

NATIONAL
INSTITUTE FOR
ENVIRONMENTAL
STUDIES

災害環境研究の

今

第4号

災害環境リスクへの備え
—事前復興に向けた取組—

LATEST UPDATE ON
ENVIRONMENTAL
EMERGENCY
RESEARCH



No. **04**

—
2023.3



表紙写真について

- 1 机上演習のイメージ
- 2 大気粉塵中化学物質測定の様子
- 3 平成23年東日本大震災で発生した津波被害
- 4 平成27年9月関東・東北豪雨による常総市水害の様子
- 5 平成28年熊本地震で活動する自衛隊
- 6 平成28年熊本地震被災地の水質調査(国環研・熊本大)

「災害環境研究の今」とは何か

「災害環境研究の今」は、

国立環境研究所が福島地域協働研究拠点を中心に

進めている災害環境研究の最新の成果を、

災害等で生じた様々な課題の解決に向けて

社会の最前線を取り組んでいる方々へ

お届けするための冊子です。

現場の課題を私たちがどのような問題構造で

とらえているのかを概説し、

関連する代表的な研究成果とともに

分かりやすくお伝えします。

本冊子を通して、

災害と環境にかかわる現場の課題解決と、

安全で安心な暮らしの実現に

少しでも貢献できれば幸いです。

災害環境リスクへの備え — 事前復興に向けた取組 —

大迫 政浩

資源循環領域 領域長

千年に一度といわれる東日本大震災から約12年が経過しました。大地震とそれに伴う大津波は多くの犠牲者をもたらし、生活の基盤を破壊しました。膨大な災害がれきの発生や燃料タンクの倒壊と火災に伴う有害物質の生成、被災した事業所からの化学物質の漏洩など、環境や健康への影響が懸念される様々な問題が起こり、私たちは災害が環境リスクと極めて関係が深いことを改めて認識しました。

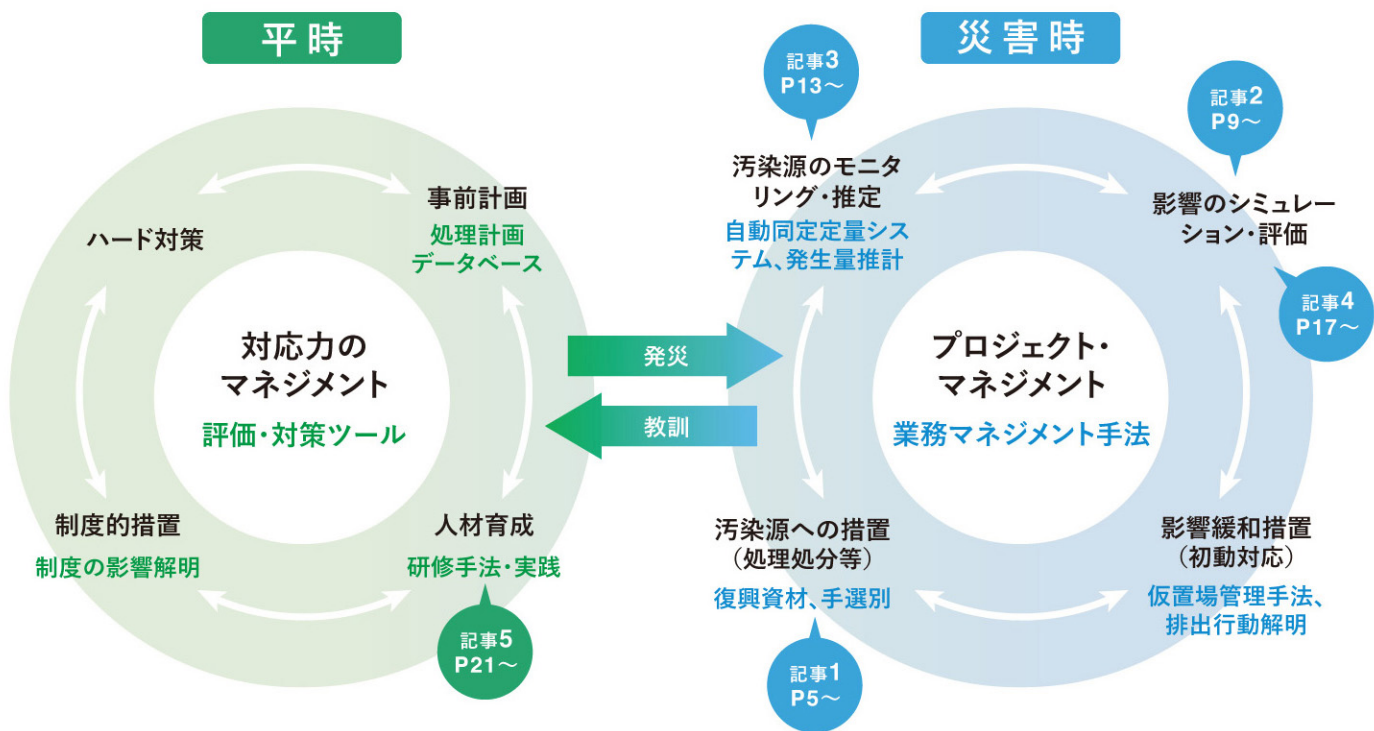
国立環境研究所は長年にわたり環境問題について研究を行い、その解決に努力してきました。東日本大震災が発生した直後から、時々刻々と生じる環境問題の実態を適切に把握し、これまで蓄積してきた科学的、技術的知見を活かして、対処方法を行政や産業界とともに模索し、被災地の復旧、復興に貢献してきました。そして同時に、災害によってどのように環境問題が生じ、どのように対処していくことがもっとも適切かを、研究を通して記録し検証してきました。また、将来の自然災害に備えて、実際に災害が起こった後の対処方法だけでなく、災害時の影響軽減や早期回復のために平時からどのようなシステムづくりを行っておくべきかという視点を重視して研究を進めてきました。それは、平時から災害時までどのように継ぎ目なく対応していくかが重要であると考えているからです。

さて本号では、第4期中長期計画(2016~2020年度)における実施課題「災害環境マネジメント研究プログラム」における研究成果を紹介します。図1に災害環境マネジメントの全体像と本号記事で扱うテーマの位置づけを示しました。一方、研究プログラムは三つのプロジェクトから構成されています。一つ目のプロジェクトは、災害時の資源循環・廃棄物マネジメントの強靱化に関する研究であり、災害廃棄物問題に関する技術的な対策の高度化

や対応する組織マネジメントの在り方などを検討してきました。二つ目のプロジェクトは、災害に伴う環境・健康リスク管理戦略に関する研究であり、災害時の化学物質の漏洩等に伴う汚染問題に着目して、汚染や影響のメカニズム解明やモニタリングシステム等の開発を行ってきました。そして三つ目のプロジェクトは、各種対策を支える情報や人材の基盤づくりに関する研究であり、災害廃棄物対策を中心に情報プラットフォームの整備や人材育成手法の開発などを進めてきました。

そして本号では、いくつかの研究成果にフォーカスして、成果の内容と今後の展望などについて紹介したいと思います。まず初めに、プロジェクト1の成果の中から、災害廃棄物を資材として利活用し復興事業に使っていくための処理方法や環境安全性の確保の考え方などに関する研究成果を紹介します。つぎに、プロジェクト2の関連から三つの記事を紹介します。まず一つ目は、化学物質の環境漏洩の事例を収集して解析し、どのようにして漏洩や環境影響が生じるのかそのメカニズムや特徴を一般化する試みの成果です。そして二つ目は、災害時に漏洩した化学物質をどのような技術でどのような体制で迅速にモニタリングしていけばよいかについて検討してきた成果です。さらに三つ目は、環境に放出された化学物質の人への影響を早期に捉えるための曝露調査方法等に関する海外事例などを基にした検討成果を紹介します。プロジェクト3からは、災害対応力向上に資する人材育成の在り方について、災害廃棄物対策分野において必要とされる能力の整理やその能力を高めるための人材育成手法の開発に関する取組みを紹介します。そして最後に「コラム」として、再度これまでの研究成果を総括するとともに、新たな第5期中長期計画に向けた研究の方向性について展望したいと思います。

【図1】災害環境マネジメントの全体像と本号記事で扱うテーマの位置づけ
出典 | Tajima and Osako (2021) を基に作成



左が平時、右が災害時のマネジメントサイクルであり、
緑色と水色の文字で書かれたキーワードに係る研究がこれまで取り組まれてきました

東日本大震災以降も毎年のように自然災害は発生しています。いっどこで私たちが災害に見舞われてもおかしくない状況です。そのような中、私たちの研究プログラムでは、研究を通して得た知見を目の前の災害への対処に活かしていくことも重視してきました。研究の成果は被災した地域の環境回復に活かされてこそ価値があるのです。同時に、実践的な取組みを通じて得た反省や教訓からも新たな気づきが得られ、研究の質をさらに高めていくことにつながります。私たちはこのような研究の進め方を「アクションリサーチ」と呼び、災害研究へ

の取り組み方の姿勢として大切にしてきました。研究の仕事は多種多様な事象を一般化していくことですが、災害の現場を目の当たりにして思うのは、研究者が貢献するには厳しすぎる様々な現実が存在するという事です。そのギャップを埋めていくには、私たち自身が現場の現実から目をそらさず、実用的にも価値のある研究の知見を提供し、将来の災害環境リスクへの備えをしていくことなのだと思います。そのような思いや苦労も、本号のそれぞれの記事から感じ取っていただければ嬉しく思います。



この研究により
解決したい課題

津波のような広域巨大災害では、災害廃棄物と土砂の混合物が大量に発生します。これらを最終処分するための用地の確保は困難であるため、災害廃棄物の分別によって生じる土砂の利活用が必須となります。そのために解決すべき課題として、「廃棄物」由来の材料であること、プラスチックや木くずが残っていること、自然由来の有害物質が溶出する可能性があること、などが挙げられます。

この研究による貢献

災害廃棄物を処理して得られた分別土砂を安全・安心に利用できることを示す様々な実験実証データの取得や、利活用を推進するための制度作りに貢献しています。

Research 01

広域巨大災害で発生する 災害廃棄物分別土砂の 利活用の推進に向けて

着倉 宏史

資源循環領域 試験評価・適正管理研究室 室長



【写真1】災害廃棄物

東日本大震災での 災害廃棄物利活用の課題

近年に類を見ない広域巨大災害であった東日本大震災では、多くの構造物が地震動や津波によって破壊され、また、海底の堆積物が津波によって打ち上げられ、約2000万トンの災害廃棄物(写真1)と、約1100万トンの津波堆積物と呼ばれる土砂(写真2)が発生しました。その量は、特に被害の大きかった岩手・宮城・福島
の3県にとっては、通常発生する一般廃棄物の何倍もの量でした。そのため、東日本大震災からの復旧復興事業では、出来るだけリサイクルを行うなどして、最



【写真2】津波堆積物



【写真3】分別土砂

終処分する廃棄物の量を出来るだけ少なくする努力が積み重ねられました。まず、災害廃棄物や津波堆積物は、仮置き場に集められて、各素材・材料へ分別が進められました。図1および図2は、それぞれ、岩手県および宮城県における、災害廃棄物などの内訳を示したものです。これらのうち、木くずはチップ化して燃料へ、金属くずは精錬原料へ、コンクリート解体物は破碎して路盤材などへ、それぞれリサイクルが進められました。プラスチックなどを多く含む可燃系の混合廃棄物は、仮設焼却炉などで焼却し、減容化を行いました。そして、これらの処理リサイクルを通して最後まで大きな課題になったのが、不燃系の混合廃棄物や、様々な廃棄物の混ざった津波堆積物を分別処理して得られた「分別土砂」(写真3)でした。

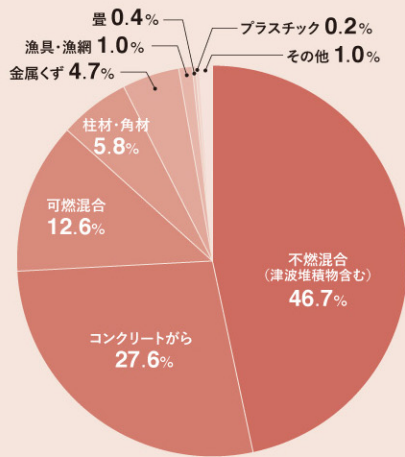
分別土砂の利活用推進に向けた 取り組み

東日本大震災からの復旧復興事業では、土地の嵩上げや造成、農地復旧、防潮堤

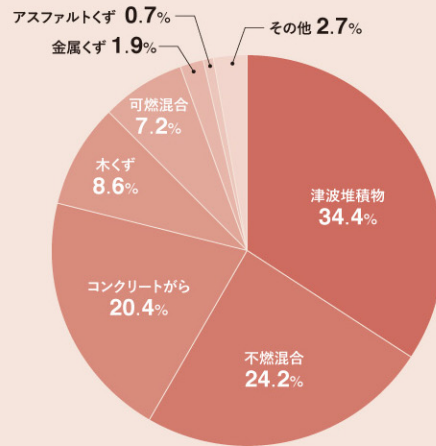
建設などへ、大量の土砂が必要となりました。したがって、分別土砂もこれらの工事への利用が期待されました。しかし、分別土砂には、分別の過程で回収しきれなかった木片やプラスチック片が残っていました。また、もともと海底にあった頃から含んでいたと思われる有害物質が溶出して土壌環境基準を少し超える可能性のあることがわかりました。このような土砂を利活用することは初めての経験であり、将来にわたって何も問題が生じないのかは不明であったため、分別土砂の利活用は思うようには進みませんでした。その結果、復旧復興工事のために遠くの土取場から新たな土砂を運ぶダンプトラックが、災害廃棄物処理から得られた分別土砂の山を通り過ぎていくというような光景が、少なからず、見受けられました。

そこで国立環境研究所では、分別土砂の物理・力学的な安定性や環境安全性に関する様々な研究に取り組み、盛土を試験的に構築するなどしてデータを積み重ね(図3)、土砂として十分に利用可能であることを実証しました。さらに、岩手県、

【図1】岩手県で発生した災害廃棄物540万トンの内訳
(地盤工学会,2014a)



【図2】宮城県で発生した災害廃棄物1900万トンの内訳
(地盤工学会,2014a)



【図3】実証盛土構築の様子

1 混合処理装置全景



2 津波堆積物の処理



4 処理土転圧状況



3 処理土敷き均し状況



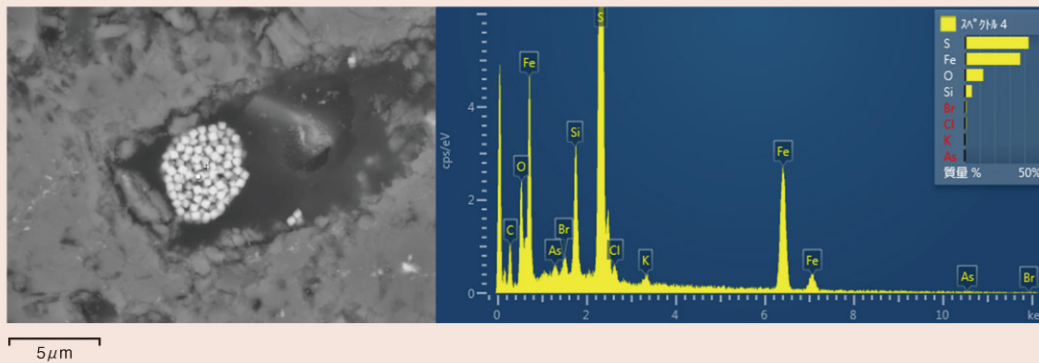
5 モデル盛土全景



6 経時モニタリング



【図4】フランボイダルパイライトと呼ばれる黄鉄鉱の電子顕微鏡像(左写真)と、その中の主要元素の測定例(右図)(撮影：上島雅人氏)



宮城県、福島県のそれぞれの県の環境部局と建設部局、さらには、環境省、国土交通省、復興庁からの参加を得て、分別土砂などの利活用を推進するための検討委員会を地盤工学会に設置して、検討を重ねました。先に述べたように、分別土砂は、土壤環境基準には必ずしも合格できない場合があります。しかし、だからといって、利活用が全くできないものではありません。環境安全性のレベルに応じて利用場所を限定するなどして、利活用を進めるべき、という考え方が整理されました。その成果として、2014年3月、「災害からの復興における社会基盤整備への復興資材等の利用のあり方に関する提言」を地盤工学会から発出し、続いて2014年10月には、「災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン」を、同じく地盤工学会から発行するに至りました(地盤工学会, 2014b)。このガイドラインは、将来の広域巨大災害における災害廃棄物等の利活用のあり方を考える際の重要な指針になっており、幾つかの都道府県や市町村では、災害廃棄物処理計画の中で参照されています。ただし、ガイドラインを参照するだけでなく、具体的にどのようにして、分別土砂を優先して利活用するかなどの事前の取り決めを結んでおくことが必要であると考えています。

分別土砂の環境安全性解明に向けた取り組み

また、私たちは、分別土砂の環境安全性を科学の面から解明しようという研究に取り組んでいます。分別土砂の由来である津波堆積物は、元々、海底に堆積していました。このような堆積物は、粒径10 μm 程度以下の、黄鉄鉱という鉱物の粒子を含んでおり、その黄鉄鉱の中には不純

物として砒素などの有害物質を含んでいることが知られています。黄鉄鉱は、海底のような酸素のない環境では安定して存在しており、有害物質は溶出しませんが、酸素に触れると酸化分解して、有害物質を溶出する場合があります。私たちは、このような黄鉄鉱(図4)の中の砒素の存在形態や化学的な安定性について研究を行っています(Ueshima et al., 2019)。これまでの研究から、還元環境で安定な黄鉄鉱は酸化環境に晒されると酸化分解して砒素をいったん放出しますが、さらに酸化が進むと、水酸化鉄が生成して砒素を吸着し放出を抑制するという挙動がわかってきました。また、いったん津波堆積物から溶出した砒素などの有害物質は、再び、津波堆積物に吸着することも考えられます。このような、溶出や吸着のパラメーターである「分配係数」を知ることができれば、有害物質の溶出の長期的な挙動を予測でき

る可能性があります。これまで、津波堆積物のように、有害物質を溶出する土砂や材料の分配係数は、通常の吸着試験で求めることは出来ませんでした。そこで私たちは、液固比という試験条件を変えて複数回の溶出試験を行い、溶出操作前後の物質収支式と吸着等温式とを連立させることにより、有害物質を溶出する土砂や材料の分配係数を求める方法を開発しました(Sakanakura et al., 2021)。このような基礎的な検討は、分別土砂の利活用に対する長期的な安全・安心につながるものとして、大切であると考えています。因みに、黄鉄鉱を含む堆積物は、例えば関東平野や大阪平野の地層にも広く分布しており、掘削を伴う建設工事でも大量に生じることがあります。したがって、一連の研究は、このような自然由来の有害物質を含む土砂を安心して有効利用しようとする際にも役立つことが期待されます。

今後のとりくみ

災害廃棄物の利活用は、広域巨大災害からの復旧・復興において必要不可欠です。しかし、廃棄物であった材料を使用することへの抵抗が大きいことも事実です。そのため、円滑に、安心して利活用が進められるように、国レベルでの仕組みを整えるよう働きかけたり、そのための科学的根拠となる知見を積み重ねていきたいと考えています。

● 参考文献

- 地盤工学会 (2014a) 災害からの復興における社会基盤整備への復興資材等の利用のあり方に関する提言 - 解説 - http://deido-recycling.jp/image/pdf/20140901_teigenkaisetu.pdf (2022.09.12確認)
- 地盤工学会 (2014b) 災害廃棄物から再生された復興資材の有効活用ガイドライン, https://www.jiban.or.jp/file/organi/bu/chousabu/fukkoshizai/fukkoshizaiguideine141002_contents.pdf (2022.09.12確認)
- Ueshima M., Hashimoto Y., Sakanakura H. (2019) Chemical Stability of Framboidal Pyrite Containing Geogenic Arsenic in Alluvial Sediments. *Journal of Environmental Quality*, 48, 1907-1912.
- Sakanakura H., Ito K., Tang J., Nakagawa M., Ishimori H. (2021) Determining Adsorption Parameters of Potentially Contaminant-Releasing Materials Using Batch Tests with Differing Liquid-Solid Ratios. *Materials*, 14, 2534.

化学物質の環境放出に関する 過去の事故事例の解析

小山 陽介

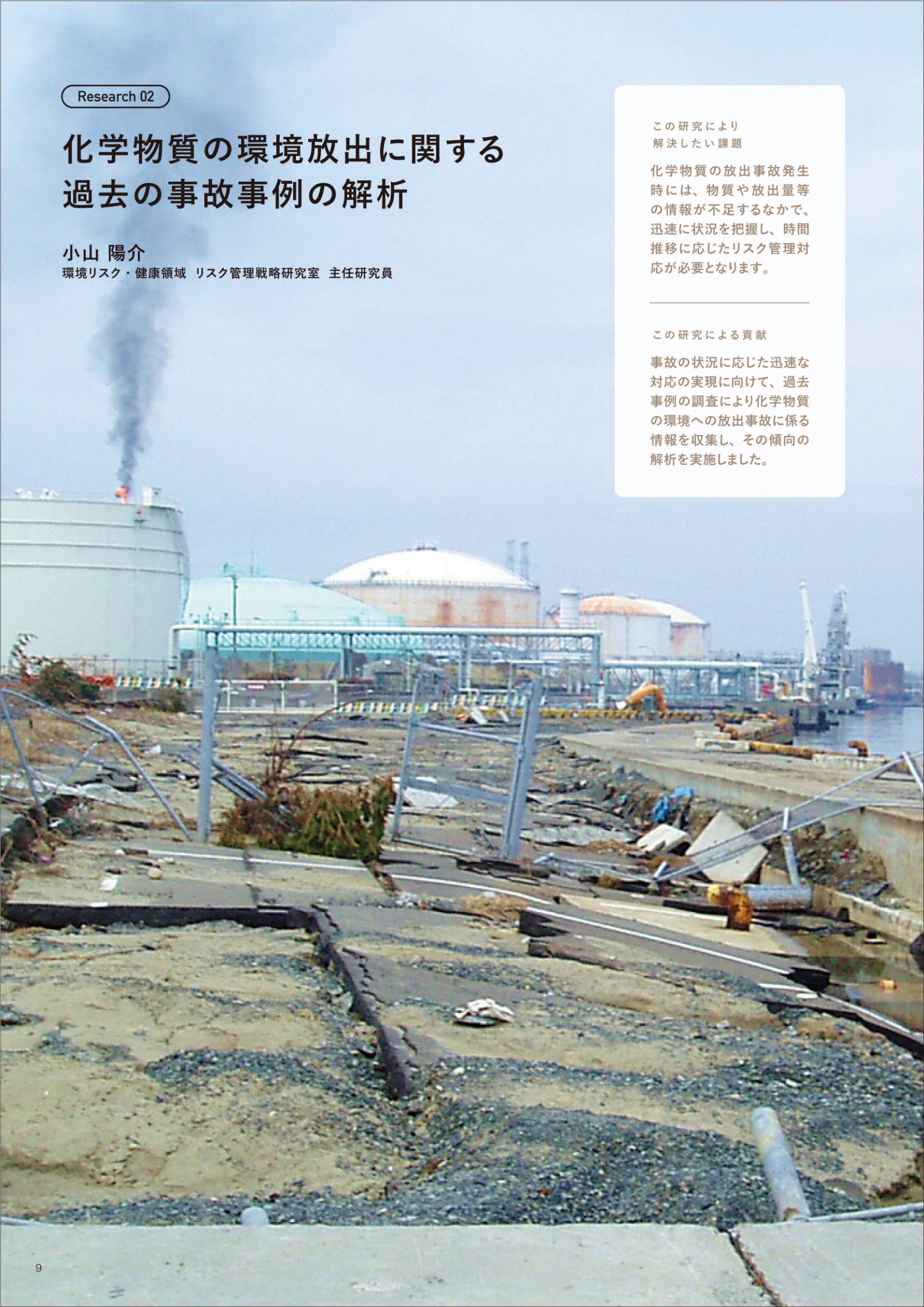
環境リスク・健康領域 リスク管理戦略研究室 主任研究員

この研究により
解決したい課題

化学物質の放出事故発生時には、物質や放出量等の情報が不足するなかで、迅速に状況を把握し、時間推移に応じたリスク管理対応が必要となります。

この研究による貢献

事故の状況に応じた迅速な対応の実現に向けて、過去事例の調査により化学物質の環境への放出事故に係る情報を収集し、その傾向の解析を実施しました。



化学事故とリスク管理

自然災害や人為災害(ここでは、事業所内における火災、爆発、漏洩などの事故を含む)の発生により化学物質が環境中に放出されることがあります。これらの化学物質は人間や環境に危害を及ぼすことがあり、適切なリスク管理が必要となります。環境への化学物質放出事故(以下、化学事故)として良く知られているものとして、1976年のセベソ(イタリア)のダイオキシン類放出事故、1984年のボパール(インド)のイソシアン酸メチル放出事故、1986年のバーゼル(スイス)薬品倉庫火災によるライン川の汚染事故などが挙げられます。周辺住民や周囲の環境に多大な被害を及ぼしたこのような

事故を経験し、化学事故に関する管理体制は強化され、大規模な事故の頻度は減少傾向にあるといえます。一方、輸送中や事業所で発生する、比較的、小規模な事故による化学物質の放出は近年も多数発生しています。国内では、消防法に基づく危険物施設における火災・流出事故は、平成12年以降毎年500件以上報告されています(消防庁, 2020)。

化学事故のリスク管理は、事故の発生自体を防ぐ安全工学的な管理と、放出された物質による人間や環境への影響の管理に大別できると考えられますが、私たちの研究では、後者の放出後のリスクに焦点を当て、リスク管理手法を体系化することを目的としています。

過去の事故事例調査

化学事故時の一般環境におけるリスク管理を考えるためには、事故の規模や放出期間、放出物質やその放出形態、物質の特性(毒性や残留性など)や放出量など、リスク管理に係る様々な要素の考慮が必要となります。私たちの研究では、過去に実際に発生した事故事例の調査を行い、これらの要素情報を収集しました。事故や災害に関する既存の情報源は、それぞれのコンセプトのもと、情報が収集されていますが、必ずしも「一般環境への化学物質の放出(本稿では、大気への放出、水域や土壌への流出・漏洩・飛散など、化学物質が一般環境に放出される事象を広く含む)」に焦点を当てて



集約されたものではありません。例えば、前述の危険物施設の事故に関しては、火災事故の出火原因となった物質についての集計はありますが、環境への放出物質やその量に関する情報は無く、流出事故においても集計対象は危険物に限られています。また個別事例の情報は基本的に公表されていません。

そこで、私たちの研究では、まず、「一般環境への化学物質の放出」の可能性のある事例を収集するため、災害情報データベース(辻, 2003)に掲載の事例について、web等で入手可能な情報を参照し、事例のスクリーニングを行いました。この際、火災を伴う事故では、燃焼生成物の大気放出や、爆発により事業所内の取扱物質が周辺土壌等に飛散する可能性があるため、事故の規模等を考慮したうえで調査対象に含めることとしました。その他、流出の有無、化学物質に係る記述の有無などから、化学物質の一般環境への放出の可能性を判定しました。このスクリーニング結果をもとに、事故時の事業所における取扱物質や事故により生成された物質、それらの環境中への排出状況、事故後の推移などを調査するため、当該事業者へアンケート調査票を配布し、webアンケート(図1)を実施しました。事例の選定においては、化学工業を営む事業所において発生した事例や、近年発生した事例を中心に200件を選定し、そのうち63件について回答が得られました。本アンケート調査を通して、得られた知見と課題について紹介したいと思います。

調査した放出事故の概要

事故の分類としては、火災・爆発を伴うものが36件、流出・漏洩に該当するものが27件でした。取扱物質の放出時間(図2)については、1日以上事例は3件であり、多くは1日以内でした。1日以内の事例の約4割(29件)は、放出時間が10分以内であり、これらの多くは初期対応により放出を停止出来たものと考えられます。ただし、火災・爆発を伴う事例のうち、6件は瞬間的な爆発によるもので、飛散による環境放出の可能性が考えられ、実際に敷地外環境での分析調査が実施された例もありました。火災・爆発の事例では不明の回答が10件ありましたが、個別に確認すると、火災の発生時間として1日以上事例が複数ありました。長期の火災では、何らかの生成物質の放出の可能性はあるものの、「取扱物質の放出」の判別が困難であるため、このような回答結果になったと考えられます。

事故時の取扱物質および事故に伴う生成物質

放出した可能性のある取扱物質および生成物質の名称については、59件の事例(91物質)で回答があり、事故による生成物質の名称は、推定によるものも含めて12件の事例(15物質)で回答が得られました。取扱物質については、塩素、ベンゼン、フェノール、水酸化ナトリウムなど、一般的な化学物質名での回答のほか、いわゆる化学物

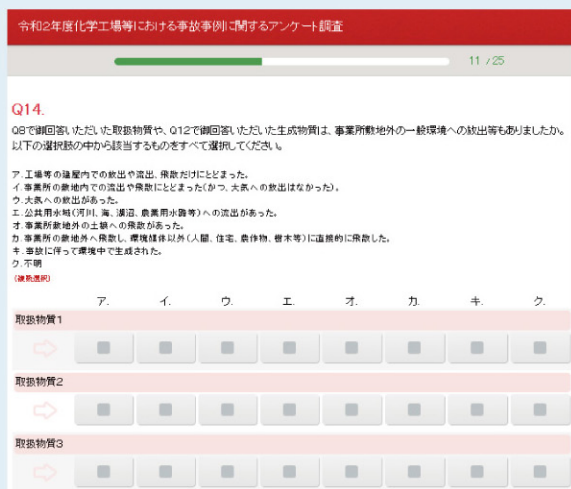
質の名称とは言い難い物質名(例:「～油」、「～樹脂」、「シンナー」など)も多く見られました。事故発生時には、初期情報として、製品名や混合物しか把握できないことも多く、環境調査を実施する場合、このような情報からモニタリング対象物質を判断できるようにしておくことも重要と考えられます。

上記の取扱・生成物質のうち、90物質に関して排出先に関する回答があり、57物質は敷地内に留まったとの回答でした。敷地外排出に関しては、大気が20物質、水域が9物質、敷地外への飛散(土壌等)は8物質、回答がありました(複数媒体への回答を含む)(表1)。

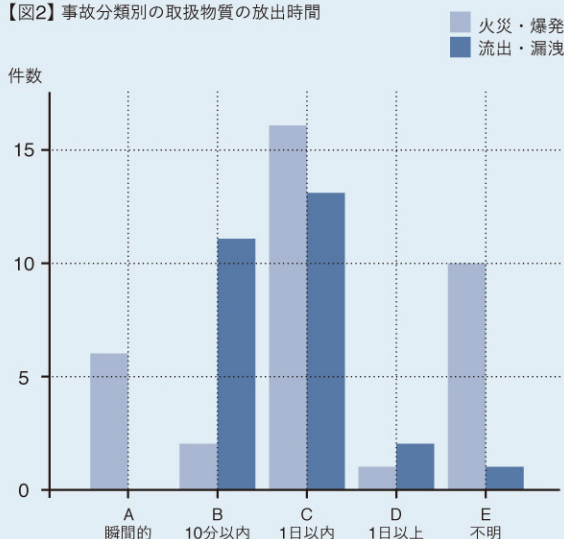
また、放出量に関しては、32物質について回答がありました(表2)。100kg～1tの放出が最も多く(12物質)、次に多いのは1kg未満(7物質)で、1t以上の放出も3物質ありました。全体として排出量が多いほど、放出時間も長くなる傾向がありましたが、瞬間的な放出により、数百kgの物質が放出されるケースもみられました。これらのうち、25物質について、事故前の保管量についても回答がありました。保管量に対する放出量の比率は、ごく少量の場合から全量放出まで様々であり、状況に合わせた対応を想定しておくことが必要と考えられます。

環境中の濃度測定の実施内容については、13件の事例で回答がありました。濃度測定の方法は2種類に大別できると考えられ、取扱物質等に関して、日常的に測

【図1】webアンケートの回答ページ



【図2】事故分類別の取扱物質の放出時間





平成27年9月関東・東北豪雨による常総市水害の様子

定している方法により分析を実施する場合と、環境基準の設定項目に対し分析を実施する場合があります。後者は3件の事例が該当し、いずれも火災事故におけるものでした。火災事故においては、放出物質の特定が困難であることから、環境基準の設定物質に対し、網羅的な分析が実施されたものと考えられます。

事故時の放出物質把握における課題

今回のアンケート調査で回答いただいたような取扱物質の情報は、通常、公表されおらず、他の届出情報等から、化学事故時に放出可能性のある物質を想定できることが望ましいと考えられます。PRTR届出は、化学事故の可能性のある場所と物質について、一般にも事前に把握可能な唯一の情報源と考えられます。そこで、本アンケートで得られた回答をPRTR届出データと比較しました。しかし、今回の調査では、回答物質とPRTR届出物質が合致する（あるいは関連性が予測できる）事例はほとんどなく、業種や事業内容など、他の利用可能情報も考慮し、事故時の放出可能性物質の検討を進める必要があると考えられます。

【表1】敷地外排出事例における放出時間別・放出先別の取扱・生成物質の数

	瞬間的	10分以内	1日以内	1日以上
大気	5	5	10	0
公共用水域	4	0	4	1
敷地外飛散	5	2	2	0

【表2】放出時間別・放出量別の取扱・生成物質の数

	瞬間的	10分以内	1日以内	1日以上	不明
1kg未満	3	2	2	0	1
1～10kg	0	1	1	0	3
10～100kg	0	1	2	0	1
100kg～1t	4	2	6	0	0
1t～10t	0	0	1	0	0
10t以上	0	0	1	1	0

今後のとりくみ

今回収集した要素情報は、当事者でも把握できていないことも多く、化学事故時に把握しておくべき情報を整理しておくことは重要と考えられます。過去の事例を参考に、化学事故のモデルケースを設定し、状況に応じて適用可能な環境調査手法の整理やリスク管理手法の体系化に向けた検討を進めていきます。

● 参考文献

- 1) 消防庁(2020) 令和元年中の危険物に係る事故の概要
https://www.soumu.go.jp/main_content/000689493.pdf
- 2) 辻明彦(2003). 災害情報データベースについて. 安全工学, 42(2), 98-103.

災害時の 環境モニタリング体制と 測定技術

中島 大介

環境リスク・健康領域 曝露影響計測研究室 室長

高澤 嘉一

環境リスク・健康領域 環境標準研究室 室長

この研究により
解決したい課題

災害や事故の際、市民や復興・復旧に携わる人の安全を確保するためには、漏洩した化学物質のモニタリングが重要な課題です。そのための技術開発と体制確立を目指した取り組みを紹介します。

この研究による貢献

短期間に多種類の化学物質を測定できる方法を開発し、全国的なモニタリング体制の構築に向けて地方環境研究所の担当者を中心に研修を進めています。



災害と化学物質漏洩

国内で使用されている化学物質は数万種類と考えられ、化学物質を様々な用途に使用することによって豊かな現代社会が成り立っています。わが国の主な化学物質対策としては、自主的な化学物質管理の取組みの促進を基盤としつつ、製造や取扱い段階での規制に加えて、有害性の高い物質や排出量の多い物質・施設については個別法に基づいて環境への排出等を規制する仕組みがとられています。一方、我が国は地震、洪水、台風などの天災に見舞われることが頻繁にあります。災害は直接人命や社会インフラを脅かすだけでなく、このような化学物質管理施設を破壊し、漏洩を引き起こす可能性があります。火災や施

設の倒壊等による化学物質の漏洩事故はたびたび問題となっており、実際に東日本大震災^{1,2)}、平成30年7月豪雨³⁾、令和元年東日本台風等で化学物質の漏洩が報告されています。国立環境研究所でも災害や事故の際に現地調査を実施し、大気や環境水中の化学物質のモニタリングを実施してきました。災害や事故時を事前に想定した危機管理体制と環境修復及び監視のための体系的な仕組みの構築は、強靱な社会づくりの実現には不可欠となっていますが、いまだ不十分な状況にあります。モニタリング技術の整備・その実行体制の整備には行政・研究機関・企業・市民等と連携して構築を進めておくことが重要です。

災害時環境モニタリングに必要な技術的課題

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、以下の6つの研究を深める必要があると感じます。それは、どこで何を測るべきか(調査計画法)、どう測るべきか(測定技術)、どう解釈するか(判定・判断)、どう対応するか(対策)、何を準備しておくべきか(平時)、どう整備していくか(準備と整備)の6点です。今回は特に測定技術に関する研究について紹介します。

現状の事故・災害では、化学物質の漏洩の報告から対応がスタートするため、多くの場合は漏洩した化学物質が特定できています。一方、東日本大震災級の災害では、何がどれだけ漏洩したのか事前に把握できないことがあります。このような場合には、できるだけ早く、できるだけ多くの物質を測定できる分析法が必要になるでしょう。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」があります⁴⁾。そこには、検量線データベース法⁵⁾を利用して285種類の物質を簡易にガスクロマトグラフ質量分析計(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ます。これは、標準物質を使わずに半定量・半定量を行うことができる分析・解析法

で、自動同定量システム(AIQS)と呼ばれます。今では半揮発性物質を対象としたAIQS-GC⁶⁻¹⁰⁾向けには約1,000物質の情報 that 記載されたデータベースや解析ソフトが市販されています。私たちは、このAIQS-GCを災害時の環境モニタリングに実装するための研究を進めています。

災害時環境モニタリング用 AIQS-GCの開発と汎用化

大規模な災害時における環境モニタリングでは、被災地の試料を別の自治体が測定したり、解析は更に他の自治体が協力するような広域での応援が行われる可能性があります。その前提として相互に互換性のある測定・解析システムが必要です。現在市販されているAIQS-GCは、使用するGC-MS装置によって測定条件や解析ソフトも異なり、互換性がありません。そこで私たちは、共通した測定条件を設定し、共通の解析ソフトと共通のデータベースを使う汎用のAIQS測定法を開発しました。

AIQSへの収載物質の拡大も重要な取り組みです。現在、国内ストック量と毒性情報等や、地方公共団体の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ます。併せて、汎用化されたAIQSソフトウェアもオンライン上で動かせるWeb版AIQSを開発し(図1)限定的に運用を試行中です。Web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、

【図1】ウェブ版AIQSの解析画面例



その操作に不慣れなユーザーが使用す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てあります。

また検出された物質については国立環境研究所で整備している化学物質データベース (webkis-Plus) へのリンクを貼ってあり、毒性や精密分析法、過去の測定事例等の情報にアクセスできるようになっています。

地方環境研究所との協働と 実装に向けた取り組み

AIQSによる測定と解析は、装置のメンテナンスと測定技術に一定の熟練を要します。そこで、国立環境研究所との共同研究に参加する約40の地方環境研究所には操作法の研修を実施してきました。開発した汎用AIQSソフトウェア、52種類と119種類の化学物質を含む2種類の混合標準溶液を配布し、各々測定と解析を実施してもらい測定機関のGC-MSの状況と測定技術の合否を判定しています。最初は合格にならなくても、様々なメンテナンスを実施して



【図2】環境調査研修所(所沢)での研修風景

もらうことで多くの機関がこの3年間で合格に達するようになりました。合格した機関には続いてAIQSの解析に進んで頂いています。ソフトウェアの不具合の発見、改善提案等は参加地環研から集約し、順次改善を進めています。そのほか2021年度後半には、20機関の協力を得て、水質試料からの添加回収率の確認や、共通試料による装置間測定誤差、ラボ間誤差の確認を行い、良好な結果が得られてきています。

国環研では集合型の研修もオンライン・オンラインで開催してきました。特に2019年度には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」が取り上げられました(図2)。

2022年度から新たなII型共同研究「災害時等における化学物質の網羅的簡易迅速測定法を活用した緊急調査プロトコルの開発」が42機関の参加でスタートしたところです。ここではAIQS収載データのアップデートと、より実践的な演習を行う計画です。また、平時の化学物質管理へのAIQSの活用も模索します。

災害時の継続監視に向けた 大気モニタリング手法の開発

災害事故発生後の大気モニタリングでは調査地点が限られる一方で面的な展開も必要なことから、安価で数量の確保が容易な持ち運びのしやすいサンプラーが必要です。図3に示すサンプラーは、単一乾電池を動力源としており内蔵された簡易なファンを回転させることで大気を取り込む構造になっています。このサンプラーは、「一般的な大気捕集で用いられる交流電源が必要なアクティブ型のハイボリュームサンプラー」と「接触した空気量の推測が必要なものの電源が不要なパッシブサンプラー」の中間的な位置付けとなります。サンプラーのサイズは小型であり設置場所の制限がほとんどない上に大気の通気量を比較的正確に求めることが可能なため、漏洩した物質の物性に適した捕集剤を選定すれば、大気中の濃度を効率的に把握できます。迅速性と相性も非常に良く、例えば、本サンプラーを熱脱着分析用の捕集剤と組み合わせれば、捕集した物質(サンプリング後の捕集剤)に対して抽出や試料精製を伴わない分

重油による底質汚染が起きた大船渡湾の水質調査



析が実現します。本サンプラーの適用は、漏洩した物質の情報が推測可能な状況下だけでなく、包括的二次元ガスクロマトグラフィと高分解能飛行時間型質量分析計を分離検出器に用いることで広範囲の精密質量スペクトルの測定が可能となり、漏洩した物質の情報が不明な状況下においても捕集した物質の網羅的な組成情報が得られます。そのため、今後は副生物や反応生成物など事故等から直接に想定される以外の物質の測定も期待できます。



平成27年に発生した常総市水害後のサンプル採取の様子

【図3】セミアクティブ大気サンプラー



今後のとりくみ

災害時の環境モニタリングでは、地方環境研究所が大きな役割を果たすと考えられます。国立環境研究所では、災害時に必要な技術開発と地方環境研究所の支援を引き続き進めていきます。

●参考文献

- 1) 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-at-1/2r9852000001dmco.pdf> (2021.4.20アクセス)
- 2) 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 (2021.4.20アクセス)
- 3) 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 (2021.4.20アクセス)
- 4) 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
- 5) JISK0123:2018 ガスクロマトグラフィー質量分析通則
- 6) 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
- 7) 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
- 8) 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
- 9) Allinson M., Kadokami K., Shiraiishi F., Nakajima D., Zhang J., Knight A., Gray S.R., 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
- 10) 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 fragment-ion spectra acquisition. *Analytical Chemistry*, 91, 7749-7755, 2019
- 11) 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
- 12) 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

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, JPMEERF18S11714)、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ています。



この研究により
解決したい課題

災害時や災害後に発生する
化学物質の漏洩・拡散から、
災害に対応する人々や住民
の健康を守ることは必要で
すが、日本ではその体制や
調査手法が十分に確立され
ているとは言えません。

この研究による貢献

日本において災害後の対応
者、住民、ボランティアなど
の化学物質ばく露の把握、
健康管理、対策に役立てる
ことができます。

Research 04

災害時化学物質のばく露評価、 疫学調査ツールについて

中山 祥嗣

環境リスク・健康領域 曝露動態研究室 室長

高木 麻衣

環境リスク・健康領域 曝露動態研究室 主任研究員



机上演習のイメージ

災害時ばく露評価ツールの必要性

災害が起こった際、被災地域に住む人々はもちろん、救命時、復旧時、様々な段階において、様々な業種の人が出動します。例えば、消防士、警察官、医療従事者、行政、自衛隊、ボランティアなどです。災害時には、化学物質が環境中に放出される可能性があり、それらから関係者の健康を守る必要があります。

例えば、水害、津波被害が起こった際は、生活圏内には、下水、浸水した工場からの

有害な化学物質、農家の倉庫に保管している農薬なども流れ出てくる可能性があります。衛生上の問題の他、化学物質への接触も考えなくてはなりません。2019年に起きた九州北部豪雨では、工場で使用されていた油が周辺に拡散してしまい、多くの人が流出した油の回収に携わりました。1997年の日本海で起きたナホトカ号による重油流出事故では、環境回復のために重油回収が行われました。25万人以上の地域住民とボランティアがバケツリレーで、流れ着いた重油をくみ取る作業を行っています。

燃料油は揮発性であるため、眼鏡やゴーグルをつけていないと目が充血し、マスクなしでは息苦しくなり、頭痛もしたということです(田崎ら、2021)。千葉県を直撃した2019年の台風15号後は、室内のカビの発生も問題となりました。国内の災害例をいくつか見るだけでも、住民や災害対応者の健康に影響を及ぼすような事例は多くありますが、どの程度どんな化学物質にさらされたのか、健康へ影響がどの程度であったのかはわかっていないのが現状です。

住民、災害対応者への健康を守るためには、災害に伴う化学物質ばく露や健康状態を把握することが必要であり、そのための調査方法、体制、ツールを準備、そしていざとなった際に活用できるようにしておく必要があります。しかし、現在の日本では、そのような仕組みは十分とは言えません。

そこで、化学物質の流出状況を把握するための調査手法の開発、地方研究所と協力した調査体制構築が、国立環境研究所を中心に進められつつあります(Research02、03参照)。

ここでは、災害時の住民、災害対応者の化学物質のばく露と疫学調査のための、海外の取り組みを紹介し、日本での適用について検討していることを説明します。

海外の取り組み ~米国の取り組み例~

米国では、国立衛生研究所(National Institute of Environmental Health Sciences; NIEHS)が主導となり、Disaster Research Response (DR2 program)という災害対応研究プログラムを進めています(図1)。DR2プログラムは、災害や公衆衛生上の危機に対応する研究を助けるツールや訓練、資金などを提供しています。このデータベースに掲載されているツールやガイドライン等は2020年10月時点で



【図1】米国NIEHSのDisaster Research Response (DR2) programのページ (<https://www.niehs.nih.gov/research/programs/disaster/index.cfm>)



平成23年東日本大震災による津波被害

500個を超えており、必要な情報がダウンロードできるようになっています。日本のものもいくつか含まれています。

私たちは、これらの中から、日本の災害時に生かすことができそうなツールを選択し、日本語版の作成をしています。例えば、表1に示したものなどがあります。

机上訓練や教育活動

■海外の事例

NIEHSでは、ステークホルダーに地域機能の確認および強化する力を与える、災害研究の概念を紹介する、協力体制を促進することを目的として、これまでの災害事例や、想定災害シナリオに基づき、行政機関、警察、

消防、学生、産業界など、さまざまな立場の人が集い、表2に示すような机上演習やディスカッション、災害時に使えるツールなどの情報交換などを行っています(NIEHS)。筆者らは、2019年に開催された列車事故時のトレーニングに参加しました。列車事故が起こった時点から始まり、直後の対応、2週間後の対応、1か月後、2か月後の対応など段階に分けて、それぞれの段階における対応者や住民の健康を守るため、また回復のために必要な対応について、その時に使用可能なツールなどの紹介を交え、パネルディスカッションが行われました。

■国立環境研究所での試行

国立環境研究所において、各種の災害時

を想定して、問題点、対応者、必要な調査研究について、1週間以内の直後の対応、1か月以内の短期の対応、1か月以上先の中長期的な対応に整理する机上演習を試行的に行いました。例えば、記録的大雨が山間部に降った場合の災害を想定した場合、どんな問題が発生し、どんな人が対応し、必要な研究や調査は何か、を表3のように洗い出し、ブレインストーミング(ある問題について自由にアイデアを出し合うこと)を行いました。まだ試行段階ですが、様々な災害対応者が集い、ブレインストーミングを重ねることで、日本における災害時の環境モニタリング、ばく露モニタリング、災害疫学の体制構築につながると考えています。



【表1】国立環境研究所で日本への適用を目指しているツール・調査票の例

ツール/ガイドライン等名	概要
1 Rapid Acquisition of Pre- and Post-Incident Disaster Data (RAPIDD) Study	災害が及ぼす健康影響調査研究に関する手順書(プロトコル)です。参加者の登録、生体試料、健康データの収集、倫理審査について書かれています。質問票も準備されています。
2 Assessment of Chemical Exposure (ACE), ツールキット	化学物質事故後の評価の際に使用できる、調査票、同意書、訓練材料、データベースがそろっています。ばく露、健康影響、人口統計学的情報、病歴、職業歴、およびコミュニケーションを評価する質問票様式があり、13歳以上の成人または小児を対象とした電話や家庭訪問インタビューで使用することができます。
3 Gulf Long-term Follow-up (GuLF) Study 質問票	GuLF Studyとは、メキシコ湾原油流出事故における事故対応者および清掃作業員の追跡健康調査です。基本的な連絡先情報、任務、個人用保護具の使用、人口統計データを収集するための登録書式や電話・訪問インタビューのためのフォームがあります。
4 NIOSH Alert: Preventing Occupational Respiratory Disease from Exposures Caused by Dampness in Office Buildings, Schools, and Other Nonindustrial Buildings	居住者の湿気のある建物内で受けるカビ等のばく露による呼吸器への影響に関する情報や、建物の湿気や関連する呼吸器症状や疾患をどう特定し、どう対応し、どう防ぐのかに関する推奨方法を提供しています。建物内部の点検リストもあります。

[参考資料、参考ページ(英文)]

1. NIEHS, 2015, https://www.niehs.nih.gov/research/programs/disaster/assets/docs/rapidd_study.pdf 2. ATSDR, https://www.atsdr.cdc.gov/ntsip/ace_toolkit.htm
 3. NIH, <https://gulfstudy.nih.gov/en/index.html> 4. NIOSH (CDC), <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-102/pdfs/2013-102.pdf>

【表2】DR2プログラムにおける訓練、教育の例

開催年/場所	シナリオ	形式
2014年 カリフォルニア州	アラスカ沖で起こったマグニチュード9.1の地震による大津波がカリフォルニア沿岸を襲うシナリオ。爆発や火災による煙、油の流出が発生。	机上演習
2015年 テキサス州	過去に起きたハリケーンカトリーナ、アイクに基づいたシナリオ。保管容器の浮遊、荷船との衝突により、オイルや化学物質が流出、火災、停電も発生。	机上演習
2016年 マサチューセッツ州	巨大ストームによる風水害のシナリオ。オイルタンクや化学物質保管容器の損傷により、化学物質が流出。	ワークショップ
2019年 アリゾナ州	2005年に起きた列車事故に基づくシナリオ。積んでいた液体プロパン、マラチオン(有機塩素系農薬)が流出。	パネルディスカッション、 テーマ別グループディスカッション

【表3】プレnstーミングの例(記録的大雨の場合)

	課題	対応者	必要な研究や調査
直後 (発災1週間以内)	●住宅等浸水 ●地すべり ●がけ崩れ ●化学物質やオイル漏れ	●消防士 ●救命救急士 ●医療関係者 ●政府・自治体 ●ボランティア	●ばく露計測(アスベスト、化学物質、揮発性化合物) ●ベースライン調査(基点となる資料やデータを把握しておくこと)
短期 (1か月以内)	●急性健康影響 ●感染症	●医療従事者 ●ボランティア	●モニタリング
中長期 (1か月以上)	●慢性的健康影響	●医療従事者	●前向き研究(将来に向かって問題とする疾病の発生を観察)

今後のとりくみ

- 今回紹介させていただいた、海外の過去の災害対応を基に整備されたいくつかのツールの日本語版を整備して、国内の有事の際に使用できるようにする予定です。
- 化学物質管理や環境モニタリングと連携して、化学物質ばく露状況の把握方法を整備する必要があります。
- 自治体や様々な関係団体と連携して、訓練等を進める必要があります。

●参考文献

田崎和江、松浦明久、片山和哉、加波瑞恵、新宅義昭、新宅睦子、福山厚子、三井新(2021)日本地質学会News 24(3), 6-7
 National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS), DR2 program -Training & Education-, <https://www.niehs.nih.gov/research/programs/disaster/training-education/index.cfm>

災害廃棄物処理の イメージ醸成に有効な 対応型図上演習手法の開発

多島 良

資源循環領域・資源循環社会システム研究室 主任研究員

この研究により
解決したい課題

災害が発生した時に、担当
行政職員が災害廃棄物にど
のように対応するべきか分
からず、初動対応が混乱し、
生活環境が悪化することが
少なくありません

この研究による貢献

仮想災害で災害対応を行う
「対応型図上演習」を、災
害廃棄物をテーマに行う場
合の効果と方法を提示し、
自治体等における実践を支
援してきたことで、災害廃
棄物対応力の向上に貢献し
ました

人材育成研究の必要性

災害廃棄物の処理は、自治体の廃棄物担
当部局が普段行っている一般廃棄物処理と
は大きく異なります。まず、災害廃棄物の
性状や品目は、普段主に扱っている家庭ご
みとは大きく異なり、産業廃棄物に近いで
す。また、発災時には行政資源(人員、資
機材、予算等)が限られているにもかかわらず



ず、早期の復旧復興を果たすために早く処理することが求められます。このためには、災害廃棄物処理計画を策定したり、仮置場候補地をあらかじめリスト化したりする組織としての事前準備が求められます。また、災害は事前に予測できず、想定した通りにはならないことから、臨機応変に対応できる人材を確保することも必要です。災害廃棄物に対応する職員に必要な能力は

図1のように多岐にわたることが、東日本大震災で災害廃棄物処理を経験した26名の行政職員を対象としたワークショップを通して明らかになっています¹⁾。これら能力のうち、必要な知識を得たり、実践的なノウハウを学んで技術スキル習得の第一歩を踏み出したりするには、従来行われてきたような講義型の研修も有効です。しかし、適切にコミュニケーションを図るための対人スキル、情

報が十分に得られない中でも想像力を働かせつつ企画し、意思決定するための概念化スキル、災害対応に向けた心構えであるマインドを得るには、有効な研修手法を開発し、従来の研修以外の機会を通じた人材の育成・活用戦略を整理することが求められます。以下では、概念化スキルや対人スキルの醸成に有効な「対応型図上演習」の手法を開発した研究について紹介します。

対応型図上演習とは

対応型図上演習は、模擬的な災害状況に身を置き、その中で発生する(付与される)様々な状況・課題に対応する演習であり、防災分野では広く取り組まれてきました。対応型図上演習における演習作業のイメージを図2に示します。研修参加者は「プレイヤー」となり、自治体の災害廃棄物担当者としてグループで対応します。プレイヤーに



対応型図上演習で仮想災害に対応する様子

対して様々な災害状況を付与したり、プレイヤーからの問い合わせに答えたりするのが「コントローラー」であり、プレイヤーが演じている自治体の災害廃棄物担当者以外のすべての役を担います(例えば、廃棄物収集事業者、市民、自治体防災担当部局など)。プレイヤーは、コントローラーから付与された災害状況(例えば、「家の前の災害ごみを早く収集してほしい」という要望が被災市民から出される」という状況)に対して、その状況下において求められる対応(情報収集、情報分析、対応依頼など)を検討し、机上で実施します。このやり取りを通して、対応計画やマニュアルへの理解を深め、検証したり、対応のポイントを理解したりすることが期待されます。

対応型図上演習の効果とその要因の解明

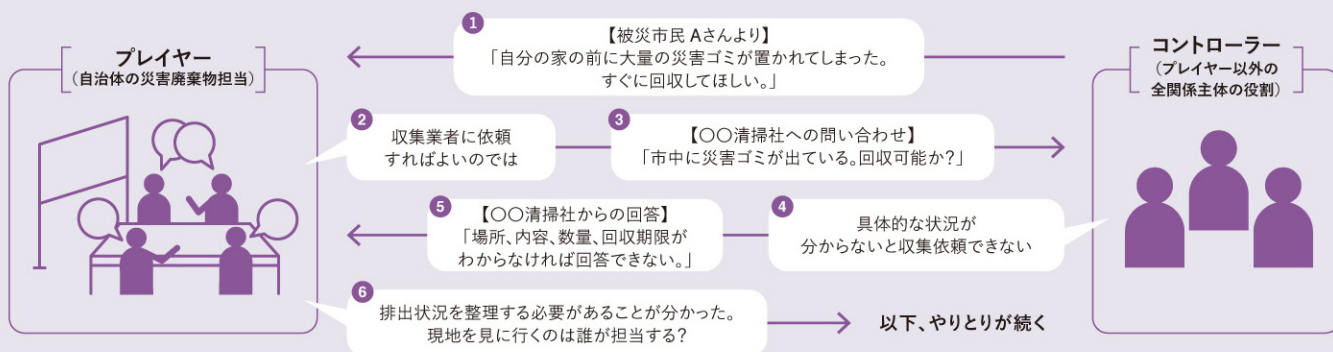
災害廃棄物処理をテーマにこのような対応型図上演習を実施した場合の効果と、効果的に実施するためのポイントを明らかに

するための研究²⁾を、兵庫県環境整備課との協働で実施しました。初めに基礎知識を習得するための講演会を実施したうえで、初動対応の重要な項目である生活ごみへの対応、片付けごみへの対応、仮置場の開設と運営に係る災害状況に仮想災害下で対応する演習を行いました。合計120分の演習時間中に、1グループあたり10~12の災害状況を付与したところ、図2に示したような片道のやり取りが1つの災害状況に対して平均して4.53回発生しました。研修後には、やり取りの量を集計するとともに、付与された各災害状況に対して実施すべきであった対応行動のチェックリストを作成してやり取りの質を5段階で評価しています。さらに、演習の前後に、災害廃棄物対応に対する理解や自信の程度などを尋ねるアンケートを実施し、研修を通じた認識の変化を調べています。これらの情報を統計的解析したうえで総合的に解釈することで、以下のことが分かりました。まず、講演と模擬災害対応を組み合わせた対応型図上演習には、イメージ醸成、対

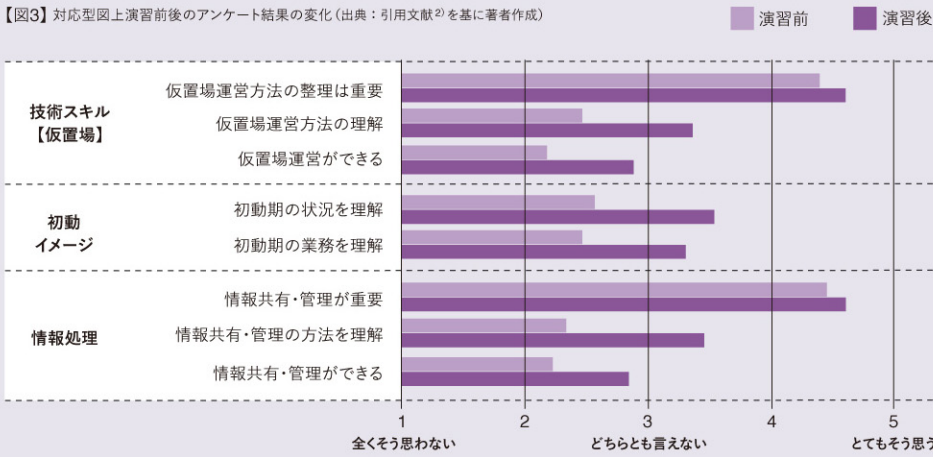
【図1】災害廃棄物処理に求められる能力(出典:引用文献1)より著者作成)



【図2】対応型図上演習の演習作業イメージ



【図3】対応型図上演習前後のアンケート結果の変化(出典:引用文献²⁾を基に著者作成)



応スキルの向上、情報処理力の向上という多様な効果があることが示唆されました。図3は、初動のイメージ、仮置場運営、情報処理についての理解や実施への自信を研修前後で尋ねた結果です。この差が偶然によるものか否かを検討するため、差を統計的に検定したところ、理解や対応可能性を尋ねた項目については、すべての項目で演習後の評価が高まっていたと判断できました。理解を尋ねた設問については、演習後に平均評点が3(=「どちらとも言えない」)よりも高くなり、理解が醸成された状態に至ったと評価できます。対応可能の程度を尋ねた設問については、演習後に評点の上昇が認められるものの、演習後も平均評点が3を超えず、本演習だけでは実際の災害対応ができるほどにはスキルが習得されなかったことが示唆されました。対応の内容を分析すると、全ての状況付与につ

いて、実際の災害時に起こすべき行動の一部しか実施できておらず、約7割の災害状況については、ごく部分的な対応しかとられていない、または全く対応できておらず、状況を改善する道筋すらつけられていませんでした。すなわち、初動対応に係る様々な災害状況を付与され、その対応をグループ内で議論すること自体がイメージの醸成や情報処理能力の向上につながっていたものの、災害に対応できると自信が持てるほどスキルを習得することはできなかったと理解できます。また、ある程度の対応ができていた3割弱の災害状況について行われたやり取りの回数が平均で6.0回であり、対応が不十分であったものについては平均で3.4回であったことから、演習で付与された災害状況に適切対応し、議論を深めるためには、1つの状況付与に対してコントローラーと3往復(=6回のやり取

り)程度のやり取りを想定すべきだと示唆されます。演習中では、60分で24のやり取りが実施されていたことから、1時間の演習につき災害状況を4つ付与することを基本として、一つ一つの付与に対してじっくり議論して理解を深める場合は4つ以下、あえてじっくり議論する暇を与えずに災害時の切迫した状況を体感してもらう場合には5つ以上とするなど、重視する効果に応じて調整することが有効であると考えられます。災害時のイメージを得ることは、災害廃棄物処理を適切に実施するうえで重要とされています。講義や現場での訓練を通して知識や技術スキルを習得しつつ、災害イメージを含む概念化スキルの向上に対応型図上演習を活用するなど、研修手法の特徴を理解し、適切に活用することが重要であると言えます。



地図を用いた情報整理の様子

今後のとりくみ

対応型図上演習は有効な研修手法ですが、企画・設計・資料準備には一定のノウハウと時間が必要であり、やや敷居の高い研修手法です。予算や人員が限られている中でも同様の研修が簡便に実施できるように、対応型図上演習の設計を支援するデータベースやツールの開発を進めています。

参考文献

- 1) 多島良, 森朋子, 平山修久, 高田光康, 大迫政浩 (2014) 災害廃棄物のマネジメントに求められる行政能力の抽出—実務経験者が参加するワークショップの結果から—, 地域安全学会論文集, (24), 211-221
- 2) 多島良, 森朋子, 夏目吉行, 大迫政浩 (2019) 災害廃棄物処理に係る対応型図上演習の効果とその要因, 地域安全学会論文集, 34, 1-10

これまでの研究総括と今後の展開

多島 良 資源循環領域・資源循環社会システム研究室 主任研究員



1.これまでの研究総括

災害環境マネジメントの全体像について、図1の整理が提案されています(Tajima and Osako, 2021)。発災後(図1の右側)には、災害に伴う環境影響を把握、評価したうえで、応急的な影響緩和措置と、恒久的な汚染源への措置を行います。災害廃棄物で言えば、影響を把握するための発生量や組成の推計、発生した災害廃棄物による処理システムや地域環境への影響の評価、応急対応としての腐敗性廃棄物等の収集と仮置場での適正保管、恒久対応としての品目に応じた処理処分・再生利用が行われます。化学物質で言えば、放出された汚染物質のモニタリングや推定、汚染物質による環境影響の評価、応急対応としての拡散防止や健康被害防止、恒久対応としての汚染源の回収と原状回復が行われます。これらの発災後対応は、直線的なプロセスではなく、災害状況に応じて環境影響の把握・評価に戻ったりする循環的なプロセスで進みますので、その全体を管理するプロジェクト・マネジメントが特に重要になります。発災前(図1の左側)には、こうした災害対応の経験・教訓を生かしつつ、事前計画、人材育成、制度的措置、ハード対策の4種類の対策が実施されます。災害廃棄物処理で言えば、例えば、災害廃棄物処理計画や業務継続計画の策定、災害廃棄物処理の人材育成研修、円滑な発災後対応を実現するための

廃棄物処理法等の改定、廃棄物処理施設の強靱化などの対策が挙げられます。化学物質で言えば、例えば、災害・事故時の対応マニュアルの作成、緊急モニタリングに向けた測定・分析研修の実施、災害時における(平時とは異なる)対応基準の検討、有害化学物質の漏出防止策の実施などの対策が挙げられます。また、これら対策を地域の状況に応じて有機的につなぎ、効率・効果的に対策を進める対応力向上に向けたマネジメントが行われます。本号で紹介した研究成果を含め、これまでに国立環境研究所で取り組んできた関連研究のキーワードを図1に緑字と青字で示しました(なお、放射性物質に係る災害環境については本稿の対象外です)。個々の成果についてはTajima and Osako (2021)で紹介されており、本稿では割愛しますが、全体としては、平時・災害時の災害環境マネジメントに係る局面や要素の概ね全体をカバーするように研究を進めてきたと総括できます。こうした研究と、毎年発生してきた災害における災害環境管理の実務経験の蓄積から、頻発災害における日本の災害環境管理に係る体制は大きく前進しました。他方、災害による環境影響を評価、あるいは仮想シナリオにおいてシミュレートして緊急時の意思決定を支援するような研究や、平時における施設強靱化の研究は、取り組むべき課題として残されています。

2. 今後の展開

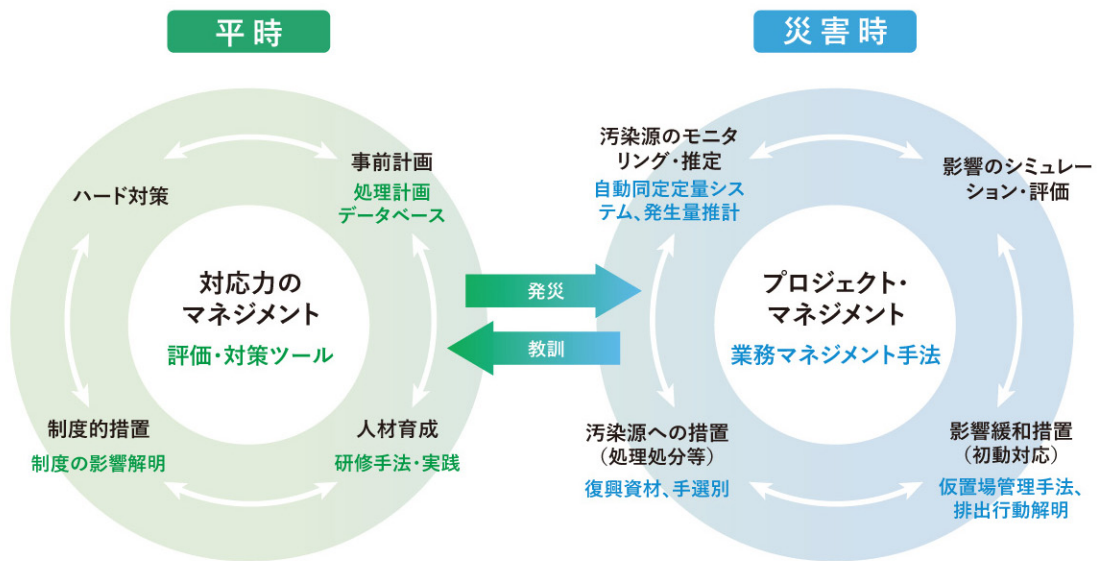
これまでの、災害時に発生する環境影響に迅速、適切に対応するための技術やマネジメント手法と、それを実現するために必要となる平時からの準備を研究対象としてきました。今後は、上述の残されている課題に着実に取り組むとともに、以下の2つの観点から、平時の環境管理システム自体をより持続可能かつ災害に強くするための新たな研究展開を図る必要があると考えています。

一つは、「広域・巨大災害への対応」です。東日本大震災では、約3,100万tの災害廃棄物とともに、放射性物質や油などの有害物質の流出・拡散も発生し、東北3県を中心に東日本が広域的に被害を受けました。その後、10年間にわたり毎年のように災害が発生しており、各地で大きな被害をもたらしていますが、災害廃棄物の量が最も多かった2016年の熊本地震でも311万tと東日本大震災の約10分の1の規模でした。これまでの研究成果は、東日本大震災ほどの巨大災害や、近年の大規模災害にも適用できる知見で

すが、両者の大きな違いは対応すべき物量とそのために必要となる資源の規模です。例えば、南海トラフ巨大地震では、東日本大震災の約10倍に相当する約1億tのコンクリートがらが災害廃棄物として発生すると推計されていますが、その再生利用先は十分に確保されておらず、現状のままでは巨大災害時に大きな課題となることが予想されます。

もう一つの観点は「平時と災害時をシームレスにつなぐ」ことです。上記の通り、例えば災害時に発生する大量のコンクリートがらに対応するためだけに、すなわち、災害時の環境影響に対応することのみを目的に平時から準備を進めておくことは、国や自治体の厳しい財政状況を考えると、現実的ではありません。平時の環境管理に有効な政策や技術を導入・活用し、いざ災害が発生した時にはその政策や技術を適応して対応するという、平時と災害時を切れ目なくつなぐことが、災害に強く、持続可能な社会を構築するうえで求められます。

【図1】災害環境マネジメントの全体像と国立環境研究所で取り組んできた関連研究
出典 | Tajima and Osako (2021) を基に作成



左が平時、右が災害時のマネジメントサイクルであり、
緑色と水色の文字で書かれたキーワードに係る研究がこれまで取り組まれてきました

引用文献 | Tajima, R., Osako, M. (2020) Overview of the Environmental Emergency Management Studies in National Institute for Environmental Studies (NIES), Global Environmental Research, 24, 253–260.



災害環境研究
の今



環境の“知”を、地域とともに。

国立環境研究所
福島地域協働研究拠点

災害環境研究の今 第4号 災害環境リスクへの備え—事前復興に向けた取組—(令和5年3月発行)

編集者| 松田和久、林誠二、中村省吾、辻英樹、吉岡明良、辻岳史、渡曾貴之、浅野希梨、福岡道子、坪井麻美、
日下部直美(国立環境研究所福島地域協働研究拠点)、大迫政浩(国立環境研究所資源循環領域)、
小山陽介(国立環境研究所環境リスク・健康領域)、大原利真(埼玉県環境科学国際センター)

発行| 国立研究開発法人国立環境研究所 福島地域協働研究拠点
〒963-7700 福島県田村郡三春町深作10-2 福島県環境創造センター研究棟

問合せ| 国立環境研究所福島地域協働研究拠点 総務企画課 fukushima-po@nies.go.jp

【無断転載を禁じます】