

防災・減災に関連する化学物質の環境リスク評価・管理手法の検討

加藤みか、釜谷光保、西野貴裕、宮沢佳隆、飯田有香、杉俣哲太郎*

(*環境局環境改善部)

【要約】 非常時の原因究明やリスク判定等の状況把握に有効である多成分網羅分析法として、幅広い物性の有機化合物や無機物の重金属類について、1~2時間程度で水域の汚染状況を把握できる体制を整備した。本網羅分析は知見の少ない未規制物質の実態把握も可能であり、平常時の環境リスク管理にも活用できることが示唆された。さらに、化学物質排出・移動量届出(PRTR)制度に基づく化学物質関連情報を整理し、各地域の災害データ等を重ね合わせて、様々な情報を組み合わせて検索・可視化できるGISアプリケーションを作成した。非常時の迅速対応、化学物質流出・被害の未然防止対策の優先度決定等に広く活用されることが望まれる。

【キーワード】 災害、化学物質、網羅分析、PRTR、GIS、環境リスク

【目的】

全国各地で毎年のように自然災害が発生し、近年では、気候変動による災害外力増大との関連性が強く指摘されており、災害に伴う化学物質の漏洩・放出時等の環境被害防止・軽減に向けた対策は喫緊の課題である。本研究では、事業所等からの化学物質漏洩・放出時の環境汚染の的確な状況把握や拡大汚染防止のために、網羅的な化学物質調査手法の展開、PRTR情報を活用した都内の化学物質に関わる災害リスクの可視化等、防災・減災に関連する化学物質の環境リスク評価・管理手法について検討した。ここでは、これまで3年間に渡り取り組んできた研究概要を報告する。

【方法】

非常時の漏洩・流出物質の究明やリスク判定等の状況把握に有効である多成分網羅分析法(図1)として、これまでに提案してきたGC-MS全自動同定・定量データベース(AIQS-GC-MS)やLC-QTOFMS精密質量等データベースを用いた半・難揮発性有機化合物のスクリーニング分析^{1),2)}のほか、重金属類の多元素一斉分析について検討した³⁾。さらに、AIQS-GC-MSによる分析について、水質の前処理方法や定性精度の比較・確認、継続的な実態調査等を実施した^{4),5)}。

また、災害対策基本法(令和3年改正)にて災害対策のための情報収集等で地図情報システム(GIS)の活用が努力義務として規定されたことを受けて、PRTRの対象事業所や化学物質の毒性情報を整理し、行政担当者等の活用を考慮したGIS(ArcGIS, ESRI ジャパン)による化学物質関連の災害リスクの可視化を検討した。

【結果の概要】

(1) 網羅的な化学物質調査手法の展開

水質の重金属類について、公定法(JIS K0102-3)の前処理方法の簡易化(pH調整後の上澄み液分析)やICP-MSの既存検量線による定性・半定量方法(迅速法)を検討し、公定法に比べて短時間で網羅的に分析できる手法を確立した³⁾。非常時の判定レベルの濃度範囲においては、十分な適用性も確認でき、知見の少ない元素も含めて多元素(68元素)の検出傾向も把握できた(図2)。以上より、幅広い物性の有機化合物や重金属類について、採水現場から研究所に到着後、1~2時間程度で汚染状況を把握できる体制を整備できた。

AIQS-GC-MSの分析については、水環境における高頻度検出物質や農薬(約200物質)の標準溶液を用いて、既存データベースに登録されているRI(保持指標)の正確性確認による誤同定の削減、香気・異臭成分データベース(AromaOffice, 西川計測)等の追加による検出力の向上、詳細分析(サロゲート法)との比較による定量精度の確認⁴⁾、異なる前処理方法(液液抽出と固相抽出)での分析値の比較・評価(図3)⁵⁾等を行い、非常時の対応力を強化した。また、国内公共用水域における実態調査においては、これまでに数~数千ng/L程度の濃度範囲で約130種の半揮発性有機化合物が検出され、とくにLC-QTOFMSによる分析においても、難燃剤等の樹脂添加剤や下水由来と考えられる生活由来物質等が全体的に高頻度に検出されている。水生生物の予測無影響濃度(PNEC)またはその1/10の濃度を超過するレベルで水環境中に存在し、生態リスクが懸念される未規制物質や地域の実態も把握でき、本網羅分析は平常時の環境リスク管理にも活用できることが示唆された^{4),5)}。

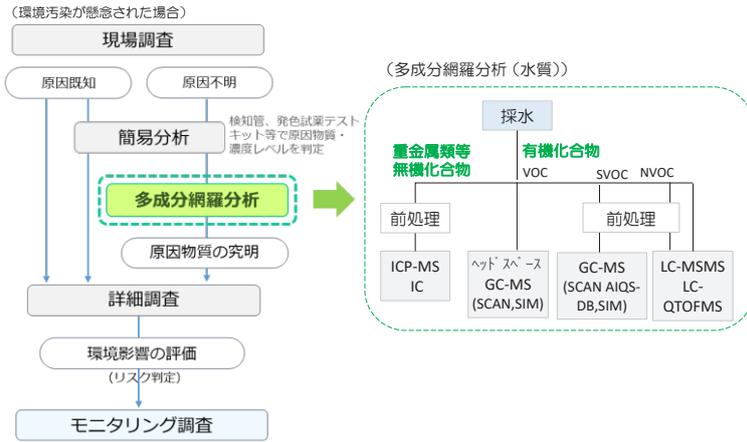


図1 非常時の化学物質調査手法 (多成分網羅分析法)

多成分網羅分析法は、多種多様な化学物質を迅速・網羅的に分析でき、非常時のような状況把握に緊急性を要する際に有効である。重金属類については、誘導結合プラズマ質量分析計 (ICP-MS) で標準試料を使用せずに既存の検量線を用いて、大凡の濃度を算出する。未知物質 (VOC,SVOC) については、ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS) の全イオン検出 (SCAN)法で物質の同定を行う。または全自動同定・定量データベース (AIQS-DB) を用いて、保持指標や MS スペクトルで物質の同定を行い、標準試料を使用せずに DB に登録 (約 920 物質) されている検量線を用いて、大凡の濃度を算出する。GC-MS では分析が困難な難揮発性有機化合物 (NVOC) 等は、高速液体クロマトグラフ飛行時間型質量分析計 (LC-QTOFMS) の精密質量等のデータベースにより物質の同定を行う。

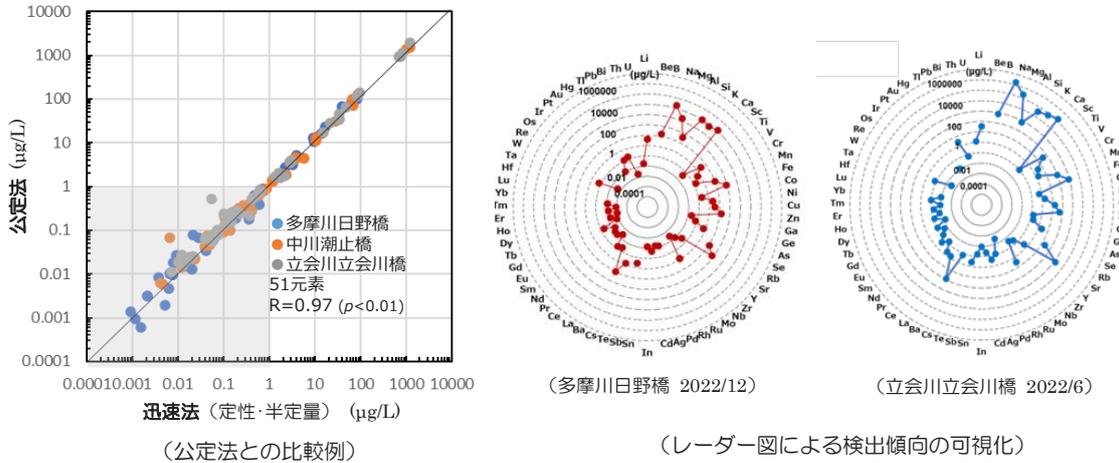


図2 重金属類の多元素一斉分析法 (迅速法)

重金属類の多元素一斉分析について、1 日程度の作業を要する公定法 (JIS K0102-3) の前処理等を簡易化することで 1~2 時間で網羅的に分析できる迅速法を確立した。公定法との比較を行ったところ、1μg/L 以上の比較的高濃度域において 1/2~2 倍の範囲内でほぼ同等な結果が得られ、非常時の判定レベルの濃度範囲においては、本方法は十分に適用可能であることが確認できた。

公共用水域の基準項目以外の知見の少ない元素も含めて多元素 (68 元素) の検出傾向も把握できた。非常時データとの差異解析により、迅速な状況把握が可能となることから、今後、さらなる平常時データの蓄積が望まれた。

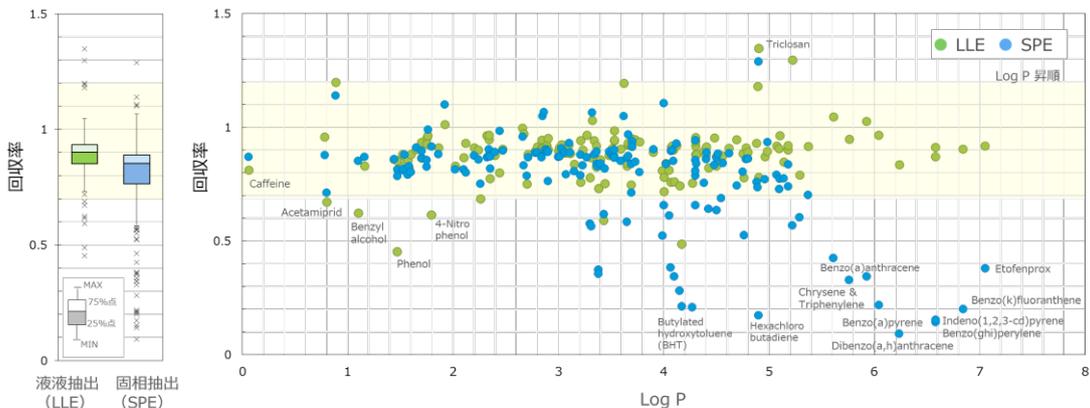


図3 AIQS-GC-MS スクリーニング分析における抽出方法の比較 (精製水を用いた標準添加回収試験結果例 (AIQS-GC-MS))

液液抽出 (LLE) では比較的極性の高いフェノール類を除く 9 割以上の物質、固相抽出 (SPE) では LogP が 5 以上かつ沸点 400°C 以上で比較的疎水性の高い多環芳香族炭化水素類を除く 8 割程度の物質が回収率 70~120% の範囲内となった。公共用水域の試料においても、同様な検出傾向が示された。非常時には、比較的幅広い物性の物質が回収可能な液液抽出を用いる等、目的に応じた前処理方法の選定が重要であることが示唆された。

(2) 化学物質関連の災害リスクの可視化の検討

PRTR（2022）の化学物質関連情報を中心に、各地域の国土数値情報（国土交通省）の災害データ等を重ね合わせた GIS マップを作成し、都内の化学物質を取り扱う PRTR 対象事業所の災害リスクやその周辺情報の可視化・データ分析を可能にした（表 1,2、図 4）。さらに、様々な情報を組み合わせて検索・可視化できる GIS アプリケーションを作成し、GIS ソフトを保有しない行政担当者等が利用できるように工夫した（図 5）。

都内の災害レジリエンス強化に向けて、災害時等の迅速対応、化学物質流出・被害の未然防止対策の優先度決定等に本 GIS アプリケーションが広く活用されることが望まれる。

表 1 GIS による化学物質関連の災害リスクー搭載データ

事業所	PRTR（2022）対象事業所・排出移動量	人口	人流オープンデータ（1km メッシュ）
測定局	測定局（東京都・有害大気汚染物質）	人口	令和 2 年国勢調査（市区町村人口・世帯）
避難所	東京都 避難所	災害・防災	地域総合危険度_東京都 （第9回地震に関する地域危険度測定調査）
避難施設	東京都 避難場所	災害・防災	洪水浸水想定区域
公共施設	市区町村役場、学校、医療機関データ	災害・防災	高潮浸水想定区域_東京都
河川	指定河川洪水予報および洪水予報河川	災害・防災	土砂災害警戒区域（国土数値情報_令和4年）
河川	流域メッシュデータ（河川名）	災害・防災	津波浸水想定（国土数値情報_令和4年）

災害・防災情報は、国土数値情報（国土交通省）⁶⁾や東京都のオープンデータ⁷⁾等を用いた。

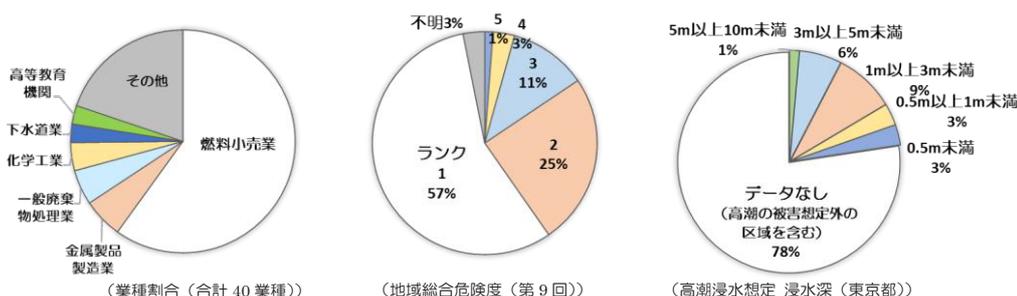


図 4 東京都内 PRTR 対象事業所と災害情報（例）

東京都内の PRTR 対象事業所数（合計 1,005 件）の約 6 割が燃料小売業で、中小規模の事業所が多くを占めている。地域総合危険度は、都内市街化区域の地震に関する危険性について、建物倒壊危険度と火災危険度を合算後、災害時活動困難係数を乗じて総合化した指標であり、相対評価で 5（危険性高）～1（危険性低）にランク分類されている⁸⁾。地域危険度測定調査（第 9 回）において、危険性の高いランク 5 の地域に位置する事業所数は 1%程度で、ほとんどが都東部区域内であった。

高潮浸水想定（浸水深）5m 以上の地域に位置する事業所は、都東部区域の中川・旧中川流域周辺に多い傾向が見られた。

表 2 各河川流域内の PRTR 対象事業所（業種）と流出の可能性のある化学物質の例

流域_河川名	事業所数	業種	物質名
綾瀬川	17	化学工業/金属製品製造業/鉄鋼業/電子応用装置製造業/下水道業/燃料小売業	亜鉛の水溶性化合物/アクリル酸/ノルマルーブチル/エチルベンゼン/キシレン/銀及びその水溶性化合物/クロム及び三価クロム化合物/酢酸ビニル/スチレン/テトラクロロエチレン/トリクロロエチレン/1,2,4-トリメチルベンゼン/1,3,5-トリメチルベンゼン/トルエン/ニッケル/ニッケル化合物/ノルマルーヘキサン/パラジウム化合物/ふっ化水素及びその水溶性塩/ベンゼン/ほう素化合物/マンガン及びその化合物/無機シアン化合物/メタクリル酸メチル/ダイオキシン類
恩田川	15	プラスチック製品製造業/金属製品製造業/非鉄金属製造業/医薬品製造業/高等教育機関/自然科学研究所/下水道業/燃料小売業	亜鉛の水溶性化合物/アセトニトリル/エチルベンゼン/塩化メチレン/キシレン/クロロホルム/ジメチルアミン/N,N-ジメチルホルムアミド/ダイオキシン類/銅水溶性塩/トリエチルアミン/トリクロロエチレン/1,2,4-トリメチルベンゼン/1,3,5-トリメチルベンゼン/トルエン/ピリジン/ふっ化水素及びその水溶性塩/ノルマルーヘキサン/ベンゼン/ほう素化合物/マンガン及びその化合物
霞川	2	電気機械器具製造業	ほう素化合物/2-アミノエタノール/塩化第二鉄銅水溶性塩/パルオキソ二硫酸の水溶性塩/ホルムアルデヒド
旧江戸川	7	パルプ・紙・紙加工品製造業/食品製造業/窯業・土石製品製造業/燃料小売業	エチルベンゼン/キシレン/2, 2-ジプロモ-2-シアノアセトアミド/水銀及びその化合物/ダイオキシン類/1,2,4-トリメチルベンゼン/1,3,5-トリメチルベンゼン/トルエン/ニオキリル酸ヘキサメチレン/ニッケル/ノルマルーヘキサン/ベンゼン/ほう素化合物
石神井川	25	洗濯業/化学工業/出版・印刷・同関連産業/電気業/燃料小売業	石綿/エチルベンゼン/キシレン/テトラクロロエチレン/1,2,4-トリメチルベンゼン/1,3,5-トリメチルベンゼン/トルエン/フェニレンジアミン/ノルマルーヘキサン/ベンゼン/ポリ（オキシエチレン）=アルキルエーテル
⋮	⋮		

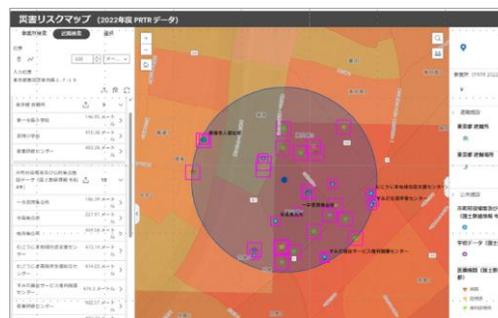
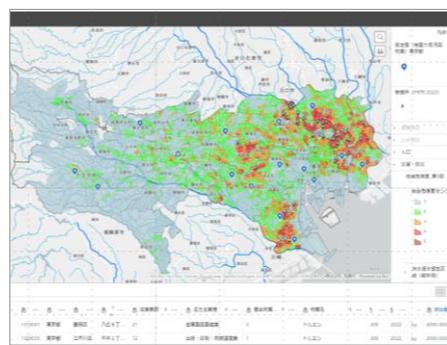
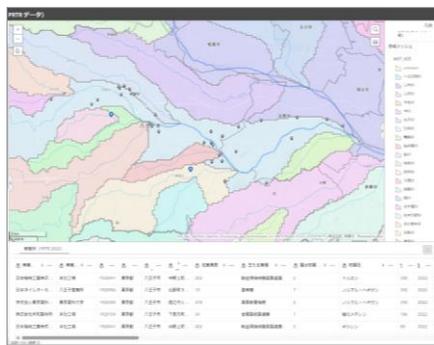
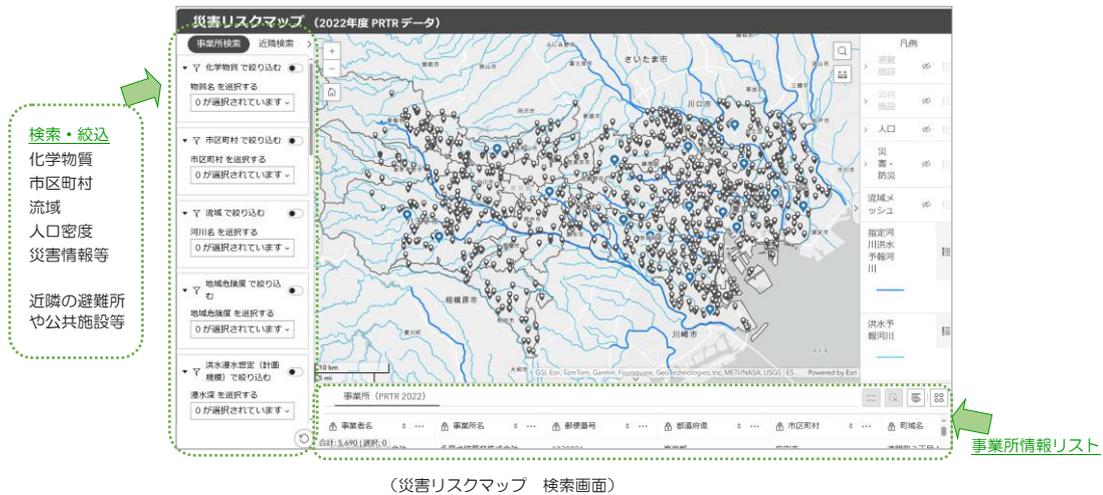


図 5 PRTR データを活用した化学物質関連の災害リスク (GIS アプリケーション) 表示例

GIS を活用して、都内の各河川流域、各災害区域等に該当する PRTR 対象事業所や人健康や生態影響が懸念され、流出可能性のある PRTR 対象化学物質等の情報を可視化し、各種情報の絞り込みにより、災害リスクの相対的に高い地域や事業所等を特定することができた。

化学物質に関する事業所の事故や水質異常事故等の環境汚染が懸念された際に、本 GIS アプリケーションを活用することで、周辺状況を迅速に確認し、緊急対応に繋げることができると考えている。さらに、高潮浸水想定区域等で流出可能性のある化学物質や取扱事業所を特定して、人健康に関わるリスクの高い物質等を排出する事業所の水害対策を促す等、化学物質流出による被害の未然防止対策の推進・優先度決定に活用することもできる。

【参考文献】

- 1)加藤ら：東京都環境科学研究所年報(2020), 2)西野ら：第 55 回日本水環境学会年會講演集(2021), 3)釜谷ら、第 57 回日本水環境学会年會講演集(2023), 4)加藤ら：東京都環境科学研究所年報(2023), 5)加藤ら：環境化学討論会要旨集(2024), 6)国土交通省：国土数値情報ダウンロードサイト(<https://nlftp.mlit.go.jp/>), 7)東京都デジタルサービス局：東京都オープンデータカタログサイト(<https://portal.data.metro.tokyo.lg.jp/>), 8)東京都都市整備局：東京都不燃化ポータルサイト(<https://www.funenka.metro.tokyo.lg.jp/area-hazard-level/>)