

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-17 災害・事故に起因する化学物質リスクの評価・管理手法の体系的構築  
に関する研究

(J P M E E R F 1 8 S 1 1 7 0 0)

平成30年度～令和4年度

Study on Comprehensive Chemical Risk Assessment and Management System as Disaster and Emergency  
Response

〈戦略研究プロジェクト代表機関〉  
国立研究開発法人国立環境研究所

令和5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. 英文Abstract	• • • • •	20

## I. 成果の概要

プロジェクト名 S-17 災害・事故に起因する化学物質リスクの評価・管理手法の体系的構築に関する研究

プロジェクトリーダー 鈴木 規之 (国立研究開発法人国立環境研究所企画部フェロー)

研究実施期間 平成30年度～令和4年度

研究経費

(千円)

	契約額
平成30年度合計額	210,121
テーマ1	58,795
テーマ2	53,380
テーマ3	49,140
テーマ4	48,806
令和元年度合計額	233,442
テーマ1	67,550
テーマ2	58,200
テーマ3	54,600
テーマ4	53,092
令和2年度合計額	233,312
テーマ1	67,550
テーマ2	58,200
テーマ3	54,600
テーマ4	52,962
令和3年度合計額	233,312
テーマ1	67,550
テーマ2	58,200
テーマ3	54,600
テーマ4	52,962
令和4年度合計額	228,616
テーマ1	67,550
テーマ2	58,200
テーマ3	51,100
テーマ4	51,766
<b>合計額</b>	<b>1,138,803</b>

## 研究体制

(テーマ1) 災害・事故に対する化学物質リスク管理基盤の構築 (国立環境研究所) (JPMEE R F 1 8 S 1 1 7 1 0)

(テーマ2) 災害・事故における異常検知と影響予測手法の開発 (国立保健医療科学院) (JPM E E R F 1 8 S 1 1 7 2 0)

(テーマ3) 速やかかつ網羅的な化学物質把握のための分析手法の開発 (堀場製作所) (JPM E E R F 1 8 S 1 1 7 3 0)

(テーマ4) 災害・事故への対応力強化に関する研究 (大阪府立環境農林水産総合研究所) (J P M E E R F 1 8 S 1 1 7 4 0)

本研究のキーワード 災害・事故、化学物質リスク、非定常リスク評価、情報システム、異常検知、統合プラットフォーム、網羅分析、可搬型分析装置、化学物質存在量、化学物質除去対策技術

## 1. はじめに (研究背景等)

災害・事故にともなう化学物質の流出や拡散事例が多く経験されてきた。また、東日本大震災の際には、火災や流出に伴いリスクが懸念される事態が生じたが適切な対処が行われたとは言えず、多くは何が起きたのか不明なまま推移したといえる。したがって、さまざまな事故から大災害に至る多様な事態に対して、環境保全をはかる方法の準備が必要と考えられるが、特に環境保全の立場からこのような観点での研究はほとんど行われていない。

事故の防止を目指す安全工学的研究は広く進められてきた。これらは、事故発生の抑止とこれに伴う工場労働者の安全確保の観点を中心に研究されてきたが、拡散が一般市民に及ぶような場合、例えば市民の長期的な健康確保のための評価や管理の在り方についてはこれまで十分に研究されていない。しかしながら、近年までさまざまな事故事例が継続的に発生しているにもかかわらず、環境保全の観点での取り組みが遅れていること、さらに南海トラフ巨大地震に対する国土防災の確立が緊急に求められていることなどを考慮すれば、化学物質の流出・拡散への対処を早急に確立することが必須である。

上記の通り、環境保全の観点から災害・事故に伴う化学物質の流出や拡散事例に対処する体系的な研究領域は確立されていないと考えられることから、まずは研究領域としての具体的な課題を構成することが必要である。提案者が東日本大震災以来、災害・事故に対するいくつかの試行的な緊急対応を行ってきた経験にもとづき具体的な課題を考えると、(a)何が起きたかを迅速に把握する、(b)リスク懸念を具体的に明らかにする、(c)事象の発生および将来推移を把握して戦略的に対応する、ことが重要と考えられる。そして、このような対処を可能とするためには、(d)一連の技術的対応力を体系的に保有し、活用するリスク管理体制を準備しておくことが必要と考えられる。

この背景認識に基づき、4テーマ構成からなる本研究を構想し、実施した。

## 2. 研究開発目的

本研究では、災害・事故に対応する迅速な監視技術の開発、汚染拡散の予測技術の開発、情報基盤や事例に即したリスク管理技術の構築、および、最終的には災害・事故に伴う非定常的なリスク事象に対する評価技術の確立を目指す研究を行う。具体的課題として、

(1)災害・事故は本質的に非定常的な事象であり、非定常的なリスク要因を解析するためのリスク評価手法の開発と非定常な状況に対処するリスク管理手法、(2)迅速な解析・対応を支援し、また、将来の推移を予測し得る汚染予測手法の開発、(3)緊急的な事態に対応できる迅速かつ多様な物質に対応可能

な環境監視技術の開発、(4)上記の一連の検討実施の基礎となる情報基盤の構築と具体的な事例に即したリスク管理体制の構築、の4つの大きな目的に対して研究開発を行う。このために、テーマ1：災害・事故に対する化学物質リスク管理基盤の構築、テーマ2：災害・事故における異常検知と影響予測手法の開発、テーマ3：速やかかつ網羅的な化学物質把握のための分析手法の開発、およびテーマ4：災害・事故への対応力強化に対する研究、の4テーマによって研究開発を行う。

本研究は、従来は体系的な方法が示されていない災害・事故に伴う環境保全上の支障に対処する方法を示すことにより、必要と考えられる新たな課題に体系的に取り組むとともに環境科学としての新たな領域を創出し、将来の発展に結び付けることを目指す。

### 3. 研究目標

プロジェクト 全体目標	災害・事故に起因する化学物質リスク管理に必要な情報、科学的知見、技術を確立し、これを迅速に事象の推移に応じて必要な主体に提供可能とする。
----------------	--

テーマ1	災害・事故に対する化学物質リスク管理基盤の構築
テーマリーダー/ 所属機関	鈴木規之/国立環境研究所
目標	災害・事故に起因する化学物質リスク管理に必要なとなる、災害・事故での非定常状態のリスク評価の概念と化学物質、シナリオ、評価手法などの例示、段階的リスク論に基づく対策オプション評価モデル、災害・事故時の個人曝露量の新たな評価手法を確立し、これらをテーマ2-4の成果も併せて迅速に事象の推移に応じて必要な主体に提供可能とする。

テーマ2	災害・事故における異常検知と影響予測手法の開発
テーマリーダー/ 所属機関	浅見真理/国立保健医療科学院
目標	災害・事故に起因する化学物質の異常検知手法の確立と迅速測定手法の開発を行い、地方機関と連携した検証を行う。また、河川および大気に拡散した場合の迅速な影響予測とその情報共有基盤の開発を行う。

テーマ3	速やかかつ網羅的な化学物質把握のための分析手法の開発
テーマリーダー/ 所属機関	井ノ上哲志/堀場製作所
目標	災害・事故時にリスク要因となる可能性の高い物質に対して、揮発性物質を対象に可搬型装置による現地観測及び中揮発性物質、難揮発性物質に対する実験室での網羅分析の手法を組み合わせることで迅速、的確に分析可能な手法を開発する。

テーマ4	災害・事故への対応力強化に関する研究
テーマリーダー/ 所属機関	中村智/大阪府立環境農林水産総合研究所

所属機関	
目標	全国自治体の行政を支援するために、災害・事故に対処する情報基盤の整備ならびに事後に環境中に残留する化学物質のモニタリング手法・除去技術を開発する。

#### 4. 研究開発内容

災害・事故に起因する化学物質リスクの評価・管理手法の体系的構築に関する研究では、1～4のテーマの連携により、災害・事故で想定し得る非定常環境における異常検知の手法、迅速及び網羅的分析法、拡散予測の手法、曝露及びリスク評価の科学的手法の確立、および化学物質の基礎情報（物性、毒性等）や化学物質の所在と排出可能性の情報を整備、並びにリスク管理対策の有効性の評価などの行政・社会的手法を確立し、科学的手法とあわせて活用可能な統合リスク管理基盤として提供することとしている。

テーマ1では、4サブテーマにより(1)全テーマの成果を統合してリスク評価手法として利用可能とする統合情報基盤の構築、(2)災害・事故等に適用し得るリスク管理の対策オプションの有効性の検討、(3)災害・事故で想定される非定常のリスク評価を実施するための基礎的な毒性学的検討、(4)生体への影響の観点等から曝露量を直接把握する手法の開発の研究を進める。これにより、多様な形態が想定される災害・事故に伴う化学物質に関するリスク管理に必要な手法のうち、非定常的なリスク因子に対するリスク評価手法の構築と管理の方向性、影響の観点を担当しつつ、全テーマの成果を取りまとめて施策形成の基礎知見及び研究成果の行政及び防災諸分野等への提供を行う。

テーマ2では、水質事故や化学物質爆発事故、地震災害等における環境の異常検知と影響予測に関する手法の開発を行う。サブテーマ1では、「災害・事故時の非定常環境汚染の異常検知と影響予測に関する研究」を統括すると共に、化学物質に関する水質事故等の事例を集積し、連続モニタリングのデータなどから災害・事故の端緒情報となる異常を検知し、原因を予測する手法を開発する。サブテーマ2は、水質事故迅速モニタリング手法の開発と拡充、サブテーマ3は、災害・事象事象に対応する迅速拡散予測手法の開発、サブテーマ4は、迅速予測手法の統合プラットフォームの開発を行う。

テーマ3では、災害・事故時にリスク要因となる可能性の高い広範な物質に対して、可搬型装置による現場観測及び実験室での手法による網羅分析の手法を組み合わせることで迅速（例えば事故発生後1～数日以内）、的確に分析可能な手法を開発する。揮発性物質から、中揮発性、難揮発性まで広範な物質をカバーする網羅的手法の開発を目指す。このための現地観測のための可搬型装置及び実験室での網羅分析技術の開発を行う。

テーマ4では、既存のPRTR届出データ等を活用して、災害・事故時発生場所での化学物質の存在量を予め把握するための手法の開発、環境と消防防災の担当部局間での情報共有体制に関する検討、及び、災害・事故発生後、長期間にわたり環境中に残留する化学物質のモニタリング手法及び除去技術を開発する。そのために3つのサブテーマを設定し、サブテーマ1は災害・事故への「備え」、サブテーマ2は災害・事故発生後の環境の「監視」、サブテーマ3は環境への残留物質の「除去」・「修復」を担う。

#### 5. 研究成果

##### 5-1. 成果の概要

##### 5-1-1. 災害・事故に対する化学物質リスク管理基盤について

S-17研究は、環境の視点から災害・事故に伴う環境保全上の支障に対処する方法について、監視、予測、評価及び対応力の諸課題に体系的に取り組むことにより、環境科学としての新たな領域を創出するとともに、科学的成果の社会実装までの道筋を提示することを目標とする。

統合リスク管理基盤は、図2に示すWebシステムとして構築した。本基盤は、多様な機能を有したWebシステムとして、外部公開サーバとクライアントサイド（利用者のPCやスマホなど）の連携で動作する仕組みとして設計した（図1）

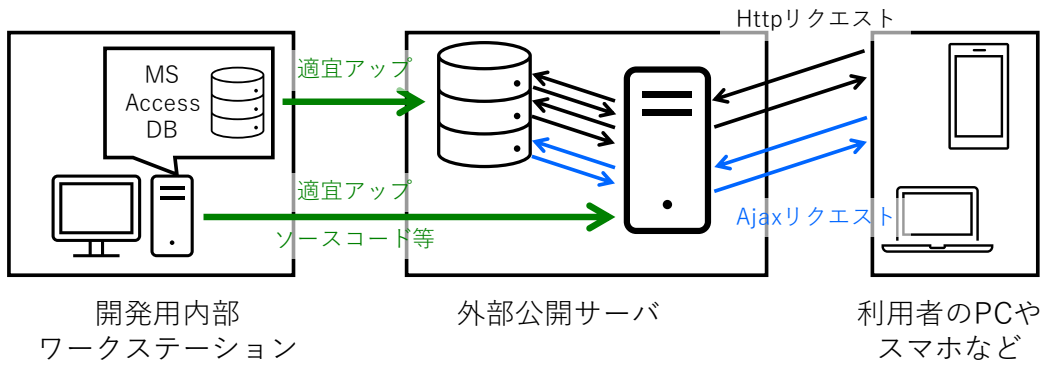


図1 統合的リスク管理基盤（"D.Chem-Core"）の概要

S17課題全体とその統合的リスク管理基盤の開発においては、複数の仮想事例を共通シナリオとして設定してこれを応用の場と想定することにより開発を進めた。化学物質の環境放出を伴う過去の事故事例のレビューおよび関係者との議論により、表1に示す5つの漏出・排出シナリオ（①油、②界面活性剤、③火災、④農薬、⑤有機VOC）を設定して検討を行った。

表1 共通シナリオとして設定した5つの仮想事例

カテゴリ	事故の起動要因	仮想事例	想定対象物質	排出量及び時間	シナリオ設定場所
油	洪水、温暖化等の豪雨あるいは単独の流出	豪雨での冠水により鉄工所で、2000Lタンク10個分の低粘度油（焼入れ用）が河川および周辺土壌に流出。	パラフィン系低粘度鉱油	20,000kg 瞬時的	佐賀県佐賀市（内陸、郊外）六角川
界面活性剤	地震あるいは単独の事故	自動車部品の製造工場で、処理剤である界面活性剤が工場内でもれ、排水処理場に流入。処理剤過多で多量の泡が発生し処理水が流下。	ポリ（オキシエチレン）アルキルエーテルとLASの混合物	10ton 2h	京都市淀川水系
火災	火災	大型倉庫（プラスチック製品を大量保管）で発生した火災が数日にわたり継続。消火剤の散布もあり、大気経由の健康影響と周辺農地への影響、消火流出物による周辺農地への影響の懸念。	PAHs、難燃剤、消火液（界面活性剤）および廃水	- 300h	埼玉県（内陸、田舎）流出先河川を設定
農薬	津波等の自然災害あるいは単独の事故	農薬運搬中の交通事故により、積載していた農薬が側溝へ流出。大気および河川経由の健康影響、農業影響の懸念。	エンドスルファン、シマジン、ダイアジノン、フェニトロチオン、イソキサチオン、イミダクロプリドのいずれか一つ	3.5ton 1h	岩手県紫波郡北上川
有機VOC	地震、津波など自然災害あるいは単独の事故	可塑剤等の製造工場で、1,2-ジクロロエタン回収中に爆発事故。火災発生で溶剤や医薬・農薬中間体に燃え広がる。	1,2-ジクロロエタン、トルエン、ジフェニルホスホルルモノクロリド、りん酸トリフェニル	6,000kg 12h	愛知県半田市（コンビナート）

災害・事故が発生する場合、またその発生に備えた対応のため、図2に示す災害・事故の事象把握、対応の時制にしたがった、段階的評価の枠組みを作成し、異なるフェーズにおける対策オプションのリスク削減率、回復までの期間を定量し、Tiered型対策オプション評価手法の検討を行った。

うち亜急性毒性管理フェーズにおける分析では、淀川において流出事故が起きた場合のシミュレーションを行い、対策オプションとして、緊急遮断弁、活性炭吸着、またその双方のオプションを行った場合の影響を定量的に検討した。図3に示すようなシミュレーション結果が得られ、これに対策オプションを当てはめて検討した結果、事前対策として、化学物質を取り扱う事業所が緊急遮断弁といった事前対策を導入しておくことが、社会影響を可能な限り低減させるオプションとして有効であることが分かった。



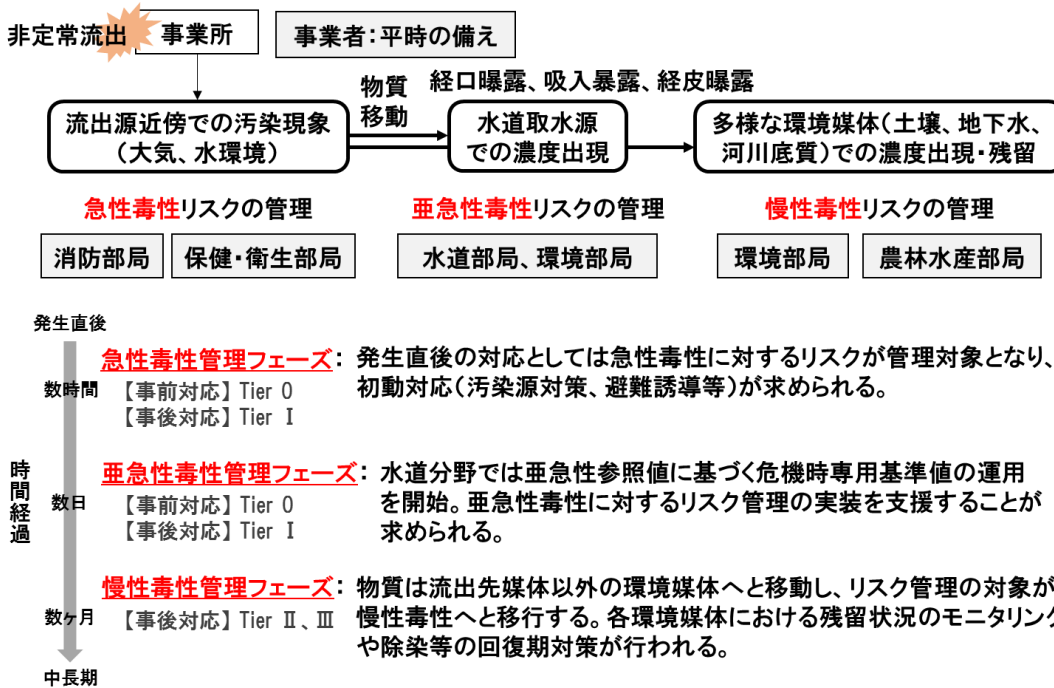


図2 段階的評価の枠組み

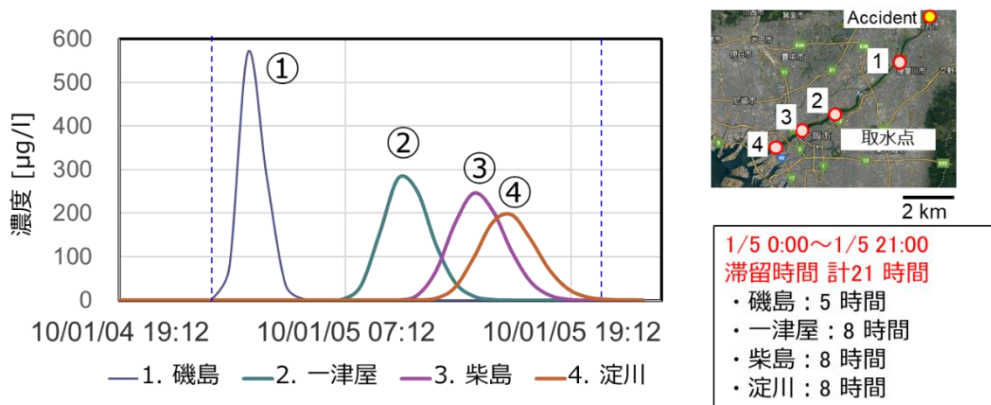


図3 河川水中の濃度（アクリル酸メチルの例）

また、非定常曝露の健康影響に関する基礎的検討を行った。Wistar-Imamichi系雄ラットを用い、新生児期に難燃剤の一つであるtris-(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate (TDCIP) に曝露され、成人期に再曝露されると従来法の単回曝露、もしくは反復曝露では評価できない可能性があることを示した。

災害・事故時の緊急事態に影響を迅速に把握するためのパッシブサンプラーにおけるVOCsのサンプリングレートの推算、および揮発性有機化合物に対するシリコーンリストバンドをパッシブサンプラーとして用いる場合に51種のガス態・粒子態PAHs・XPAHsについて大気中濃度を推算できることを示した。

### 5-1-2. 災害・事故に対する化学物質リスク管理基盤の構築について

化学物質の事故については当初より汚染源や汚染物質情報がある場合もあるが、異臭などによる通報から始まり、汚染源や汚染物質情報がない場合も多い。危機管理上の状況把握や対応、事故収束の見込みを立てるためにも、汚染源や汚染物質情報の情報は極めて重要である。水道の上流の施設等を把握し、報告されている排出先と実際の一致について解析し、取水口の位置と合わせ水質異常の監視に適した地点を抽出し、情報基盤に組み込むことができた。連続監視データの解析を行い異常検知方法の開発

を行った。精密質量分析を応用した異常検知手法を実際の水道原水に適用し、前処理と物質同定を組み合わせた手法による異常検知の方法を開発することができた（図4に対応フローの例を示す。）

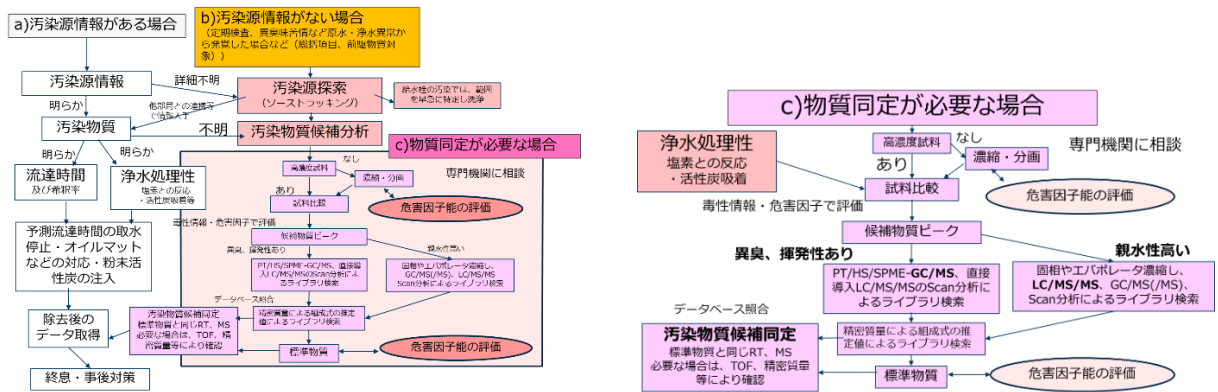


図4 水質事故の汚染源情報，物質同定の有無による対応フロー

スクリーニング分析法の複数機関におけるバリデーション試験の結果を解析し、同一手法を複数機関が適用した場合の定性・定量誤差を明らかにした。また、分析条件に関する基礎的検討を行うとともに、農薬類および揮発性有機化合物（VOC）のデータベースを構築し、検出値に関する検討を行った。簡易分析法の検討に関しては、ホルムアルデヒド、陰イオン界面活性剤8種を対象に、簡易分析法による定量精度について検討し、市販の測定器を用いた場合は濃度が過大評価となる可能性もあったが、迅速・簡便な方法として有用であることが示された（図5）。スクリーニング分析法の検討に関しては複数の装置により作成した検量線および定量値の誤差について評価した結果、異なる装置で作成した検量線を用いた場合も、対象物質の多くを5倍以内の誤差で定量できることが示された。水質検査・監視のネットワーク構築に関しては、実試料を用いたバリデーション試験により、機関による定性・定量結果の違いを検証し、バリデーション試験を繰り返し行い、解析者のトレーニングを行うことにより、各農薬の定量下限の2倍以上であれば解析者の判断はほぼ一致することが示された。

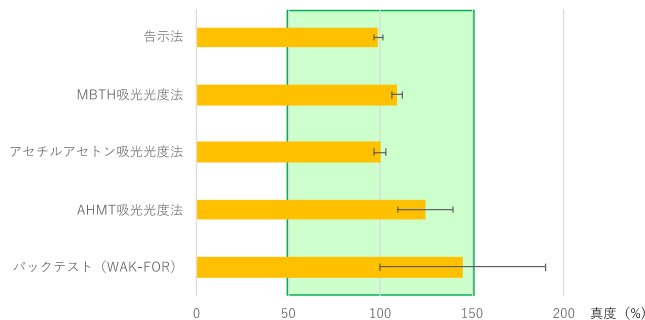


図5 ホルムアルデヒドの告示法と簡易分析法の添加回収試験結果（平均値±標準偏差）

災害・事故時の大気及び河川における拡散予測手法を開発するため、解析したこれまでの事故の規模を考慮し、大気および水域における化学物質の排出シナリオを作成した。大気はトルエン等を例とした移流拡散シミュレーションを実施し、毒性値を超過する範囲を示す早見表を作成した。水域では集中豪雨時対応モデルについて懸濁態化学物質濃度の推定精度向上を図り、LAS等を例とした大気と同様の早見表を作成した。大気は物性や気象状況等に対応したシナリオごとの大気拡散解析事例を作成し、水域は物性や気象状況等に対応したプログラムの改良を行い、検証結果を示した（図6）。

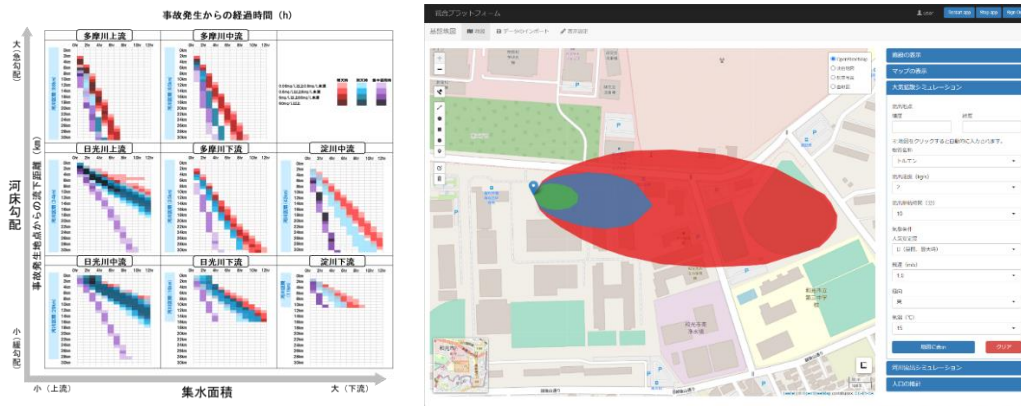


図6 対象3水系のクロロホルム流下予測と大気拡散予測表示例

迅速予測手法統合プラットフォームのプログラムを製作し、基盤地理情報システム、化学物質濃度推計ツール、健康影響情報検索ツール、曝露量推計ツールの実装について検討した。特に大気中への拡散および河川への流出に着目し、ツールやデータの改善・拡充および周辺情報との統合についての検討を踏まえ、プログラムの開発を行い、情報基盤への組み込みを行った。健康影響情報検索における年代別、性別を踏まえた曝露量予測を可視化した例を下記に示す（図7）。

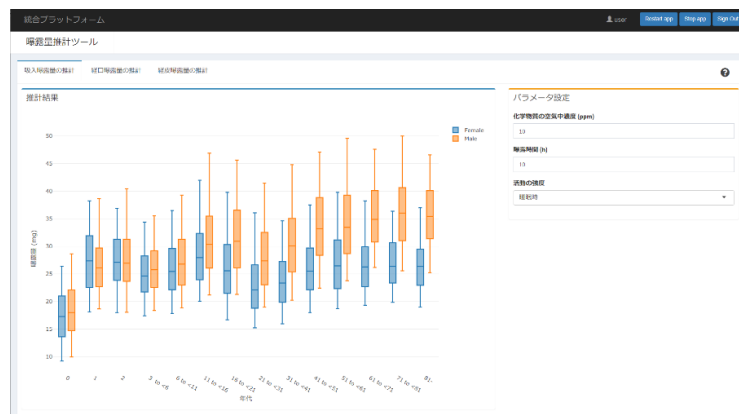


図7 健康影響情報検索ツール画面

### 5-1-3. 速やかかつ網羅的な化学物質把握のための分析手法の開発について

災害・事故時に懸念される広範な物質に対して、可搬型装置による現地観測及び実験室での手法による網羅分析の手法を組み合わせる迅速（例えば1～数日以内）、的確に分析可能な手法が必要である。災害・事故時にリスク要因となる可能性の高い発性有機化合物群を可搬型でかつ十分な感度と網羅性をもって現場で測定可能な可搬型分析装置の開発を進めた。

可搬型装置の開発については、測定対象とする物質をサブテーマ1-1「災害・事故に対する化学物質リスク管理基盤の構築」と連携して選定し、さらにPRTRデータ（総排出量・移動量）からその対象となる化学物質においてリストアップされている物質の総排出量の上位を調査し、大気への排出量99%以上を占める上位50成分を選出した。それらの物質を測定するために必要な測定原理や測定範囲を含む詳細仕様について検討し、ユーティリティや想定価格、使いやすさなどを考慮し、装置の測定原理を決定した。装置の目標仕様を掲げ、基本性能を基礎実験によって確認し、プロトタイプ機の設計を行った。測定対象物質を測定するための基礎実験結果から設計改善ポイントを含め、仕様、構造/構成、機能などを専門家からのアドバイスも取り入れ、プロトタイプ機の製作を開始した。プロトタイプ機は、仕様によりセルを数種類用意できるようにシミュレーションも行った。

成分	AEGL 1 (感知)	AEGL 2 (不快)	作業環境 許容濃度	測定範囲 (レンジ)	単位 : ppm	
					検出感度 (LDL)	検出感度 目標
トルエン	67	250	50	200	0.284	1.0
キシレン(o)	130	400	50	200	0.279	1.0
エチルベンゼン	33	580	50	100	0.169	1.0
ノルマルヘキサン	NR	2900	40	100	0.084	1.0
塩化メチレン	200	60	50	200	0.739	1.0
二酸化炭素	13	50	1	50	0.031	0.2
1, 2, 4-トリメチルベンゼン	140	150	25	200	0.246	1.0
トリクロロエチレン	130	240	25	200	0.285	1.0
N, N-ジメチルホルムアミド	NR	91	10	100	0.292	1.0
スチレン	20	130	20	100	0.744	1.0

表2 装置検出感度



図8 フィールド試験局舎

プロトタイプ機にて基本性能試験を行い、その不具合や問題事項の技術課題解決を行なった。設計が製品仕様及び要求事項を満たしているか、且つ実用化製作段階に移る前に問題が解決されているかを検討した。また前述のサブテーマ1-1と連携しワークショップでの検討結果などを受け、測定対象物質リストを再検討した。装置仕様などの見直しを検討後、2次プロトタイプ機の設計、製作を完了し、測定対象物質を用いて最終的な性能試験を行った。2次プロトタイプ機が、要求事項や製品要求事項を満たしている事を確実にする為、評価試験結果(表2 装置検出感度)などを元に、アドバイザリー会合などでの専門家からのアドバイスを反映させ、装置の要求仕様を決定した。進行過程で逐次設計変更及び試作を実施し改良を進めた。非定常時を想定し可搬型分析装置で現場における試験を行うため、プロトタイプ機を使用して模擬的なフィールド試験を行った。(図8)

また災害等で環境中に漏洩する恐れのある化学物質のうち、中揮発性・難揮発性物質を対象として、迅速に見つけ出す網羅分析手法の開発を進めた。揮発性の違いにより、それぞれに適した分析装置を活用し、データベースの拡充、実際の試料の分析を通じた分析精度の有効性等を確認した。



図9 Web版AIQS析画面

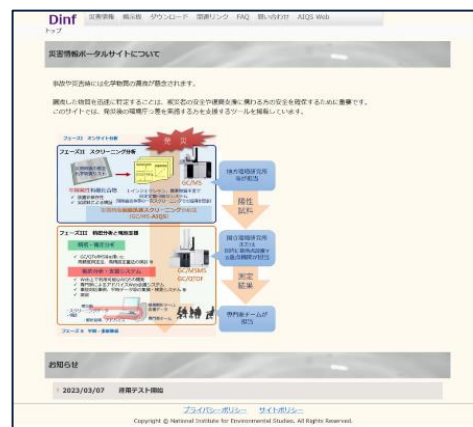


図10 ウェブサイト

中揮発性有機化合物の一斉分析法の開発とその支援ツールを作成については、自動同定定量システム(AIQS)を汎用化し、災害時に有効なデータベースを構築した。生産輸入量、毒性情報及び揮発性等の物性情報を考慮し、測定対象とすべき物質を選定し、同定定量可能な179物質をAIQSデータベースに追加収録した。

さらに、AIQSによる測定精度を確認し、GC/QToFMSを用いた高精度同定法を提案するとともに、インターネット上で作動するAIQS(図9)を地方環境研究所等の協力を受けつつ開発、その試験的運用を開始した。環境調査部局で活用可能な現地調査サポートウェブサイト(図10)を作成し、またWeb版AIQS等の情報をテーマ1の情報基盤D.ChemCoreに提供した。AIQSの実装に関し、45機関の地方環境研究所と共同研究を展開し、AIQSの測定法や解析法に関する研修を繰り返し実施した。(表-3) 本研究実施期間中に発生したいくつかの事故・災害時には出動してAIQSによる環境モニタリングも行った。

表-3 地方環境研究所担当者を対象とした研修実施一覧

内容	形式	時期／場所	参加機関数
AIQS解析実習（初級編）1回目	対面	2019年11月／西川計測	10機関
AIQS解析実習（初級編）2回目	対面	2019年11月／西川計測	10機関
問題解決型研修 （緊急時環境モニタリング）	対面	2020年2月／環境調査研修所	7機関
AIQS解析実習（上級編）	訪問	2020年12月／大阪市環科研	1機関（大阪市）
AIQS基礎研修（入門編）	ウェブ	2021年8月	35機関
AIQS解析実習	ウェブ	2021年8月	35機関
Web版AIQS利用説明会	ウェブ	2021年8月	35機関
AIQS解析説明・相談会	ウェブ	2022年夏	個別に26機関
AIQS測定・解析実習	招聘	2022年10月／国環研	1機関（三重県）
AIQS測定・解析実習	訪問	2022年10月／宮城県環保セ	1機関（宮城県）

次に主に難揮発性、親水性の有機化学物質を対象物質として網羅分析手法の開発を実施した。実際の現場における環境試料の分析を進める実地訓練等を以下のプロセスで進めた。

#### 1 LC-QTOFMS内蔵データベースの充実化

LC-QTOFMSに内蔵されているデータベースに化学物質の種類ごとに保持時間、精密質量情報（フラグメントイオン含む）、衝突断面積（CCS）情報を登録し、網羅分析を円滑に進めるための体制を構築した。ここで取り扱う物質は、PRTR第1種指定化学物質を始めとする少量の流出でも環境への影響が大きい恐れのあるものを中心とし、保持時間、質量情報、CCS情報等を装置内のデータベースに登録した。

#### 2 適正な試料処理方法の開発及び実戦力の強化

物質の情報をデータベースに登録する一方、試料の前処理方法の検討を進めた。河川水や事業場排水等、または下水の簡易放流水などマトリックスの多いと想定される環境試料を分析することで、様々な種類の試料に対しても対応可能な処理方法を開発した。開発した処理方法の有用性は、共同研究を通じた情報交換を通じて確認したとともに、概算濃度算出に対して影響を及ぼすマトリックスの影響を軽減するための前処理方法についても事前の希釈や省略と言った追加の検討も進めた。（図11）

さらに開発した処理方法を活用して、河川水だけでなく、流入下水等マトリックスの多い事業場排水試料の分析を繰り返すことで、緊急事対応に対する実戦力の強化を図った。（図11）

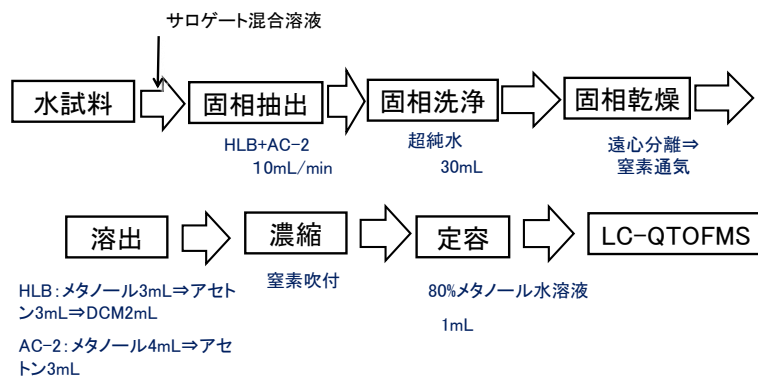


図-11 水試料の抽出フロー

#### 5-1-4. 災害・事故への対応力強化に関する研究について

テーマ4では、公表されているPRTR届出データ等を活用して、災害・事故時発生場所での化学物質の存在量を予め把握するための手法の開発、及び、災害・事故発生後、長期間にわたり環境中に残留する化学物質のモニタリング手法及び除去技術の開発等を行った（図12）。

公表されているPRTR届出データである排出量・移動量と取扱量（13自治体）との比率を「排出率」と定義し、物質別、業種別及び従業員数区分別に排出率を算定した。検証の結果、この排出率を用いれば、化学物質の取扱量の推計が1桁オーダー程度の精度で行えることが分った。さらに、環境省が実施

したPRTRパイロット事業で得られた在庫量と取扱量との比率を「在庫率」と定義し、推計取扱量から在庫率を用いて、在庫量を推計する手法を確立した。この結果、公表されているPRTR届出データである排出量・移動量から、「排出率」及び「在庫率」を用いることにより、存在量に近い概念値である化学物質の在庫量を推計することが可能となった。国の公表データから化学物質在庫量を推計するためのフローを図13に示した。

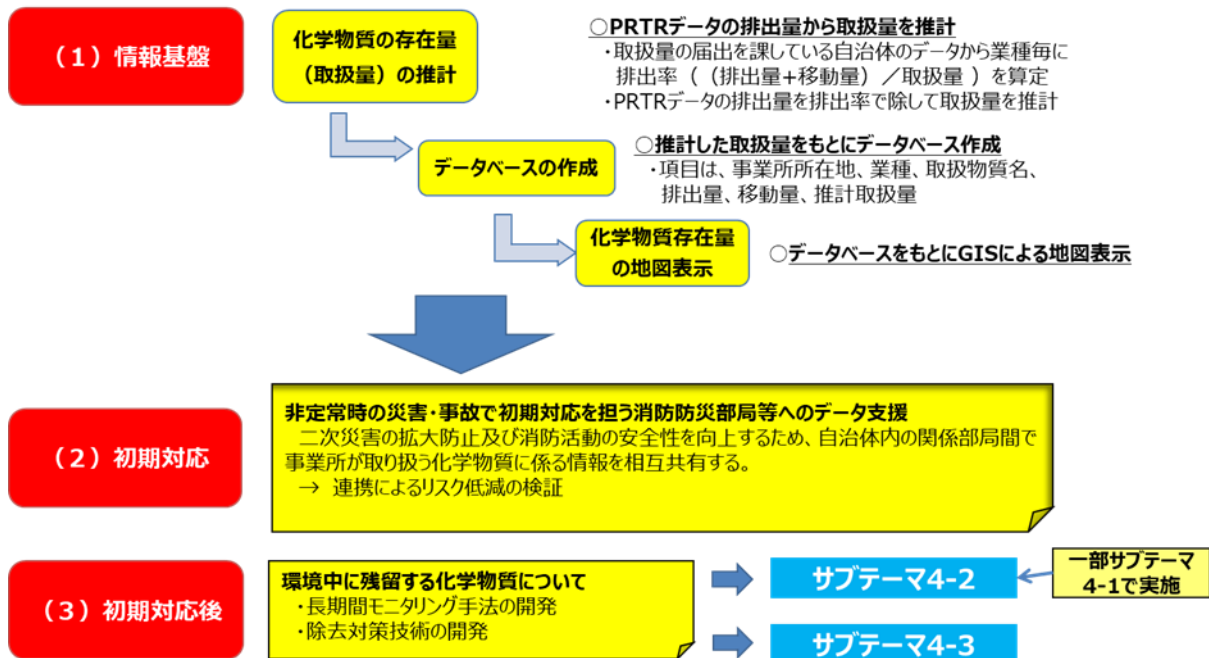


図12 テーマ4の研究構成

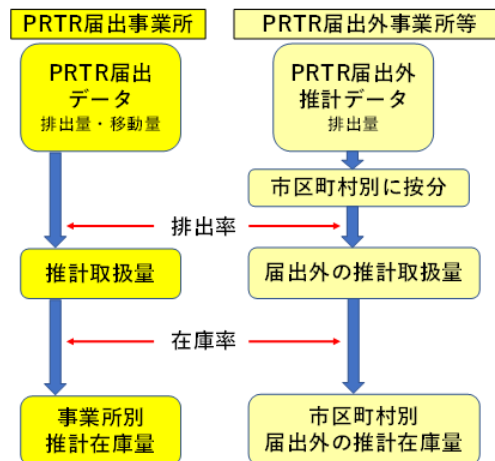


図13 国の公表データから化学物質在庫量を推計するためのフロー

災害時あるいは災害後に環境大気中に残留する化学物質を中長期的に効率的・低コストでモニタリングする手法として、セミアクティブサンプラー（SAAS）による試料のサンプリング手法を検討した。柴田科学製のDAS-100型サンプラーを改良したDAS-300Aを開発し、吸着材として市販品（ゲステル社 Twister（ポリジメチルシロキサン））を採用し、国内3地点の実大気中のPOPsの試料採取をハイボリウムエアサンプラー（HVAS）と並行して行った。その結果、1週間程度の捕集期間で、SAASでもHVと同様に地域差が観測でき、周辺大気に含まれる化学物質の調査には有効と考えられた（図14）。

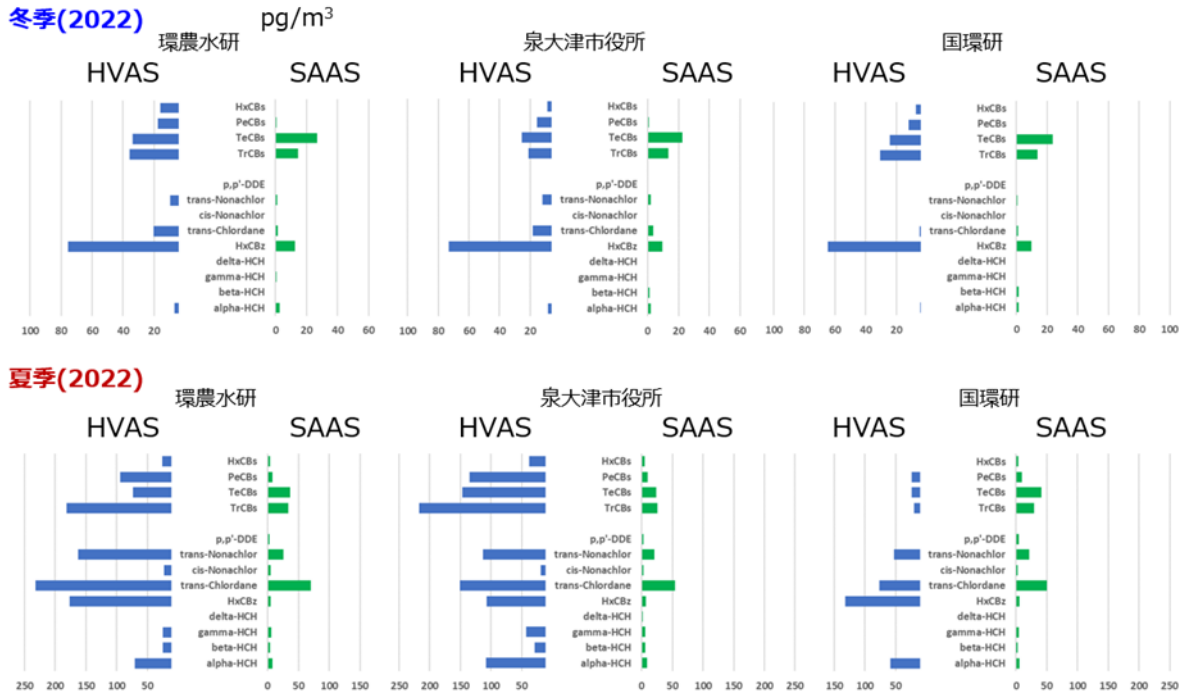
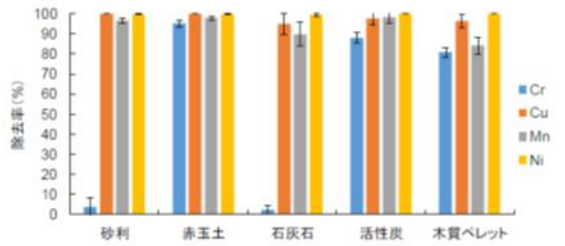
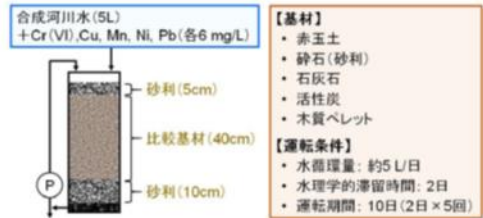


図14 SAAS-PMDS推算値とHV定量値の比較

金属(グループ①)の除去

主な除去機構として想定される基材による除去を検討



ビスフェノールA等(グループ③)の除去

植物及び微生物(単独・共生)による除去を検討

対象物質: BPA, TDP, BPF, BPS, BPP

実験系

実験系	微生物群集	
	-	+
ヨシ -	試験系A	試験系B
ヨシ +	試験系C	試験系D

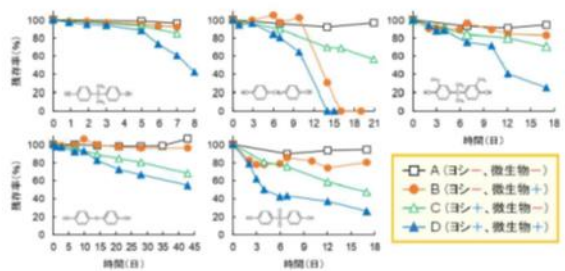


図15 VCWシステムによる残留化学物質の浄化例

災害後に環境中に残留する化学物質について、物性に基づき分類した5つのグループ（①無機物、②有機物－低揮発性－親水性、③有機物－低揮発性－親油性、④有機物－揮発性－親水性、⑤有機物－揮発性－親油性）ごとに既存の物理的・化学的・生物学的な浄化技術を体系的に整理し、データベース化を行った。

また、多様な物性の残留化学物質に対応し得る除去対策技術として、VCWシステムに着目し検討を行

った。処理に用いる植物種、基材、運転方式（水循環、回分・連続通水）を最適化することにより、上記のグループ①～④の化学物質について適用可能であることが判明した（図15）。

## 5-2. 環境政策等への貢献

### <行政等が既に活用した成果>

環境省における「災害・事故化学物質漏洩流出対応検討会」に本研究のテーマリーダーの多くが参画し、災害等対応時における地方公共団体環境部局への支援の枠組み、化管法における化学物質管理指針の改正に関する検討、また、化学物質に係る災害事故対応マニュアル策定の手引き策定に関する検討に貢献した。

災害等対応時における地方公共団体環境部局への支援の枠組みについては、環境省が実施したヒアリング等にメンバーの一部が参加して枠組み作りに貢献した。

化学物質管理指針の改正に関する検討では、化学物質管理指針に災害・事故時に関連する内容を追加する検討に参加し、化学物質管理指針の改正に結び付ける成果となった。

化学物質に係る災害事故対応マニュアル策定の手引きの策定では、本研究の成果に基づく知見を提供し、マニュアル策定に貢献した。

環境省化学物質環境実態調査スクリーニング分析法等検討会において、本課題で開発したMI-AIQS（AXEL for NAGINATA）等を用いたAIQS-GCによるスクリーニング調査が試行された。2022年度は令和4年度化学物質環境実態調査の委託業務の分析法開発業務の中に一部取り入れられるなど、環境省による活用の検討が開始された。

### <行政等が活用することが見込まれる成果>

- ・S17課題全体の実施を参考として、環境省および自治体における災害・事故時の化学物質管理の基本的な考え方を提供し、施策立案の基礎として今後活用されると考える。
- ・災害・事故時のリスク懸念物質また事例とシナリオ研究による知見は、今後の管理の対象をより典型的に理解し、対策を容易にするための基礎の一つとなりえると考えられる。
- ・複数の事例における具体的なケーススタディを通じて対策オプションのあり方を示すことにより、産業界あるいは行政における将来の取り組みにおける基礎を提供すると期待される。
- ・非正常状態でのリスク評価手法の基礎研究および災害時の個人曝露量把握のためのパッシブ分析法でのサンプリングレートなどの基礎知見は今後の災害時のリスク評価の有効な手法となると期待される。
- ・水環境中の化学物質の水質事故、災害・事故に備え、PRTR 施設やその排水口の位置と取水口の位置の関係性の解析、浄水場の連続監視データを用いた水質解析、水質事故時に備えた対応フローや前処理方法の確立、精密質量 による物質同定方法の確立は、環境政策への貢献度が大きいと考えられる。
- ・2012年度に発生した利根川水系での水質事故のように水道水源での危害が懸念される場合には、水質事故・異常を検知する水質異常監視、関係者らのネットワークによる曝露量の推定と影響予測を可能とする監視手法の最適化及び情報共有手法は、迅速に原因を特定して必要な対応を行うことに貢献する。
- ・非正常時、定常時の環境測定用として、公的研究機関や自治体及び民間分析機関などにおいて広く活用される可能性がある。環境測定で得られた情報を、消防、危険物等災害などの防災諸分野とも共有、提供することで、総合的に我が国の災害対応力の強化につながる可能性が期待できる。
- ・災害に伴う漏洩化学物質（ここでは難揮発性有機化学物質）を定性する手法により、幅広い物性の化学物質漏洩時に対する対応マニュアルの作成・普及が期待できる。また、行政部門からの分析依頼に対して化学物質漏洩をはじめとした災害対応マニュアルに本分析方法を取り入れることにより、行政と連携した災害対応が円滑に進められることが期待できる。
- ・化学物質の所在と排出可能性に係る情報データベースは、災害・事故に備え、広く行政で活用されることが期待できる。
- ・パッシブサンプラーやセミアクティブサンプラーは、運搬と設置が非常に容易で、低コストであるた



め、自治体による災害・事故発生後の中長期の環境モニタリングに大いに活用できる。

・VCMシステムは、災害・事故発生後に残留する化学物質汚染を、その復旧・復興を妨げることなく、かつ、経済的・資源的に限られた制約条件下で確実に浄化・修復できることから、活用が見込まれる。

### 5-3. 研究目標の達成状況

プロジェクト全体目標	目標の達成状況
<p>災害・事故に起因する化学物質リスク管理に必要な情報、科学的知見、技術を確立し、これを迅速に事象の推移に応じて必要な主体に提供可能とする。</p>	<p><u>目標どおりの成果をあげた。</u></p> <p>テーマ1では災害・事故での非定常状態のリスク評価と管理手法を開発し、テーマ2-4の成果も併せて提供可能なWeb情報システムを開発した。</p> <p>テーマ2では水質以上の原因物質の予測手法、監視手法の最適化、分析法と機関間ネットワークを構築するなど目標を上回る成果を挙げた。</p> <p>テーマ3では揮発性物質への可搬型装置、中揮発性および難揮発性の網羅分析手法を開発し、目標通りの成果を挙げた。</p> <p>テーマ4では化学物質の取扱量・在庫量推定手法、残留化学物質もモニタリング手法と浄化技術を開発し、目標通りの成果を挙げた。</p> <p>これらを総合して、目標通りの成果を挙げた。</p>

テーマ1目標	目標の達成状況
<p>災害・事故に起因する化学物質リスク管理に必要なとなる、災害・事故での非定常状態のリスク評価の概念と化学物質、シナリオ、評価手法などの例示、段階的リスク論に基づく対策オプション評価モデル、災害・事故時の個人曝露量の新たな評価手法を確立し、これらをテーマ2-4の成果も併せて迅速に事象の推移に応じて必要な主体に提供可能とする。</p>	<p><u>目標どおりの成果をあげた。</u></p> <p>災害・事故での非定常状態のリスク評価の概念、化学物質の種類、シナリオ等をサブテーマ1が中心になり全テーマの連携によって明らかにした。段階的リスク論に基づく対策オプションの評価をいくつかの事例研究により示した。非定常のリスク評価につながる具体的な毒性学的知見をサブテーマ3において示した。災害・事故時の個人曝露量評価に必要なパッシブサンプラーの精度評価と実用性を明らかにした。また、全テーマの成果を迅速に事象の推移に応じて提供可能とするD. Chem-CoreのWeb情報システムを開発した。これらにより、目標通りの成果を挙げたと考える。</p>

テーマ2目標	目標の達成状況
<p>災害・事故に起因する化学物質の異常検知手法の確立と迅速測定手法の開発を行い、地方機関と連携した検証を行う。また、河川および大気に拡散した場合の迅速な影響予測とその情報共有基盤の開発を行う。</p>	<p><u>目標を上回る成果をあげた</u></p> <p>災害・事故の際の対策の一つとして水質異常の場合の原因物質を予測する手法を開発した。関係者らの情報共有によりネットワークを強化し、曝露量の推定と影響予測を可能とする監視手法の最適</p>

	<p>化及び情報共有手法を開発し、S-17全体の情報基盤に知見を掲載することができた。</p> <p>実際に水質汚染事故が発生した際に水道事業者や関連機関が迅速に原因を特定して必要な対応を速やかに取ることができるように、分析方法や定量法の検討を行い、これらの機関とのネットワークを構築した。今後とも、本研究で開発した手法の普及を図り、協力体制を構築することで、対応体制の基盤を強化し、環境汚染の拡大を防止し、水道等の利用者の安全を確保に資することができる。</p>
--	--

テーマ3 目標	目標の達成状況
<p>災害・事故時にリスク要因となる可能性の高い物質に対して、揮発性物質を対象に可搬型装置による現地観測及び中揮発性物質、難揮発性物質に対する実験室での網羅分析の手法を組み合わせて迅速、的確に分析可能な手法を開発する。</p>	<p><u>目標どおりの成果をあげた。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・揮発性物質において測定対象とすべき物質を選定し、それらを測定する可搬型装置を開発した。</li> <li>・中揮発性物質の選定及び測定を実施し、GC/MS測定に適する物質のデータを全自動同定定量システム(AIQS)のデータベースに収載した。</li> <li>・難揮発性物質を選定し、LC-QTOFMS内のデータベースの充実化を実現した。幅広い物性の物質の測定に対応するため、前処理方法を含めた網羅分析手法を開発した。</li> </ul>

テーマ4 目標	目標の達成状況
<p>全国自治体の行政を支援するために、災害・事故に対処する情報基盤の整備ならびに事後に環境中に残留する化学物質のモニタリング手法・除去技術を開発する。</p>	<p><u>目標どおりの成果をあげた。</u></p> <p>サブテーマ1では、公表されているPRTRデータから化学物質の取扱量及び在庫量を推計する手法を確立でき、目標を達成できたと評価できる。なお、自治体内の関係機関での情報共有体制については、本研究成果の公表・周知により進展するものと考えている。</p> <p>サブテーマ2では、災害後に環境中に残留する化学物質を中長期的に効率的・低コストで網羅的にモニタリングする手法が開発でき、目標を達成できたと評価できる。</p> <p>サブテーマ3では、災害後に環境中に残留する化学物質の既存浄化技術のデータベース化とVCMシステムによる環境修復技術の開発でき、目標を達成できたと評価できる。</p>

## 6. 研究成果の発表状況

### 6-1. 査読付き論文

<件数>

65件

<主な査読付き論文>

#### 【テーマ1】

- 1) 小山陽介、鈴木規之:環境化学、29, 3 (巻, 号), 95-105 (2019). 災害・事故における化学物質汚染の管理対象物質の考察
- 2) Y. KOYAMA, Y. IMAIZUMI and N. SUZUKI: Global Environmental Research, 24, 2(2021) Systematic Analysis of Environmental Release Process and Emergency Response in Chemical Accident.
- 3) 豊田真弘, 伊藤理彩, 石田剛久, 小島直也, 中久保豊彦, 多田悠人, 東海明宏: リスク学研究, 33, 1 (2023) PRTRすそ切り以下事業所における自然災害時の化学物質の流出事故を想定した潜在的流出規模の推計. (印刷中)
- 4) Z. Xu, L. S. dos Muchangos, L. Ito, A. Tokai: J. Clean. Prod, 397, 136503 (2023) Cost and health benefit analysis of remediation alternatives for the heavy-metal-contaminated agricultural land in a Pb-Zn mining town in China.
- 5) Z. Xu, L. Ito, L. S. dos Muchangos, A. Tokai: Environ. Geochem. Health, doi.org/10.1007/s10653-022-01445-z (2022) Health risk assessment and cost-benefit analysis of agricultural soil remediation for tailing dam failure in Jinding mining area, SW China.
- 6) 田中健太, 伊藤理彩, L. S. dos Muchangos, 東海明宏: リスク学研究, 32, 2 (2022) 下水処理場における水素エネルギーキャリアとしてのアンモニアの合成プラント導入のリスク評価.
- 7) T. AKIMOTO, S. KOBAYASHI, A. NAKAYAMA, A. ISOBE, K. ABE, T. HATAKEYAMA, R. OHTA, R. YANAGISAWA, E. KOIKE, N. SUZUKI and M. KAWAGUCHI: J. Appl. Toxicol. 42, 9, 1503-1509 (2022) (IF:3.4), Toxicological effects of Tris (1,3-dichloro-2-propyl) phosphate exposure in adult male rats differ depending on the history of exposure in the neonatal period.
- 8) S. KOBAYASHI, N. KAWANO, K. MIYADO, R. Ohta, T. AKIMOTO, T. HATAKEYAMA and M. KAWAGUCHI: J. Vet. Med. Sci, 84, 1, 153-156 (2022) (IF: 1.2), Effects of tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate on epididymal sperm parameters in adult male rats.
- 9) Q. Wang, M. Tokumura, Y. Miyake, T. Amagai, Optimization of method for extracting 46 volatile organic compounds (VOCs) from an activated carbon-silica gel active sampler to evaluate indoor work environments, Air Quality, Atmosphere & Health, 14, 1341-1348 (2021). (IF: 5.804)
- 10) K. Sei, Q. Wang, M. Tokumura, Y. Miyake, T. Amagai, Accurate and ultrasensitive determination of 72 parent and halogenated polycyclic aromatic hydrocarbons in a variety of environmental samples via gas chromatography-triple quadrupole mass spectrometry, Chemosphere, 271, 129535 (2021). (IF: 8.943)

#### 【テーマ2】

- 1) Cordero, J. A., He, K., Janya, K., Echigo, S., and Itoh, S. (2021). Predicting formation of haloacetic acids by chlorination of organic compounds using machine-learning-assisted quantitative structure-activity relationships. Journal of

- Hazardous Materials, 408, 124466.
- 2) Hinneh, K. D., Kosaka, K., Echigo, S., and Itoh, S. (2022). Predictable Liquid Chromatography Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry Fragmentation of Ozone-Reactive N-Nitrosodimethylamine Precursors Coupled with In Silico Fragmentation and Ion Mobility-Quadrupole Time-of-Flight Facilitates Their Identification in Sewage. *Environmental Science & Technology*, 56(4), 2345-2354.
  - 3) 高橋英司, 川瀬悦郎, 小坂浩司, 浅見真理. 工場排水中の未知物質に由来する阿賀野川水系における原水の異常臭気への対応 : 原因物質の特定に関する連携と知見. *水道協会雑誌*. 2021;90(8):5-15.
  - 4) 小林憲弘, 土屋裕子, 高木総吉, 五十嵐良明. 水道水中農薬のGC/MSスクリーニング分析法の開発と実試料への適用. *環境科学会誌*, 33(5), 136-157 (2020).  
<https://doi.org/10.11353/sesj.33.136>
  - 5) 小林憲弘, 土屋裕子, 五十嵐良明. GC/MSターゲットスクリーニング分析法による水道水中農薬の定量精度の評価. *環境科学会誌*, 35(2), 34-48 (2022).  
<https://doi.org/10.11353/sesj.35.88>
  - 6) 小林憲弘, 土屋裕子, 高木総吉, 吉田仁, 大窪かおり, 北原健一, 坂本晃子, 木下輝昭, 仲野富美, 橋本博之, 古川浩司, 粕谷智浩, 岩間紀知, 平林達也, 小嶋隼, 林幸範, 古口健太郎, 五十嵐良明 : *環境化学*, 33, 26-40 (2023). 水道水中農薬のGC/MSターゲットスクリーニング分析のデータ解析における誤差要因の分析. <https://doi.org/10.5985/jec.33.26>
  - 7) 小野恭子, 吉田愛, 加藤悦子, 恒見清孝. 化学物質非定常排出シナリオ構築のための事故情報解析. *安全工学* 60(1) 15-23. 2021年2月
  - 8) 石川百合子, 村田道拓, 川口智也, 小野恭子, 恒見清孝. 化学物質流出事故対策に活用可能な河川流下予測早見表の開発 一多摩川, 淀川, 日光川におけるクロロホルムを例として一. *水環境学会誌 (論文受理済)*
  - 9) T. Otani, K. Takahashi, Ayano Takeuchi, Mari Asami. Comparison of Spatial Interpolation Methods based on Exposure Assessments of Air Pollutants: A Case Study on Nuclear Substances in Fukushima. *Proceedings of the 12th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies*. 2019; 5: 415-421.
  - 10) T. Otani, K. Takahashi. Flexible scan statistics for detecting spatial disease clusters: the rflexscan R package. *Journal of Statistical Software*. 2021; 99(13): 1-29.

### 【テーマ3】

- 1) 中島大介, 鈴木 剛, 中山祥嗣, 白石不二雄, 新田裕史, 小山陽介, 柳下真由子, 宮脇 崇, 中島寛則, 木村淳子, 門上希和夫 (2019) 自動同定定量システム (AIQS) を活用した災害時の環境モニタリング ~東日本大震災での活用と技術的展開~. *環境化学*, 29 (3) 129-137.
- 2) R. Omagari, T. Nakayama, T. Miyawaki, M. Yagishita, S. Hashimoto, K. Kadokami, D. Nakajima (2021) Evaluation of identification accuracy using AIQS for GC-MS for measuring heavily contaminated samples. *Chemosphere* 285, 131401. (IF=8.943)
- 3) R. Omagari, Y. Miyabara, S. Hashimoto, T. Miyawaki, M. Toyota, K. Kadokami, and D. Nakajima (2022) The rapid survey method of chemical contamination in floods caused by Typhoon Hagibis by combining in vitro bioassay and comprehensive analysis. *Environment International* 159, 107017 (IF=13.352)

### 【テーマ4】

- 1) K. Noro, Y. Yoshinori, B. Arisa, Y. Tawa, S. Nakamura: *Journal of Water and Environment Technology*, 17(6), 432-447 (2019) (h-index:2)  
Validation of the application of a polar organic chemical integrative sampler (POCIS) in non-steady-state conditions in aquatic environment. doi:10.2965/jwet.19-057
- 2) 田和佑脩、矢吹芳教、野呂和嗣、田澤慧、水谷聡、杉浦隆介、中村智：リスク学研究、30(3)、177-185 (2021)  
PRTRデータを活用した化学物質取扱量の推計 doi:10.11447/jjra.SRA-0340
- 3) 中村智、田和佑脩、野呂和嗣、矢吹芳教：環境化学、31、98-105 (2021)  
災害・事故に備えた化学物質の在庫量の推計 doi:10.5985/jec.31.98
- 4) 水谷聡、杉浦隆介、山崎耕平、田和佑脩、中村智、矢吹芳教、野呂和嗣：環境技術、50(6)、325-332 (2021)  
PRTRを活用した少人数事業所からの化学物質排出量分布の推定 doi:10.5956/jriet.50.6\_325
- 5) R. Omagari, T. Nakayama, T. Miyawaki, M. Yagishita, S. Hashimoto, K. Kadokami, D. Nakajima: *Chemosphere*, 285, 131041 (2021)  
Evaluation of identification accuracy using AIQS for GC-MS for measuring heavily contaminated samples. doi:10.1016/j.chemosphere.2021.131401
- 6) 家田曜世、高澤嘉一、橋本俊次：分析化学、70(6)、397-402 (2021)  
セミアクティブエアサンプリング/熱脱着分析を用いた環境残留性有機汚染物質の網羅的モニタリング手法の開発 doi:10.2116/bunsekikagaku.70.397
- 7) S. Hashimoto, Y. Takazawa, T. Ieda, R. Omagari, D. Nakajima, S. Nakamura, N. Suzuki: *Chemosphere*, 303(1), 135021 (2022)  
Application of rapid air sampling and non-targeted analysis using thermal desorption comprehensive two-dimensional gas chromatography/time-of-flight mass spectrometry to accidental fire. doi:10.1016/j.chemosphere.2022.135021
- 8) R. Ghaju Shrestha, M. Nakai, D. Inoue, M. Ike: *Journal of Water and Environment Technology*, 19(1), 13-23 (2021)  
Potential for enhanced degradation and removal of various bisphenols by interaction between common reed (*Phragmites australis*) and microorganisms. doi:10.2965/jwet.20-117
- 9) R. Ghaju Shrestha, D. Inoue, M. Ike: *Water Science and Technology*, 84, 1428-1437 (2021)  
Effects of Selection and Compiling Strategy of Substrates in Column-Type Vertical-Flow Constructed Wetlands on the Treatment of Synthetic Landfill Leachate Containing Bisphenol A. doi:10.2166/wst.2021.349
- 10) R. Ghaju Shrestha, D. Inoue, M. Ike: *Japanese Journal of Water Treatment Biology*, 58(4), 137-148 (2022)  
Effectiveness of column-type two-stage constructed wetlands for simultaneous removal of organic compounds and heavy metals focusing on the impact of feeding modes and hydraulic retention time. doi:10.2521/jswtb.58.1371)

## 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	6件
その他誌上発表（査読なし）	3件
口頭発表（学会等）	204件
「国民との科学・技術対話」の実施	53件
マスコミ等への公表・報道等	4件
本研究費の研究成果による受賞	12件
その他の成果発表	10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

プロジェクトリーダー

鈴木 規之

東京大学工学部卒業、工学博士、国立環境研究所 環境リスク・健康研究センター センター長、現在、国立環境研究所 企画部 フェロー

テーマリーダー

1) 浅見 真理

東京大学大学院工学系研究科修士課程修了、環境衛生工学、博士（工学）、現在、国立保健医療科学院生活環境研究部上席主任研究官。

2) 井ノ上 哲志

現在、株式会社 堀場製作所 分析・計測開発本部 環境・プロセス事業センター 副センター長

3) 中村 智

大阪府立大学工学部卒業、大阪府環境農林水産部環境管理室課長補佐、技術士（環境部門）、現在、地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所参事

## II. 英文Abstract

### Study on Comprehensive Chemical Risk Assessment and Management System as Disaster and Emergency Response

Principal Investigator: Noriyuki SUZUKI, Mari ASAMI, Satoshi INOUE, Satoshi NAKAMURA

Institution: 16-2 Onogawa, Tsukuba City, Ibaraki, JAPAN

Tel: 029-850-2331 / Fax: 029-850-2920

E-mail: nsuzuki@nies.go.jp

Cooperated by: National Institute of Public Health, Horiba Ltd., Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries Osaka Prefecture

[Abstract]

Key Words: Accident and emergency, Chemical risk, Non-steady state chemical risk assessment, Web-information system, anomaly detection, integrated platform, comprehensive analysis, portable analyzers, Chemical substance abundance, Environmental restoration technology

Chemical risk assessment and management system were studied as the disaster and emergency response. The study was conducted by four themes, namely, study on comprehensive chemical risk assessment and management system, theme 2,3,4. The study worked to establish comprehensive methodologies, technologies and data that could be integrated into systematic scientific methodologies for the assessment and management of chemicals in the disaster and emergency situations.

Theme 1 worked on four sub-themes, namely the development of comprehensive information system, study on countermeasure options in risk management, health risk study of selected chemicals in non-steady state exposure scheme, and establishment of methodology to capture exposure directly through passive sampling. We showed the tiered risk management scheme consisting of variety of countermeasure options though several case studies. An example of characteristic outcomes in animal study under non-steady state exposure compared to steady exposure scheme. We established the database of sampling rate of volatiles/semi-volatiles in passive sampling methodologies of chemicals. Web-information system "D.Chem-Core" was developed aiming at to provide all information most effective in disaster and emergency situations. All outputs in theme and also from themes 2 to 4 were compiled with other data sources in the system.

In Theme 2, facilities upstream of the water supply system were identified, and the actual match between the reported discharge destination and the actual situation were analyzed to develop a method for detecting abnormalities. A response flow to accidents will be proposed with reference to examples of chemical substance releases, etc. 1) Investigate methods for detecting abnormalities in continuous monitoring of pollution. We developed a flowchart to respond water quality accidents and have studied substance identification methods using accurate mass spectrometry, 2) rapid analysis methods for actual samples, 3) rapid impact prediction methods for air and water pollution, and 4) development of a platform that can be integrated with surrounding information to perform uncertainty analysis.

In Theme 3, We developed a rapid, accurate and comprehensive method to detect a wide range

of volatile substances typically released during industrial accidents or disasters. This method uses portable analyzers to quickly measure a wide range of volatile organic compounds in combination with laboratory analyzers capable of performing exhaustive analysis.

The portable analyzer can simultaneously measure a wide range of substances with sufficient sensitivity and comprehensiveness, mainly for volatile organic compounds. For the measurement of semi-volatile organic compounds in the event of chemical spills or leaks due to accidents or disasters, we have developed a simultaneous analysis method and created a support tool. In addition, accurate mass and collision cross-section information was registered in the database built into the liquid chromatograph quadrupole time-of-flight mass spectrometer (LC-QTOFMS), focusing on organic compounds with low volatility.

Theme 4 established a method for estimating the abundance of chemical substances based on published data such as PRTR data, which are foundational for disasters and accident response. We built an information infrastructure database for the location and properties of chemical substances. We developed sampling and survey methods that enabled efficient, comprehensive, and low-cost implementation of the medium- to long-term monitoring of residual substances and identification of the scope of post-disaster countermeasures. In addition, we comprehensively investigated the countermeasure technologies for removing existing chemical substances (purification and restoration technologies). The information on residual substances was systematically organized based on various factors, such as applicable substances, contaminated environments, scale, cost, energy consumption, and environmental impact. Consequently, a database of potentially applicable technologies was established.