

Environment Research and Technology Development Fund

## 環境研究総合推進費 終了研究成果報告書

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の検討  
(1FS-1701)

平成29年度

Feasibility study on chemical risk assessment and management system as disaster and emergency response

〈研究代表機関〉

国立研究開発法人国立環境研究所

〈研究分担機関〉

国立保健医療科学院

株式会社堀場製作所

地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所

平成30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. 研究開発の方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた主な成果	
6. 研究成果の主な発表状況	
7. 研究者略歴	
II. 成果の詳細	
II- 1 非定常状態に対するリスク評価手法の開発 （国立研究開発法人国立環境研究所）	7
要旨	
1. はじめに	
2. 研究開発目的	
3. 研究開発方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた成果	
6. 国際共同研究等の状況	
7. 研究成果の発表状況	
8. 引用文献	
II- 2 非定常環境汚染の予測手法の開発 （国立保健医療科学院）	23
要旨	
1. はじめに	
2. 研究開発目的	
3. 研究開発方法	
4. 結果及び考察	
5. 本研究により得られた成果	
6. 国際共同研究等の状況	
7. 研究成果の発表状況	
8. 引用文献	
II- 3 迅速分析手法の体系的開発 （株式会社堀場製作所）	28
要旨	
1. はじめに	
2. 研究開発目的	
3. 研究開発方法	

4. 結果及び考察
5. 本研究により得られた成果
6. 国際共同研究等の状況
7. 研究成果の発表状況
8. 引用文献

II- 4 災害・事故への対応力強化に関する研究 . . . . . 34

(地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所)

要旨

1. はじめに
2. 研究開発目的
3. 研究開発方法
4. 結果及び考察
5. 本研究により得られた成果
6. 国際共同研究等の状況
7. 研究成果の発表状況
8. 引用文献

III. 英文Abstract . . . . . 40

1

## 1. 成果の概要

課題名 1FS-1701 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の検討

課題代表者名 鈴木 規之 国立研究開発法人国立環境研究所環境リスク・健康研究センター長)

研究実施期間 平成29年度

累計予算額 12,700千円 (うち平成29年度 :12,700千円)  
予算額は、間接経費を含む。

本研究のキーワード 災害・事故、化学物質リスク、リスク評価、リスク管理、予測手法、迅速分析手法、災害対応力

### 研究体制

- (1) 非常状態に対するリスク評価手法の開発 国立研究開発法人国立環境研究所)
- (2) 非常環境汚染の予測手法の開発 国立保健医療科学院)
- (3) 迅速分析手法の体系的開発 株式会社堀場製作所)
- (4) 災害・事故への対応力強化に関する研究 地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所)

### 1. はじめに 研究背景等)

東日本大震災の際には、火災や流出、また市民の健康にかかわるリスク懸念が生じたが、特に有害物質への対応が適切に行われたとは言えない。一方、災害・事故に伴う化学物質の流出や拡散は多く経験されてきた。わが国では危険物施設の火災および流出事故は増加傾向にあり、環境汚染の視点から対応が求められるが、その方法、体制は確立されていない。したがって、高頻度・小規模の火災・流出等事故から大災害の対応まで体系的な方法論の確立が必要である。

これまで、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。しかし、既往の安全工学的研究の多くは工場における事故発生の抑止と作業従事者の物理化学的な安全確保に主眼があり、環境側から、一般市民の安全を確保する体系的な研究はなされていない。このことから、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、迅速監視手法、予測手法、変動する非定常的なリスク要因への評価手法、および災害・事故への対応力強化を課題ととらえ体系的に取り組むことが必要であり、それ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の道筋までを提示することに意義があると考えた。

なお、南海トラフ巨大地震等の大規模災害に対する国土防災の確立が緊急に求められる中で、化学物質等の流出等への対応の体系的知見が未確立であること、また、施設劣化等に起因する流出事故が今後増大する可能性があることなどを考慮すれば、事故・災害への対応力強化を早急に確立することが必須である。

### 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手法の整備、汚染拡散の予測手法の整備、災害・事故に伴う非定常的なリスク事象に対する評価手法の確立、さらには情報基盤や事例に即したリスク管理体制の整備を目指す研究を構想し、これを具体的に展開するための課題、研究方法と体制を検討する。

災害・事故に伴う化学物質の流出や拡散事例に環境保全の観点から対応する体系的な研究領域は確立されておらず、まずは研究領域としての具体的な課題構成が必要である。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いて考えると、(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、ことが必要である。

そこで、上記の必要性に対応する具体的課題として、(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し、評価するためのリスク評価手法の開発、(2)迅速な解析と対応を支援し、また、将来の推移を予測し得る汚染予測手法の整備、(3)緊急的な事態に対応できて、かつ迅速かつ多様な物質に対応可能な環境監視手法の整備、(4)上記の一連の検討実施の基礎となる情報基盤の整備とリスク管理措置の実施を可能とする体制の在り方を示す、の4領域をテーマとして想定する。この想定に基づき、具体的には4テーマそれぞれを担当するサブテーマ代表を中心に、関連する各分野の研究者、行政担当者や関係者を集めたワークショップを複数回開催して議論を行い、より具体的な課題構成を行う。

また、本課題調査において、当面の優先順位を置くべき汚染事象及び化学物質の初期リストを作成する。まずは既存の情報源からのリスト作成と複数の優先順位設定を簡易なリスク判定に基づいて試みる。これにより戦略的研究をより効果的・効率的に開始できるように準備を行う。

### 3. 研究開発の方法

#### (1) 非定常状態に対するリスク評価手法の開発

化学物質に対する通常のリスク評価手法は定常的な環境下における、例えば低濃度の影響を評価するために構成されており、事故や災害で想定される変動するリスク要因による、非定常的なリスク評価手法は未確立であり、このための課題を具体化する。

本サブテーマでは、大きく二つの検討を行う。

第一の検討として、災害・事故に伴う化学物質リスクへの対応に必要な研究課題として、必要性が高く、かつ、現実に設定可能な課題と成果目標の構成を検討する。具体的な課題としては、ヒトに対する非定常リスクの評価手法として、短期曝露による後発的影響、短期・長期曝露の複合影響など、また非定常環境の生態影響、異なる規模の課題への対応戦略などが考えられる。検討の方法としては、研究分担者による継続的な討議により、また、関連する研究分野の研究者を交えた討議も加えて検討を進めた。

第二の検討として、災害・事故に伴う化学物質リスクの対応において、優先的に考慮すべき化学物質、また、対応のために優先的に研究対象として考察すべき化学物質の検討を行う。この優先化学物質リストの検討では、既存の化学物質、有害性情報、PRTR等発生源情報、また、事故事例のデータベース等から事故排出が想定されるケースと規模、影響の程度をスクリーニング的に評価し、優先度を設定することとした。

#### (2) 非定常環境汚染の予測手法の開発

事故・災害の際に、化学物質の拡散の程度や持続・移動可能性等を予測することができれば、事故後の調査対象地域の特定期間や事後の影響の拡散などを予見して対策を実施することが可能となると考えられ、このための課題を具体化する。過去の事例の調査を行うとともに、発生源拡散モデル、地下水拡散モデル、水道など河川利水ネットワークモデル、及びそれらの情報の共有方法について検討を実施する。関連する研究分野の研究者を交えた討議を通じ、必要性が高く、かつ、現実に設定可能な課題と成果目標を構成することを目的として検討を実施した。

#### (3) 迅速分析手法の体系的開発

環境における突発的・非定常的な事象に対応するための迅速・可搬型分析や試料・データの迅速な共有、迅速予測手法への試みについてはごく限られており、新たな研究分野としての構築が必要である。本サブテーマで考えられる現状の課題について、関連する研究分野の研究者を交えた討議により抽出し、必要性が高い以下の項目について設定すべき目標を検討した。

- ・非定常時に測定対象とすべき化学物質の調査及び選定
- ・非定常時の第1フェーズとして、懸念される化学物質の現場測定

- ・第2フェーズとして、対象物質の網羅的簡易迅速スクリーニング分析法
- ・第3フェーズとして、簡易迅速スクリーニング分析後の更なる精密・確定分析法
- ・対象物質や状況に応じて迅速かつ柔軟に対応可能な動的分析・支援
- ・分析困難で分析事例が少ない物質等に対する新たなスクリーニング分析法

#### (4) 災害・事故への対応力強化に関する研究

事故・災害に対処するためには、各サブテーマにおける技術開発とともに、これらを支える情報基盤、具体的なリスク管理対応体制の構築などが必要であり、このための課題を具体化した。本サブテーマで考えられる課題として、化学物質の所在や性状等に関する情報基盤データベースを構築し、GISによる地図表示機能を整備することや、これらの情報基盤を災害発生直後に地域内の各機関でどのように共有し協力体制を構築するか、また、災害発生後長期間にわたり環境中に残留する化学物質による生態系への影響やその除去対策技術などについて、関連する研究分野の研究者を交えた討議を通じ、必要性が高く、かつ、現実に設定可能な課題と成果目標を設定する。

### 4. 結果及び考察

#### (1) 非定常状態に対するリスク評価手法の開発

第一の検討では、災害・事故に伴う化学物質リスクへの対応に必要な研究課題として、ヒトに対する非定常リスクの評価手法を確立するため変動する曝露や短期曝露による後発的影響の検討が必要であること、さまざまに性質の異なる災害・事故の要因に対する対策の方向性に関する社会工学的課題、災害・事故の現場における人への曝露量の迅速な把握、さまざまな災害・事故に伴って発生し得る化学物質の排出・漏出シナリオ、およびこれら開発した諸技術、知見を迅速に活用可能な情報基盤の開発などが取り組むべき課題であると認識された。また、他サブテーマで検討される諸課題との広く連携する必要があると認識された。

第二の検討については、米国機関で整理されたPAC指標、農薬に関する毒性情報、化学物質審査規制法における国内出荷量などの数値によって、災害・事故に伴う化学物質リスクの対応における優先度の判定を試みた。いくつかの異なるシナリオによる優先度判定の結果を試行的に提案することができた。一方、優先度判定は簡単な課題ではないことも改めて明らかとなり、今後、関連する諸研究成果の進展を受けて、今後開発される諸手法によって新たに優先度判定の可能性を検討することが重要であることも確認された。

#### (2) 非定常環境汚染の予測手法の開発

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について検討を行った。災害・事故時の非定常環境汚染の異常検知と影響予測について、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が重要である。また、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化及び情報共有手法が有効であると考えられた。これにより、水質事故の端緒情報を、広範囲の物質に対して迅速（例えば数時間～1日以内）に取得することを可能にするためのモニタリング手法の開発や、その精度及び適用可能性についての検証、水質事故発生時に端緒情報の迅速解析結果を素早く共有できる基盤を整備し、水質等の監視機関とのネットワークにより情報共有する迅速モニタリング手法を開発することが求められる。

また、事故時に影響が懸念されるいくつかの物質（群）の大気拡散による汚染状況について、時空間解像度等の最適化の検討を含む、迅速予測に資する手法開発についても検討が必要である。災害や事故により水域ならびに浄水処理過程で問題が懸念される物質群の汚染状況について、中長期の最適な時空間解像度に対応した移流拡散モデル、副生成物等を考慮した化学反応モデル等の必要性を検討することが必要であることが分かった。

これらの物質等の時空間拡散に関連した国内外における既存予測モデル・手法ならびに利用可能データの情報を収集し、化学物質事故への対応に結びつけるための情報整備を行うことが必要であることが分かった。

保健・医療分野での実務視点的観点や統計的な不確実性等を考慮し、拡散予測や異常検知から迅速な影響予測を行う迅速予測手法統合プラットフォームを開発する必要があることが示された。

### (3) 迅速分析手法の体系的開発

サブテーマ3については検討の結果、①災害、事故時に発生が想定される有害化学物質に対して、実例および仮想的事例に対する検証調査を実施し、分析可能分子種に基づくリスク評価を行い可搬型分析装置への応用の可能性を検討する。それらの物質および想定される濃度において十分な感度と網羅性を有しかつ比較的容易に速やかに測定が可能な可搬型分析装置の開発を行う。②事故等の発生直後に調査担当部局において速やかに事故後例えば1～数日)簡易に実施可能な網羅的スクリーニング分析法を開発するとともに対象物質や状況に応じて柔軟に対応可能な動的分析システムの構築と実際または仮想的な実例に対する適用の可能性について研究を実施する。③流出事故等で経験される親水性物質等の分析困難物質に対する新たなスクリーニング段階の分析手法の3項目を課題とし、開発を行うことを目標とすることになった。

### (4) 災害・事故への対応力強化に関する研究

検討の結果、サブテーマ4については、①「災害・事故時に活用可能な情報基盤の整備」として、災害・事故対応において重要となる存在量を既存情報から推定可能とし、これによる全国推計の結果を情報基盤GIS上に提示すること(「備え」)、②「災害・事故発生後に環境中に残留する化学物質への対策実施と継続監視のためのモニタリング手法開発」として、災害・事故等の後に環境中に残留する物質を原因物質から生成物等まで詳細に網羅把握する高度なモニタリング手法とデータ解析手法を提示こと(「監視」)、及び、③「残留化学物質の除去対策技術の開発」として、災害・事故等の後に環境中に残留する物質を低コストかつ効率的に除去する手法を既存技術のレビューと新規技術に基づき提示すること(「修復」)を目標とすることになった。

## 5. 本研究により得られた主な成果

### (1) 科学的意義

災害・事故に伴って想定される非正常状態に対するリスク評価手法の構築を進めるための具体的な検討課題の整理を完了させ、今後の研究実施の方向性を示した。また、災害・事故において優先的に考慮すべき物質についての知見を整理し、試行的な物質リストを提示した。

また、これらの物質等の時空間拡散に関連した国内外における既存予測モデル・手法ならびに利用可能データの情報を収集し、化学物質事故への対応に結びつけるための情報整備を行うことが必要であることが示された。

これらの成果をまとめて、今後進めるべき研究課題を具体的に設定し、設計を示したことが研究全体の成果の科学的意義と考える。

### (2) 環境政策への貢献

#### < 行政が既に活用した成果 >

本研究の内容について、地方環境事務所長会議や地方環境研究所長会議において紹介され、災害・事故時の化学物質リスクへの対応の重要性が認識された。

また、実際に生じた事案(海洋における油の漂着)への対応において、本研究のテーマ設定の考え方などが参考とされた。

#### < 行政が活用することが見込まれる成果 >

非正常状態に対する化学物質リスクに対する科学的なリスク評価手法の構築により、今後、行政において災害・事故に伴う化学物質の評価、管理の方策を具体的に検討する際の基礎となる科学的知見を提供することが出来ると考える。

また、非正常環境汚染の予測手法の開発の構築により、今後、行政において災害・事故に伴う化学物質の評

価、管理の方策を具体的に検討する際の基礎となる科学的知見を提供することが出来ると考える。

非定常時に懸念の可能性が高い物質に対して、それらを迅速に測定する新たな可搬型分析装置の開発を進め、さらに網羅分析により実際の事故時における原因物質の特定及び連絡を始めとする環境行政部門への迅速な情報発信も可能とすることで化学物質の監視手法や対応力をさらに強化、支援することができる。

最後に、災害・事故等に伴う化学物質リスクへの対応力強化のために、化学物質の存在量データの推計手法、残留物質のモニタリング手法及びその除去技術が活用されると見込まれる。

現時点では、災害・事故に起因する化学物質リスクに対する行政の対応は、1)平常時と異なる物質が懸念される可能性がある、非定常的な曝露に対するリスク評価の方法、監視や対策の手法など、対応に求められる技術的手法が十分に確立しておらず利用できない。2)物質の所在や量、消防、危険物等災害など防災諸分野と環境部局の連携体制など制度、情報の準備的対応が不十分、という、少なくとも2側面において十分に確立、整理されていないように思われる。本課題で設計を行った研究を推進することにより、1)の技術的課題について、現在の科学的知見に基づく新たな手法を体系的に開発して提示し、また、2)の制度・体制的課題についても、物質の所在・量など環境部局が中心になって整備すべき課題についての解決を具体的に示すことが出来ると期待される。この成果が得られれば、将来、行政が災害・事故に起因する化学物質リスクへの管理を体系的に構築するための基礎的知見として活用されると見込むことが出来る。

## 6. 研究成果の主な発表状況

### (1)主な誌上発表

<査読付き論文>

特に記載すべき事項はない

<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

### (2)主な口頭発表(学会等)

特に記載すべき事項はない

## 7. 研究者略歴

研究代表者

鈴木 規之

東京大学工学部卒業、工学博士、現在、国立研究開発法人国立環境研究所環境リスク・健康研究センター長

研究分担者

### 1) 浅見 真理

東京大学工学部卒業、博士(工学)、現在、国立保健医療科学院生活環境研究部水管理研究領域上席主任研究官

### 2) 井ノ上 哲志

株式会社堀場製作所 開発本部 第1製品開発センター 副センター長 兼 環境プロセス開発部 部長

### 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環境保全課長補佐、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環境研究部グループリーダー



## II. 成果の詳細

### II- 1 非定常状態に対するリスク評価手法の開発

国立研究開発法人国立環境研究所  
環境リスク・健康研究センター  
環境リスク・健康研究センター

鈴木 規之  
小山 陽介

平成29(開始年度)～ 29年度累計予算額：9,750千円（うち平成29年度：9,750千円）  
予算額は、間接経費を含む。

#### [要旨]

本研究では、災害・事故に伴う化学物質の流出や拡散事例に対して環境保全の観点から対処する体系的な研究を確立することを目標に、(1)災害・事故は本質的に非定常的な事象であることから、非定常的なリスク要因を解析し、評価するためのリスク評価手法の開発、(2)迅速な解析と対応を支援し、また、将来の推移を予測し得る汚染予測手法の整備、(3)緊急的な事態に対して、迅速かつ多様な物質に対応可能な環境監視手法の整備、(4)上記の一連の検討実施の基礎となる情報基盤の整備とリスク管理措置の実施を可能とする体制の在り方、の4領域をテーマとして想定しての課題構成を検討した。方法としては、サブテーマ代表を中心に、関連する各分野の研究者、行政担当者や関係者を集めたワークショップを複数回開催して議論して課題構成を行った。また、本課題調査において、当面の優先順位を置くべき汚染事象及び化学物質の初期リストの作成を試みた。既存の情報源からのリスト作成および複数の優先順位設定を簡易なリスク判定を試行的に試みたが、優先順位を単純に判別するのは困難と考えられたため、まずは現段階での予備的な優先物質リストの作成までを行った。

#### [キーワード]

災害・事故、有害化学物質、非定常リスク評価、対策オプション分析、曝露把握

※各サブテーマについて単語を5つ以内で必ず挙げること。

※以下の1～8の項目については、必ず項目を設けること。6～8の項目について記載すべき内容がない場合は、「特に記載すべき事項はない。」と記載すること。

※参考文献を引用した場合は、本文中の記載箇所の右肩に初出順に1), 2), 3)・・・の番号を付け、引用した文献を、8.に列記すること。文献の記載法については概要様式6.の書式説明に準じること。

#### 1. はじめに

災害・事故に伴う化学物質の流出や拡散事例に対して環境保全の観点から対処する体系的な研究領域は確立されておらず、まずは研究領域の具体的な課題構成が必要である。また、震災のような巨大災害のみでなく、図(1)-1に示すように、近年、危険物施設における火災及び流出事故が増加しているという報告がある。本課題では、巨大災害から化学物質に伴う事故の規模までを包含したリスク管理に貢献し得る研究課題の構成を考えることとした。提案者が東日本大震災以来、災害・事故に対する試行的な緊急対応を行ってきた経験にもとづいて考えると、(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、ことが必要である。

第1-2-1図 危険物施設における火災及び流出事故発生件数の推移

図(1)-1 危険物施設における火災及び流出事故の推移<sup>1)</sup>

## 2. 研究開発目的

本研究では、上記の必要性に対応する具体的課題として、(1)災害・事故は本質的に非定常的な事象であることから、非定常的なリスク要因を解析し、評価するためのリスク評価手法の開発、(2)迅速な解析と対応を支援し、また、将来の推移を予測し得る汚染予測手法の整備、(3)緊急的な事態に対して、迅速かつ多様な物質に対応可能な環境監視手法の整備、(4)上記の一連の検討実施の基礎となる情報基盤の整備とリスク管理措置の実施を可能とする体制の在り方、の4領域をテーマとして想定する。具体的には4テーマそれぞれを担当するサブテーマ代表を中心に、関連する各分野の研究者、行政担当者や関係者を集めたワークショップを複数回開催して議論を行い、より具体的な課題構成を行う。

また、本課題調査において、当面の優先順位を置くべき汚染事象及び化学物質の初期リストを作成する。まずは既存の情報源からのリスト作成と複数の優先順位設定を簡易なリスク判定に基づいて試みる。これにより戦略的研究をより効果的・効率的に開始できるように準備を行う。

## 3. 研究開発方法

化学物質に対する通常のリスク評価手法は定常的な環境下における、例えば低濃度の影響を評価するために構成されており、事故や災害で想定される変動するリスク要因による、非定常的なリスク評価手法は未確立であり、このための課題を具体化する。

本サブテーマでは、大きく二つの検討を行う。

第一の検討として、災害・事故に伴う化学物質リスクへの対応に必要な研究課題として、必要性が高く、かつ、現実に設定可能な課題と成果目標の構成を検討する。具体的な課題としては、ヒトに対する非定常リスクの評価手法として、短期曝露による後発的影響、短期・長期曝露の複合影響など、また非定常環境の生態影響、異なる規模の課題への対応戦略などが考えられる。検討の方法としては、研究分担者による継続的な討議により、また、関連する研究分野の研究者を交えた討議も加えて検討を進めた。

第二の検討として、災害・事故に伴う化学物質リスクの対応において、優先的に考慮すべき化学物質、また、対応のために優先的に研究対象として考察すべき化学物質の検討を行う。この優先化学物質リストの検討では、既存の化学物質、有害性情報、PRTR等発生源情報、また、事故事例のデータベース等から事故排出が想定されるケースと規模、影響の程度をスクリーニング的に評価し、優先度を設定することとした。

## 災害・事故に伴う化学物質リスクへの対応のために必要な課題と目標に関する検討

この検討では、出来るだけ広い範囲の知見に基づき、必要な課題と目標を導出することを試みることにした。方法としては

- ・専門性の広がりのある研究分担者同士による自由討議
- ・防災担当部局など関連する専門家からの意見聴取
- ・このほか、関連すると考えられる専門家との自由討議

の主に3種類の取り組みを試みることにした。研究分担者同士による討議は対面での討議とメールでの議論を緊密に行いつつ、研究期間内に、防災担当部局からの意見聴取、および関連する専門家との自由討議の機会を設定して課題の検討を進めることにした。

## 優先的に考慮すべき化学物質リストの検討

この検討では、事故・災害時に対象となり得る物質の洗い出し、および対象物質の優先度の選定を試みた。化審法届出、農薬データベース、PRTR届出情報、その他複数の毒性に関する情報源等を参照し、物質選定のために主として以下の解析・検討を進めた。

- ・簡易的リスク指標による物質の序列化
- ・リスク指標上位物質に関する事業所別製造量の推算
- ・毒性基礎データの収集・整備

## 4. 結果及び考察

### 災害・事故に伴う化学物質リスクへの対応のために必要な課題と目標に関する検討

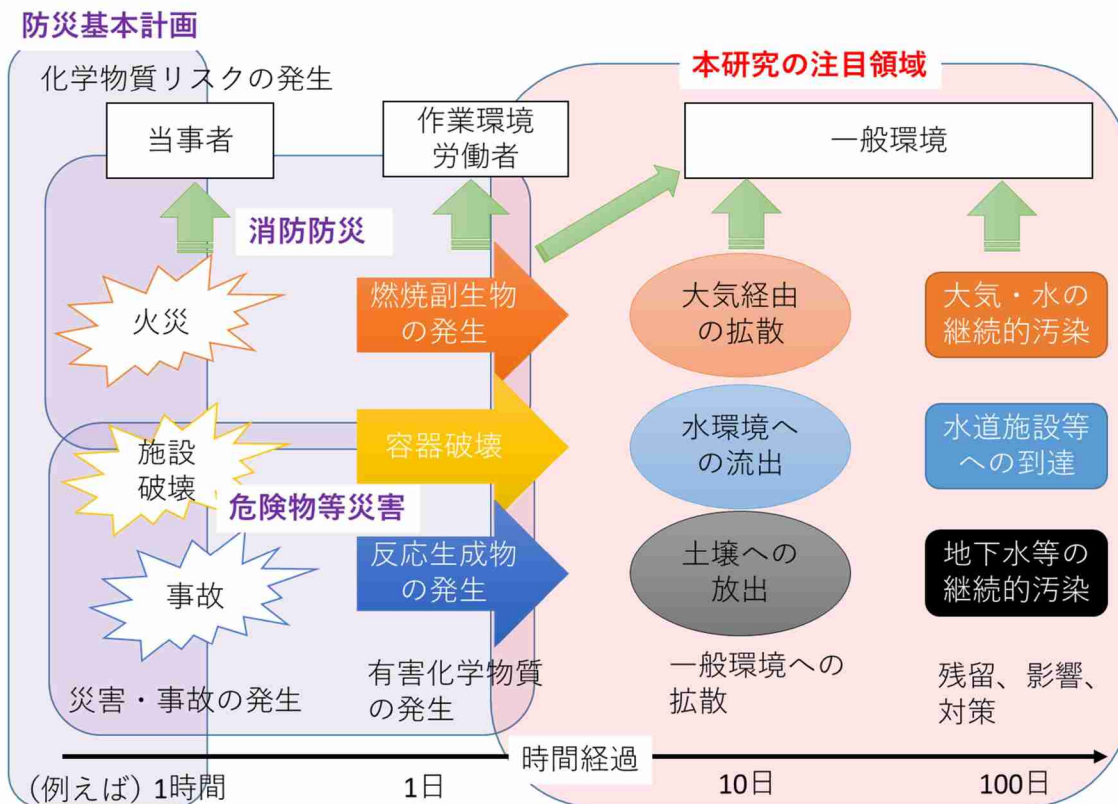
本検討は、研究分担者および関連専門家のブレインストーミング的討議を通じて、課題と目標を構成することを試みた。

研究の開始段階において、本研究全体のキックオフミーティングとあわせて、防災部局の専門家からの意見聴取をいただく機会を設定した。意見をいただいた専門家は以下の通りである。

泉大津市消防本部 消防長（消防司令長） 東 唯明  
 大阪府危機管理室防災企画課計画推進グループ 主査 曾和 朋弘  
 大阪市水道局水質試験所 林 広宣  
 日本環境測定分析協会（いであ株式会社） 荻木 洋一

防災専門家の意見をもとに、研究分担者でのブレインストーミングを繰り返し行い、課題構成の方向性を検討した。その結果、災害・事故時に想定される化学物質リスク管理において、事象の発生からの時間、日、月、年等の時間軸上の変遷と、汚染物質の拡散領域によって、例えば図(1)-2のような課題の時空間領域の整理が出来ると考えられた。図(1)-2に示す通り、災害・事故の発生直後また空間としては主に事業場など事故発生の現場においては、従来から消防防災および危険物等災害の分野において対応されてきたと考えられた。これらは従来の防災基本計画において主に扱われてきた領域でもある。一方、災害・事故に伴って発生した化学物質等が一般環境に流出し、公衆への曝露、リスクが懸念された場合に対しては、必ずしも既存の体制は構築されていないように思われた。同時に、この時空間領域に対する科学的な方法論の確立も十分ではないと考えられる。

したがって、災害・事故に伴う化学物質リスクへの課題については、特に一般環境への拡散と、発生直後からわずかに時間が経過したのちの時空間領域に研究ギャップが存在し、特にこの領域に注目した研究が必要であると考えられた。ただし、現実の事象は連続しており、まず定義した注目領域のみに研究を限定することなく、研究課題としても、また、現実のリスク管理としても、消防防災や危険物等災害などの知見と体制との密接な連携のもとに進めることが必要かつ有効であると認識された。



図(1)-2 災害・事故時に想定される化学物質リスク管理の時空間領域と既存の防災部局の対応範囲

上記の検討を受けて、主に注目領域と認識した時空間領域について、今後検討すべきと考えられる課題群をブレインストーミングにより抽出し、整理を試みた。その結果を表(1)-1に示す。

表(1)-1は、縦軸に事前の情報把握、直後の検知や予測、次いでその後の調査による速やかな状況把握、リスクの評価、最終的に行政対応・対策という対応フェースを設定し、横軸には平常時から異常発生、一般環境への拡散、最後に汚染の継続という事象の推移を設定することとした。この整理に基づき、2軸の中の各領域の中で必要と考えられる課題を挙げてみたものである。事前の情報把握としては、化学物質の基礎情報や過去の事例のDB化とフィードバックが必要であると考えられた。事故直後の異常検知、影響予測については、発生シナリオから異常検知の手法、可搬型装置による分析、大気・水質等の拡散予測手法などが必要であると考えられた。その後の状況把握においては、網羅分析等すみやかな状況把握を可能にする手法の必要性、ベースラインとフォローアップ監視の必要性が考えられた。リスクの評価になると、急性・慢性など情報の集積と、非定常環境における影響評価の手法が求められると考えられた。行政対応、対策においては、環境部局と防災・消防等部局との連携体制の重要性、対策技術や対策の重要性が指摘された。

表(1)-1 災害・事故時における化学物質リスク管理で検討すべき諸課題①～⑳

課題の分類	平常時	異常発生	一般環境への拡散	汚染の継続
事前の情報把握・共有、のための基課題	①化学物質の基礎情報（物性、毒性など）や取扱量・保管量の把握 ②社会における強靱な対応力の強化			③事故・対応事例の新規蓄積とデータベース化 ④将来へのフィードバック
影響・拡散予測、異常検知を可能にするための課題	⑤災害・事故での漏出・発生シナリオの策定	⑦注意喚起、ハザードマップの策定	⑧可搬型装置、迅速分析による把握	⑨実験室分析による対策範囲、方針の特定
	⑥平常時のモニタリングに基づく異常検知手法の基礎の整備	⑩異常状況の迅速把握と異常検知手法の開発 ⑪大気・水質・多媒体の拡散予測手法、モデルの開発		⑫漏出予防と監視技術の開発
調査による状況把握を可能にするための課題	⑬ベースラインの把握	⑭迅速検知や可搬型装置による周辺状況の迅速把握	⑮速やかな網羅分析による状況の迅速・正確な把握	⑯バイオマーカーなどのモニタリング、フォローアップ監視
リスクの評価を可能にするための課題	⑰急性毒性、亜急性毒性、慢性毒性情報の集積	⑱現場作業者の保護 ⑲作業環境の評価	⑳非定常環境の影響評価	㉑長期影響の監視 ㉒新たな影響の知見集積
行政対応、対策の実施を可能にするための課題	㉓環境部局と防災、消防・警察等の行政部局との連携体制の構築	㉔緊急対応の分担・連携の体制整備	㉕災害・事故時の情報伝達、 ㉖クライシスコミュニケーションの実施	㉗対策技術の開発 ㉘対策計画の策定

表(1)-1の整理に基づき、具体的な研究課題構成のイメージをさらに検討した。課題構成には、リスク管理全体の中での課題の位置づけとともに、研究分野や技術的な共通性を考慮することが必要であり、これらを全体としてブレインストーミング的な議論を繰り返して、表(1)-2のような形で一つの整理が可能であると考えに至った。

一つの課題として、災害・事故への迅速な対応力の科学に関する研究諸課題として整理ができると考えられた。ここでは、災害・事故の発生検知、予測、拡散予測や対策範囲の迅速な確定などを可能にする研究開発が含まれる。

二つ目の課題として、災害・事故後の汚染状況の把握の科学に関する研究諸課題が整理できると考えた。ここでは、発災後に汚染状況を把握するための可搬型分析装置の開発、網羅分析手法の開発などの課題を集約することが出来ると考えた。

三つ目の課題として、現地行政を中心とする対応力強化の科学があると考えられた。ここでは、化学物質の所在、量等を把握するための行政的手法や行政機関間の連携、また、拡散してしまった汚染への監視と対策の手法等をまとめることが出来ると考えた。

四つ目の課題として、すべての時間および事象経過の中で共通に必要なとされる科学に関する研究諸課題が整理できると考えた。ここでは、非定常状態におけるリスク評価手法や個人曝露量の把握手法や対策オプションの評価などの課題があると考えられた。

これらの結果を表(2)-2にまとめた。

表(2)-2 災害・事故に伴う化学物質リスク管理に有効な研究課題の構成案

	事前		事後対応					
	事項	内容	異常発生一事故時		事故直後（急性期）		収束期	
			事項	内容	事項	内容	事項	内容
事故・災害への迅速な対応力の科学			事故・災害等の発生を速やかに検知	非常汚染の迅速検知と予測手法				
			影響の及ぶ範囲や重篤度を迅速に予測	大気拡散、水質拡散、多媒体拡散の予測手法	対策範囲や種類の迅速な確定	拡散予測と近隣人口など影響予測の統合化		
事故・災害直後の汚染状況の把握の科学			事象発生後迅速に現地の汚染状況を把握	可搬型装置等による迅速分析手法	大気経由を中心とする汚染状況を迅速に把握	揮発性・疎水性物質等の網羅的迅速分析手法		
					水域経由を中心とする汚染状況を迅速に把握	親水性物質の網羅的迅速分析手法		
現地行政を中心とする対応力強化の科学	化学物質の基礎情報、所在、量等を直ちに把握	取扱量や所在量の把握への新たなPRTR行政機関の横断的連携					拡散してしまった汚染を処理して収束させる	拡散・残留物質の除去対策技術の検討
							残留する多種多様な化学物質を効率的かつ網羅的に監視	サンプリングと副生物等の複雑な組成に対応し得る分析手法
すべての時間経過の中で共通に必要なとされる科学	状況の推移する非常状態にいか管理目標を定めるか	非常状態におけるリスク評価手法	必要な基盤情報、評価手法、予測手法、分析手法、行政対応力を迅速に検索	PRTR等、リスク評価手法、予測手法、化学分析手法、行政対応などを迅速に検索し得る統合リスク評価基盤	事故・災害において最も効果的な対策オプションを考察するための強靱なリスク管理の体制論	事故・災害等における強靱なリスク管理の体制	被災あるいは被災の懸念される個人の曝露を迅速また包括的に把握	個人曝露の迅速把握観測・分析技術

優先的に考慮すべき化学物質リストの検討

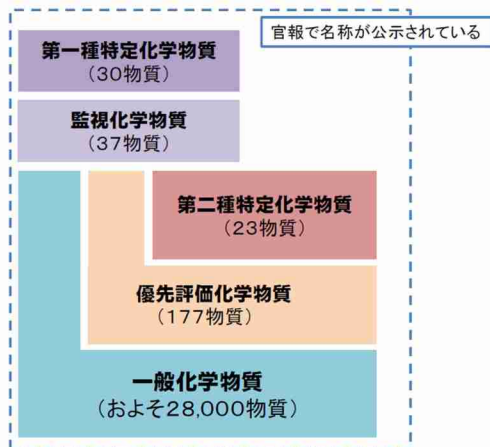
・簡易的リスク指標による物質の序列化

国内における製造輸入数量や出荷量等の量的情報と、国内外で利用されている毒性判断値の組み合わせにより、緊急時に優先的に調査対象とすべき物質の序列化を試みた。ここでは量的情報が把握可能な物質として、化審法における製造輸入数量届出対象物質と、出荷量に関する情報のある農薬を主な対象とした。

化審法の製造輸入数量については、平成27年度の公表データを基に解析を行った。化審法では、化学物質を年間1トン以上（監視化学物質は年間1kg以上）製造・輸入した者は、その数量等を届出することが義務付けられており、合計としての届出量が公開されている。これらに対応する毒性値については、物質の網羅性の観点からPAC（Rev. 29）の値を利用することとした。得られた製造輸入数量と毒性値の比を簡易的リスク指標として、対象物質の優先順位付けを行った。この際、製造輸入数量については官報公示整理番号別、毒性値についてはCAS登録番号別と異なる枠組みで分類が行われているため、これらの対応関係は、一般化学物質等製造（輸入）実績等届出システム<sup>4)</sup>の辞書ファイル（以下、化審法辞書ファイルと示す）を基に整理した。なお、製造輸入数量が非公表の物質については、毒性判断値のみで別途リスト化を行った。

農薬に関してはwebkis-plus<sup>3)</sup>で公開されている農薬データベースを参照し、原体別の出荷量を利用することとした。平成27年度データにおいて出荷量情報のある物質は、原体別で476種であった。農薬についての毒性判断値にはJECFA、JMPR、厚生労働省のいずれかによって提案されているADI（許容一日摂取量）の値を参照することとした。量的情報と毒性値情報の両方が得られた物質は251種あり、これらについて、化審法対象物質と同様に、出荷量と毒性値の比により優先順位付けを行った。

### 1) 化審法届出対象物質

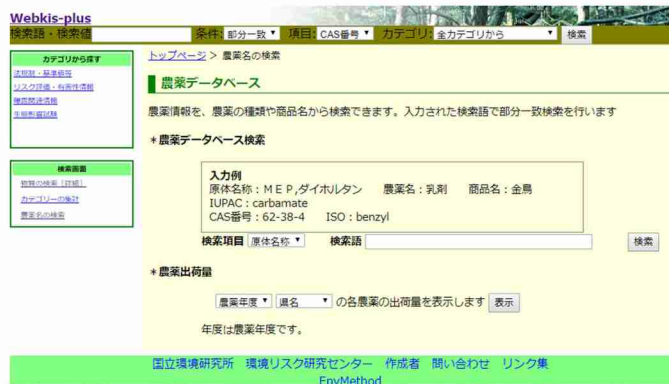


※物質数は平成27年10月時点のもの

\*化審法施行状況検討会(第3回) - 配布資料  
資料2 新規化学物質の審査・確認制度の現状 より

平成27年度データで製造輸入数量情報がある2483物質  
(非公表: 4281物質)

### 2) 農薬



\*Webkis-plus (<http://w-chemdb.nies.go.jp/>) 農薬データベース

平成27年度データで原体別出荷量情報がある476物質

図(1)-3 優先順位付けにおいて対象とした情報源

化審法対象物質については、まず各物質の届出状況を整理した。化審法の各番号は過去に削除・統合されたものが存在するため、化審法辞書ファイル(2016/03/26更新データ)に存在しているすべての番号を「現行番号」とした。そのうち、平成27年度の届出がある物質、および製造輸入数量が公開されている物質のカウン数を類別に表(1)-3に示した。6,774項目の物質について届出がなされており、うち製造輸入数量の把握が可能な物質は2,483項目、さらに関連する毒性情報が得られた物質は848項目であった。

なお、製造輸入数量情報については、1項目の化審法番号に対して、複数の物質(名)の記載がある場合があるため、一つの製造輸入量(合計値)となるよう整理した。この際、一般化学物質については、数量区分(例、1000~2000トン/年)として公開されているため、区分内の上限値を物質の製造輸入数量と仮定した。

表(1)-3 リスク指標の対象項目数(化審法届出分類別)

類別		現行番号の カウント数	届出有 (量非公表含む)	量情報 有	毒性情報 有		
1	無機	992	461	241	200		
2	有機	低分子	鎖状	3,764	1,350	578	315
3			炭素単環	4,310	1,013	324	134
4			炭素多環	1,913	455	114	22
5			複素環	6,969	1,212	315	56
6			高分子	重合系	3,415	802	336
7		縮合系		3,299	1,061	442	67
8	化工でん粉、加工油等の有機化合物		591	168	65	8	
9	医薬等化合物		2,056	252	68	20	
合計		27,309	6,774	2,483	848		

次に、化審法辞書ファイル内の官報公示整理番号とCAS番号のひも付け情報を参照し、PACの毒性判断値との紐づけを行った。製造輸入数量と毒性判断値(PAC-1)との比により簡易的なリスク指標値を導出した。

表4に毒性判断値の紐づけによるリスク指標値の導出例を示す。ここでは無機物質の代表例として硫酸アンモニウム、有機物質の代表例としてベンゼン、トルエン、キシレンを示した。表(1)-4からわかるように、多くの場合、1つの届出番号に対して複数の対応物質あるいは毒性判断値が存在する。この際、項目の序列化を行うためには、リスク指標値を一意に定める必要がある。そのため、ここでは化審法届出番号ごとに最も低い判断値を参照することとし、全848項目についてリスク指標値を導出した。

表(1)-4 化審法番号と毒性判断値との紐づけ例

化審法届出数量			辞書ファイル CAS数	PAC				リスク指標値
METI	名称	数量計 (トン/年)		物質数	CAS No	Chemical Compound	PAC-1 (mg/m <sup>3</sup> )	
1-400	硫酸アンモニウム	200,000	10	4	7803-63-6	Ammonium bisulfate; (Ammonium hydrogen sulfate)	0.012	<b>16,666,667</b>
					7783-85-9	Ammonium ferrous sulfate hexahydrate	9.6	20,833
					7783-20-2	Ammonium sulfate	13	15,385
					1344-28-1	Aluminum oxide; (Alumina)	15	13,333
3-1	ベンゼン	3,561,719	2	2	71-43-2	Benzene	170	<b>20,951</b>
					1076-43-3	Benzene-d <sub>6</sub> ; (Deuterated benzene)	180	19,787
3-2	トルエン	1,331,419	2	2	108-88-3	Toluene	250	<b>5,326</b>
					108-38-3	Xylene, m- (includes o- (95-47-6) and p- (106-42-3) isomers)	560	2,378
3-3	キシレン	5,788,076	5	2	108-38-3	Xylene, m- (includes o- (95-47-6) and p- (106-42-3) isomers)	560	<b>10,336</b>
					1330-20-7	Xylenes	560	<b>10,336</b>

このリスク指標により序列化を行った結果の例として、表(1)-3の化審法の9分類のうち、第2類「有機鎖状低分子化合物」、第3類「有機炭素単環低分子化合物」に関するリスク指標上位10物質を、表(1)-5, (1)-6に示した(いずれの分類においても上位10物質に監視化学物質は含まれなかったため、表中の化審法名称には一般化学物質および優先評価化学物質の項目のみを設けた)。これらの表には、後述の事業所別製造量の推算の為に調査を行った各項目の製造業者について、その業者数を合わせて示した。



表(1)-5 第2類「有機鎖状低分子化合物」のリスク指標上位項目(全315項目)

全体 順位	項目	化審法名称		集約数量	製造業 者数
		一般	優先		
6	2-10	アルカン (C=10~29)		200,000	9
10	2-186	テトラアルキル (C1~7) アンモニウム塩	テトラメチルアンモニウム=ヒドロ キシド	15,459	28
12	2-608	アルカン酸 (C=4~30)		200,000	25
13	2-217	アルカノール (C=5~38)	①アルカノール (C=10~16) (C=11~14のいずれかを含むものに限る。) ②デカン-1-オール ③1-オクタノール	513,873	24
15	2-577	モノ又はジクロロアセトン		30,000	2
16	2-1513		アクリロニトリル	372,177	4
20	2-1014		アクリルアミド	39,570	3
22	2-611	脂肪族モノカルボン酸 (C6~28) 軽金属 (Na, K, Li, Ba, Mg, Ca) 塩	①飽和脂肪酸 (C=8~18、直鎖型) のナトリウム塩又は不飽和脂肪酸 (C=16~18、直鎖型) のナトリウム塩 ②飽和脂肪酸 (C=8~18、直鎖型) のカリウム塩又は不飽和脂肪酸 (C=18、直鎖型) のカリウム塩	64,564	71
25	2-1961	脂肪族系ホスホン酸エステル		60,000	4
28	2-2863		ヘキサメチレン=ジイソシアネート	42,923	3

表(1)-6 第3類「有機炭素単環低分子化合物」のリスク指標上位項目(全134項目)

全体 順位	項目	化審法名称		集約数量	製造業 者数
		一般	優先		
14	3-2214	ジイソシアナトトルエン	1, 3-ジイソシアナト (メチル) ベンゼン	192,836	2
19	3-0126	ジアミノトルエン		50,000	1
31	3-0022	分枝アルキルベンゼン (C=3~36)	クメン	546,501	4
34	3-2163	ジアミノジフェニルスルホン		400,000	4
36	3-0078	ジ又はトリクロロトルエン		9,000	1
41	3-0060		①キシレン ②エチルベンゼン	6,442,980	22
71	3-1884	直鎖アルキル (C6~14) ベンゼンスルホン酸及びその塩 (K, Na, Li, Ca)	アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム (アルキルは炭素数が10から14までの直鎖アルカンの基に限る。)	83,180	30
76	3-2635	フェニル アルコキシシラン (C1~4)		1,000	3
80	3-0021	n-アルキルベンゼン (C=3~36)		80,000	3
91	3-0503	モノアルキル (C=3~9) フェノール	4- (1, 1, 3, 3-テトラメチルブチル) フェノール	43,651	8

ここでの収集物質については、他にも物理化学的な物性や用途、毒性分類などにより、複数の類型化を実施しており、VOCとして分類・整理し直したものを表(1)-7に示す。また、農薬についても同様に作成した物質リストを表(1)-8に示した。

表(1)-7 対象物質リスト (VOC)

Chemical Compound	製造輸入数量 (t/年)	PAC-1 (m g/m <sup>3</sup> )	用途情報	急性毒性					感受性		生殖細胞変異原性	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器毒性		
				経口	経皮	吸入：ガス	吸入：蒸気	吸入：粉塵、ミスト	呼吸器	皮膚				単回暴露	反復暴露	
Tridecane	200,000	0.055	有機合成中間体、溶剤、反応溶媒、食品添加物(香料)													
Dicyclopentadiene	81,254	0.054	EPDM・不飽和ポリエステル樹脂・アルキド樹脂・エポキシ樹脂、医薬・農薬・難燃剤原料	区分4	区分5	分類対象外	区分2	分類できない	分類できない	区分外	区分外	分類できない	区分外	区分1 (呼吸器系、肝臓、腎臓)	区分1 (腎臓)	区分2 (循環器、肝臓、肺)
Toluene diisocyanate (mixed isomers)	192,836	0.14	ポリウレタン・エラストマー原料、塗料・接着剤・封止剤原料	区分5	区分外	分類対象外	区分1	分類できない	区分1	区分1	区分外	区分2	分類できない	区分1 (呼吸器系)	区分1 (呼吸器)	区分2 (肝臓)
Bis(chloromethyl)ketone: (1,3-Dichloroacetone)	30,000	0.025	医薬・農薬中間体													
Acrylonitrile	372,177	0.34	合成繊維・ABS樹脂・AS樹脂原料、合成ゴム原料、塗料・繊維樹脂加工・化粧品・合成糊料原料、アクリルアミド(紙力増強剤、凝集剤)重合原料	区分3	区分2	分類対象外	区分2	分類できない	分類できない	区分1	分類できない	区分1B	区分1B	区分1 (神経系、肝臓、腎臓、血液系)	区分1 (神経系)	区分1 (呼吸器系、血液系、腎臓、精巣)
Ethyl-1-hexanol-2-	400,000	0.53	可塑剤・潤滑油・界面活性剤原料、溶剤、食品添加物(香料)	区分外	区分4	分類対象外	分類できない	分類できない	分類できない	区分外	区分外	区分外	区分2	区分3 (麻酔作用、気道刺激性)	分類できない	
Acrylamide	39,570	0.09	紙力増強剤・凝集剤重合原料、繊維加工剤、接着剤性能向上加工剤、化粧品原料、アクリル系熱硬化性塗料合成原料	区分3	区分3	分類対象外	分類できない	分類できない	分類できない	区分1	区分1B	区分1B	区分1B	区分1 (神経系、精巣)	区分1 (神経系、精巣)	

表(1)-8 対象物質リスト (農薬)

原体名	農薬分類	出荷量 (tまたはkL)	ADI(m g/kg/day)	急性毒性					感受性		生殖細胞変異原性	発がん性	生殖毒性	特定標的臓器毒性	
				経口	経皮	吸入：ガス	吸入：蒸気	吸入：粉塵、ミスト	呼吸器	皮膚				単回暴露	反復暴露
ダゾメット	土壌殺菌剤	2,844	0.0025	区分4	区分5	分類対象外	分類できない	区分5	分類できない	区分外	区分外	区分外	区分2	区分2 (神経系)	区分2 (肝臓)
マンゼブ	有機硫黄殺菌剤	2,139	0.00625	区分外	区分外	分類対象外	分類できない	区分外	分類できない	区分1	区分外	区分外	区分外	分類できない	区分2 (神経系、甲状腺、肝、副腎)
ダイアジノン	有機リン系殺虫剤	347	0.002	区分4	区分3	分類対象外	分類できない	区分4	分類できない	区分1	分類できない	区分外	区分外	区分2 (神経系)	区分2 (腎臓、神経系、肝臓、精巣)
メチダチオン	有機リン系殺虫剤	118	0.001	区分2	区分外	分類対象外	分類できない	区分2	分類できない	区分外	区分外	区分外	区分2	区分1 (神経系)	区分1 (肝臓)
フィプロニル	フェニルピラゾール系殺虫剤	21	0.0002	区分3	区分外	分類対象外	分類できない	区分3	分類できない	分類できない	区分外	区分外	区分2	区分1 (神経系)	区分1 (神経系)、区分2 (甲状腺、肝臓)
フェンチオン	有機リン系殺虫剤	48	0.0005	区分4	区分4	分類対象外	分類できない	区分3	分類できない	区分外	区分外	区分外	区分2	区分1 (神経系)	区分1 (神経系)
カズサホス	殺線虫剤	21	0.00025	区分2	区分1	分類対象外	分類できない	区分1	分類できない	区分1	区分外	区分外	区分外	区分1 (全身性、神経系)	区分1 (神経系)、区分2 (全身性)
フェントロチオン	有機リン系殺虫剤	411	0.005	区分4	区分4	分類対象外	分類できない	分類できない	区分外	区分外	区分外	区分外	区分外	区分1 (神経系)	区分1 (神経系)
ホスチアゼート	殺線虫剤	78	0.001	区分3	区分3	分類対象外	分類できない	区分3	分類できない	区分1	区分外	区分外	区分1	区分1 (全身性、神経系)	区分1 (神経系、副腎)

・リスク指標上位物質に関する事業所別製造量の推算

局所的に発生する事故や災害を考えた場合、地域または事業所毎に存在している可能性のある物質を把握しておくことが重要となる。本検討では、事業所別の製造量の推算の為に、化審法番号の項目について製造業者に関する調査も行った。化学品の製造業者については書籍情報(新化学インデックス2017)を参照し、該当の化審法番号が付与されている化学品目の抽出および、それらの化学品目を製造している製造業者の抽出を行った。例として、表(1)-4と同様の物質について、化審法番号ごとの該当業者数および化学品目ごとの製造業者数を表(1)-9に示す。

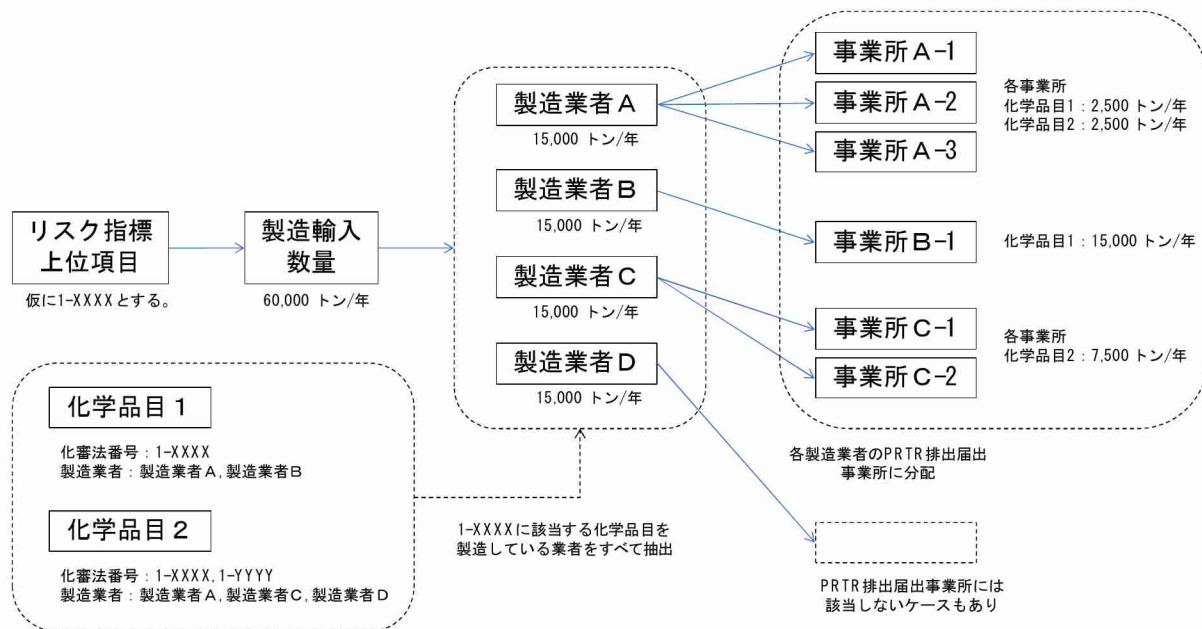
次に、製造業者がPRTR届出を行っている事業所に対して製造輸入数量を分配することにより、試験的に事業所単位での製造量を推算することとした(図(1)-4)。この推算においては、以下の仮定を置くこととした。

- ・製造輸入数量の公表値が範囲表記の場合(1,000~2,000トン/年など)上限値を採用。
- ・製造輸入数量はすべて製造量と仮定。
- ・製造量は、該当する化学品を製造している業者に均一に分配。
- ・業者あたりの製造量は、同社のすべてのPRTR届出事業所に均一に分配。
- ・同番号の品目が複数ある場合、同社同番号あたりの製造量を均一に分配。

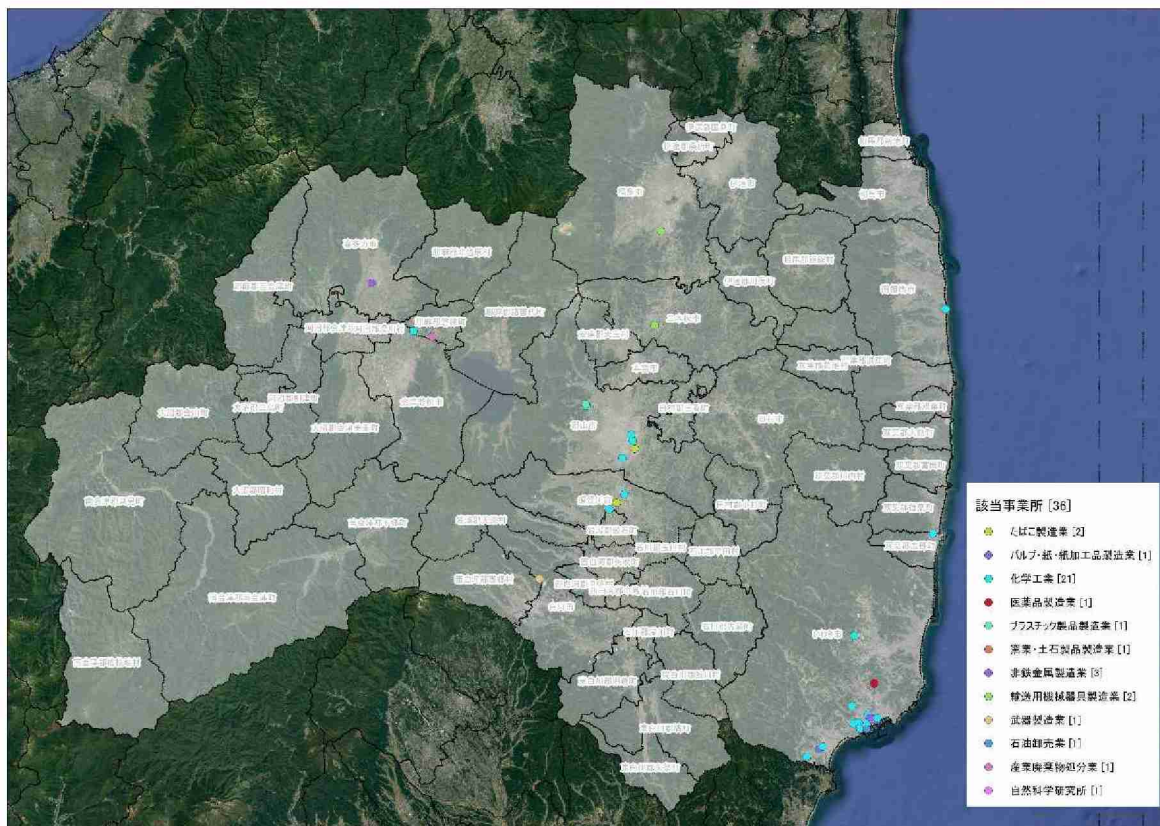
一例として、地域としては福島県全域、物質としてはリスク指標上位200項目を対象として絞込を行った。絞込を行った事業所をマッピングしたものを図(1)-5に、県内事業所Aにおける製造品目および製造量の推算結果を表(1)-10に示す。

表(1)-9 化審法番号と化学品目との紐づけ例

化審法番号	該当品目数	製造業者数	化学品目	該当番号	製造業者数
1-400	7	20	アンモニウムミョウバン	1-25 1-400	1
			硫化アンモニウム	1-400	1
			硫酸アンモニウム	1-400	12
			硫酸クロムアンモニウム	1-287 1-400	1
			硫酸第二セリウムアンモン	1-400 1-629	3
			硫酸鉄(II)アンモニウム・6水和物	1-359 1-400	1
			硫酸鉄(III)アンモニウム	1-359 1-400	1
3-1	2	15	ベンゼン(石油系)	3-1	12
			ベンゼン(非石油系)	3-1	3
3-2	1	12	トルエン	3-2	12
3-3	4	17	キシレン	3-3 3-60	15
			o-キシレン	3-3 3-60	4
			m-キシレン	3-3 3-60	1
			p-キシレン	3-3 3-60	5



図(1)-4 事業所別製造量の推算方法



図(1)-5 福島県内リスク指標上位物質製造事業所のマッピング

表(1)-10 福島県内事業所A（主たる業種：化学工業、製造品目数：92品目、国内PRTR届出事業所数：5事業所）における製造品目および製造量の推算結果

リスク指標順位	化審法番号	製造輸入数量 (トン/年)	製造業者数	製造品目名	推算製造数量 ※
22	2-611	64,564	71	ステアリン酸カルシウム	30
				ステアリン酸バリウム	30
				ステアリン酸マグネシウム	30
				ステアリン酸リチウム	30
				ラウリン酸亜鉛	30
				ラウリン酸バリウム	30
25	2-1961	60,000	4	3-ジエチルホスホノプロピオン酸アルキルエステル	1,500
				ヒドロキシメチルホスホン酸ジ-2-エチルヘキシル	1,500
63	1-517	40,000	13	酸化ニッケル触媒	615
68	1-359	400,000	12	硫酸鉄(II)(副生)	6,667
72	1-87	70,000	2	酸化バリウム	7,000
84	2-615	20,000	33	ステアリン酸亜鉛	40
				ステアリン酸鉛	40
				ラウリン酸亜鉛	40
121	1-514	10,000	6	硫化ナトリウム	333
133	2-1733	5,001	3	チオ尿素	333
154	1-78	20,000	7	炭酸バリウム	286
				炭酸バリウム(高純度品)	286
157	1-561	90,000	9	酸化亜鉛	400
				酸化亜鉛(活性)	400
				酸化亜鉛(大粒子)	400
				酸化亜鉛(微粒子)	400
				酸化亜鉛(微粒子導電性)	400

※製造輸入数量÷製造業者数÷同社PRTR届出事業所数÷同項目製造品目数

推算結果の妥当性については十分に検討できていないため、サブテーマ4の取扱量推定と合わせて評価を進めていく必要がある。一方で、各地域・事業所で製造を行っている可能性のある物質については、PRTR届出情報では把握できない物質についても考慮できることから、災害等の緊急時対応において有用と考えられる。

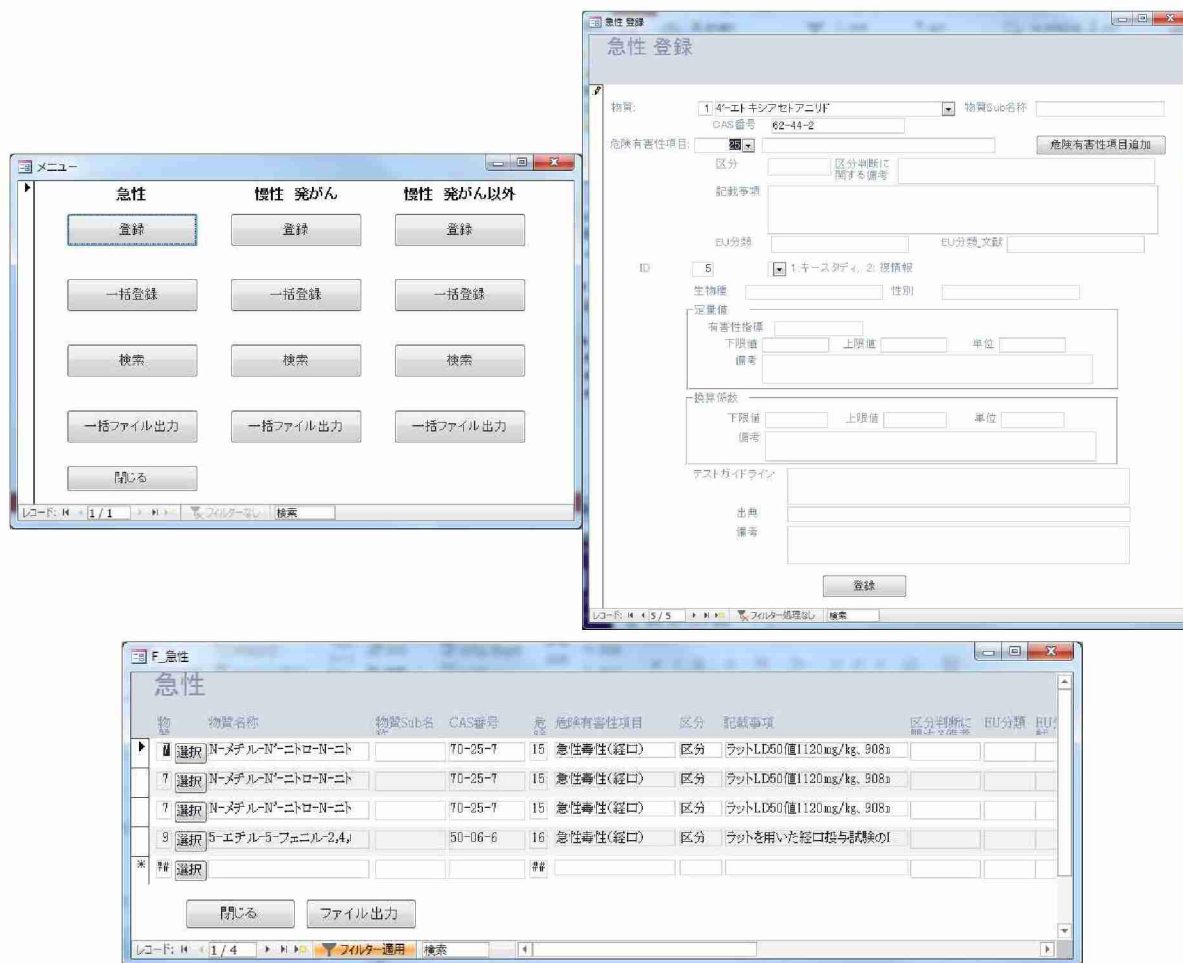
#### ・毒性基礎データの収集・整備

過去に関連研究において、厚労省GHS対応モデルラベル・モデルSDS情報および政府によるGHS分類結果に収載の物質を対象とし、毒性基礎データの収集を進めてきた。ここでいう毒性基礎データとは、各種の健康有害性において、有害性分類の根拠として掲載されている動物試験や疫学事例についての記述内容を、動物種、試験方法、投与量、有害性指標（NOAEL、LOAEL、LD50など）、報告文献などの項目に分けて、データ化したものである（以下「モデルラベル集約DB」という）。今年度は、過去に作成してきたモデルラベル集約DBに未収集の物質を対象とし、1100物質の毒性基礎データの収集を進めた。

#### GHS分類結果の情報収集項目

政府によるGHS分類結果には、GHS分類ガイダンス等に基づく分類結果（区分）とその元情報が収載されている。表(1)-11に、情報収集対象とするエンドポイントと情報収集の範囲を示す。「区分1」から「区分5」及び「区分外」に分類されているものを入力対象とし、それ以外の「分類できない」、「分類対象外」のものは入力対象外とした。





図(1)-7 GUIを搭載したデータ入出力用ツール

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

災害・事故に伴って想定される非定常状態に対するリスク評価手法の構築を進めるための具体的な検討課題の整理を完了させ、今後の研究実施の方向性を示した。また、災害・事故において優先的に考慮すべき物質についての知見を整理し、試行的な物質リストを提示した。

(2) 環境政策への貢献

※必要に応じ、行政推薦課室等の環境省関係課室と事前によく相談して記述すること。

※「行政が既に活用した成果」及び「行政が活用することが見込まれる成果」の両方を「特に記載すべき事項はない。」と記載することはできない。

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない

<行政が活用することが見込まれる成果>

本サブテーマで検討した非定常状態に対する化学物質リスクに対する科学的なリスク評価手法の構築によって、今後、行政において災害・事故に伴う化学物質の評価、管理の方策を具体的に検討する際の基礎となる科学的知見を提供することが出来ると考える。

## 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない

#### <その他誌上発表（査読なし）>

特に記載すべき事項はない

### (2) 口頭発表（学会等）

特に記載すべき事項はない

### (3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない

### (4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 鈴木規之、第33回全国環境研究所交流シンポジウム「平時/緊急時モニタリング」（演題：「どう取り組むか：リスク評価と優先物質、事象推移と監視手法、基盤情報の整備など多角的研究が必要」）（主催：国立研究開発法人国立環境研究所、平成30年2月16日、国立環境研究所大山記念ホール、観客約50名）にて講演
- 2) 小山陽介、第33回全国環境研究所交流シンポジウム「平時/緊急時モニタリング」（演題：「何を測るか：毒性値・生産量ベースの優先対象物質の検討」）（主催：国立研究開発法人国立環境研究所、平成30年2月16日、国立環境研究所大山記念ホール、観客約50名）にて講演
- 3) 小山陽介、第1回福島県環境創造シンポジウム（主催：福島県、平成30年3月4日、福島県環境創造センター交流棟「コミュタン福島」）にて研究紹介（ポスター発表）

### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない

### (6) その他

特に記載すべき事項はない

## 8. 引用文献

- 1) 平成27年消防白書
- 2) 経済産業省，一般化学物質等の製造・輸入数量（27年度実績）について。  
[http://www.meti.go.jp/policy/chemical\\_management/kasinhou/information/H27jisiseki-matome.html](http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/kasinhou/information/H27jisiseki-matome.html).
- 3) U.S. Department of Energy, Protective Action Criteria (PAC): Chemicals with AEGLs, ERPGs, & TEELs (Rev. 29).  
<https://sp.eota.energy.gov/pac/TeelDocs>.
- 4) 製品評価技術基盤機構，一般化学物質等製造（輸入）実績等届出システムの辞書ファイルについて。  
[https://www.nite.go.jp/chem/kasinn/ippan\\_todokede/jisyo01.html](https://www.nite.go.jp/chem/kasinn/ippan_todokede/jisyo01.html).



- 5) 国立環境研究所, Webkis-plus 農薬データベース  
[http://www.nies.go.jp/kis-plus/index\\_3.html](http://www.nies.go.jp/kis-plus/index_3.html)
- 6) 化学工業日報社, 新化学インデックス2017年版.
- 7) 経済産業省, PRTR制度に基づく届出データの公表について 平成26年度排出分.
- 8) 厚生労働省, GHS対応モデルラベル・モデルSDS情報.  
[http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen\\_pg/GHS\\_MSD\\_FND.aspx](http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pg/GHS_MSD_FND.aspx).
- 9) 製品評価技術基盤機構, 政府によるGHS分類結果.  
[http://www.safe.nite.go.jp/ghs/ghs\\_download.html](http://www.safe.nite.go.jp/ghs/ghs_download.html).

## II-2 非定常環境汚染の予測手法の開発

厚生労働省国立保健医療科学院生活環境研究部生活環境研究部 浅見 真理

平成29年度累計予算額：1,000千円（うち平成29年度：1,000千円）

### [要旨]

事故・災害の際に、化学物質の拡散の程度や持続・移動可能性等を予測することができれば、事故後の調査対象地域の特定や事後の影響の拡散などを予見して対策を実施することが可能となる。過去の事例の調査を行うとともに、発生源拡散モデル、地下地下水拡散モデル、水道など河川利水ネットワークモデル、及びそれらの情報の共有方法について検討を実施する。関連する研究分野の研究者を交えた討議を通じ、必要性が高く、かつ、現実に設定可能な課題と成果目標を構成することを目的として検討を実施した。

### [キーワード]

水道、水質事故、大気、発生源拡散モデル

### 1. はじめに

東日本大震災にともなう原子力発電所の事故による水道の放射性物質検出、利根川のホルムアルデヒド前駆物質流出事故など、水質に関する大きな事件が続いた上、藻類の異常発生やため池からの流出など異臭味や豪雨による濁度の上昇など、様々な水質汚染が絶えない。平成23年3月の東日本大震災の際は、放射性物質汚染により、福島県のみならず、茨城県、栃木県、千葉県、東京都、埼玉県の一部の水道水において、放射性物質濃度が指標等を超過したことから水道水の摂取制限が実施された。しかも、水道水の放射性物質汚染による成人および乳幼児の摂取制限が人口一千万人を超える地域に出された、初めての対応であった。また、平成24年5月の利根川水系のホルムアルデヒド前駆物質による水質事故である。その際には、千葉県の給水人口87万人の区域で給水停止に至ったため、応急給水の拠点に長い列ができ、市民生活に極めて大きな影響が生じた。このような水質事故に備えるために、異常検知の手法及び迅速な拡散モデル及びそれらの情報を共有する手法について検討を行う。

### 2. 研究開発目的

事故・災害の際に、化学物質の拡散の程度や持続・移動可能性等を予測することができれば、事故後の調査対象地域の特定や事後の影響の拡散などを予見して対策を実施することが可能となると考えられ、このための課題を具体化する。過去の事例の調査を行うとともに、発生源拡散モデル、地下水拡散モデル、水道など河川利水ネットワークモデル、及びそれらの情報の共有方法について検討を実施する。関連する研究分野の研究者を交えた討議を通じ、必要性が高く、かつ、現実に設定可能な課題と成果目標を構成することを目的として検討を実施した。

### 3. 研究開発方法

早期の異常検知に関する手法の検討と共に、発生源拡散モデル、地下地下水拡散モデル、過去の事例の調査、水道など河川利水ネットワークモデルなどを検討することが考えられる。これらの情報を統合し、利用しやすくするための情報共有方法について、検討を実施する。特に、

- (1) 環境汚染の非定常性を利用した拡散予測のフレームワーク
- (2) モデリング・予測ツール
- (3) インターフェース

等について海外の研究状況やソフトの操作性について予備的検討を実施した。

過去のいくつかの水質事故について文献調査を実施した。事故・災害が一般環境に及ぼす影響の迅速

予測手法の確立のため、幅広い時間・空間スケールを対象とし、いつ、どこで、どの程度の環境影響が生じるか、クリティカルな環境汚染連鎖※（Environmental Critical Pollutant Linkage: ECPL）に対する迅速予測手法に関する海外等の事例等の状況を調査した。（※排出源(Sources)～ 経路(Pathways)～ 暴露対象(Exposures)の組合せ）

また、事故・災害の規模、シーケンス（環境汚染の非定常性）に応じた拡散予測手法を排出源情報、迅速分析、曝露情報との機動的連携を考慮しながら利用するフレームワークへの実装に関する予備検討を行った。上記ソフトを統合し、不確実性解析等を行うことが可能な、操作性の良いインターフェースに関する予備検討を行った。

#### 4. 結果及び考察

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について検討を行った。災害・事故時の非定常環境汚染の異常検知と影響予測について、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が重要である。また、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化及び情報共有手法が有効であると考えられた((1)～ (6))。これにより、水質事故の端緒情報を、広範囲の物質に対して迅速（例えば数時間～ 1日以内）に取得することを可能にするためのモニタリング手法を開発や、その精度及び適用可能性についての検証、水質事故発生時に端緒情報の迅速解析結果を素早く共有できる基盤を整備し、水質等の監視機関とのネットワークにより情報共有する迅速モニタリング手法を開発することが求められる。

また、事故時に影響が懸念されるいくつかの物質（群）の大気拡散による汚染状況について、時空間解像度等の最適化の検討を含む、迅速予測に資する手法開発についても検討が必要である。災害や事故により水域ならびに浄水処理過程で問題が懸念される物質群の汚染状況について、中長期の最適な時空間解像度に対応した移流拡散モデル、副生成物等を考慮した化学反応モデル等の必要性を検討することが必要であることが分かった。

表 (2)-1 先行研究・プロジェクト・ソフトウェア事例

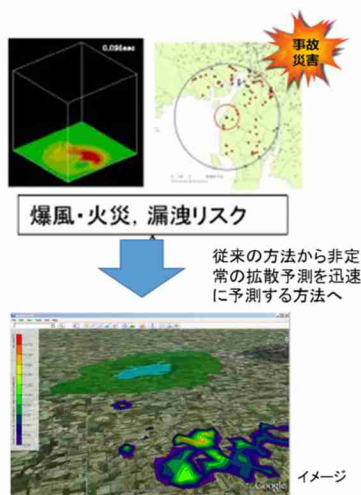
名称	開発主体	概要
<b>プロトコル・ガイドライン・情報</b>		
FEAT 2.0	国連、OCHA	災害時の行動評価調整ツール(緊急時の迅速なフィールドアセスメントを支援するポケットガイド)。化学物質漏洩事故による人体への影響、その低減のためのプライオリティ付けのためのオンサイトでの意思決定を支援
RiBaTox	EU FP7* SOLUTIONS プロジェクト	化学物質、水資源管理のための意思決定をサポートする新たなツール、モデル、手法（一貫したソリューション）
OpenEarth	Deltares 社と TU Delft 工科大学	OpenEarth：データ、モデル、ツールを共有し効率的に利用するための考え方、ユーザコミュニティ、インフラストラクチャー、ワークフロー、ノウハウの全体のツールボックスを統合化
<b>簡易ツール、スプレッドシート</b>		
STEPL	US-EPA	異なる土地利用からの栄養塩、土砂流州負荷量を計算するスプレッドシート（土地利用の最適化補助ツール）
Bioscreen-AT	SSP&A consultants	石油燃料等の炭化水素系化学物質の漏洩事故等を想定した地下水中の汚染物質移流分散解析を行うためのスクリーニングツール Bioscreen (Newell et al. 1997)の改良版
<b>アプリケーションソフトウェア</b>		
GoldSim	GoldSim	元は放射性廃棄物処分場、鉱山廃水の流出をモデル化。不確かかつ複雑なシステム（環境、工学、経済）を対象とした意思決定、リスク評価のためのモンテカルロシミュレーションツールにより、対象システムに固有の不確実性を定量化するソフト。高度な GUI と確率論的シミュレーションにより、確率による意思決定を支援する物質移行モジュールを自在に組み合わせ可能
MERLIN-Expo	EU プロジェクト	多媒体モデル、PBPK モデルの統合化ツール。様々な化学物質の全ての曝露経路を評価し、ヒトへの内部曝露を推定。WHO 推奨の感度解析、不確実性解析を行いた決定論、確率論的シミュレーション

NORMALYSA	IAEA MODARIA Working Group 3	自然由来の放射性物質に対するリスク評価ツール。Source/Transport pathways/Receptor/Dose をカバーするモデル（モジュール）とデータベースを搭載
IRAP-H View	Lakes Environmental Software	人間の健康に対する包括的なリスク評価を行うためのグラフィカルユーザーインターフェイス（US EPA Human Health Risk Assessment Protocol (HHRAP)に準拠）した多媒体モデル。多数の化学物質、汚染源、経路、暴露対象に対するリスクを同時に計算
IGEMS/CSM	US EPA	多媒体モデルとその実行に必要な環境データを搭載したウェブベースのアプリケーション。大気、消費者製品、材料、地下水に関するモデル、データを搭載。大気モデルは AERMOD（定常）、ISCST3（非定常）。地下水モデル：AT123D（USGS で開発された移流分散プロセスの様々な厳密解及び準厳密解を搭載した解析プログラム）。地図上に可視化する GSM と結合
STREAM-EU	ストックホルム大学、オランダ Deltares とのコラボ	大陸、流域スケールの溶質移動を予測。空間移動する漏洩源、化学物質物理化学特性、時間変化する水理データを考慮した水域、粒状性物質（土砂）、土壌、地下水のコンパートメントを用いたフガシティモデル

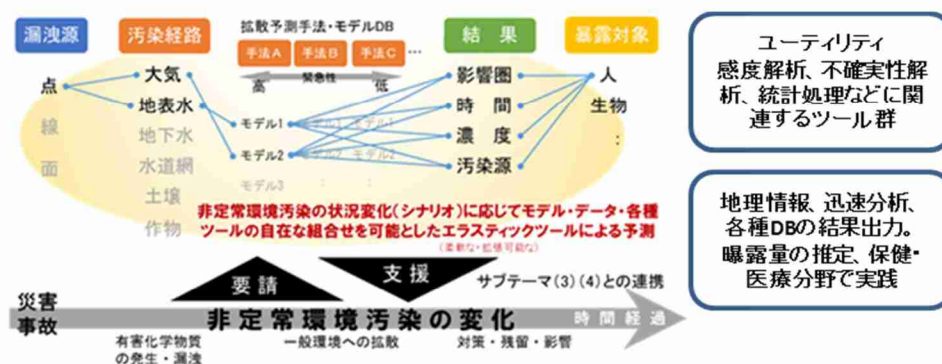
これらの物質等の時空間拡散に関連した国内外における既存予測モデル・手法ならびに利用可能データの情報を収集し、化学物質事故への対応に結びつけるための情報整備を行うことが必要であることが分かった。特に図(2)-1に示す欧州の開発したMERLIN-Expoなどは媒体、物質等を統合的に把握する上で、使いやすいソフトウェアとなっており、参考となると考えられた(7,8)。図(2)-2のような爆発予測と濃度予測を鳥瞰図上に表示した場合の概念図が迅速に出力できることは、対策立案上も有効であると考えられた。行政上も保健・医療分野での実務視点的観点や統計的な不確実性等を考慮し、図(2)-3のような拡散予測や異常検知から迅速な影響予測を行う迅速予測手法統合プラットフォームを開発する必要があることが示された。



図(2)-1 欧州の開発した MERLIN-Expo (EU) の概念図



図(2)-2 爆発予測と濃度予測を鳥瞰図上に表示した場合の概念図



図(2)-3 統合プラットフォームの概念図

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

これらの物質等の時空間拡散に関連した国内外における既存予測モデル・手法ならびに利用可能データの情報を収集し、化学物質事故への対応に結びつけるための情報整備を行うことが必要であることが示された。

### (2) 環境政策への貢献

#### <行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

#### <行政が活用することが見込まれる成果>

本サブテーマで検討した非常環境汚染の予測手法の開発の構築によって、今後、行政において災害・事故に伴う化学物質の評価、管理の方策を具体的に検討する際の基礎となる科学的知見を提供することが出来ると考える。

## 6. 国際共同研究等の状況

共同研究ではないが、WHOの化学物質の混合物のリスク評価に関する報告の作成に関与した。(Ruth Bevan and John Fawell. Contributed by Asami M, et al., Chemical Mixtures in Source Water and Drinking-Water. WHO, 2017, Geneva. ISBN 978-92-4-151237-4.)

## 7. 研究成果の発表状況

### (1) 誌上発表

#### <論文(査読あり)>

特に記載すべき事項はない。

#### <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)>

特に記載すべき事項はない。

### (2) 口頭発表(学会等)

特に記載すべき事項はない。

### (3) 出願特許

特に記載すべき事項はない。

### (4) 「国民との科学・技術対話」の実施

1) 浅見真理. 水質事故とリスク管理. 平成29年度化学物質環境実態調査環境科学セミナー. 平成30年1月16日. 東京両国.

### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

#### (6) その他

特に記載すべき事項はない。

### 8. 引用文献

- (1) 浅見真理. 水道水源汚染に注意すべき物質の管理について. 水環境学会誌. 2015;38(3):84-88
- (2) 朝野正平、斎藤健太、小池友佳子、宮林勇一、浅見真理、小坂浩司、秋葉道宏. 水道原水及び処理水の連続監視データの変動解析、水道協会雑誌. 2018:87(2);2-14.
- (3) 富永和樹、中川遼太郎、林むう、石塚博明、田中利和、竹中伸一. 水質汚染物質流下シミュレーションの改良. 水道協会雑誌. 2017:86(10):11-16.
- (4) Kosaka K, Asami M, Nakai T, Ohkubo K, Echigo S, Akiba M. Formaldehyde formation from tertiary amine derivatives during chlorination. *Science of the Total Environment*. 2014;488-489:325-332.
- (5) Whelton A J, McMillan L, Novy C, Whitec K D, Huang X. Case study: the crude MCHM chemical spill investigation and recovery in West Virginia USA, *Environmental Science Water Research & Technology*. 2017;3:312-332.
- (6) Geissen V, Mol H, Klumpp E, Umlauf G, Nadal M, artine van der Ploeg M, van de Zee S, Ritsema C. Emerging pollutants in the environment: A challenge for water resource management. *International Soil and Water Conservation Research*. 2015;3(1):57-65.
- (7) Suciú N, Tediosi A, Ciffroy P, Altenpohl A, Brochot C, Verdonck F, Ferrari F, Giubilato E, Capri E, Fait G. Potential for MERLIN-Expo, an advanced tool for higher tier exposure assessment, within the EU chemical legislative frameworks. *Science of the Total Environment*. 2016:562:474-479.
- (8) De Wilde T, Verdonck F, Tediosi A, Tanaka T, Bonnard R, Banjac Z, Isigonis P, Giubilato E, Critto A, Zabeo A, Alina Suciú N, Garratt J, Ciffroy P. SWOT Analysis of the MERLIN-Expo Tool and Its Relevance in Legislative Frameworks. In Ciffroy P et al. (eds.), *Modelling the Fate of Chemicals in the Environment and the Human Body, The Handbook of Environmental Chemistry 57*. Springer International Publishing AG 2018.

## II-3 迅速分析手法の体系的開発

株式会社堀場製作所 開発本部 第1製品開発センター 副センター長 兼 環境プロセス開発部 部長  
井ノ上 哲志

平成29年度累計予算額：650千円（間接経費含む）

### 【要旨】

化学物質の測定は、主に定常時を想定して制度が構築されてきたことから、災害・事故の発生が化学物質による環境汚染の最大の原因になる可能性がある。

そのような災害・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、本サブテーマではそれらを現地で迅速に測定する新たな可搬型分析装置を開発すること及び実験室においては網羅的分析手法を組み合わせることで迅速かつ確実に分析可能な手法や技術に関する研究の実行可能性について検討する。対象物質は、主に揮発性物質、中揮発性から難揮発性を含む広範な物質について検討する。

### 【キーワード】

可搬型、測定対象物質、網羅的スクリーニング分析、難揮発性物質、動的分析・支援システム

### 1. はじめに

東日本大震災では、火災・事故等に伴う市民の健康へのリスク懸念が生じ、特に有害物質の流出への対応が適切に行われたとは言えない。一方、我が国では震災にとどまらず、災害・事故に伴う化学物質の流出や拡散など多くを経験してきた。それら緊急を要する対応において、自治体などのリスク管理対応能力のさらなる強化が必要であり、東日本大震災の経験や南海トラフ巨大地震などの懸念を契機に検討が進められている段階である。しかしながら、この中での化学物質リスクに関する扱いはごく限定的であると共に、そのような非定常的な状況で突発的に環境が変動するリスク要因の下での環境監視の手法についてもごく限られている。

非定常時には、工業原料等の漏えい等による平時にモニタリング対象とする必要のない多種多様な物質を対象とした環境把握が必要であり、特に現場周辺で速やかに懸念すべき有害化学物質の拡散状況を把握することで、災害現場の周辺住民に対するリスクを可能な限り回避することが不可欠である。しかし現状、緊急時に必要な迅速かつ網羅的な分析手法は存在せず、調査担当部局においても何をどう測るべきか知見を持っていない。

以上から緊急時に測定対象とすべき物質のリストアップが第一の課題であると共に、それを迅速に測定する装置の研究や迅速なスクリーニングとその後の確定試験の両段階における分析法を確立し、これらを国や地方公共団体など政策の現場でも比較的容易に活用できるようにすることが急務である。

### 2. 研究開発目的

本F S研究は、4つのサブテーマ（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「迅速分析手法の体系的開発」およびテーマ4「災害・事故への対応力強化に関する研究」）で構成されている。

サブテーマ3では、災害・事故で懸念される物質群について、以下の項目の実行可能性を検討することを目的とする。

- ・多成分同時分析を可能とする可搬型分析装置の開発
- ・可能な限り網羅的に把握し得るスクリーニング段階及び精密分析段階の分析技術の確立
- ・分析事例の少ない親水性物質等に対する新たな網羅分析手法の開発
- ・分析した化学物質情報を、状況に応じて迅速かつ柔軟に対応可能な動的分析・支援体制の整備

### 3. 研究開発方法

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ことで迅速（例えば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について検討する。

以下の方法で研究を展開する。

#### (1) 可搬型迅速分析装置の開発

災害・事故時にリスク要因となる可能性の高い主に揮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一括同時分析するための可搬型分析装置を開発するとともに、災害・事故等の実例及び仮想的な事例に対する検証調査を実施し、装置の改善を検討する。以下の方法で装置の開発を展開する。

##### 1) 測定対象物質の選定と装置仕様の検討

前述のテーマ1「災害・事故に対する化学物質リスク管理基盤の構築」と連携して測定対象とする物質を選定し、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求められる装置の詳細仕様を検討する。

##### 2) プロトタイプ機の製作

測定対象物質を測定するため検討した仕様に従い、基本性能を基礎実験などによって確認する。それらの結果から設計改善ポイントを含め、仕様、構造/構成、機能などを専門家ワークショップで精査後、プロトタイプ機の製作を行う。実測定を含む性能試験を経て、プロトタイプ機が製品仕様及び要求事項を満たしているか、問題を洗い出し、その解決策を検討する。

##### 3) 物質リストの再検討と実用化評価試験

ワークショップでの検討結果を受け、2次プロトタイプ機の製作に移る前に必要であれば物質リストを再検討する。信頼性や安全性面、耐久試験の項目など検討後、2次プロトタイプ機を製作し、再検討された測定対象物質を用いて最終的な性能試験（実用化試験）を行う。

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、評価試験結果などを元に、再度専門家ワークショップでの議論を集約し、装置の最終仕様を策定する。

最終年度には最終形の実機を用いて、災害・事故等の実例及び仮想的な事例をもとにフィールドにおける検証試験を行う。



(2)災害・事故等で懸念される物質群のうち中揮発性物質に対する網羅的分析技術の開発と拡充

緊急時環境調査において、中揮発性物質群を網羅的に把握し得るスクリーニング段階及び精密分析段階の分析技術確立のために、以下の3つの項目について研究を実施する。

1) 簡易迅速スクリーニング法 (GC/MS-AIQS) の拡充・開発

現地での一次スクリーニング法としてのAIQSを活用することとし、まず国内におけるストック量や毒性情報等を考慮し、緊急時における測定対象物質の優先順位付けを行う。このうち、市販GC/MS-AIQSに収載されていないものから約450物質を目標に測定データを蓄積し、緊急時用AIQSを作成する。

2) 精密・確定分析法の開発

一次スクリーニングで陽性だった試料については、誤同定を避けるため、更に高精度の確定試験に供する必要がある。

本課題では、GC/QToFMSを用い、精密質量または多段階精密質量による高精度同定法を検討する。また定量精度向上に関し、GC/MSでのデコンボリューション処理やGC/MS/MSによるMRM測定等との比較検討も行う。更に河川水や粉じん試料等からの抽出・前処理段階での各物質の安定性・回収率等も検証する。

3) 動的分析・支援システムの開発

現状のAIQSは2社のGCMS装置に対し、個別のソフトウェアで提供されており、また解析PC上へのインストールが必要である。本課題ではまず機種（メーカー）に依存しない共通のAIQSへの改良を行う。また、AIQS導入には費用が100万円程度必要だが、未導入であってもウェブ上で（必要最小限の機能が）操作可能なように改良し、その利用可能性を拡大する。また、異常時と平時の測定結果の比較から、差分ピークを検出するための解析ソフトウェアも開発し、また現地での調査担当者を支援するポータルサイトの設計・試運営を試みる。

最終年度には添加試料等を用い、地方環境研究所等との協力で演習を開催、手法のブラッシュアップをする。上記の成果を統合し、緊急時の環境調査手法を提案する。なお研究期間中に相応の災害などが発生した場合には、暫定的な試用を通じて現地への貢献とともに手法の検証に活用する。



図 3)-1 可搬型迅速分析装置の開発及び  
災害・事故等で懸念される物質群のうち中揮発性物質に対する網羅的分析技術の開発と拡充

### (3) 災害・事故等で懸念される物質群のうち難揮発性物質への新規網羅分析手法の開発

緊急的な事態に対して、迅速かつ多様な物質に対応可能な環境監視手法の整備するうえで、本課題では親水性の有機化学物質をメインの対象物質として網羅分析手法の開発を実施する。そして、実際の現場における環境試料（平常時の河川や事業場排水、大雨後の下水からの簡易放流水）の分析を進めることで実地訓練を重ね、化学物質漏洩事故等への対応力を強化する。

本研究のプロセスを以下に示す。

#### 1) LC-QTOFMS内蔵データベースの充実化

初～2年目は、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する。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するが、その水溶性も物質に応じて大きく異なるため、これらを包括的に分析できる技術が必要となってくる。このため、LCに用いるカラムの性質の検討（C18系等の逆相カラムを使うか親水性相互作用クロマトグラフィー（HILIC）タイプのカラムが必要か）を進める。LC条件を決めた上で、これらの物質の保持時間、質量情報等を装置内のデータベースに登録していく。

#### 2) 適正な試料処理方法の開発

3年目以降は、引き続き物質の情報を登録する一方、試料の前処理方法の検討を進める。前処理に用いる構築したデータベースを活用し、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する。

#### 3) 実戦力の強化

2) で開発した処理方法を活用して、下水簡易放流水や流入下水等、マトリックスの多い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る。また、データベースにより捕捉できなかった物質に関しても、インターネット上で公開されている化学物質の精密質量情報等と照合しながら同定を進め、既存のデータベース内への追加登録を進める。

これらの操作を繰り返すことにより、緊急時への円滑な対応力が向上し、実際の事故時においても原因物質の特定及び連絡を始めとする環境行政部門への迅速な情報発信も可能となってくる。



図3)-2 災害・事故等で懸念される物質群のうち難揮発性物質への新規網羅分析手法の開発

#### 4. 結果及び考察

##### (1) 多成分同時分析を可能とする可搬型分析装置の開発

- ・災害、事故時に発生が想定される有害化学物質に対して、実例および仮想的事例に対する検証調査を実施し、分析可能分子種に基づくリスク評価を行うことで可搬型分析装置開発に応用できると想定される。
- ・上記物質および想定される濃度において十分な感度と網羅性を有しかつ比較的容易に速やかに測定可能な可搬型分析装置の開発が可能になると考えられる。

##### (2) 災害・事故等で懸念される物質群のうち揮発性物質に対する網羅的分析技術の開発と拡充

- ・事故等の発生直後に調査担当部局において速やかに（事故後例えば1～数日）かつ簡易に実施可能な網羅的スクリーニング分析法および精密・確定分析法を開発できると考えられる。
- ・対象物質や状況に応じて柔軟に対応可能な動的分析システムを構築しかつ現地での調査担当者を支援するシステムの提示が可能になると想定される。

##### (3) 災害・事故等で懸念される物質群のうち難揮発性物質への新規網羅分析手法の開発

- ・流出事故等で経験される親水性物質等の分析困難物質に対するスクリーニング段階の前処理を含めた新たな分析手法の開発およびそのデータベースの提示が可能になると想定される。
- ・上記(2)の網羅的スクリーニング分析の一部として統合して、幅広い性質を持つ化学物質について、迅速かつ正確に同定・定量する方法を確立できると考えられる。

#### 5. 本研究により得られた成果

##### (1) 科学的意義

特に記載すべき事項はない。

##### (2) 環境政策への貢献

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

- ・非定常時に懸念の可能性が高い物質リストの検討、それらを迅速に測定する新たな可搬型分析装置の開発を進めることで、このような化学物質のリスクに対し、その監視手法や対応力をさらに強化、支援できる可能性がある。
- ・非定常時だけでなく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。また、消防、危険物等災害などの防災諸分野とも共有、提供され、全体として我が国の災害対応力の強化につながる可能性があると考えられる。
- ・緊急時調査手法は、実際に事故・災害が発生した際に一義的に実施する調査手法として活用可能である。緊急時に測定すべき物質が収載されることで、その活用は拡大すると考えられる。
- ・網羅分析を通じて、実際の事故時における原因物質の特定及び連絡を始めとする環境行政部門への迅速な情報発信も可能となり、事業所等から化学物質の漏えい事故が発生した際の対応力を強化し、緊急時対応も含めた化学物質危機管理体制の全国的ネットワークの構築が期待できる。

#### 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

#### 7. 研究成果の発表状況

##### (1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない。

<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）>

特に記載すべき事項はない。

（2）口頭発表（学会等）

特に記載すべき事項はない。

（3）知的財産権

特に記載すべき事項はない。

（4）「国民との科学・技術対話」の実施

特に記載すべき事項はない。

（5）マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

（6）その他

特に記載すべき事項はない。

8. 引用文献

特に記載すべき事項はない

## II-4 災害・事故への対応力強化に関する研究

地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所

環境研究部 環境調査グループ	グループリーダー	中村 智
環境研究部 環境調査グループ	主任研究員	矢吹 芳教
環境研究部 環境調査グループ	技師	田和 佑脩

平成29年度累計予算額：1,300千円（予算額は、間接経費を含む。）

### [要旨]

南海トラフ巨大地震等の大規模災害に対する国土防災の確立が早急に求められる中で、化学物質等の流出等への対応の体系的知見が未確立であること、また、施設劣化等に起因する流出事故が今後増大する可能性があることなどを考慮すれば、災害・事故への対応力強化を早急に確立することが必須である。

本サブテーマでは、災害・事故等への対応で重要となる化学物質の所在や量を網羅する情報基盤の整備、災害・事故後の残留監視手法、汚染サイトの対策技術に関する研究の実効可能性についての検討を実施する。

### [キーワード]

P R T R、取扱量、排出率、災害・事故後の環境監視、環境修復技術

### 1. はじめに

我が国では、災害からの回避や事故の防止を目指す安全工学的な研究が広く進められ、工場・事業場等における化学物質による事故発生の抑止と作業従事者の物理化学的な安全確保がなされてきた。しかしながら、環境への化学物質の流出・漏洩から、一般市民の安全を確保する体系的な研究はなされていない。

例えば、環境省の報告では、東日本大震災の際に、蓄電器や変圧器などのPCB廃棄物が津波後には保管場所から消失したことが指摘されている<sup>1)</sup>。また、車、船舶、石油備蓄基地からの重油流出に伴う一部の火災の発生が原因と考えられる環境中のPAH濃度の増加や、被災地域の化学物質取扱事業所からの高濃度のフッ化水素や六価クロムの流出やトリクロロエチレンの漏洩が報告されている<sup>2),3)</sup>。このように、東日本大震災では、火災・事故等に伴う有害物の流出、市民の健康へのリスク懸念が生じており、有害化学物質への対応が適切に行われたとは言えない。

これらの要因の一つとして、工場・事業場等で保管されていた化学物質の情報が体系的に把握されておらず、事故時の対応で主力となる自治体の機能が十分果たせなかったことが挙げられる。なお、災害・事故等への緊急対応には、自治体などのリスク管理対応能力の強化が必要であり、現在、我が国では、東日本大震災の経験や南海トラフ巨大地震等の懸念から地域の強靱化計画の策定が進められているところである。しかし、計画の中での化学物質リスクに関する扱いはごく限定的である。

化学物質への対応として、現状では、各自治体でP R T R制度に基づいて届出のあった事業場の化学物質の排出量は把握されているものの、実際に火災・事故等が発生した場合に市民の健康へのリスクポテンシャルとして考慮すべき取扱量を把握できている自治体は、大阪府、愛知県、神奈川県などのいくつかに限られている。一方で、本プロジェクトに先立ってのヒヤリング結果から、環境部局以外の消防防災部局からも化学物質取扱量についての情報共有や連携について要望があることがわかった。

以上のことから、南海トラフ巨大地震等の大規模災害に対する国土防災の確立が緊急に求められる中で、化学物質等の流出等への対応の体系的知見が未確立であること、また、施設劣化等に起因する流出事故が今後増大する可能性があることなどを考慮すれば、災害・事故等に伴う化学物質リスクへの対応力強化を早急に確立することが必須である。

## 2. 研究開発目的

本F S研究は、4つのサブテーマ（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「迅速分析手法の体系的開発」およびテーマ4「災害・事故への対応力強化に関する研究」）で構成されている。

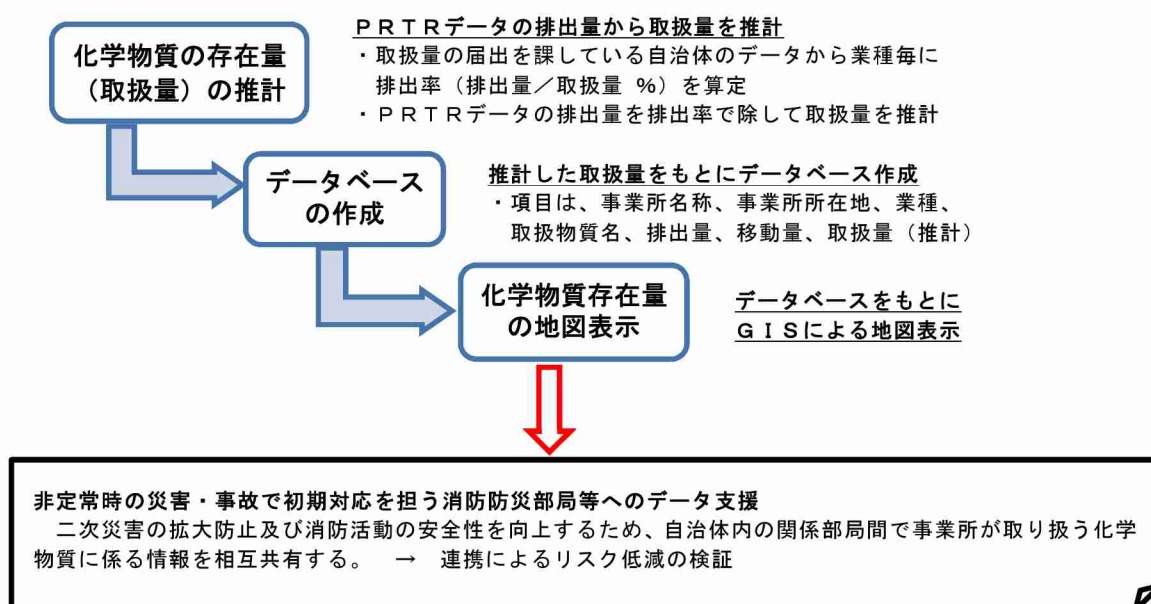
なお、サブテーマ4では、テーマ2やテーマ3の火災・事後時等の初動対応の根底となるデータ・情報の提供と体制の構築を行う必要がある。

そのため、本サブテーマでは、被災地の行政を支援するためP R T R等既存情報に基づき化学物質の所在や潜在的排出可能性を事前及び迅速に提供できる情報基盤の整備を行うとともに、消防防災部局等の連携体制の在り方の検討を行うことを研究開発目的とした。

## 3. 研究開発方法

既存のP R T R届出データなどを活用して、化学物質の国内各地域での存在量を把握するための手法の確立及び情報基盤データベースを構築・地理情報化するとともに、環境と消防防災等部局・機関間での情報共有体制について検討する。また、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。それらのために以下の方法で研究を展開する。

### (1) 災害・事故時に活用可能な情報基盤の整備



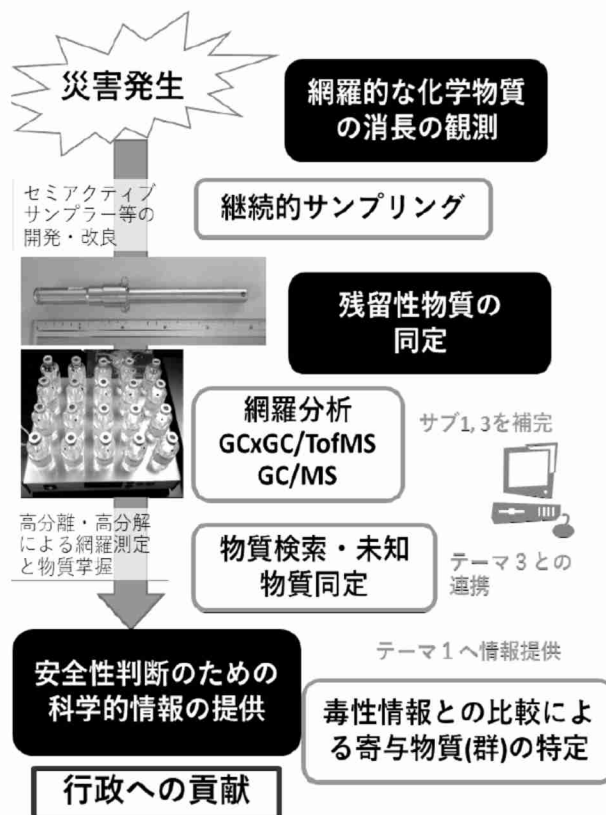
図(4)- 1 情報基盤の整備に向けての研究フロー

- ・P R T Rデータおよび化学物質取扱量データを用いて、各業種別に排出量から存在量を推計する手法を検討する。排出量と取扱量との比率から排出率（＝排出量／取扱量）を算定し、この値をもちいて存在量（取扱量）の推計を試みる。なお、取扱量データについては、取扱量の届出を課している自治体に協力を依頼し、収集を行う。
- ・さらに、上記の推計手法について、経済動向や環境規制状況による取扱量の変化を把握し、それらを考慮に入れた補正方法を検討する。この推計手法を用い、全国のP R T Rデータをもとに排出量から存在量を求め、GISによる全国のマップデータ作成を行う。また、環境部局と消防防災部局等との連携のあり方と、作成した存在量データとマップデータの使用方法について検討を進めることを目的に、大阪府内の自治体参加のワークショップを開催する。
- ・ワークショップでの結果を受けて、存在量データとマップデータの使用方法の検討を行うとともに、これらのデータについて各自治体がアクセスできるようにする。その後、都道府県へのアンケートを実施し、データ使用法について考察を行う。

- ・ワークショップでの意見、アンケート結果等を集約し、データベースやマップデータの修正を行う。  
また、アンケート調査から、環境部局と消防防災部局等との連携体制が先行している自治体についてヒヤリング調査を実施し、連携体制の在り方について考察を行う。

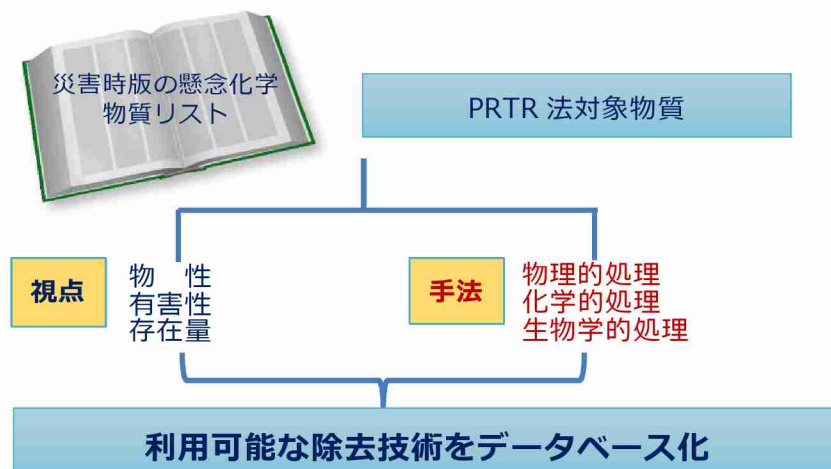
(2) 災害・事故発生後に環境中に残留する化学物質への対策実施と継続監視のためのモニタリング手法開発

- ・主に室内揮発性化学物質捕集用の柴田科学製小型セミアクティブサンプラーを用い、充填する捕集材の種類や量による物質の捕集特性を把握し、基本となる捕集材と捕集条件を選定する。具体的には、水分による吸着力低下が起きにくく、捕集対象物質範囲が比較的広いTenax 樹脂、芳香族系物質や揮発性が高い物質の捕集に有効な活性炭系の2 種類を軸に、条件を変えつつ検討する。
- ・残留性有機汚染化学物質の標準品の測定により、GCxGC/MS の基本測定条件を設定する。試料導入法については、サンプリング捕集材に合わせた加熱脱着法と溶媒抽出法による条件を選定する。
- ・網羅分析により得られる測定データ中の未知物質を含む任意の成分について、時系列的变化あるいは試料間差の検出力を統計的手法により検定し、使用する手法のワークフローとクライテリアのひな型の作成を行う。
- ・地方自治体の協力を得て普及型のGC/MS による網羅分析の有効性と限界をGCxGC/MS との共通試料の測定比較により検証する。
- ・収集した時系列データあるいは空間データを用いて差の解析を行い、主要成分の変化を観測する。また、変化が大きいなどの特徴的な成分の検索とその物質同定を試みる。
- ・GCxGC/TofMS と汎用GC/MS による監視データの比較検証を行い、汎用GC/MS による網羅分析の限界と適用範囲を見極める。



図(4)- 2 モニタリング手法開発

## (3) 残留化学物質の除去対策技術の開発



図(4)- 3 除去技術データベースの作成

- ・ P R T R 情報や物性情報等の調査により、残留化学物質を存在量、物性、有害性等の特性に応じて分類する。本分類により、物性（揮発性、加水分解性、光分解性）等から災害・事故発生後に環境中における長期的な残留（数日～）の可能性が低く、除去対策の対象とならない物質群を明らかにする。他方、既存の物理的・化学的・生物学的な化学物質除去対策技術について、文献調査等により適用可能な物質／物性、汚染環境・規模、コスト、環境負荷（エネルギー消費や温室効果ガス発生、有害代謝物質生成等の処理過程で生じ得る副次的リスク等）を含めた幅広い情報を収集する。
- ・ 既存除去対策技術に関する情報を網羅的に収集し、適用可能な物質／物性、汚染環境・規模、コスト、環境負荷（エネルギー消費、温室効果ガス発生、処理過程の副次的リスク等）等を含めた多元的観点から体系化する。さらに、得られたデータから、非常時の残留化学物質の除去対策に有望なものを選定してデータベース化する。また、想定される残留物質の種類や汚染環境の場・規模等の条件に応じて除去対策技術を選択できるシステムとする。
- ・ 優先対象物質（2-3 種）の多機能型人工湿地（V C W）システムによる除去を検証する。まず、単独物質の処理を実施し、V C Wシステムの適用可能性、除去メカニズムの調査を行う。また、異なる基材、植物種、運転条件での検討により、除去の高効率化に有効な条件を明らかにする。
- ・ 最適化したV C Wシステムにより、優先対象物質- 処理の場で想定される複合汚染下における除去について検討する。優先対象物質及び共存汚染化学物質の除去、及びそれらに起因する環境リスクの低減効果を最大化するため、優先対象物質や共存汚染化学物質の除去に有効な物理的・化学的技術を併用した処理について検討する。



図 4- 4 V C Mシステムの概要図



#### 4. 結果及び考察

##### (1) 災害・事故時に活用可能な情報基盤の整備

- ・災害・事故対応において重要となる存在量を既存情報から推定可能とし、これによる全国推計の結果を情報基盤・GIS上に提示できると想定される。
- ・自治体内の関係部局間で事業所が取り扱う化学物質に係る情報を相互共有することにより、二次災害の拡大防止及び消防活動の安全性を向上できると想定される。

##### (2) 災害・事故発生後に環境中に残留する化学物質への対策実施と継続監視のためのモニタリング手法開発

- ・災害・事故等の後に環境中に残留する物質を原因物質から生成物等まで詳細に網羅把握する高度なモニタリング手法とデータ解析手法を提示できると想定される。
- ・災害・事故後の化学物質による汚染範囲の特定と汚染レベルの監視、問題物質の特定など、行政対策への貢献に直結する情報の提供が可能になると考えられる。

##### (3) 残留化学物質の除去対策技術の開発

- ・災害・事故等の後に環境中に残留する物質を既存技術のレビューと新規技術に基づき提示できると想定される。
- ・災害・事故等の後に環境中に残留する物質を低コストかつ効率的に除去できる技術の開発が可能になると考えられる。

#### 5. 本研究により得られた成果

##### (1) 科学的意義

特に記載すべき事項はない。

##### (2) 環境政策への貢献

###### <行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

###### <行政が活用することが見込まれる成果>

災害・事故等に伴う化学物質リスクへの対応力強化のために、化学物質の存在量データの推計手法、残留物質のモニタリング手法及びその除去技術が活用されると見込まれる。

#### 6. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

#### 7. 研究成果の発表状況

##### (1) 誌上発表

###### <論文（査読あり）>

特に記載すべき事項はない。

###### <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）>

特に記載すべき事項はない。

##### (2) 口頭発表（学会等）

特に記載すべき事項はない。

##### (3) 知的財産権

特に記載すべき事項はない。

#### (4) 「国民との科学・技術対話」の実施

- 1) 中村智、第33回全国環境研究所交流シンポジウム(2018) どう備えるか：大阪府域における化学物質のストック量について(主催：国立研究開発法人国立環境研究所、平成30年2月16日、国立環境研究所大山記念ホール、観客約50名)にて講演

#### (5) マスコミ等への公表・報道等

特に記載すべき事項はない。

#### (6) その他

特に記載すべき事項はない。

### 8. 引用文献

- 1) 環境省ホームページ東日本大震災のPCB廃棄物への影響について(第9報)  
[https://www.env.go.jp/jishin/attach/saigai\\_pcb\\_eikyo\\_201212.pdf](https://www.env.go.jp/jishin/attach/saigai_pcb_eikyo_201212.pdf)
- 2) 仲井ら、東日本大震災後における三陸沿岸部の化学物質汚染の推移、学術の動向、2013. 7、34-41
- 3) 大阪府ホームページ平成24年度災害時における化学物質のリスク低減事業報告書  
<http://www.pref.osaka.lg.jp/attach/4460/00123678/houkokusho.pdf>

### III. 英文Abstract

#### **Feasibility study on chemical risk assessment and management system as disaster and emergency response**

Principal Investigator: Noriyuki SUZUKI

Institution: National Institute for Environmental Studies (NIES)  
16-2 Onogawa, Tsukuba-City, Ibaraki 305-8506, JAPAN  
Tel: +81-29-850-2331 / Fax: +81-29-850-2920  
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:** Disaster and accident, Chemical risk, Risk assessment, Risk management, Simulation technology, Rapid analysis, Capacity for disaster and accident management

Chemical risk assessment and management for disaster and emergency response is a new concern that needs to be explored to establish scientific methodologies to manage on dynamic environment changes after disaster and emergency situation. This study is to elaborate research strategy to develop sciences on risk assessment, early responses to the disaster events, rapid and comprehensive monitoring, and production and accumulation of data on potential chemical emission and exposure to it.

Accidental exposure for chemicals from an accident may continue 10 minutes, 1 hour or several days depending on the discharged chemicals and other factors. As existing risk assessment methodologies do not necessarily incorporate dynamic exposure conditions in general, risk assessment methodology under dynamic environment is one topic of necessary research. Selection of appropriate action strategies on different nature of disaster/accident should be another topic of necessary study. Needless to say, rapid assessment of human exposure has fundamental importance in the risk posed by the disaster and/or accident occurred.

Unknown chemical spills sometimes occur at most in the vicinity of industrial sources. Accidental incidents being either noticed or unnoticed, need to be observed with scientific methodologies. Early warning methodologies should be a group of necessary research. Early warning system and rapid monitoring methodology in water systems, such as drinking water supply systems, should be an important topic of study. Simulation methodologies for air and water systems should also be important. Integration of early warning methodologies is also important to establish the complete set of system.

Rapid and comprehensive environmental monitoring is apparently important to understand the chemical risk after disaster/accident. On-site monitoring instrument should be important and the development of sensitive and selective instrument will be one of the study topics. Comprehensive analytical methodologies covering wide-range of chemicals, including semi-volatiles and water-soluble chemicals are both important to be developed for

comprehensive environmental monitoring.

Information on the amount, locations and properties of chemicals in industrial plants and others is apparently important for the basis of any actions triggered by the disaster and accident. PRTR system could be the valuable basis of the dataset for the purpose, but amount or storage of chemicals is not necessary reported in current governmental framework of PRTR. Research to estimate amount and locations of chemicals from existing PRTR information is a practical topic of the study. Non-target monitoring for contaminated area, and remediation technologies for the contaminated site should also be important research topics.