

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 平成30年度～令和4年度 (JPMEEERF18S11700)

Study on chemical risk assessment and management system
as disaster and emergency response



プロジェクトリーダー 鈴木規之(国立環境研究所)

テーマ2リーダー 浅見真理(国立保健医療科学院)

テーマ3リーダー 井ノ上哲志(堀場製作所)

テーマ4リーダー 中村智(大阪府立環境農林水産総合研究所)

研究の背景

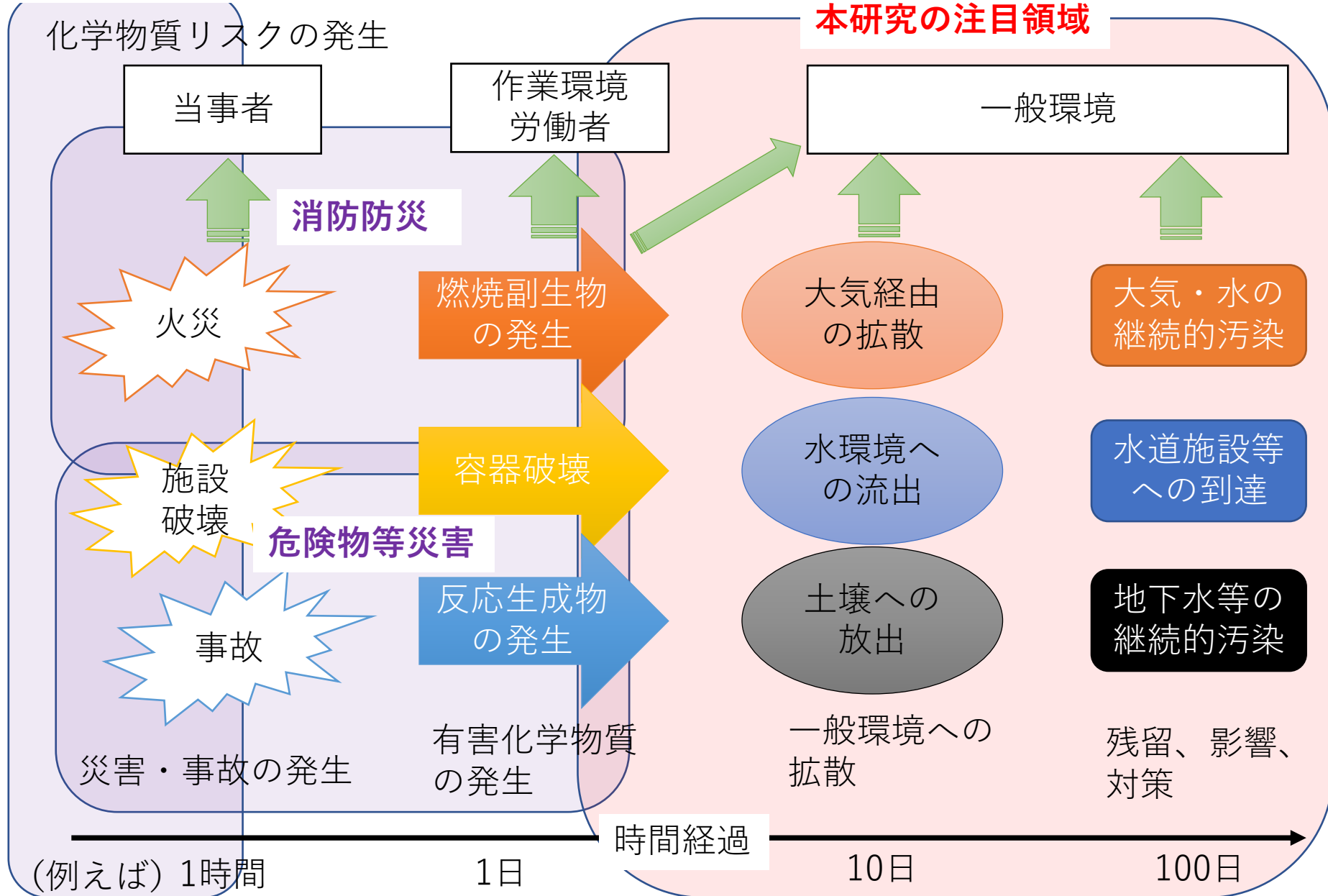
- 災害・事故にともなう化学物質の流出や拡散事例が多く経験されてきた。
 - 東日本大震災の際をはじめ、事故から大災害に至る多様な事態に対して、環境保全をはかる方法が必要
 - 特に環境保全の立場からこのような観点での研究はほとんど行われていない。
- 事故の防止を目指す安全工学的研究は広く進められてきた。
 - 拡散が一般市民に及ぶような場合、例えば市民の長期的な健康確保のための評価や管理の在り方についてはこれまで十分に研究されていない
 - 南海トラフ巨大地震に対する国土防災の確立が緊急に求められていることなどを考慮すれば、化学物質の流出・拡散への対処を早急に確立することが必須
- 環境保全の観点から災害・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、
 - (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
 - (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が必要

研究の目的

- 災害・事故に伴う非定常的なリスク事象に対する評価と管理の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)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

本研究が注目する研究領域

防災基本計画



研究目標

研究目標	
全体	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	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、主に揮発性物質を対象に可搬型装置による現地観測及び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	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

本研究課題の全体構成

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：鈴木規之 (国立環境研究所))

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

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：浅見真理 (国立保健医療科学院))

1. 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
2. 水質事故迅速モニタリング手法の開発と拡充
3. 災害・事故事象に対応する迅速拡散予測手法の開発
4. 迅速予測手法の統合プラットフォームの開発

(すべての手法や情報を検索・活用可能な)
統合リスク管理基盤

- 災害・事故で想定される化学物質リスクに対処する科学的手法と情報を環境施策に提供
- 将来のPRTRの方向性などの行政課題を提示
- 新たな分析機器や調査・分析体制の開発を通じわが国の産業の具体的発展の可能性を提供

1. 可搬型装置による現場観測
 2. 実験室での手法による中揮発性網羅分析
 3. 実験室での難揮発性網羅分析
- の手法を組み合わせる迅速 (例えば事故発生後1~数日以内) に広範な物質をカバーする網羅的手法の開発

1. 既存のPRTR届出データ等から災害・事故時の化学物質の存在量を把握する手法の開発、消防防災など担当部局間での情報共有体制に関する検討
2. 災害・事故発生後に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
3. 災害・事故発生後の環境残留物質の除去技術

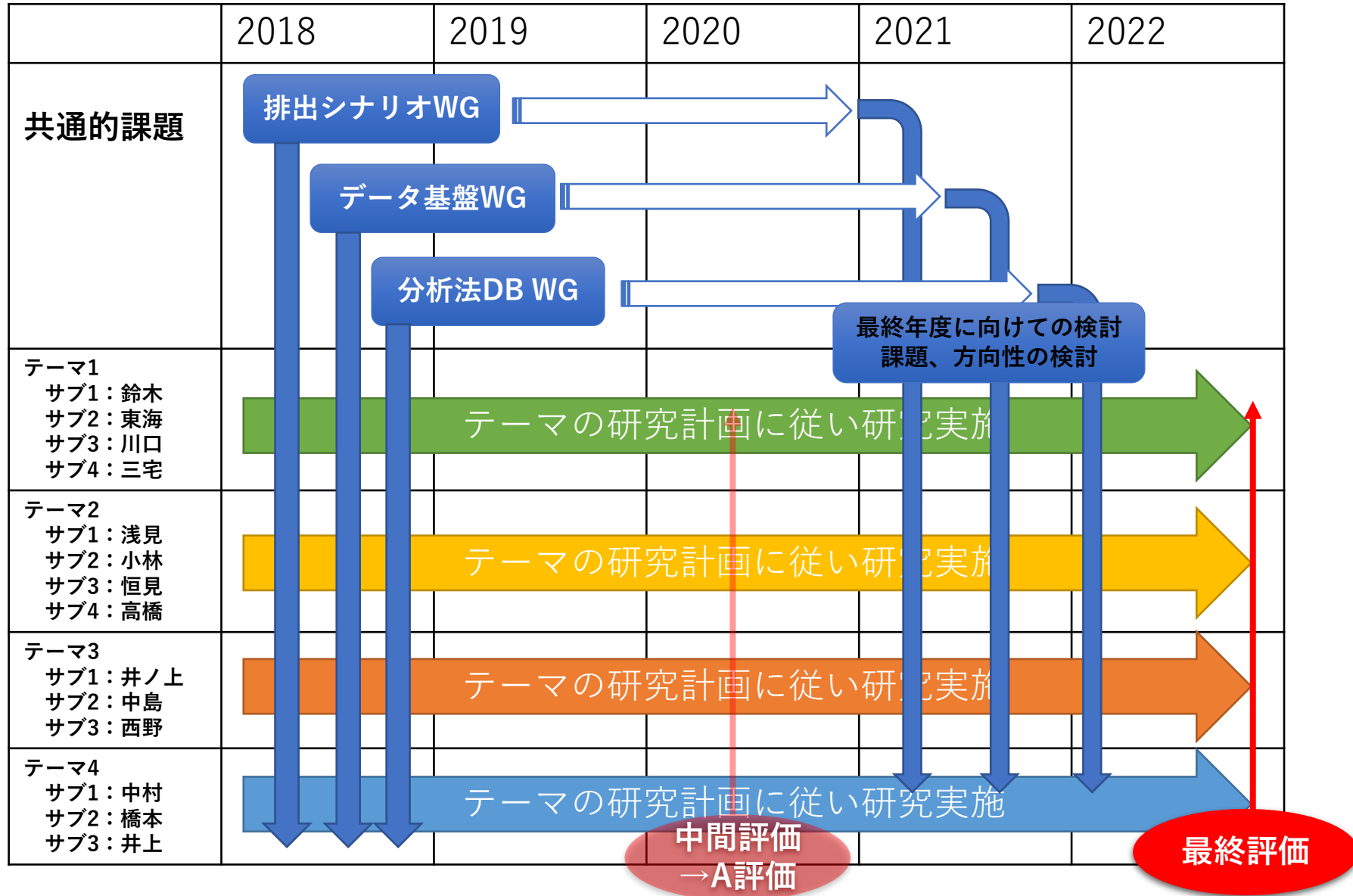
テーマ3

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：井ノ上哲志 (堀場製作所))

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：中村智 (大阪府立環農林水研))

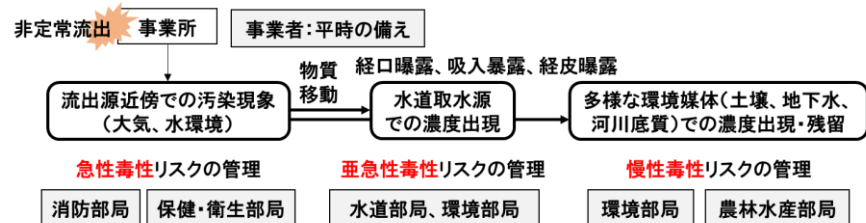
S17課題全体の進め方



S17-1 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・大阪大学・お茶の水女子大学・明治大学・横浜国立大学・静岡県立大学)

災害・事故での非定常状態のリスク評価の概念、シナリオ等また対策オプションの評価を示した。非定常のリスク評価につながる毒性学的知見、個人曝露量評価に必要なパッシブサンプラーの実用性を示した。全テーマの成果を迅速に提供可能とするWeb情報システムを開発した。

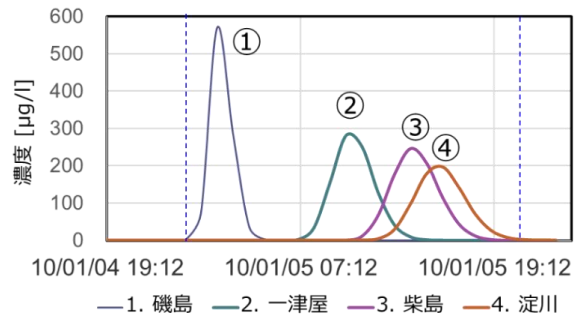


発生直後
 数時間
急性毒性管理フェーズ: 発生直後の対応としては急性毒性に対するリスクが管理対象となり、初動対応(汚染源対策、避難誘導等)が求められる。
 【事前対応】Tier 0
 【事後対応】Tier I

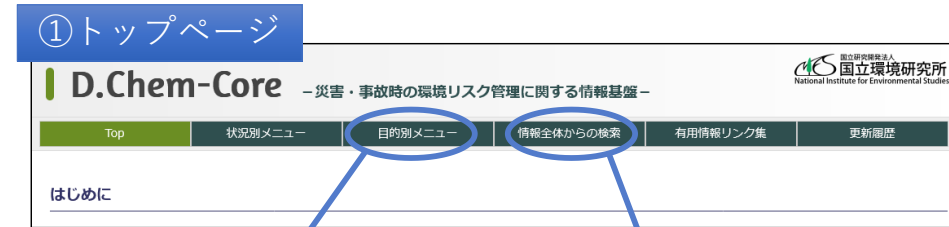
数日
亜急性毒性管理フェーズ: 水道分野では亜急性参照値に基づく危機時専用基準値の運用を開始。亜急性毒性に対するリスク管理の実装を支援することが求められる。
 【事前対応】Tier 0
 【事後対応】Tier I

数ヶ月
慢性毒性管理フェーズ: 物質は流出先媒体以外の環境媒体へと移動し、リスク管理の対象が慢性毒性へと移行する。各環境媒体における残留状況のモニタリングや除染等の回復期対策が行われる。
 【事後対応】Tier II、III

中長期



1/5 0:00~1/5 21:00
 滞留時間 計21 時間
 ・磯島：5 時間
 ・一津屋：8 時間
 ・柴島：8 時間
 ・淀川：8 時間



②目的別メニュー

- 物質情報検索 → テーマ4-1 PRTR推定在庫量
- 地理情報検索 → テーマ1-4, 2-2, 3-1, 3-2, 3-3, 4-1, 4-2 各種分析法
- 分析法検索 → テーマ2-3 モデル予測
- 曝露予測 → テーマ1-2 ケーススタディ
- 発災シナリオとゲ → テーマ4-3 物質別除去技術
- 除去技術の検索

※「テーマ1-3 非定常の健康リスク評価」は個別情報として収録

③情報全体からの検索

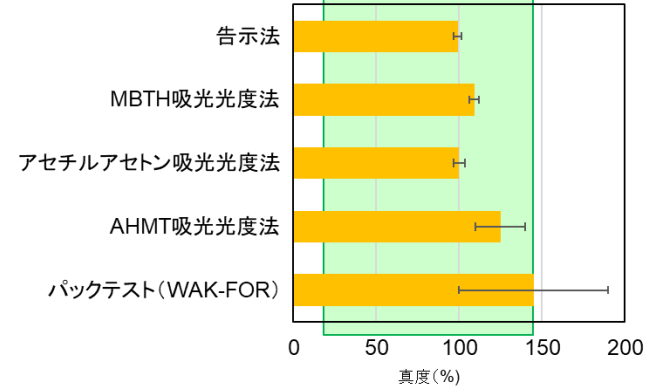
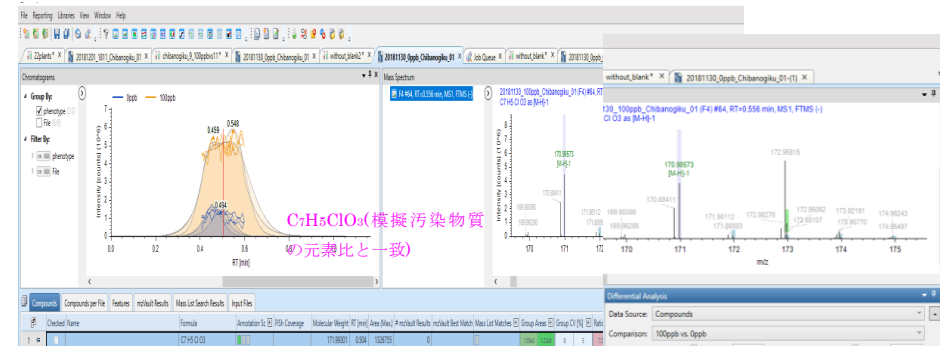
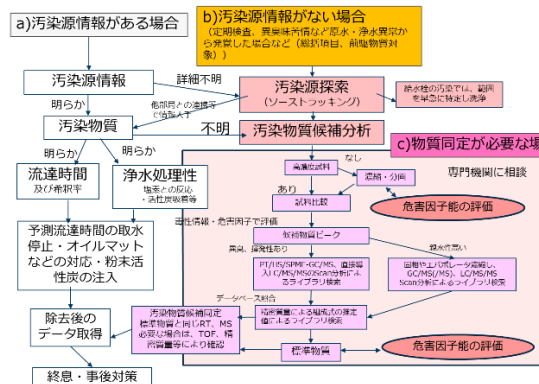
起動要因
 地震、火災など

シナリオ要素 (二次元)
 横：時間推移
 縦：情報の性質・種類別

S17-2 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・芝浦工業大学・京都大学・国立医薬品食品衛生研究所・産業技術総合研究所・東京医科歯科大学・名古屋大学)

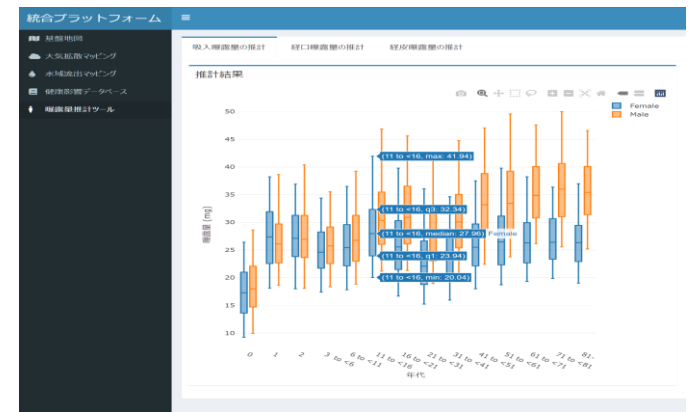
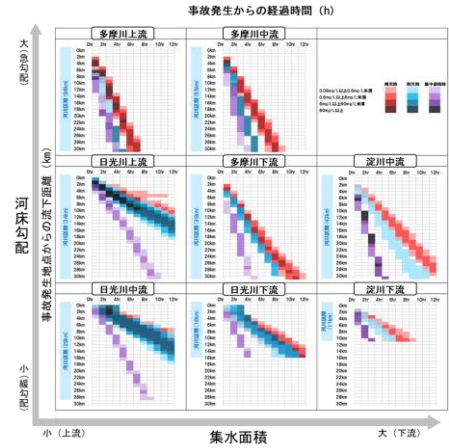
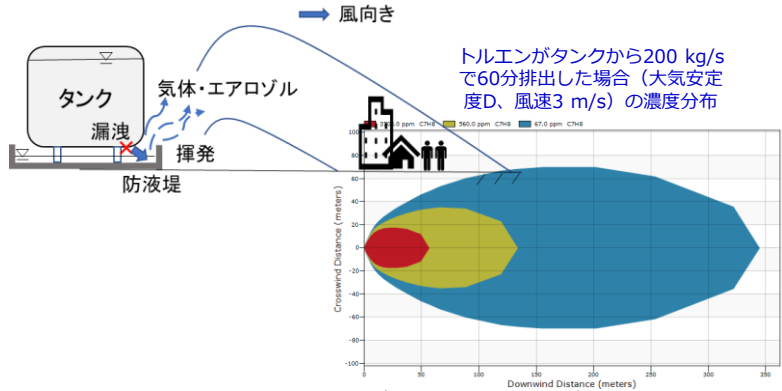
災害・事故に起因する化学物質の異常検知手法の確立と迅速測定手法の検証を行った。また、河川および大気に拡散した場合の迅速な影響予測とその情報共有基盤の開発を行った。



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

模擬汚染物質の自動検知の様子 (左：検出結果；右，そのピーク強度費とp値)

迅速分析法の精度



大気拡散濃度分布および早見表をサブテーマ4の統合プラットフォームに掲載

晴天時・雨天時・集中豪雨時の拡散を示す早見表

曝露量推計ツール

S17-3 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・国立環境研究所・東京都環境科学研究所・北九州市立大学・大阪市立環境科学研究センター)

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、主に揮発性物質を対象に可搬型装置による現地観測及び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の開発を行った。

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

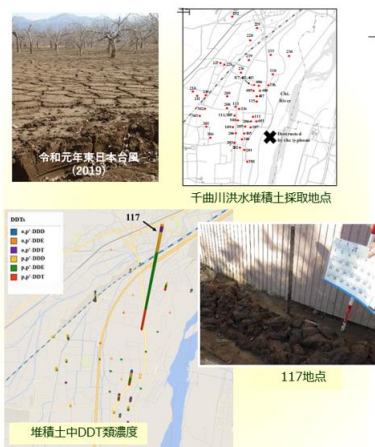
可搬型装置 検出感度



可搬型装置
フィールド試験



AIQSデータベースへの収載
Web版AIQS 解析画面

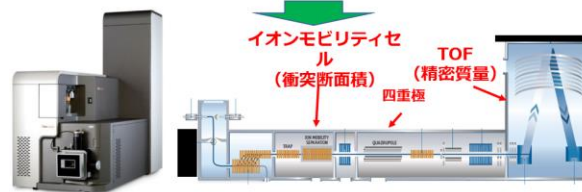


暫定的出動とAIQSの適用

PRTR第1種化学物質、水溶性農薬類、
医薬品等の精密質量情報を登録

計1,000種類以上の情報

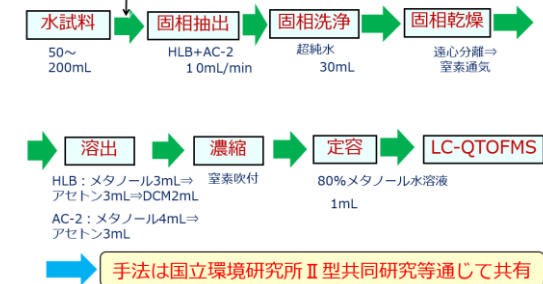
標準物質購入後、LC-QTOFMSによる分析



LC-QTOFMS内蔵データベースの充実化

固相カートリッジ (OASIS-HLB+AC-2) を使用

サロゲート混合溶液 (Imaziril-d5, Imidacprid-d4, Thiabendazole-13C3)



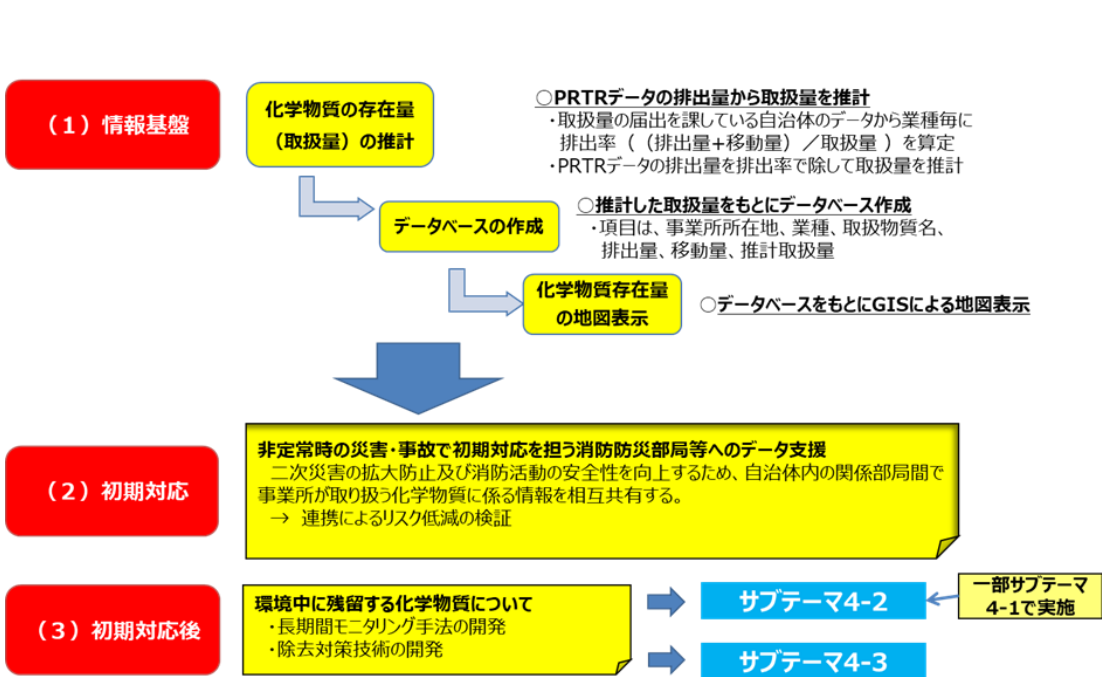
手法は国立環境研究所Ⅱ型共同研究等を通じて共有

適正な試料処理方法の開発及び実戦力の強化
水試料の抽出フロー

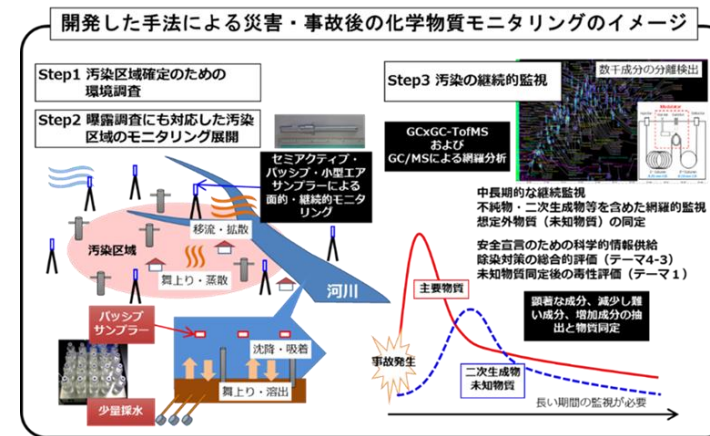
S17-4 災害・事故への対応力強化に関する研究

(大阪府立環境農林水産総合研究所・国立環境研究所・大阪大学・静岡県立大学)

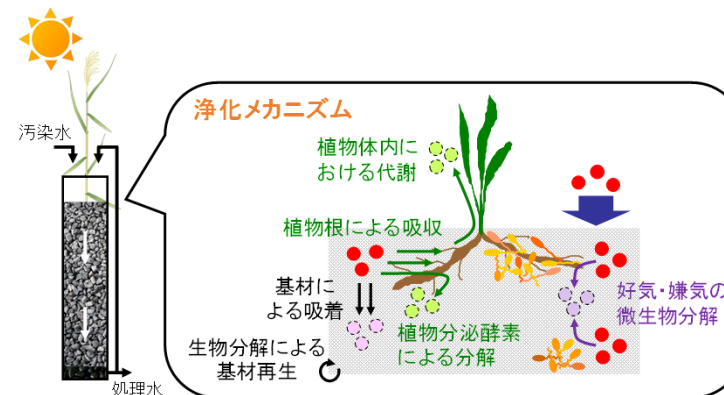
既存のPRTR届出データ等を活用して、災害・事故時発生場所での化学物質の存在量を予め把握するための手法の開発、環境と消防防災の担当部局間での情報共有体制に関する検討、及び、災害・事故発生後、長期間にわたり環境中に残留する化学物質のモニタリング手法及び除去技術を開発した。



災害・事故時に活用可能な情報基盤の整備の検討フロー図



開発した手法による災害・事故後の化学物質モニタリングのイメージ



VCWシステムの基本構成と浄化メカニズムの概念図

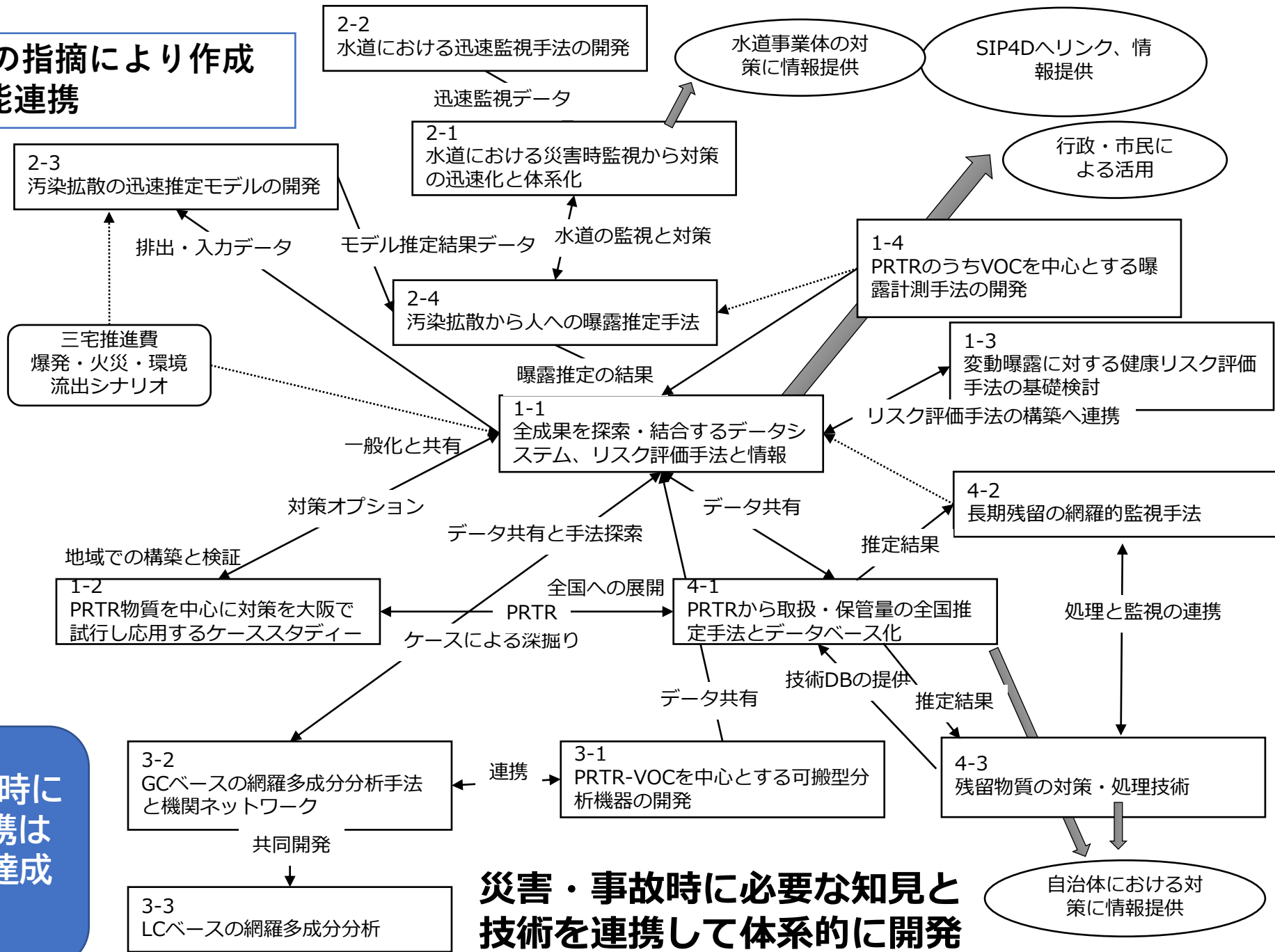
S17成果のリスクガバナンスの観点からの位置づけ

IRGC framework*	災害・事故に起因する化学物質リスク管理における課題	S17における取り組み	横断的、関連
リスク事前評価	情報の準備 基礎方法の準備	1(1)物質、シナリオ 4(1)物質、排出源情報の準備 1(3)非定常リスク評価手法 1-1904課題	1(2)大阪府での横断的 ケーススタディー 2(1)水道での横断的 ケーススタディー
リスク見積もりと 関心の評定	迅速検知・モニタリング手法 予測・評価手法	1(4)曝露把握 2(2)迅速検知 2(3)予測手法 3(1)(2)(3)観測、検知 4(2)継続監視	
受け入れられるか 判断	情報共有手法 判断手法	2(4)情報共有、表示 1(1)リスク評価手法	
行動への意思決定 と実践	意思決定支援 実践技術	1(1)情報基盤 2(1)迅速検知と対応 4(1)自治体の対応 4(3)対策技術	

*リスクガバナンス論からみた震災復興過程のリスク評価の方向, 盛岡 (2012)環境情報科学、
またWhite paper on risk governance, IRGC (2005)

S17の成果の集約により、リスクガバナンスの観点からの必要な課題を網羅することが出来た

拡大AD会合の指摘により作成
各課題の機能連携



拡大AD会合時に
設計した連携は
すべてほぼ達成
された

災害・事故時に必要な知見と
技術を連携して体系的に開発

研究目標の達成状況(全体)

研究目標	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>目標どおりの成果をあげた。 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。 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。 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。 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。 これらを総合して、目標通りの成果を挙げた。</p>

研究目標の達成状況(テーマ1, 2)

	研究目標	達成状況
1	<p>災害・事故に起因する化学物質</p> <ul style="list-style-type: none"> ・リスク管理に必要となる、災害・事故での非定常状態のリスク評価の概念 ・シナリオ、評価手法…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 ・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><u>目標どおりの成果をあげた。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 ・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 ・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 ・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
2	<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> <ul style="list-style-type: none"> ・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化 ・実際に水質汚染事故が発生した際に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、これらの機関とのネットワークを構築

研究目標の達成状況(テーマ3, 4)

	研究目標	達成状況
3	<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、主に揮発性物質を対象に可搬型装置による現地観測及び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>目標どおりの成果をあげた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 ・GC/MS測定に適する中揮発性物質の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 ・難揮発性物質についてLC-QTOFMS内のデータベースの充実化、前処理方法を含めた網羅分析手法を開発
4	<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>目標どおりの成果をあげた。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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 ・自治体内の関係機関間での情報共有体制は進展 ・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を開発 ・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+VCMシステムによる環境修復技術を開発

環境政策への貢献

- 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て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
 - 化管法化学物質管理指針の改正に関する検討に参加し、化学物質管理指針の改正に結び付ける
 - 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
- ほかに貢献が見込まれる成果多数

研究成果の発表状況

- 査読付き論文
- その他発表件数

65報

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)	24件
口頭発表(学会等)	203件
「国民との科学・技術対話」の実施	52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

- 国民との科学・技術対話
 - S17主催の2回の公開講演会では、100名を超える参加を得て、有意義であるとの意見、また、研究推進に有益なご意見をいただいた
 - ほかさブテーマ主催や学会企画等で多数

