

＜特集＞自然災害と環境リスクへの対応

事故・災害時における化学物質漏洩を想定した環境モニタリング手法  
の開発と地方環境研究所への実装を目指して

中島大介\*・中山 崇\*・大曲 遼\*・宮脇 崇\*\*・門上希和夫\*\*\*

(\*国立研究開発法人 国立環境研究所・\*\*福岡県保健環境研究所・\*\*\*北九州市立大学)

1. はじめに

我が国は災害大国と呼ばれることがあり、地震、洪水、台風などの天災に見舞われることが頻繁にある。これらの天災は太古から我が国に固有の問題であって、地球温暖化の影響を除けば新しい問題ではない。一方で、関東大震災や伊勢湾台風等、高度経済成長以前の天災と、以降の天災とでは、市中に多くの化学物質が存在する、という点で状況が異なる。我が国の災害時に化学物質汚染が懸念されたのは、阪神淡路大震災後の大気中ダイオキシンの問題<sup>1)</sup>であったかもしれない。その後、東日本大震災では、放射性物質による汚染の陰に隠れる形で、化学物質の漏洩問題は大きな注目を集めることはなかったが、いくつか漏洩の報告が残されている<sup>2,3)</sup>。また、令和元年東日本台風(台風19号)でも、後述するように化学物質の流出が多く報告されている。本稿では、近年の事故・災害時における化学物質漏洩及び国内外の環境調査の事例を紹介するとともに、そのための技術的開発状況と、災害時に地方環境研究所が最前線に立って環境調査をすることを鑑みた実装への取り組みを紹介する。

2. 近年の災害における化学物質漏洩事例

2.1 2016～2018年の事故・災害

平成28年(2016年)熊本県熊本地方を震源とする地震(熊本地震, 2016年4月14～16日)では、最大震度7(益城町, 西原村), 死者273名, 重傷者1,203名及び軽傷者1,606名の被害が発生した<sup>4)</sup>。内閣府の発表には、化学物質の流出事故は含まれていない。倒壊家屋の解体・撤去にあたり、アスベストの飛散を調査する必要があったが、その数が多く現地のみでの対応が困難であり、埼玉県環境科学国際センターから職員が派遣された<sup>5)</sup>。この事例は、2018年に締結された「災害時のアスベスト対策支援に関する合意書」(後述)の契機となった。

同じく2016年の糸魚川市大規模火災(2016年12月22日に発生, 23日鎮火, 24日避難勧告解除)では、焼損棟数147棟, 消失面積約40,000 m<sup>2</sup>, 被害総額1,077,246千円

という被害が発生した。その中でも県は周辺環境のアスベスト調査を第1回の被災者説明会(12月27日)の同日から定期的実施しており<sup>6)</sup>, その迅速な対応が住民の安全を担保したと言われている。

2018年2月, 奄美大島に油塊が漂着する案件があった。これに対して環境省では、漂着した油状物の回収・処理等の支援・実施, 漂着地域における野生生物・生態系等への影響調査を実施している<sup>7)</sup>。この中で大気モニタリングも実施している。ベンゼン等の芳香族炭化水素, 直鎖脂肪飽和炭化水素, 多環芳香族炭化水素, 重金属及び有害大気汚染物質(優先取組物質)のうち一部の揮発性有機化合物を測定し, 大気への影響は確認されなかったと報告している<sup>8)</sup>。このモニタリングに際して参考になったのは1997年のナホトカ号重油流出事故での調査事例である。当時の環境庁・国立環境研究所が報告書をまとめており<sup>9)</sup>, 後述する佐賀・油流出事故, モーリシャス沖の重油流出事故の際にも参考にされている。このような環境モニタリングについては, 報告書を作成して残しておくことの重要性が実感される。

福井県若狭町の化学工場における爆発事故(7月2日, 死者1名, 負傷11名)ではオレンジ色のガスが飛散する様子がYoutubeにアップされ, 注目を浴びた。

北海道胆振東部地震(9月6日, 死者42名, 重症31名, 軽傷731名)では室蘭市の石油コンビナート, 厚真町の火力発電所で火災が発生した。毒劇物の販売業で1件建物被害が生じたが, 漏洩はなかった<sup>10)</sup>と報告されている。

6月28日から7月8日にかけて, 台風7号および梅雨前線等の影響により西日本を中心に北海道や中部地方を含む全国的に広い範囲に集中豪雨が発生し(平成30年7月豪雨), 死者237名, 行方不明8名, 住家被害は全壊6,767棟, 半壊11,243棟, 一部損傷3,991棟, 床上浸水7,173棟, 床下浸水21,296棟と大きな被害があった。岡山県総社市の非鉄金属業の工場において, 溶解炉の浸水による爆発が生じ, 溶解アルミ塊が敷地外へ飛散, 民家に落下するなどの被害が生じた。このほか, LPガスボンベの流出も多数報告されており, 岡山県, 愛媛県で3,400本(廃棄予定

の空容器約300本を含む）、その他の都道府県で約600本が流出・埋没しているが、うち3,900本が回収されている。また、災害廃棄物の集積場から散弾銃の弾が発見されている。兵庫県たつの市では劇物が排水管から側溝に流出する事故が発生している<sup>11)</sup>。なお環境省は、8月から岡山県、広島県及び愛媛県において大気中アスベスト濃度の調査を実施した。

2018年にはこのほかに大阪府北部地震（6月18日、死者3名、負傷者56名）<sup>12)</sup>があったが、化学物質漏洩の報告はなかった。

## 2.2 2019～2020年の事故・災害

2019年5月15日、常総市の雑品スクラップの火災が発生した。鎮火は12日後の27日であり、この間、放水活動が続けられた。県は大気中のベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン及びPM2.5濃度の測定を数回実施、HPに随時公開した<sup>13)</sup>。5月15日のベンゼンの測定結果が0.032 mg/m<sup>3</sup>と環境基準を超えたが、管理基準の100分の1程度であるという参考資料を添えて公開している。

2019年8月26日から続いた大雨（令和元年8月の前線に伴う大雨）では、死者4名、住家被害1,929棟の被害があり<sup>14)</sup>、中でも佐賀鉄工所から流出した焼き付け油（ダフニークエンチGS70）による周辺地域の汚染が問題となった。

2019年10月に発生した令和元年台風19号（令和元年東日本台風）での化学物質流出の報告は多く、宮城県角田市から油（推定流出量合計135 L）、J-オイルミルズ静岡事業所からはリン化アルミニウム材（製品名フミトキシン、1 kg×3本）、郡山市エム・ティ・アイ及びサンビックスからシアン化ナトリウム、本宮市ではフッ化水素アンモニウム入りタンク、トリクロロエチレン、ジクロロメタン、イソプロパノール入りドラム缶の流出がそれぞれ報告されている。

2020年もいくつかの事故が報告されている。5月12日、水戸市の逆川、桜川で数百匹の魚のへい死事故があったとされる。水戸市が水質調査結果を報告しており、農薬に含まれる5種類の物質が基準値を超えて検出されたと報道されている。

令和2年7月豪雨（7月3日～31日）では、大分県日田市のJA倉庫が損壊、保管していた農薬976品目（計674 kg）が流出、一部が玖珠川に流出した。その後の調査で、被災時における保管量1,104 kg中、7月27日時点で1,081 kgを回収済と発表されている。そのほか、低濃度PCB無害化認定施設の関連施設が冠水したものの、PCBの漏洩等による周辺環境への影響はないとされている<sup>15)</sup>。

2020年度の化学物質案件には、横浜・横須賀の異臭問

題を取り上げておきたい。6月以降、神奈川県の大東京湾側で断続的に異臭の報告が続いた。ガスのような臭い、ゴムが焼けたような臭い、等とされている。この発生源については特定されていない。行政への苦情として悪臭は高頻度の案件であるが、今回の異臭騒ぎは報道も一時過熱気味であった。異臭の場合、サンプル採取が困難であることが多く、その原因物質の特定や発生要因の特定も困難である場合が多い。本件についても引き続き注目していきたい。そのほか、郡山市のガス爆発（7月30日）、消防隊員と警察官計4名が死亡した静岡市の工場火災（7月5日）も発生している。

海外の事例では、8月4日にレバノン・ベイルートで大規模な爆発が生じた。報道では約2,750トンもの硝酸アンモニウムが保管されていたとのことで、被災地は広範囲であり、様々な燃焼生成物や副反応物が存在した可能性があり、モニタリングの必要性を感じている。

海外のもう1件は、モーリシャス沖における重油流出事故である。国際的な問題となったこの事故では、日本からも専門家を派遣して対応にあたったが、サンゴやマングローブ等の生態系への影響が懸念された。

## 3. 我が国の災害時環境モニタリングの現状

前項のように、事故・災害時に化学物質の流出が報告された際には、多くの場合は当該地方公共団体で対応が検討されてきた。環境省にも情報が上げられ、そこから個別に適切な機関・研究者に相談の形で応援が要請された例もある。地方公共団体の策定する地域防災計画の中には、それぞれ有害物質の流出の際の対応が書き込まれているが、環境モニタリングの実施体制について具体的な記載がある場合は少ない。また自治体をまたぐ協力関係は、環境部門においてはほとんどないのが実情である。

2.1項で紹介した「災害時のアスベスト対策支援に関する合意書」では、環境省関東地方環境事務所、国立研究開発法人国立環境研究所、埼玉県環境科学国際センター及び一般社団法人建築物石綿含有建材調査者協会との間で、地震等の災害時に、環境省又は被災自治体からの要請を受け、関東地方環境事務所管内の1都9県において、自治体が主体となって実施する被災建築物のアスベスト含有状況調査、大気中のアスベスト濃度のモニタリング調査、被災建築物の解体工事におけるアスベスト飛散防止対策、災害廃棄物の仮置場等における飛散性アスベストの管理等に対する支援を行うものである。このような協定が事前に整備されていれば、発災時にロジを必要とせず、迅速な対応が可能になる。また、平時における準備も行われることになり、災害時における環境部門の協定として先進的な取り組みのひとつである。現時点

では関東地方環境事務所の所轄管内に限定されているが、同様の取り組みが他地域にも広がる可能性がある。また、対象もアスベストとされているが、他の規制物質についても拡大する可能性もあり得ると考えている。

米国には、米国環境保護庁 (US EPA) の中に緊急環境調査チーム (Environmental Response Team: ERT)<sup>16)</sup>が組織されており、緊急環境調査機関ネットワーク

(Environmental Response Laboratory Network: ERLN)<sup>17)</sup>等の多くの組織と連携して対応にあたっている。一方、このような全国的な対応チームはわが国に存在しない。DMAT (災害派遣医療チーム)、DCAT (災害派遣福祉チーム、平成24年から)、DPAT (災害派遣精神医療チーム、平成26年)、DHEAT (災害時健康危機管理支援チーム、平成30年3月)、JETT (気象庁防災対応支援チーム)、TEC-FORCE (緊急災害対策派遣隊)、D.Waste-Net (災害廃棄物処理支援ネットワーク) など、様々な分野における災害時の支援チームが活躍している。日本版のERTの整備が必要ではないだろうか。

#### 4. 災害時環境モニタリング体制の構築に向けた技術的課題

災害時の環境モニタリングをいくつか経験してきた中で、その都度突き当たる課題は、(1)どこで何を測るべきか(調査計画法)、(2)どう測るべきか(測定技術)、(3)どう解釈するか(判定・判断)、(4)どう対応するか(対策)、(5)何を準備しておくべきか(平時)、(6)どう整備していくか(準備と整備)の6点である。特に(2)について詳しく述べたい。

現状で実施されている環境モニタリングは、化学物質環境実態調査(エコ調査)に代表されるように、実質的に平時測定のためのものであり、高精度であることが要求され、同時に高感度を追求した方法である。この場合、測定に要する時間を考慮する優先順位は低い。緊急時に必要な調査手法は平時のものとは設計思想が異なるだろう。緊急時に必要な測定法には、①迅速に結果が出ること、②求められる定量下限値が比較的高い、③試料採取や測定資源に制約があること、等の条件がある。①に関して、災害時に第一報として知りたいことは、安全なのか、危険なのかの判断であって、あるクライテリアを越えているか否か、という判定である。②に関して、緊急時における曝露濃度のクライテリアについては別途慎重な議論が必要であるが、平時のクライテリアが慢性影響を考慮するのに対し、災害時の場合は急性毒性、中毒症状を考慮するという考え方に立てるだろう。したがって求められる下限値は高くなり、超高感度な装置よりも、平易な汎用装置こそ活躍できる可能性がある。③に関しては、水、電源、照明、保冷等、現地で調達できるとは

限らないことを想定しておくべきである。災害の規模によっては、これらの資源を使えるだけ使う前提であっても、何か欠けたときにどんな影響がでるのか、何ができて何ができなくなるのか、その場合の対応をどうするのかは、模擬訓練などを実施して確認しておく必要があるだろう。そして、災害時に最も大切なことは、二次災害を引き起こさないことである。試料を得ることは大切だが、平時と異なり現地に到達することが困難であったり、危険を伴ったりするという前提で計画することも必要になる。災害時用の装備も準備できると良いだろう。

3. 項で述べたとおり、現状の事故・災害では、化学物質の流出の報告から対応がスタートする。多くの場合、流出した化学物質が分かっており、そのSDSと場合によっては標準品が入手可能である。一方、津波被災地のような状況では、何がどれだけ流出したのか、あるいは火災等により生成した物質が滞留している可能でもある。このような場合には、マルチターゲット分析法が必要になるだろう。

#### 5. 災害時環境モニタリングに向けた技術開発

阪神淡路大震災を受け、平成9年度に当時の環境庁がとりまとめた「緊急時における化学物質調査マニュアル」がある<sup>18)</sup>。そこには、検量線データベース法<sup>19)</sup>を利用して285種類の物質を簡易にGC/MSで測定できる半定量ソフトの操作法が記載されている。この半定量は、GC/MSを一定の条件に統一して維持することにより、あらかじめ測定しておいた標準物質の相対保持時間、質量スペクトル及び検量線情報をデータベース化して利用するものである。自動同定定量システム(AIQS)と呼ばれるもので、現在は半揮発性物質を対象としたGC-MS版のAIQS-GC<sup>20-24)</sup>と、親水性物質を対象としたLC-QToFMS版のAIQS-LC<sup>25,26)</sup>が開発されており、AIQS-GCでは約1,000物質の情報が収載されたデータベースや解析ソフトが市販されている。

4. 項で述べた通り、災害時にはマルチターゲット分析法が効率的と考えられ、AIQS-GCを活用するのは現実的な選択であるが、以下の3つの改善点がある。ひとつは、市販AIQS-GCが現在島津社製とアジレント社製の装置にしか対応していない上に、両者は測定条件も収載データベースも異なり、互換性がないことである。ふたつめは、データベースに収載されている物質が平時の環境モニタリングを意識したものであることである。そして3つめは、既存公定法に適用されていないことから、地方環境研究所における導入と活用が進んでいないことである。

これらの課題に対し、著者らが担当する環境省環境研究総合推進費「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【S17-3(2)】」と、国立環境研究所と地方環境研究所等

とのII型共同研究「災害時等の緊急調査を想定したGC/MSによる化学物質の網羅的簡易迅速測定法の開発」においてそれぞれ取り組みを進めている段階である。

すなわち、どのメーカーの装置でも使えるAIQS-GCを作ること、災害時に測定すべき物質をデータベースに追加すること、発災時の環境モニタリングを担当することが想定される地方環境研究所への導入と活用に関する支援を行っている。

汎用AIQS-GCでは、カラムの種類、キャリアガスの制御方式、昇温条件等を統一し、保持指標を利用することにした<sup>27)</sup>。汎用化の大きな課題は、チューニング方法である。AIQS-GCの(検量線データベース法)基本的な考え方は、GC/MSを常に規定された状態に保つことにより、同じ状態で測定された質量スペクトル、保持指標及び検量線情報を使うことが可能になる、というものである。したがって、質量スペクトルを一定の状態に規定するためには、ターゲットチューニングを行うことが必要になり、DFTPPチューニングを採用している。しかし一部装置ではこのチューニングができないものがある。オートチューニングでAIQS-GCを利用するための補正法も検討中であるが、機器メーカーにはDFTPPチューンへの対応をお願いしたいところである。

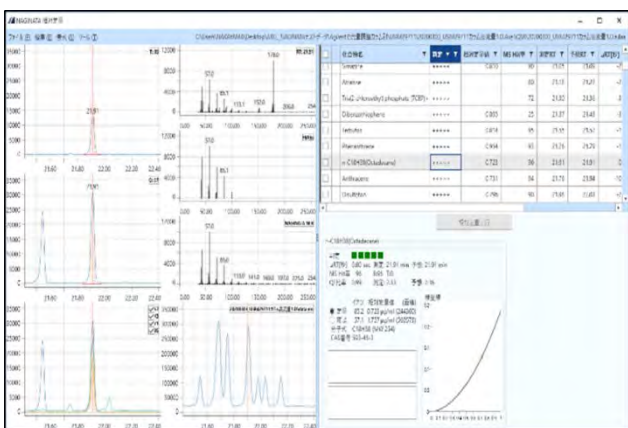


図1 MI-AIQS解析画面

収載物質データの拡充については、国内ストック量と毒性情報等から追加の優先順位付けをして物質を選定している。また、各条例を含む各種規制項目等も参考にしながら、災害時に測定が必要な物質を網羅すべくデータの採取を続けている。データベースは鮮度が重要で、ユーザーからのリクエストを受けて物質を追加したり、不具合の報告を受けてデータを取り直すなど、アップデートされることが望ましい。そこで、データベースはウェブ上に置いてメンテナンスを容易にする方向で準備している。

これまでに、第一段階である装置非依存型AIQS (MI-AIQS)を開発した。MI-AIQSでは、各社のGC-MSで測定し

たデータを各装置に付属する解析ソフトを用いてcdfフォーマットに変換したデータを用いる。共通の測定条件を用い、保持指標を算出するための炭素数9~33のアルカン混合溶液の測定データ、性能評価標準混合溶液の測定データを読み込ませて、まず装置が規定された状態にあるかの判定を行う。合格判定が出た場合には規定の内標準を添加した試料溶液を測定し、同定定量を行う。図1に示される画面右上の表は同定定量された物質のリストと濃度が表示される仕組みである。左側3つのクロマトグラムは上から、定量イオン、第1確認イオン、関連する複数イオンを重ねたものであり、データベースから予測されるピークの位置が赤線で示され、保持時間のずれを判断できる。中央の質量スペクトルは上から測定ピークの質量スペクトル、測定スペクトルのうち、類似度が高い物質の標準スペクトル中の主要なシグナルだけを抽出したもの、データベースに登録されている標準物質の質量スペクトル、であり、同定の確からしさを視覚的に確認することが可能である。



図2 ブラウザ版AIQSの解析画面

続いてこれをブラウザ上で作動させるブラウザ版AIQSを開発した(図2)。ブラウザ版では、災害時においてサーバーや通信回線の負荷を軽減する必要があること、AIQSを保有せず、その操作に不慣れなユーザーが使用できる可能性があること等を考慮に入れ、重要な機能に絞り込み、また操作手順が判りやすいような工夫を施した。これらのソフトウェア(現在はMI-AIQSまで)はII型共同研究に参加する40機関に配布し、操作法の研修を実施(後述)するとともに、不具合の抽出、改善提案等を受け付けており、順次バージョンアップを進めている段階である。

**6. 地方環境研究所との協働と実装に向けた取り組み**

前項で述べた通りII型共同研究を実施している40機関には、開発したMI-AIQS(スタンドアローン型NIAGINATA)



を配布し、その操作を試行してもらっている。まず「性能評価標準溶液(クライテリアサンプルと呼んでいる)」を測定、そのデータをメールやファイル交換サーバーを通じて送ってもらい、国環研で解析して実施元のGC-MSの状況の可否を判定している。多くの場合、最初は合格にならず、カラムのカット、注入口周りの洗浄、消耗品交換、真空状態の改善など様々な項目を改善してもらうことで合格に達する場合が多い。続いて約100種類の化合物が含まれている「チェックスタンダード」の測定に進み、測定が合格したら自らAIQSの解析を実施してもらっている。解析方法の習得に関しては、共同研究機関の担当者を対象に2019年度に研修会を2回に分けて開催し、20機関の参加いただいた。さらに、環境省環境調査研修所での問題解決型分析研修に「緊急時環境モニタリング」が取り上げられ、II型共同研究に参加する7機関が参加している。2020年度は新型コロナの影響で集合型の研修会を実施できなかったが、一部オンラインでの勉強会等が予定されており、引き続きAIQSの利用促進を支援していく。



図3 環境調査研修所(所沢)での研修風景

なお本課題で採取した物質データ等は、多方面での活用を期待して無償公開することとしている。このような取り組みを進めることで、AIQS-GCが多くの機関で活用可能な状態になり、通常業務での予備的利用や、平時データの蓄積を期待している。

## 7. おわりに

災害時の一刻を争う状況で、日ごろ使っていない分析法と解析法を、マニュアルを見ながら試してみる、ということは通常の神経であれば採用しないだろう。災害時にAIQS-GCを使えるという状況を作るには、平時から使い慣れた状態にする、ということである。通常の業務にAIQSを組み込む仕掛けも今後重要になってくると考えている。

## 8. 引用文献

1) 小林禧樹, 菊井順一, 前田健二, 宮原芳文: 阪神・淡路大震災が大気環境に及ぼした影響—金属物質モニタリング測定結果の解析—. 大気環境学会誌, 32, 231-236, 1997

2) 厚生労働省: 「東北地方太平洋沖地震に伴う津波による毒物又は劇物の流出事故等に係る対応について」における集計結果について, <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000001djj7-att/2r9852000001dmc0.pdf> (2020. 12. 1アクセス)

3) 環境省: 東日本大震災のPCB廃棄物への影響について(第9報)(平成24年10月31日調査時点), [https://www.env.go.jp/jishin/attach/saigai\\_pcb\\_eikyo\\_201212.pdf](https://www.env.go.jp/jishin/attach/saigai_pcb_eikyo_201212.pdf) (2020. 12. 1アクセス)

4) 内閣府: 平成28年(2016年)熊本県熊本地方を震源とする地震に係る被害状況等について(平成31年4月12日18時00分現在), [http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/pdf/h280414jishin\\_55.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/h280414jishin/pdf/h280414jishin_55.pdf) (2020. 12. 1アクセス)

5) 埼玉県: 平成28年熊本地震に係る環境科学国際センター職員の派遣について, <https://www.pref.saitama.lg.jp/a0001/news/page/160510-06.html> (2020. 12. 1アクセス)

6) 糸魚川市: 家屋等のがれきの処理の状況について, 第3回糸魚川市駅北大火被災者説明会資料No.1, <https://hope-itoigawa.jp/wp-content/uploads/meeting20170219.pdf> (2020. 12. 12アクセス)

7) 環境省: 奄美大島等における油漂着事案に関する環境省の対応状況について, <http://www.env.go.jp/water/kaiyo/oilspill.html> (2020. 12. 1アクセス)

8) 環境省: 奄美大島における油状物質の漂着に係る大気モニタリング結果について, [https://www.env.go.jp/water/kaiyo/oilspill/3\\_180308.pdf](https://www.env.go.jp/water/kaiyo/oilspill/3_180308.pdf) (2020. 12. 1アクセス)

9) 環境庁・国立環境研究所: (1998)日本海重油汚染事故調査資料F-111, <https://www.nies.go.jp/kankou/gyomu/pdf/f111-1998.pdf> (2020. 12. 1アクセス)

10) 内閣府: 平成30年北海道胆振東部地震に係る被害状況等について 平成31年1月28日15時00分現在, [http://www.bousai.go.jp/updates/h30jishin\\_hokkaido/pdf/310128\\_jishin\\_hokkaido.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/h30jishin_hokkaido/pdf/310128_jishin_hokkaido.pdf) (2020. 12. 1アクセス)

11) 内閣府: 平成30年7月豪雨による被害状況等について 平成31年1月9日17時00分現在, [http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/pdf/310109\\_1700\\_h30typhoon7\\_01.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/pdf/310109_1700_h30typhoon7_01.pdf) (2020. 12. 1アクセス)

12) 官邸対策室: 大阪府北部を震源とする地震について 平成30年6月18日(18:10)現在, <https://www.kantei.go.jp/jp/content/oosaka20180618.pdf> (2020. 12. 1アクセス)

13) 常総市: 坂手町地内の火災について(大気汚染状況測定結果), [http://www.city.joso.lg.jp/jumin/gomi\\_kankyo\\_pet/sonota/1557898838719.html](http://www.city.joso.lg.jp/jumin/gomi_kankyo_pet/sonota/1557898838719.html) (2020. 12.

- 5アクセス)
- 14) 内閣府：令和元年8月の前線に伴う大雨に係る被害状況等について。令和元年12月5日15時00分現在, [http://www.bousai.go.jp/updates/r18gatuoame/pdf/r18gatuoame\\_15.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/r18gatuoame/pdf/r18gatuoame_15.pdf) (2020.12.5アクセス)
- 15) 非常災害対策本部：令和2年7月豪雨による被害状況について。令和2年12月3日14時00分現在, [http://www.bousai.go.jp/updates/r2\\_07ooame/pdf/r20703\\_ooame\\_39.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/r2_07ooame/pdf/r20703_ooame_39.pdf) (2020.12.6アクセス)
- 16) EPA: Environmental Response Team(ERT), <https://www.epa.gov/ert> (2020.12.1アクセス)
- 17) EPA: Environmental Response Laboratory Network (ERLN), <https://www.epa.gov/emergency-response/environmental-response-laboratory-network> (2020.12.1アクセス)
- 18) 財団法人日本食品分析センター, 緊急時における化学物質調査マニュアル, 平成9年度環境庁公害調査委託費による報告書 平成10年3月, 86-100, 1998
- 19) JISK0123:2018 ガスクロマトグラフィー質量分析通則
- 20) Matsuo Y., Miyawaki T., Kadokami K., Nakai K., Tatsuta N., Nakata H., Matsumura T., Nagasaka H., Nakamura M., Sato K., Tobo K., Kakimoto R., Someya T., Ueno D.: Development of a novel scheme for rapid screening for environmental micropollutants in emergency situations (REPE) and its application for comprehensive analysis of tsunami sediments deposited by the great east Japan earthquake. *Chemosphere*, 224, 39-47, 2019
- 21) Kadokami K., Jinya D., Iwamura T.: Survey on 882 organic micro-pollutants in rivers throughout Japan by automated identification and quantification system with a gas chromatography-mass spectrometry database. *Japan Environmental Chemistry*, 19, 351-260, 2009
- 22) Pan S., Kadokami K., Li X., Duong H.T., Horiguchi T.: Target and screening analysis of 940 micro-pollutants in sediments in Tokyo Bay, Japan. *Chemosphere*, 99, 109-116, 2014
- 23) Allinson M., Kadokami K., Shiraishi F., Nakajima D., Zhang J., Knight A., Gray S.R., Scales P.J., Allinson G.: Wastewater recycling in Antarctica: Performance assessment of an advanced water treatment plant in removing trace organic chemicals. *Journal of Environmental Management*, 224, 122-129, 2018
- 24) Duong H.T., Kadokami K., Trinh H.T., Phan T.Q., Le G.T., Nguyen D.T., Nguyen T.T., Nguyen D.T.: Target screening analysis of 970 semi-volatile organic compounds adsorbed on atmospheric particulate matter in Hanoi, Vietnam. *Chemosphere*, 219, 784-795, 2019
- 25) Chau H.T.C., Kadokami K., Ifuku T. and Yoshida Y.: Development of a comprehensive screening method for more than 300 organic chemicals in water samples using a combination of solid-phase extraction and liquid chromatography-time-of-flight-mass spectrometry. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 26396-26409, 2017
- 26) Kadokami K., Ueno D.: Comprehensive target analysis for 484 organic micropollutants in environmental waters by the combination of tandem solid-phase extraction and quadrupole time-of-flight mass spectrometry with sequential window acquisition of all theoretical fragmentation spectra acquisition. *Analytical Chemistry*, 91, 7749-7755, 2019
- 27) 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: 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, 2019

## 9. 謝辞

本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(JPMEERF18S11711), 国立環境研究所と地方環境研究所とのII型共同研究の支援により実施した。