入力して計算した場合のリスクは、1/2倍から15倍（最大上下幅で30倍）の範囲となった。ここで、尺度化比を約3倍として4つのパラメータを用いると、理論的には最大上下幅で $(\sqrt{3})^4 = 9$ 倍程度の誤差が生じる可能性があるが、上記のケーススタディから、本研究で開発した尺度化法を用いたリスク評価手法によって、リスクの大幅な過小評価は発生せず、かなり精度よくリスク評価が行える結果が得られたことが確かめられた。

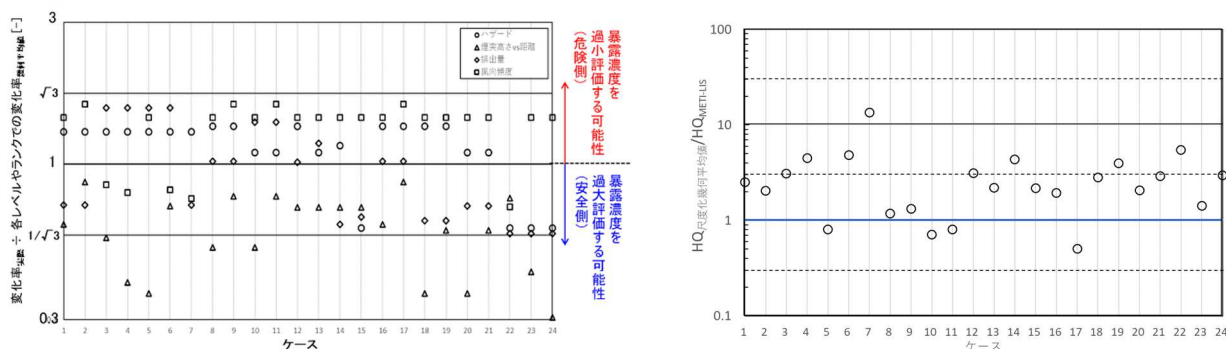


図1.10 ケーススタディにおいて尺度化により発生する誤差の検証
（左：パラメータ毎に発生する誤差、右：リスク評価結果に現れる誤差）

4-2 GC-MS自動同定定量データベースシステムを用いた化管法物質の一斉分析手法の開発

(1) 揮発性物質（VOC）用のGC-MS AIQS-DBの開発

多様なVOCのGC-MS分析を行うため、まず、表1.2に示す分析条件についての比較実験を行った。すなわち、捕集カラムからの脱離溶媒の選定、GC気化室温度の設定、GCへの試料注入条件の設定、GCキャリアガス流量の設定、GCカラムの選定、GC昇温条件の設定などの検討を行った。その結果、固相抽出溶媒には二硫化炭素 CS_2 を用いること、GCへの試料注入はスプリット（1:10）法が適することGCカラムの昇温は沸点が低いVOCには緩やかな昇温で行うこと、GCカラムには不活性度の高いDB-624系が適していることが明らかになった。これらのシミュリティ検索で同定した57種のVOCについてAIQS-DBを開発するため、①カラム保持時間、②質量スペクトル、③検量線の3つのAIQD-DBを作成し、検量線が信頼性高く定量できる下限を定量下限として決定した（表1.3）。その結果、76種のVOCについてGC-MS AIQS-DBを開発することができた。なお、DB収録されたVOCについての化管法の指定状況等に関する考察は、後述のまとめにおいて合わせて行う。

(2) 半揮発性物質（SVOC）用のGC-MS AIQS-DBの開発

SVOCについてのGC-MS AIQS-DBについては、GC-MS AIQS-DB法の元々の開発経緯がSVOCを対象としたものであったため、先行研究において280種程度の化管法指定物質についてはGC-MS AIQS-DBが存在している。そこで本研究では、化管法指定物質の2回目の指定物質見直しを前提に、審議会情報や環境省環境安全課からの情報提供を受け、対象となるSVOCのGC-MS AIQS-DBへの追加収録を進めた。手法としては、VOCと同様に、①カラム保持時間、②質量スペクトル、③検量線の3つのAIQD-DBを作成し、検量線が信頼性高く定量できる下限を定量下限として決定した。その結果、新規追加指定の96種のSVOCについてGC-MS AIQS-DBを追加することができた。なお、新たにDB収録されたSVOCについての化管法の指定状況等に関する考察は、後述のまとめにおいて合わせて行う。

表 1. 2 GC-MS AIQS-DB法を用いたVOC一斉分析法の検討と決定した条件

| | Run 1 | Run 2 | Run 3 | Run 4 | Run 5 | Finally selected condition |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|--|----------------------------|--|----------------------------|
| Injection solvent | Acetone CS ₂ | CS ₂ Decane | CS ₂ Decane | CS ₂ Decane | CS ₂ | CS ₂ |
| GC column | DB-5ms | DB-5ms | DB-5ms DB-624 | DB-624 | DB-624 | DB-624 |
| Injection mode | Split-less (1μL-injection) | Split-less (1μL-injection) | Split 1:10 (2μL-injection) | Split 1:10 (2μL-injection) | Split-less (1μL-injection) Split 1:10 (2μL-injection) | Split 1:10 (2μL-injection) |
| Vaporizer temp. | 250°C | 250°C | 250°C 200°C | 200°C | 200°C | 200°C |
| Carrier gas | He 50ml/min 63.2kPa | He 50ml/min 63.2kPa | He 50ml/min 63.2kPa He 27ml/min 96kPa | He 27ml/min 96kPa | He 27ml/min 96kPa | He 27ml/min 96kPa |
| Temp. program | SVOC | SVOC VOC | VOC | VOC | VOC | VOC |
| Interface temp. | 300°C | 300°C 230°C | 230°C | 230°C | 230°C | 230°C |

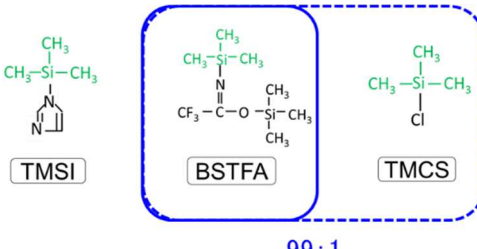
*1 SVOC: 40°C (2min) → 8°C/min → 310°C (5min)
 *2 VOC: 35°C (4min) → 5°C/min → 100°C → 10°C/min → 260°C (5min)

表 1. 3 GC-MS AIQS-DB法を用いたVOC一斉分析データベース作成の一例

| Name | CAS RN | bp (°C) | for Injection Soluvent | | | for Air Sample | | | Similarity | | |
|--|-----------|---------|---------------------------|---------------------------|---|-----------------------------|--------------------------------|------|-------------------------|-------------|-------------|
| | | | L-LOQ _i (mg/L) | U-LOQ _i (mg/L) | Targeted L-LOQ*1 (μg/m ³) a | RfCa*2 (μg/m ³) | L-LOQ*3 (μg/m ³) b | a/b | Calibration curve (n=3) | Sample No.1 | Sample No.2 |
| 1,3-butadiene | 106-99-0 | -4.5 | 0.1 | 10 | 0.25 | 2.5 | 0.01 | 25 | 98 | 95 | 95 |
| Isoprene | 78-79-5 | 35 | 0.05 | 10 | 0.1 | 28 | 0.005 | 20 | 98 | 94 | 93 |
| Propylene oxide | 75-56-9 | 34 | 0.5 | 10 | 0.1 | 2.7 | 0.05 | 2 | 94 | 82 | 82 |
| Dichloromethane | 75-09-2 | 40 | 0.1 | 10 | 15 | 150 | 0.01 | 1500 | 98 | 93 | 91 |
| Acrylonitrile | 107-13-1 | 79 | 0.05 | 10 | 0.2 | 2 | 0.005 | 40 | 85 | 79 | 80 |
| Trans-1,2-dichloroethylene | 156-60-5 | 48 | 0.1 | 10 | 0.1 | - | 0.01 | 10 | 91 | 89 | 90 |
| 2-Bromopropane | 75-26-3 | 59 | 0.5 | 10 | 0.1 | 17 | 0.05 | 2 | 97 | 94 | 93 |
| Vinyl acetate | 108-05-4 | 72 | 0.25 | 10 | 0.1 | 120 | 0.025 | 4 | 98 | 93 | 95 |
| 1,2-Epoxybutane | 106-88-7 | 63.4 | 0.25 | 10 | 0.1 | 20 | 0.025 | 4 | 99 | 90 | 92 |
| cis-1,2-dichloroethylene | 156-59-2 | 61 | 0.25 | 10 | 0.1 | 2000 | 0.025 | 4 | 97 | 94 | 92 |
| 1,3-Dioxolane | 646-06-0 | 75 | 0.25 | 10 | 0.1 | 200 | 0.025 | 4 | 96 | 92 | 94 |
| Methyl acrylate | 96-33-3 | 80 | 0.1 | 10 | 0.1 | 23 | 0.01 | 10 | 96 | 93 | 93 |
| 1-Bromopropane | 106-94-5 | 71 | 0.25 | 10 | 0.1 | 1.7 | 0.025 | 4 | 97 | 94 | 92 |
| 3-Chloro-2-methylpropene | 563-47-3 | 73 | 0.25 | 10 | 0.1 | - | 0.025 | 4 | 97 | 92 | 91 |
| Chloroform | 67-66-3 | 61.2 | 0.1 | 10 | 1.8 | 18 | 0.01 | 180 | 97 | 93 | 92 |
| Carbon tetrachloride | 56-23-5 | 76.8 | 0.25 | 10 | 0.07 | 1.7 | 0.025 | 2.8 | 97 | 90 | 87 |
| Benzene | 71-43-2 | 80 | 0.1 | 10 | 0.3 | 3 | 0.01 | 30 | 93 | 92 | 92 |
| 2-Methoxyethanol | 109-86-4 | 124 | 2.5 | 10 | 0.1 | 1 | 0.25 | 0.4 | 92 | 63 | 40 |
| 1,2-Dichloroethane | 107-06-2 | 82 | 0.25 | 10 | 0.16 | 1.6 | 0.025 | 6.4 | 91 | 90 | 86 |
| Triethylamine | 121-44-8 | 89.7 | 2.5 | 10 | 0.1 | 7 | 0.25 | 0.4 | 98 | 85 | 63 |
| Trichloroethylene | 79-01-6 | 87 | 0.25 | 10 | 20 | 200 | 0.025 | 800 | 96 | 85 | 87 |
| Ethyl acrylate | 140-88-5 | 98.9 | 0.1 | 10 | 0.1 | 67 | 0.01 | 10 | 98 | 87 | 90 |
| 1,2-Dichloropropane | 78-87-5 | 97 | 0.25 | 10 | 0.1 | 4 | 0.025 | 4 | 97 | 91 | 88 |
| Methyl methacrylate | 80-62-6 | 100 | 0.25 | 10 | 0.1 | 27 | 0.025 | 4 | 97 | 90 | 92 |
| 1,4-Dioxane | 123-91-1 | 101 | 0.25 | 10 | 0.1 | 2 | 0.025 | 4 | 96 | 86 | 95 |
| Bromo-dichloromethane | 75-27-4 | 90 | 0.1 | 10 | 0.1 | - | 0.01 | 10 | 97 | 90 | 88 |
| 2-Ethoxyethanol | 110-80-5 | 135 | 1 | 10 | 0.1 | 60 | 0.1 | 1 | 97 | 83 | 79 |
| Epiclorohydrin | 106-89-8 | 117 | 0.5 | 10 | 0.8 | 1 | 0.05 | 16 | 96 | 84 | 89 |
| Dimethyl disulfide | 624-92-0 | 110 | 0.1 | 10 | 0.1 | 6.4 | 0.01 | 10 | 98 | 95 | 95 |
| 1,1,2-Trichloroethane | 79-00-5 | 114 | 0.25 | 10 | 0.06 | 0.63 | 0.025 | 2.4 | 98 | 89 | 91 |
| Tetrachloroethylene | 127-18-4 | 121 | 0.25 | 10 | 20 | 200 | 0.025 | 800 | 96 | 91 | 89 |
| N-nitrosodimethylamine | 62-75-9 | 152 | 0.1 | 10 | 0.1 | - | 0.01 | 10 | 97 | 92 | 95 |
| Chlorodibromomethane | 124-48-1 | 122 | 0.25 | 10 | 0.1 | - | 0.025 | 4 | 95 | 80 | 80 |
| 1,2-Dibromoethane | 106-93-4 | 131 | 0.25 | 10 | 0.005(0.002) | - | 0.025 | 0.8 | 75 | 67 | 72 |
| 4-Vinyl-1-cyclohexene | 100-40-3 | 128 | 0.1 | 10 | 0.1 | 1.5 | 0.01 | 10 | 84 | 80 | 79 |
| N,N-Dimethylformamide | 68-12-2 | 153 | 1 | 10 | 0.1 | 30 | 0.1 | 1 | 97 | 85 | 89 |
| 2-Methoxyethyl acetate | 110-49-6 | 143 | 0.1 | 10 | 0.1 | 1.6 | 0.01 | 10 | 98 | 95 | 96 |
| Ethylbenzene | 100-41-4 | 136 | 0.05 | 10 | 0.1 | 22000 | 0.005 | 20 | 99 | 96 | 97 |
| p-Xylene | 106-42-3 | 139 | 0.025 | 10 | 0.1 | 870 | 0.0025 | 40 | 99 | 97 | 96 |
| o-Xylene | 95-47-6 | 145 | 0.05 | 10 | 0.1 | 870 | 0.005 | 20 | 99 | 96 | 96 |
| Ethylene glycol monoethyl ether acetat | 111-15-9 | 156 | 0.1 | 10 | 0.1 | 90 | 0.01 | 10 | 98 | 94 | 91 |
| N,N-Dimethylacetamide | 127-19-5 | 165 | 0.5 | 10 | 0.1 | 120 | 0.05 | 2 | 99 | 93 | 95 |
| 3-(Methylthio)propionaldehyde | 3268-49-3 | 61 | 0.25 | 10 | 0.1 | - | 0.025 | 4 | 96 | 79 | 76 |
| N-Nitrosodiethylamine | 55-18-5 | 177 | 0.25 | 10 | 0.1 | - | 0.025 | 4 | 97 | 88 | 92 |
| Thiophenol | 108-98-5 | 168 | 0.5 | 10 | 0.1 | 1.5 | 0.05 | 2 | 96 | 83 | 80 |
| 1,3-Dichlorobenzene | 541-73-1 | 172 | 0.05 | 10 | 0.1 | 240 | 0.005 | 20 | 96 | 92 | 93 |
| 1,4-Dichlorobenzene | 106-46-7 | 174 | 0.05 | 10 | 0.1 | 240 | 0.005 | 20 | 81 | 80 | 79 |
| Aniline | 62-53-3 | 184 | 0.05 | 10 | 0.1 | 1 | 0.005 | 20 | 95 | 86 | 90 |
| N-nitrosodi-n-propylamine | 621-64-7 | 113 | 0.1 | 10 | 0.1 | - | 0.01 | 10 | 98 | 92 | 90 |
| N-nitrosomorpholine | 59-89-2 | 225 | 0.1 | 10 | 0.1 | - | 0.01 | 10 | 96 | 90 | 88 |
| 2-Chloroaniline | 95-51-2 | 208 | 0.05 | 10 | 0.1 | - | 0.005 | 20 | 96 | 93 | 93 |
| o-Anisidine | 90-04-0 | 225 | 0.25 | 10 | 0.1 | 1.7 | 0.025 | 4 | 98 | 90 | 89 |
| 1,2,3-Trichlorobenzene | 87-61-6 | 221 | 0.1 | 10 | 0.1 | - | 0.01 | 10 | 97 | 91 | 91 |
| N-nitrosodi-n-butylamine | 924-16-3 | 105 | 0.1 | 10 | 0.1 | - | 0.01 | 10 | 97 | 86 | 87 |
| Phenetidine | 156-43-4 | 254 | 0.5 | 10 | 0.1 | - | 0.05 | 2 | 84 | 67 | 49 |
| 1-Methylnaphthalene | 90-12-0 | 241 | 0.05 | 10 | 0.1 | 9.7 | 0.005 | 20 | 97 | 95 | 95 |
| 3,4-Dichloronitrobenzene | 99-54-7 | 255 | 0.25 | 10 | 0.1 | - | 0.025 | 4 | 95 | 87 | 86 |

(3) TMS誘導体化半揮発性物質 (TMS-SVOC) 用のGC-MS AIQS-DBの開発

活性水素基を有する物質のうち、無機化合物、長鎖界面活性剤、有機スズ、重合物や、試薬が入手できなかった物質を除いた物質を検討対象として、GC-MSへの試料注入の前段階でBSTFA+1%TMSIを添加し、反応時間を1時間～3時間としてTMS化を行ってから分析を行った。その結果、108種のTMS化SVOCについてGC-MS AIQS-DBを追加することができた。その内訳を活性水素基別にみると、フェノール基 (-C₆H₅OH) を有する物質が35物質ともっとも多く、そのほか、フェノール基以外のヒドロキシ基 (-OH) が24物質、アミノ基 (-NH₂、-NH-) が29物質、カルボニル基 (-COOH) が8物質、ペプチド結合が10物質とさまざまであった (図1.11)。



| 活性水素基 | 収録数 | 活性水素基 | 収録数 |
|---|-----|------------------|-----|
| -OH | 22 | -NH ₂ | 22 |
| -OH, -NH ₂ | 1 | -NH | 7 |
| -OH, -SH | 1 | -SH | 2 |
| -C ₆ H ₅ OH | 32 | -COOH | 8 |
| -C ₆ H ₅ OH, -NH ₂ | 3 | -C(=O)-N- | 10 |

図1.11 TMS誘導体化半揮発性物質 (TMS-SVOC) 用のGC-MS AIQS-DB収録状況 (活性水素基別)

(4) 化管法指定物質のGC-MS AIQS-DBへの収録結果まとめ

化管法指定物質は、2021年10月の政令改正により、562物質(群)から649物質(群)へと大幅に追加された。このうち、継続指定されるものが398物質(群)であり、新規追加指定されるものが256物質(群)に及んでおり、大幅な入れ替えが行われた。このため、本研究では、新旧指定物質を合わせて計822物質(群)について、GC-MS AIQS-DBへの網羅的な収録可否を検討することとなった。

前述のとおり、SVOC、TMS誘導体化させたSVOCおよびVOCに対するGC-MS AIQS-DBの検討結果から、計509物質(群)のDB収録が可能となった。その個別の収録結果を表1.3に、収録数を化管法指定のカテゴリ別に表1.4にまとめた。SVOCについては、継続指定207物質(群)と指定除外98物質(群)に新規追加指定の96物質(群)を加え、計401物質(群)をDB収録できた。TMS誘導体化させたSVOCについては、継続指定43物質(群)と指定除外31物質(群)に新規追加指定の34物質(群)を加え、計108物質(群)をDB収録できた。また、VOCについては、継続指定45物質(群)と指定除外7物質(群)に新規追加指定の24物質(群)を加え、計76物質(群)をDB収録できた。それぞれに重複するものがあるため、重複を除くと、継続指定260物質(群)と指定除外111物質(群)に新規追加指定の138物質(群)を加え、前述の計509物質(群)をDB収録できたことになった。また、2008年の政令指定物質については371物質(群)が収録されることになったが、2021年の政令指定物質については398物質(群)とほぼ同規模が収録されることになった。

(5) 化管法指定物質に関するGC-MS AIQS-DB分析法の活用方策

化管法指定物質について網羅的なGC-MS AIQS-DBを開発できたことは、本研究を除いて類をみないものとなった。本研究で開発したDBは、環境総合研究推進費戦略的研究開発課題S17において開発中のGC-MS AIQS-DB法のWeb解析システムの開発チームに提供済みであり、近い将来にGC-MS AIQS-DB法の分析条件で環境測定を行った地方自治体などが、すでに保有している汎用のGC-MS装置を活用して、検量線作成の準備や毎回の作成労力を要することなく、多数の化管法指定物質について環境モニタリングデータを得ることができるようになる。こうした技術の活用は、モニタリングデータの飛躍的な蓄積を可能とするため、旧来、環境省が行ってきた化学物質実態調査(通称:黒本調査)を強力に補完できるものとなる。また、GC-MS AIQS-DB法では、Total ion monitoring (TIM) として、GC-MSで検出するすべての物質の質量スペクトルを取得し保存できるため、①今後新たに追加指定されるような物質の質量スペクトルを後に再解析できるといったことや、②過去のTIMスペクトルデータが保存されていれば、再解析することで過去の残留状況を知ることができる。こうした方策は、これまで論理的には可能であった

が、一方、SVOC、VOCそれぞれ2割程度の物質が3割以上のサンプルで検出された。また、川崎・東京それぞれ90%以上のサンプルで検出された高頻度検出物質として、SVOCでは、2-エチルヘキサン酸（管理番号51、旧政令番号1-051、指定除外）やジクロロベンゼン（管181、旧1-181、指定除外）といった2021年政令改正によって指定除外になる物質や、アジピン酸ジ-2-エチルヘキシル（管567、旧なし、新1-014）やエチレングリコールモノブチルエーテル（管594、旧なし、新1-077）、2-ターシャリ-ブチルシクロヘキシル=アセタート（管713、旧なし、新1-405）、n-ノナン（管791、旧なし、新2-081）といった新規指定物質など33物質の高頻度検出が確認された。また、VOCでは、シクロヘキサン（管629、旧なし、新1-176）、2-tert-ブトキシエタノール（管720、旧なし、新1-416）、n-ヘプタン（管731、旧なし、新1-442）、メチルイソブチルケトン（管737、旧なし、新1-472）、オクタン（管761、旧なし、新2-014）、ノナン（管791、旧なし、新2-081）といった新規追加指定物質を含む7物質の高頻度検出が確認された。

また、表1.5に示したGC-MS AIQS-DB法による検出結果について、黒本調査での検出結果との比較を行った結果を表1.6にまとめた。異性体を含む436物質のSVOCうち183物質、78物質のVOCのうち20物質が黒本調査でこれまで調査対象外となっていることがまず注目された。さらに、黒本調査でも調査対象とされたSVOCの253物質、VOCの58物質について比較したときには、黒本調査ではSVOCは74物質、VOCは40物質の検出に対して、GC-MS AIQS-DB法ではSVOCは248物質、VOCは59物質が検出される結果となった。この結果から、黒本調査と本研究の調査では調査地点や調査地点数および調査回数が異なるとしても、またGC-MS AIQS-DB法では検出漏れを防ぐ目的で自動同定における保持時間幅を±30minと広くデフォルト設定されることによる誤検出が15-20%程度あると予想されるとしても、GC-MS AIQS-DB法によって化管法指定物質が効率的に調査できる可能性が示された。なお、GC-MS AIQS-DB法の対象外だが黒本調査で検出されている主な物質として、PCBsやフロン類、ハロン類、ナフタレン類、化審法第一種特定化学物質、PAHsなど、環境リスクが大きく懸念された物質が多く含まれている。PCBsやナフタレン類、PAHsなどはGC-MS AIQS-DB法に収録できる可能性もあるため、化管法指定物質(群)の枠を超えて、今後の検討課題になると考えられた

表1.5 化管法指定物質のGC-MS AIQS-DB法によるモニタリング事例

SVOC (436物質(群): 川崎5地点×11回+東京6地点×7回→92サンプル ※5サンプルはロスト。)

| 管理番号 | 政令番号 2008 | 政令番号 2021 | 化合物名 | CAS番号 | 川崎① | | | | | | | | | | | |
|------|--------------|--------------|--------------------|-------------|----------|------------|--------------|------------|--------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|--|
| | | | | | 2020.8月 | 2020.9月 | 2020.11月 | 2021.1月 | 2021.2月 | 2021.5月 | 2021.7月 | 2021.9月 | 2021.11月 | 2022.1月 | 2022.2月 | |
| 5 | 1-005 | 1-007 | アクリル酸2-(ジメチルアミノ) | 2439-35-2 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 6 | 1-006 | 2-001 | アクリル酸-2-ヒドロキシエチル | 818-61-1 | n.d. | n.d. | 0.003 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 7 | 1-007 | 1-009 | アクリル酸n-ブチル | 141-32-2 | 0.082 | <LOQ | 0.003 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 15 | 1-015 | 1-019 | アセナフテン | 83-32-9 | 0.002 | 0.001 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 16 | 1-016 | 除外 | 2,2'-アゾビスイソブチロニトリル | 78-67-1 | 0.006 | n.d. | 0.014 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 17 | 1-017 | 除外 | o-アニシジン | 90-04-0 | 0.017 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 18 | 1-018 | 1-020 | アニリン | 62-53-3 | 0.017 | <LOQ | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 19 | 1-019 | 2-003 | 1-アミノ-9,10-アントラキノ | 82-45-1 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 21 | 1-021 | 1-022 | クロリダゾン | 1698-60-8 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 22 | 1-022 | 1-023 | フィプロニル | 120068-37-3 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 23 | 1-023 | 1-025 | p-アミノフェノール | 123-30-8 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 24 | 1-024 | 除外 | メタ-アミノフェノール | 591-27-5 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 25 | 1-025 | 1-026 | メトリブジン | 21087-64-9 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 29 | 1-029 | 1-029 | 1-アリルオキシ-2,3-エポキシ | 106-92-3 | 0.048 | <LOQ | 0.028 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 32 | 1-032 | 1-049 | アントラセン | 120-12-7 | 0.007 | 0.004 | 0.002 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| | | | | | 計 | 436 | (436) | 436 | (436) | | | | | | | |

VOC (78物質(群): 川崎5地点×11回+東京6地点×7回=97サンプル)

| 管理番号 | 政令番号 2008 | 政令番号 2021 | 化合物名 | CAS番号 | 川崎① | | | | | | | | | | | |
|------|--------------|--------------|---------------|----------|----------|-----------|-------------|-----------|-------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|--|
| | | | | | 2020.8月 | 2020.9月 | 2020.11月 | 2021.1月 | 2021.2月 | 2021.5月 | 2021.7月 | 2021.9月 | 2021.11月 | 2022.1月 | 2022.2月 | |
| 3 | 1-003 | 1-004 | アクリル酸エチル | 140-88-5 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 8 | 1-008 | 1-010 | アクリル酸メチル | 96-33-3 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 9 | 1-009 | 1-011 | アクリロニトリル | 107-13-1 | 0.095 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 17 | 1-017 | 除外 | o-アニシジン | 90-04-0 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 18 | 1-018 | 1-020 | アニリン | 62-53-3 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 36 | 1-036 | 1-054 | イソブレン | 78-79-5 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 53 | 1-053 | 1-073 | エチルベンゼン | 100-41-4 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 57 | 1-057 | 1-076 | 2-エトキシエタノール | 110-80-5 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 58 | 1-058 | 1-078 | 2-メトキシエタノール | 109-86-4 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 65 | 1-065 | 1-086 | エピクロロヒドリン | 106-89-8 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 68 | 1-068 | 1-088 | 1,2-エポキシシクロパン | 75-56-9 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 80 | 1-080 | 1-103 | p-キシレン | 106-42-3 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| 80 | 1-080 | 1-103 | 0-キシレン | 95-47-6 | 0.469 | 0.822 | 2.240 | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | n.d. | |
| | | | | | 計 | 78 | (78) | 78 | (78) | | | | | | | |

表 1. 6 化管法指定物質のGC-MS AIQS-DB法によるモニタリング結果と黒本調査との比較

| | AIQS-DB | | 黒本調査 | | | |
|----------------------|---------|-----|------|-----|-----|-----|
| | 対象 | 不検出 | 検出 | 対象外 | 不検出 | 検出 |
| SVOC-AIQS DB | 436 | 188 | 248 | 183 | 179 | 74 |
| VOC-AIQS DB | 78 | 19 | 59 | 20 | 18 | 40 |
| AIQS DB対象外の 化管法対象 | | | | | | 81 |
| 化管法対象外 | | | | | | 175 |

5. 研究目標の達成状況

本サブテーマ1では、事業者が行う排出管理において、事業所周辺でのリスク評価を極めて簡易に使える簡易リスクアセスメントシートの開発に取り組んだ。濃度推計ツールとして最も良く利用されるMETI-LISを開発ベースとして、詳細な条件下でのシミュレーション解析を行い、大気濃度拡散において重要となるパラメータを抽出し、基準条件での計算結果との変化率を定量的に尺度化して、高度な解析技能を有しない利用者が尺度の足し算でリスクの程度を推計できる画期的なロジックを構築することができた。また、リスクを減らすためには、当該物質の利用状況や事業所周辺から評価地点までの地理的な様子を鑑みながら、このツールを逆算的に活用して各尺度を引き算する方法が自主管理においては直接的で有効であることがわかった。こうした論理性の高さと利用における簡易性は非常に高いものであり、当初の研究目標を高い質で完全に達成できたものと考えている。また、事業者の排出抑制によって改善が期待される環境の状況を効率的に把握するために、化管法指定物質に対し、GC-MS AIQS-DB法の適用範囲の拡大に取り組んだ。化管法の物質指定に関する政令改正に合わせ、新旧の指定物質について網羅的にDB収録の可否を明らかにし、実際の継続モニタリングを行って、黒本調査を十分に保管できる可能性を示したことから、当初の研究目標を十分に達成できたものと考えている。なお、蓄積したモニタリングデータをテーマ1およびテーマ2の各サブテーマと共有し、テーマ1においては幅広い物質を網羅したPRTRデータの正確性や捕捉範囲の評価に活用され、テーマ2においてはモニタリングデータのダブルチェックなど信頼性評価に活用された。

6. 引用文献

- 1) 厚生労働省, 化学物質のリスクアセスメント実施支援,
<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/user/anzen/kag/ankgc07.htm> (2022. 4. 20アクセス)
- 2) 環境省, 化学物質の環境リスク初期評価関連, <http://www.env.go.jp/chemi/risk/> (2022. 4. 20アクセス)
- 3) 川崎市, 化学物質の有害性データ (環境省「化学物質の環境リスク評価」より),
<https://www.city.kawasaki.jp/kurashi/category/29-1-3-2-12-3-0-0-0-0.html> (2022. 4. 20アクセス)
- 4) エコケミストリー研究会, 使いやすいPRTR情報, <http://www.ecochemi.jp/> (2022. 4. 20アクセス)
- 5) 門上希和夫ら (2004) : 有害化学物質一斉分析用ガスクロマトグラフィー/質量分析法データベースの開発, 分析化学53(6), 581-588.
- 6) 気象庁, 過去の気象データ検索,
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2022. 4. 20アクセス)

II-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

桜美林大学

リベラルアーツ学群 化学専攻 片谷 教孝

＜研究協力者＞

川崎市環境総合研究所 環境リスク調査課 喜内 博子（令和元年度）
 川崎市環境総合研究所 環境リスク調査課 時岡 泰孝（令和元年度）
 川崎市環境総合研究所 環境リスク調査課 福永 顕規（令和元年度）
 川崎市環境総合研究所 環境リスク調査課 金井 正和（令和元～2年度）
 川崎市環境総合研究所 環境リスク調査課* 今村 則子（令和2～令和3年度）
 川崎市環境総合研究所 環境リスク調査課* 菊地 美加（令和2～令和3年度）
 川崎市環境総合研究所 環境リスク調査課* 重水 洋平（令和2～令和3年度）

*令和3年度より組織改編に伴い環境研究担当へ異動。

【要旨】

サブテーマ2では、PRTR データを活用した簡易なシミュレーション手法により、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、事業者の自主管理を支援するための実践的ツール（簡易濃度推計ツール）の開発及びツールマニュアルの作成を行った。簡易濃度推計ツールの開発にあたり、フィールド調査と対象となる事業者の協力が重要となることから、地域における化学物質のリスク評価に取り組んでいる川崎市と連携・協力を行った。ツールの対象地域としては川崎市域を設定し、対象とする環境媒体は、住民への影響が最も直接的である大気を設定した。既存の推計モデルは、扱うデータ数やソフトの使用方法などの面で事業者の使用のハードルが高いことから、ツールは、一般的なソフトであるMicrosoft Excelで作成した。ツールの信頼性を確保するため、川崎市域における環境調査結果や数理モデルを使用した推計結果等と比較検証し、信頼性を確保した。試験的に作成したツールを事業者や専門家に提示し、ツールの試用結果やツールマニュアルに関する意見・要望等を取り入れ、より使いやすいツールへと改良を行うとともに、ツールマニュアルを作成した。また、川崎市域外への活用を図るために必要な気象データ等の内部データの収集、加工方法を取りまとめ、他地域でも活用できるよう開発した。

本ツールとツールマニュアルにより、環境リスク評価に必要となる高度な解析技能や煩雑さの問題が解決され、周辺環境へ与える影響の程度の把握、優先的に対策をすべき化学物質の順位づけ、予定する削減対策の効果の検証等が容易となることから、事業者による化学物質の適正管理の促進が期待できる。また、PRTR届出排出事業所由来の環境濃度の推計等も可能であることから、行政における化学物質の排出削減施策への活用も期待できる。

1. 研究開発目的

サブテーマ2では、事業者が事業所内で取り扱う化学物質の環境への排出を抑制するために創意工夫して行う自主的管理において、特に、事業所周辺における環境リスクの評価を容易に行えるようになる使いやすいツールとして、高度な環境解析技能を有しない事業者においても利用が可能な実践的な環境濃度推計ツールの開発を目的とする。

2. 研究目標

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」では、実態調査として対象物質は10物質程度、測定地点は10地点程度について、3年間の継続調査を実施する。高度な環境解析技能を有しない事業者が利用可能な簡易な、一般的なソフトを活用した周辺環境推計ツールを作成し、環境モニタリング結果や詳細なシミュレーション結果と比較検証して、その信頼性を確保する。また、事

業者による自主管理の検討に資するよう、濃度推計と対策効果推計のデータの蓄積を行うとともに、試験的に事業者に提示して試用結果のフィードバックを受けるとともに、ツールの有用性に関する5名以上の専門家による技術レビュー等を受け、事業者支援のための実践的ツールのマニュアルを作成する。

3. 研究開発内容

3-1. PRTR 対象物質大気排出事業所近傍における大気環境実態調査

開発するツールの精度検証と化学物質の住民への影響の実態把握を行うため、川崎市域のPRTR対象物質の排出事業所近傍で、大気環境実態調査を実施した。対象物質はツールの精度検証への有用性を考慮し、川崎市内の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を選定した。調査対象物質と事業所数、大気排出量を表2.1に示す。調査地点は、対象物質の排出事業所周辺を中心に設定し、エチレンオキシドと酸化プロピレンについては排出事業所周辺8地点、その他の物質については排出事業所周辺8地点と住宅地等2地点とした。

表2.1 調査対象物質と届出事業所数、届出排出量、川崎市内排出量に占める届出排出量の割合

| 物質名 | 届出事業所数 | 川崎市内PRTR届出排出量（大気） | | 川崎市内排出量に占める届出排出量の割合（％） |
|------------------|--------|-------------------|----------------|------------------------|
| | | 合計（kg） | 範囲（kg） | |
| 【4】 アクリル酸 | 2 | 144 | 24、120 | 92 |
| 【9】 アクリロニトリル | 4 | 4,960 | 300～3,400 | 97 |
| 【56】 エチレンオキシド | 5 | 3,650 | 30～1,900 | 94 |
| 【68】 酸化プロピレン | 4 | 6,340 | 100～5,200 | 100 |
| 【128】 クロロメタン | 2 | 140,000 | 10,000、130,000 | 100 |
| 【149】 四塩化炭素 | 1 | 240 | 240 | 100 |
| 【186】 ジクロロメタン | 3 | 10,150 | 850～8,100 | 43 |
| 【281】 トリクロロエチレン | 1 | 4,300 | 4,300 | 64 |
| 【302】 ナフタレン | 6 | 12,183 | 0.3～12,000 | 83 |
| 【351】 1, 3-ブタジエン | 9 | 20,656 | 56～7,400 | 76 |

3-2. 簡易濃度推計ツールの開発

3-2-1. 排出事業者への事前ヒアリング

本研究で対象とした川崎市では、市内の化学物質排出事業者を対象としてリスクコミュニケーション等の取り組みを促進しており、すでにいくつかの企業においては、自社のPRTRデータを用いて事業所周辺の大気環境濃度を予測し、その結果に基づいて環境リスク評価を実施し、環境リスクの状況把握を行っている。一方で、リスク評価の実施に意欲はあるものの、何らかの理由が原因でリスク評価の実施に至らない事業所も多くある。このため、本研究では、ツールの開発にあたり、「事業者における環境リスク評価の障壁」となっている現状や課題、事業所周辺の環境濃度推計への取り組み実態や同ツールの需要把握等を目的とし、主要な事業者を対象としたヒアリング調査を実施した。

3-2-2. 簡易濃度推計ツールの設計

ツール開発の手順を明確にし、ツールの諸元とアウトプットの具体例づくり、さらに利用イメージを固めることを目的として、最初に概念設計作業を行った。前述した排出事業者へのヒアリング結果を参考とし、作業の方法としては、研究代表者、研究協力者のほか、川崎市環境局の行政担当者の意見も取り入れ、主としてブレインストーミングの方法により進め、事業者が使いやすく、リスク削減に役立つツールとしての要件の抽出、設計のポイント整理を行った。

3-2-3. 簡易濃度推計ツールの開発

事業所周辺の化学物質のリスク評価を実施するために一般社団法人産業環境管理協会から経済産業省一低煙源工場拡散モデル（以下「METI-LIS」という。）が公開されており、川崎市では、化学物質を取り扱う事業者に、METI-LISを用いた環境リスク評価の実施を支援していることから、ツールで使用する濃度計算式は、METI-LISをベースとし、一般的なソフトであるMicrosoft Excelで開発した。開発にあたり、METI-LISで使用されている点源プルーム式で使用するパラメータ、気象データを精査し、ツールで使用する気象データの要素を少なくしつつも、ある程度の精度を持った計算結果が算出されるよう試行を繰り返した。試行の結果、最終的に用いる気象データは、風向頻度と平均風速のみとし、大気安定度はDに固定した。

また、環境濃度と物質の有害性情報を掛け合わせた環境リスク評価を可能とするため、既存の文献から有害性情報を整理した。更に、ツールで計算された環境濃度（事業所からの排出による環境濃度）と、事業所周辺の環境濃度を比べることにより、事業所からの寄与の可視化が行えることから、事業所周辺の環境濃度情報を整理した。事業所周辺の環境濃度情報は、独立行政法人製品評価技術基盤機構（以下「NITE」という。）から公開されているPRTRマップデータ¹⁾を用いて整理した。気象データ、有害性データ及び事業所周辺の環境濃度データをツールに収録するとともに、これらの情報が容易に更新できるよう、更新方法を整理した。

3-4. 環境実態調査結果や、詳細シミュレーション結果等を用いたツールの有効性の検証

3-4-1. 簡易濃度推計ツールと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2.2に示す。

表2.2 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 |
| 排出高さ[m] | 10m（条件1）、50m（条件2） | 10m（条件1）、50m（条件2） |
| 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 時間ごとの風向・風速・気温・日射率 | 川崎市の各測定局の観測値 年間風向頻度（16方位）と平均風速 |
| 計算点 | 10mグリッド、100mグリッド | 10m |
| 計算範囲 | 2km四方、10km四方 | 10m～5000m |
| 評価高さ[地上m] | 1.5m | 1.5m |

3-4-2. 簡易濃度推計ツールと数値モデルを用いた推計結果、環境実態調査結果との比較

ツールで求めた環境濃度計算値と環境実態調査結果（実測値）の比較には、実測値に排出事業所からの影響が明確に表れていることが望ましい。そのため、排出事業所近傍で実施した環境実態調査結果から、排出事業所との距離や風向・風速等の条件を整理し、調査を実施した10物質から、排出事業所からの影響が大きいと推測される物質として8物質を選定した。

選定した8物質について、環境実態調査の対象区域である川崎市内の環境濃度を推計するため、数値モデルを用いた推計を実施した。推計は、川崎市が市域における化学物質のリスク評価を行う際に用いている、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。）を組み合わせて推計する方法（以下「川崎市方式」という。）と、ADMERのみを用いた2つの方法で実施し、年間の大気環境濃度を推計した。川崎市方式の設定条件を表2.3に、ADMERの設定条件を表2.4に示す。

また、ツールを用いて、環境調査の測定地点における年間の大気環境濃度を計算した。計算は、川崎市内のPRTR届出排出量を用いて、届出排出事業所ごとに測定地点までの距離と方角を入力して行い、届出排出事業所ごとに算出した値を足し合わせて求めた。なお、ツールで求めることができる環境濃度は、事業者からの排出に由来する濃度、即ちPRTR届出排出量由来であり、移動発生源や家庭からの影響などのPRTR届出外排出量として推計される排出量に由来する環境濃度は計算することができない。ツール計算値と実測値を比較するには、PRTR届出外排出量由来の濃度の推計が必要となるため、本研究において、市内のPRTR届出排出事業所由来を除いた濃度をバックグラウンド濃度と定義し、ADMERを用いて推計した。ADMERにおける設定条件は、表2.3の川崎市方式におけるADMERの設定条件と同じとした。

表 2. 3 川崎市方式 (METI-LIS+ADMER) 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、それ以外は川崎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：本市の行政区ごとに入力 排出高さ：10m、稼働パターン：終日稼働 線源なし、建屋なし | PRTR届出排出量：METI-LISで対象とした地域を除く神奈川県、東京都、千葉県 PRTR届出外排出量：排出源によりメッシュ化指標を選択 |
| 計算点 | 200m間隔グリッド分割、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平均化し、ADMERと足し合わせ | |

表 2. 4 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 PRTR届出外排出量：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 |

3-5. 簡易濃度推計ツールの改修とツールマニュアルの作成

より有効なツールとするため、開発中のツールを事業者及び専門家に提示し、試用結果（操作性、有効性、要望等）やツールマニュアルに関する意見、要望等を調査した。アンケート調査だけでは詳細な要望等の把握が難しいため、できる限りヒアリング形式（ツールのプレゼンと質疑応答）で実施し、要望等の把握に努めた。

ツールマニュアルの作成にあたり、最初にマニュアルに必要な要素と構成を検討、整理して素案を作成した。検討には、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」²⁾等の既存の文献や、ツールの設計時に実施した事業者ヒアリング結果を参考とした。更にツールを用いて実施した濃度推計結果、削減効果等の基礎データや知見を整理し、試用時に実施した事業者や専門家ヒアリングの意見、要望等を取り入れ、ブラッシュアップを行いつつ作成した。

4. 結果及び考察

4-1. 川崎市域のPRTR 対象物質大気排出事業所近傍の環境濃度の実態調査結果

川崎市域のPRTR対象物質の排出事業所近傍で実施した大気環境濃度実態調査結果の一例を図2.1、図2.2に示す。調査を行った10物質のうち、排出事業所による影響が明確な物質に分類されたのは、【9】アクリロニトリル、【56】エチレンオキシド、【68】酸化プロピレン、【128】クロロメタン、【186】ジクロロメタン、【281】トリクロロエチレン、【302】ナフタレン、【351】1, 3-ブタジエンの8物質であった。（図2.1参照）これらの物質は、排出事業所との距離が近い調査地点の濃度が高いなどの位置関係が反映された調査地点間の濃度差、主風向が北風であったときに排出事業所の南方に位置する調査地点の濃度が高いなどの風向の影響が明らかな調査地点間の濃度差が大きく、排出事業所の影響が明確であると考えられた。一方、【4】アクリル酸、【149】四塩化炭素（図2.2参照）は、調査地点間による濃度差が小さく、風向の影響も見られないことから検証には不適切であると考えられた。アクリル酸と四塩化炭素は他の8物質と比較するとPRTR届出排出量が数百kg/年程度と少なく、排出事業所の影響が見られない一因であると思われる。検証に適しているとした8物質については、2019～2021年度の3年間実態調査を実施し、ツールの精度の検証における基礎データとした。

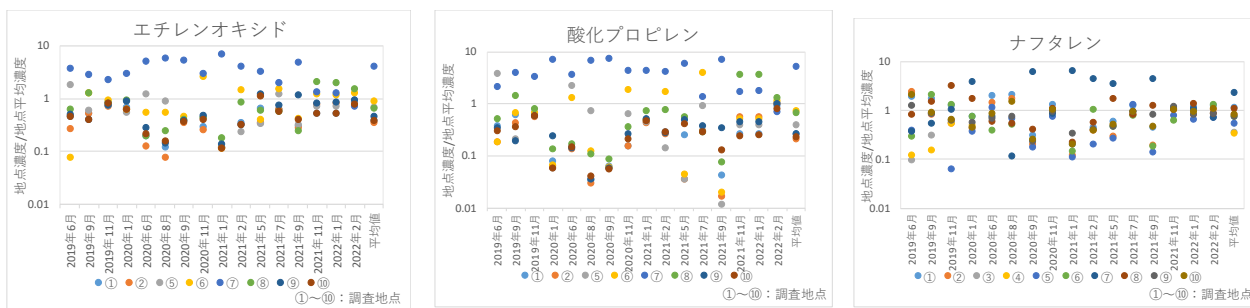


図 2. 1 大気環境濃度実態調査結果（地点濃度と地点平均濃度の比）

：排出事業所による影響が明確な物質の例

【56】エチレンオキシド、【68】酸化プロピレン、【302】ナフタレン

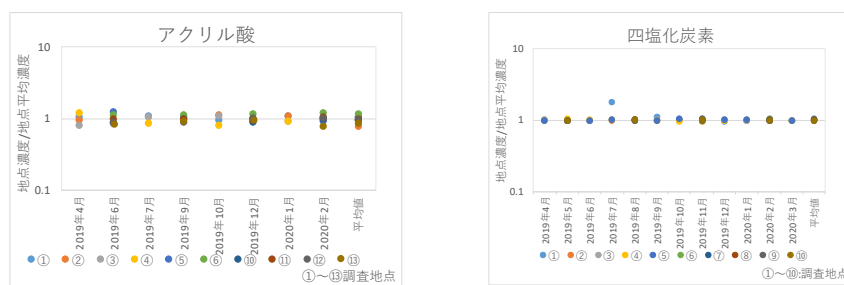


図 2. 2 大気環境濃度実態調査結果（地点濃度と地点平均濃度の比）

：排出事業所による影響が明確ではない物質

【4】アクリル酸、【149】四塩化炭素

4-2 簡易濃度推計ツールの開発

4-2-1 排出事業者への事前ヒアリング結果

化学物質排出事業者へのヒアリングから、事業者における環境リスク評価の障壁として、主に次の4点の現状や課題について整理することができた。

第一に、「リスク評価のための体制構築」に関する課題である。リスク評価のための時間や人材などのリソースの不足が問題として指摘された。このため、従業員への周知や教育、適切な人員配置が必要とされていた。また、専門的知識やスキルを身につけた人材の育成が必要とされていた。

第二に、「リスク評価に要するコスト」の問題である。環境測定や様々な情報、時間および労力を要するリスク評価には一定の費用がかかるため、未規制の PRTR 対象物質に対するリスク評価のコストとメリットに関しては、その優位性の兼ね合いが課題となっていた。

第三に、「未規制物質に対するリスク評価のあり方」そのものの意義や必要性に関する疑問についてである。事業者が取り扱う化学物質は多種多様であるため、性状や取扱い方法が異なる物質を個々にリスク評価すること自体が複雑である。化学物質が事業活動に欠かせないアイテムであることを鑑みて、リスクとベネフィットをどのように評価するか、また、シミュレーション結果から何の是非が言えるかについての回答が得られにくい問題がある。さらには、近隣の事業所からの影響が大きい場合には、自社で行うリスク評価には意味がないのではないかといった指摘もあった。

第四に、環境リスク評価で使用されることの多い「METI-LIS」については、推計に不可欠な気象情報の入手自体が困難であり、そもそも評価地点や評価期間に対して適切な気象情報が得られないといった指摘があった。また、実際に扱ってみようとしたものの、パラメータの理解や条件設定が複雑すぎて難しく、地図情報の設定ができないなど、実施困難のため途中で断念したという回答もあった。扱うことまではできたとする場合でも、事業所のケースに応じたパラメータの設定が難しいことや、濃度予測はできても評価結果の是非を判断することまでは困難であるという指摘もあった。

ヒアリング結果で得られた事業者の技能や需要、活用意欲、作業性、推計精度などの課題や障壁を解

決すべく、事業者が使いやすく、リスク削減に役立つツールとして、次の3つの要件を抽出した。

①ユーザが体験しながら理解できるようになること。

専門的知識がなくても容易に利用可能であり、社内でのリスク評価に要する時間や人材不足に対応すべく、化学物質管理に関する従業員への周知や教育において活用できることが必要となる。

②利用者の予備知識や理解力のバラツキに対応して使用できること。

使用するデータについての予備知識や習熟度に応じて使用法を変更でき、使用することによって専門的知識やスキルを段階的に身に着けるために活用できることが必要となる。

③化学物質の排出量削減意欲につなげるべく、リスク評価結果の表示方法に工夫がなされること。

自社から大気排出した化学物質による周辺環境への寄与の程度や周辺環境における住民に与える環境リスクの状況を表示可能とし、リスク削減に関する社内の合意形成に資するデータとして活用できることが必要となる。特に、排出量削減した場合の変化状況（排出削減効果）を可視化できることが必要となる。

4-2-2. 簡易濃度推計ツールの設計

ツールの設計にあたり、ヒアリング結果における要望等を反映させつつ、化学物質管理に関する事業者の自主的取組を促進に向けた、リスク削減につながる動機付けとなるようなポイントを重視した。

①METI-LISの条件設定が難しいとの意見があるため、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。

③PRTRマップとのリンクを行い、評価地点の濃度を示すことで、事業所からの排出による環境への寄与の可視化を行う。

④物質ごとに毒性情報とのリンクを行い、評価地点のリスク評価を可能とする。

⑤自社の寄与率やリスク評価により、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。

4-2-3. 簡易濃度推計ツールの開発結果

設計に基づき、開発したツールの構成を図2.3に示す。ツールは、事業者の事前準備が必要となる気象データ等のパラメータ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ことで自動入力されるよう開発した。事業者が実際に入力する計算ツールの内部データとして、気象データ、有害性データ、PRTRマップデータが対応しており、これらの内部データは更新を容易にするため、エクセルのシートで作成した。気象データシートには、地区ごとに対応した川崎市内の測定局の風向頻度と風向ごとの平均風速、測定局の高さデータを収載した。有害性データシートには、既存の文献を基に整理した有害性情報を収載した。また、PRTRマップデータには、NITEから公表されているPRTRマップを集計した地区ごとのPRTRマップ濃度データを収載した。

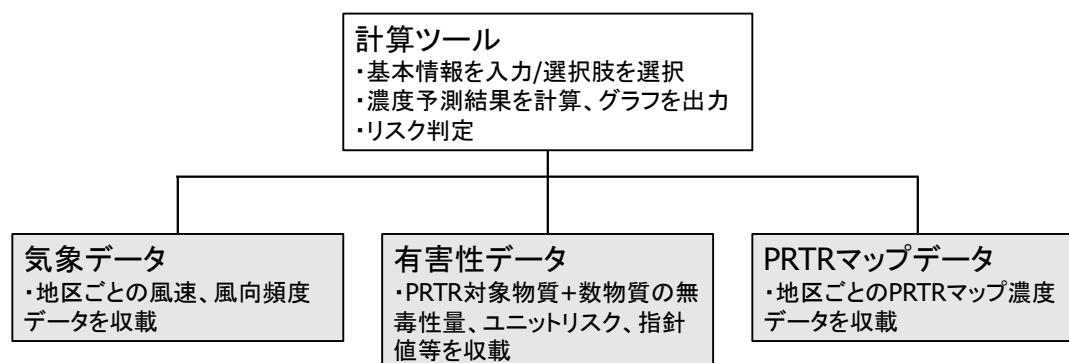


図2.3 簡易濃度推計ツールの構成

計算ツールの画面を図2.4に示す。計算ツールは、事業者が基本的な情報を入力する「入力画面」と入力した情報から濃度予測結果、環境リスク評価結果、濃度グラフ等が表示される「出力画面」から構成した。

設計のポイント①「入力項目はできるだけ簡易なものとする。」を満足するため、入力項目は、事業所所在地、評価物質コード、排出量 (kg/年)、排出口の高さ (m)、評価地点の距離 (風下距離m)、評価地点 (風下) の方角、評価高さ (地上 m) の7項目のみとした。また、評価物質コードに対応した評価物質、排出量 (kg/年) に対応した排出量 (μg/秒) 等の基礎データや、大気予測濃度の計算に必要な評価地点 (風下) の方角に対応した同一方向に風が吹く頻度 (%)、風速 [m/s]、風速の測定地点高さ [m]、排出源の出口高さにおける風速 [m/s]、大気安定度等の気象データが自動表示されるようにした。

水色
のセルに入力してください

入力画面

<位置情報>

| 入力項目 | 入力条件 | 備考 | 入力の制限 |
|--------|------|-----------|----------------------------|
| 事業所所在地 | 川崎区 | ブルダウンから選択 | 川崎区、幸区、中原区、高津区、宮前区、多摩区、麻生区 |

<計算条件>

| 入力項目 | 入力条件 | 備考 | 入力の制限 |
|----------------------|-----------|----------------------|--------------------|
| 評価物質コード | 1-392 | 評価物質リストから物質コードを入力 | |
| 評価物質 | ノルマル-ヘキサン | 自動計算 | |
| 排出量 [kg/year] | 5000.0 | 年間の排出量 (PRTR排出量データ等) | 0より大きい数値 |
| 排出量 [μg/s] | 158549.0 | 自動計算 | |
| 排出口の高さ [m] | 10 | | 1以上の数値 |
| 評価地点の距離 [風下距離m] | 1000 | ブルダウンから選択 | 10m-5000mの範囲、10m刻み |
| 評価地点(風下)の方角 | N | ブルダウンから選択 | 16方位 |
| 評価高さ [地上m] | 1.5 | デフォルト1.5m | 0より大きい数値 |
| 同一方向に風が吹く頻度 | 8.8% | 自動計算 | |
| 風速 [m/s] | 3.62 | 自動計算 | |
| 風速の測定地点高さ [m] | 16 | 自動計算 | |
| 排出源の出口高さにおける風速 [m/s] | 3.38 | 自動計算 | |
| 大気安定度 | D | Dで固定 | |

<計算結果>

| 項目 | 値 | 備考 |
|----------------------------------|-----------|---|
| 有害性指標 | 無毒性量 | 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 |
| 管理基準濃度 [μg/m ³] | 1.00.E+02 | 無毒性量、ユニットリスク、指針値、環境基準、TD0.05を交換した値 |
| 評価地点の大気予測濃度 [μg/m ³] | 5.74.E-01 | |
| 評価地点のリスク評価指標 | 174.4 | 管理基準濃度[μg/m ³]/評価地点の大気予測濃度[μg/m ³] |
| 評価地点のリスクレベル | レベル3 | リスク評価指標が <1:リスクレベル1 1≤<10:リスクレベル2 10≤:リスクレベル3 |
| 最大濃度地点の距離 [m] | 150 | |
| 最大濃度地点(風下)の方角 | SSE | |
| 最大濃度地点の濃度 [μg/m ³] | 1.10.E+01 | |
| 最大濃度地点のリスク評価指標 | 9.1 | 管理基準濃度[μg/m ³]/大気予測濃度[μg/m ³] |
| 最大濃度地点のリスクレベル | レベル2 | リスク評価指標が <1:リスクレベル1 1≤<10:リスクレベル2 10≤:リスクレベル3 |
| 事業所所在地の濃度 [μg/m ³] | 6.92.E+00 | NITE「PRTRマップ」(2018年度)を加工し、事業所所在地の平均濃度を算出 |
| 最大濃度地点の濃度と事業所所在地の濃度の比較 | 159.0% | 最大濃度地点の濃度[μg/m ³]/事業所所在地の濃度[μg/m ³] |

<出力画面>

図2.4 簡易濃度推計ツールの入力・出力画面

入力項目をすべて入力することで、出力される項目は次の①～⑤のとおりである。

①有害性データ (管理基準濃度)

有害性データシートに各物質の管理基準濃度が記載されており、評価物質コードを入力することで、「有害性指標」及び「管理基準濃度 [μg/m³]」が自動表示される。ツールに収録した有害性情報は「環境省の初期リスク評価書」³⁾及び大気汚染防止法の環境基準と指針値から引用し、「管理基準濃度」として整理した。管理基準濃度は、有害性評価値 (無毒性量、ユニットリスク、指針値、環境基準、TD_{0.05})

を、人に対する毒性重み付け係数を考慮し、ハザード比（HQ）が1相当となる値に変換した。換算式を表2.5に示す。

表2.5 有害性指標の換算式

| 有害性指標 | 換算式（管理基準濃度の単位：μg/m ³ ） |
|--|-----------------------------------|
| 指針値[μg/m ³] | そのまま使用 |
| 環境基準[μg/m ³] | そのまま使用 |
| 無毒性量[μg/m ³] | 無毒性量/10/毒性重み付け係数 |
| ユニットリスク[(μg/m ³) ⁻¹] | 10 ⁻⁵ /（ユニットリスク） |
| TD0.05[μg/kg/day] | 2.0×10 ⁻⁴ ×TD0.05 |

② 大気濃度予測

大気濃度予測は、使用者が決定する評価地点及びツールの適用範囲内（10～5000m）の最大濃度地点の2か所の値が計算、表示されるようにした。ツールはMETI-LISで使用されている点源ブルーム式⁴⁾を活用し、大気濃度予測を行っており、拡散幅の算出は、METI-LISで用いているパラメータ算出方法（Pasquill-Gifford式）に準拠し、以下の式(2)～(4)で算出している。

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-He)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+He)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (1)$$

$$\sigma_y = 465.11628(x)\tan(TH) \quad (2)$$

$$TH = 0.0017453293[c - d \ln(x)] \quad (3)$$

$$\sigma_z = ax^b \quad (4)$$

※xの単位はkm

| ブルーム式記号 | 意味 |
|----------------|------------------------|
| C | 濃度[μg/m ³] |
| x,y,z | 座標[m] |
| He | 有効煙突高さ[m] |
| Q | 排出量[μg/s] |
| u | 風速[m/s] |
| σ _y | 水平方向拡散幅[m] |
| σ _z | 鉛直方向拡散幅[m] |

Pasquill-Gifford式に用いられるパラメータa,b,c,d（大気安定度Dの場合）

| 適用距離 x | a | b |
|-------------|--------|---------|
| <0.3 | 34.459 | 0.86974 |
| 0.31-1.00 | 32.093 | 0.81066 |
| 1.01-3.00 | 32.093 | 0.64403 |
| 3.01-10.00 | 33.504 | 0.60486 |
| 10.01-30.00 | 36.650 | 0.56589 |
| >30.00 | 44.053 | 0.51179 |

| 適用距離 x | c | d |
|--------|--------|---------|
| all | 8.3330 | 0.72382 |

③ リスク評価指標

設計ポイントの④「評価地点のリスク評価を可能とする。」を満足するため、使用者が決定する評価地点及びツールの適用範囲内（10～5000m）の最大濃度地点の大気予測濃度に対し、管理基準濃度との比からリスク評価指標を算出した。さらにリスク評価指標は、表2.6の判定基準でリスクレベルを判定し表示される。

表2.6 リスクレベルの表示と説明

| リスクレベル | 説明 | 判定基準 |
|--------|-------------------------------|------------------|
| レベル1 | 環境リスクの低減対策について検討すべき物質 | リスク評価指標 < 1 |
| レベル2 | 環境リスクの低減対策の必要性について調査すべき物質 | 1 ≤ リスク評価指標 < 10 |
| レベル3 | 現時点で環境リスクの低減対策の必要性はないと考えられる物質 | 10 ≤ リスク評価指標 |

④ 事業所所在地区の平均濃度との比較

設計ポイントの③「事業所からの排出による環境への寄与の可視化を行う。」を満足するため、大気予測濃度と地区の濃度との比較を行うことができるようにした。地区の濃度データは、川崎市域だけではなく、他地域でも活用できるよう、NITEから公表されているPRTRマップを活用した。PRTRマップは、PRTR届出データおよび届出外データの排出量を合計したメッシュごとの排出量を基に、AIST-ADMERで計算を実施し、日本全国の大気中予測濃度を5倍メッシュ（5km×5km）または3次メッシュ（1km×1km）のメッシュレベルで公開している。地区の濃度は、PRTRマップ3次メッシュデータから川崎市

7地区分のメッシュコードを抽出し、各地区の平均濃度を算出して求めた。3次メッシュコードと川崎市7区域の対応データは、GIS（地理情報システム）を用いて、3次メッシュコードと政令指定都市データを重ね合わせることで取得し、合計165物質のPRTRマップデータを収載した。なお、このツール推計値と実測濃度との比較と合わせ、テーマ1の成果であるPRTRデータの正確性と捕捉範囲の評価結果を参照することで、行政が地域におけるPRTRデータの妥当性確認や改善に資する情報整備としても活用できる。

⑤ グラフの表示

設計ポイント②「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。」を満足するため、濃度変化のグラフを掲載した。横軸は排出口からの距離、縦軸が環境濃度となっており、排出量や排出高さの変化による環境濃度の変化を視覚的にとらえることができるようにした。

このように、ツールは、ヒアリング結果における要望等を反映させつつ、化学物質管理に関する事業者の自主的取組の促進に向け、リスク評価や自社の寄与の可視化により、優先的に対策をすべき化学物質の順位づけ等、効率的なリスク削減を可能とするツールとして開発した。

4-4. 環境実態調査結果や、詳細シミュレーション結果などを用いたツールの有効性の検証結果

4-4-1. 簡易濃度推計ツールとMETI-LIS計算値との比較結果

1事業所の仮想PRTR排出量（1000kg/年）と川崎市内の3地区の気象条件を用いて、METI-LISで計算した大気環境濃度とツールで計算した大気環境濃度の比較結果の一例を図2.5に示す。また、ツール計算値とMETI-LIS計算値の比（ツール/METI-LIS）の分布を図2.6に示す。

条件1（排出高さ10m）で計算した場合、ツール計算値とMETI-LIS計算値はほぼ同等であった。条件2（排出高さ50m）で計算した場合、排出口から500m程度までの距離でツール計算値とMETI-LIS計算値に乖離がみられ、特に排出口近傍で顕著であった。乖離の要因としては2つの要因が考えられた。1つめは、使用している計算式による差である。ツールの計算式は点源ブルーム式のみを使用しているが、METI-LISでは弱風時にはパフ式も使用しているため、ツールに比べ排出口近傍に高濃度が表れやすい。2つめは、使用している気象データによる差である。ツールでは、大気安定度をDに固定して計算しているが、METI-LISでは、実際の気象条件としてA（不安定）からF（安定）まで計算されることから、ツールに比べ排出口近傍に高濃度が現れやすい。ツール計算値をよりMETI-LIS計算値に近づけるためには、収載する気象データの高度化（時間ごとの風速や日照データ）が必須となり、気象データの収集や更新が煩雑となることから、ツールは現状のままとした。なお、ツールを使用する際はこのような特性を理解しつつ使用すべきであるため、その旨をマニュアルに記載することとした。

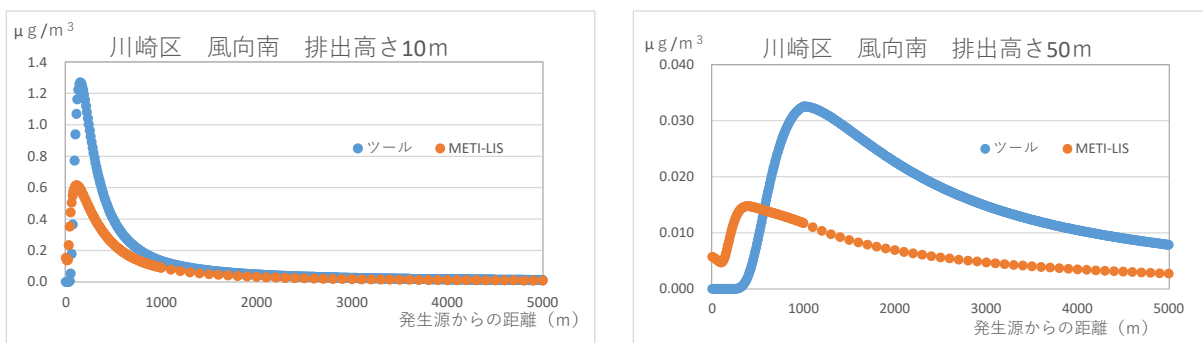


図2.5 METI-LISとツールで計算した大気環境濃度の比較結果の一例
左：排出高さ10mで計算、右：排出高さ50mで計算

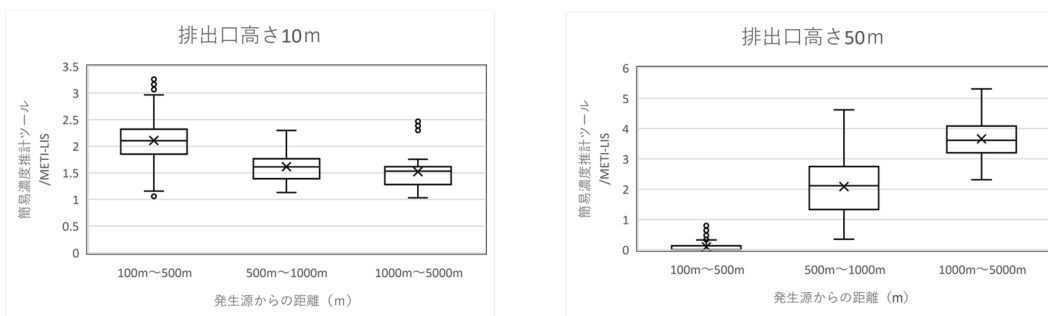


図2.6 ツール計算値とMETI-LIS計算値の比（ツール/METI-LIS）の分布
左：排出高さ10mで計算、右：排出高さ50mで計算

4-4-2 簡易濃度推計ツールと数理モデルを用いた推計結果、環境実態調査結果との比較

環境実態調査の対象とした8物質について、環境実態調査地点（①～⑧の8地点）ごとに環境濃度（年平均値）を、数理モデル（川崎市方式、ADMER）とツールで計算し、バックグラウンド濃度をADMERで計算した。計算結果の例として酸化プロピレンの結果を表2.7に示す。また、ツールの計算値について、参考として事業所（A～D）ごとの届出排出量（kg/年）と地点濃度に占める事業所の寄与率（事業所濃度/ツール計）を示す。

表2.7 推計値（川崎市方式、ADMER）、ツールで求めた環境濃度の例（酸化プロピレン）

単位（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

| 地点 | 川崎市方式 【METI-LIS+ ADMER】 | ADMER | バックグラ ウンド (ADMER) | 簡易濃度推計ツール計算値（ ）内は寄与率% | | | | |
|----|-------------------------------|--------|-------------------------|-----------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | | ツール計 6340 kg/年 | A事業所 5200kg/年 | B事業所 820kg/年 | C事業所 220kg/年 | D事業所 100kg/年 |
| ① | 0.0296 | 0.0484 | 0.0004 | 0.0789 | 0.0601 (76%) | 0.0154 (20%) | 0.0016 (2%) | 0.0018 (2%) |
| ② | 0.0358 | 0.0469 | 0.0004 | 0.0708 | 0.0544 (77%) | 0.0135 (19%) | 0.0011 (2%) | 0.0018 (2%) |
| ③ | 0.0837 | 0.0560 | 0.0004 | 0.1282 | 0.0919 (72%) | 0.0290 (23%) | 0.0032 (2%) | 0.0041 (3%) |
| ④ | 0.0800 | 0.0856 | 0.0004 | 0.1667 | 0.1117 (67%) | 0.0451 (27%) | 0.0028 (2%) | 0.0071 (4%) |
| ⑤ | 0.3129 | 0.3419 | 0.0004 | 0.9891 | 0.2924 (30%) | 0.6466 (65%) | 0.0031 (0%) | 0.0470 (5%) |
| ⑥ | 0.1144 | 0.1783 | 0.0004 | 0.1707 | 0.1004 (59%) | 0.0618 (36%) | 0.0021 (1%) | 0.0064 (4%) |
| ⑦ | 0.0674 | 0.1210 | 0.0004 | 0.1614 | 0.1143 (71%) | 0.0402 (25%) | 0.0025 (2%) | 0.0045 (3%) |
| ⑧ | 0.0404 | 0.0754 | 0.0004 | 0.1239 | 0.0892 (72%) | 0.0262 (21%) | 0.0021 (2%) | 0.0064 (5%) |

ツール計算値と数理モデルによる計算値（川崎市方式計算値、ADMER計算値）の関係を図2.7に示す。ツール計算値と川崎市方式及びADMER計算値の関係性が弱い理由として、ツール計算値には、PRTR届出外排出量が含まれていないことから、PRTR届出外排出量の割合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ていると考えられた。PRTR届出外排出量の割合が比較的多い（PRTR届出外排出量の割合が30%以上：表2.1参照）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結果を図2.8に示す。6物質については、良好な関係性が得られたことから、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、表2.7に示したとおり、地点の濃度（ツール計）と排出事業所（A～D事業所）の届出排出量や濃度との関係が明確であり、地点濃度に占める排出事業所ごとの寄与率の算出ができること、各事業所の排出量の増減による評価地点の濃度の増減がわかることがあげられる。なお、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プ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、トリクロロエチレンとジクロロメタンは、ツールのみによる環境濃度の計算は困難であり、ADMER等による届出外排出量（バックグラウンド濃度）の算定が必要である。参考として、ADMERで計算したバックグラウンド濃度を加味した結果を図2.9に示す。関係は良好であり、ツール計算値にバックグラウンド濃度を加味すれば、数理モデルで計算した濃度と同等の推計が可能であると考えられた。

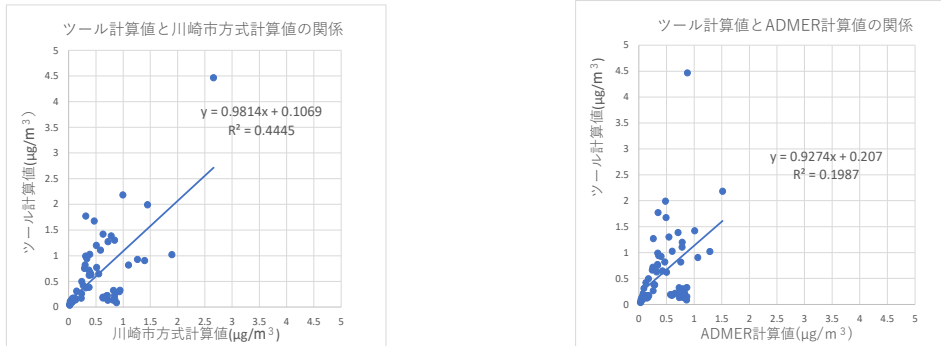


図2.7 ツール計算値と数理モデルによる計算値の比較（左：川崎市方式、右：ADMER）

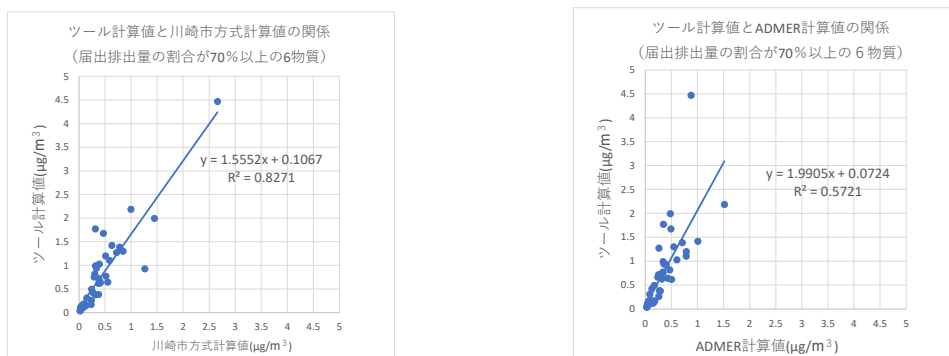


図2.8 ツール計算値と数理モデルによる計算値（6物質）の比較（左：川崎市方式、右：ADMER）

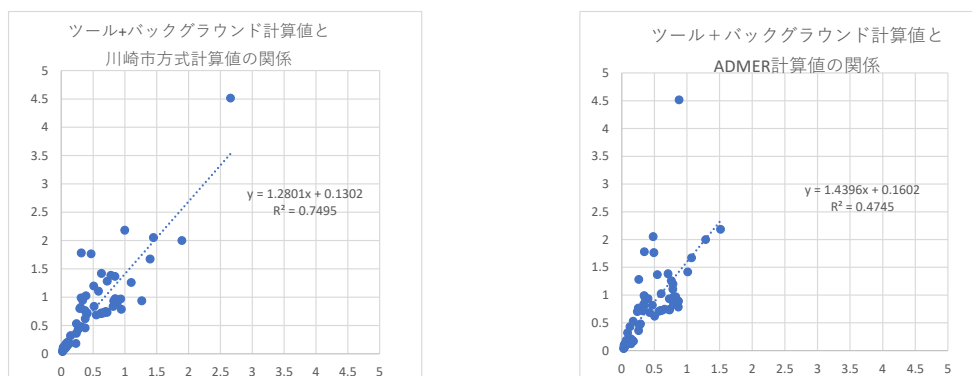


図2.9（参考）ツール計算値+バックグラウンド濃度計算値と数理モデルによる計算値の比較（左：川崎市方式、右：ADMER）

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2.10に示す。

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物質のツール計算値は、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。また、前述の

とおり、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以下であるが、バックグラウンド計算値を加えれば、0.5から2の範囲に収まる。以上のツールと数理モデル、実測値との比較結果から、ツールは一定程度の推計精度が確保されていると考えられた。

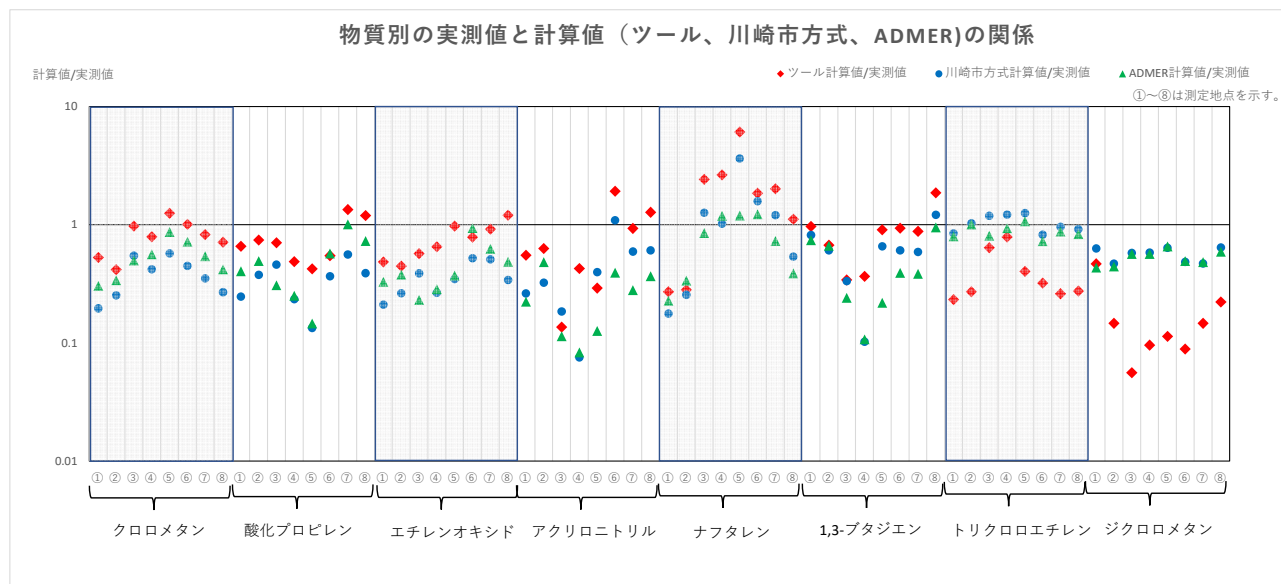


図 2. 10 物質別の実測値と計算値（ツール、川崎市方式、ADMER）の関係

4-5 簡易濃度推計ツールの改修と実践的ツールマニュアルの作成

4-5-1 簡易濃度推計ツールの試用結果

開発中のツールに関する事業者の試用結果として、操作が簡単、自社の影響を簡単に計算できる、比較ができる、有害性情報を調べることなく簡単にリスク評価ができる等、ツールは自社において自主管理を行ううえで有効との意見があり、何らかの理由によりリスク評価ができなかった事業者にとって、おおむね満足できるツールを開発できたと思われる。また、既にリスク評価に取り組んでいる事業者からは、リスク評価結果から化学物質の自主管理へと活動を展開していくには、より詳細な評価が必要となるが、その前のスクリーニングに有効という意見もあった。一方で、具体的な使用目的を示して欲しい等の要望もあり、操作は簡単であるものの、自主管理に向けたツールの有効性を感じるまでに至っていない事業者もあることから、ツールの使用用途やリスク評価そのものの有効性も併せて示していく必要があることがわかった。

また、専門家からは、簡単なツールとしては十分な機能を持っているとの意見が多く、ツールの機能性は問題ないと考えられた。ツールの精度については、事業者や行政がスクリーニング的に評価するものとしての位置づけの明確化が必要との意見があり、また、マニュアルに対する意見、要望として、語句（有害性指標、リスクレベル等）に関する丁寧な解説が必要、ツールが何に使用できるのか、評価結果がどのような意味を持つのか等、ツールの用途や使用場面などが伝わるような、使用現場をイメージした解説や架空の事業所を想定した具体的な例示が必要等の意見があり、これらの意見についてマニュアルに反映することとした。

4-5-2 簡易濃度推計ツールの改修

事業者や専門家から寄せられたツールの操作性や用語に関する要望について、できる限り要望を取り入れた改修を実施した。入力画面について、物質は当初プルダウンでの選択方式であったが、選択が煩雑という意見を反映し物質コードを入力する方式とした。また、入力画面、出力画面とも、なるべくわかりやすい表現とする、解説を入れる等の修正を行い、ツールに盛り込めない解説事項についてはマニュアルに記載した。ツールの信頼性の検証や、事業者、専門家の意見を踏まえることで、より活用効果の高いツールとすることができたと考えている。

4-5-3 ツールマニュアルの作成結果

作成したツールマニュアルの構成を表2.8に、ツールマニュアルの一部を図2.11に示す。ツールを開発した目的や使用用途がわかるよう、事業者の自主管理を支援するためのツールであること、化学物質の適正管理における判断材料の一つとして活用して欲しいこと等を「①はじめに」に記載した。また、どのような場合にツールを使用したら効果的か等のツールの用途や使用場面などが伝わるよう、ツールの使用例や「④自主管理の推進に向けたツールの活用」において、具体的な事例（ケーススタディ）を掲載した。さらに、ツールを使用することによって専門的知識やスキルを段階的に身につけられるよう、参考資料には、ツールで使用する計算式、内部データとして収載している気象データ、有害性データ、PRTRマップデータの出典やデータ加工方法、ツールの信頼性の検証結果として、条件によってはMETI-LISの計算結果と乖離する場合があるなど、ツールの特性を理解できるように作成した。

表2.8 ツールマニュアルの構成

| タイトル | 内容 |
|--------------------|---|
| ①はじめに | <ul style="list-style-type: none"> ・ ツール開発の経緯 ・ ツールの位置付け |
| ②簡易濃度推計ツールの概要 | <ul style="list-style-type: none"> ・ ツールの概要説明 ・ ツールの使用例 ・ 化学物質のリスク評価手法について ・ ツールの構成 ・ 計算に必要なパラメータについて |
| ③簡易濃度推計ツールの操作手順 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 地点情報の設定 ・ 計算条件の設定 ・ 計算結果の解説 |
| ④自主管理の推進に向けたツールの活用 | <ul style="list-style-type: none"> ・ ケーススタディ①（ある化学物質を排出した場合の、評価地点大気濃度の試算） ・ ケーススタディ②（事業所における削減する化学物質の優先度付け） ・ ケーススタディ③（環境への影響がありそうな物質の削減効果の試算） |
| ⑤おわりに | <ul style="list-style-type: none"> ・ 詳細なリスク評価の紹介等 |
| ⑥参考資料 | <ul style="list-style-type: none"> ・ ツールで使用する計算式について ・ 内部搭載データについて ・ ツールとMETI-LIS 計算結果の比較 |

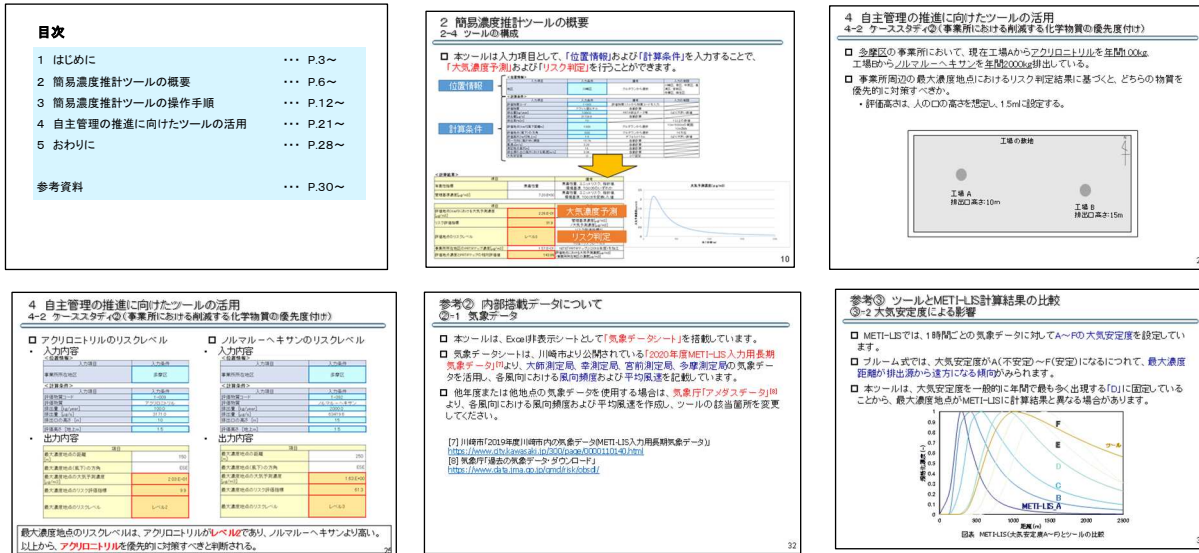


図2.11 ツールマニュアルの一部抜粋

5. 研究目標の達成状況

本研究の目標は達成できたと考えている。実態調査の対象物質として選定した8物質、排出源近傍の8地点について、3年間の継続調査を実施し、ツールの信頼性の検証を実施した。高度な環境解析技能を有しない事業者が利用可能な一般的なソフトとしてExcelを活用した周辺環境濃度の推計とリスク評価を可能としたツールを開発し、環境モニタリング結果や詳細なシミュレーション結果と比較検証して、その信頼性を確保した。事業者による自主管理の検討に資するよう、ツールによる市内濃

度推計や削減効果の試算を実施し、ツールを試験的に事業者に提示して試用結果のフィードバックを受けるとともに、ツールの有用性に関する専門家の技術レビュー等を受けてツールを改修し、事業者支援のための実践的ツールのマニュアルを作成した。なお、蓄積したモニタリングデータをテーマ1およびテーマ2の各サブテーマと共有し、テーマ1においては幅広い物質を網羅したPRTRデータの正確性や捕捉範囲の評価に活用され、テーマ2においてはモニタリングデータのダブルチェックなど信頼性評価に活用された。

6. 引用文献

- 1) 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>
- 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) 環境省：化学物質の環境リスク評価
<https://www.env.go.jp/chemi/risk/index.html>
- 4) 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/reti-lis/dd4ht300000008b5-att/a1498700929138.pdf>

II-3 行政が実施する環境改善の状況把握を支援するためのデータベースの開発

(公財)東京都環境公社

| | | |
|------------|----------|-------|
| 東京都環境科学研究所 | 環境資源研究科 | 星 純也 |
| 東京都環境科学研究所 | 環境リスク研究科 | 加藤 みか |
| 東京都環境科学研究所 | 環境資源研究科 | 棚島智恵子 |

<研究協力者>

(公財)東京都環境公社

東京都環境科学研究所 環境リスク研究科 釜谷 光保 (令和2～令和3年度)

東京都

| | | | |
|-----|-------|---------|-----------------------|
| 環境局 | 環境改善部 | 化学物質対策課 | 伊藤 雄一 (平成31 (令和元) 年度) |
| 環境局 | 環境改善部 | 化学物質対策課 | 渡部 健一 (平成31 (令和元) 年度) |
| 環境局 | 環境改善部 | 化学物質対策課 | 矢野 明子 (令和2年度) |
| 環境局 | 環境改善部 | 化学物質対策課 | 五藤 久貴 (令和3年度) |
| 環境局 | 環境改善部 | 化学物質対策課 | 野澤 亜紀 (令和3年度) |

[要旨]

地方環境行政が地域の環境リスクや環境改善状況を簡易かつ高い精度で把握することを目的として、環境モニタリング測定地点・頻度や化学物質の対策優先順位を明らかにするために用いるデータベースの開発を実施した。データベースの開発に当たり、PRTR排出量データからの簡易で精度の高い環境濃度推計方法、精度の高い年平均値算出のためのモニタリング手法の検討を行い、データベースの仕様に反映させた。また、これまでのPRTR排出量、環境モニタリングデータを用いた環境改善状況の解析手法を検討し、都内の改善状況やその要因を評価した。PRTR排出量データからモデル推計した大気濃度と環境モニタリング実測値を比較検討し、モデル推計が可能な物質を抽出するとともに、バックグラウンド濃度による補正法を検討した。更に、東京都のVOC連続測定データの解析から、精度の高い年平均値把握のためには1週間平均値を用いることが有用であることを明らかにし、1週間平均値を実測するための1週間連続採取法の検討を行い、都内の大気中化学物質モニタリングに活用した。本研究で得られた解析結果やモニタリングデータを用いて、東京都のPRTR対象物質のリスク順位や物質毎の市区町村、3次メッシュのリスク順位を一覧できるデータベースを整備した。また、各自治体で同様のデータベースを作成するための地域リスク評価ツールを開発した。

1. 研究開発目的

本サブテーマ3では、地方環境行政における指導・監視や地域環境の改善状況の把握を支援するため、PRTR対象物質について環境実態を効果的に把握するための手法を整備する。具体的には行政が地域の環境リスクや環境改善状況を簡易にかつ高い精度で把握するための環境モニタリング測定地点・頻度や化学物質の対策順位等を把握するために用いるデータベースを開発していく。

2. 研究目標

サブテーマ3「行政が実施する環境改善の状況把握を支援するためのデータベースの開発」では、地方環境行政における指導・監視や地域環境の改善状況の把握を支援するため、PRTRデータ、100成分以上のVOCの環境モニタリングデータの双方を用いた効率的な地域リスクの評価手法や地域環境改善の検証、リスク評価のためのモニタリング手法の検討を行う。これらの結果を統合して、行政がPRTRデータを活用して適切に環境改善状況を把握する手法を確立していくとともに、地域の実情に合わせたリスク評価と施策立案に活用できるデータベースを、東京都をモデルケースとして構築する。なお、対象物質は都内での環境リスクから優先度を決めて200～300物質程度、測定地点は6ヶ所、測定頻度は年平均値の評価に有用な1週間捕集×年4回を目標に実施する。

3. 研究開発内容

3-1. PRTRデータを活用した地域環境リスク推定の効率的な手法開発

東京都が保有する大気モニタリングデータとPRTR 制度で収集された排出量データの双方を活用して化学物質の大気からの曝露による地域リスクを効率的に推定する手法を検討した。

大気モニタリングデータを用いた解析では、これまで東京都が実施してきた有害大気汚染物質モニタリングデータやVOC モニタリングデータの測定値を基準値等¹⁾で除した値（ハザード比）を大気リスクの大きさとみなして、地点ごとのリスクの経年変化を確認した。1997 年度から2017 年度までに毎月モニタリングされた化学物質（最大120 物質）のうちPRTR 対象物質は47 物質であった。

排出量データを用いた解析では、届出及び届出外排出量の都内合計排出量を基準値等¹⁾で除したリスクの排出強度を算出し、化学物質の排出リスクとみなした。届出外排出量は排出媒体別の排出量が推計されておらず、現在入手できるデータでは大気モニタリングデータとの比較が困難である。そのため、本研究では物質別、需要用途別に各々排出率の設定を検討した。

次に、メッシュ別及び区市町村別の大気排出量と環境モニタリングデータの比較検討を行った。2014 年度から2016 年度の東京都の1 km×1 km メッシュ別及び区市町村別の届出排出量、届出外排出量は環境省の「地域における化学物質の環境リスク低減支援業務報告書」²⁾から得た。届出外排出量については、物質別、需要用途別に設定した大気排出率を用いて、大気への排出量を推計した。5 km×5 km で集計したメッシュ別排出量を基に曝露・リスク評価大気拡散モデル(ADMER)を用いて算出した5 km×5 km メッシュ別の大気濃度推計値と大気モニタリングデータとの比較を行った。排出量と大気モニタリングデータ比較のフローを図3.1 に示した。これらの比較の結果、推計値と実測値との関係がいくつかのパターンに分類されたので、各々のパターン別に推計精度の検証を行った。

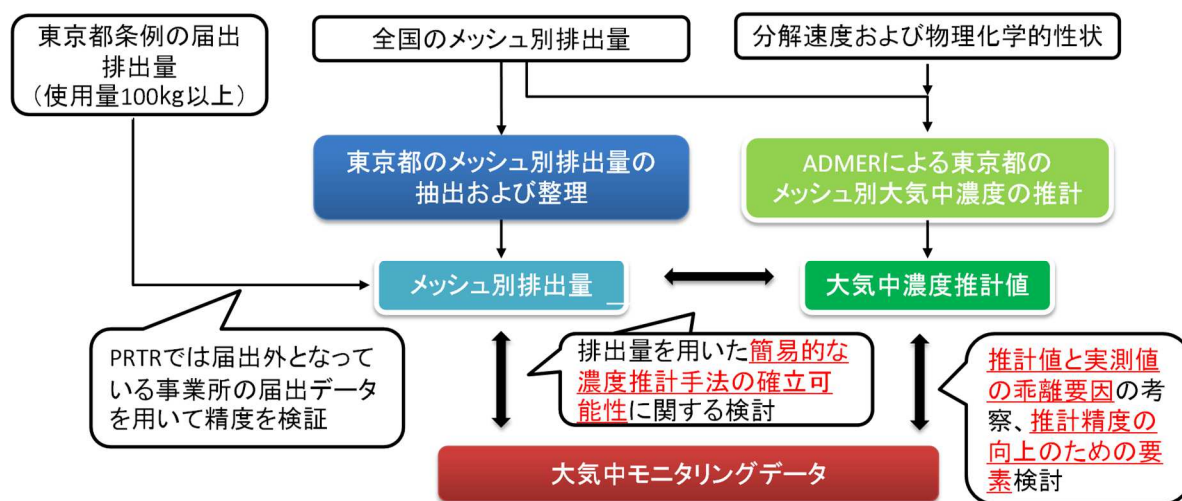


図3.1 大気排出量及び大気濃度推計値と大気モニタリングデータの比較

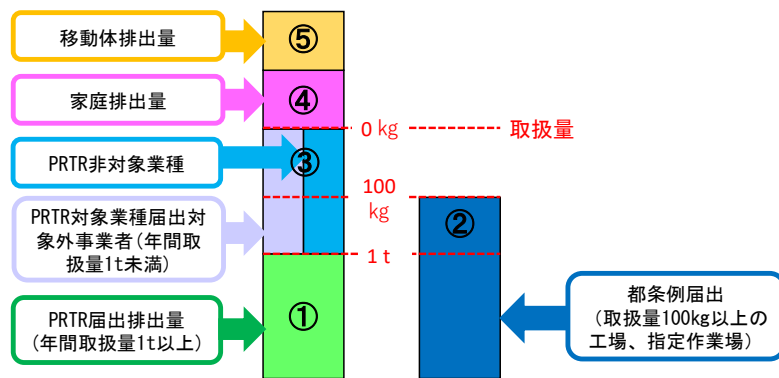
3-2. 排出量データ及び環境モニタリングデータを用いた地域環境改善の検証

これまでに蓄積された環境モニタリングデータとPRTRの排出量データ及び都条例の化学物質適正管理制度に基づく排出量等の報告データを基に地域環境改善の検証を行った。モニタリングデータは大気については2003年度から2017年度までの東京都の有害大気汚染物質モニタリングデータ等、水質については2010年度から2017年度までの公共用水域水質測定データを用いた。排出量データはPRTRの都内の届出、届出外データ及び東京都の条例に基づき報告された排出量を用いた。検証は大気については東京都で排出量データがあるPRTR対象物質、都条例対象物質、東京都の環境モニタリングデータのうち2つ以上のデータが揃っている68物質を対象とした。水質では東京都で排出量データがあり、かつ東京都の環境モニタリングデータがある57物質とした。

大気の検証ではPRTRと都条例の排出量データを組み合わせ、大気排出量を5つのカテゴリに分けて経年変化を算出して検証した。都条例では年間取扱量100kg以上の事業所からの化学物質排出量等の報告データがあり、対象事業所も事実上ほとんどの業種となっている。大気排出量のカテゴリの分類方法を図3.2に示した。ここで

PRTRの年間取扱量1t未満の対象外事業所、非対象業種、家庭、移動体の大気への排出量は3-1と同様に物質別、需要用途別に各々排出率を設定した。本項目では都内の総排出量とモニタリングデータの都内平均濃度を用いて解析を行った。解析方法の詳細は星ら(2021)³⁾に示した。

水質については都内河川水の公共用水域水質測定データの物質別の年平均値と、PRTR対象物質の水域への排出量(届出+届出外)のデータを用いて解析を行った。



- カテゴリ① PRTR届出排出量：取扱量1t以上の事業所からの排出
 カテゴリ② 都条例届出-①：取扱量100kg～1t未満の事業所からの排出
 カテゴリ③ (PRTR届出対象外事業者(届切以下)+PRTR非対象業種)-②
 : 取扱量100kg未満の事業所からの排出+非対象事業所からの排出
 カテゴリ④ 家庭排出量
 カテゴリ⑤ 移動体排出量

図3.2 PRTRおよび都条例排出量を用いた大気排出量の分類

3-3. 時空間的モニタリングデータの収集方法の検討とデータ蓄積

行政による地域のリスク評価のための化学物質モニタリングをより正確に、かつ効率的に実施するため、データの収集方法の検討を行った。ここでは大気中の化学物質を対象に測定地点選定方法と年平均値算出のための適正な測定頻度(年間の測定回数)を検討した。

測定地点の検討では多くの測定地点で連続データが得られている大気汚染常時監視項目(NMHC、NO、NO₂、SPM、PM2.5、SO₂、CO)のデータを活用した。まず、大気中化学物質モニタリングデータと大気汚染常時監視項目との相関分析を行い、各々の化学物質と濃度変動が類似している常時監視項目を抽出した。次に、常時監視項目のデータを用いたクラスター解析を行い、都内測定地点における常時監視項目の地域分布、類似性を明らかにした。個々の常時監視項目の地域類似性を相関関係が得られている大気中化学物質に適用して、適正な大気中化学物質モニタリングの地点を選定した。

測定頻度の検討では東京都環境局が、都内6地点で2013～2015年度に毎日1時間ごとにVOCモニタリングシステムにより観測したVOC 16成分のデータ⁴⁾を用いた。解析は吉門ら⁵⁾の手法を参考に行い、1時間毎のVOC濃度を日平均濃度に換算した後、物質かつ地点ごとに解析を行った。まず、1日(24時間)サンプリングによるモニタリングを行った場合に年平均値算出のために必要な測定頻度の検討を行った。2013年度から2015年度の時系列データを用い、毎日測定した全データの平均値を真の年平均値とした。次に、n日周期で間欠的にデータを抽出した場合の年平均値n個を算出し、年平均値n個の標準偏差を求め、これを真の年平均値で除した変動係数を算出して測定頻度による年平均値の誤差を評価した。次に1回の測定を有害大気汚染物質等で実施されている24時間採取ではなく、1週間連続採取とした場合の年間の測定頻度について検討を行った。2013年度を例とすると、4月15日から21日までの1週間の平均値(A1)から2014年3月10日から16日までの平均値(A48)までを作成し、これをn週間周期で間欠的にデータを抽出した場合の年平均値n個を算出し、年平均値n個の標準偏差をA1からA48までの全平均値で除した変動係数を算出して誤差を評価した。解析方法の詳細は勝島ら(2021)⁶⁾に示した。

測定地点、測定頻度の検討に加え、測定法の検討も行った。有害大気汚染物質モニタリング等では多くが24時間採取での測定法として整備されており、採取期間を24時間よりも長期間にした場合の試料の保存性等を検証して測定法を確立する必要がある。本研究ではこれまで行われている24時間採取と1

週間採取を並行して行い、長期間採取の妥当性の評価を行った。検討対象としたのは①キャニスターで採取するVOC126物質、②DNPH含浸カートリッジで採取するアルデヒド類13物質、③捕集管（HBrでコーティングした捕集剤）で採取する酸化エチレン及び酸化プロピレン、④ポリマー充填剤のカートリッジと活性炭カートリッジを連結して採取する有機化合物38物質、⑤PTFEフィルターに採取した重金属類12物質とした。上記①と④で3物質が重複しており、合計で188物質の長期間採取の精度評価を行った。

上述したクラスター解析によって選定した測定地点において、2020年度から大気中化学物質のモニタリングを実施した。測定地点数は6地点、採取頻度は四季に1度（年4回）で各回とも1週間採取を実施した。1週間採取では試料保存性が悪くなることが明らかとなった物質

については、東京都環境科学研究所屋上において24時間採取を通年で行った。合わせてバックグラウンド（BG）調査として小笠原諸島父島において2020年度、2021年度とも夏季、秋季の年2回のサンプリングを行った。測定地点を図3.3に示した。本モニタリングの対象物質のうち、5点以上の濃度幅で検量線を作成して高精度に分析した物質は延べ202物質であり、このうちPRTR対象物質は78物質であった。また、PRTR対象物質等の環境実態を網羅的に把握するために、GC/MS全自動同定・定量データベース（AIQS-DB）を用いた有機化合物の一斉分析も合わせて実施した。ここでは920物質（うちPRTR対象190物質）の測定を行った。

水質については都内18地点の公共用水域で採取した試料を液液抽出後、GC/MS全自動同定・定量データベース（AIQS-DB）を用いて有機化合物920物質の一斉分析を行った。



*地図出典：地理院地図を加工して作成

図3.3 大気中化学物質測定地点
(上段：都内6地点、下段：バックグラウンド地点)

3-4. 行政支援のための地域環境改善状況のデータベース開発

3-1 から3-3 で得られた結果を基に、効率的な環境リスク評価のための対象物質、測定地点、測定頻度を整理し、それらの結果を組み込んだ東京都内の地域リスクを一覧できるデータベースを作成した。本データベースはPRTR制度で推計・公表されたデータと3-3 で得られたモニタリングデータ及び東京都の有害大気汚染物質モニタリングデータを用いて作成されている。さらに、本研究ではどの自治体においても、地域のPRTR排出量と環境モニタリングデータからこのデータベースを作成できるよう、作成の支援ツールである地域リスク評価ツールを整備した。地域リスク評価ツールの構成を図3.4に示した。本ツールは汎用のソフトウェアで操作が可能で、専門的なモデルシミュレーションの知識のない自治体職員でも活用できることを主眼にMicrosoft Office Excel（2016以降のバージョン）とMicrosoft Office Access（2016以降のバージョン）で利用可能な仕様とし、web上で入手可能なPRTRの排出量や大気環境モニタリング濃度データを基にした地域リスクの比較・検討を支援するものである。本ツールはモニタリング管理データベース（Excel）とPRTRマップの排出量データ（Access）及び、PRTRマップの大気濃度データ（Access）からなり、これらをAccessで整理、出力した後、Excelの地域リスク評価ツールに貼り付けることによって地域の大气環境リスクを表示する。これらの操作によ

って本ツールでは、①評価対象地域におけるPRTR物質別の大気排出量、推計濃度、モニタリング濃度等によるリスクレベル概況、②物質別の評価対象地域内の市区町村別リスクレベル、③物質別の評価対象地域内の3次メッシュ別リスクレベルを表示することが可能である。結果を表示するにあたりリスクを評価する指標として、ハザード比、リスクレベルを用いた。ハザード比は大気中推計濃度又はモニタリング濃度（年平均値）をエコケミストリー研究会¹⁾が設定する大気管理参考濃度で除した値であり、値が大きいほどリスクが大きいことを示す指標である。な

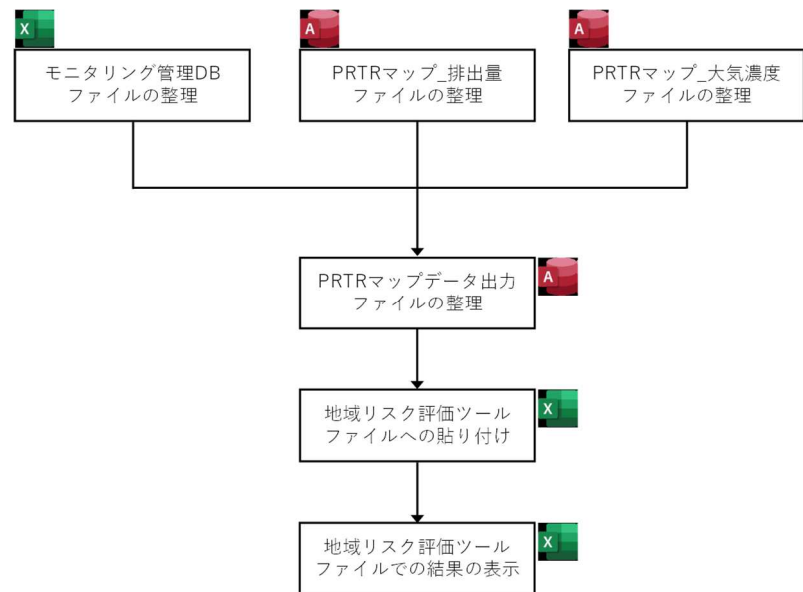


図3.4 地域リスク評価ツールの構成

お、大気管理参考濃度はツールにあらかじめ設定されているが、独自に値を設定・更新することも可能である。ハザード比の大きい物質ほど長期間曝露による健康影響が相対的に高いと考えられ、各物質のハザード比の順位から、対象地域（都道府県）において、優先的に調査・対策すべき物質を容易に比較・検討することができる。リスクレベルは0～38までの39段階で表される指標であり、値が大きいほどリスクが大きいことを示す指標である。この値はサブテーマ1で開発された尺度化法による環境リスク簡易アセスメントのリスクレベルと同じ評価手法を採用している。本評価ツールは、サブテーマ1で想定している事業所からの排出量による事業所周辺のリスク評価と、PRTR排出量や自治体のモニタリングデータを基にした地域全体のリスク評価を直接比較できる仕様とした。

本ツールのモニタリング管理データベースではモニタリング地点の緯度経度を入力すると対応する3次メッシュコードが自動で出力される。これによってメッシュ別の排出量から推計される大気環境リスクとモニタリングデータから算出された大気環境リスクを比較表示できる。また、BG濃度の設定機能を有し、排出量から推計される大気環境リスクのBG補正が可能である。PRTRマップの排出量データ及び大気環境データ（排出量によるモデル推計値）は独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）が公表しているデータ⁷⁾を入力する。このように排出量データは全て公表値を用い、環境モニタリングデータも各自治体が公表しているデータを用いることで、誰でも本評価ツールを活用し、データベースを作成することができる。

また、本研究では関東エリアについては、地域のリスクを可視化するための化学物質排出データのGISアプリケーションも作成した。これは、本評価ツールの①大気排出量から算出したリスクレベルが比較的高い30物質について、1都3県（東京都、埼玉県、千葉県、神奈川県）の③大気中推計濃度のリスクレベルを3次メッシュ別に地図上に分かりやすく表示したものである。GIS専用ソフトウェアを保有しない自治体職員でも容易に地理空間情報を扱うことができ、PRTRの届出事業所や有害大気汚染物質の測定局等の検索も可能である。このアプリケーションを併用することにより、地域の化学物質排出状況や大気環境リスクを視覚的に理解することができる。

4. 結果及び考察

4-1. PRTRデータを活用した地域環境リスク推定の効率的な手法開発

PRTR対象物質の大気モニタリングデータを用いたリスク評価では測定地点毎の年平均大気濃度及び都内13地点の一般環境大気測定局（一般局）の測定値を平均した都内年平均濃度を用いた。多くの物

質で経年的に大気環境濃度のリスクは減少しているか、あるいは低い水準を維持していた。2017年度において、ハザード比で0.1以上となりリスクが比較的高い可能性がある物質はアセトアルデヒド等8物質となった。

排出量データを用いたリスク評価においては届出外排出量の大气排出量算出に当たり、物質別、需用途別の排出率を用いた。排出量を基準値等で除した排出リスク強度を算出すると経年的に低下する傾向が見られ、2017年度において都内で排出リスク強度が大きい物質はアクロレイン、酸化エチレン、トルエン、1,3-ブタジエン、1-プロモプロパン、ベンゼン、ホルムアルデヒド等となった。ここでは届出外排出量は都道府県別の合計値を用い、排出量データを用いたリスク評価では都内全排出量の経年変化を解析している。排出リスク強度が大きい物質で環境モニタリングデータが少ない物質については本研究でのリスク評価のためのモニタリング候補物質として抽出した。

次にメッシュ別の大气排出量と大气モニタリングデータとの比較を行った。図3.1に示したフローでメッシュ別の大气中濃度推計値と大气モニタリングデータ（実測値）との関係を4つのパターン及びその他に分類した。結果を表3.1に示した。パターン1に分類された13物質は大气拡散モデル（ADMER）による大气濃度の推計を行った場合とモデルを用いずにメッシュ別排出量と大气モニタリングデータを直接比較した場合で大气濃度の推計精度を検証した。その結果、精度に大きな差は見られず、対象13物質の中では最も分解速度が速いスチレンを除くと、メッシュ別排出量から大气濃度を推計して環境リスクを評価できる可能性が示された。パターン2についてはバックグラウンド濃度が高いことが影響し、実測値が都内あるいは近隣地域での排出のみを反映した濃度でない物質が多いと考えられた。そこで、2020年度から小笠原父島でのBG調査を実施した。BG濃度を考慮した推計値の補正については4-3で述べる。パターン4に分類されたもののうち大气中寿命の長いオゾン層破壊物質以外は未把握排出量の影響があり、排出量推計の精度向上の必要性が示唆された。また、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドは大气中での二次生成も検討する必要があると考えられた。

表3.1 メッシュ別排出量から算出した大气濃度推計値と実測値の比較結果

| パターン | 傾向 | 推計精度 評価 | 該当物質 | 物質数 |
|-------|-------------------|------------|--|-----|
| パターン1 | 推計値≒実測値 | 良 | エチルベンゼン(53)、キシレン(80)、ジクロロベンゼン(181)、ジクロロメタン(186)、スチレン(240)、テトラクロロエチレン(262)、トリクロロエチレン(281)、1,2,4-トリメチルベンゼン(296)、1,3,5-トリメチルベンゼン(296)、トルエン(300)、1,3-ブタジエン(351)、n-ヘキサン(392)、ベンゼン(400)。 | 13 |
| パターン2 | 東京都での排出なし、推計値<実測値 | 過小 | クロロエチレン(94)、クロロメタン(128)、四塩化炭素(149)、ジクロロテトラフルオロエタン：CFC114(163)、1,2-ジクロロプロパン(178)、1,3-ジクロロプロパン(179)、トリクロロフルオロエタン：CFC113(284)。 | 7 |
| パターン3 | 東京都での排出あり、推計値>実測値 | 過大 | 該当なし | |
| パターン4 | 東京都での排出あり、推計値<実測値 | 過小 | アクリロニトリル(9)、アセトアルデヒド(12)、エチレンオキシド：酸化エチレン(56)、クロム及び三価クロム化合物(87)、1-クロロ-1,1-ジフルオロエタン：HCFC142b(103)、クロロジフルオロメタン：HCFC22(104)、クロロホルム(127)、1,2-ジクロロエタン(157)、ジクロロジフルオロメタン：CFC12(161)、1,1-ジクロロ-1-フルオロエタン：HCFC141b(163)、ジクロロペンタフルオロプロパン：HCFC225(185)、水銀及びその化合物(237)、ニッケル化合物(309)、砒素及びその無機化合物(332)、フロモメタン(386)、ホルムアルデヒド(411)、マンガ及びその化合物(412)。 | 17 |
| その他 | 実測値のほとんどが検出下限未満 | 判定困難 | 3-クロロプロパン(123)、クロロベンゼン(125)、1,1-ジクロロエチレン(158)、シス-1,2-ジクロロエチレン(159)、2,2-ジクロロ-1,1,1-トリフルオロエタン：HCFC123(164)、1,1,1-トリクロロエタン(279)、1,1,2-トリクロロエタン(280)、トリクロロベンゼン(290)、ベリウム及びその化合物(394)、ベンジルクロリド(398)。 | 10 |

4-2. 排出量データ及び環境モニタリングデータを用いた地域環境改善の検証

大気環境における地域環境改善の検証に用いた68物質のうち大气モニタリングデータがあり、かつ届出、届出外の合計で排出量データがある物質は36物質であった。このうちPRTR制度で「オゾン層破壊物質」として分類されている4物質を除いた32物質について2003年以降の都内年平均大气濃度と都内年間排出量を用いて相関分析を行った。32物質のうち排出量と大气濃度が有意水準1%で相関が認められた物質は10物質、有意水準5%で相関が認められた物質は5物質であった。

相関が認められなかった物質は、大气濃度が低く、排出量推計値も小さいため双方の精度が十分でないと考えられる物質が多かった。しかし、n-ヘキサン、1,2,4-トリメチルベンゼン、1,3,5-トリメ

チルベンゼンは大気濃度が測定の検出感度に比べて十分に高く、月変動や経年での濃度変化があるにも関わらず排出量との相関が得られなかった。これらの物質は表3.1に示したように2014年度以降のデータのみでメッシュ別排出量とモニタリングデータを比較すると整合がとれている。しかし、経年的な変化の傾向が整合しておらず、年度による排出量推計手法や精度に差があることや、4-1のように詳細な地域に分けて評価できていないことが原因と考えられる。

排出量と大気濃度に相関が見られた物質について3-2で述べた方法によって大気排出量を5つのカテゴリ（都条例対象外物質は4つのカテゴリ）に分類した。一例としてトルエンとトリクロロエチレンの2003年度から2017年度までのカテゴリ別の排出量と大気濃度の経年変化を図3.5に示した。図に示したように大気濃度の低減に影響を与えていると考えられるカテゴリは物質によって異なっていた。また、トリクロロエチレンでは「届出外事業者(0-99kg)+非対象業種」がすべてマイナス値となっている。これはPRTRの「届出排出量」+「対象業種届出外事業所(裾切り以下)」+「非対象業種」の合計値が都条例での届出量より少ない(図3.2の①+③が②より少ない)ためであり、トリクロロエチレンについては届出外排出量の推計に大きな誤差があることが考えられる。

次に事業所からの排出量が大気濃度に影響を与えていると考えられるジクロロメタンとトルエンを例に、PRTR届出排出量と都条例の届出排出量及び使用量から算出した1件当たりの排出量、使用量、及び排出率(排出量/使用量)を図3.6に示した。ジクロロメタンについては1件当たりの排出量、使用量ともに減少している。これは各々の事業所が事業活動の中で使う量を減らしており、それが排出量

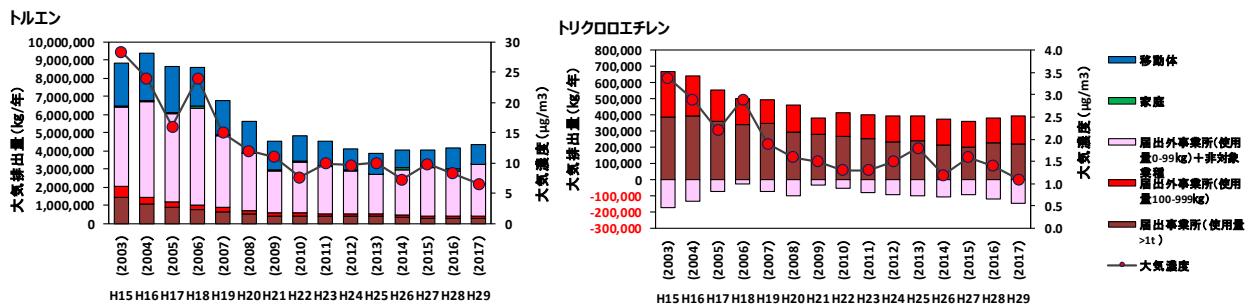


図3.5 排出量と大気中濃度の経年変化（東京都）

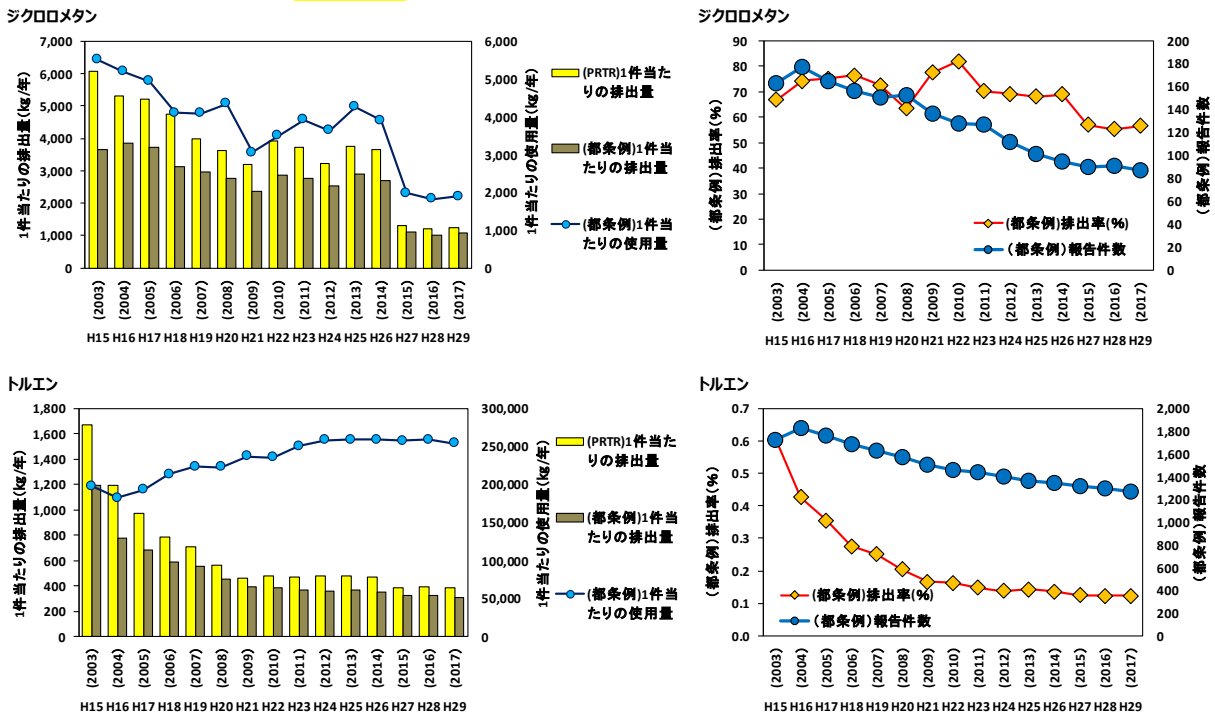


図3.6 PRTR及び都条例の届出から算出した事業所1件当たりの排出量、使用量と排出率の経年変化（東京都）

減少に繋がっていることが示唆される。しかし、排出率は減っていないので、使用量を減らしていない事業所からの使用状況、排出状況はあまり変化していないものと思われる。一方、トルエンについては1件当たりの使用量は微増になっているものの、排出量は減少している。排出率も経年的に減少していることから、各々の事業所の事業活動での使用は減らしていないものの、大気に排出しない工夫が進められている可能性がある。このように、都条例の情報と組み合わせることによって物質毎の排出量削減の原因の違いを明確にできる可能性が示された。

水環境における地域環境改善の検証に用いたのは57物質であった。水環境の場合は57物質全てで、水質モニタリングデータと排出量データの経年変化に有意な相関は見られなかった。これは、モニタリングデータの多くが検出下限以下の値であったこと、排出先河川と水質モニタリング地点の整合性が取れていないこと、届出外排出量の推計に誤差があることなどが原因として考えられる。特に下水道業からの排出量推計は改善が必要とされ、また、都内は下水道普及率がほぼ100%であるため、届出外排出量の推計精度に起因する誤差が大きいことが想定される。

4-3. 時空間的モニタリングデータの収集方法の検討とデータ蓄積

2011年度から2017年度までの大気中化学物質モニタリングデータと、その測定日、測定地点での大気汚染常時監視データとの相関分析を行った。PRTR対象化学物質、非対象化学物質合わせて77物質について相関分析を行った結果、①いずれかの常時監視項目と一定の相関のある物質 ($p < 0.001$) (50物質)、②大気中濃度が非常に低い物質 (検出下限以下のデータが50%以上) (20物質)、③フロン類等の濃度変動が非常に小さい物質 (全データの変動係数が概ね30%以下) (7物質) に分類された。このうち②と③に分類された物質は大気中濃度が発生源からの排出状況を反映していないため常時監視項目との相関が得られないと考えられ、①に分類された50物質について検討を行った。①の物質ではNMHCと相関の高い物質が最も多く、 NO_2 、SPMと続いた。また、 SO_2 はNMHCと相関の低い物質と比較的相関の高い傾向が見られ、各々の物質はこれら4つの常時監視項目のいずれかと同様の濃度変動していることが示された。

次に2011年度から2017年度までの東京都の大気汚染常時監視データを用いて常時監視項目毎にクラスター解析を行った。ここでは6つのクラスターに分類した。一例として図3.7にNMHCのクラスター解析結果を示した。各クラスターとも一般環境大気測定局 (一般局) と自動車排出ガス測定局 (自排局) の区別無く、地理的に近い測定局が同じクラスターに分類される結果となった。SPMの東京都東部 (23区の地域) を除き、いずれの常時監視項目も一般局、自排局の区別より地理的な位置に応じたクラスターを形成する傾向が見られた。

これまでの解析から、大気中に一定濃度で存在する物質についてはいずれかの常時監視項目との相関が得られ、クラスター解析からは地理的に近い地点が類似した変動することが示された。大気中化学物質についても地理的に近い一定の範囲からモニタリング地点を選定していくことで、地域のリスク評価のための適正な地点選定が可能であると考えられる。ただし、本研究ではリスク評価のためのモニタリングを進めるに当たり、多成分の一斉モニタリングを検討しているため、地点選定に当たってもNMHCの他にSPM、 NO_2 、 SO_2 のクラスターを加味した形で図3.7に赤字で示した地点、およびこれまで多くのモニタリングデータが蓄積されている東京都環境科学研究所をモニタリング地点として選定した。

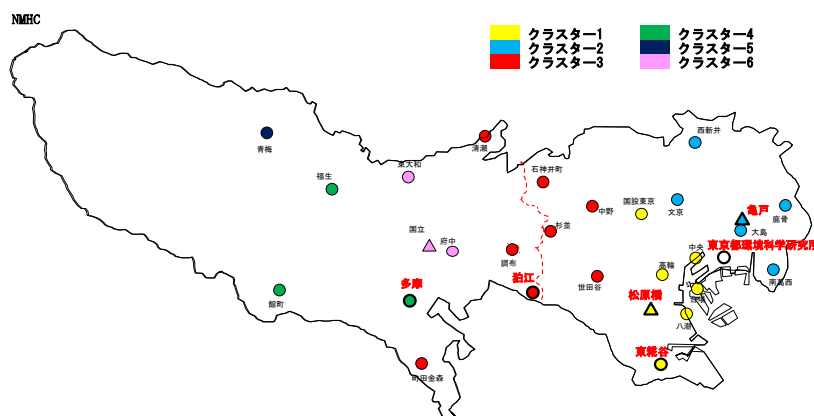


図3.7 NMHCのクラスター解析結果

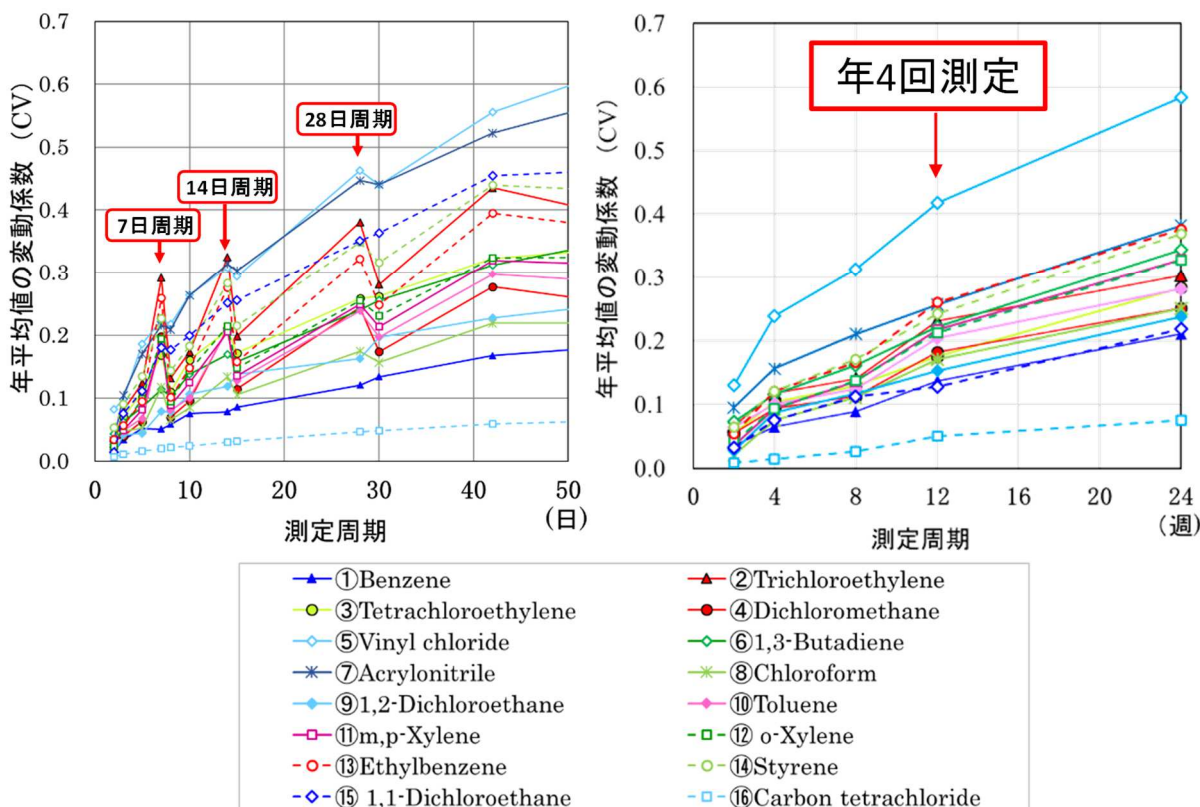


図3.8 24時間捕集（左図）及び1週間捕集（右図）の抽出周期別の変動係数

測定頻度については3-3で述べたように2013～2015年度のVOC連続測定データを用いて検討した。連続測定データの得られているVOCの日平均値をn日おきに抽出する抽出周期を2日から45日まで変化した時の平均値の標準偏差を真の年平均値で除した変動係数（真の平均値に対する誤差）を図3.8（左図）に示した。抽出周期を延ばしていくと真の平均値に対する変動係数は上昇し、30日周期（月に1回相当）の時は16物質中4物質が30%以上の変動を示すことが分かった。図3.8に示した以上に抽出周期を延ばし、60日周期（2ヶ月に1回に相当）とした場合、30%以上の変動を示す物質は11物質となっており、現状の月1回のモニタリングよりも測定頻度を減らすと年平均値の推定精度が大きく低下することが伺えた。また、7日、14日、28日周期の時に特異的に変動が上昇する物質が見られた。7の倍数日周期の場合は抽出したデータセット毎に曜日が固定されることになり、曜日による濃度の高低が明確になる物質については適正な年平均値の算出には曜日を固定しないモニタリングが必要であると考えられた。次に、曜日の影響を排除できる利点がある1週間採取を想定した場合の真の平均に対する変動係数を算出した（図3.8右図）。その結果、1週間採取を行うことにより測定周期12週（四季に一度のモニタリング）で月1回24時間採取よりも変動が小さいことが分かった。結果の詳細は勝島ら(2021)⁹⁾に示した。これらの結果から、本研究では大気中化学物質の年平均値の評価のための測定頻度として、1週間採取の四季に1度の実施が適当とした。

上述のように24時間採取よりも1週間の連続採取を行うことで、年平均値の推定精度が向上することが示されたため、1週間連続採取時の試料の保存安定性の調査を行った。現状で多くの自治体で採用されている有害大気汚染物質測定方法マニュアル⁸⁾に準じた手法の1週間採取への適用性の検討を行った。3-3に示した①キャニスターで採取するVOC126物質、②DNPH含浸カートリッジで採取するアルデヒド類13物質、③捕集管で採取する酸化エチレン及び酸化プロピレンのうち、大気中濃度が検出された132物質の24時間採取の7日間平均値 (\bar{A}_{24h}) に対する1週間採取の分析値 (A_{1week}) の比を図3.9にまとめた。その結果、 A_{1week} 及び \bar{A}_{24h} が検出された132物質のうち、89%に当たる118物質において、 A_{1week}/\bar{A}_{24h} が0.7以上1.3以下となり、多くの物質で1週間連続採取によるモニタリングが可能であることが示された。個別の物質群で見ると、植物起源VOC (Biogenic)、芳香族炭化水素 (Aromatic)、アルデヒド類

(Aldehyde) は $A_{1\text{week}}/\bar{A}_{24\text{h}}$ が低い傾向が見られ、含酸素VOC (Oxygenate) は高い傾向が示された。特にアクロレインは季節を問わず常に $A_{1\text{week}}/\bar{A}_{24\text{h}}$ が低くなり、1週間採取中に損失しているなど、DNPH含浸カートリッジによる1週間採取に課題があることを示唆された。このため、都内6地点のモニタリングではアクロレインのみ別途24時間採取を行った。3-3で示した、④ポリマー充填剤のカートリッジと活性炭カートリッジを連結して採取した有機化合物38物質、⑤PTFEフィルターに採取した重金属類12物質の計50物質のうち41物質で $A_{1\text{week}}/\bar{A}_{24\text{h}}$ が0.7以上1.3以下となった。 $A_{1\text{week}}$ が $\bar{A}_{24\text{h}}$ よりも30%以上過小となった6物質のうちの3物質がフタル酸ジ-n-ブチル等のフタル酸類であった。フタル酸類については、多成分一斉の分析手法も含め、再検証が必要であることが考えられた。

2020年から2021年度にかけて、3-3に示した都内6地点において1週間採取を基本とした四季別のモニタリングを行った。小笠原父島では2020年の夏、秋、2021年の夏、秋の計4回のモニタリングを行った。まず、小笠原父島で得られたBGを用いて、表3.1に示したADMERによる濃度推計値<実測値となった物質の補正を検討した。ここではADMER推計値とモニタリング実測値との比較に加え、ADMER推計値+BGと実測値との比較を行った。図3.10に一例として表3.1でパターン2に分類されたクロロメタンとパターン4に分類されたクロロホルムの補正結果を示した。両者ともBG濃度を加算することによりADMERの推計値が実測値と概ね同等になっていた。全体で小笠原父島でのBG濃度を加算して、ADMER推計値と実測値を再評価するとパターン2の7物質中6物質、パターン4の17物質中9物質が推計値≒実測値と評価された。小笠原父島で検出された濃度は都内及び近県の排出の影響を受けていない濃度であり、過去に世界中のどこかで排出されたものが残留している濃度や自然界で発生した濃度と考えられる。これは都内と近県の排出量を基に算出されるADMERの推計大気濃度には反映されておらず、都内の実大気に比べ推計値が過小になる一因になっていると考えられる。特にパターン2に分類される物質は都内での排出が報告、推計されていないため、ADMERによる大気濃度推計値も極めて低い値で、その推計精度も低いと考えられる。その一方で、BG濃度が都内実測値と近い値で検出されており、ADMER推計値に一律のBG濃度を加えたことによって両者が同等の値になっている。このような物質についてはADMERの推計精度を向上させるよりも、正確なBG濃度を把握することが都内大気濃度や大気環境リスクを評価するために重要だと言える。

次に都内6地点のモニタリング結果と小笠原父島のBG調査結果を用いて都内大気環境リスクと都内リスクに対するBGの寄与割合の推定を行った。ここではPRTR対象物質のうち基準値等^Dが設定され、ハザード比が算出できた物質(2020年度68物質、2021年度71物質)を整理した。図3.11、図3.12に都内モニタリングの年平均値から算出した都内大気中化学物質のハザード比を示した。図には上位20物質とその他の物質の合計に分けて示した。都内の大気中化学物質のリスクはホルムアルデヒドが最も高くなり、総計値の約70%を占めていた。また、2020年度と2021年度では上位となる物質はほとんど変化していなかった。小笠原で検出された濃度は都内濃度にも一様に寄与しているBG濃度とみなし、都内濃度から小笠原の濃度を差し引いた分を都市起源リスクとした。また、都内リスクに対する小笠原のリスクをBG起源の割合とした。都市起源リスクとBG起源リスクの割合を円グラフに示した。図ではリスクの大半占めるホルムアルデヒドとそれ以外の寄与も分けて示した。その結果、リスクベースで全体の30%以上がBG由来となっており、地域排出源由来のリスクの評価や地域での対策の効果の検証にはBG濃度の正確な把握が必要であることが示された。

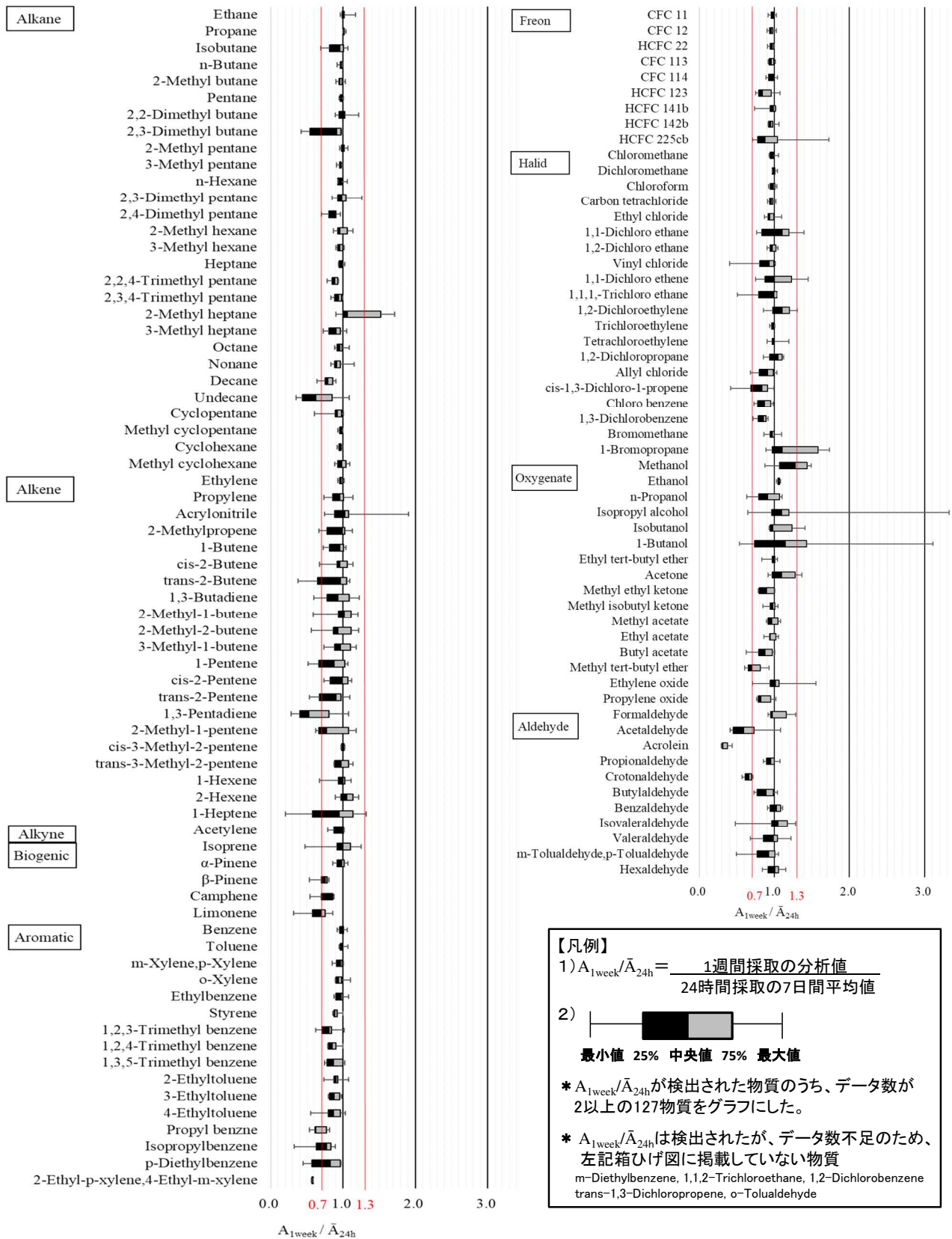


図3.9 1週間採取と24時間採取で得られた大気濃度の比較
(キャニスター採取のVOC、アルデヒド類、酸化エチレン、酸化プロピレン)

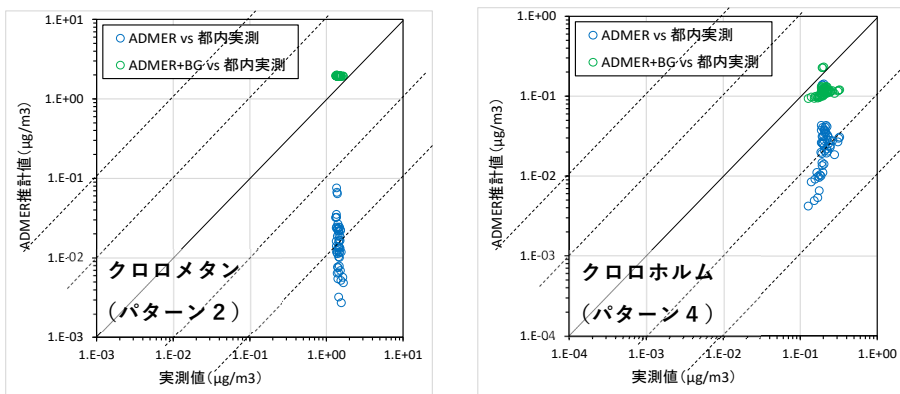


図 3. 10 バックグラウンドデータを用いたADMER推計濃度の補正

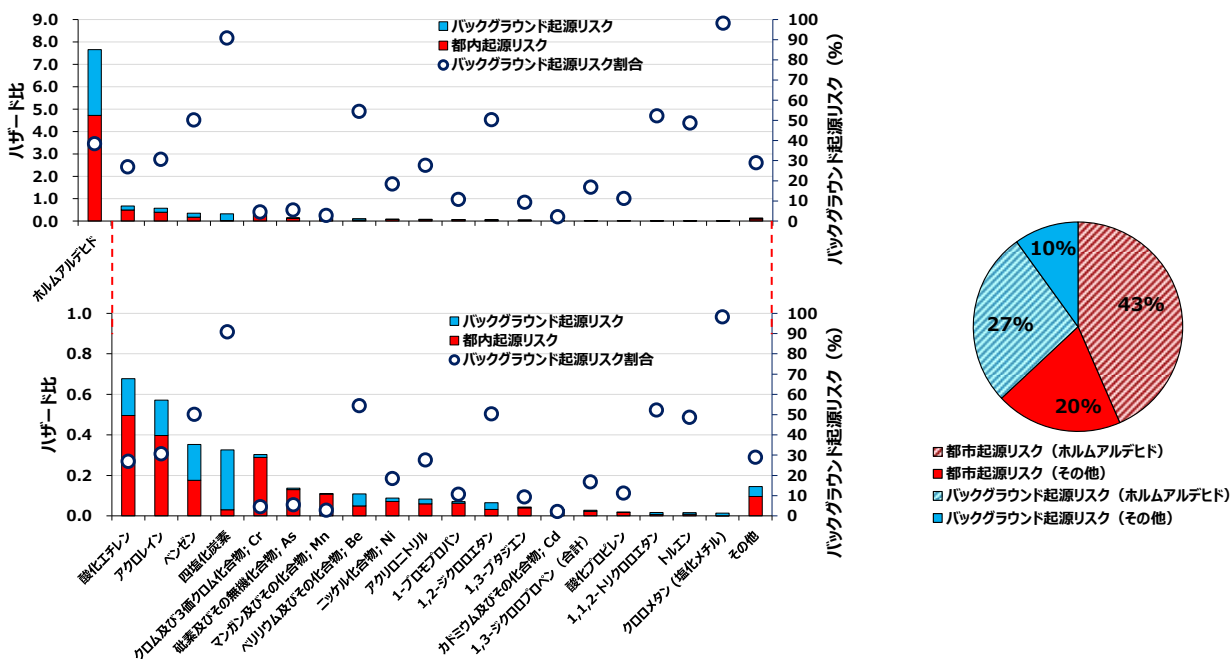


図 3. 11 PRTR対象物質の都内大気環境リスクとバックグラウンド (BG) の割合 (2020年度)

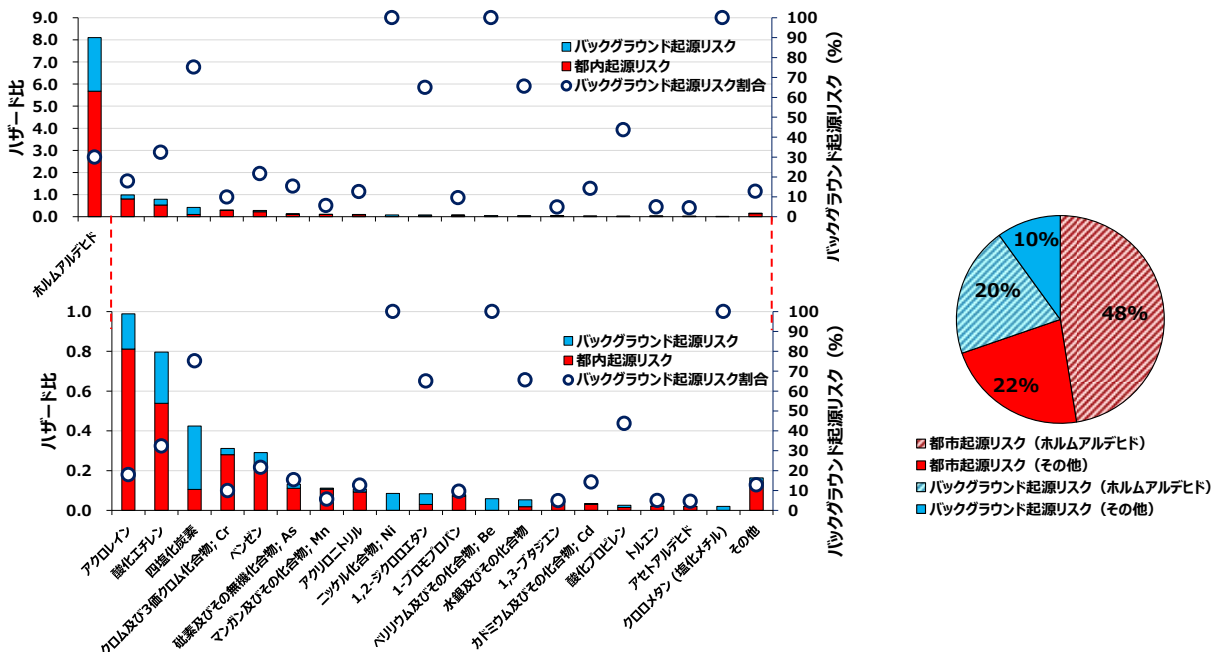


図 3. 12 PRTR対象物質の都内大気環境リスクとバックグラウンド (BG) の割合 (2021年度)

4-4. 行政支援のための地域環境改善状況のデータベース開発

3-4に示した地域リスク評価ツールを用い、2020年度の都内モニタリング結果及び最新の排出量データである2018年度排出量を入力して作成したデータベースの一例を表3. 2に示した。表は東京都全域を対象にPRTR対象物質の排出量から算出したリスク（ハザード比、リスクレベル）と大気濃度実測値から算出したリスクを一覧で比較したものである。このシートは都内の物質毎のリスクを一覧にしたもので、対策を優先すべき物質の検討のためのデータベースとなっている。2018年度の排出量と2020年度の大気濃度では、排出量から見たリスクではアクロレイン（1位）やホルムアルデヒド（2位）のリスクが高く、実測値から算出したリスクでも同様に高くなっていった。これらは都内では対策の優先順位が高い物質と考えられる。一方、クロムやヒ素のように大気濃度実測値のリスクは比較的高いが、排出量側からのリスクがあまり高くない物質については都内あるいは近隣の排出量推計が過小になっている可能性も考えられた。一方、四塩化炭素のように、都内での排出はほとんどなくても、バックグラウンド濃度が無視できないレベルで存在するような物質については、大気推計濃度にバックグラウンド濃度を加算することで、地域の大气環境リスクを精度よく比較・評価することができた。

本ツールではこれらの物質毎に市区町村別、あるいは3次メッシュ別のハザード比等を算出して対策の優先順位の高い市区町村やメッシュを確認するシートも備えた。

また、同時に作成したGISアプリケーションによる都内リスクの地図情報を図3. 13に示した。PRTRデータを活用して、地図上に化学物質の排出事業所の位置、排出量情報のほか、有害大気汚染物質等に係る常時監視測定局の位置情報等も併せて表示して、様々な地図と重ね合わせることで、GIS専用ソフトウェアを保有しない自治体関係者でも容易に地理空間情報を扱うことができ、効率的な環境リスク管理を進めることができると考えられる。データベースとこのアプリケーションを併用することによって視覚的にもリスクの高低が把握でき、自治体職員による対策検討に加えて、地域住民への化学物質リスク情報の提供にも活用することができる。

5. 研究目標の達成状況

本サブテーマ3では、行政がPRTR制度を活用して環境改善の状況把握を行うことを支援していくためのデータベースの提供を目的として取り組んだ。提供するデータベースが地域の環境を適切に把握するものとなるよう、地域環境のモニタリング手法やPRTRデータの活用手法について科学的根拠を基に検討を行った。この結果、適切なモニタリング地点や精度の高い年平均値把握のモニタリング手法、PRTRの排出量データから推計される環境濃度の精緻化などを組み込んだデータベースを作成できた。このデータベース作成に用いる地域リスク評価ツールを各自治体が活用することで、膨大な排出量及び環境濃度データを簡易・適切に集計し、PRTR制度を化学物質管理により実践的に活用できる基盤を提供することができた。なお、蓄積したモニタリングデータをテーマ1およびテーマ2の各サブテーマと共有し、テーマ1においては幅広い物質を網羅したPRTRデータの正確性や捕捉範囲の評価に活用され、テーマ2においてはモニタリングデータのダブルチェックなど信頼性評価に活用された。

表3.2 地域リスク評価ツールによって表示した東京都のPRTR対象物質のデータベース

| 年表 | | 可溶性固形物(歳費推計)(km ²) | | 単位グロブト固形物(km ²) | | 単位グロブト固形物(km ²) | | 11つの実測地点との比 | | 六大区東部 | | 東京都環境科学研究所 | |
|--------------|-----------------------------|--------------------------------|---------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| PRTR取 令番号 | 物質名称 | PRTR排出量(kg) | 届出量(大気 排出) | 届出量(大気 排出) | ADMER推計値(μg/m ³) | 届出量(大気 排出) | 届出量(大気 排出) | 実測値(μg/m ³) | 実測値(μg/m ³) | 実測値(μg/m ³) | 実測値(μg/m ³) | 実測値(μg/m ³) | 実測値(μg/m ³) |
| 1 | 亜硝酸の気溶性化合物 | 0 | 0 | 0.0062 | 0.0E+00 | 2.8E-06 | 6.2E-05 | 2.8E-06 | 2.8E-05 | 1.2E-05 | 1.2E-05 | 1.2E-05 | 1.2E-05 |
| 2 | アクリルアミド | 0 | 25 | 25 | 0.0180 | 0.0E+00 | 2.8E-06 | 6.2E-05 | 2.8E-06 | 2.8E-05 | 1.2E-05 | 1.2E-05 | 1.2E-05 |
| 4 | アクリル酸及びその水溶性塩 | 0 | 379 | 379 | 0.2743 | 0.0E+00 | 2.8E-06 | 6.2E-05 | 2.8E-06 | 2.8E-05 | 1.2E-05 | 1.2E-05 | 1.2E-05 |
| 5 | アクリル酸-2-ヒドロキシエチル | 0 | 4 | 4 | 0.0030 | 0.0E+00 | 3.3E-06 | 6.2E-05 | 3.3E-06 | 6.2E-05 | 1.2E-05 | 1.2E-05 | 1.2E-05 |
| 7 | アクリル酸-ブチル | 140 | 253 | 269 | 0.1945 | 0.0E+00 | 1.2E-03 | 4.4E-02 | 1.2E-03 | 4.4E-02 | 1.2E-03 | 4.4E-02 | 1.2E-03 |
| 8 | アクリル酸メチル | 0 | 1 | 1 | 0.0007 | 0.0E+00 | 5.6E-03 | 7.6E-02 | 5.6E-03 | 7.6E-02 | 1.2E-05 | 1.2E-05 | 1.2E-05 |
| 9 | アクリロニトリル | 0 | 1 | 1 | 0.0008 | 0.0E+00 | 4.8E-03 | 9.4E-02 | 4.8E-03 | 9.4E-02 | 1.2E-05 | 1.2E-05 | 1.2E-05 |
| 10 | アクリロレイン | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.0E+00 | 4.2E-02 | 1.8E-01 | 3.3E-03 | 4.3E-02 | 2.5E-02 | 2.5E-02 | 2.5E-02 |
| 13 | アセトアルデヒド | 140 | 1,400 | 1,431 | 1.4312 | 0.0E+00 | 2.4E-03 | 3.6E-01 | 2.6E-01 | 2.6E-01 | 1.9E+00 | 1.6E+02 | 2.2E+01 |
| 17 | アセトニトリル | 7,176 | 2,366 | 9,542 | 6,8051 | 0.0E+00 | 5.4E-03 | 7.7E-01 | 1.9E-01 | 5.4E-03 | 9.0E-05 | 1.3E-05 | 1.3E-05 |
| 15 | アセナフテン | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.3E-22 | 4.8E-07 | 3.6E-06 | 4.1E-04 | 4.1E-04 | 0.00129 | 0.00129 | 0.00129 |
| 18 | アズレン | 0 | 2 | 2 | 0.0014 | 0.0E+00 | 1.2E-05 | 6.6E-04 | 8.8E-06 | 2.1E-05 | 1.1E-05 | 8.8E-06 | 8.8E-06 |
| 19 | アズレン | 220 | 515 | 735 | 23,522 | 0.0E+00 | 6.7E-05 | 1.7E-01 | 6.7E-05 | 1.7E-01 | 3.5E-06 | 3.5E-06 | 3.5E-06 |
| 30 | 直鎖アルキルベンゼン/直鎖アルキルベンゼン及びその | 0 | 448 | 448 | 0.3240 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 31 | 直鎖アルキルベンゼン/直鎖アルキルベンゼン及びその | 0 | 1 | 1 | 0.0010 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 32 | 直鎖アルキルベンゼン/直鎖アルキルベンゼン及びその | 2 | 15 | 15 | 0.0119 | 0.0E+00 | 1.2E-05 | 2.7E-04 | 1.2E-05 | 2.7E-04 | 7.7E-05 | 7.7E-05 | 7.7E-05 |
| 33 | 直鎖アルキルベンゼン/直鎖アルキルベンゼン及びその | 16 | 16 | 16 | 0.0113 | 0.0E+00 | 1.2E-05 | 2.7E-04 | 1.2E-05 | 2.7E-04 | 1.1E-06 | 1.1E-06 | 1.1E-06 |
| 34 | 直鎖アルキルベンゼン/直鎖アルキルベンゼン及びその | 0 | 22 | 22 | 0.0162 | 0.0E+00 | 1.1E-05 | 9.4E-05 | 1.1E-05 | 9.4E-05 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 44 | 直鎖アルキルベンゼン/直鎖アルキルベンゼン及びその | 0 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 51 | エチルベンゼン | 0 | 13 | 13 | 0.0096 | 0.0E+00 | 1.2E-05 | 2.9E-04 | 1.2E-05 | 2.9E-04 | 7.0E-07 | 7.0E-07 | 7.0E-07 |
| 52 | エチルベンゼン | 349,422 | 793,824 | 1,433,314 | 827,3537 | 0.0E+00 | 4.4E-03 | 3.6E-01 | 2.6E-01 | 2.6E-01 | 6.9E-04 | 1.1E+00 | 2.9E-04 |
| 56 | エチルベンゼン | 680 | 5,481 | 6,161 | 4,4586 | 0.0E+00 | 5.4E-03 | 1.0E-01 | 1.7E-02 | 2.1E-02 | 2.3E-01 | 1.9E+02 | 9.2E-01 |
| 57 | エチルベンゼン/エチルベンゼン | 12,444 | 14,800 | 27,244 | 19,7150 | 0.0E+00 | 1.8E-02 | 2.3E+00 | 1.8E-02 | 2.3E+00 | 2.9E-04 | 2.9E-04 | 2.9E-04 |
| 58 | エチルベンゼン/エチルベンゼン | 1 | 688 | 689 | 0.4987 | 0.0E+00 | 6.2E-04 | 4.9E-03 | 6.2E-04 | 4.9E-03 | 6.2E-04 | 6.2E-04 | 6.2E-04 |
| 59 | エチルベンゼン/エチルベンゼン | 0 | 0 | 0 | 0.0001 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 60 | エチルベンゼン/エチルベンゼン | 0 | 0 | 0 | 0.0003 | 0.0E+00 | 1.4E-04 | 4.8E-03 | 1.6E-04 | 4.8E-03 | 2.9E-04 | 1.6E-04 | 1.6E-04 |
| 68 | 1-エチルピロリジン | 0 | 1 | 1 | 0.0005 | 0.0E+00 | 8.0E-04 | 6.5E-02 | 5.7E-03 | 6.5E-02 | 2.4E-03 | 1.4E-03 | 1.4E-03 |
| 71 | 塩化第二鉄 | 0 | 1 | 1 | 0.0009 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 73 | エチルベンゼン | 0 | 4 | 4 | 0.0027 | 0.0E+00 | 4.9E-06 | 3.8E-04 | 4.9E-06 | 3.8E-04 | 6.8E-04 | 1.9E-04 | 3.8E-02 |
| 76 | ε-カプロラクタム | 0 | 1 | 1 | 0.0004 | 0.0E+00 | 7.0E-08 | 1.3E-06 | 7.0E-08 | 1.3E-06 | 4.1E-09 | 4.1E-09 | 4.1E-09 |
| 80 | ベンゼン | 618,990 | 1,329,302 | 1,948,292 | 1,409,8746 | 0.0E+00 | 7.5E+00 | 5.4E+01 | 1.0E+00 | 8.5E+00 | 4.2E-02 | 1.5E+00 | 7.7E-03 |
| 81 | ベンゼン | 0 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0E+00 | 7.7E-08 | 5.3E-07 | 7.7E-08 | 5.3E-07 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 82 | ベンゼン | 0 | 1 | 1 | 0.0008 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 83 | ベンゼン | 75 | 10,329 | 10,404 | 7,5291 | 0.0E+00 | 1.3E-02 | 6.1E-02 | 1.3E-02 | 6.1E-02 | 3.2E-04 | 1.4E-02 | 9.3E-04 |
| 85 | ベンゼン | 0 | 340 | 340 | 0.2463 | 0.0E+00 | 2.2E-04 | 1.6E-03 | 2.2E-04 | 1.6E-03 | 1.3E-02 | 1.3E-02 | 1.3E-02 |
| 86 | ベンゼン | 22 | 0 | 22 | 0.0160 | 0.0E+00 | 1.0E-03 | 6.1E-03 | 1.0E-03 | 6.1E-03 | 1.5E-05 | 1.5E-05 | 1.5E-05 |
| 87 | ベンゼン | 0 | 1 | 1 | 0.0005 | 0.0E+00 | 1.4E-04 | 1.4E-04 | 1.4E-04 | 1.4E-04 | 5.9E-03 | 5.9E-03 | 5.9E-03 |
| 88 | ベンゼン | 0 | 0 | 0 | 0.0001 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 103 | 1-クロロ-1-ジフルオロエタン | 0 | 9,678 | 9,678 | 7,0036 | 0.0E+00 | 4.8E-02 | 1.7E-01 | 8.8E-02 | 1.4E-01 | 2.7E-06 | 1.1E-01 | 2.3E-06 |
| 104 | 1-クロロ-1-ジフルオロエタン | 460 | 305,572 | 306,002 | 221,4273 | 0.0E+00 | 8.2E-01 | 8.2E+00 | 9.1E-01 | 1.7E+00 | 1.4E-04 | 1.3E+00 | 1.1E+00 |
| 127 | 1,2-ジクロロエタン | 21,000 | 3,451 | 23,051 | 19,1212 | 0.0E+00 | 2.0E-02 | 3.5E-05 | 8.1E-03 | 2.0E-02 | 3.8E-04 | 2.9E-02 | 1.9E-04 |
| 127 | 1,2-ジクロロエタン | 19,283 | 4,200 | 23,483 | 16,9952 | 0.0E+00 | 1.3E-02 | 5.6E-01 | 7.4E-02 | 8.7E-02 | 4.8E-03 | 1.4E-02 | 2.4E-01 |
| 132 | 1,2-ジクロロエタン | 0 | 4 | 4 | 0.0031 | 0.0E+00 | 5.4E-04 | 5.4E-04 | 5.4E-04 | 5.4E-04 | 0.0E+00 | 6.2E-04 | 9.3E-03 |
| 133 | 1,2-ジクロロエタン | 24,404 | 12,840 | 37,244 | 26,9513 | 0.0E+00 | 2.9E-02 | 4.8E+00 | 2.9E-02 | 4.8E+00 | 3.2E-04 | 3.2E-04 | 3.2E-04 |
| 134 | 1,2-ジクロロエタン | 1,400 | 1,824 | 3,224 | 2,3327 | 0.0E+00 | 7.8E-03 | 7.6E-01 | 7.8E-03 | 7.6E-01 | 7.8E-03 | 7.8E-03 | 7.8E-03 |
| 144 | 無機リン化合物(錯塩及びヒシアン酸塩を除く) | 78 | 794 | 872 | 6,307 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 149 | 四塩化炭素 | 0 | 4 | 4 | 0.0029 | 0.0E+00 | 5.6E-05 | 9.9E-03 | 5.0E-01 | 5.0E-01 | 3.0E-01 | 1.2E-01 | 3.1E-01 |
| 150 | 1,4-ジオキサン | 0 | 172 | 172 | 0.1245 | 0.0E+00 | 8.1E-04 | 1.3E-02 | 5.2E-05 | 6.8E-04 | 3.3E-04 | 1.4E-03 | 2.1E-03 |
| 155 | 1,4-ジオキサン/1,4-ジオキサン | 0 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 157 | 1,4-ジオキサン | 0 | 803 | 803 | 0.5808 | 0.0E+00 | 8.7E-04 | 1.0E-02 | 5.2E-05 | 5.3E-02 | 3.3E-02 | 1.4E-01 | 6.6E-02 |
| 161 | ジクロロジフルオロメタン | 0 | 19,917 | 19,917 | 14,4131 | 0.0E+00 | 6.9E-02 | 2.5E-01 | 2.4E+00 | 2.5E+00 | 3.0E-04 | 1.1E+00 | 3.0E-04 |
| 164 | 1,2-ジクロロ-1,1-ジフルオロエタン | 0 | 16,801 | 16,801 | 12,1576 | 0.0E+00 | 3.0E-02 | 3.3E-01 | 3.2E-03 | 3.3E-02 | 1.6E-04 | 1.2E-02 | 5.6E-06 |
| 174 | 1,1-ジクロロ-1,1-ジフルオロエタン | 0 | 31,605 | 31,605 | 23,8111 | 0.0E+00 | 1.1E-01 | 4.5E-01 | 1.2E-01 | 2.6E-01 | 1.4E-01 | 2.4E-01 | 1.4E-01 |
| 181 | ジクロロベンゼン | 0 | 7 | 7 | 0.0049 | 0.0E+00 | 1.5E+00 | 3.8E+00 | 2.7E-02 | 1.5E+00 | 6.2E-03 | 1.4E-01 | 5.7E-04 |
| 185 | ジクロロベンゼン/ジクロロベンゼン | 11,350 | 282,892 | 294,242 | 212,9272 | 0.0E+00 | 1.3E-02 | 1.3E-02 | 1.3E-02 | 1.3E-02 | 4.0E-02 | 4.0E-02 | 4.0E-02 |
| 186 | ジクロロベンゼン | 206,675 | 539,213 | 745,888 | 539,7593 | 0.0E+00 | 3.9E-01 | 1.8E+01 | 2.3E-01 | 6.2E-01 | 4.1E-03 | 1.5E+00 | 9.8E-02 |
| 193 | 1,3-ジクロロベンゼン | 0 | 1 | 1 | 0.0003 | 0.0E+00 | 5.6E-03 | 3.5E-01 | 1.4E-04 | 3.5E-01 | 1.7E-09 | 1.7E-09 | 1.7E-09 |
| 202 | ジクロロベンゼン | 0 | 0 | 0 | 0.0003 | 0.0E+00 | 1.4E-02 | 6.4E-05 | 3.0E-07 | 6.4E-05 | 3.0E-07 | 3.0E-07 | 3.0E-07 |
| 203 | ジクロロベンゼン | 0 | 13 | 13 | 0.0092 | 0.0E+00 | 2.1E-05 | 3.5E-04 | 1.9E-06 | 2.5E-05 | 7.5E-07 | 9.1E-06 | 5.9E-08 |
| 207 | 1,1,2-トリクロロ-1,1,2-トリフルオロエタン | 0 | 38 | 38 | 0.0276 | 0.0E+00 | 4.3E-04 | 1.9E-02 | 4.1E-04 | 1.9E-02 | 6.1E-05 | 1.2E-03 | 3.8E-04 |
| 209 | 1,1,2-トリクロロ-1,1,2-トリフルオロエタン | 0 | 237 | 237 | 0.1618 | 0.0E+00 | 2.1E-03 | 1.9E-02 | 2.1E-03 | 1.9E-02 | 1.4E-05 | 2.5E-03 | 3.8E-04 |
| 213 | N,N-ジメチルアセトアミド | 0 | 2,682 | 2,682 | 1,9407 | 0.0E+00 | 1.9E-03 | 1.2E-02 | 1.9E-03 | 1.2E-02 | 1.6E-05 | 1.6E-05 | 1.6E-05 |
| 216 | N,N-ジメチルアセトアミド | 0 | 0 | 0 | 0.0001 | 0.0E+00 | 1.3E-06 | 1.3E-05 | 1.3E-06 | 1.3E-05 | 1.5E-08 | 1.5E-08 | 1.5E-08 |
| 218 | ジメチルアセトアミド | 240 | 25 | 265 | 0.1920 | 0.0E+00 | 1.1E-04 | 3.5E-02 | 1.1E-04 | 3.5E-02 | 6.1E-06 | 6.1E-06 | 6.1E-06 |
| 232 | 1,3-ジメチルホルムアミド | 2,059 | 212,858 | 214,917 | 155,2445 | 0.0E+00 | 8.5E-02 | 1.6E-01 | 1.2E-02 | 1.1E-01 | 3.6E-03 | 1.4E-02 | 1.5E-03 |
| 234 | ホルムアミド | 0 | 3 | 3 | 0.0020 | 0.0E+00 | 3.4E-05 | 1.6E-03 | 3.4E-05 | 1.6E-03 | 1.5E-03 | 1.5E-03 | 1.5E-03 |
| 237 | 水酸及びその化合物 | 0 | 2 | 2 | 0.0017 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 239 | 有機スズ化合物 | 0 | 12 | 12 | 0.0088 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 240 | 水酸及びその化合物 | 15,574 | 32,267 | 47,841 | 34,8189 | 0.0E+00 | 1.2E-01 | 2.0E+00 | 1.1E-02 | 1.3E-01 | 5.1E-04 | 5.1E-04 | 5.1E-04 |
| 242 | 水酸及びその化合物 | 0 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 243 | ダイオキシン類 | 3,881 | 3,968 | 7,849 | 5,6902 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 | 0.0E+00 |
| 245 | チオ尿素 | 0 | 0 | 0 | 0.0003 | 0.0E+00 | 5.7E-08 | 6.6E-05 | 5.7E-08 | 6.6E-05 | 4.2E-08 | 4.2E-08 | 4.2E-08 |
| 253 | 1,4-ジオキサン | 0 | 9 | 9 | 0.0063 | 0.0E+00 | 2.4E-06 | 2.8E-05 | 2.4E-06 | 2.8E-05 | 2.4E-06 | 2.4E-06 | 2.4E-06 |
| 258 | 1,3-ビス(2-メチルプロピル)ジメチルジシロキサン | 0 | 0 | 0 | 0.0017 | 0.0E+00 | 2.7E-02 | 8.5E-06 | 2.7E-02 | 8.5E-06 | 8.1E-08 | 8.1E-08 | 8.1E-08 |
| 259 | 1,3-ビス(2-メチルプロピル)ジメチルジシロキサン | 0 | 41 | 41 | 0.0300 | 0.0E+00 | 2.8E-05 | 1.9E-04 | 2.8E-05 | 1.9E-04 | 4.1E-06 | 4.1E-06 | 4.1E-06 |
| 262 | 1,2-ジクロロエタン | 50,220 | 45,985 | 96,005 | 70,9208 | 0.0E+00 | 9.1E-02 | | | | | | |



図 3. 13 GISアプリケーションによる地域環境リスクの可視化
(例－東京都内のエチレンオキシドの大気推計濃度)

6. 引用文献

- 1) エコケミストリー研究会：使いやすいPRTR情報 <http://www.ecochemi.jp/PRTR2017/prtr-index.html> (2022. 4. 10アクセス)
- 2) 環境省：平成28年度～平成30年度 地域における環境リスク低減支援業務報告書
- 3) 櫛島ら：環境化学, 31, 64-74 (2021), VOC測定周期と頻度による大気環境濃度の年平均値の精度
- 4) 東京都：平成24～25年度、平成26～27年度 VOC連続測定結果報告書 (揮発性有機化合物)
- 5) 吉門ら：大気環境学会誌, 35, 368-376 (2000), 一定周期の間欠的測定から算定される年平均濃度の特性 (NO₂に関して),
- 6) 星ら：環境化学, 31, 75-90 (2021), 化学物質の環境排出量の報告・推計データを用いた大気濃度低減の検証
- 7) 独立行政法人製品評価技術基盤機構：PRTRマップデータのダウンロード https://www.nite.go.jp/chem/prtr/map_data/PRTRmapdata.html (2022. 3. 15アクセス)
- 8) 環境省：有害大気汚染物質測定方法マニュアル <http://www.env.go.jp/air/osen/manual12/> (2022. 4. 16アクセス)

Ⅲ. 研究成果の発表状況の詳細

(1) 誌上発表

<査読付き論文>

【サブテーマ1】

- 1) 三保紗織, 亀屋隆志, 小林剛, 藤江幸一: 環境科学会誌, 33, 5, 90-102 (2020), 河川水モニタリングにおけるGC-MS AIQS-DB法の同定定量精度の評価
- 2) 亀屋隆志, 岡田美代子, 鈴木拓万, 三保紗織, 高梨啓和: 環境科学会誌, 33, 5, 103-113 (2020), 化管法対象物質とその分解生成物の河川水中での存在状況

【サブテーマ2】

「特に記載すべき事項はない。」

【サブテーマ3】

- 1) 櫛島智恵子, 星純也, 加藤みか, 亀屋隆志: 環境化学, 31, 64-74 (2021), VOC測定の周期と頻度による大気環境濃度の年平均値の精度
- 2) 星純也, 櫛島智恵子, 加藤みか, 亀屋隆志: 環境化学, 31, 75-90 (2021), 化学物質の環境排出量の報告・推計データを用いた大気濃度低減の検証

<査読付論文に準ずる成果発表>

「特に記載すべき事項はない。」

<その他誌上発表(査読なし)>

【サブテーマ1】

- 1) 亀屋隆志: 水環境学会誌, 44, 8, 249-253 (2021) 国内の化学物質管理の現状と今後

【サブテーマ2】

- 1) 菊地美加, 金井正和, 重水洋平, 今村則子, 片谷教孝: 川崎市環境総合研究所年報第9号 (2021年) 「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」

【サブテーマ3】

- 1) 星純也, 櫛島智恵子, 加藤みか: 全国環境研協議会関東甲信静支部大気専門部会講演会 (2020) 「有害大気汚染物質モニタリングデータを用いた大気中化学物質の有害性リスクとオゾン生成ポテンシャルの経年変化」
- 2) 星純也, 櫛島智恵子, 加藤みか, 永妻はな子, 亀屋隆志: 東京都環境科学研究所年報2021 (2021)
「化学物質の環境排出量の報告データを用いた東京都内の大気濃度低減の検証」
- 3) 櫛島智恵子, 星純也, 加藤みか, 亀屋隆志: 東京都環境科学研究所年報2021 (2021)
「VOCモニタリングの測定頻度等による大気環境濃度の年平均値の推定精度」

(2) 口頭発表(学会等)

【サブテーマ1】

- 1) Takashi KAMEYA, Ryo ISHIHARA, Tatsuhiko SATO, Takeshi KOBAYASHI, Masahiro OGUCHI: Water and Environment Technology Conference 2019 (WET2019) (2019)
"An Application of GC-MS AIQS-DB Method to Volatile Organic Compounds"

- 2) 亀屋隆志、小林剛：環境科学会2019年会シンポジウム（2019）
「PRTR 制度における排出源管理及び環境改善把握の支援ツールの開発 ～簡易に使える実践的なツールに何が求められるか？～」
- 3) 亀屋隆志、三保紗織、小林剛：環境科学会2019年会（2019）
「未規制懸念物質の包括モニタリングにおけるGC-MS AIQS-DBの活用事例」
- 4) 中村ひな、亀屋隆志、小林剛：環境科学会2020年会（2020）
「化管法見直し対象物質の自動同定定量データベースの開発と環境中濃度解析」
- 5) 亀屋隆志、小林剛、佐藤龍寛、田島直紀、木村塁：環境科学会2020年会シンポジウム（2020）
「コントロールバンディング法を用いた環境リスクアセスメントシート」
- 6) 大高悟、中村ひな、亀屋隆志、小林剛：第29回環境化学討論会（2021）
「化管法対象および新規追加候補の半揮発性物質のAIQS-DB法によるモニタリング」
- 7) 亀屋隆志、中村ひな、杉野敦子、小林剛：第55回日本水環境学会（2021）
「GC-MS AIQS-DB法による化管法新規対象物質の環境中残留状況の再解析」
- 8) 亀屋隆志、小林剛：環境科学会2021年会シンポジウム（2021）
「化学物質環境リスクの管理支援ツールの活用に向けて」
- 9) 亀屋隆志、大高悟、寺岡沙紀：第56回日本水環境学会年会（2022）
「化管法新規指定物質や水環境リスク要調査項目の河川中存在状況と誤同定検証」
- 10) 今泉圭隆、小口正弘、亀屋隆志、鈴木規之：第30回環境化学討論会（2022）
「PRTRデータと多媒体環境動態モデルG-CIEMS (Ver. 1.2) を用いた高頻度検出19物質の日本全国での環境動態予測」 ※SII-4-1と共同で発表。
- 11) 大高悟、亀屋隆志：第30回環境化学討論会（2022）
「GC-MS AIQS-DB法を用いた河川水中汚染物質の現在・過去のモニタリング比較」
- 12) 清水大佑、杉野敦子、亀屋隆志、小林剛：第30回環境化学討論会（2022）
「簡易な一風向の大気濃度推計に与える風向頻度の影響」
- 13) Satoru OTAKA, Takashi KAMEYA: Water and Environment Technology Conference 2022 (WET2022), "Expansion on Application Range of Simultaneous Monitoring to Japanese PRTR Chemicals"
- 14) 亀屋隆志、高梨啓和、栗栖太、鈴木裕識：環境科学会2022年会シンポジウム（2022）
「環境汚染物質の網羅的分析手法の開発状況」
- 15) 小林剛、高橋ゆかり、亀屋隆志：環境科学会2022年会シンポジウム（2022）
「化学物質の環境モニタリングとリスクの評価・管理手法の今後」

【サブテーマ2】

- 1) 片谷教孝：環境科学会2019年会シンポジウム（2019）
「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」
- 2) 金井正和、重水洋平、時岡泰孝、喜内博子、片谷教孝：環境科学会2019年会シンポジウム（2019）
「川崎市の化学物質対策と事業者の自主管理支援について」
- 3) 菊地美加、金井正和、重水洋平、今村則子、片谷教孝：環境科学会2020年会シンポジウム（2020）
「簡易濃度推計ツールの検証に向けた川崎市内の大気環境濃度について」
- 4) 菊地美加、重水洋平、今井則子、片谷教孝：環境科学会2021年会シンポジウム（2021）
「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状況について」

【サブテーマ3】

- 1) 星純也：環境科学会2019年会シンポジウム（2019）
「行政が実施する環境改善の状況把握を支援するためのデータベースの開発」
- 2) 櫛島智恵子、星純也、加藤みか：環境科学会2019年会（2019）
「地域リスク評価のための適正な環境モニタリング頻度等の検討」
- 3) 加藤みか、櫛島智恵子、星純也、西野貴裕、下間志正、永岡保行、伊藤雄一：環境科学会2019年会（2019）
「東京都内水域および大気におけるPRTR対象物質のGC/MSによる網羅分析」
- 4) 星純也：第46回環境保全・公害防止研究発表会（2019）
「常時監視データを用いた大気汚染物質の地域分布の検討」
- 5) 櫛島智恵子、星純也、加藤みか：環境科学会2020年会（2020）
「PRTRデータを活用した地域環境リスク推計に向けた大気中の化学物質のバックグラウンド調査」
- 6) 加藤みか、櫛島智恵子、星純也、青木建樹、井上和也：環境科学会2020年会（2020）
「地域環境リスク推定のためのPRTRデータを活用した大気濃度の推定と評価」
- 7) 星純也、櫛島智恵子、加藤みか：環境科学会2020年会シンポジウム（2020）
「PRTRデータ，東京都条例報告データおよび環境モニタリングデータを用いた都内環境中化学物質濃度低減の検証」
- 8) 星純也、櫛島智恵子、加藤みか：大気環境学会中部支部公開講演会（2020）
「PRTRと有害大気汚染物質モニタリングデータを用いた地域環境改善状況の検証」
- 9) 加藤みか、西野貴裕、星純也、櫛島智恵子、永妻はな子：第55回日本水環境学会（2021）
「PRTRと有害大気汚染物質モニタリングデータを用いた地域環境改善状況の検証」
- 10) 櫛島智恵子、星純也、加藤みか、亀屋隆志：第29回環境化学討論会（2021）
「1週間連続採取による大気環境試料の保存安定性の調査」
- 11) 星純也、櫛島智恵子、加藤みか、亀屋隆志：第29回環境化学討論会（2021）
「PRTRデータを用いた化学物質の大気排出量の経年変化と大気モニタリングデータの関係解析」
- 12) 加藤みか、櫛島智恵子、星純也、青木建樹、井上知也、亀屋隆志：第29回環境化学討論会（2021）
「PRTR データを活用した有害大気汚染物質の濃度推計と評価」
- 13) 星純也、櫛島智恵子、加藤みか、永妻はな子、釜谷光保：環境科学会2021年会シンポジウム（2021）
「地域リスク評価のための大気中化学物質モニタリング手法の検討と都内化学物質モニタリング」
- 14) 加藤みか、西野貴裕、宮沢佳隆、櫛島智恵子、星純也：第24回日本水環境学会シンポジウム（2021）
「事故・災害時におけるリスク管理のための化学物質調査手法の検討」
- 15) 星純也、櫛島智恵子、加藤みか、釜谷光保、亀屋隆志：第30回環境化学討論会（2022）
「バックグラウンド濃度を考慮した都内大気中化学物質の年平均濃度とリスクの推定」
- 16) 櫛島智恵子、星純也、加藤みか、釜谷光保、亀屋隆志：第30回環境化学討論会（2022）
「1週間連続採取法による大気中有機化合物及び重金属類の保存安定性調査」
- 17) 加藤みか、櫛島智恵子、星純也、曾我部隆幸、青木建樹、井上知也、亀屋隆志：第30回環境化学討論会（2022）
「地方行政の化学物質管理支援のための大気環境リスク評価ツールの開発」

(3) 「国民との科学・技術対話」の実施

【テーマ2全体】

- 1) 一般公開セミナー「化学物質管理におけるPRTRデータの実践的活用に向けて」（主催：環境研究総合推進費SII-4、2021年3月19日、オンライン、聴講者約150名）にて講演
- 2) 研究成果報告「化学物質管理におけるPRTRデータの実践的活用に向けて」（2022年3月25日～5月末（予定）、YouTubeによるオンデマンド配信、視聴回数約250回）

【サブテーマ1】

- 1) 日本技術士会神奈川県支部第93回CPD講座「化学物質の環境リスクの評価と管理」（主催：日本技術士会神奈川県支部、2020年12月12日、横浜市中区万国橋会議センター、来場者約30名）にて講演

【サブテーマ2】

「特に記載すべき事項はない。」

【サブテーマ3】

- 1) 東京都環境科学研究所NEWSにて発信（No. 29、2019年9月、
<https://www.tokyokankyo.jp/kankyoken/wp-content/uploads/sites/3/2019/09/3b675c76c4b90e64a80b424e09a1eec2.pdf>）
- 2) 東京都環境科学研究所公開研究発表会「身近な化学物質の環境実態とリスク管理」（主催：東京都環境科学研究所、2019年12月20日、新宿区都民ホール、来場者約142名）にて講演
- 3) 東京都環境科学研究所NEWSにて発信（No. 34、2020年12月、
<https://www.tokyokankyo.jp/kankyoken/wp-content/uploads/sites/5/2020/12/04a70f748cdc4347c900f03e60fee5f9.pdf>）
- 4) （一財）大気環境総合センター第3期定期セミナー「東京都における大気中VOC濃度と排出量のトレンド」（主催：（一財）大気環境総合センター、2021年5月11日、オンライン）にて講演
- 5) 東京都環境科学研究所NEWSにて発信（No. 37、2021年9月、
<https://www.tokyokankyo.jp/kankyoken/wp-content/uploads/sites/5/2021/09/2fffc13b5ea9501e5c02086406aa63ac6.pdf>）
- 6) 東京都環境科学研究所公開研究発表会「地域環境リスク推定に向けたPRTR データによる大気中の化学物質の濃度推計」（主催：東京都環境科学研究所、2022年1月7日～2月28日（web公開）、閲覧数242名）にて講演
- 7) 第37回全国環境研究所交流シンポジウム「緊急時におけるリスク管理のための化学物質調査手法の活用」（主催：国立環境研究所、2022年2月16日（web公開））にて講演
- 8) 東京都環境科学研究所NEWS、No. 39、2022年3月
<https://www.tokyokankyo.jp/kankyoken/wp-content/uploads/sites/5/2022/03/a91ad8bf4f313f85691f1b0c15db5b59.pdf>

（4）マスコミ等への公表・報道等>

【サブテーマ1】

「特に記載すべき事項はない。」

【サブテーマ2】

「特に記載すべき事項はない。」

【サブテーマ3】

「特に記載すべき事項はない。」

（5）本研究費の研究成果による受賞

1) 第31回環境化学技術賞（環境化学会，2022）

星純也，櫛島智恵子，加藤みか，亀屋隆志：環境化学，31，75-90（2021），化学物質の環境排出量の報告・推計データを用いた大気濃度低減の検証

IV. 英文Abstract

Support Tools for Release Source Management and Environment Improvement Validation Using PRTR Scheme

Principal Investigator: KAMEYA Takashi

Institution: Yokohama National University, S411 Sogo-bldg, 79-7 Tokiwadai,
Hodogaya-ku, Yokohama 240-8501 JAPAN

E-mail: kameya-takashi-px@ynu.ac.jp

Cooperated by: J. F. Oberlin University, Tokyo Metropolitan Research Institute for
Environmental Protection, Kawasaki Environment Research Institute

[Abstract]

Key Words: PRTR, Self-management, Support tool, Risk assessment, Assessment sheet, Environmental monitoring, 1-week sampling, Background concentration, Automated identification and quantification system with database

As the development goal of this study whole, we provided a tool for business operators in actual sites to utilize PRTR data more practically and to practice voluntary efforts to improve chemicals management. It also provided a tool for the national government to comprehensively understand through local governments how much the actual environmental situations have been preserved and improved by the emission control efforts conducted in actual sites.

In sub-theme SII-4-2(1), a simple tool to assess environmental risk of chemical compounds around sites was developed to support business operators in actual sites. The tool requires only five input parameters. The users have to select the ranks of the parameters and perform addition of the ranks to assess the environmental risk in ambient air around each site. In addition, an extensive database for automated identification and quantification of GC-MS total ion monitoring (TIM) data was developed for about five hundreds PRTR chemicals.

In sub-theme SII-4-2(2), a simple tool to estimate environmental concentration of chemicals in ambient air around the emission source was developed to support business operators by using Microsoft Excel. The tool is established to become user friendly, and the users are not required any complicated analytic skills. The outputs by the tool are visual and easy to understand the environmental risk affected from a site to its around.

In sub-theme SII-4-2(3), a method to analyze the pollution situations of chemicals in local area by using the PRTR data was developed to support local governments. The emission sources were categorized by business types and by emission scales, and the accuracy of the PRTR data was verified. In addition, the 1-week monitoring method to evaluate annual average concentration of chemicals accurately were developed. By using the analytical data and tools, the environmental risks could be understood in each municipal area and visualized in a GIS application.