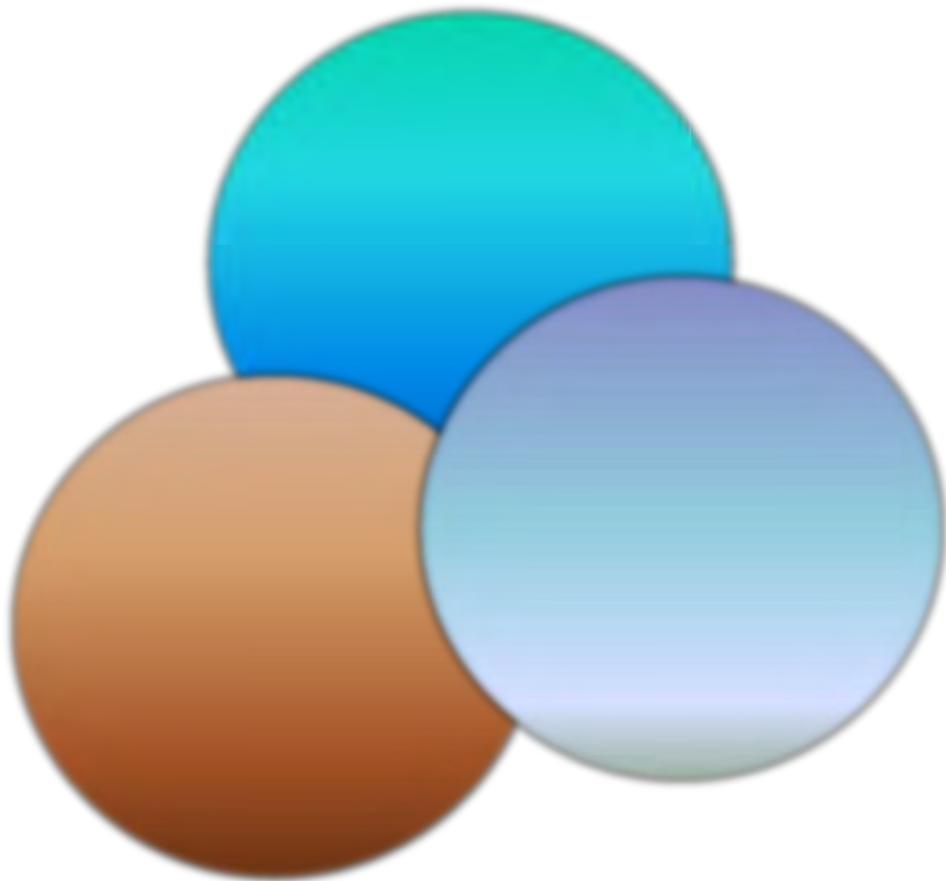


ISSN 2424-1083

# 季刊 全国環境研究会誌

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL LABORATORIES ASSOCIATION

Vol.45 No.4 2020 (通巻 157 号)



## 目 次

## 【巻頭言】

Climate Change, One Health, Sustainability ..... 調 恒明/ 1

## 【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/ 2

福島県環境創造センターにおける令和元年度東日本台風等に係る取組

..... 福島県環境創造センター/ 8

大規模災害発生時における石綿飛散防止対策に向けて ―被災地支援と平時からの備え―

..... 川寄幹生/ 14

災害廃棄物処理計画策定に向けた富山県環境科学センターの取組み

―GISを活用した災害廃棄物発生量の推計とその活用―

..... 水田圭一・溝口俊明・神保有亮/ 19

有機汚染物質のターゲットスクリーニングと生物応答試験による新たな水質評価手法の提案

―福岡県保健環境研究所における緊急時環境調査への取り組み―

..... 古閑豊和・宮脇 崇/ 23

## 【報 文】

札幌市衛生研究所における分析法開発への取り組みについて

..... 折原智明・柴田 学/ 29

岩手県における東日本大震災津波の影響調査:海浜性希少植物の動態

..... 小山田智彰・鞍懸重和・千崎則正/ 33

名古屋市における大気中エチレンオキシドおよびプロピレンオキシドの経年変化

..... 中島寛則・大野隆史・山神真紀子・

池盛文数・久恒邦裕・森 健次/ 39

浄化槽排水を主な水源とする水路での魚類等へい死事故の調査について

..... 富田比菜・高橋紗希・山下 浩/ 44

福岡県における地域汚染由来の高濃度オゾンに対するNO<sub>x</sub>, VOC排出量削減の効果

..... 山村由貴・力 寿雄・中川修平・山本重一/ 51

## 【環境省ニュース】

地域気候変動適応センター支援策について

..... 環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室/ 62

C O N T E N T S

---

- Effort to develop analytical methods at the Sapporo City Institute of Public Health  
..... Tomoaki ORIHARA, Manabu SHIBATA / 29
- Survey on influence by the tsunami of the East Japan great earthquake disaster in Iwate  
Prefecture : Change of disappearance risks of coastal plants  
..... Tomoaki OYAMADA, Shigekazu KURAKAKE, Norimasa SENZAKI / 33
- Long-term Trend of the Concentrations of Ethylene Oxide and Propylene Oxide in Air at Nagoya  
City  
..... Hironori NAKASHIMA, Takashi OHNO, Makiko YAMAGAMI,  
Kenji MORI, Fumikazu IKEMORI, Kunihiro HISATSUNE / 39
- Investigation of Aquatic Animals kill Incident in the Watercourse Receiving Wastewater from  
Domestic Wastewater Treatment Tanks  
..... Hina TOMITA, Saki TAKAHASHI, Hiroshi YAMASHITA / 44
- The effect of NO<sub>x</sub>, VOC emission-reducing on local high-concentration ozone in Fukuoka  
..... Yuki YAMAMURA, Hisao CHIKARA, Shuhei NAKAGAWA, Shigekazu YAMAMOTO / 51

## ◆巻 頭 言◆

## Climate Change, One Health, Sustainability

山口県環境保健センター所長 調 恒 明



令和元年度、2年度の中国・四国支部長を務めさせていただいています、山口県環境保健センター所長の調（しらべ）と申します。私は、平成19年（2007年）に大学教員から所長となり、今年で14年目となります。山口県では、地方環境研究所と地方衛生研究所が環境保健センターとして一つの組織となっており、後者として、平成27年（2015年）から地方衛生研究所全国協議会の会長を務め、今年で6年目です。

山口県環境保健センターは、昭和33年（1958年）に山口県衛生研究所として発足し、再編等を経て平成19年（2007年）に現在の名称となり、生活環境の保全及び県民の健康の確保を図るため、試験検査、調査研究、職員の研修等の業務を行っております。

さて、生物の活動は、原始地球に大きな変化をもたらした、豊かな自然が築かれたわけですが、人の社会経済活動により、その環境には大きな変化が起きています。昭和40年代には経済活動による明らかな環境負荷として公害がおこり、それに対応するため、山口県においても公害研究所が設立されました。その後、それらの環境汚染は克服され、水・大気環境は劇的に改善されました。しかし、瀬戸内海などの閉鎖性水域では、逆に窒素・リンの不足による貧栄養が問題となっています。野生生物が生存していた領域にヒトが住み、その排泄物が浄化されると、栄養素の低下が起こることは想像されますが、回帰すべき元の環境を知るすべがなければ、目標設定も難しいように思えます。

平成22年（2010年）頃から、Nature、Scienceなどの科学雑誌の記事に、climate change（気候変動）という言葉が目立ってきたことに気づきましたが、生命科学分野の文献データベースPubMedでこの言葉を検索すると、平成31年

（2019年）には7,000報を超える論文が報告されており、この数は10年前の4倍に増加しています。温室効果ガスの削減が進んでも当面の気候変動は避けがたいことから、その対策が求められています。気候変動は、生活環境だけでなく、災害、農水産物の産生量など、地域において異なる多面的影響を与えていることから、平成30年（2018年）施行の気候変動適応法で、自治体に気候変動適応センターの設置が求められており、自治体内での部局横断的な組織作り

と、地域の大学等との連携が必要となってきました。

環境変化は、動物の生存環境に大きな影響を与えており、コウモリ等を起源とする新興感染症が世界的な問題となっています。エボラウイルスは、もともと中央アフリカの森林に生息するオオコウモリに起源があるとされ、環境の変化によりそのウイルスが、ゴリラ、チンパンジーに感染し、ヒトが動物の肉を食用に処理する過程で感染したことがエボラ出血熱流行のきっかけとなったと考えられています。現在、世界を混乱に陥れている新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）も、中国のコウモリが起源とされています。このように、環境の保全による動物生息環境の維持がヒトの健康に不可欠であることから、ヒト、動物、環境の衛生にかかわるものが連携して取り組むOne Health（ワンヘルス）の活動が行われています。

これらの課題に総合的に取り組むために平成27年（2015年）9月に国連サミットで持続可能（sustainable）な開発目標（SDGs）を掲げる「持続可能な開発のための2030アジェンダ」が採択され、国際目標となった持続可能な社会づくり、すなわち環境保全、経済活動の発展、社会の構造の統合的な実現に向けての取組が必要となりました。

山口県においては、国立環境研究所、各地方環境研究所と共同し、オキシダントの現状把握と生成に関する基礎的知見の取得、PM<sub>2.5</sub>の発生源や高濃度事例の解明などに関する調査研究を行っています。また、平成15年（2003年）3月に策定した「やまぐちの豊かな流域づくり構想（榎野川モデル）」に基づき、榎野川の流域に関わる各主体が協働・連携して、干潟等の生物多様性の向上、干潟・藻場機能の回復、住民が楽しめる干潟づくりなどを進めています。

一自治体の環境研究所ができることは限られていると思いますが、支部及び全国の地環研、国立環境研究所と連携を図りながら取り組むことによって少しでも地域における課題に貢献していく必要があると思っています。今後とも、ご指導、ご協力をいただきますよう宜しくお願いいたします。

＜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、あるクライテリヤ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ヤについては別途慎重な議論が必要であるが、平時のクライテリヤ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)の基本的な考え方は、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。

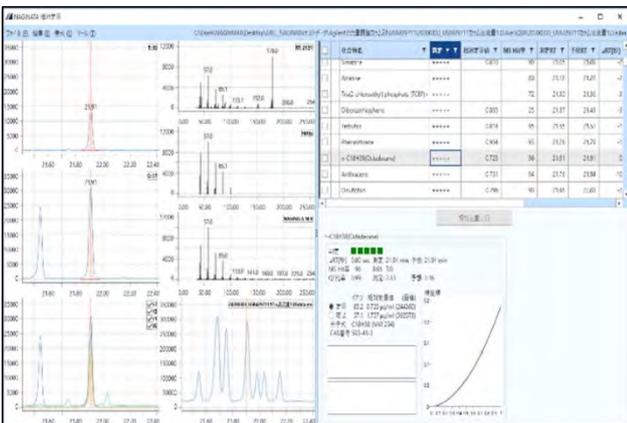


図1 MI-AIQS解析画面

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。

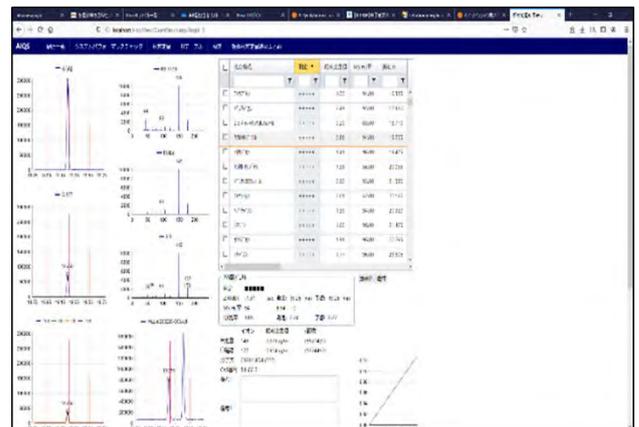


図2 ブラウザ版AIQSの解析画面

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/r1\\_8gatuoame\\_15.pdf](http://www.bousai.go.jp/updates/r18gatuoame/pdf/r1_8gatuoame_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。

<特集> 自然災害と環境リスクへの対応

福島県環境創造センターにおける  
令和元年度東日本台風等に係る取組

福島県環境創造センター

1. はじめに

福島県環境創造センターは、東日本大震災に伴い発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故による前例の無い原子力災害からの「環境回復・創造」に向けた取組、福島県内において震災以前から実施されてきている関係法令に基づくモニタリングや規制基準の遵守状況確認のための調査研究を行う総合拠点として、平成27年に「福島県」が、旧環境センターと旧原子力センターの機能を統合し、設置した地方環境研究所である。

令和元年10月に発生した令和元年東日本台風では、福島県内各地で甚大な被害が生じた。そのため、環境創造センターでは、発災直後から被害のあった県内各地での環境モニタリングや災害廃棄物の適正処理を進めていくための調査研究を実施した。そこで本稿では、環境創造センターの紹介と、令和元年東日本台風での一連の対応を通して得られた経験や教訓について紹介する。

2. 福島県環境創造センターの概要

福島県環境創造センターは、福島県のほぼ中央部にある三春町の田村西部工業団地内に立地している(図1)。主に福島県職員が入居している地上2階建ての本館1階には、土壌や海水等の環境試料中の放射性セシウムやストロンチウム等を測定するための設備、2階には一般環境中における有害物質等を分析するための設備など、最新鋭の分析機器を数多く有している。



図1 福島県環境創造センター航空写真

また、三春町にある環境創造センターには、本館に加え、日本原子力研究開発機構(JAEA)と国立環境研究所(NIES)が入居する研究棟、体験型の展示や世界に2つだけの全球型ドームシアターを有し、福島の現状や放射線について学習する交流棟(愛称:コミュニティ福島)がある。また、福島県環境創造センターの組織は図2のとおりとなっている。

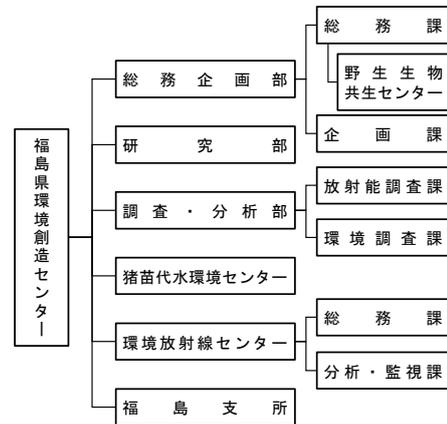


図2 福島県環境創造センター組織図

このように、環境創造センターは「福島県」と「日本原子力研究開発機構(JAEA)」、「国立環境研究所(NIES)」の3機関が連携・協力し、①福島県内各地の空間放射線量や放射性物質さらに、一般環境中における有害物質等の継続的な測定を目的とした「モニタリング」、②環境中における放射性物質の挙動予測や解明等を目的とした「調査・研究」、③モニタリングや調査・研究で得られた成果を円滑に還元することなどを目的とした「情報収集・発信」、④主に小中学生を対象とした放射線や環境問題に関する学習支援や長期にわたる人材育成を目的とした「教育・研修・交流」に取り組んでいる。

3. 令和元年東日本台風等による被害

福島地方気象台によると<sup>1)</sup>、令和元年10月6日(日)に南鳥島近海にて発生した令和元年東日本台風(台風19号)は、西へ進みながら急速に発達し、猛烈

な勢力を維持したまま北上した。福島県内では、10月11日（金）から前線の影響により雨が降り始め、特に台風の接近・通過に伴い12日（土）から翌13日（日）にかけて非常に激しい雨となった。

この台風の影響により11日（金）午後3時から13日（日）午前6時までの間、福島県内の広い範囲で200mm以上の降雨量が観測されており、川内村：445.5mm、福島市鷲倉：382.5mm、白河市：373.0mmなど、これらの数値は例年の10月における降雨量1か月分の2倍から3倍に相当する量であった。

令和2年11月10日（火）時点での福島県危機管理部災害対策課による被害状況の取りまとめによると<sup>2)</sup>、福島県内では、国管理河川である阿武隈川で決壊1か所、越水19か所、溢水6か所が発生し、県管理河川でも49か所で堤防が決壊した。この河川氾濫等による人的被害や住家への被害は表1のように報告されている。さらに、21市町村にて152件の土砂災害（図3）が発生し、農地の被害総面積は2,120 haとなっている。

表1 県内の被害状況

【人的被害】	【住家被害】
死者 38名	全壊 1,445棟
重傷者 1名	半壊 11,959棟
軽症者 58名	一部破損 6,131棟
	床上浸水 1,022棟
	床下浸水 432棟



図3 土砂災害の状況<sup>3)</sup>

#### 4. 空間線量率等モニタリングについて

令和元年東日本台風等に伴う大規模な浸水被害のあった地域において、河川の氾濫に伴う放射性物質による生活環境への影響が懸念されることから、その実態を把握するため、令和元年10月23日（水）から令和元年11月25日（月）まで河川氾濫が発生した中通りの阿武隈川及び浜通りの河川の浸水地域において空間線量率の測定、河川の氾濫に伴い流入した泥土の放射能濃度の測定及び

大気浮遊じんの放射能濃度の測定を実施し、結果を速やかに公表した<sup>4)</sup>。

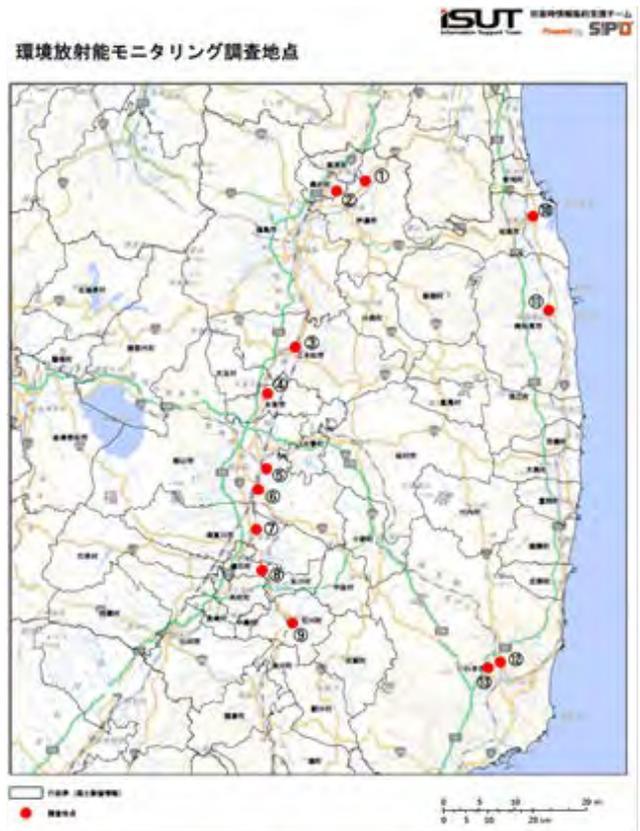


図4 測定地点図

空間線量率の測定については13地点で各2回実施し、その結果は、表2に示すとおり、測定値は0.08~0.17  $\mu$  Sv/hであり、台風通過前（令和元年9月）の県内7方部の空間線量率（0.03~0.15  $\mu$  Sv/h）と同程度であった。



図5 泥土採取の状況

表 2 空間線量率の測定結果【μSv/h】

地点名	測定日	測定結果	県内7方部 (※)の空間線 量率の範囲(令 和元年9月)
① 伊達市梁川町	令和元年11月13日	0.08	
	令和元年11月18日	0.08	
② 桑折町大字伊達崎	令和元年10月24日	0.14	
	令和元年11月5日	0.11	
③ 二本松市上竹	令和元年11月13日	0.14	
	令和元年11月18日	0.11	
④ 本宮市本宮	令和元年10月24日	0.16	
	令和元年11月5日	0.16	
⑤ 郡山市横塚	令和元年11月13日	0.13	
	令和元年11月25日	0.11	
⑥ 郡山市田村町徳定	令和元年11月7日	0.09	
	令和元年11月18日	0.09	
⑦ 須賀川市中曽根	令和元年10月23日	0.15	
	令和元年11月7日	0.17	
⑧ 玉川村竜崎	令和元年11月13日	0.10	
	令和元年11月25日	0.10	
⑨ 石川町下泉	令和元年11月7日	0.09	
	令和元年11月18日	0.10	
⑩ 相馬市北飯淵	令和元年10月24日	0.10	
	令和元年11月5日	0.09	
⑪ 南相馬市原町区	令和元年10月24日	0.09	
	令和元年11月5日	0.11	
⑫ いわき市平	令和元年10月24日	0.08	
	令和元年11月5日	0.08	
⑬ いわき市好間町	令和元年11月14日	0.08	
	令和元年11月21日	0.09	

※調査地点：東北保健福祉事務所南側広場、郡山合同庁舎東側駐車場、白河合同庁舎駐車場、会津若松合同庁舎駐車場、南会津合同庁舎駐車場、南相馬合同庁舎駐車場、いわき合同庁舎駐車場

泥土の測定については10地点で各2回実施し、その結果は、表3に示すとおり、Cs134+Cs137の濃度が25~3,960 Bq/kg乾であり、これは昨年度県が採取した県内7方部の土壌の測定結果(130~2,600 Bq/kg乾)と同程度であった。

大気浮遊じんの測定については13地点で各2回実施し、その結果は、表4に示すとおり、Cs134+Cs137の濃度がND~0.99 mBq/m<sup>3</sup>であった。最大値となった桑折町伊達崎において、Cs134+Cs137の濃度は、0.99 mBq/m<sup>3</sup>となっているが、当該濃度の空気を1年間吸い続けたと仮定した場合の内部被ばく線量は0.00037 mSvと計算され、この値は、年間追加被ばく線量1 mSvの約2,700分の1となる。

表 3 泥土の測定結果【Bq/kg 乾】

地点名	採取日	測定結果 (Cs134+Cs137)	県内7方部 (※)の環境土 壌の範囲 (平成30年 度)
③ 二本松市上竹	令和元年11月13日	720	
	令和元年11月18日	724	
④ 本宮市本宮	令和元年10月24日	2,240	
	令和元年11月5日	3,960	
⑤ 郡山市横塚	令和元年11月13日	2,990	
	令和元年11月25日	1,810	
⑥ 郡山市田村町徳定	令和元年11月7日	650	
	令和元年11月18日	766	
⑦ 須賀川市中曽根	令和元年10月23日	695	
	令和元年11月7日	529	
⑧ 玉川村竜崎	令和元年11月13日	453	
	令和元年11月25日	731	
⑨ 石川町下泉	令和元年11月7日	31	
	令和元年11月18日	25	
⑩ 相馬市北飯淵	令和元年10月24日	906	
	令和元年11月5日	901	
⑫ いわき市平	令和元年10月24日	531	
	令和元年11月5日	150	
⑬ いわき市好間町	令和元年11月14日	55	
	令和元年11月21日	46	

※調査地点：福島市荒井、郡山市逢瀬町、いわき市川部町、白河市大信隈戸、相馬市新村、会津若松市一箕町、南会津町糸沢

※検出下限値 Cs-134 : 5.9~14 Bq/kg 乾, Cs-137 : 4.2~15Bq/kg 乾

表 4 大気浮遊じん(ダスト)の測定結果【mBq/m<sup>3</sup>】  
(ハイボリウムエアサンプラによる測定)

地点名	採取日	測定結果 (Cs134+Cs137)
① 伊達市梁川町	令和元年11月13日	ND
	令和元年11月18日	0.51
② 桑折町大字伊達崎	令和元年10月24日	0.99
	令和元年11月5日	ND
③ 二本松市上竹	令和元年11月13日	0.31
	令和元年11月18日	ND
④ 本宮市本宮	令和元年10月24日	ND
	令和元年11月5日	0.86
⑤ 郡山市横塚	令和元年11月13日	ND
	令和元年11月25日	ND
⑥ 郡山市田村町徳定	令和元年11月7日	ND
	令和元年11月18日	ND
⑦ 須賀川市中曽根	令和元年10月23日	ND
	令和元年11月7日	ND
⑧ 玉川村竜崎	令和元年11月13日	ND
	令和元年11月25日	ND
⑨ 石川町下泉	令和元年11月7日	ND
	令和元年11月18日	ND
⑩ 相馬市北飯淵	令和元年10月24日	ND
	令和元年11月5日	ND
⑪ 南相馬市原町区	令和元年10月24日	ND
	令和元年11月5日	ND
⑫ いわき市平	令和元年10月24日	ND
	令和元年11月5日	ND
⑬ いわき市好間町	令和元年11月14日	ND
	令和元年11月21日	ND

※検出下限値 Cs-134 : 0.31~0.59 mBq/m<sup>3</sup>, Cs-137 : 0.26~0.62 mBq/m<sup>3</sup>

## 5. 有害物質のモニタリングについて

### 5.1 公共用水域中の有害物質のモニタリング

令和元年東日本台風により随所で氾濫等が発生した阿武隈川の流域において、メッキ工場からのシアン化ナトリウムを含むメッキ液の流出、金属表面処理業者からのフッ化水素アンモニウムを含む薬液の流出、再生有機溶剤製造業者からのドラム缶等の大量流出（一部にトリクロロエチレン、ジクロロメタンを含む）が相次いで発生した。

県は、中核市である郡山市及び河川管理者である国土交通省と連携して対応に当たった。環境創造センターでは搬入された阿武隈川の水質分析を担当し、全シアン、ふっ素及びVOC等の分析を実施した。特にシアンについては事案が判明した10月15日から11月8日まで

（そのうち10月末までは土日を含めて毎日）試料が搬入され、同日中の結果の報告が求められた。県、市及び国による調査の結果は、その日のうちに国土交通省からHPにより公表された<sup>5)</sup>。

幸い、河川水質への影響は確認されなかったが、環境創造センター（調査・分析部環境調査課）では休日返上で迅速さを最優先に対応に当たった。

### 5.2 大気中アスベストモニタリング

令和元年東日本台風により被災した建築物等の除去等に当たりアスベストの飛散が懸念されたことから、環境省と連携して大気環境中のアスベストのモニタリングを実施した。

環境省は災害廃棄物仮置場周辺等の11地区において令和元年11月～12月に調査を実施、県は浸水被害により多くの災害廃棄物の発生が見込まれる5市町村の5地点において令和元年11月～12月及び令和2年2月に調査を実施し、環境創造センターでは県実施分の検体について総繊維数を測定した。

結果はいずれも総繊維数濃度が1本/L未満であった<sup>6)</sup>。

## 6. 災害廃棄物について

### 6.1 災害廃棄物の発生

令和元年東日本台風等に伴う河川氾濫により県内37市町村で約507千トンの災害廃棄物が発生した。令和2年9月末時点で災害廃棄物処理進捗は41.4%となっており<sup>7)</sup>、令和3年4月末の処理完了を目標として処理が続けられている<sup>8)</sup>。

災害廃棄物は、浸水により発生する廃家電、生活用品、流木および土砂の混ざったがれきなどの片づけごみと、被災家屋を解体した際に発生する解体廃棄物の2つに大別される。特に片づけごみに関しては、被災直後から排出され生活環境保全の観点からも迅速な処理・処分が求

められるが、一般廃棄物処理施設の処理能力を超える量の廃棄物が発生し、郡山市では廃棄物処理施設が被災したことにより、円滑な処理が困難となった。さらに、廃棄物に原発事故由来の放射性セシウムが含まれているかもしれないという住民の不安から福島県内や広域での災害廃棄物処理に懸念が生じた。

この問題に関して、福島県環境創造センターでは行政的な側面として広域処理支援のための災害廃棄物調査及び研究的な側面としての国立環境研究所との共同調査を実施した。

### 6.2 広域処理支援のための災害廃棄物調査

令和元年東日本台風等により、特に複数個所で河川氾濫が発生した阿武隈川周辺の市町村において、大量の災害廃棄物が発生した。これら災害廃棄物は一般廃棄物として扱われ、生活環境上の支障となるため迅速に処理しなくてはならないが、通常通りの生活ごみの処理も継続しなければならないことから、複数の市町村等で自区域内での処理能力の限界を超過した。



図6 災害廃棄物仮置き状況

自区域内での処理能力を超過した市町村等は、福島県に災害廃棄物等の広域処理の調整を依頼し、県から廃棄物処理能力に余裕のある市町村等や福島県産業資源循環協会及び環境省等へ災害廃棄物処理への協力・支援を要請した。この協力支援要請により、県内での広域処理が進んだが、なおも処理が間に合わない廃棄物が残っていたことから、隣県の一般廃棄物処理施設の設置者にも災害廃棄物処理への支援を要請した。

これらの広域処理、特に県外への災害廃棄物搬出を行うにあたって、搬出する災害廃棄物を処理する際の放射性セシウムに関する安全性を県として評価する必要が生じた。安全性を評価するにあたって、災害廃棄物仮置場における空間線量率及び廃棄物中の放射性セシウム濃度を調査しなければいけないため、福島県内の市町村等への技術支援の一環として、環境創造センターが災害廃棄物及び仮置場の調査を実施した。



図 7 仮置場空間線量率の測定

環境創造センターでは廃棄物関係ガイドライン<sup>8)</sup>に基づいて、広域処理を希望する市町村の災害廃棄物仮置場において空間線量率の測定及び廃棄物の採取を行った。災害廃棄物は木くず、紙類布類などの性状ごとに採取したが、そのままでは放射性セシウムの測定は困難であったため、それぞれの性状に合わせた裁断、粉碎などの前処理を行ったうえで放射性セシウム濃度を測定した。



図 8 廃棄物採取状況



図 9 災害廃棄物放射性セシウム測定準備

仮置場における空間線量率の測定結果に関しては、どの仮置場においても仮置場周辺のバックグラウンドの数値と同程度かそれ以下であり、高くとも 0.1  $\mu\text{Sv/h}$  程度であった。放射性セシウム濃度に関しては、稲わら及び木くずで、若干高いものがあったがおおむね 100 Bq/kg

未満であった。この測定の結果及び廃棄物の焼却に関する研究の結果等から、焼却した際の廃棄物の減容化率を考慮し、福島県として、県外搬出する放射性セシウム濃度の目安を 100 Bq/kg と設定し、県外の廃棄物処理施設における広域処理を実現することができた。

今回の台風等を通して県外での災害廃棄物処理への道筋ができたが、その際には迅速な放射性セシウムの測定が必要になる。環境創造センターにおける測定の際には廃棄物の乾燥及び破砕等の前処理に労力がかかったため、今後、廃棄物の性状及び状況に合わせた測定前処理を含めた迅速な測定手法の検討が必要となる。

### 6.3 国立環境研究所との共同調査

環境創造センターの研究棟には国立環境研究所が入居しており、今回の水害で発生した災害廃棄物に関して 2 つの共同調査を実施した。

一つ目は、片づけごみの組成等の調査である。水害により発生した片づけごみは、多くの場合、普段なら分別される廃棄物が混合されて排出されてしまう。災害廃棄物の発生量の推計は処理の計画を立てる上で重要であるが、あまりにも発生量が多いため、収集した廃棄物の体積に廃棄物のかさ密度を乗じて重量を推計しなければならない。そこで、今回の水害により発生した片づけごみの総量を推計する際の基礎データとするため、片づけごみのかさ密度及び組成等を調査した。



図 10 片づけごみ組成調査



図 11 組成分別後廃棄物

二つ目は、水害廃棄物を一般廃棄物と混焼した場合の焼却灰と排ガスに与える影響の調査である。水害により発生した廃棄物には河川由来の土砂が含まれており、それらは不燃物であるため、焼却灰が増加するのではないかと考えられた。また、河川底泥には、除染を実施していない山林などから流入する土砂が含まれることが想定され、水害廃棄物にはその土砂が含まれるため、焼却灰及び排ガス中の放射性セシウム濃度に影響を及ぼす可能性があった。そこで県内2か所の一般廃棄物焼却施設において水害廃棄物と一般廃棄物を混焼した際の焼却灰の採取及びに運転データの収集を行い、一般廃棄物のみを焼却している時期との比較を行った。

環境創造センターはこの二つの調査において、片づけごみの組成等の調査ではごみ分別作業及び分別した廃棄物中の放射性セシウムの分析、水害廃棄物と一般廃棄物との混焼に関する調査では焼却施設担当者との調整、焼却灰の採取及び焼却灰中放射性セシウムの分析などを担当した。

この2つの調査の結果については、環境創造センターホームページに概略を掲載している<sup>9)</sup>。

## 7. おわりに

令和元年東日本台風等において、福島県環境創造センターは有害物質及び環境放射線に関する災害時環境モニタリングのほか、市町村支援のため災害廃棄物に関する調査研究を実施した。また、モニタリングや調査のほかに、避難所支援業務あるいは罹災証明発行支援業務などの市町村への職員の派遣も実施した。今後も、災害時に限らず、県が設置した分析研究機関として、県民の「安全・安心」の醸成に向けてモニタリング及び調査研究に努めていく。

## 8. 引用

1) 福島地方気象台：令和元年台風第19号による大雨と暴風、波浪，[https://www.jma-net.go.jp/fukushima/saigai/saigai\\_shiryoku.html](https://www.jma-net.go.jp/fukushima/saigai/saigai_shiryoku.html) (2020.11.27 アクセス)

- 2) 福島県：令和元年 台風第19号等による被害状況即報（第100報），<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025b/sokuhou.html> (2020.11.27 アクセス)
- 3) 福島県：令和元年台風第19号等に係る福島県災害廃棄物処理実行計画実行計画（改訂）全編，<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16045a/saigai-keikaku.html> (2020.11.27 アクセス)
- 4) 福島県：令和元年台風19号に伴う環境放射能モニタリング結果について（最終報），<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16025d/index-2.html> (2020.11.27 アクセス)
- 5) 国土交通省：福島県郡山市におけるシアン物質の流出について（終報），[http://www.thr.mlit.go.jp/bumon/kisya/saigai/images/78598\\_1.pdf](http://www.thr.mlit.go.jp/bumon/kisya/saigai/images/78598_1.pdf) (2020.11.27 アクセス)
- 6) 福島県：令和元年台風第19号等の被災地における大気中アスベストモニタリング調査の結果（3月2日公表），<http://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16035c/asbestos-2019monitoring.html> (2020.11.27 アクセス)
- 7) 福島県：【令和2年9月30日時点】令和元年東日本台風等に係る災害廃棄物処理の状況について，<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/16045a/saigai-shintyoku.html> (2020.11.27 アクセス)
- 8) 環境省：廃棄物関係ガイドライン 平成25年3月第2版，[http://shiteihaiki.env.go.jp/radiological\\_contaminated\\_waste/guidelines/](http://shiteihaiki.env.go.jp/radiological_contaminated_waste/guidelines/) (2020.11.27 アクセス)
- 9) 福島県環境創造センター：環境創造センター調査研究事業における令和元年度東日本台風等に係る取組，<https://www.fukushima-kankyosozo.jp/reiwalptyphoon19chousa.html> (2020.11.27 アクセス)

＜特集＞自然災害と環境リスクへの対応

大規模災害発生時における石綿飛散防止対策に向けて

—被災地支援と平時からの備え—

川寄幹生

(埼玉県環境科学国際センター)

1. はじめに

石綿は国際がん研究機関によって、発がん性がある物質として評価されている。石綿特有の疾病として、石綿肺及び中皮腫等が知られている。石綿肺は石綿を多量に吸引した作業者にみられる疾病で、石綿曝露開始から10年以上経過して発症するとされている。一方、中皮腫は石綿肺よりも低濃度曝露で危険性があるとされ、職業的な曝露だけでなく、家庭内や一般環境中での低濃度曝露にも注意を払う必要がある<sup>1)</sup>。さらに、発症までの潜伏期間が30～40年と長く、未来の健康保全のためには、現在の石綿対策が非常に重要である。厚生労働省の報道発表資料<sup>2)</sup>によると、令和元年に中皮腫により亡くなった方は、1466人であり、過去5年間は1500人前後で推移している。

現在、新たな石綿製品の製造、使用は禁止されており、かつ、建築物の石綿除去、解体や改修等に係る法規制も厳しくなっているため、多量吸引の危険性は著しく低くなっている。しかし、近年、頻繁に起こる大規模自然災害によって、限られた地域内で、ある程度短い期間に多くの被災建築物の改修や解体が行われるため、石綿曝露の可能性は高くなるのが危惧されている。そのため、被災地での石綿飛散防止対策の重要性は増している。

そこで本稿では、まず、2016年4月に発生した熊本地震で、当センターも参加した石綿飛散防止対策支援の概要について説明する。次に、今後の大規模災害に備え、環境省関東地方環境事務所の呼びかけによって締結された「災害時のアスベスト対策支援のための合意書」について、さらに合意書の枠組みを広げ、アスベスト対策を強化するために自治体間の相互支援の枠組みとして図られた「災害時アスベスト対策支援のための関東ブロック協議会」について紹介する。また、埼玉県環境部が県内における大規模災害発生時の石綿対策として一般社団法人埼玉県環境検査計量協議会との間で締結された「災害時における石綿モニタリングに関する合意書」について紹介する。最後に、石綿対策、調査並びに平時の取組を踏まえ今後の石綿対策について私見を記した。

2. 熊本震災における災害廃棄物からの石綿飛散状況調査

熊本地震発災後から、環境省の災害廃棄物処理支援ネットワーク (D. Waste-Net)<sup>3)</sup>事務局の一員として現地入りした国立研究開発法人国立環境研究所災害環境マネジメント戦略オフィスからの要請、ならびに熊本市からの依頼を受け、発災後1ヶ月以内(被災家屋解体が始まる前)の石綿飛散状況を調査するために(発災初期の石綿飛散状況調査)、当センターの研究員2名(渡辺洋一、筆者)が国立研究開発法人国立環境研究所資源循環・廃棄物研究センターの遠藤和人氏(現在:福島支部汚染廃棄物管理研究室室長)とともに平成28年5月11日から3日間、現地に入った。現地では、調査支援のため、連日、熊本市環境政策課の八浪哲也氏に同行して頂いた。

支援に関する依頼事項は: 1) 災害廃棄物仮置き場等における石綿飛散調査(4ヶ所以上)、2) 被災地域に隣接する避難所での大気中石綿飛散調査(2ヶ所以上)、3) 飛散性石綿の被災状況を踏まえた調査地点の選定への助言、4) 大気捕集フィルターの石綿分析であった。また、熊本市から事前に、調査地点候補リスト(倒壊・被災建築物10ヶ所:優先順位付き、災害廃棄物仮置場3ヶ所、避難所2ヶ所)の提供を受けた。

各調査日の調査ルートは八浪氏が立てた計画に従った。災害廃棄物仮置場や被災建築物に対する石綿モニタリング調査実施の有無は仮置き場にあるごみ質や被災建築物の石綿含有状況を確認したのち、石綿が飛散した場合の近隣への影響等を考慮し判断した。そのため、候補リスト中の優先順位が高い被災建築物であっても、石綿モニタリング調査を実施しない地点もあった。

石綿モニタリング調査は、初日3地点(災害廃棄物仮置場2地点、倒壊建築物1地点)、2日目3地点(災害廃棄物仮置場1地点、倒壊建築物2地点)、そして最終日2地点(避難所)、3日間で計8地点の大気捕集(1地点、2ヶ所、4時間、2400L吸引)を実施した。大気捕集フィルターは、持ち帰り、当センターの大気環境担当が石綿分

析を実施した。石綿濃度が1.0f/Lを超えたのは2地点（災害廃棄物仮置場及び被災建築物）であった。

石綿が検出された2地点は、調査時に注意点や早急な対策の必要性を伝えていた地点であった。災害廃棄物仮置場の場合（写真1）、がれき類が既に搬入され始めていたが、他のごみとの区別ができていない場所があった。また、がれき類の分別も不十分であり、スレート等も混在していたため、がれき類のリサイクル及び適正処理の推進のためのポイントを指摘した（置場の区分、石綿含有建材、石膏ボード、コンガラ類の分別等）。



写真1 置場の区分が十分でないがれき類

被災建築物の場合（写真2）、建物が鉄骨造、1階の中央部が外部と常時通じている吹抜け、かつ、内壁、外壁ともに部分的に剥落していた。鉄骨には、吹付施工がなされ、目視で石綿様繊維が確認可能な石綿吹付であった。吹付はすでに劣化していた。また、風が吹くと、目視できる程度に粉塵が飛散していた（光に照らされキラキラ光る）。また、居住地域、かつ人通りのある地点であるため、分析結果を待たず、緊急対処を促した。



写真2 被災建築物（対策前）

石綿モニタリング調査地点での大気捕集位置は、次の点を考慮しながら、現場毎に判断した。

被災建築物（写真3）：建物周辺の風の流れ（風下）、人への影響、交通妨害にならない位置。

災害廃棄物仮置場（写真4）：搬入、搬出の邪魔にならない位置、がれき類置場近傍、風の流れ（風下）。

避難所（写真5）：人の往来の邪魔にならない、出入口付近。風の流れ（建物に入ってくる風：風上）。

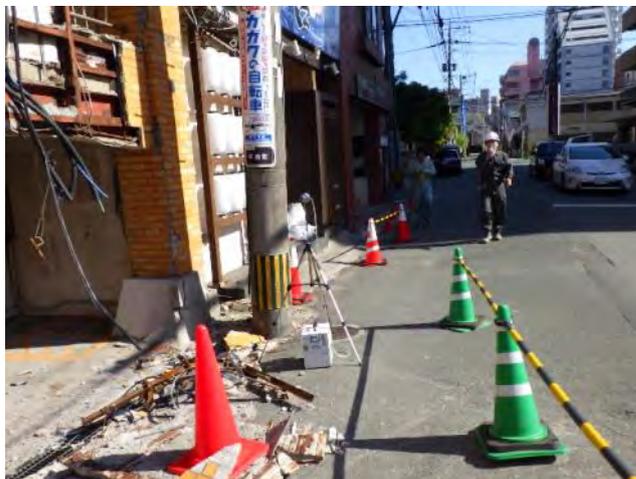


写真3 被災建築物近傍での大気捕集



写真4 災害廃棄物仮置場での大気捕集



写真5 避難所での大気捕集

熊本震災石綿対策支援を振り返り次のような点が重要でもあり、かつ、改善点もあると考えられる。

- 1) 被災自治体職員の対応：配送した荷物の管理・運搬（大気捕集器材6セット及び付属品で、ミニバンほぼ1台を占有）、調査計画の作成（調査ルート）、調査地点での説明（建築物所有者、管理者等）及び近隣住民対応（被災地域では、住民からの要望や質問が多い）。
- 2) 移動手段の確保：被災地での宿は確保できなかったため、佐賀県鳥栖市から連日通うことになった。移動手段としては、国立環境研究所が準備した車両に同乗し、また、移動にかかる費用（高速道路費、燃料費）も全て、国立環境研究所に支払いをお願いした。現在、当センター所有の公用車を使用する場合は、クレジットカード及びETCの使用が可能になっているが、遠方で、かつ、借用車両を使用する場合は課題が残っている。
- 3) 指示・命令系統の整理：現在は、環境省関東地方環境事務所等と「災害時のアスベスト対策支援に関する合意書」を県知事名で締結しているため（後述する）、関東地方事務所管内の近隣であるならば、通常の出張手続きと同様な事務処理のみで支援に参加できるが、1都9県であっても、宿泊を伴う調査等支援の場合（例えば静岡県や新潟県等）は、費用面等での課題が残っている。

### 3. 災害時に向けたアスベスト飛散防止対策支援の枠組み

#### 3.1 災害時のアスベスト対策支援に関する合意書（石綿対策支援合意書）

平成30年7月、環境省関東地方環境事務所の呼びかけにより、全国に先駆けて、埼玉県環境科学国際センター、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及び一般社団法人建築物石綿含有建材調査者協会は、災害時に関東事務所管内の1都9県（茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、新潟県、山梨県及び静岡県）を対象とした、アスベスト対策の支援を行う専門家チームを組織・現場支援することについて合意し、「災害時のアスベスト対策支援に関する合意書」を締結した<sup>4)</sup>。石綿対策支援合意書の概要は、災害時に、環境省又は被災自治体からの要請を受け、被災自治体が主体となって実施する①被災建築物のアスベスト含有状況調査、②大気中のアスベスト濃度モニタリング調査、③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、④災害廃棄物仮置き場等における飛散アスベストの管理等に対する支援を行うこととしている。当センターの主な役割分担としては、被災建築物、災害廃棄物仮置き場等におけるアスベスト飛散状況調査に係る技術的事項に関する助言等となっている。

石綿対策支援合意書に係る今後の課題として、専門的

な知見及び技術を有する職員が非常に限られている（国立環境研究所と当センター）。また、災害時に、被害が広範囲に及ぶ場合、人的資源及び専用機材が限られている。特に首都圏のような人口密集地域で発災した場合、対応が非常に難しくなることが考えられる。

#### 3.2 災害時アスベスト対策支援のための関東ブロック協議会

上記したように、石綿対策支援合意書の枠組みを強化する必要があることから、環境省関東地方環境事務所管内のアスベスト対策に関わる自治体相互支援の枠組みを広げ、アスベスト対策の強化を図るために、令和元年7月に、石綿対策支援合意書の枠組みに加え、事務所管内の1都9県及び政令指定都市（さいたま市、千葉市、横浜市、川崎市、相模原市、新潟市、静岡市、浜松市）並びに各種団体（一般社団法人日本環境測定分析協会）に呼びかけ、「災害時アスベスト対策支援のための関東ブロック協議会」（以下「協議会」と略）が設置された<sup>5)</sup>。協議会には構成員の他、大気汚染防止法の権限を有している自治体もオブザーバーとして参加可能としている。

協議会として取り組む事項は、1) 各主体が実施または検討している災害時のアスベスト対策に関する情報の共有、2) 行動計画の検討及び策定、3) 行動計画に基づく災害発生時の連携・協力体制の構築、4) その他必要な事項、である。

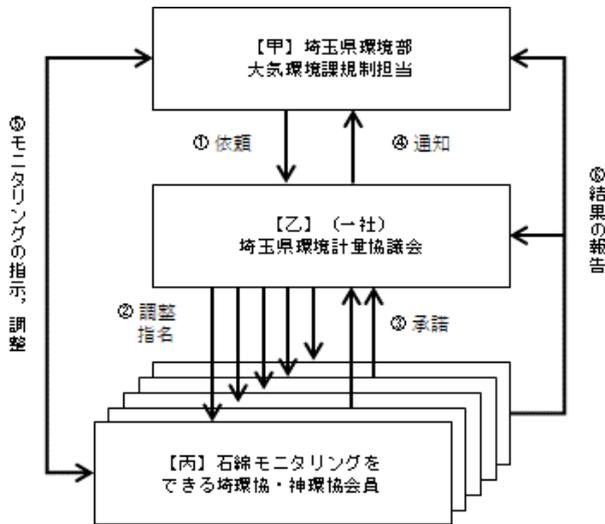
協議会では、自治体職員のアスベスト対策能力向上のため、令和元年度に引き続き、今年度も自治体向けのアスベスト対策研修会を実施した。研修の内容は、建築物内のアスベスト含有建材使用箇所の実地説明、石綿含有建材の簡易判別及びアスベスト大気モニタリング方法の説明等である。また、自治体が、災害時の石綿飛散防止対策のための行動計画を作成する際の参考資料として、災害時アスベストモデルアクションプラン（案）が提示されたところである。行動計画の必要事項としては、①平時における準備、②注意喚起などの初動対応、③石綿露出状況調査などの応急対応、④石綿モニタリングとしている。

#### 3.3 災害時における石綿モニタリングに関する合意書（石綿モニタリング合意書）

本県で大規模災害が発生した場合、もちろん当センターも石綿飛散防止対策の一環として石綿モニタリングを実施することになるが、災害時対応は石綿対策だけではなく、かつ、人員、器材も限られるため、必要な石綿モニタリングを当センターだけで全てを実施することは困難な状況である。そこで、埼玉県環境部大気環境課は、平成30年11月に、県内で大規模災害が発生した際に

備え、石綿モニタリングを迅速かつ円滑に実施できる体制を整えるために、県と一般社団法人埼玉県環境計量協議会（埼環協）との間で「災害時における石綿モニタリングに関する合意書」を締結した<sup>6)</sup>。合意書の主な内容は、石綿モニタリングを実施するための連絡体制の整備と年に1回以上、石綿モニタリングに関する訓練を行うことである。

連絡体制<sup>7)</sup>を図1に示した。



(注) 連絡網は、常に連絡が取れるよう、随時見直すこと。  
乙は、丙の被災状況、地理的条件などを考慮し、指名すること。

図1 連絡体制

連絡体制は次のようになっている：①県が、埼環協に石綿モニタリングを要請。②埼環協は、合意書に賛同する11社の中から石綿モニタリング実施者を指名。③対応ができる会員が承諾。④埼環協は県に通知。⑤県は指名された者へ石綿モニタリング業務を発注、具体的な事項を指示。県は石綿モニタリング実施に際して安全等に配慮する。⑥対応する会員はモニタリングを実施、結果を埼環協と県に報告。県は結果を受け、必要な対策をとる。

一方、合意書に基づいた石綿モニタリングに関する訓練は、埼玉県、政令市、大防法事務移譲市、及び合意書に賛同した埼環協の11社を集め、これまでに2回実施した（写真6）。



写真6 石綿モニタリング訓練（令和元年6月）

また、平成31年4月には、本県環境部大気環境課が「災害時にお

ける石綿飛散防止に係る取り扱いマニュアル」を策定した。本マニュアルの主な内容は、平時の準備として、・建築物等における石綿使用状況の把握、・石綿飛散、曝露防止体制整備等について記されている。一方、災害発生時の対応の内容は、・初動対応、・応急対応、・石綿の判定、・建築物等所有者、管理者への情報の伝達等である。さらに、石綿環境モニタリングの項目には、測定地点、測定時期、測定箇所、測定方法及び結果の取り扱い等について記されている。

### 3.4 民間団体間の災害時相互応援協定<sup>8)</sup>

埼環協によると、埼玉県と埼環協との間に締結したような「自治体」と「環境計量業界団体」との間の災害時支援協定は少なくとも17事例があり、年々増加する傾向があると考えられる。環境計量業界団体は同一県内の数カ所の自治体と協定を結ぶ可能性もある。そのため、災害の規模によっては協定を結ぶ数カ所の自治体が同時に被災してしまうこともあるため、十分な支援ができない可能性がある。そこで、一般社団法人愛知県環境測定分析協会、一般社団法人神奈川県環境計量協議会、埼環協、堺市環境計量協議会、一般社団法人福島県環境測定・放射能計測協会、横浜市環境技術協議会の計6団体は、緊急時に相互に支えあうことを目的とした応援体制を検討し、平成31年2月に「災害時相互応援協定」を締結している。このように、民間においても災害時の支援の輪の広がりがみられる。

## 4. 今後の石綿対策

大規模災害時の石綿対策は平成7年1月に発生した阪神・淡路大震災の時から課題となっていたが、その後の平成23年3月に発生した東日本大震災、平成28年4月の熊本地震を経て、ソフト的には近年急速に整ってきたと感じる。また、平時の石綿対策においても、年々法規制が強化され、令和4年4月からは、レベル3建材を含むすべての石綿含有建材に対する事前調査結果概要の都道府県等への報告が義務化される。また、令和5年10月から、事前調査を行う者の資格も義務化されるため、現在、急ピッチで調査者の育成が行われている。このように、上記した「災害時相互応援協定」等を合わせて考えると、今後の災害時における石綿対策の体制は整ってきていると考えることができる。

一方、報告された書類のチェックや現場の指導・監督を行う行政に目を向けた場合、必ずしも法改正にともなう民間の技能・知識の向上の進展速度に追いついていないように思われる。今後、行政は、急速に増える石綿調査の有資格者の行う報告を適切かつ正確に評価する必要があることが考えられる。さらに、災害時にはモニタリング協定に従い、協力業者に適切な指示を出さねばならない。そのような面において、科学技術の素養がある地公研職員は活躍の場が増えるのではないかと考えられ

る。現在、地公研は委託分析が増加したため分析技術の低下も危惧されているが、今後は分析技術の向上や電子・紙上からの情報収集だけでなく、現場での情報収集・調査経験等が非常に重要であり、幅の広い知識や経験を積むことが、災害時における適切な指示や判断につながると考えられる。

ここで熊本震災石綿対策支援や石綿関連の様々な仕事を振り返ってみると、それまでに国立環境研究所（旧：最終処分技術研究開発室）とともに行った様々な調査・研究からの広がりの一つ一つであり、災害時における相互支援は、平時からの人と人とのつながり、Face to Faceのつながりが最も重要であると考えられる。

## 5. 引用文献

- 1) 独立行政法人環境再生保全機構：中皮腫とは～診断・治療から公的的制度まで～[https://www.erca.go.jp/asbestos/mesothelioma/what/what\\_about.html](https://www.erca.go.jp/asbestos/mesothelioma/what/what_about.html) (2020. 11. 30アクセス)
- 2) 厚生労働省：報道発表資料 (2020. 9. 17) <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyuu/chuuhisyu19/index.html> (2020. 11. 30アクセス)
- 3) 環境省災害廃棄物対策情報サイト：D.Waste-Net, [http://kouikishori.env.go.jp/action/d\\_waste\\_net/](http://kouikishori.env.go.jp/action/d_waste_net/) (2020. 11. 30アクセス)
- 4) 環境省関東地方環境事務所：災害時のアスベスト対策支援に関する合意書の締結について, [http://kanto.env.go.jp/earth/mat/post\\_11.html](http://kanto.env.go.jp/earth/mat/post_11.html) (2020. 11. 30アクセス)
- 5) 環境省関東地方環境事務所：令和元年度関東地域における災害廃棄物処理に関するアスベスト対策調査検討業務報告書, <http://kanto.env.go.jp/mat011.pdf> (2020. 11. 30アクセス)
- 6) 埼玉県環境部大気環境課：災害時における石綿モニタリングについて, <https://www.pref.saitama.lg.jp/a0504/sekimen/saigaiji-monitoring.html> (2020. 11. 30アクセス)
- 7) 一般社団法人埼玉県環境計量協議会：埼環協ニュース通巻243号, p. 6-16, (2019年1月号), <http://www.saikankyo.jp/index.php/188/24320191> (2020. 11. 30アクセス)
- 8) 一般社団法人埼玉県環境計量協議会：埼環協ニュース通巻244号, p. 61-66, (2019年4月号), <http://www.saikankyo.jp/index.php/188/24420194> (2020. 11. 30アクセス)

＜特集＞自然災害と環境リスクへの対応

災害廃棄物処理計画策定に向けた富山県環境科学センターの取組み

—GISを活用した災害廃棄物発生量の推計とその活用—

水田圭一\*・溝口俊明\*・神保有亮\*\*

(\*富山県環境科学センター・\*\*国立研究開発法人 国立環境研究所)

1. はじめに

東日本大震災を教訓に南海トラフ地震等の将来的な大規模災害に備えるべく、国は平成26年3月に「災害廃棄物対策指針」を策定した。当時、地方公共団体においても、過去の災害教訓に基づいた災害廃棄物処理計画の策定や見直しが必要となるものの、策定等は遅々として進んでいない状況であった。また、地方公共団体における災害廃棄物対策に投入できる予算、人材は限られ、ノウハウも少ないことから、合理的で効率的な策定手法の開発が必要である。

そこで、富山県環境科学センターでは、県内市町村における災害廃棄物処理計画策定へ向けた情報提供、技術的支援を目的に、地理情報システム（GIS：Geographic Information System）を活用した、災害廃棄物処理計画、処理実行計画の策定に必要な災害廃棄物発生量の推計や基礎情報を整備した。また、県内で想定される災害廃棄物の発生量を推計し県内市町村へ情報提供してきた。さらに、本県の建屋の延べ床面積が広く、木造住宅比率が高いといった地域特性を踏まえ、災害時、木くずが多く発生することが想定されるので、木くずについて県内の災害廃棄物の処理可能量及び災害廃棄物処理フローについて検討したほか、推計方法のマニュアルを作成してきたところである。

本稿では、これら災害廃棄物の適正処理に向けた当センターのGISを活用した取組みを中心に紹介するとともに、現在取り組んでいる災害時の化学物質の流出に際して、環境モニタリング等を迅速に行うための情報整備について紹介する。

2. 研究開始当初の災害廃棄物処理計画の策定状況について

研究開始当初、県内市町村で災害廃棄物発生量を推計し、その発生量をもとに災害廃棄物処理計画を策定していた自治体は、15市町村のうち1自治体のみであった（平成27年3月末時点）。

災害廃棄物処理計画が進まない理由として、国の調査では、「専門的な知識が不足している」、「作成にあたる職員や時間を確保できない」といった意見が過半数を占めていた。この専門的な知識には、災害廃棄物発生量の推計も含まれると考え、県が推計を行うことで県内市町村における災害廃棄物処理計画の策定が進むとともに、同じ手法や発生原単位を用いることで、市町村間での災害廃棄物発生量の比較や広域処理を行う際の検討に有用であると考え、当センターでは、平成28年度から調査研究の一環として災害廃棄物発生量の推計等本研究に取り組むこととした。

3. 災害廃棄物発生量の推計

3.1 GISについて

GISとは、地理情報システム（Geographic Information System）のことで、位置に関する情報を持ったデータ（空間データ）をコンピュータ上で整理し、表現の変更、分析、共有が可能となる。環境分野では、国立環境研究所により環境GISとして大気や水質等の基本的な環境データが整理され、視覚化されている。

GISを利用することで、位置情報を手掛かりに、異なる情報を統合・分析することができる。ここでは、住宅データと地震による住宅の被害状況や浸水想定区域図といった地図データを重ね合わせ、集計することで災害廃棄物発生量を推計した（図1）。

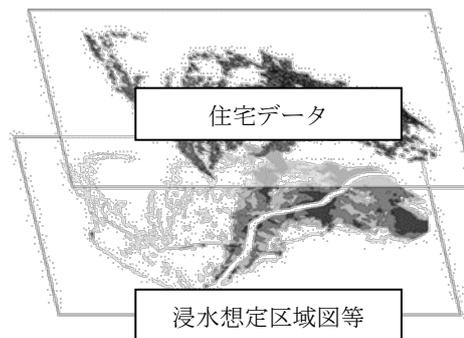


図1 GISによる地図の重ね合わせのイメージ

なお、GISを利用するには、非常に高額なソフトウェアが用いられることが多いが、地方自治体においてそのような高額なソフトウェアを導入するのは財政的に困難である。そこで、今回は無償でありながら、高度な解析機能を有するQuantum GIS (QGIS) を利用した。

### 3.2 対象とした災害と推計方法

今回対象としたのは、県の地域防災計画（地震・津波災害編）で被害が想定されている地震及び津波と水防法第14条の規定に基づき指定された水系における河川区域における水害である。

国が策定した「災害廃棄物対策指針」に基づき、災害廃棄物は住家の被害棟数に発生原単位（表1）を乗じることで全体の発生量を算出した。

「災害廃棄物の発生量」

$$= \Sigma (\text{発生原単位} \times \text{住家の被害棟数})$$

推計に用いた被害棟数は、地震・津波については、県関係部局がこれまで調査してきた各断層（帯）の地震及び津波における住家の被害予測から全壊、半壊、床上浸水及び床下浸水の4区分の被害棟数を用いた。また、津波による堆積物は、同被害予測の津波の浸水面積を用い、発生原単位を乗じて発生量を推計した。

水害に用いた被害棟数については、浸水想定区域図及び各市町村の住家ポイントデータの分布状況から、表1のとおり浸水深ごとに全壊、半壊、床上浸水及び床下浸水の4区分に分類し、発生原単位を乗じたものを集計した。

表1 災害廃棄物の発生原単位

区分	発生原単位	浸水深
全壊	117t/棟	2m以上
半壊	23t/棟	1m以上2m未満
床上浸水	4.60t/世帯*	0.5m以上1m未満
床下浸水	0.62t/世帯*	0.5m未満
津波堆積物	0.024t/m <sup>2</sup>	

※：床上浸水及び床下浸水の発生原単位は、1世帯当たりのもので、住家・土地家屋統計調査（平成25年度）より1世帯当たりの棟数1.15の逆数を取り1棟当たりの世帯数0.87を求め、床上浸水及び床下浸水の対象住家に乗じて各世帯当たりの災害廃棄物発生量を求めた。

調査対象とした災害について、500mメッシュで災害廃棄物発生量を集計し、各メッシュの発生量を段階ごとに分類したうえで図示することができた。災害廃棄物発生量の分布状況を図2及び図3に例示する。

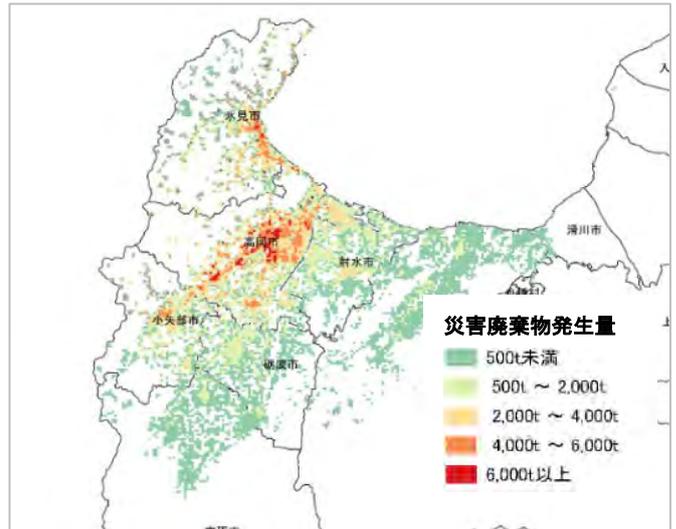


図2 災害廃棄物発生量の推計結果例（地震）

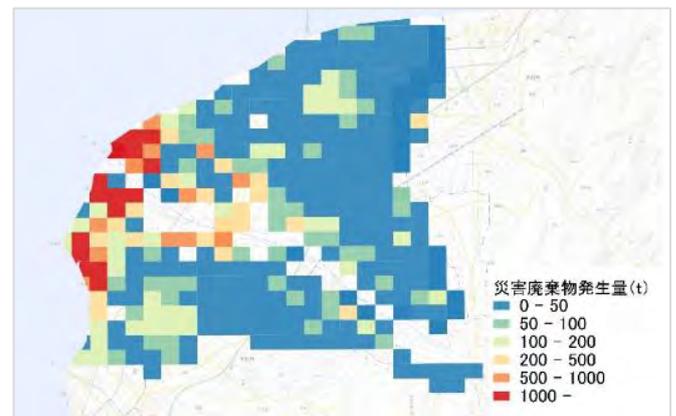


図3 災害廃棄物発生量の推計結果例（水害）

GISを活用することで、災害廃棄物発生量の分布を可視化できたほか、市町村や指定したエリア内における災害廃棄物発生量を集計することが可能となった。これはあらかじめ災害廃棄物の仮置き場や収集ルート等を設定する際や、災害時に得られた被害状況から災害廃棄物発生量を推計し、可視化する際に有益な手法であると考えられる。

このほか、災害廃棄物発生量の推計をフリーソフトウェアのQGISを利用したことで、安価に推計を行うことができた。これは、将来的に「災害廃棄物処理計画」を見直す際にも、低コストで再推計を行うことができるため、実務的に有効な方法であると考えられる。

### 3.3 処理可能量及び処理フローの検討

GISソフトウェアの機能の一つに、経路や量の変化に応じた解析が可能となるネットワーク解析機能を有している。災害時、木造住宅比率が高いといった本県の住家

特性から、解体住家等から木くずが大量に発生することが想定される。そこで、木くずを県内の民間事業者のリサイクル施設に搬入・処理することを想定し、GISのネットワーク解析を用いて、木くずの発生量、運搬距離、処理施設の能力及び処理期間を考慮した、効率的な搬入の可能性について検討結果を紹介する。図4に概念図を示す。

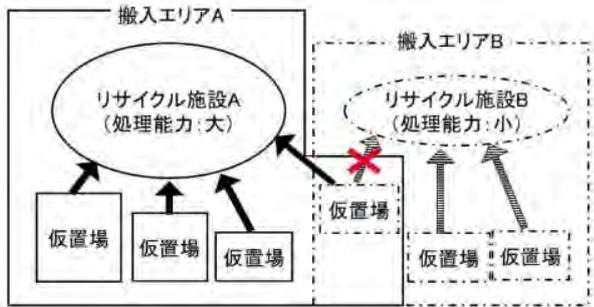


図4 ネットワーク解析の概念図

木くずを県内の民間事業者のリサイクル施設に搬入することを想定した場合、例えば、近くの処理能力の小さい施設へ搬入するケースと遠くの処理能力の大きい施設へ搬入するケースとでは、運搬距離、処理期間等に違いが生ずる。搬入先は、その時々いくつかの優先すべき事項を考慮して最終的に決められると考えられるが、①リサイクル施設の処理余力が変化する場合及び②搬入ルートが変化する場合の2つの条件で検討を行ったところ、搬入ルートや処理能力の変化に伴ったより最適な処理可能エリアを設定することができた(図5、図6)。

このように、GISのネットワーク解析機能を用いることで、処理能力の変化や搬入ルートの変更など状況変化に応じた意思決定を行う際に、有用であることが確認できた。本解析手法を用いた発災直後から復旧・復興期における、木くずの発生、処理、道路復旧等の状況の変化に応じた適正な災害廃棄物処理フローの検討が可能で、仮設のリサイクル施設の立地場所を検討する際にも役立つものと考えている。

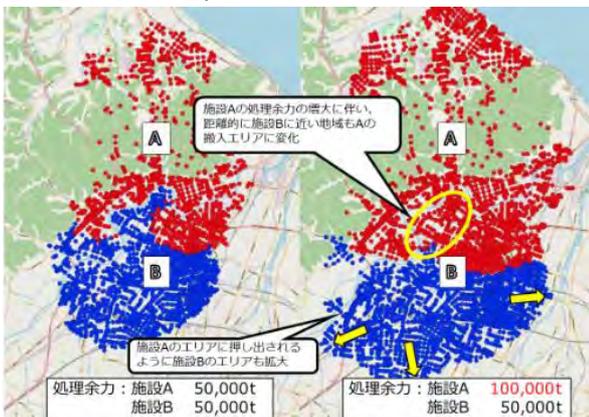


図5 リサイクル施設の処理能力が変化する場合

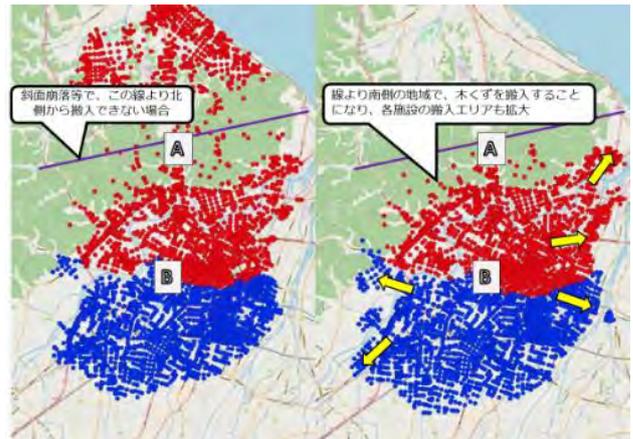


図6 搬入ルートが変化する場合

#### 4. GISを利用した災害廃棄物発生量の推計の活用

今回、富山県地域防災計画で被害想定がされた災害(地震・津波)及び富山県水防計画で指定された河川の水害について災害廃棄物発生量を推計した手法について紹介した。推計した災害廃棄物発生量については、県の関係部署を通して市町村へ情報提供し、令和2年11月現在、15市町村中14市町で災害廃棄物処理計画が策定された。このことから本研究が災害廃棄物処理計画の策定に貢献ができたものと考えている。さらに、県が推計した結果を利用していることから、市町村間での災害廃棄物発生量の比較や広域処理を行う場合などの検討が容易になったと考えている。

今回の推計手法をマニュアル化し、QGISについて触れたことがない職員でも災害廃棄物の可視化や集計ができるようになった。地方自治体では、研究機関と行政機関での人事異動により、技術の共有・継承も課題の一つと考えられる。今回のようにマニュアル化することで、災害廃棄物処理計画の見直しや実際に災害が発生した際の災害廃棄物の推計や可視化に柔軟に対応できるようになったと考えている。実際、本県の災害廃棄物処理計画は本推計結果を活用し平成28年度に策定されたところであるが、その後、平成30年度に県の地域防災計画が改定され地震被害想定が追加された際にも本推計手法により災害廃棄物発生量を迅速に推計し、災害廃棄物処理計画の改定が行われた。この改定の際も人事異動に伴い計画策定時に推計に携わった職員とは異なる職員が対応したが、前回同様に推計することができた。

#### 5. 当センターにおけるGISの活用

当センターでは、GISを活用した災害廃棄物発生量の推計をマニュアル化するともにセンター内でも研修を行ってきたほか(図7)、今後は、当センター以外の自治体職員を対象とした研修を行うことを検討している。



図7 GISの研修風景

また、住所データからQGISで使用できるよう緯度経度のデータを変換する際に、ウェブ上のサービスを利用することが多いが、災害でインターネットが使えない場合でも住所データから緯度経度に変換し、QGISで使用できるポイントデータに変換できるソフトウェアを開発し、地図の作成を容易にする取組みを行っている。

このように災害廃棄物に関する取組み以外にも、化学物質排出移動量届出制度（PRTR）の情報である県内の化学物質取扱事業所や使用化学物質に対して、その測定方法と各流域情報を整理することで、災害時の化学物質の流出による影響範囲や測定体制を強化するための情報整備を行っている。これは、数値標高データ（DEM）からGISの流域解析を行い、流域と河川をGIS上で再現し、広範囲の流域から中小河川の流域まで様々な範囲を設定することができるようになった。そのデータと化学物質取扱事業所並びに使用されている化学物質及び測定方法をGIS上で重ね合わせることで、化学物質の流出があった際、影響があるエリアを推定できるようになった。（図8）。

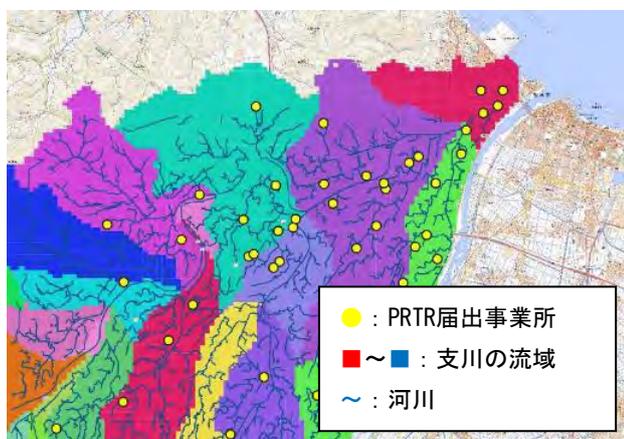


図8 中小河川の流域区分とPRTR届出事業所の分布

その他にも、災害廃棄物の仮置場を選定するため候補地と災害廃棄物発生量の分布を可視化し、周辺の土地利用状況や水害の浸水深情報などをGISにより重ね合わせることで、考慮すべき課題をあらかじめ把握する手法についても研究している。

このように災害廃棄物の推計だけでなく様々な環境分野でGISの活用に取り組んでおり、今後、さらに普及していくことが期待される。

## 6. おわりに

最近では地震災害のほか、規格外の台風や線状降水帯の発生など、風水害により甚大な被害を及ぼすとともに、洪水によって膨大な量の災害廃棄物が発生している。

こうした状況は、気候変動の影響によって今後ますます増加していくと予想され、現在でも全国各地で水害によって通常の発生量の何年分もの廃棄物が一度に発生し、複数年にわたる処理を余儀なくされている。

また、仮置き場に堆積したごみは、適切に分別しなければその後の処理に支障が生じるとともに、悪臭や衛生上の問題、保管の長期化に伴う火災の発生のおそれがあることから、適切かつ早期の処理が必要となる。

被災地の速やかな復興にあたっては、災害廃棄物の早期適正処理が必須であることから、被災自治体での処理だけでなく民間施設や広域処理を活用することも必要である。そのためにはあらかじめ、災害の形態別・被災状況に応じた発生量や廃棄物の種類別割合を推計しておくことが重要と考えられる。

こうしたことから、今後も、本取組みや災害廃棄物発生量推計マニュアルの普及を通じて、県内市町村へ災害廃棄物対策に係る技術的な支援を行ってまいりたい。

## 7. 引用文献

- 1) 環境省：災害廃棄物対策指針，2014
- 2) 富山県：地震調査報告書，1996
- 3) 富山県：地震調査報告書，2001
- 4) 富山県：富山県地震被害想定等調査報告書，2011
- 5) 富山県：富山県津波調査研究業務報告書，2012
- 6) 富山県：富山県地震被害想定調査委託業務 業務報告書，2017

＜特集＞自然災害と環境リスクへの対応

有機汚染物質のターゲットスクリーニングと生物応答試験による  
新たな水質評価手法の提案

—福岡県保健環境研究所における緊急時環境調査への取り組み—

古閑豊和\*・宮脇 崇\*

(\*福岡県保健環境研究所)

1. はじめに

近年頻発する豪雨や大型地震等の災害発生時では、建造物の倒壊や冠水による有害化学物質の漏洩や流出が懸念される。令和2年7月の豪雨災害では、九州地方で複数の河川が氾濫し、各地で甚大な被害を受けたことは記憶に新しい。「防災基本計画」や「国土強靱化計画」には、緊急時における環境調査の必要性が明記されている<sup>1)2)</sup>。緊急時環境調査では、地域住民の安心・安全確保のため有害化学物質の汚染源の特定や汚染の拡大防止を速やかに実施することが重要である。また、平常時とは異なる状況が想定されるため、環境基準物質や規制物質だけを測って安全性を評価するのは困難であり、多成分の有機汚染物質を計測するスクリーニング手法が必要となってくる。門上らは、標準物質を使用せずに約 1000 種の化学物質を自動同定・定量する手法としてGC/MSデータベース法 (AIQS) を開発している<sup>3)</sup>。この技術は日本工業規格 (JIS) のJIS K 0123ガスクロマトグラフィー質量分析通則に掲載されており、緊急時環境調査において有用な手法になると考えられる<sup>4)</sup>。福岡県では、これまでにAIQSを用いたスクリーニング法を複数開発し、東日本大震災や熊本地震後の環境調査に活用してきた<sup>5), 6), 7)</sup>。また、AIQS技術を普及させる活動にも取り組んでおり、地方環境研究所を対象とした「緊急時環境調査手法研修会」の実施や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」について、国立環境研究所と共同で研究を進めているところである<sup>8)</sup>。さらに、筆者らはこれまでのスクリーニング技術をベースに前処理法のさらなる迅速化や化学物質の複合影響評価に関する研究にも着手している<sup>9), 10), 11)</sup>。今回の特集記事では「水質分析」をテーマに、当県で新たに開発した2つのスクリーニング手法の妥当性試験、並びに生物応答を用いた化学物質の複合影響評価について事例紹介を行う。また、令和2年7月の豪雨災害では、開発したスクリーニング法を用いた緊急時環境調査を行ったので、その概要について報告する。

2. GC/MSを用いたターゲットスクリーニング法

筆者らは広島県の開発した「迅速前処理カートリッジ」とデータベースソフトNAGINATA II (西川計測株式会社製)の技術を組み合わせたターゲットスクリーニング法を開発した (本稿では、NAGINATA IIをAIQSとする)<sup>9)</sup>。測定フローを図1に示す。本法の特長は迅速前処理カートリッジを用いて前処理時間を短くし、AIQSにより多成分の化学物質を自動判定によって迅速に同定・定量を行うことで、全測定が70分程度で終了し、短時間で定量値を報告できる点にある。

本法では化学物質の物性値としてLog Powと水溶解度でそれぞれ0.78~7.05, 0.001~25000 mg/Lの範囲の農薬類を用いた添加回収試験を行った。その結果を表1に示す。ほとんどの農薬類について回収率が目標値 (50~150%)を満たした。ただし、本法が適用できるのは半揮発性の物質であり、不揮発性の物質や親水性の物質についてはLC/MSによる測定が必要になる。

3. LC/MS/MSを用いたターゲットスクリーニング法

筆者らはGC/MSで測定困難な物質を測定可能にするため、迅速前処理カートリッジの操作方法を改良し、LC/MS/MS測定にも適用可能なターゲットスクリーニング法を開発した<sup>10)</sup>。測定フローを図2に示す。本法の特徴は既存の迅速前処理カートリッジで用いるジクロロメタン等の疎水性有機溶媒と疎水性膜を使用せず、試料水に塩化ナトリウムを添加し、アセトニトリル・水の二相系溶媒抽出を行うものである。この前処理法を用いることで操作時間が10分程度となり、固相抽出法と比較すると大幅な時間短縮ができ、測定の迅速化が可能となった。

本法では化学物質の物性値としてLog Pow :-0.91~8.20の範囲の農薬類を用いて添加回収試験を行った。添加回収試験結果を表2に示す。Log Powがマイナス値となるようなAcephate (Log Pow:-0.90)などの親水性物質

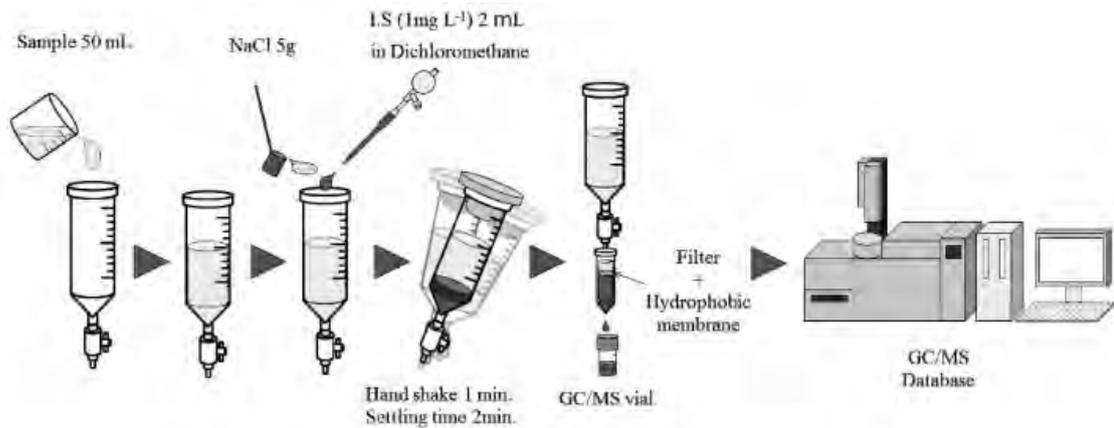


Fig. 1 Method of target screening by a rapid pretreatment cartridge

出典：古閑豊和ら，分析化学，68， p.417-425（2019）， p.419のFig.1を引用

図1 GC/MSを用いたターゲットスクリーニング法の測定フロー

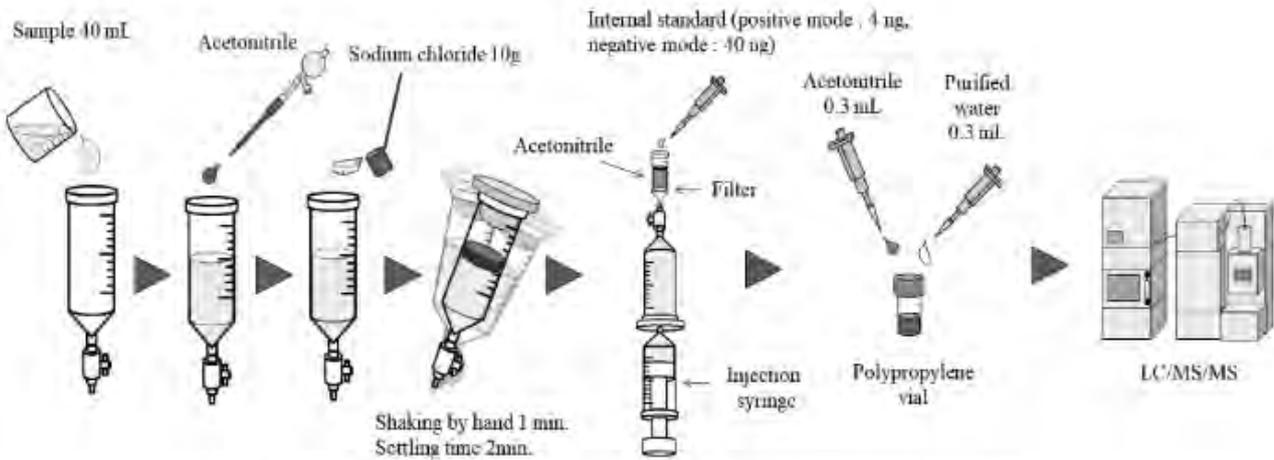


Fig. 1 Method of target screening by a Rapid pretreatment cartridge

出典：古閑豊和ら，分析化学，69， p.121-134（2020）， p.124のFig.1を引用

図2 LC/MS/MSを用いたターゲットスクリーニング法の測定フロー

はアセトニトリル相へ分配されず，本法では適用が困難であった。その対策として，試料水をろ過後にLC/MS/MS測定に供する直接注入法の適用が良いと考えられた。また，本法はAIQSのようなデータベース法ではなく，150種以上の化学物質について一斉分析する測定系を構築している。

今後の展望としてLC/TOF-MSなどへ応用展開が期待される。

4. 生物応答を用いた水質評価

生物応答を用いた水質評価の利点は機器分析で捉えきれない未知の化学物質の毒性や複合影響を検知できる点にある。

環境水中の生物応答を用いた水質評価事例は急性毒性

試験など多くの報告例がある<sup>12),13),14)</sup>。また近年，全排水毒性試験（日本版WET試験）と呼ばれる排水水質の評価法が環境省主導の下に検討されている<sup>15)</sup>。日本版WET試験は排水の健康診断とも言われており，筆者らはこの健康診断項目の1つにAIQSを組み込むことで，排水水質を俯瞰的に捉えられると考え，日本版WET試験による水質評価の研究に取り組んでいる。

研究方法としてWET試験における排水改善手法や影響指向型解析（Effect Directed analysis:EDA）等を参考にした。EDAはWerner Brackらが提唱したもので，環境水などの試験水をカラム等で分画し，それぞれ生物応答試験や化学分析を実施する。そして各画分で検出される物質や毒性を調査するものである<sup>16)</sup>。

筆者らが実施した研究では生物応答試験に日本版WET

表1 GC/MSを用いたターゲットスクリーニング法の添加回収試験結果

Table 3 Results of compounds No.1-40 obtained by recovery tests (n=3, unit : %)

No.	Compounds	River water								Sea water							
		St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6		St.7		St.8	
		Rec. <sup>a)</sup> /%	CV /%														
1	Trichlorfon (DEP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Dimethoate	89	5.5	85	4.1	76	16	76	8.7	83	17	87	11	84	11	89	3.9
3	Metalaxyl	110	7.6	113	2.6	111	6.9	110	8.6	111	6.8	109	3.0	105	2.1	107	3.6
4	Dichlorvos (DDVP)	108	2.5	112	3.9	85	5.3	86	8.4	89	10	98	2.7	98	2.4	92	4.4
5	Pyroquilon	90	5.5	86	3.9	101	7.8	102	10	100	8.3	104	3.6	109	1.4	104	5.5
6	Tricyclazole	108	7.7	118	15	107	7.8	123	7.0	118	9.5	94	5.8	89	16	98	14
7	Molinate	112	7.1	117	2.7	103	4.9	102	11	105	9.9	107	4.1	106	1.4	103	4.9
8	Bentazone	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Simetryn	103	4.4	108	2.8	105	3.8	104	8.8	101	7.8	111	4.4	112	1.1	107	2.4
10	Fenobucarb	104	3.7	107	2.2	104	5.5	107	11	104	8.6	107	0.7	107	2.8	102	3.3
11	Isoprocab	106	4.0	105	2.0	104	4.6	104	10	101	8.1	104	1.4	104	3.3	100	4.2
12	Iprobenfos	102	1.4	120	3.1	108	11	114	10	112	7.2	114	1.6	113	2.9	111	5.6
13	Carbofuran	121	6.5	93	9.3	115	5.2	115	3.2	120	2.6	118	2.4	122	1.1	122	3.1
14	Alachlor	107	16	113	2.2	97	5.1	100	10	103	13	112	2.5	111	3.3	110	5.9
15	Methidathion	109	5.1	132	2.7	100	3.2	106	12	100	15	100	1.3	99	3.5	93	3.7
16	Probenazole	129	8.7	110	3.5	92	5.8	98	2.8	97	10	108	1.2	98	12	103	5.6
17	Malathion	111	4.7	116	8.5	104	13	107	10	103	14	109	3.3	108	1.0	103	5.5
18	Methyl dymron	106	11	139	4.8	95	8.4	92	6.2	97	9.7	105	5.2	102	3.2	100	4.1
19	Etridiazole (Echloomezol)	141	4.9	139	1.2	113	8.5	112	9.9	112	11	108	3.9	102	1.1	100	6.6
20	Propiconazole @1 <sup>b)</sup>	135	5.9	101	3.2	109	7.1	110	13	111	7.4	113	9.6	115	9.8	110	4.7
20	Propiconazole @2 <sup>b)</sup>	96	3.2	145	6.7	116	9.2	121	9.7	122	9.9	138	0.9	147	2.3	141	6.3
21	Pyridaphenthion	147	9.7	110	3.2	113	9.7	120	9.9	121	6.7	131	9.5	130	7.9	113	8.6
22	Napropamide	109	3.3	105	2.2	107	11	121	15	117	6.9	120	1.2	122	4.7	113	6.3
23	Edifenphos	101	4.2	106	5.1	120	10	121	12	126	7.3	143	6.3	140	6.4	131	10
24	Isoprothiolane	104	6.1	108	3.8	105	6.4	109	13	111	10	121	3.2	119	5.3	112	8.1
25	Dimethametryn	104	5.0	101	2.1	117	8.0	120	11	120	10	125	3.2	124	4.4	115	7.5
26	Pretilachlor	96	4.0	104	3.3	111	9.7	111	7.1	113	10	120	5.2	121	5.1	110	5.9
27	Diazinon	100	3.8	97	3.0	105	4.5	109	9.5	110	8.4	109	3.0	106	3.3	102	4.2
28	Fenitrothion	96	4.7	102	2.7	95	7.0	91	10	99	6.7	102	7.4	104	4.0	99	6.7
29	Atrazine	100	2.0	96	4.0	105	6.0	104	9.7	105	8.3	107	2.3	107	5.9	105	4.5
30	Thiobencarb	91	4.1	107	4.1	103	8.6	104	8.2	106	9.4	111	2.7	111	2.6	107	6.9
31	Piperophos	104	3.5	104	3.2	115	5.7	120	7.3	125	11	135	1.6	132	3.6	122	2.3
32	Isofenphos	103	4.9	123	4.7	110	8.6	112	7.5	115	9.7	107	4.1	107	5.0	103	4.4
33	Dichlobenil	123	6.2	110	6.1	97	7.7	94	9.4	97	8.8	101	4.2	102	2.5	99	2.6
34	Dimepiperate	115	11	130	7.0	108	13	112	6.9	113	18	98	5.2	102	8.2	99	3.4
35	Disulfoton	127	14	110	3.0	108	7.1	108	5.8	109	8.6	111	1.3	117	1.5	109	6.0
36	Propyzamide	106	5.1	141	4.3	110	6.0	110	11	111	12	114	2.9	112	2.7	111	7.4
37	Iprodione	143	6.4	109	2.3	109	6.2	105	5.2	109	8.3	111	5.5	111	4.8	106	7.2
38	Anilofos	106	3.9	143	6.4	127	7.4	127	11	121	8.7	133	2.6	132	2.0	121	7.1
39	Mepromil	138	8.7	122	4.1	123	7.1	130	7.3	133	3.0	144	6.3	137	3.1	128	7.0
40	Thenylchlor	122	5.6	130	5.4	122	10	122	8.0	123	8.2	136	4.0	144	4.4	127	9.2

a) Recovery

b) For propiconazole, two types of retention time are registered in the GC/MS database.

出典：古閑豊和ら，分析化学，68， p.417-425 (2019)， p.421のTable 3を引用

試験で用いられる水生生物3種の短期慢性毒性試験と化学分析としてAIQSや金属分析等を用いた<sup>11)</sup>。また、毒性原因物質特定のために固相抽出カラムを用いて毒性候補物質を絞り込むための吸着処理実験を実施している。実験フローを図3に示す。この研究では化学分析と生物応答試験結果より重金属類（ニッケルと亜鉛）が毒性原因であると判明し、AIQSを含む機器分析と生物応答試験を用いた水質評価の有用性が示された。

### 5. 豪雨災害への適用事例

2020年7月初旬から下旬にかけて九州では、一連の大

雨による人的被害や物的被害が発生し、「令和2年7月豪雨」とよばれる豪雨災害をもたらした<sup>17)</sup>。この豪雨により福岡県の隣県において倉庫に保管されていた薬品が河川へ流出したとの報告が入り、下流域を管轄している福岡県は迅速に調査を開始した。今回は流出した薬品名が判明していたため、最初に流出薬品の商品名から使用されている化学物質名を特定し、AIQSに登録してある物質との照合を行った。AIQSで測定可能な物質は既報により調査し、登録されていない物質や親水性物質は開発したLC/MS/MSを用いたターゲットスクリーニング法で測定を行うこととした<sup>9),10)</sup>。なお、流出薬品の中にLog Powが

表2 LC/MS/MSを用いたターゲットスクリーニング法の添加回収試験結果

Table 6 Results of compounds No.1-43 obtained by recovery tests (n = 3)

No.	Compounds	River water						Sea water					
		St.1		St.2		St.3		St.4		St.5		St.6	
		Rec. <sup>a)</sup> %	C.V. %										
1	Monocrotophos	29	6.8	40	17	31	4.6	44	21	43	5.1	34	8.7
2	Acephate	11	12	15	23	12	8.7	8.7	17	8.4	13	5.4	16
3	Nitenpyram	11	14	14	25	13	4.6	15	19	13	7.3	12	17
4	Oxamyl	50	4.0	61	13	50	2.9	60	13	55	8.3	45	7.7
5	Dinotefuran	27	13	31	17	27	5.6	35	16	43	4.7	24	6.1
6	2,4-D	4.4	18	5.4	40	4.4	30	4.0	22	6.6	20	4.3	18
7	Asulam	LLOQ <sup>c)</sup>	-										
8	Acetamiprid	82	9.8	112	12	93	1.3	104	16	100	5.8	85	5.7
9	Thiamethoxam	59	5.8	74	15	62	1.6	78	16	73	4.6	63	8.5
10	Trinexapac ethyl	20	11	22	20	17	8.8	6.4	16	5.9	4.8	4.5	7.5
11	Flazasulfuron	33	7.3	42	19	37	3.0	51	14	49	1.5	43	9.2
12	Metribuzin	77	7.7	112	12	93	2.4	102	13	99	2.8	81	0.60
13	Cumyluron	93	0.90	118	5.4	104	2.0	111	8.2	108	4.4	96	3.6
14	Bromacil	76	8.0	113	13	94	2.2	98	11	94	4.9	78	5.6
15	Mecoprop	7.9	41	8.2	19	10	23	7.4	23	10	2.0	6.8	20
16	Tricyclazole	56	8.4	77	14	66	0.26	78	13	76	4.3	63	5.8
17	Dichlorprop	6.3	23	10	19	9.1	39	8.7	21	12	3.7	7.8	21
18	Bentazone	48	11	63	7.6	57	18	55	16	69	5.2	59	21
19	Imidacloprid	82	11	108	12	88	0.92	100	18	96	5.8	84	7.1
20	Clothianidin	82	8.8	106	14	88	1.2	107	17	100	5.8	84	5.8
21	Carbofuran	85	9.1	122	10	100	2.3	109	12	106	4.8	89	3.5
22	Pymetrozine	12	6.3	14	22	13	4.7	15	15	14	7.7	13	10
23	MCPA	3.5	22	4.6	22	5.8	15	2.9	34	3.3	19	3.1	11
24	Bendiocarb	83	7.8	114	7.8	90	4.4	108	15	101	6.4	84	5.6
25	Furametpyr	83	5.9	118	8.3	99	2.4	102	9.4	104	3.9	89	3.4
26	Ametryn	84	6.5	114	8.1	97	3.2	100	6.4	102	3.2	90	3.2
27	Thiacloprid	80	5.5	119	11	97	2.3	113	13	110	5.5	93	5.6
28	Pyriminobac methyl Z	93	6.8	125	6.0	106	2.5	110	7.9	112	4.2	100	3.6
29	Cyanazine	95	6.7	140	10	116	1.4	123	9.6	124	4.3	106	4.7
30	Tetraconazole	112	8.8	130	3.7	123	4.0	123	7.5	123	2.2	106	3.3
31	Propanil(DCPA)	100	7.1	139	11	122	1.8	109	7.4	116	2.1	107	6.4
32	Metominostrobin	85	5.9	120	8.1	100	2.7	100	9.2	102	4.8	89	4.6
33	Cinosulfuron	28	8.5	35	18	30	3.6	31	13	31	1.2	26	11
34	Carbaryl	76	5.9	107	8.9	85	4.7	99	15	94	8.7	78	4.3
35	Cyproconazole @A <sup>b)</sup>	96	1.5	123	6.0	110	2.0	111	7.0	110	2.6	95	4.4
35	Cyproconazole @B <sup>b)</sup>	94	6.8	114	5.8	104	1.2	107	7.6	106	1.7	92	4.3
36	Linuron	85	4.5	121	7.8	99	1.5	101	7.4	101	3.6	89	3.9
37	Simeconazole	104	8.6	122	4.6	114	2.6	110	6.6	109	3.3	96	4.1
38	Fluazifop	27	8.1	38	19	34	5.1	39	9.5	40	0.70	32	11
39	Probenazole	87	8.9	126	10	103	3.1	113	13	111	4.9	92	2.7
40	Diuron	93	6.8	131	10	110	3.4	113	10	114	4.1	98	4.5
41	Prometryn	94	8.0	111	5.2	100	3.2	102	7.6	102	3.1	92	2.6
42	Tebuconazole	102	5.4	109	2.2	107	2.3	110	5.0	112	2.6	99	4.2
43	MBC	73	9.3	100	14	83	0.79	100	15	97	4.2	83	5.9

a) Recovery. b) For Cyproconazole, two types of retention time. c) Lower limit of quantification (Asulam: < 74.3 ng L<sup>-1</sup>).

出典：古閑豊和ら，分析化学，69， p.121-134（2020）， p.128のTable 6を引用

マイナス値 (-2.8) となる親水性物質が存在し，開発したターゲットスクリーニング法では測定が困難であったため，別途，HILIC系カラムを用いた測定も実施した。さらに，生物応答試験としてムレミカヅキモ，オオミジンコ，ゼブラフィッシュ胚を用いた急性毒性試験についても実施した。

その結果，流出した化学物質は検出されず，生物影響も検知されなかった。また後日，流出した薬品は瓶ごと全て回収されたため下流域の水環境を汚染していないこ

とが分かった。

今回の事例ではAIQSによる化学物質の調査と生物応答を組み合わせた新たな水質管理手法を適用し，災害時の環境調査において，化学物質検出及び生態毒性影響の両面について水質評価することができた。

## 6. 今後の展望

水生生物を用いた生物応答試験は生物種によって化学物質に対する感受性が異なり，「全て」の環境リスクを

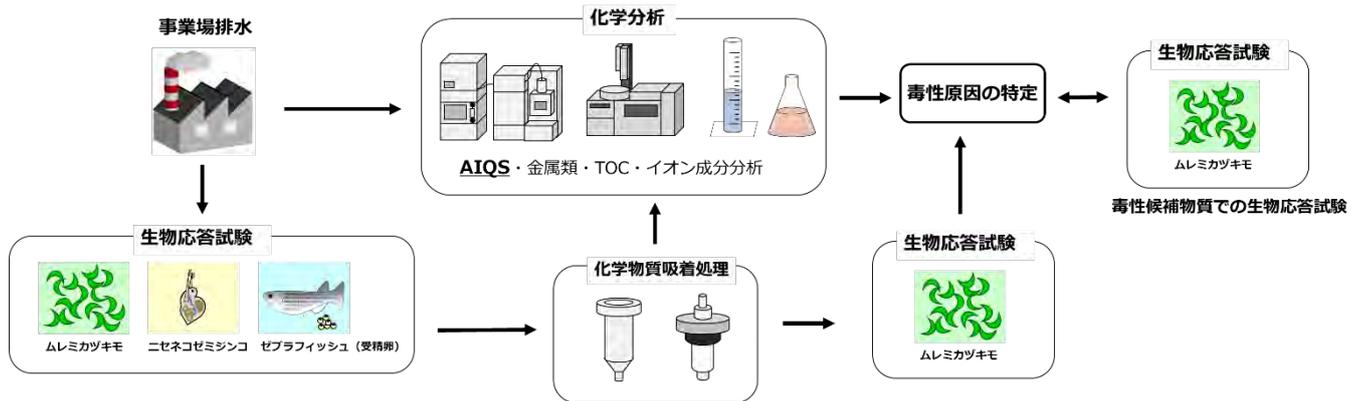


図3 化学分析 (AIQS) と生物応答試験を用いた水質評価研究フロー図

捉えることはできない。しかし、これを「5. 豪雨災害への適用事例」で示したとおりAIQSと組み合わせることができれば、機器分析のみでは困難な「緊急時」における化学物質の環境リスクの把握ができると考えている。そこで、2020年4月から公益財団法人河川財団の支援をうけ「豪雨災害を想定した緊急時環境調査手法の提案」と題した研究を実施している<sup>18)</sup>。この研究では平常時や豪雨災害時の河川水質をAIQS等による機器分析と生物応答を併用して水質を評価している。また、水生生物への毒性がある排水試料を水質評価モデルケースとして研究を実施している。

しかしながら、急性毒性試験や日本版WET試験で用いられる短期慢性毒性試験を緊急時環境調査へ用いるためには、常に試験可能な生物を状態良く維持し続ける必要があり、地方環境研究所が実施するには設備費や管理費等において非常に困難を伴う。また、試験日数が最低でも数日間かかり、迅速性に欠けるのが課題である。

現在、筆者らは浜松ホトニクス株式会社製高感度ルミノメータを用いた「藻類発光阻害試験」を導入し、AIQSで検出した化学物質や複合影響の評価を実施予定である。この藻類発光阻害試験は24時間で測定が完了し、生物応答試験を迅速に実施可能であるため、スクリーニング試験に用いることが可能と考えられる。また、濃縮藻類懸濁液の使用や専用培養装置の使用により、将来的に災害発生場所におけるオンサイト測定や突発的な災害に対応可能な調査方法の確立を目指し、研究を進めている。

### 7. 終わりに

本稿では、当県が実施しているAIQSを用いた研究のうち、測定の迅速化および生物応答試験で得られた知見を整理した。なお、AIQSを用いた分析法開発は、筆者らが参加している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」でも取り組んでいる。また、筆者らが実施している生物応答試験はⅡ型共同研究「生物応答を用いた各種水環境調査方法の比較検討」で得られた知見・技術を基にしている<sup>8)</sup>。突発的に発生する災害にはAIQSと生物応答試験の両輪で対応することがさらなる地域住民の安心・安全につながると考えているので、是非、各地方環境研究所の研究者の方にⅡ型共同研究へ参加していただき、情報共有できればありがたい。

### 8. 謝辞

本稿に記した研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金「基盤研究 (C)」(19K12352) と公益財団法人河川財団河川基金の支援によりなされたことを付記し、ここに謝意を表します。

### 9. 引用文献

- 1) 中央防災会議, 2018. 防災基本計画 第13編危険物等災害対策編第2章災害応急対策第2節災害の拡大防止活動, [http://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon\\_basic\\_plan180629.pdf](http://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon_basic_plan180629.pdf) (2020.10.21アクセス) .
- 2) 内閣官房, 2018. 国土強靱化基本計画 第3章国土強靱化の推進方針2 施策分野ごとの国土強靱化の推進方針(11)環境, [https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/okudo\\_kyoujinka/pdf/kk-honbun-h301214.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/okudo_kyoujinka/pdf/kk-honbun-h301214.pdf) (2020.10.21アクセス)
- 3) Kadokami K., Tanada K., Taneda K. and Nakagawa K.: Novel gas chromatography-mass spectrometry database for automatic identification and quantification of micropollutants. *Journal of Chromatography A* 1089, 219-226, 2005

- 4) 日本工業規格：JIS K 0123, ガスクロマトグラフィ―質量分析通則, 検量線データベース法, 2018
- 5) Miyawaki T, Tobiishi K, Takenaka S, Kadokami K: A Rapid Method, Combining Microwave-Assisted Extraction and Gas Chromatography-Mass Spectrometry with a Database, for Determining Organochlorine Pesticides and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils and Sediments. *Soil and sediment contamination*, 27, 31-45, 2018
- 6) Matsuo Y, Nakata H, Agusa T, Miyawaki T, Kadokami K, Sato K, Matsumoto M, Higuchi T, Nishimuta K, Ryuda N, Miyamoto H, Haraguchi T, Ueno D: Comprehensive target analysis of micropollutants in soil at debris storage sites of the Kumamoto earthquake. *Soil and sediment contamination*, 29, 452-463, 2020
- 7) Matsuo Y., Miyawaki T., Kadokami K., Nakai K., Tatsuta N., Nakata H., Matsumura T., Nagasaka H., Nakamura M., Sato K., Tobo K.-i., Kakimoto R., Someya T. and 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
- 8) 国立研究開発法人国立環境研究所：2020年度地方環境研究所等との共同研究応募課題一覧, <https://www.nies.go.jp/kenkyu/chikanken/kadai/r02.html> (2020.10.13アクセス)
- 9) 古閑豊和, 宮脇崇：迅速前処理カートリッジを用いた環境水中有機汚染物質のターゲットスクリーニング法の開発. *分析化学*, 68, 417-425, 2019
- 10) 古閑豊和, 宮脇崇：迅速前処理カートリッジを用いた環境水中有機汚染物質のターゲットスクリーニング法の開発（2）—LC/MS/MSへの応用—. *分析化学*, 69, 121-134, 2020
- 11) 古閑豊和, 柏原学, 平川周作, 宮脇崇, 志水信弘, 石橋融子：機器分析と藻類生長阻害試験による事業場排水中の毒性原因物質の探索. *用水と廃水*, 62, 349-355, 2020
- 12) 菊地幹夫, 佐々木裕子, 若林明子：東京都内の河川水で生じたオオミジンコ遊泳阻害と農薬汚染. *環境化学*, 13, 385-396, 2003
- 13) 菊地 幹夫, 若林 明子：オオミジンコによる河川水中の化学物質の有害性モニタリング. *日本水産学会誌*, 63, 627-633, 1997
- 14) 野見山晴美・中原亜紀子・水落敏朗：ミジンコおよび藻類を用いた市内河川水のバイオアッセイ (2005) . 平成17年度福岡市保健環境研究所報, 31, 57-64, 2006
- 15) 環境省：生物を用いた水環境の評価・管理手法に関する検討会（第9回）の開催について, <https://www.env.go.jp/press/106556.html> (2020.10.14アクセス)
- 16) Brack W., Ait-Aissa S., Burgess R. M., Busch W., Creusot N., Di Paolo C., Escher B. I., Mark Hewitt L., Hilscherova K., Hollender J., Hollert H., Jonker W., Kool J., Lamoree M., Muschket M., Neumann S., Rostkowski P., Ruttkies C., Schollee J., Schymanski E. L., Schulze T., Seiler T. B., Tindall A. J., De Aragao Umbuzeiro G., Vrana B., Krauss M: Effect-directed analysis supporting monitoring of aquatic environments-An in-depth overview. *Science of the total environment*, 544, 1073-1118, 2016
- 17) 気象庁：令和2年7月豪雨, <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2020/20200811/20200811.html> (2020.10.13アクセス)
- 18) 公益財団法人河川財団：2020年度河川基金助成事業, [https://www.kasen.or.jp/Portals/0/pdf\\_jyosei/2020\\_jyosei.pdf](https://www.kasen.or.jp/Portals/0/pdf_jyosei/2020_jyosei.pdf) (2020.10.14アクセス)

<報文>

札幌市衛生研究所における分析法開発への取り組みについて\*

折原智明\*\*・柴田 学\*\*

キーワード ①分析法開発 ②エコ調査

要 旨

札幌市衛生研究所では環境調査への取り組みとして、環境省の化学物質環境実態調査（エコ調査）に参加し、環境中の化学物質濃度の実態把握に努めてきた。昭和60年度以降取り組んだ分析法開発の経過を示し、一部の分析方法について開発過程での困難点等について紹介し、課題や問題点についても記した。

1. はじめに

札幌市衛生研究所は、保健・環境にかかわる科学的かつ技術的中核機関として、市民の健康、食の安全及び生活環境の安全・安心を守るための試験検査を行うとともに、それに関連した調査研究、情報の収集・解析・提供を行っている。保健福祉局に属しているものの、環境局からの分析業務も定常的に担っており、他都市の自治体で言えば”保健環境センター”的な位置づけである。

1.1 保健科学分野

食中毒や感染症の原因となる細菌やウイルスの検査、新生児、乳児、妊婦を対象に、先天的な病気を未然に防止するための検査とそれらに関する調査研究を行っている。また、市内感染症の発生動向や病原体検出状況を提供している。事務係、微生物係及び母子スクリーニング係の3係を設置している。

1.2 生活科学分野

食品や生活環境の安全性を確保するため、食品に含まれる添加物・農薬・放射能等の検査や大気・水・土壌等に含まれる環境汚染物質等の検査を行うとともに、それらに関する調査研究を行っている。また厚生労働省や環境省の委託調査のほか、他の自治体等との共同研究に参加し、市内における食品の安全性や環境中の化学物質の把握に努めている。食品化学係、大気環境係及び水質環境係の3係を設置している。

大気環境係及び水質環境係では、環境省が実施する化学物質環境実態調査（エコ調査）に参加しており、この

中で初期環境調査や詳細環境調査と並んで、分析法開発に昭和60年度以降取り組んできている。水質環境、大気環境に関する様々な物質を対象としてきた。

今回、当研究所で取り組んできた分析法開発の一覧を示し、一部の分析法について開発過程等を紹介する。

2. 分析法開発物質と分析方法の経歴

エコ調査で受託した分析法開発の一覧を表1に示す。昭和60年度（1985年度）に中島純夫が初めて分析法開発を受託し、以後15年間、毎年度新たな物質について分析法開発を担当してきた。

しかし平成12年度（2000年度）から6年間、分析法開発を受託しない期間があった。これは平成12年度よりダイオキシン類の分析を開始し、その分析担当に当時分析法開発を担っていた小田達也を配置換えしたためである。当研究所の職員は行政職のため定期的な異動があり、様々な前処理・測定手法を駆使する分析法開発を担うには、ある程度の分析経験が必要であり、他の職員では難しかった様である。また、ダイオキシン分析に人員を割いたことにより時間的な余裕が減ったことも考えられる。

その後、平成18年度（2006年度）から分析法開発を再開させた。これは昭和60年度に初めて分析法開発を受託した中島純夫が、再び当研究所に配属されたため再開可能となったと言える。

中島は当初、LC/MSで検討を開始したが上手くいかなかった様で、翌平成19年度（2007年度）にLC/MS/MSを整備し、即、分析法開発に投入した。

\*Effort to develop analytical methods at the Sapporo City Institute of Public Health

\*\*Tomoaki ORIHARA, Manabu SHIBATA (札幌市衛生研究所) Sapporo City Institute of Public Health

表1 分析法開発年度と開発物質

年度	開発物質	対象媒体	前処理方法	測定方法	担当者	
昭和	60 メトキシフェノール(2-, 3-, 4-)	水質, 底質	溶媒抽出	GC/MS	中島純夫	
	61 アクリロニトリル, メタアクリロニトリル	水質, 底質	固相抽出	GC/MS	中島純夫	
	62 ムスクキシレン	水質, 底質, 生物	溶媒抽出	GC/ECD	西野茂幸	
	63 ジシクロペンタジエン	水質, 底質	溶媒抽出	GC/MS	西野茂幸	
平成	元 ジフェニルアミン	水質, 底質, 生物	溶媒抽出	GC/MS	西野茂幸	
	2 ε-カプロラクタム	水質, 底質, 生物	固相抽出	GC/MS	西野茂幸	
	3 チオファネートメチル	水質, 底質, 生物	溶媒抽出	GC/MS	西野茂幸	
	4 アセフェート	水質, 底質, 生物	固相抽出	GC/FPD	西野茂幸	
	5 エタノールアミン	水質, 底質	溶媒抽出	GC/MS	西野茂幸	
	6 エチレングリコール, 1,2-ブチレングリコール, ヘキシレングリコール	水質, 底質	溶媒抽出	GC/MS	小田達也	
	7 ヒドロキノン	水質, 底質	溶媒抽出	GC/MS	小田達也	
	8 クロロベンゼン, スチレン, 1-メチルエチルベンゼン, 2,4-ジクロロトルエン	水質, 底質	バージ&トラップ	GC/MS	小田達也	
	9 ピリジン-トリフェニルボラン	水質, 底質*	固相抽出	HPLC/PDA	小田達也	
	10 メタクリル酸エステル類(4物質)	水質, 底質	固相抽出	GC/MS	菅原雅哉	
	11 ジオクチルスズ化合物	水質, 底質, 生物	溶媒抽出	GC/MS	小田達也	
	12 -					
	13 -					
	14 -					
	15 -					
	16 -					
	17 -					
	18 (2-メルカプトベンゾチアゾール)	(検討中)			(LC/MS)	(中島純夫)
	19 (2-メルカプトベンゾチアゾール)	(検討中)			(LC/MS/MS)	(中島純夫)
	20 2-メルカプトベンゾチアゾール (β-トレンボロン)	水質, 底質 (検討中)	固相抽出		LC/MS/MS-ESI (LC/MS/MS)	中島純夫 (小林美穂子)
	21 (β-トレンボロン) (4-ビニル-1-シクロヘキセン)	(検討中)			(LC/MS/MS)	(折原智明)
	22 4-ビニル-1-シクロヘキセン (β-トレンボロン)	大気 (検討中)	固相捕集		GC/MS (LC/MS/MS)	立野英嗣 (折原智明)
	23 β-トレンボロン	水質	固相抽出		LC/MS/MS-APCI	折原智明
	(1, 1-ジクロロエチレン)	(検討中)			(GC/MS)	(立野英嗣)
	(2, 3-エポキシ-1-プロパノール)	(検討中)			(GC/MS)	(立野英嗣)
	24 1, 1-ジクロロエチレン ジクロロアニリン類 (2, 3-エポキシ-1-プロパノール) (トナリド)	大気 水質 (検討中) (検討中)	キャニスター捕集 固相抽出		GC/MS GC/MS (GC/MS)	立野英嗣 阿部敦子 (立野英嗣) (折原智明)
	25 トナリド, ガラクソリド ブタン-2-オン=オキシム 2, 4-ジメチルアニリン類 (2, 3-エポキシ-1-プロパノール)	水質 大気 水質, 底質 (検討中)	固相抽出 固相捕集 固相抽出		GC/MS GC/MS GC/MS (GC/MS)	折原智明 立野英嗣 阿部敦子 (立野英嗣)
	26 2, 3-エポキシ-1-プロパノール (β-ヨノン)	大気 (検討中)	固相捕集		GC/MS (GC/MS)	立野英嗣 (折原智明)
	27 β-ヨノン りん酸(2-エチルヘキシル)ジフェニル, りん酸ジ-n-ブチルフェニル (o-アニシジン, 2-メトキシ-5-メチルアニリン, 2-ナフチルアミン)	水質 水質 (検討中)	固相抽出 固相抽出		GC/MS LC/MS/MS-APCI (GC/MS)	折原智明 折原智明 (阿部敦子)
	28 りん酸トリフェニル りん酸トリフェニル (o-アニシジン, 2-メトキシ-5-メチルアニリン, 2-ナフチルアミン)	水質 水質 (検討中)	固相抽出 固相抽出		GC/MS LC/MS/MS-APCI (GC/MS)	折原智明 折原智明 (阿部敦子)
	29 o-アニシジン, 2-メトキシ-5-メチルアニリン, 2-ナフチルアミン アジルサルタン (レボフロキサシン)	大気 水質 (検討中)	固相捕集 固相抽出		GC/MS LC/MS/MS-ESI (LC/MS/MS)	阿部敦子 折原智明 (折原智明)
	30 レボフロキサシン, (R)-オフロキサシン	水質	固相抽出		LC/MS/MS-ESI	折原智明
	令和 元 (17β-エストラジオール, 17α-エチニルエストラジオール)	(検討中)			(LC/MS/MS)	(折原智明)

\* : 平成9年度の底質は回収率不足により開発中止

平成21年度（2009年度）からは、それまでの水質・底質・生物の対象媒体に加えて、立野英嗣により大気についても分析法開発を開始した。

昭和60年度（1985年度）～平成11年度（1999年度）までは、前処理方法については「溶媒抽出」、測定方法については「GC/MS」が主体の方法であったことがわかる。また分析法開発期間も1物質群1年で検討を終えていた。

平成18年度（2006年度）以降は、前処理方法については「固相抽出（捕集）」が主体となり、測定方法については「GC/MS」の他「LC/MS/MS」も多用されている。また分析法開発に要する期間が数年かかる場合も増えていった。これはLC/MS/MSの条件設定の難しさや、多成分一斉分析あるいは高感度分析の要望等があったことも影響しているのではないかと考えられる。

昭和60年度（1985年度）から令和元年度（2019年度）までの35年間で31件（水質26件、大気5件、現在1件が検討継続中）を受託したが、担当者はある程度限られた人員で実施されていたと言える。

なお開発した各物質の分析方法は、環境省から「化学物質と環境 化学物質分析法開発調査報告書」として毎年度発行されているが、国立環境研究所のホームページで検索することが出来る様になっている。

### 3. 開発過程での困難事例

ここでは分析法開発過程での開発が難しかった点について、いくつか事例を紹介する。

#### 3.1 *o*-アニシジン、2-メトキシ-5-メチルアニリン、2-ナフチルアミン（大気）

大気試料のカートリッジ捕集による3物質のGC/MSによる同時分析について、平成27年度（2015年度）から平成29年度（2017年度）にかけて取り組んだ。

過去にリン酸を安定剤として用いた例があったことから、安定剤としてリン酸、アスコルビン酸、アスコルビン酸ナトリウムについて検討したが、逆相固相カートリッジ（Sep-Pak C18）を用いアスコルビン酸を浸漬させたものでは回収率が向上しなかった。

そこで方針を変えて、酸化されやすいアミノ基側を結合させて捕集することを目的に硫酸を含浸させた陽イオン交換カートリッジ（Bond Elute PRS）を用いたが、これも回収率がよくなかった。

このため、酸化防止剤として、アミノ基を有し目的物質よりも酸化されやすい物質を検討したところ、*p*-アミノフェノールを添加したSep-Pak Plus PS2を用いて要求下限値と回収率で好結果が得られた。これを基に細目を詰めたうえで分析方法として完成した。

#### 3.2 $\beta$ -トレンボロン（水質）

この開発には4年もの検討期間を要してしまった。ステロイド骨格のためコリジョンで壊れにくく、感度アップに必要な大きなプロダクトイオンが得にくかった。コリジョンガスに重いキセノンを使った検討なども行ったが感度が上がらなかった。また河川水等から抽出した試験液はLC/MS/MS-ESI測定でのイオン化抑制に悩まされた。分析法開発では検討会議にて検討委員からのアドバイスがあり、開発担当者一人で全ての検討を計画し開発するわけではなく、この物質も鈴木茂検討委員（中部大学）からAPCIで行ってみてはとのアドバイスがあり、このイオン化法はイオン化抑制を受けにくいことがわかり、分析法の開発を終えることができた。

#### 3.3 トナリド、ガラクソリド（水質）

この開発は当初トナリドについてのみであった。トナリドは石鹼などに添加される香料である。開発途中で実施した河川水への添加回収試験において、回収率が数百パーセントとなってしまい原因がすぐにはわからなかった。よく調べると質量数が全く同じで、MSで生成する主イオンも同じ質量数、さらにリテンションタイムも同じであるガラクソリドが被っていることが判明した。ガラクソリドもトナリドと同じ用途の香料であり、白石寛明検討委員（国立環境研究所）から情報提供があり原因解明することができた。GCカラムの変更（DB-5MS→DB-FFAP）等により2物質及びガラクソリドの異性体を分離させることが可能となり、2物質の分別分析方法として開発を終えることができた。

#### 3.4 リン酸トリフェニル（水質）

この物質はリン酸エステル類であり、LC/MS/MSで前年度（平成27年度）に開発を終えたりん酸(2-エチルヘキシル)ジフェニル及びりん酸ジ-*o*-ブチルフェニルも含めて開発を行った。これらりん酸エステル類はGCでもLCでも分析が可能であり、両方の方法で分析法を開発した。実際のところは、りん酸(2-エチルヘキシル)ジフェニルの開発終了後、リース機器返却によって感度を確保出来るLC/MS/MSが無くなりGC/MSで検討を行っていたが、約1年後にLC/MS/MSを整備することが出来、GC/MSと併せて分析方法を開発することができた。

#### 3.5 レボフロキサシン、(*R*)-オフロキサシン（水質）

開発要望はレボフロキサシンのみであった。逆相LCでは異性体の(*R*)-オフロキサシンとの分離が困難であったことから、当初は異性体分離させない方法も考えた。しかし、環境水中の両異性体の存在比が不明であったこと、

両異性体は薬効が異なることから、分別測定方法を目指すよう竹峰秀祐検討委員（埼玉県環境科学国際センター）からアドバイスがあり、順相LCとして2物質の分離検討を行った。順相LC/MS/MSと逆相LC/MS/MSではマススペクトルが異なることや、ガラスや金属に吸着する性質への対応もあり、検討には手間がかかった。また順相でグラジエント測定を実施すると吸着防止用の添加剤が析出しLCの流路を塞ぐため、アイソクラティックでの方法として開発を行った。

#### 4. 分析機器整備

現在の分析法開発にはGC/MSやLC/MS/MSは必須の機器と言える。どちらも環境基準や排水基準にかかる検査に必要な機器であるため、地方環境研究所には整備されていると考えられる。しかし分析法開発に用いるには、既存分析方法には無い物質を測定するために、ある程度感度良好で付加機能を有した機器を整備する必要があると言える。

GC/MSについては、平成29年度（2017年度）に更新整備する際、高温で分解する物質に対応するため温度可変の注入口を装備する様にした。PTV注入口もあるが、昔から使い慣れたオンカラム注入口を付加した仕様とした。また排気能力も考慮し、少量ならば水溶媒も直接注入可能な機種とし、分析法開発での固相抽出時の検討（水溶媒中の目的物質がスルーするか否かの確認）を行いやすくするようにした。

LC/MS/MSについては、水質環境部門だけでは費用的に単独整備が難しく、リース機返却時に新たに整備することが出来なかった。平成28年度（2016年度）に整備を行ったが、これは食品化学係との共用化で可能となった。環境研究所として単独で存在していたらLC/MS/MSは整備出来ず、平成28年度（2016年度）以降の分析法開発は行えなかった。またICP/MSやイオンクロマトグラフといった機器は水質環境部門のものを食品化学係が共同使用してもおり、今後も機器の共用化は進むと思われる。

LC/MS/MSの機種選定に当たっては、環境基準だけであればLASの測定が可能であれば問題ないが、分析法開発で開発した物質は測定可能なことを条件とした。そうでなければ過去に実施した市内の化学物質調査が出来ないためである。具体的には、りん酸エステル類の標準液を濃度を知らせずにLC/MS/MSの4メーカーにAPCI法での分析を依頼した。このとき食品化学係も併せてコルヒチン等

の自然毒及びクロラムフェニコール等の動物用医薬品についてESIイオン化法での試料分析を依頼した。各メーカーは中位機種（見積価格約2,500～3,500万円の価格帯）で分析を行い測定結果には大きな開きが生じ、感度的に要求を満たした機種を選定することができたが、手間や時間は結構かかった。

#### 5. 今後の課題と問題点

これまで色々な分析法開発に取り組んできたが、今後も継続していくにはいろいろと懸念事項がある。

まずは、人材の育成である。これまで分析法開発を担っていたベテランが退職等で徐々に数を減らす中、新しい職員は通常の業務に追われて通常外の業務である分析法開発には取り組みづらい状況となっている。また、業務の外部委託化や職員定数減の圧力にも常にさらされている。このような悪条件の中だが、業務量の見直しなどを通じて新しい職員が通常外の業務にも取り組めるように環境を整えていく必要がある。

次に、分析機器の更新が難しくなっている。分析法開発のためには通常使っている装置よりも若干グレードの高い装置や新しい分析原理の装置が必要となることも多いが、そのような機器をそろえる予算の捻出が極めて難しくなっている。特に昨年からの新型コロナウイルス感染症対策のための支出の大幅な増加に伴い、自治体財政がひっ迫の度を増しており、来年度以降予算面での制約がさらに激化することが予想される。このため、数年前から通常分析機器についても他部門との共用化などで極力台数を減らし少ない予算をできるだけ有効に活用するように努めている。だが、反面共用化によりマシンタイムの空きが少なくなることにつながり、分析法開発に向ける余力が減少することにつながっている。

#### 6. おわりに

以上のおおりに、当研究所でのエコ調査における分析法開発についての取り組みをまとめたが、当研究所がエコ調査に参加することは、環境の保全、つまり市民の健康を守るために資すると考えるからである。様々な化学物質による環境汚染が騒がれているが、日々調査し状況を把握していくことが大切である。これを読んで下さった皆様が、業務等の中で少しでも参考になる事があれば幸いである。

〈報文〉

岩手県における東日本大震災津波の影響調査：海浜性希少植物の動態\*

小山田智彰\*\*・鞍懸重和\*\*・千崎則正\*\*

キーワード ①東日本大震災 ②津波 ③岩手県沿岸部 ④海浜性希少植物 ⑤いわてレッドデータブック

要 旨

2011年3月11日の午後2時46分に三陸沖を震源とするマグニチュード9.0の巨大地震によって大津波が発生した。この東日本大震災の津波は岩手県沿岸部に甚大な被害をもたらし、海岸植生にも多大な影響を及ぼした。2011年は、全域調査を実施した。2012年から2015年までは調査対象種を消失の危険性が高い植物に限定して調査し、2016年は震災5年後として全域調査を行った。2017年から2019年は消失の危険性が高い植物に限定して調査した。2020年は、6月から9月の期間中に調査未実施であった箇所も追加して大規模調査を行った。

東日本大震災発生から9年が経過し、この間に復興工事が進んで震災前とは景観が大きく変化した。また、大雨や台風・高潮などの自然災害も発生している。今回は、震災後の海浜性希少植物の状況について報告する。

1. はじめに

東日本大震災津波が発生した2011年の調査では、津波によって消失した「海浜性希少植物(以下,希少植物)」は、砂浜・礫浜を自生地とするものが多かった<sup>1)</sup>。消失した希少植物の生育基盤の改変の大きさと個体数の減少には正の相関がみられた。これらの結果から、海浜性植物の消失・減少はその生育地である砂浜・礫浜が流出したことにより引き起こされたと考えられた。東日本大震災から9年が経過し、その後の状況にも変化があることから、いわてレッドデータブック(IRDB)に記載されている希少植物を中心に残存調査を行い、確認した全種の消失リスク評価を行って動態を把握した。

2. 方法

2020年に実施した調査地を図1に示し、調査地名および調査種名を表1に示した。2020年の6月から8月にかけて、青森県境から宮城県境までの岩手県沿岸部において、東日本大震災発生前に確認し、震災直後に消失しなかったIRDB記載植物の自生地と、震災直後から2016年に確認された希少植物の自生地の計17調査地、また新規の調査地16調査地を加えた計33の調査地について調査した。

調査は、図1に示した調査地内の希少植物が生育する地点(以下,調査地点)を踏査し、希少植物の有無、個体数を記録後、生育位置をGPSに記録した。また、表2に示した「自生地消失リスク評価表」を用いて、津波前後と2016年の調査で希少植物を確認した29調査地点について、「繁殖」、「立地」、「採集」、「個体数」、「自然災害の影響」、「生育基盤の変化」の6項目を5段階で評価し、得点が高

いほど消失リスクが高い種として評価した。

本調査は2011年と2016年に同様の調査を実施しており、震災直後自生地が消失しなかった調査地点と、2016年に個体が確認できた調査地点のデータを経年データとして使用した。

希少植物の有無の情報は、震災直後から2016年、2016年から2020年の消失率の算出に用い、2011年から2020年の調査内で、岩手県の希少植物の分布にとって重要な消失、新規確認事例を抽出した。

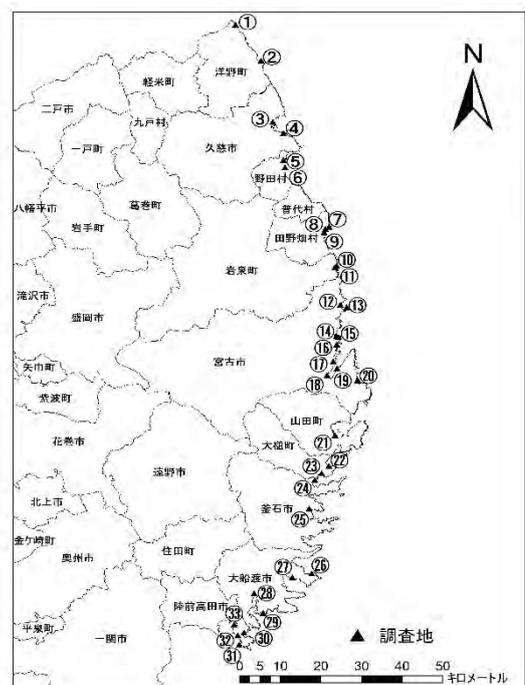


図1 調査地点

\*Survey on influence by the tsunami of the East Japan great earthquake disaster in Iwate Prefecture : Change of disappearance risks of coastal plants

\*\*Tomoaki OYAMADA, Shigekazu KURAKAKE, Norimasa SENZAKI (岩手県環境保健研究センター) Iwate Prefectural Reserach Institute for Environmental Sciences and Public Health

表1 調査地と調査種および結果一覧

No	市町村名	調査地名	種名	IRDB <sup>*</sup> ランク	備考	No	市町村名	調査地名	種名	IRDB ランク	備考
①	洋野町	角の浜	オオアカバナ	A		⑭	宮古市	女遊戸海岸	カラナデシコ	C	消失
			キタノコギリソウ	B		⑮		中の浜	ナミキソウ	C	2020年新規確認
②		八木港	ハマボウフウ	B					ハマベンケイソウ	D	2020年新規確認
③	久慈市	久慈川	ナミキソウ	C		⑯		崎山	-		確認なし
			ハマボウフウ	B		⑰		藤の川	-		確認なし
			シロヨモギ	B	2020年新規確認	⑱		津軽石川河口	ウミドリ	A	
④		小袖海岸	ホソバエノコギリソウ	情報不足					マルミノシバナ	A	2019年新規確認
⑤	野田村	十府ヶ浦北	-		確認なし	⑲		太田浜	エゾオグルマ	A	消失
⑥		米田海岸	ハマベンケイソウ	D	2020年新規確認	⑳		里海岸	アオノイワレンゲ	C	
⑦	田野畑村	明戸海岸北	ハマボウフウ	B					エゾオオバコ	C	2020年新規確認
			ナミキソウ	C		㉑	山田町	織笠川	エゾツルキンバイ	A	
			カワヂシャ	C					ウミドリ	A	
⑧		明戸海岸南	エゾオオバコ	C	2020年新規確認	㉒	大槌町	吉里吉里海岸	エゾノコウボウムギ	A	2020年新規確認
			ハマハタザオ	B	2020年新規確認	㉓		大槌川	カワヂシャ	C	消失
⑨		平井賀海岸	-		確認なし	㉔		小槌川	カワヂシャ	C	
⑩	岩泉町	小本海岸北	カラナデシコ	B		㉕	釜石市	甲子川	カワヂシャ	C	
			ハマハタザオ	C	2020年新規確認	㉖	大船渡市	小壁崎	カラナデシコ	C	2020年新規確認
			エゾオオバコ	C	2020年新規確認				ハマヒナノウスツボ	-	
⑪		小本海岸南	ハマベンケイソウ	D		㉗		越喜来浪板海水浴場	-		確認なし
			ナミキソウ	C		㉘		盛川	マルミノシバナ	A	
			ハマボウフウ	B	消失				カワヂシャ	C	消失
⑫	宮古市	沼の浜	スナビキソウ	A	2020年新規確認	㉙		長崎海岸	スナビキソウ	A	2020年新規確認
			シロヨモギ	B	2020年新規確認	㉚	陸前高田市	大野海岸	アオノイワレンゲ	C	
			ハマベンケイソウ	D	2020年新規確認				ナミキソウ	C	移植保全地
			ナミキソウ	C	2020年新規確認				ハマボウフウ	B	移植保全地
			ハマボウフウ	B	2020年新規確認	㉛		泊漁港	ハマナデシコ	A	2019年新規確認
			エゾオオバコ	C	2020年新規確認				ハマナデシコ	A	消失
⑬		真崎灯台	ハマベンケイソウ	D	2020年新規確認	㉜		太陽海岸	-		確認なし
			シロヨモギ	B	2020年新規確認	㉝		油崎	ハマヒナノウスツボ	-	2020年新規確認
			ハマボウフウ	B	2020年新規確認						
			アオノイワレンゲ	C	2020年新規確認						
			ハマハタザオ	B	2020年新規確認						
			カラナデシコ	C	2020年新規確認						

\* A：環境省レッドデータブックカテゴリーの「絶滅危惧Ⅰ類」の基準に相当する種、または岩手県固有で分布が局限しており、存続基盤が極めて脆弱な種。B：環境省レッドデータブックカテゴリーの「絶滅危惧Ⅱ類」の基準に相当する種。C：環境省レッドデータブックカテゴリーの「準絶滅危惧」の基準に相当する種。D：次のいずれかに該当する種。現状では絶滅の恐れはないが、最近減少が著しい等、Cランクに準ずる種。優れた自然環境の指標となる種。岩手県を南限または北限とする種や、特殊な分布をする種。

表2 消失リスク評価表

<p><b>a. 繁殖</b></p> <p>・自然状態での繁殖能力</p> <p>5 ほとんど増殖が認められない</p> <p>4 弱い増殖力がある</p> <p>3 中位の増殖力が認められる</p> <p>2 著しい増殖力がある</p> <p>1 強大な増殖力がある</p>	<p><b>d. 個体数</b></p> <p>・分布地点における個体数</p> <p>5 消失</p> <p>4 10個体未満</p> <p>3 10個体以上数十個体</p> <p>2 100個体以上数百個体</p> <p>1 1,000個体以上</p>
<p><b>b. 立地</b></p> <p>・ヒタットの消失危険度</p> <p>5 極めて強い</p> <p>4 強い</p> <p>3 中</p> <p>2 弱い</p> <p>1 無い</p>	<p><b>e. 自然災害の影響</b></p> <p>・東日本大震災後の自然災害（台風・高潮）</p> <p>5 完全に消失</p> <p>4 ほとんどが消失し復元が困難</p> <p>3 個体の減少が激しい</p> <p>2 個体の減少がある</p> <p>1 変化なし</p>
<p><b>c. 採集</b></p> <p>・選択的採集の危険度</p> <p>5 極めて強い</p> <p>4 強い</p> <p>3 中</p> <p>2 弱い</p> <p>1 無い</p>	<p><b>f. 生育基盤の変化</b></p> <p>・復興工事等の人為的な改変によるもの</p> <p>5 完全な改変あり</p> <p>4 大規模な改変あり</p> <p>3 部分的な改変あり</p> <p>2 一部に改変あり</p> <p>1 変化なし</p>

消失リスク得点は、各リスク項目6項目と、6項目を合計した「消失リスク合計得点」の平均値の算出に用い、「震災前」、「震災直後」、「2016年」および「2020年」の消失リスク得点の推移を示した。また消失リスク合計得点については、震災前と震災直後、震災直後と2016年、2016年と2020年の3群を、FERをHolm法で調整後、ウィルコクソンの符号付順位検定で比較した。

### 3. 結果

#### 3.1 岩手県の海浜性希少植物の消失・確認事例

2011 年は、東日本大震災が発生する前に確認してい

た希少植物情報を中心に対象種の確認調査を実施した。沿岸北部の調査では、洋野町角の浜において確認したオオアカバナが岩手県初確認となり、いわてレッドデータブックに新たな絶滅危惧種として掲載された<sup>2)</sup>。沿岸中央部の宮古市織笠川河口では、塩性湿地に見られるマルミノシバナが津波によって激減し、また、太田浜の砂浜に自生しているエゾオグルマも津波によって激減した（写真1）。このエゾオグルマは、環境省指定植物群落調査の指定地にされ、国内分布の南限とされている。ここは、砂浜にまとまった小集団を形成していたが、津波によって砂浜が大量に流失した。2011 年の調査時に掘り出されたエゾオグルマ 14 個体を見つけたため、自生地付近に植え戻した<sup>3)</sup>。

2016 年は、復興工事の環境アセス調査からもたらされた情報を追加して調査を実施した。沿岸北部の調査では、田野畑村明戸海岸でカワヂシャを河口付近で確認した。岩手県北部におけるカワヂシャの分布は稀である。また沿岸南部の調査では、盛川でマルミノシバナを確認し、県内では貴重な自生地となる。2011 年に絶滅回避策として移植を行ったエゾオグルマは、移植後初の開花を確認したが、その後の台風や高潮による移植地の土壌浸食が確認された。

2020 年は、全域調査を行いながら東日本大震災以降から確認できていないスナビキソウとハマハタザオの確認を行った。その結果、宮古市の沼の浜と陸前高田市の長崎海岸においてスナビキソウを確認し、田野畑村の

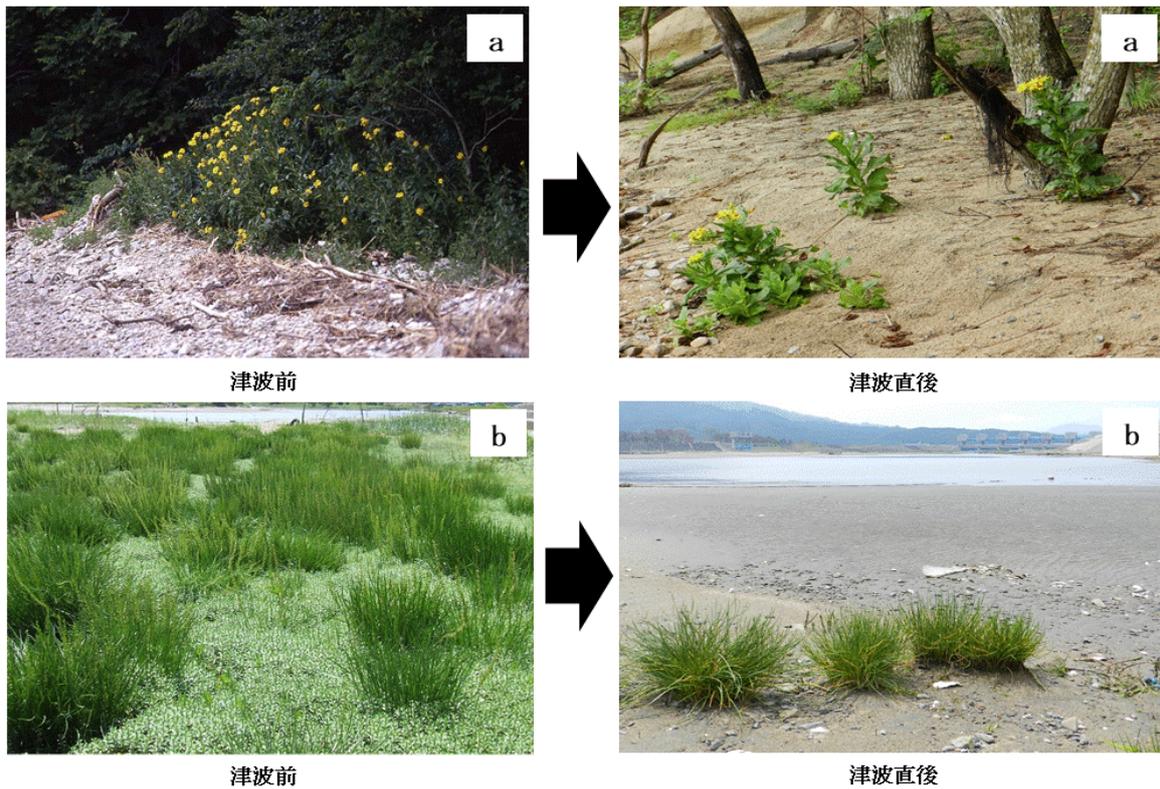


写真1 東日本大震災の津波によって激減したエゾオグルマ(a)とマルミノシバナ(b)



写真2 2020年の調査で新規確認したハマハタザオ(a)とスナビキソウ(b)

明戸海岸南側と岩泉町の小本海岸北側および宮古市の真崎灯台においてハマハタザオを確認した(写真2)。この調査では33の調査地で調査を行い、12の調査地において11種のIRDB記載植物を新規確認したが、6調査地で5種の消失が確認された(表1)。また、本県では太田浜のみに自生しているエゾオグルマは、消失したことが明らかになった。

### 3.2 海浜性希少植物の消失率と消失リスク得点の推移

「消失リスク評価表」を用いた調査から、継続確認してきた希少植物を表3に示した。

津波直後から2016年の消失率は7.6%であったが、2020年の消失率は21.4%に増加した。

津軽石川河口のウミミドリは、生育地点にコンクリートブロックが新設されたため、2016年に消失を確認した。小本海岸南側のハマボウフウは、道路工事により砂利が敷かれたため、2020年に消失を確認した。大槌川のカワヂシャは、自生していた橋の基礎補強工事によって2016年には個体数が減少し、2020年に消失を確認し

表3 消失リスク評価の結果一覧

調査地名	種名	津波前	津波直後	2016年	2020年
角の浜	オオアカバナ		9	10	9
角の浜	キタノコギリソウ	14	15	10	11
八木港海岸	ハマボウフウ			20	13
久慈川	ナミキソウ	14	16	9	13
久慈川	ハマボウフウ			18	24
小袖海岸	ホソバエゾノコギリソウ	9	10	9	13
明戸海岸北	ハマボウフウ			14	11
明戸海岸北	ナミキソウ			13	10
明戸海岸北	カワヂシャ			19	17
小本海岸北	カワラナデシコ			24	12
小本海岸南	ナミキソウ	8	8	11	11
小本海岸南	ハマベンケイ			17	13
小本海岸南	ハマボウフウ			18	消失
津軽石川	ウミミドリ	6	14	消失	
津軽石川(塩生湿地)	マルミノシバナ	6	15	23	21
津軽石川(塩生湿地)	ウミミドリ			11	8
太田浜	エゾオグルマ	12	19	20	消失
里海岸	アオノイワレンゲ			12	9
織笠川	ウミミドリ	10	15	11	10
織笠川	エゾツルキンバイ	9	13	20	20
大槌川	カワヂシャ	6	7	17	消失
小槌川	カワヂシャ	11	14	19	16
甲子川	カワヂシャ			21	17
盛川	カワヂシャ			20	消失
盛川	マルミノシバナ			15	18
大野海岸	ハマボウフウ	9	17	14	16
大野海岸	ナミキソウ			11	12
大野海岸	アオノイワレンゲ			12	13
泊漁港	ハマナデシコ			24	消失

た。盛川のカワヂシャは、河川工事が行われた後に衰退して2020年には消失を確認した。泊漁港のハマナデシコは公共トイレの敷地内に自生していたが、漁具の仮置場になるなどし、2020年に消失を確認した。太田浜のエゾオグルマは、津波発生後に行った移植措置によって生存を維持していたが、2019年に発生した台風19号によって移植地を含む砂浜が破壊され、2020年の調査によって消失を確認した。

消失リスク評価を実施した29調査地点について、評価6項目の消失リスク合計得点の推移を図2に示した。

消失リスク合計得点の震災前、震災直後、2016年および2020年の平均値は、それぞれ9.5(n=12)、13.2(n=13)、15.8(n=28)および13.8(n=23)であった。

震災直後の消失リスク合計得点は震災前より有意に高く、震災直後と2016年、2016年と2020年のそれぞれの消失リスク合計得点に有意差はなかった。

全地点の平均値の推移は、震災前より震災直後が高く、2016年で最も高くなった。2020年は、2016年よりも低くなったが震災前および震災直後に比べると高かった。この中で、久慈川河口のハマボウフウと津軽石川河口のマルミノシバナは高い得点で、残存1個体となり消失寸前であった。復興工事に伴って移植された織笠川河口のエゾツルキンバイは、298個体から81個体に激減しており、得点が高くなった。

次に、消失リスク評価の「繁殖」、「立地」、「採集」、「個体数」、「自然災害の影響」、「生育基盤地の変化」の6項目に分け、それぞれの平均値を図3に示した。

その結果、「繁殖」の震災前、震災直後、2016年および2020年の消失リスク得点の平均値は、それぞれ、2.5(n=12)、2.8(n=13)、3.8(n=28)および3.2(n=23)であった。「立地」では1.7、2.3、2.7および2.5、「採取」では1.6、1.6、1.8および1.1、「個体数」では1.8、2.5、2.8

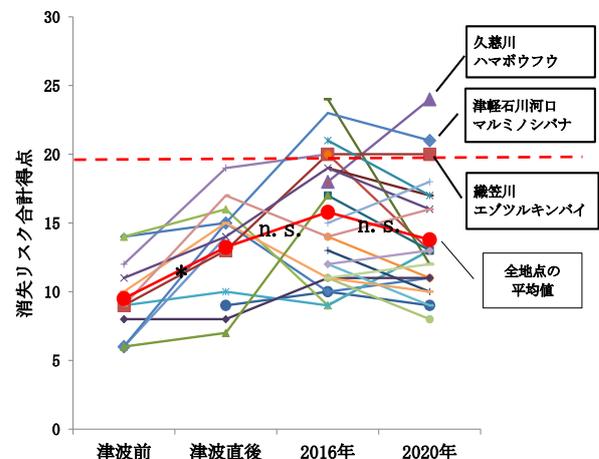


図2 29調査地点の消失リスク合計得点の推移

図中の\*はウィルコクソン符号付順位検定により、5%水準で有意差あり、n. s. は有意差なし。

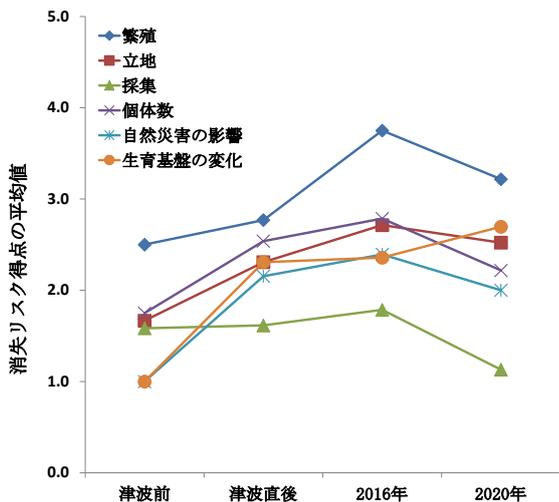


図3 6項目別消失リスク得点の平均値の推移

および2.2, 「自然災害の影響」では, 1.0, 2.2, 2.4および2.0, 「生育基盤の変化」では1.0, 2.3, 2.4および2.7であった。「採集」については, 震災前から2016年まで大きな変化はなく, 2020年は減少傾向を示した。その他の5項目は, 震災前より震災直後が高く, 2016年で最も高くなった。「生育基盤の変化」の1項目のみが2016年よりも2020年が高くなった。これは, 復興時工事を伴う人為的な改変を指しており, 工事が自生環境に影響を及ぼしていることが示唆された。

#### 4. 考察

##### 4.1 岩手県の海浜性希少植物の消失・確認事例

本調査は, 東日本大震災の発生前から岩手県沿岸部で確認していた希少植物の被害状況を把握するために始めたものである。2011年の調査では, 震災前に確認されていた自生個所の破壊状況と対象植物の残存調査を行った。その結果, 写真1のように砂浜や礫浜および塩生湿地に自生する希少植物の減少が顕著にみられた。これは, 津波によって自生基盤となる土壌が流失し, 自生していた希少植物に被害が及んだものと考えられた。

2016年は, 東日本大震災から5年が経過し, 復興工事が盛んになってきた時期でもある。巨防防潮堤の建設工事が進み, そのために実施された環境アセス調査からもたらされた情報を追加して大規模調査を実施した。この報告書に登載されていた希少植物調査では, 大野海岸のハマボウフウとナミキソウ, 甲子川のカワヂシャ, 八木港海岸のハマボウフウ, 盛川のカワヂシャなどが新規確認されたが, 宇留部海岸のハマボウフウとナミキソウ, 小本海岸北側のハマハタザオ, 片岸海岸のハマベンケイソウ, 小白浜海岸のハマベンケイソウは確認できなかった。これは, 多くの工事が同時進行する中で, 希少植物の確

認や保全策の実施に差が生じていることが原因の一つになっていると思われた。織笠川のエゾツルキンバイについては, 津波後に残存個体を確認したものの消失が確認され, その後の調査で織笠川の別地点において自生が確認された。本種は, 津波以降, 生育地の大部分が消失しており, 重点的な保護対策を講じなければ県内絶滅する可能性が高いと思われた。

津波後で掘り出されたため, 絶滅回避策として移植していたエゾオグルマは初開花を確認したが, 台風や高潮等による移植地の土壌浸食が心配されたことから, 継続したモニタリングと追加の保全対策が必要であると思われた。

2020年の調査は, これまで確認していた希少植物の継続調査を行いながら, 東日本大震災以降の調査で確認できていなかったスナビキソウ (IRDB: Aランク) とハマハタザオ (IRDB: Bランク) の2種の確認を調査目的として実施した。その結果, 宮古市の沼の浜と陸前高田市の長崎海岸においてスナビキソウを確認した。宮古市の沼の浜の自生地は, 工事のために堆積した砂の上に発生しており, この砂が工事に利用されれば消失する可能性が高い (写真2)。また, 陸前高田市の長崎海岸で確認したスナビキソウは, 個体数は多いものの開花がなく, 震災から年月を経て一斉に発芽した幼植物体であると推察された。ハマハタザオは, 明戸海岸南側, 小本海岸北側, 真崎灯台で確認したが1~数個体と少なく, 継続調査が必要と思われる (写真2)。今回の調査では, 12の調査地で11種のIRDB記載植物を新規確認しており, 新たな希少種の自生個所として記録することができたが, 6地点で5種の消失も確認されており, 継続したモニタリング調査が植物保護の観点からも重要であると考えさせられた。また, 岩手県内におけるエゾオグルマは消失したことが明らかになった。津波の被害を受けて移植等の保全措置を実施し, 生存を確認した中での消失であることから, この反省を踏まえ, 今回の経験を希少植物の保護策に活かすことが重要と考える。

##### 4.2 海浜性希少植物の消失率と消失リスク得点の推移

表3に示した消失リスク評価の結果一覧から, 津波前から津波後, 2016年, 2020年までの消失リスクの合計得点が増加傾向にある種は, 消失する危険性が高いと思われる。実際に消失した希少植物は, それ以前の消失リスクの合計得点が20に近い得点を示すもの (表3) が多くみられたことから, 20点前後に達した希少植物は, 消失する可能性が高い種として予測できる。表3および図2より, 久慈川のハマボウフウが24点, 津軽石川河口のマルミノ

シバナが21点、織笠川のエゾツルキンバイが20点と高いことから、消失の危険性が最も高い希少植物として注視しなければならない。

図3に示した項目ごとの消失リスク平均得点の推移より、「繁殖」、「個体数」、「自然災害の影響」、「生育基盤の変化」が「採集」よりも高くなり、消失リスクの主要因となっていると推察された。これは、震災後から9年を経過し、大震災直後の津波による影響から、その後の復興工事を含めた土地改変による地盤の変化が影響していると思われる。土地改変が生じる工事箇所希少植物が確認された場合は、自生地を保全を講じて消失リスクを低減させることが重要となる。

## 5. まとめ

2011年の調査で確認したオオアカバナは、本県初確認となり、いわてレッドデータブックに絶滅危惧種として掲載された(写真3)。2020年の調査で、宮古市の沼の浜と陸前高田市の長崎海岸においてスナビキソウを確認した。また、田野畑村の明戸海岸南側、岩泉町の小本海岸北側、宮古市の真崎灯台においてハマハタザオを確認した。一方で、久慈川のハマボウフウ、津軽石川河口のマルミノシバナ(写真4)、織笠川のエゾツルキンバイ(写真5)は、消失する可能性が高い。絶滅回避策として移植を行ったエゾオグルマは、消失した。

消失リスク評価から見た全体的な傾向としては以下のようなであった。東日本大震災直後では52.8%で消失していた<sup>1)</sup>のに対し、2016年は7.6%、2020年は21.4%であった。2020年の調査では、消失リスク評価の6項目のうち、「生育基盤の変化」のみが増加傾向を示し、消失していた6地点中5地点で工事による人為的な影響が確認された。

以上から、東日本大震災の津波によって自生地が消失し消失リスクが高まった後、残存した希少植物の消失リスクは、震災後と同様に高い消失リスクを維持しており、依然として希少植物の消失は散見している。今後は、工事等によって個体数が減少している希少植物を中心に保護策を進めることが望ましい。

## 6. 謝辞

2011年の調査は、前岩手県環境影響評価技術審査会委員の片山千賀志氏に協力をいただいた。吉里吉里海岸のエゾノコウボウムギは、釜石植物の会会長の鈴木弘文氏より情報をいただいた。津軽石川河口のマルミノシバナは、岩手県立博物館主任専門学芸員の鈴木まほろ氏より情報をいただいた。調査地の作図は、岩手県環境保健研究センター地球科学部の千葉文也自然環境調査技術員より協力をいただいた。ここに記して感謝を申し上げる。

## 7. 引用文献

- 1) 小山田智彰, 鞍懸重和, 新井隆介, 山内貴義, 片山千賀志: 東日本大震災の津波による岩手県における海浜性植物の消滅. 薬用植物研究, 34 (1), 37-48, 2012
- 2) 岩手県環境生活部自然保護課: いわてレッドデータブック, 44, 2014
- 3) 小山田智彰: 津波による海浜性植物への影響. グリーン・エージ465: 16-19, 2012



写真3 オオアカバナ (2020年7月20日撮影)



写真4 マルミノシバナ (2020年6月26日撮影)



写真5 エゾツルキンバイ (2020年7月22日撮影)

# 名古屋市における大気中エチレンオキシドおよびプロピレンオキシドの経年変化\*

中島寛則\*\*・大野隆史\*\*・山神真紀子\*\*・池盛文数\*\*・久恒邦裕\*\*・森 健次\*\*

**キーワード** ①有害大気汚染物質モニタリング ②エチレンオキシド ③プロピレンオキシド ④PRTR法

## 要 旨

名古屋市では有害大気汚染物質であるエチレンオキシドの測定を平成12年度より継続して行っている。それと同時に、エチレンオキシドと同時測定が可能であり、名古屋市でPRTR法による大気への排出量の多いプロピレンオキシドについても平成15年度より測定を継続して行ってきた。その結果、PRTR法による排出量の減少に比例するように、オキシド類の大気中の濃度も減少傾向となっている。地点別では、発生源近傍の測定地点で突発的な高濃度となることが特にプロピレンオキシドで多く認められた。エチレンオキシドは地点間濃度差がそれほど大きくならなかったが、これは光化学反応による二次生成が起こっているためであると示唆された。

## 1. はじめに

エチレンオキシド(別名酸化エチレン)は快香のある流動性、中性の液体又は気体(沸点 10.4℃)であり、界面活性剤、有機合成顔料、くん蒸消毒、殺菌剤などに利用されている。一方エチレンオキシドの有害性としては発がん性が確認されており、IARCの有害性評価で最も厳しい1となっている。このためエチレンオキシドは大気汚染防止法の有害大気汚染物質のうち、優先取組物質に指定されており、毎月大気中濃度を測定することとされている。

エチレンオキシドの環境基準値や指針値は定められていないが、吸入経路の有害性評価値は吸入経路の発がん性で0.092  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (実質安全量)と示されたところであり<sup>1)</sup>、環境省では環境目標値の設定の検討を行っているところである。また特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律(化管法:いわゆるPRTR法)では特定第一種指定化学物質に指定されている。PRTR法では、平成30年度における全国の届出排出量は137トン、届出外排出量は60トンとなっており、発生源の特定できない大気への排出が多く生じている<sup>2)</sup>。

一方プロピレンオキシド(別名1,2-エポキシプロパン、酸化プロピレン)は、無色で揮発性の高い液体(沸点34℃)であり、ポリウレタンの原料などとして石油化学的に大量生産されている。PRTR法では、全国の届出排出量が45トン、届出外排出量が0.003トンとなっており、ほぼすべての排出を把握できている。プロピレンオキシドの有害

性については、人に対する発がん性が疑われており、IARCの評価で2Bとなっている。

名古屋市では平成12年度より毎月1回、エチレンオキシドの大気中濃度について測定し、平成15年度からは併せてプロピレンオキシドの大気中濃度についても同時測定を行ってきており、その傾向について報告してきた<sup>3,4)</sup>。

優先取組物質等21物質の名古屋市における大気中濃度の、平成10~29年までの20年間の経年変化については、これまでに報告があるが<sup>5)</sup>、オキシド類について細かい解析を行った例は近年報告されていない。

そこで今回は、平成15年度から令和元年度まで継続して大気中濃度を測定している白水小学校、港陽、富田支所の市内3地点の測定局における分析結果について、17年間の経年変化や、両物質の相関およびPRTR法における排出量との関連性等についての解析を行ったので、その結果について報告する。

## 2. 調査方法

### 2.1 調査地点

調査は平成15年度から測定を継続している白水小学校(以下:白水、名古屋市南区、固定発生源周辺)、港陽(名古屋市港区、固定発生源周辺)および富田支所(以下:富田、名古屋市中川区、一般環境)の3地点で実施した。

\*Long-term Trend of the Concentrations of Ethylene Oxide and Propylene Oxide in Air at Nagoya City

\*\*Hironori NAKASHIMA, Takashi OHNO, Makiko YAMAGAMI, Kenji MORI, Fumikazu IKEMORI, Kunihiro HISATSUNE

(名古屋市環境科学調査センター) Nagoya City Institute for Environmental Sciences

\*\*\*Keiko K. (△△センター)△△ Center

[ 全国環境研会誌 ] Vol.45 No.4 (2020)

これらの地点のおおよその位置およびPRTR法による排出量届出事業所の位置を図1に示す。エチレンオキシドは名古屋市内4か所の事業所で、プロピレンオキシドはこのうち事業所2および3で、調査期間中に大気への排出が確認された。オキシド類の届出事業所は名古屋市南部に集中しており、白水の東約1kmの近傍にも存在している。

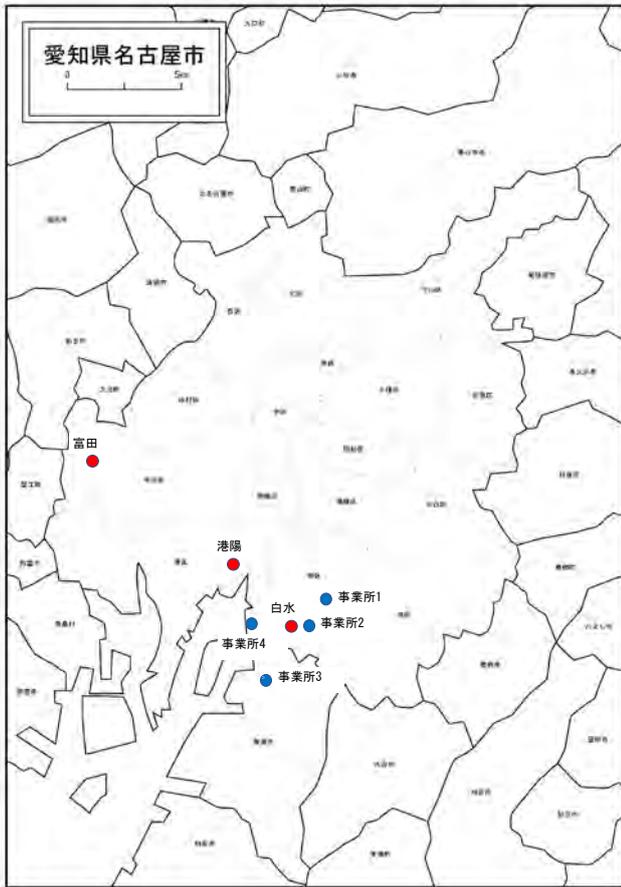


図1 調査地点および排出事業所の位置

## 2.2 調査期間

調査期間は平成15年4月～令和2年3月の17年間で、毎月1回24時間の試料採取を行った。

## 2.3 調査方法

有害大気汚染物質有害大気汚染物質測定方法マニュアルの第4部第2章「大気中の酸化エチレンおよび酸化プロピレンの測定方法」に従って以下の通り実施した。

臭化水素酸を含浸したグラファイトカーボン系吸着剤に大気試料を0.7L/minで24時間通気することで、エチレンオキシドを誘導体化して2-ブロモエタノールとし、またプロピレンオキシドを誘導体化して1-ブロモ-2-プロパノールおよび2-ブロモ-1-プロパノールとして採取した。採取した試料をトルエン/アセトニトリルで抽出し、キャピラリーカラム付きGC/MS-SIMで分析した。

## 3. 結果と考察

### 3.1 エチレンオキシドの経年変化・経月変化

大気中エチレンオキシド濃度の年平均値の地点別経年変化を図2に示す。この結果、大気中エチレンオキシド濃度は、平成22～23年ごろまでは減少傾向が認められるが、それ以降は横ばいとなっている。平成30年度の富田では10月および11月に原因不明の突発的高濃度が生じたためにこれまでで最も高い値となった。前述の平成30年度富田を除くと、3地点ともおおむね同様の経年変化を示し、地点間濃度差は小さかった。

エチレンオキシドの年平均値が有害性評価値の0.092  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過したのは、平成30年の富田を除くと平成19年度以前だけであり、近年はおおむね発がん性の危険がある濃度を記録していないことがわかる。

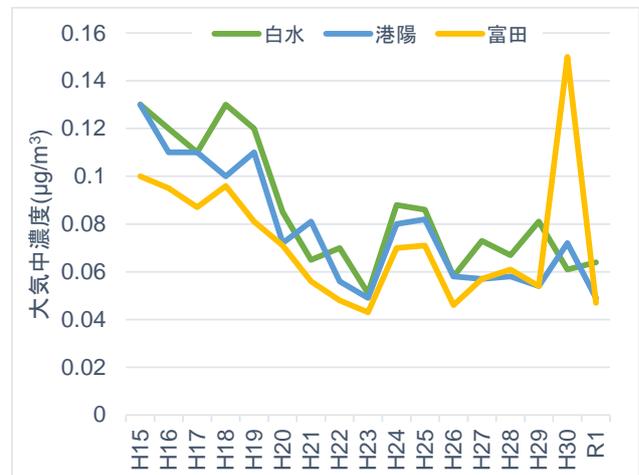


図2 エチレンオキシドの経年変化

次にエチレンオキシドの平成15年度～令和元年度の、月別平均値および月別中央値の推移を図3に示す。中央値を求めることで、突発的な高濃度事象の影響を小さくすることが可能となる。この結果、月別では3地点とも同様の推移を示し、春期に上昇し夏期にやや減少し、秋期に一年で最も高濃度となり、冬期に一年で最も低濃度となる傾向を示した。中央値で見ると大気中濃度は高い方から白水、港陽、富田となった。また、富田では秋期に平均値と中央値の差が大きいが、これは平成30年度の突発的高濃度の影響を強く受けていると示唆される。

大気中のエチレンオキシドは、特定の発生源の影響ではなく、比較的名古屋市内の広い範囲で分布しており、光化学反応による二次生成が寄与している可能性が示唆される。これは春期および秋期に高濃度となることや、有害大気汚染物質として同時に測定しているアルデヒド類濃度も同様の傾向を示すことから示唆される。

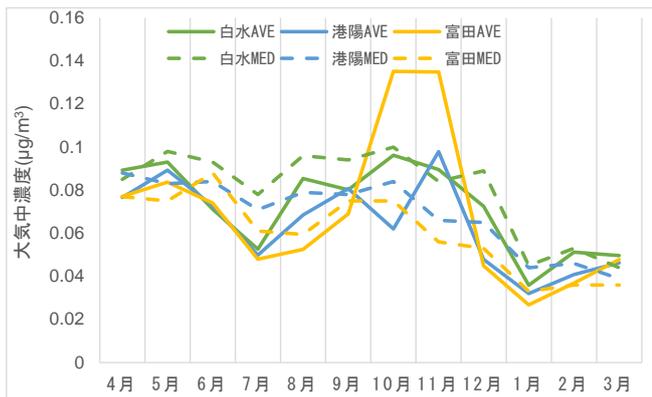


図3 エチレンオキシドの月別推移

### 3.2 プロピレンオキシドの経年変化・経月変化

大気中プロピレンオキシド濃度の経年変化を図4に示す。この結果、プロピレンオキシドもエチレンオキシドと同様平成22～23年ごろまでは減少傾向であるが、それ以降は横ばいとなっている。白水では近年やや増加傾向も認められた。名古屋市南部では近年大気中の光化学オキシダント濃度が増加しており<sup>6)</sup>、光化学反応による二次生成の寄与が大きくなった可能性がある。またエチレンオキシドで見られたような、平成30年の富田における突発的な高濃度は認められなかった。

地点別では、港陽と富田はほぼ同様の推移を示したが、白水は他の2地点よりも高濃度で推移しており地点間濃度差が大きくなった。これは、PRTR法によるプロピレンオキシドの届出排出事業所が、白水近傍に多く存在しているためだと考えられる。

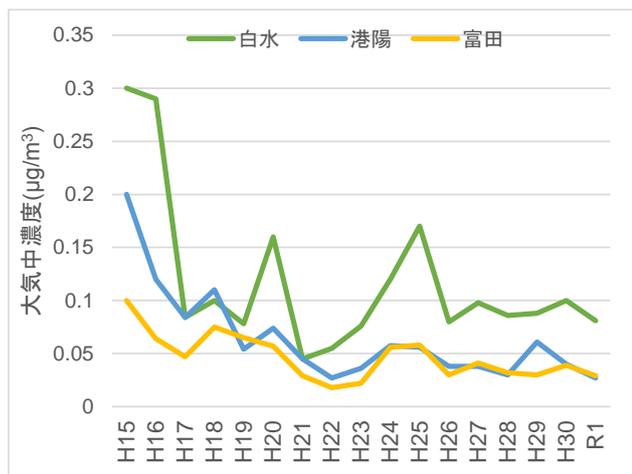


図4 プロピレンオキシドの経年変化

次にプロピレンオキシドの平均値および中央値の月別推移を図5に示す。この結果、プロピレンオキシドはエチレンオキシド同様冬期に低濃度となる傾向は認められたが、その他の時期は3地点で同様の傾向は認められな

かった。冬期に比べ他の時期で高い濃度となっていることから、プロピレンオキシドについても光化学反応による二次生成の寄与があると示唆される。

また、白水では8月を中心に高濃度となることが多かったが、これは調査地点の近傍に存在する発生源からの大気への排出の影響を強く受けている可能性が示唆された。港陽および富田では平均値と中央値の差が小さく、発生源の影響をほとんど受けていないと考えられた。

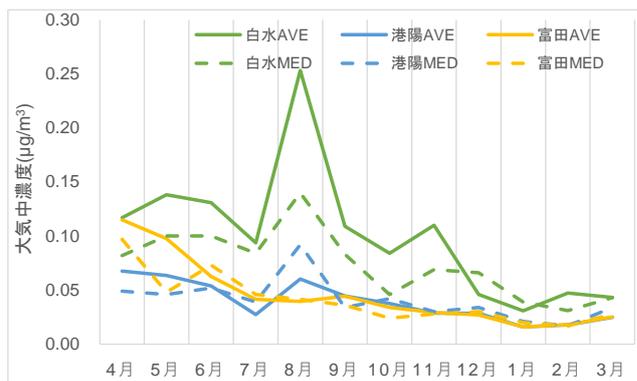


図5 プロピレンオキシドの月別推移

### 3.3 エチレンオキシドとプロピレンオキシドの比較

図6に、エチレンオキシドとプロピレンオキシドの大気中濃度の比較を季節別および地点別に示す。また図中に、エチレンオキシドとプロピレンオキシドの相関係数をRで示す。この結果、白水では相関が低かったが、港陽では比較的高い相関が認められた。富田は相関係数が低かったが、これは平成30年10～11月にエチレンオキシドが突発的な高濃度を示した影響が強かったためであると考えられる。

季節別では、突発的な高濃度は夏期および秋期に出現していることが分かった。特に突発的な高濃度の出現頻度の高い白水では、近傍にエチレンオキシドおよびプロピレンオキシドの個別の発生源があるために、一般的に風下にあたる夏期から秋期で変動傾向が異なっており、相関が低くなったものと考えられるが、風向風速等との関連性については今後の課題としていきたい。

エチレンオキシドの有害性評価値である $0.092 \mu\text{g}/\text{m}^3$ よりも高濃度となったのは、白水で86回、港陽で55回、富田で45回となっており、やはり近傍に発生源の多い白水で超過した回数が多い結果となった。

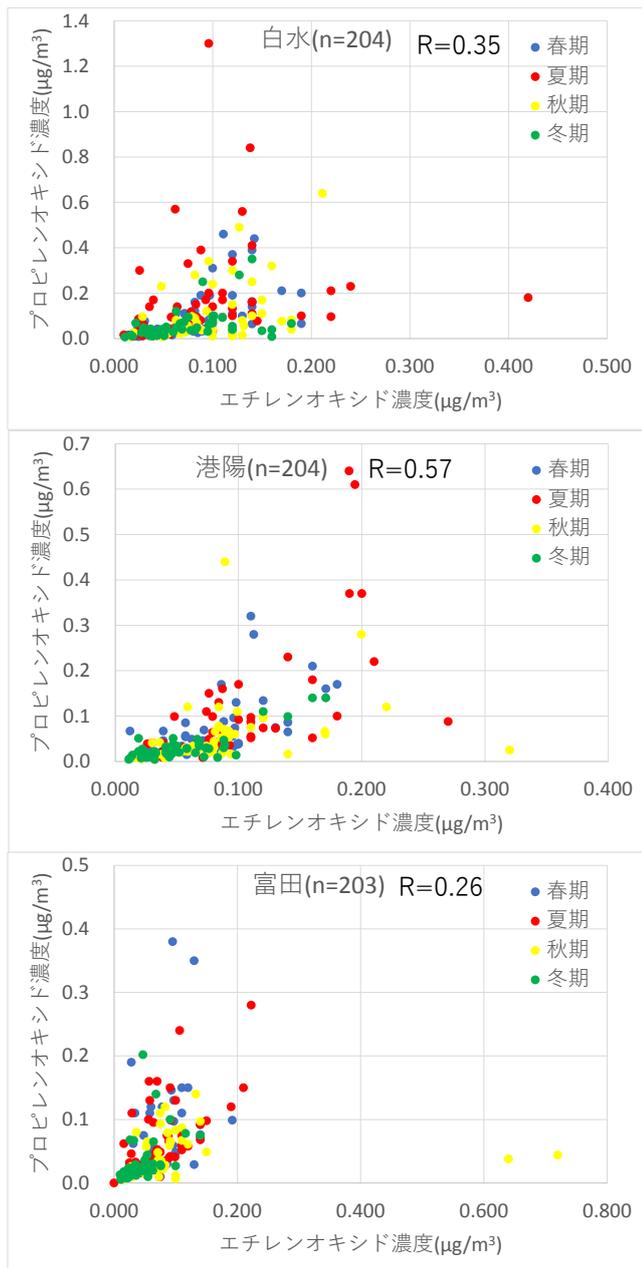


図6 エチレンオキシド濃度とプロピレンオキシド濃度の相関

### 3.4 PRTR法による排出量との比較

図1の発生源1～4におけるエチレンオキシドおよびプロピレンオキシドの大気への届出排出量の推移を図7の積上げグラフで示す。また併せて白水における年平均濃度の推移を図7の折れ線グラフで示す。

この結果、PRTR法における届出排出量は、エチレンオキシドは平成17～18年に大幅に減少して以降は低いレベルで推移している。プロピレンオキシドは平成16年度に大幅に減少したのち、平成20年度まで続けて減少して以降はほぼ横ばいである。

白水における大気中濃度との比較では、エチレンオキ

シドは排出量の減少と同様に大気中濃度も減少し近年は横ばいで推移しているが、減少幅は年間排出量の大幅な減少と比べて小さい傾向が認められた。全国でのPRTR届出排出量と届出外排出量の比が名古屋市でも同様であると仮定すると、名古屋市の届出排出量と届出外排出量の比は70：30となり、平成30年度は届出排出量960kgに対し、約410kgの届出外の排出があったことになる。以上から大気中濃度の減少幅が小さい原因として、届出外の発生源や、光化学反応による二次生成が一定程度寄与している可能性が示唆された。

プロピレンオキシドについては、濃度の減少幅は届出排出量と同様に大きくなった一方、平成23年度以降の排出量は横ばいであるのに対し大気中濃度がやや増加傾向にあること等の排出量と一致していない点もみられることから、光化学反応による二次生成が増加している可能性が示唆された。

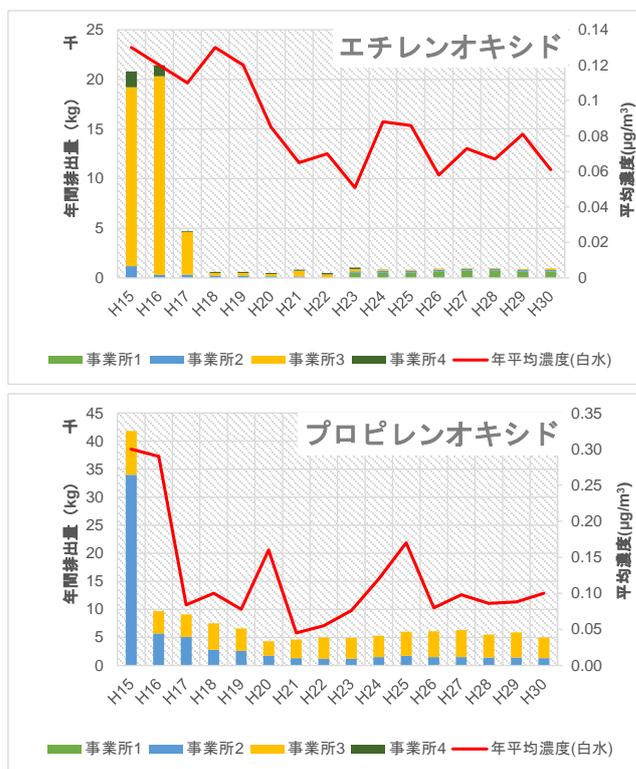


図7 PRTR法における排出量と大気中濃度の比較

### 4. まとめ

平成15年度より名古屋市で継続して大気中濃度を測定している、エチレンオキシドおよびプロピレンオキシドのオキシド類2物質について、大気中濃度の経年変化、オキシド類同士の相関およびPRTR法における排出量との関連性について解析を行った。

エチレンオキシドの大気中濃度は経年的に減少傾向にあるが近年は横ばいで推移している。季節別では春期と秋期に高濃度となる傾向があった。また地点別では発生

源近傍の白水で最も高濃度となったが、地点差はそれほど大きくなく、光化学反応による二次生成も寄与している可能性が示唆された。

プロピレンオキシドは経年的に減少傾向であるが、やはり近年は横ばいであり、白水ではやや増加傾向も認められた。地点別では白水が他の2地点よりも明確な高濃度で推移しており、近傍の発生源の影響を強く受けている可能性が示唆された。またプロピレンオキシドはエチレンオキシドほど季節差が明確ではないが、冬期に比べ他の時期でやや高い濃度となっていることから、やはり光化学反応による二次生成が寄与している可能性が示唆された。

エチレンオキシドとプロピレンオキシドの比較では、白水および富田では相関が低かったが、港陽では比較的高い相関が認められた。ただし富田は平成30年の突発的高濃度の影響を強く受けている可能性が高いと思われた。

また白水では、近傍にエチレンオキシドおよびプロピレンオキシドの個別の発生源があるために、風下にあたる夏期から秋期で突発的高濃度の出現頻度が高くなったと考えられる。

PRTR法における排出量との比較では、両物質ともよい関連性を示しているが、エチレンオキシドでは大気中濃度が届出量の減少幅と比べて小さいことや、プロピレンオキシドの大気中濃度が近年やや増加傾向にあることから、今後も大気中濃度の推移を注視する必要がある。

また、発生源近傍に近い白水で、プロピレンオキシドが突発的に高濃度となる事例は、原因が近傍の事業所である可能性が高いが、風向風速等気象条件との関連性も含め、今後も検証を行っていく必要がある。

## 5. 引用文献

- 1) 厚生労働省：優先評価化学物質のリスク評価（一次）人健康影響に係る評価Ⅱ 有害性情報の詳細資料「エチレンオキシド」, <https://www.mhlw.go.jp/content/11121000/000533916.pdf> (2020.12.1アクセス)
- 2) 環境省：PRTRインフォメーション広場, <http://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html> (2020.12.1アクセス)
- 3) 中島寛則：名古屋市における大気中オキサイド類濃度について. 名古屋市環境科学研究所報, **34**, 32-34, 2004
- 4) 中島寛則：名古屋市の大気中エチレンオキシド、プロピレンオキシド濃度についての一考察. 名古屋市環境科学研究所報, **39**, 25-30, 2009
- 5) 大野隆史, 山神真紀子, 中島寛則, 森健次, 池盛文数, 久恒邦裕：名古屋市における有害大気汚染物質濃度の20年間の経年変化. 名古屋市環境科学調査センター年報, **7**, 23-31, 2018
- 6) 山神真紀子：2010年度から2017年度における名古屋市の光化学オキシダント濃度の推移. 名古屋市環境科学調査センター年報, **7**, 15-18, 2018

<報文>

浄化槽排水を主な水源とする水路での魚類等へい死事故の調査について\*

富田比菜\*\*・高橋紗希\*\*・山下 浩\*\*

キーワード ①アンモニア ②魚類へい死 ③浄化槽

要 旨

令和元年11月、水路及び水路が流入する小河川において、多種類の水生動物のへい死事故が発生した。事故現場の河水のpHは9前後と弱アルカリ性であった。また、流入する水路等の水において高いアンモニウムイオン(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)濃度が確認された。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は、弱アルカリ性で毒性の高い遊離態アンモニア(NH<sub>3</sub>)となることから、NH<sub>3</sub>がへい死原因と考えられた。水路の水の主な供給源は、流通団地内の事業所から排出される浄化槽排水であり、浄化槽排水が排出される側溝の一部でNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度が100 mg/Lを超えていた。アンモニアの毒性にはpHによる形態が大きく関わっていることから、アンモニア濃度を測定する場合はpH測定と併せて実施することが重要である。

1. はじめに

令和元年11月、高知県内の水路及び水路が流入する小河川において魚類等へい死事故が発生した。へい死区間は約1 kmにわたり、へい死生物はナマズ、ギンブナ、モツゴ、タナゴ、カエル、カメ、カニ、エビと多種類であった。

事故時及び事故後に採取した水からアンモニウムイオン(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)が高い濃度で検出された。また、事故現場の水のpHは9前後と弱アルカリ性であった。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は弱アルカリ性では毒性の高い遊離態アンモニア(NH<sub>3</sub>)となることから、NH<sub>3</sub>がへい死原因と考えられた。なお、へい死魚及び水から農薬や高濃度の重金属等は検出されなかった。

水路へ流入する主な水は、運送会社等の事務所が多く入る流通団地の浄化槽排水であり、流入水の一部のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度が高いことから浄化槽排水がNH<sub>4</sub><sup>+</sup>供給源と推測された。なお、当該地域は公共下水道が整備されていない地域であるため、汚水は浄化槽で処理されている。

アンモニアを原因とした魚類のへい死は沖縄県や岡山県で報告されている。沖縄県では遊離アンモニアによる呼吸障害を原因と推定する事例が例年起こっている<sup>1)2)</sup>。岡山県では、富栄養化した溜め池の底質から溶出したアンモニアが、光合成で高pHとなっている表層に上がってきて、魚類にダメージを与えると推定している<sup>3)</sup>。本事例はこれらの他県事例には当てはまらず、当該水路でアンモニアの毒性が高くなっている原因を推定するのが困難であった。

今回、浄化槽排水を主な水源とする水路での魚類へい死事故において、アンモニアの挙動を中心に調査したので報告する。

2. 現場概況

へい死があった場所は、流通団地周辺を流れるA川及びB水路である。現場概況を図1に示す。

流通団地は小さな山の東側に位置する。B水路は小山に沿うように下り、A川へ合流する。A川のB水路流入地点より上流にはほとんど水はなく、流入地点付近からC橋にかけて流れはほぼなく水が貯まっている。C橋より下流では緩やかな流れがあり、水田地帯を流れていく。

B水路の水は、3つの水路の水から成っている。3つの水路のうち、1つは小山添いに水田地帯の中を流れてくる農業用水路である。この水路を「山側水路」とする。また、山側水路と並行して流れている水路があり、この水路は流通団地の駐車場横の側溝から始まっている。この水路を「団地側水路」とする。団地側水路には、流通団地からの排水の流入はほぼない。流通団地内の排水は南へと流れ、最終的に斜面を下ってグラウンドの北側を流れる水路に入る。この水路を「グラウンド北水路」とする。グラウンド北水路は、暗渠で団地側水路へ合流する。さらに、その約1 m下流で、団地側水路と山側水路が合流する。合流地点周辺では、水は貯まり、滞っている。合流地点付近の水深は50 cm程度である。

合流前の団地側水路及び山側水路の水量は少ない。特

\*Investigation of Aquatic Animals kill Incident in the Watercourse Receiving Wastewater from Domestic Wastewater Treatment Tanks

\*\*Hina TOMITA, Saki TAKAHASHI, Hiroshi YAMASHITA (高知県衛生環境研究所) Kochi Public Health and Environmental Science Research Institute

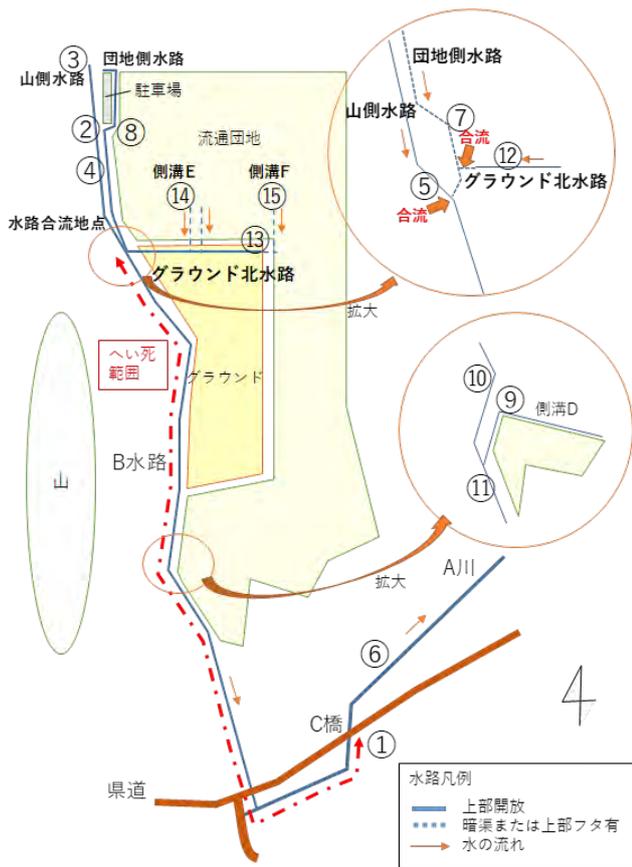


図1 現場概況図及び調査地点

に団地側水路では、合流地点から離れていくと約30 mのところまで水深5 cm程度になり、底が露出しているところもある。

グラウンド北水路は幅2 m、水深4 cm～20 cmで、流れは緩やかである。団地内側溝からの水は3カ所（東端1カ所、中央2カ所）から流入する。水は西向きに流れており、西端から団地側水路へ暗渠で合流する。水路の底質については、東端から2/3程度は概ね砂だが、西端付近は落ち葉やヘドロが溜まっており、泥になっている。

令和元年11月は、降雨がない状態が19日間続いていたが、事故通報日未明にはまとまった降雨（合計21 mm）があった。

### 3. 調査

#### 3.1 へい死現場調査及び試料採取

へい死は、B水路（水路合流地点から河川への流入地点にかけて全ての範囲）及びA川（水路流入地点からC橋付近の範囲）にて確認された。

原因究明のため、事故の確認後から約1ヶ月間に数回調査を行い、B水路及びA河川の水を採取した。水は、金属のひしゃくで採取し、ポリエチレン瓶で保存した。原因究明のための調査であるため、調査日によって調査地点は異なる。調査地点は図1中に番号を示した。以降、地点

番号は図1中の番号とする。

また、事故確認から3ヶ月後に、底質及び水のウレアーゼ（尿素分解）活性を確認するため、底質、周辺の土壌及び水を採取した。底質及び土壌はスコップで採取後、滅菌した葉さじにてポリエチレンチューブに入れて保存した。水は滅菌済みチューブに入れて保存した。

#### 3.2 事故時及び事故後調査項目

現地で、pH測定（電極法）及びアンモニアパックテスト（共立理化学研究所）を実施した。また、溶存酸素（DO）の測定を行う場合は、現場でDOの固定を行った。

採取した水試料について、全窒素（TN）・全りん（TP）及びイオン成分（ $SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ 、 $Cl^-$ 、 $F^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $PO_4^{3-}$ 、 $NH_4^+$ 、 $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ ）の濃度を分析した。TN・TPは、自動化学分析装置（ビーエルテック、SWAAT）を用い、TNについては銅・カドミウムカラム還元法（流れ分析法）、TPについてはペルオキシ二硫酸カリウム分解法（流れ分析法）により測定した。イオン濃度は、イオンクロマトグラフ法（Thermo Scientific, Dionex Integrion）により測定した。得られた $NO_3^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $NH_4^+$ の濃度からそれぞれ硝酸態窒素（ $NO_3-N$ ）、亜硝酸態窒素（ $NO_2-N$ ）、アンモニア態窒素（ $NH_4-N$ ）の濃度を計算し、それらの合計（ $NO_2-N+NO_3-N+NH_4-N$ ）を無機態窒素濃度とした。同様に $PO_4^{3-}$ 濃度からリン酸態リン（ $PO_4-P$ ）濃度を計算した。DOはよう素滴定法により測定した。

#### 3.3 追加調査項目

##### 3.3.1 ウレアーゼ活性確認

渡部らの報告に準じ<sup>4)</sup>、底質、周辺土壌及び水のウレアーゼ活性の確認を行った。底質及び土壌については、検体をミクロスパーテルで採取し1 mLの生理食塩水に懸濁したもの10 μL、また、水については採取した検体10 μLを、0.5 mLの尿素培地（栄研化学）3本に摂取し37℃、20℃及び6℃で培養した。赤変したものを陽性とし、1週間後及び2週間後に判定した。

##### 3.3.2 BODおよびN-BOD

BOD及びN-BODを測定した。N-BODは、アリルチオ尿素を添加し、硝化反応を抑制させ培養したBODをC-BODとし、BODからC-BODを差し引くことで算出した。

### 4. 結果及び考察

#### 4.1 pH, DO, イオン濃度及びTN・TP

イオン成分は $SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ 、 $Cl^-$ 、 $F^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $PO_4^{3-}$ 、 $NH_4^+$ 、 $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ を分析したが、本件の試料の $NH_4^+$ 濃度は他成分よりかなり高く、 $NH_4^+$ が分析可能な濃度に希釈したため、イオン成分によっては希釈の影響により検出できなかった可能性がある。結果については、 $NO_3^-$ 、 $NO_2^-$ 、 $PO_4^{3-}$ 、 $NH_4^+$

について報告する。なお、本報告でNH<sub>4</sub><sup>+</sup>と記載した場合はイオンクロマトグラフの結果であり、アンモニアと記載した場合はNH<sub>4</sub><sup>+</sup>とNH<sub>3</sub>の形態を区別せずに論ずる。

イオン成分は採取当日または翌日に分析を行っているが、TN・TPは採取から約3週間後に測定した値である。

以下、結果を時系列順に記す。

#### 4.1.1 1日目（事故通報当日）（表1）

事故発生場所を管轄する福祉保健所（以下、保健所）へ事故について通報があった。保健所職員が現場調査を行い、A川のC橋（地点1）及び山側水路（地点2及び3）で検体採取を行った。へい死発見現場であるC橋ではへい死魚のほか、弱っている魚を確認した。採取したナマズ2匹のうち1匹はまだエラが少し動いている状態だった。このことから、調査時には水質異常が継続していたと考えられる。また、ナマズののどには捕食されたブルーギルが入っており、事故直前まで活動していた様子がうかがえたことから、水質異常は突然起こったと推測した。

C橋のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度は130 mg/L、pHは9.1であった。NH<sub>4</sub>-N濃度としては100 mg/Lであり、これは淡水域における水産用水基準0.26 mg/L（pH 9.0、水温12℃のとき）を大きく超えていた<sup>5)</sup>。また、玉城らは、「DOが7.0 mg/L前後の値をとる時は、NH<sub>4</sub>-N濃度が12 mg/L以上でないと事故の発生オッズは高くないが、DOが4 mg/L以下に減少したり、10 mg/L以上の過飽和になると、低濃度のNH<sub>4</sub>-Nの水質下でも事故が発生することが示唆された。」と報告している<sup>6)</sup>。本検体ではDOの測定は行ってはいないものの、NH<sub>4</sub>-N濃度は12 mg/Lと比較しても高く、事故が発生しやすい状況だったと考えられる。

アンモニアは弱アルカリ性では非解離のアンモニア（NH<sub>3</sub>）として存在し、毒性が高くなる<sup>5)</sup>。C橋の水質は弱アルカリ性でNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度が高く、へい死が発生しうる状態であった。一方、へい死場所上端より上流である山側水路の2地点については、pHはやや高めであるもののNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度は低かった。

#### 4.1.2 2日目（表2）

へい死の状況を確認するため、現地調査を行った。C橋のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度は高く、かつ、弱アルカリ性の状態を保持していた。これは、事故のあったA川に流れがほとんどなく、流入する水も少ないためと考える。DOは4.6 mg/Lとへい死が起こる程ではないがやや低かった。

B水路系統については、水路合流地点から約1 m程度上流である山側水路合流前（地点5）では、やや高い濃度（26 mg/L）で検出された。しかし、さらに上流である地点4でNH<sub>4</sub><sup>+</sup>は低濃度であったことから、山側水路以外の2水路からのNH<sub>4</sub><sup>+</sup>流入が疑われた。いずれの地点もpHは中性よりやや高かった。DOの測定は行っていない。

#### 4.1.3 3日目（表3）

2日間の調査から、へい死の原因は弱アルカリ性での高アンモニア状態であることが疑われたため、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>流入の継続の有無及び流入源の確認を行うため追加調査を行った。

C橋のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度は2.8 mg/Lとへい死が起こらない程度に低くなっていた。pHは中性であり、DOも8.8 mg/Lであった。しかし、水路合流地点付近の山側水路合流前（地点5）及び団地側水路合流前（地点7）において、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>がそれぞれ750 mg/L及び1000 mg/Lで検出された。山側水路合流前は、前日の26 mg/Lから大きく増加した。pHは、山側水路で9.1と弱アルカリ性であったが、団地側水路では6.7と中性であった。DOは山側水路で2.8 mg/L、団地側水路で1.2 mg/Lと低かった。この2地点ではPO<sub>4</sub><sup>3-</sup>濃度も高くなっていた。両地点のTN/TP比はそれぞれ16、17とほぼ同じであり、この2地点の汚染源は同じであると考えられる。なお、この水質異常による新たなへい死は発生していない。これは先のへい死でB水路の生物がほぼ全滅したためと考える。この調査で、水路合流地点付近へ新たにNH<sub>4</sub><sup>+</sup>成分が流入していることが疑われた。団地側水路の上流地点である駐車場横の集水枡（地点8）のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度は0.2 mg/Lと低く、この経路からの流入ではないと考えられた。地

表1 pH、イオン濃度及びTN・TP（1日目）

地点名	番号	pH	(mg/L)								
			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N+NH <sub>4</sub> -N	TN	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	PO <sub>4</sub> -P	TP	TN/TP比
C橋	①	9.1	6.0	1.2	120	99	120	14	4.7	5.1	25
山側水路 上流1日目	②	7.4	2.9	0.15	0.97	1.4	1.8	0.43	0.14	0.27	7
山側水路 最上流	③	8.4	2.6	0.14	0.34	0.9	1.5	0.92	0.30	0.49	3

表2 pH、DO、イオン濃度及びTN・TP（2日目）

地点名	番号	pH	DO	(mg/L)								
				NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N+NH <sub>4</sub> -N	TN	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	PO <sub>4</sub> -P	TP	TN/TP比
C橋	①	9.2	4.6	6.5	1.3	120	95	86	13	4.1	4.1	21
山側水路 上流	④	8.8	-	1.7	n.a.	0.40	0.71	0.87	5.9	1.9	0.26	3
山側水路 合流前	⑤	8.5	-	4.8	1.3	26	21	23	4.3	1.4	1.3	18
C橋下流	⑥	8.9	-	7.3	1.2	30	25	27	3.5	1.1	1.1	24

表3 pH, DO, イオン濃度及びTN・TP (3日目)

(mg/L)

地点名	番号	pH	DO	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N+NH <sub>4</sub> -N	TN	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	PO <sub>4</sub> -P	TP	TN/TP比
C橋	①	7.5	8.8	7.4	0.10	2.8	3.9	3.8	0.36	0.11	0.20	19
山側水路 上流	④	8.1	11.6	3.9	0.10	0.10	1.0	1.2	0.50	0.16	0.19	7
山側水路 合流前	⑤	9.1	2.8	14	3.3	750	590	2800	530	170	170	16
団地側水路 合流前	⑦	6.7	1.2	17	3.9	1000	820	4400	770	250	260	17
団地側水路 集水橋	⑧	8.4	6.4	2.7	0.049	0.2	0.78	-	0.036	0.011	-	-

表4 pH, イオン濃度及びTN・TP (5日目)

(mg/L)

地点名	番号	pH	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N+NH <sub>4</sub> -N	TN	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	PO <sub>4</sub> -P	TP	TN/TP比
C橋	①	8.0	7.1	0.078	1.2	2.5	2.5	0.36	0.11	0.15	16
山側水路 合流前	⑤	9.4	7.0	4.1	400	310	480	78	25	29	17
団地側水路 合流前	⑦	9.1	n.a.	2.6	270	210	300	25	8.3	20	15
浄化槽排水流入側溝D	⑨	6.2	410	1.1	85	150	160	56	18	17	9
B水路 D側溝水流入前	⑩	9.2	5.1	2.5	330	260	300	46	15	16	19
B水路 D側溝水流入後	⑪	9.4	13	2.3	320	250	310	42	13	14	21

点8と団地側水路合流前の間で大量に水が流入する地点はなく、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>はグラウンド北水路から流入していると推察した。

#### 4.1.4 5日目 (表4)

4日目の夕方、住民から管轄保健所へ同水路周辺の異臭についての通報があった。保健所職員が検知管を用いて大気中アンモニア濃度を測定したところ2 ppmであった。翌日(5日目)、保健所が異臭のあった地点周辺の水についてアンモニアパックテストを実施したところ、周辺団地内の1つの浄化槽排水から80 mg/Lで検出されたため、当所において保健所が採取した周辺の水の検査を行った。

3日目に高いNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度を示した2地点については、310 mg/L及び210 mg/Lと低下はしていたものの依然高い濃度であった。団地側水路合流前のpHは、3日目の6.7から9.1へ上昇していた。

浄化槽排水が流入する側溝D(地点9)のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度は85 mg/Lとアンモニアパックテストどおりであったが、側溝の水が流入した前後(地点10及び11)でのB水路のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度に変化はなかった。また、側溝D水のTN/TP比は9であり、B水路の水のTN/TP比の2分の1程度であった。これらから、側溝DとB水路の水質は異なり、B水路全体の高NH<sub>4</sub><sup>+</sup>状態はこの浄化槽排水によるものではないと考えられた。

#### 4.1.5 10日目 (3日目採取水の性状変化)

3日目採取水を、採取から7日後に冷蔵室(6℃)から取り出したところ、山側水路合流前及び団地側水路合流前の検体の性状が変化していた。保存していた容器のフタを開けると強いアンモニア臭があり、ヘッドスペースのアンモニア濃度を測定したところ検知管の最高濃度200 ppm以上であった。また、団地側水路合流前のpHは採取時には6.7であったが、7日後には9.6に変化していた。当検体について、採取から3週間後に再度イオン成分を測定し、採取時の値と比較した(表5)。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度が5倍に増加し、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>以外の陰イオンとNa<sup>+</sup>が減少していた。無機態窒素濃度は820 mg/Lから4000 mg/Lに増加した。TNは変化しないと仮定すると、採取時はNのうち約18%が無機態窒素として、残り82%が有機態窒素で存在していた。変化後は約91%が無機態窒素として、残り9%が有機態窒素で存在していた。団地側水路合流前の検体では、冷暗で貧酸素の環境下で有機態窒素が分解しNH<sub>4</sub><sup>+</sup>が増加していたということになる。一方、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>及びNO<sub>2</sub><sup>-</sup>は減少していた。

一般的に有機物は微生物等により分解されて尿素等の有機態窒素となり、さらにNH<sub>4</sub><sup>+</sup>となる。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は好氣的条件下で、硝化菌によってNO<sub>2</sub><sup>-</sup>になり、さらにNO<sub>3</sub><sup>-</sup>になる(硝化)。また、嫌氣的条件下で、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は還元されてN<sub>2</sub>となる(脱窒)。本検体においては、有機物及び有機態窒素は

表5 事故3日目採取水の採取日及び保管3週間後のイオン成分

(mg/L)

測定日	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
採取日	38	17	28	2.2	3.9	770	1000	260	n.a.	n.a.	n.a.
3週間経過後	5.5	n.a.	15	n.a.	n.a.	810	5100	160	n.a.	n.a.	n.a.

※ NH<sub>4</sub><sup>+</sup>に合わせて500倍希釈で測定しているため、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>は希釈により測定できていない可能性がある。

表6 pH, DO, イオン濃度及びTN・TP (16日目)

地点名	番号	pH	DO						(mg/L)	
				NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N+NH <sub>4</sub> -N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	PO <sub>4</sub> -P	
山側水路 合流前	⑤	8.3	9.9	3.1	0.056	0.10	0.8	0.32	0.10	
団地側水路 合流前	⑦	8.2	5.7	9.6	1.0	15	14	3.1	1.0	
グラウンド北水路 西端	⑫	8.1	5.8	23	1.8	31	30	7.5	2.4	
グラウンド北水路 東端	⑬	7.5	8.9	30	1.2	4.8	11	4.2	1.3	

表7 pH, イオン濃度及びTN・TP (18日目)

地点名	番号	pH						(mg/L)				
			NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NO <sub>2</sub> -N+NO <sub>3</sub> -N+NH <sub>4</sub> -N	TN	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	PO <sub>4</sub> -P	TP	TN/TP比	
C橋	①	-	4.1	0.140	0.39	1.2	1.9	0.49	0.16	0.25	7	
山側水路 合流前	⑤	8.3	11	2.2	12	13	14	3.5	1.1	1.3	11	
グラウンド北水路 西端	⑫	8.4	0.36	0.42	17	13	16	3.2	1.0	1.3	13	
グラウンド北水路 東端	⑬	7.1~8.1	25	1.6	2.8	8.4	8.6	3.7	1.2	1.2	7	
浄化槽排水流入側溝E	⑭	7.6	1.5	1.1	180	140	130	30	9.8	8.0	16	
浄化槽排水流入側溝F	⑮	7.1	0.088	0.13	0.0050	0.065	2.7	n.a.	n.a.	0.40	7	

分解されてNH<sub>4</sub><sup>+</sup>となったが、DOが消費されて貧酸素となっていることから、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>及びNO<sub>3</sub><sup>-</sup>に酸化されず、また、わずかに存在していたNO<sub>2</sub><sup>-</sup>及びNO<sub>3</sub><sup>-</sup>は嫌気的条件下でN<sub>2</sub>となり減少したと推測する。脱窒過程ではOH<sup>-</sup>が放出されてpHが上昇するため、当検体においてもpHが上昇したと考えられる。

4日目に現場大気中でアンモニアが検出されたことから、現場のB水路でも同様の変化が起こっていたと推測した。

これは、へい死が起こった後(3日目)に確認された水質異常であるため、このことがへい死の原因とは言えない。しかし、事故通報以前にも同様のことが発生したとすると、B水路に生息していた多種類の生物をへい死に至らせた可能性がある。また、B水路のアンモニア汚染が、通報日未明の降雨によりA川に広がったことでへい死範囲が広がったのではないかと考えた。

#### 4.1.6 16日目 (表6)

14日目に日量65.5 mmの降雨があり、保健所が現場にてアンモニアパックテストを実施したところ、全地点でNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度1 mg/L以下となっていた。しかし、これまでの調査から再流入の恐れがあったため16日目に再調査したところ、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度が団地側水路合流前(地点7)では15.7 mg/Lに上昇していた。また、流入源として疑われたグラウンド北水路の東端では4.8 mg/Lであったが、西端では31.3 mg/Lであったことから、この水路の途中で窒素源が供給されている可能性が高いと考えた。なお、pHは全地点において、弱アルカリ性ではなく、DOも十分にあることから、へい死が起こる状態ではなかった。

#### 4.1.7 18日目 (表7)

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は、グラウンド北水路→団地側水路→B水路という流れで流入している可能性が考えられたため、グラウンド北水路への流入水を調査した。

グラウンド北水路西端のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度は17 mg/Lであるのに対し、東端は2.8 mg/Lであり、推測どおりグラウンド北水路の途中で高いNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度の水が流入していることがわかった。実際、グラウンド北水路の中頃で合流する側溝(浄化槽排水流入側溝E, 地点14)の検体のNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度が180 mg/Lと高値であった。TN/TP比は16とグラウンド北水路西端のTN/TP比に近い値であり、この側溝の水がグラウンド北水路西側の水質に影響を与えていると推測された。浄化槽排水流入側溝EのpHは7.6と中性であったが、グラウンド北水路西端のpHは8.4とやや高かった。

また、pHについては、東端で最初に測定した時は7.1であったが、その1時間後には流入水の影響により8.1に上昇していた。このことから、グラウンド北水路の水質は側溝から流入する水の影響を直接的に受け、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度やpHが時により変化する可能性が示唆された。

高pHの水が、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度の高い水路へ流入すると毒性の高いNH<sub>3</sub>の存在比が高くなると考えられ、流入水によるpHの上昇もへい死を引き起こす原因の一つとなった可能性がある。

### 4.2 追加調査

#### 4.2.1 ウレアーゼ活性確認試験 (表8)

培養温度は、夏期から冬期までを想定した37, 20, 6℃の一定温度とした。培養後、強く赤変したものを++、やや赤変したものを+とした。

底質については、培養1週間後のグラウンド北水路西端

及び中央並びに山側水路の検体で、37℃及び20℃の培養温度で陽性であった。また、これらの検体では2週間後には6℃においても陽性となった。周辺土壌は37℃で1週間後に陽性となり、20℃で2週間後に陽性となった。6℃での反応は認められなかった。

水の検体では、グラウンド北水路全ての水及び山側水路合流前の水が2週間後に20℃で陽性となった。山側水路の上流の水は37℃でのみ陽性であった。浄化槽排水流入側溝Eの水は1週間後に20℃で強く赤変し、2週間後には37℃でも強く赤変した。また、当所で保管していた事故3日目採取水でも同様の検査を行ったところ、全ての温度で陽性であった。なお、対照として実施した一般家庭の浄化槽排水においては、いずれの温度でも陽性とならなかった。

以上から、グラウンド北水路及び山側水路合流前の底質には、土壌とは異なり6℃という低温でもウレアーゼ活性をもつ微生物が存在することが考えられた。また、同地点の水には、20℃でウレアーゼ活性をもつ微生物が存在し、これは浄化槽排水流入側溝Eの水と同様であった。このことから、側溝からグラウンド北水路へ20℃でウレアーゼ活性をもつ微生物が供給されている可能性が示唆された。

グラウンド北水路では、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>が側溝から供給されるのに加え、6℃から37℃と幅広い温度で尿素が分解され、アンモニアが産生されており、これらが当該水路を平常時からアンモニア濃度の高い水路としていると推察する。

#### 4.2.2 BOD及びN-BOD (表9)

代表地点6カ所のBOD及びN-BODを測定した。

表9 BOD及びN-BOD

地点名	(mg/L)				
	pH	DO	BOD	C-BOD	N-BOD
C橋	7.4	6.3	4.3	4.1	0.1
山側水路 合流前	7.7	6.1	14.5	13.6	0.9
グラウンド北水路 西端	8.1	5.7	51.2	45.0	6.1
グラウンド北水路 東端	7.5	9.2	1.4	1.2	0.1
浄化槽排水流入側溝E	-	2.7	142.3	105.2	37.1
浄化槽排水流入側溝F	7.2	6.4	61.9	66.1	-4.1

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度が高かった浄化槽排水流入側溝E（地点14）において、全BODのうちN-BODの割合は26%であり、他の地点より硝化菌による硝化活性が高かった。グラウンド水路西端でもN-BODの割合が12%であり、当該地点にも硝化菌が存在すると考えられ、平常時から硝化菌が繁殖できる環境であることが示唆された。

#### 5. まとめ

今回、へい死が起こったA川、B水路及びB水路へ流入するグラウンド北水路で高いNH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度が確認された。グラウンド北水路への水の供給源は、団地内の事業所から排出される浄化槽排水であった。浄化槽排水が排出される側溝の一部で100 mg/Lを超える高濃度が確認され、この側溝が主なNH<sub>4</sub><sup>+</sup>供給源と考えられた。しかし、この側溝水のpHは中性であり、その状態では魚類へい死を起こす状態のNH<sub>3</sub>にはなっていないようだった。

調査中、B水路及び当所で保存していた水のpHが中性から弱アルカリ性に変化したことが観察された。これは、有機物が多い水の内部変化によると推察され、この状態ではNH<sub>4</sub><sup>+</sup>は毒性の高いNH<sub>3</sub>になっていると考えられた。しかし、グラウンド北水路のpHは流入してくる側溝の水の

表8 底質、土壌及び水のウレアーゼ活性

種類	地点名	1週間後			2週間後		
		培養温度					
		37℃	20℃	6℃	37℃	20℃	6℃
底質	グラウンド北水路 西端	++	++	-	++	++	++
	グラウンド北水路 中央	++	++	-	++	++	+
	グラウンド北水路 東端	-	-	-	-	++	+
	山側水路 合流前	++	++	-	++	++	+
土壌	グラウンド	-	-	-	-	-	-
	グラウンド北水路横 土手	++	-	-	++	+	-
	山側水路横 山	++	+	-	++	++	-
	山側水路横 水田	++	+	-	++	++	-
水	グラウンド北水路 西端	-	-	-	-	+	-
	グラウンド北水路 中央	-	-	-	-	+	-
	グラウンド北水路 東端	-	+	-	-	++	-
	山側水路 合流前	-	-	-	-	+	-
	山側水路 上流	+	-	-	++	-	-
	浄化槽排水流入側溝E	+	++	-	++	++	-
	一般家庭浄化槽排水	-	-	-	-	-	-
水	(参考)事故3日目採取水	++	++	++	++	++	++

pHに影響されていることも確認しており、外部の影響によりpHが高くなることでNH<sub>4</sub><sup>+</sup>がNH<sub>3</sub>になる可能性も考えられた。今回の調査ではどちらが原因でへい死が起こったかは判明できなかった。

また、グラウンド北水路に供給される水には、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>とともにウレアーゼ活性を持つ微生物及び硝化菌が含まれていた。さらに、当該水路の底質は、幅広い温度でウレアーゼ活性を示すことを確認した。このことから、水路においても、尿素的分解によりアンモニアが増加している可能性が考えられた。

その後の調査においても、グラウンド北水路西端ではアンモニアパックテストで10 mg/L程度検出されている。しかし、へい死は起こっておらず、この状態がこの水路の平常状態と考える。

高知県汚水処理人口普及状況は、下水道整備率40%、農業集落排水施設等3%、浄化槽人口普及率が31% (H31. 3. 31時点) となっており、下水道の整備されていない地域では浄化槽が使用されていることが多い。今回は、事務所の浄化槽からの排水が原因と考えられる事例であったが、県内のどこでも起こりうる事例と考える。

高知県では、魚類へい死事故が発生すると、事故発生場所を管轄する保健所が現場調査を行い、その際にはpH、DO、水温の測定や必要なパックテスト等を行うこととしている。これまで高知県ではアンモニアを原因としたへい死が確認されたことはなく、アンモニアパックテストは実施してこなかった。しかし、今回の事例でアンモニア濃度の確認も必要であることがわかった。また、アン

モニアの毒性にはpHによる形態が大きく関わっていることからpHを同時に測定することが重要である。さらに、アンモニア濃度及びpHが上昇した原因を推測するためDOを把握しておくことが望ましい。

へい死調査時は、通報者等の思い込み等に捕らわれず事実や各種測定結果から原因を探っていくことが必要であるため、これまでの初動調査で行ってきたとおり、pH、DO、水温等の基本項目の測定は重要であることを改めて感じた。

## 6. 引用文献

- 1) 藤崎菜津子, 塩川敦司, 當間龍一, 小渡亜紗美: 沖縄県の公共用水域におけるへい死魚調査事例－2014年度－. 沖縄県衛生環境研究所報, **49**, 110-112, 2015
- 2) 藤崎菜津子, 塩川敦司: 沖縄県の公共用水域におけるへい死魚調査事例－2015年度－. 沖縄県衛生環境研究所報, **50**, 96-97, 2015
- 3) 斎藤直己, 北村雅美, 藤田和男: 魚のへい死事象における水質調査－とくにため池での事例について－. 全国環境研会誌, **30**, 33-39, 2005
- 4) 渡部正弘, 斎藤紀行: 低温下の尿素系融雪剤分解による魚毒性. 水環境学会誌, **25**, 93-96, 2002
- 5) 公益社団法人日本水産資源保護協会: 水産用水基準 2018年版 (第8版), 2020
- 6) 玉城不二美, 仲宗根一哉, 宮城俊彦: 水質指標を用いたロジスティック回帰モデルによる魚類のへい死事故の要因判別. 全国環境研会誌, **36**, 178-186, 2011

<報 文>

## 福岡県における地域汚染由来の高濃度オゾン に対するNOx, VOC排出量削減の効果\*

山村由貴\*\*, \*\*\*・力 寿雄\*\*・中川修平\*\*・山本重一\*\*

キーワード ①オゾン ②NOx排出量 ③VOC排出量 ④化学輸送モデル ⑤感度解析

### 要 旨

地域汚染の影響でオゾン濃度が高まった2018年夏季の高濃度日を対象に、九州エリアのNOx, VOC排出量の削減が福岡県内のオゾン濃度に与える影響について、化学輸送モデルを用いて解析した。その結果、VOC排出量削減がオゾン濃度変化に与える影響は小さく、NOx排出量削減は、NOx排出量の多い福岡市・北九州市を含む福岡県北側ではオゾン濃度が増加させ、福岡市より南側のエリアでは減少させることが判った。NOx排出量の多いエリアにおいてNOx排出量を削減すると、下層ではNOとの反応等によって消滅するオゾン量が減少し、上層では光化学反応によって生成するオゾン量が減少すると考えられる。そのため、NOx排出量の多い県の北側エリアではNOx排出量の削減によりオゾン濃度が増加し、北側エリアの上層で生成したオゾンが輸送される福岡市より南では、オゾン濃度が減少したと考えられる。

### 1. はじめに

福岡県において、環境基準を達成していない大気汚染物質は、微小粒子状物質（以下、PM<sub>2.5</sub>）と光化学オキシダントである<sup>1)</sup>。（以下、光化学オキシダントとオゾンと同義として取り扱う。）PM<sub>2.5</sub>については、中国の大幅なSO<sub>2</sub>, NOx等の削減に伴い、越境大気汚染濃度が減少したことから、県内のPM<sub>2.5</sub>濃度は減少傾向にある<sup>1)2)</sup>。一方、光化学オキシダントについては、図1に示すように、前駆物質であるNOxやVOCの濃度が減少しているにもかかわらず、オゾン濃度は増加傾向にある。

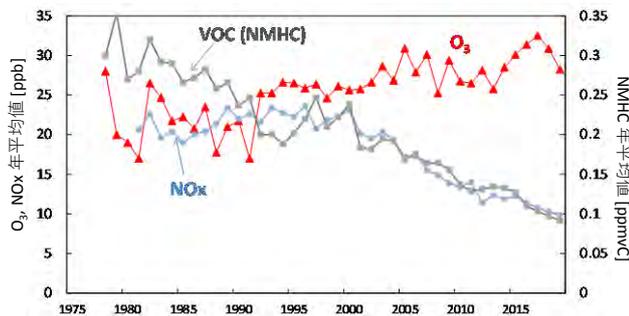


図1 福岡県内NOx, VOC（非メタン炭化水素NMHC）, O<sub>3</sub>濃度の経年変化

この原因の一つとして、日中のオゾン生成濃度が、

当該エリアのNOx, VOC排出量変化に対して、非線形的に変化することが挙げられる。オゾン濃度とNOx, VOC濃度との関係の模式図を図2に示す（井上ら(2010)<sup>3)</sup>をもとに加筆）。

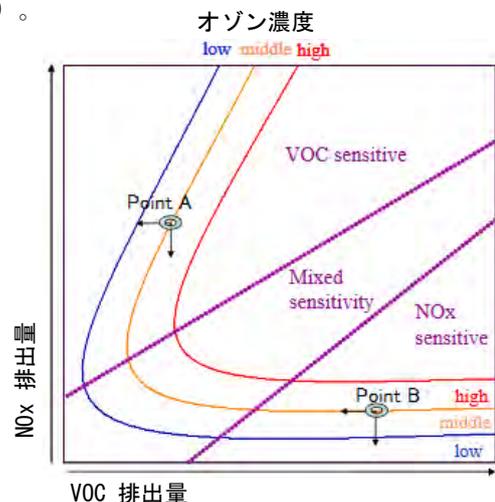


図2 NOx, VOC排出量に対するオゾン濃度の感度の模式図

オゾン濃度とNOx, VOC濃度との関係は、以下の2種類に分けられる<sup>4)</sup>。

- (1) NOx-sensitive領域：オゾン濃度はNOx排出量の削減で減少するが、VOC排出量の削減ではほとんど

\*The effect of NOx, VOC emission-reducing on local high-concentration ozone in Fukuoka

\*\*Yuki YAMAMURA, Hisao CHIKARA, Shuhei NAKAGAWA, Shigekazu YAMAMOTO (福岡県保健環境研究所) Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences

\*\*\*Yuki YAMAMURA(九州大学総合理工学府) Interdisciplinary Graduate School of Engineering Science, Kyushu University

減少しない

- (2) VOC-sensitive領域：オゾン濃度はVOC排出量の削減で減少するが、NOx排出量の削減ではほとんど減少しない

例えば、対象エリアが図2のPoint Aに該当した場合、オゾン濃度はVOC排出量を削減すると減少するが、NOx排出量を削減しても減少しない(VOC-sensitive領域)。一方Point Bに該当した場合、オゾン濃度はNOx排出量を削減すると減少するが、VOC排出量を削減しても減少しない(NOx-sensitive領域)。

また、(1)、(2)間の遷移的な状態として、以下が定義されることもある<sup>5)</sup>。

- (3) mixed-sensitive領域：NOx排出量、VOC排出量いずれの削減でもオゾン濃度が減少する状態

さらに、図1には示されていない状態であるが、以下の状態も確認されている<sup>3)6)</sup>。

- (4) NOx-titration：オゾン濃度が(OHラジカル連鎖反応による)生成ではなく、排出されたばかりのNOxによる消失に支配される状態

- (5) insensitive：オゾン濃度がいずれの排出量にも影響されない状態

オゾン濃度を低減させるための効果的な前駆物質の排出削減対策を策定するためには、対象とするエリアが図2のどの領域に位置するか、すなわち、NOxやVOCをどのように削減するとオゾン濃度低減に効果的であるかを把握する必要がある。この把握に対して、非線形的な反応過程を考慮することができる化学輸送モデルによるシミュレーションは、非常に有効である。実際に、2006年度に施行されたVOC排出抑制制度は、環境省によるシミュレーション結果<sup>7)</sup>が根拠となっている。環境省によるシミュレーションでは、2000年を基準としてVOC排出量を30%削減した場合の2010年における光化学オキシダント注意報発令延べ日数を試算し、VOC排出量を削減しない場合の259日から64日に減少すると推定した。VOC排出抑制制度の導入によって高濃度出現延べ日数が大きく低減すると予測されたことが、制度導入につながった。また、井上ら(2010)<sup>3)</sup>は、関東地方で高濃度オゾンが出現した夏季の複数日を対象に、化学輸送モデルによるシミュレーションを行い、関東地方のオゾンについて、VOC-sens, mixed-sens, NOx-sens, NOx-titration, insensitiveエリアの地理的分布を明らかにした。

本研究では、福岡県内のオゾン濃度低減に資するデータを得るため、地域汚染の影響でオゾンが高濃度となった2018年夏季の複数日を対象に、九州エリアのNOx, VOC排出量の削減が福岡県内のオゾン濃度に与える影響について、化学輸送モデルを用いて解析した。また、瀬戸内地方からオゾンが流入して高濃度となったケースについ

ても、オゾン濃度のNOx排出量に対する感度の変化を解析した。

## 2. 方法

### 2.1 化学輸送モデル

気象場の計算には、領域気象モデルWeather Research and Forecasting model (WRF) Version 3.9.1.1を使用した。計算領域は、図3に示す東アジア域(D01)と西日本域(D02)、福岡県を含む北部九州域(D03)とし、D01を64 km × 64 km, D02を16 km × 16 km, D03を4km × 4kmで3wayネスティングした。

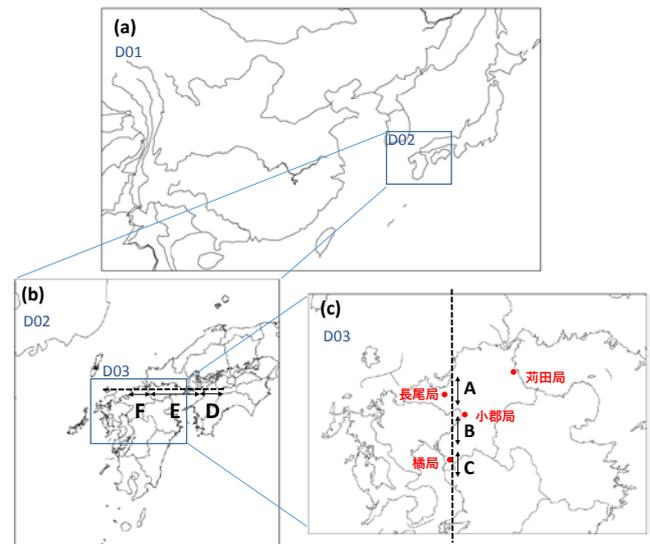


図3 計算領域

気象データには米国環境予報センター(NCEP)の全球客観解析データ(FNL)<sup>8)</sup>を使用した。土地利用には、WRFに付随するUnited States Geological Survey(USGS)のデータを利用した。表1にWRF計算条件を示す。

表1 WRF計算条件

モデル	WRF (Version 3.9.1.1)
計算領域・解像度	64 km × 64 km (D01: 東アジア) 16 km × 16 km (D02: 西日本) 4km × 4km (D03: 北部九州)
鉛直層数	39 (~100 hPa)
地理データ	USGS GTOPO30 (地形) USGS 25 Category (土地利用)
気象データ	NCEP FNL
解析期間	2018. 6. 1~2018. 8. 31

化学輸送モデルには、CMAQ Version 5.0.2を使用した。大気中の汚染物質およびその前駆物質の反応過程は、気相化学反応にSAPRC07, エアロゾル過程にAER06を使用した。計算領域、解像度、鉛直層数はWRFと同様であり、東アジア域 (D01) の計算結果を西日本域 (D02), 西日本域(D02)の計算結果を北部九州域(D03)計算の境界条件に使用した。計算期間は2018年5月21日～8月31日とし、6月～8月を解析対象期間とした。

CMAQの計算に使用した各排出量データを表2に示す。なお、東アジアの排出量データであるRegional Emission inventory in Asia (REAS) version 2<sup>9)</sup>に含まれるNH<sub>3</sub>は月変化をもたないため、Streets et al. (2003)<sup>10)</sup>に基づいて排出量の季節変動を補正した。

表2 排出量データ

東アジア人為起源 (日本を除く)	Regional Emission inventory in Asia (REAS) version 2
国内人為起源 (自動車・船舶を除く)	EAGrid2010-Japan <sup>11)</sup>
国内船舶	OPRF's Ship Emission inventory <sup>12)</sup>
国内自動車	JATOP Emission Inventory -Data Base 2011 Automobile Source (JEI-DB2011-AS) <sup>13)</sup>
植物起源	Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature (MEGAN) version2.04 <sup>14)</sup>
火山	Aerosol Comparisons between Observations and Models (AeroCom) <sup>15)</sup> 気象庁火山活動報告資料 (阿蘇山, 桜島) <sup>16)</sup>

## 2.2 プロセス解析

CMAQのProcess analysisのIntegrated Process Rates (IPRs)では、指定成分の濃度の増加・減少に対する、各物理・化学過程の寄与を求めることが可能である。オゾンに関するIPRsでは、気相反応過程 (CHEM) の他に液相過程 (CLDS), 水平移流・拡散 (HADV・HDIF), 鉛直移流・拡散 (VADV・ZDIF), 乾性沈着 (DDEP)が含まれており、ある時間のオゾン濃度変化率[ppb/hr]は式(1)で表される。

$$\frac{\Delta O_3}{\Delta t} = (CHEM) + (CLDS) + (HADV \cdot HDIF) + (VADV \cdot ZDIF) + (DDEP) \quad (1)$$

本研究では、オゾン生成・消滅に関する気相反応過程 (CHEM)を考察に使用した。

## 2.3 解析対象日

福岡県内の大気常時監視局である荻田局, 長尾局, 小郡局, 橘局を対象に、いずれかの局のオゾン濃度が80ppbを超えた合計10日を高濃度日として抽出した。荻田局は県の東側, 瀬戸内沿海に位置する。長尾局は県の西側, 交通量の多い福岡市内に位置する。小郡局は県の中心付近, 橘局は県の南端付近に位置し、共に付近に大きなNOx, VOCの発生源は存在しない。各局の位置は、図3中に示す。

九州エリアで生成したオゾンに対するNOx, VOC排出量削減の影響について検証するため、九州外から流入したオゾン濃度が高いと考えられる日は除外した。抽出した高濃度日のうち、6月21日, 24日, 25日は地域発生源の少ない離島エリアである長崎県対馬局のオゾン濃度が80ppbを超えており、越境汚染によって国外から流入したオゾン濃度が高いと考えられたため、除外した。また、7月19日については、四国の南海上に存在する台風の影響により、瀬戸内エリアのオゾンが九州へ流入していたため、除外した。ただし、7月19日については、3.4で別途解析を行う。抽出した日および解析対象日の選定結果を

表3 解析対象日

	年	月	日	Ox1時間値の最高値 [ppb]				備考	
				荻田	長尾	小郡	橘		
2018	6		2	63	87	97	84		
			3	59	82	91	72		
			4	50	83	93	75		
			9	69	73	83	63		
			21	89	77	84	62	越境汚染(対馬89ppb)	
			22	63	81	88	68		
			24	67	81	79	71	越境汚染(対馬96ppb)	
			25	48	80	103	79	越境汚染(対馬80ppb)	
			7	19	75	55	94	70	台風の影響で瀬戸内から汚染が流入
			8	18	46	46	84	55	

表3に示す。以下、抽出した高濃度日6日を平均した時間変化を、高濃度日の特徴と定義して議論する。

### 2.4 感度解析

北部九州(D03)のNOx, VOC排出量分布を図4に示す。福岡県内で排出量が多いのは、主に北九州エリアと福岡市エリア(図4中黒丸エリア)である。北九州エリアは工業地帯を有しており、福岡市エリアは商業都市であり、自動車交通量が多い特徴を有する。

本研究では、感度解析として、計算期間中継続して九州のNOxまたはVOC排出量を3割削減した計算と、全排出量を含む標準計算の3ケースの計算を行った。得られた結果の中から表3で示した高濃度日を抽出し、オゾン濃度の時間変化を平均した。この平均オゾン濃度に対して、NOxまたはVOC排出量を3割削減した計算と標準計算との差を比較した。さらに、瀬戸内エリアからオゾンが流入した7月19日については、当日のみNOx排出量を3割削減した計算を行い、標準計算との比較を行った。

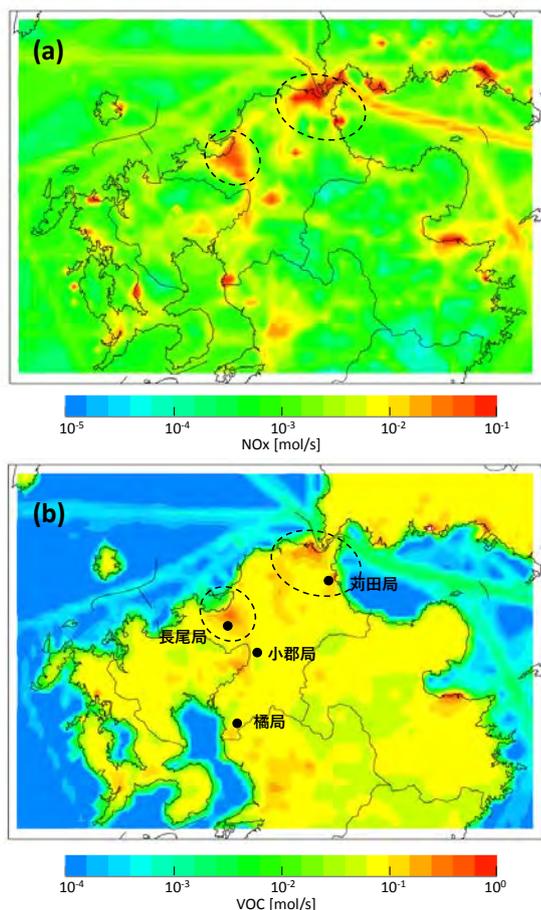


図4 北部九州(D03)のNOx, VOC排出量の水平分布(地上~約2000mのカラム濃度の日平均値), (a) NOx排出量, (b) VOC排出量(植物起源VOCを除く)

なお、削減したVOCは、Kitayama et al. (2019)<sup>17)</sup>を参考に、SAPRC07で考慮されている40成分から、植物起源VOCを除いた36成分とした。削減対象としたVOC一覧を表4に示す。

表4 削減対象としたVOC

物質名 (SAPRC07中表記)	詳細
TOLU	Toluene
ETHE	Ethene
HCHO	Formaldehyde
MEOH	Methano
ETOH	Ethanol
ACET	Acetone
MXYL	M-xylene
OXYL	O-xylene
PXYL	P-xylene
MEK	$5 \times 10^{-13} < kOH [cm^3 mol^{-2} s^{-1}] < 5 \times 10^{-12}$ のKetonesおよびアルデヒド以外の酸化物
BENZ	Benzene
CCHO	Acetaldehyde
PRPE	Propene
ACYE	Acetylene
ACRO	Acrolein
MACR	Methacrolein
AACD	Acetic acid
BALD	Aromatic aldehyde
FACD	Formic acid
GLY	Glyoxal
MGLY	Methylglyoxal
ALK1	$kOH [ppm^{-1} min^{-1}] < 5 \times 10^2$ のAlkaneおよび揮発性芳香族化合物
ALK2	$2.5 \times 10^2 < kOH [ppm^{-1} min^{-1}] < 5 \times 10^2$ のAlkaneおよび揮発性芳香族化合物
ALK3	$2.5 \times 10^3 < kOH [ppm^{-1} min^{-1}] < 5 \times 10^3$ のAlkaneおよび揮発性芳香族化合物
ALK4	$5.3 \times 10^3 < kOH [ppm^{-1} min^{-1}] < 1 \times 10^4$ のAlkaneおよび揮発性芳香族化合物
ALK5	$kOH [ppm^{-1} min^{-1}] > 1 \times 10^4$ のAlkaneおよび揮発性芳香族化合物
AR01	$kOH [ppm^{-1} min^{-1}] < 2 \times 10^4$ のAromatics
AR02	$kOH [ppm^{-1} min^{-1}] > 2 \times 10^4$ のAromatics
OLE1	$kOH [ppm^{-1} min^{-1}] < 7 \times 10^4$ のAlkenes
OLE2	$kOH [ppm^{-1} min^{-1}] > 7 \times 10^4$ のAlkenes
PRD2	$kOH [ppm^{-1} min^{-1}] > 5 \times 10^{-12}$ のAromatics
RCHO	Lumped C <sub>3</sub> + aldehydes
BACL	Biacetyl
CRES	Phenols and cresols
B124	1, 2, 4-Trimethylbenene
13BDE	1, 3-Butadiene

### 3. 結果と考察

#### 3.1 モデルの再現性評価

2.3で抽出した高濃度日について、苜田局、長尾局、小郡局、橘局の1:00~24:00のオゾン濃度観測値をCMAQによる計算値と比較し、相関係数Rと共に図5に示す。いずれの局も相関係数は0.9以上であり、濃度の変動傾向は概ね再現できていた。長尾局については、計算に使用した国内の自動車起源NOx排出量データが2010年を対象としたものであったため、交通量の多い福岡市エリアのNOx排出量が現在よりやや過大であった可能性がある。これにより、NOxによるオゾン消滅反応が過大となり、オゾン濃度が観測に比べて過小となった可能性が考えられる。また、小郡局は福岡市の風下に位置し、福岡市エリアから流入するオゾンの影響を強く受けるため、長尾局と同様に過小傾向となったと考えられる。

#### 3.2 オゾンの生成と輸送

CMAQで計算した高濃度日の、オゾン濃度と風向風速の水平分布の時間変化を図6に示す。図中の網掛部は標高200m以上のエリアである。図6から、11:00に北九州エリアと福岡市エリア（長尾局付近、図6(b)灰点線丸部）の風下で濃度が上昇し始めていることが判る。その後、14:00から17:00にかけて、海風の侵入に伴い、高濃度オゾンは小郡市（小郡局付近）を経て大牟田市（橘局付近）へと流れた。20:00になると、全域で濃度が下がっていた。

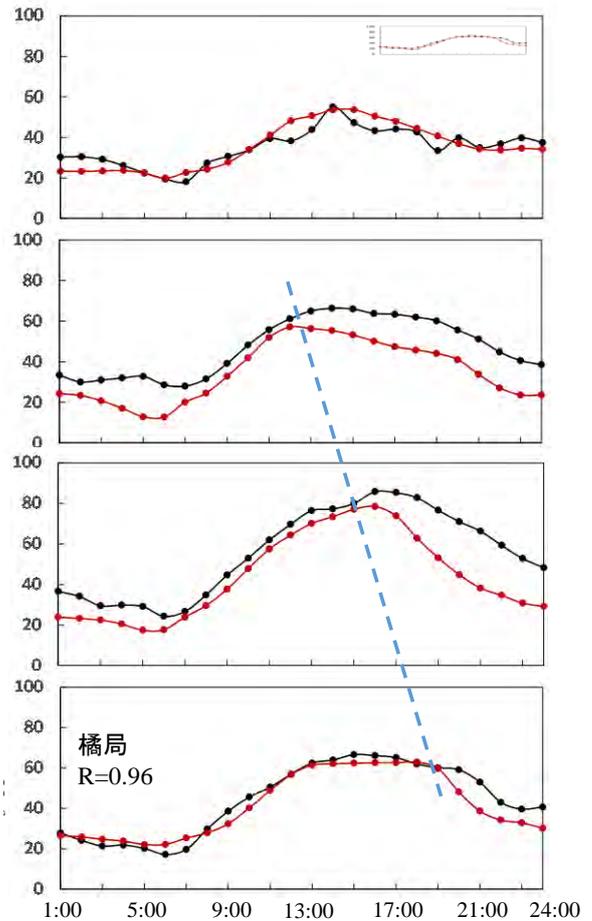


図5 観測値と計算値との比較  
(a) 苜田局, (b) 長尾局, (c) 小郡局, (d) 橘局

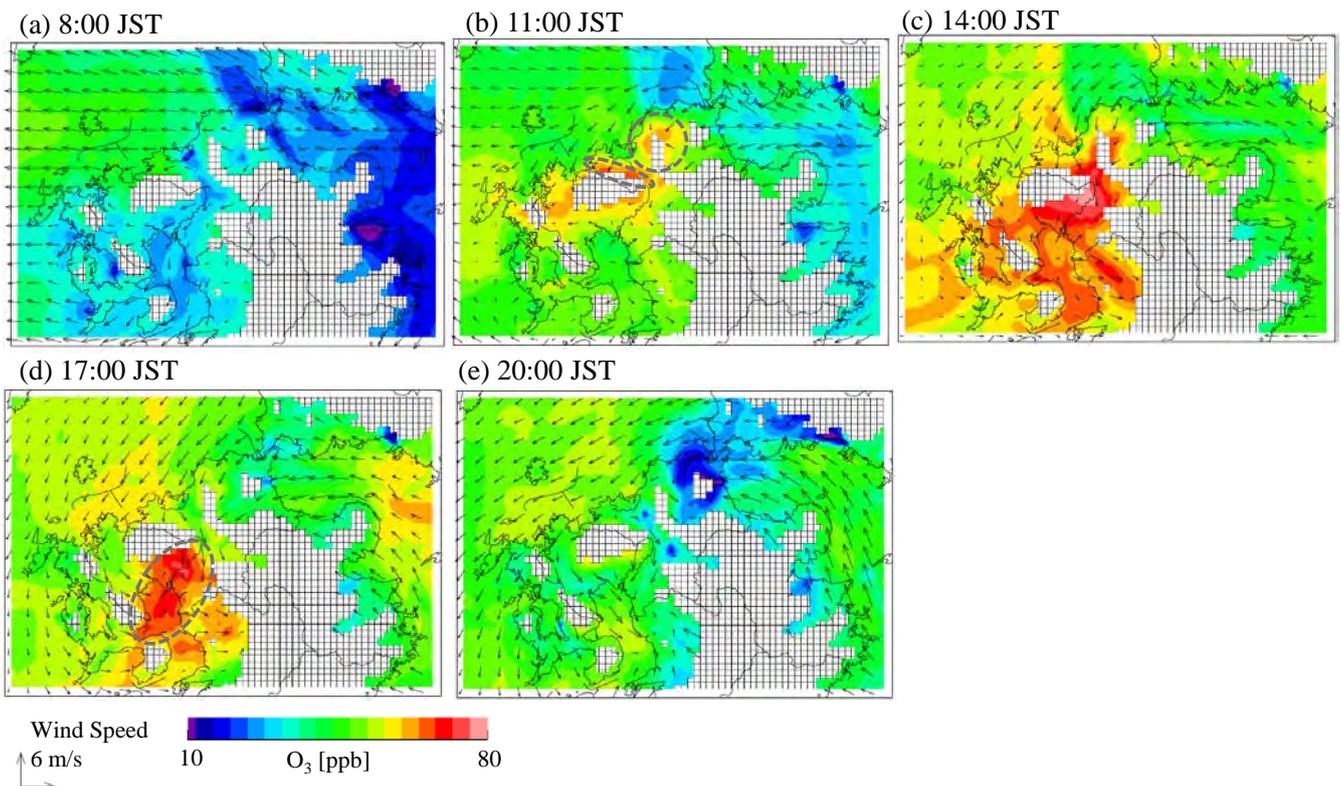


図6 高濃度日のオゾン濃度と風向風速の水平分布

図5においても、オゾン濃度のピークが時間と共に長尾局、小郡局、橘局と玄海灘側から南へ順に移動しており（図5中青点線），図6の海風に対応していることが確認できた。高濃度日における，図3(c)中の黒点線方向に沿った断面図の経時変化を図7に示す。図7中には，オゾン濃度（カラーコンター），温位（コンター線），風向を示している。また，CMAQのIPRsによって求めたオゾンの生成・消滅率を図8に示す。長尾局（福岡市）における気相反応によるオゾンの生成・消滅率 [ppb/hr]の鉛直分布を図8(a)，地上約15mにおける気相反応，乾性沈着，水平移流・拡散，鉛直移流・拡散によるオゾンの生成・消滅率 [ppb/hr]の，長尾局における時間変化を図8(b)，小郡局における時間変化を図8(c)に示す。

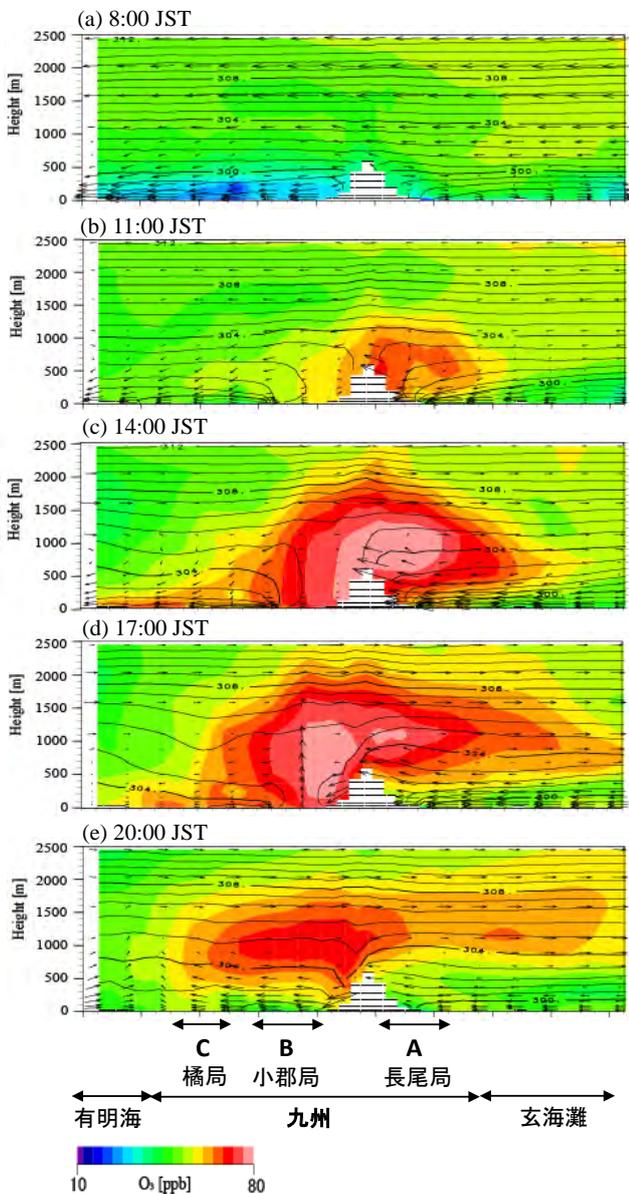


図7 オゾン濃度のD03断面図の経時変化  
(オゾン濃度：カラーコンター，温位：コンター線)

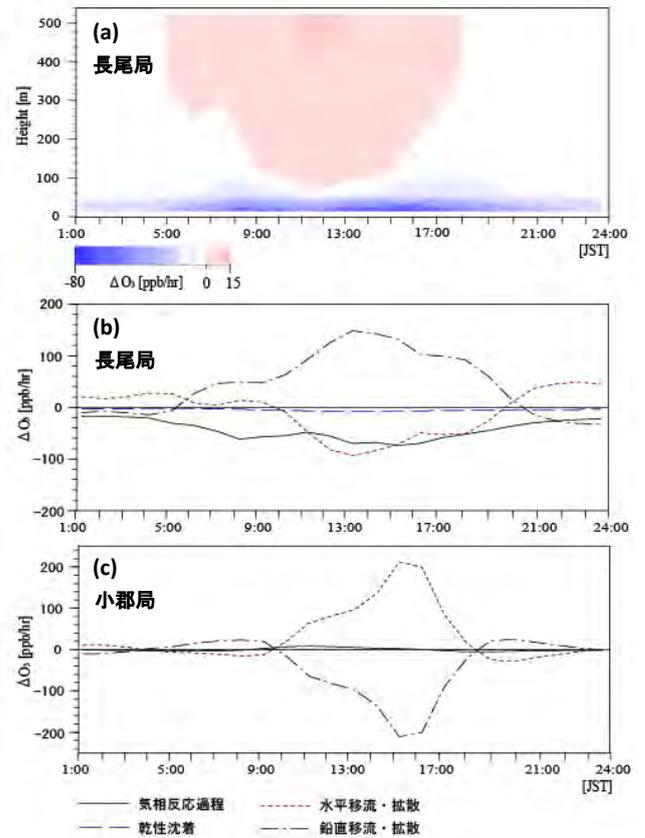


図8 オゾン濃度変化率，(a)気相反応による濃度変化率鉛直分布（長尾局），地上約15mにおける各過程による濃度変化率；(b)長尾局，(c)小郡局

オゾンの生成・消滅率は，正であればオゾンの生成，負であれば消滅を意味する。図7から，11:00から17:00にかけて，福岡市の上空（図3(c)中エリアA，長尾局付近）の高度500～2000m付近で濃度が上昇していたことが判る。一方，地上付近は上空ほど濃度が上昇していなかった。これらは，図8(a)において，長尾局（福岡市）の気相反応によるオゾンの生成・消滅率が上空で正，地上付近で負，すなわち上空では光化学反応によってオゾンが生成し，地上付近ではNOとの反応等によってオゾンが消滅していたことと整合している。また，図7から，14:00，17:00には海風の侵入に伴い，福岡市上空のオゾンが小郡局から橘局付近（図3中エリアB，C）まで輸送されていたことが判る。なお，地上から約1000m付近までは海風となっているが，それより上空では反流により，陸から海へ向かって風が流れており，上空のオゾンが一部玄海灘方向へ輸送されていることが判る。また，11:00から17:00にかけて，混合層が地上～1000m付近まで発達していることが確認できる。図8(b)から，長尾局（福岡市）の地上付近では，オゾン濃度は鉛直移流・拡散によって増加し，気相反応と水平移流・拡散によって減少している。これは，

福岡市上空で生成したオゾンが、混合層内の鉛直混合によって地上付近まで下降してNOと反応し、鉛直混合しながら、海風によって小郡局方面へ水平に輸送されていたことを示していると考えられる。一方、図8(c)から、小郡局の地上付近では、オゾン濃度は主に水平移流・拡散によって増加し、鉛直移流・拡散によって減少している。これは、小郡局の地上付近へ福岡市から水平方向に流入した高濃度気塊が、鉛直混合によって混合層内を拡散したことによると考えられる。また、小郡局の地上付近では気相反応の寄与は小さいが、これは福岡市に比べて付近のNOx排出源量が少なかったためと考えられる。

図7(e)、図8(c)から、20:00には福岡市から水平に流入する気塊のオゾン濃度が下がるため、小郡局・橋局においても地上付近の濃度が下がっている。

### 3.3 九州のNOx, VOC削減による福岡県内オゾン濃度の変化 -地域汚染による高濃度日-

2.4で述べた、九州のNOxまたはVOC排出量を3割削減した計算と、全排出量を含む標準計算について、オゾンが高濃度となる11:00から17:00までを平均し、(a) 標準計算のオゾン濃度の水平分布、(b) 九州のNOxを3割削減した計算と標準計算のオゾン濃度の差、(c) 九州のVOCを3割削減した計算と標準計算のオゾン濃度の差、として図9に示す。図9(b)、(c)は、オゾン濃度の変化量を表し、NOx, VOC削減によってオゾンが減少した場合は負(寒色)、増加した場合は正(暖色)を示す。なお、図9(b)、(c)において、海上でも濃度変化がみられているが、これは2.4で述べたように、計算期間中継続して九州のNOxまたはVOC排出量を3割削減した計算し、その中から高濃度日を抽出しているためである。図9(b)から、福岡県では、福岡市エリアおよび玄海灘沿海(糸島を除く)、北九州エリアおよび瀬戸内海沿海でNOx削減によりオゾンが増加しており、福岡市エリアより南では、NOx削減によりオゾンが減少していることが判る。

苅田局、長尾局、小郡局、橋局における、九州のNOxを3割削減した場合と標準計算のオゾン濃度の時間変化を図10に示す。図10から、苅田局と長尾局ではNOx削減によってオゾン濃度が増加し、小郡局と橋局では日中のオゾンが高濃度となる時間帯を中心にオゾン濃度が低下している。図9(b)を図4(a)と比較すると、オゾン濃度が増加したのは、苅田局を含む北九州エリアや長尾局を含む福岡市エリアといった、NOx排出量の多いエリアであることが判る。これは、NOxが減少することで、地上付近でNOとの反応等によって消滅するオゾンの量が減少したためと考えられる。対して、NOx削減によりオゾンが減少した福岡市エリアより南(小郡局、橋局を含む)は、福岡市上空で生成したオゾンが輸送されていたエリアである。これは、福岡市付近では、NOx排出量削減により、地上付近で消滅するオゾンの量が減少したが、同時に上空で光化学反応によって生成す

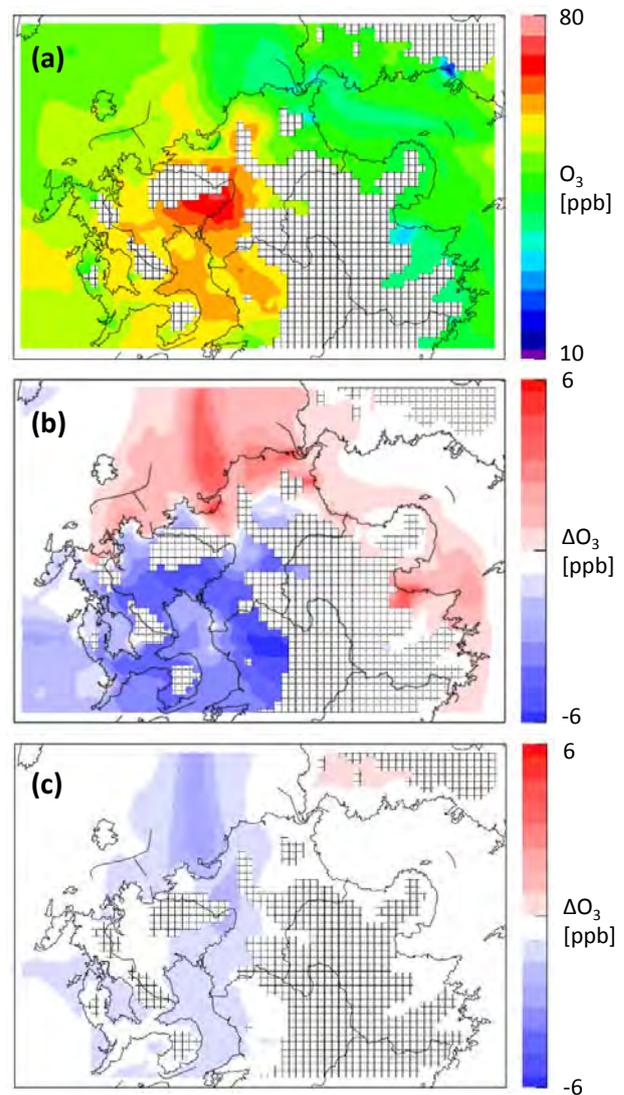


図9 オゾン濃度の水平分布(11:00~17:00平均値)  
(a) 標準計算、(b) 九州のNOxを3割削減した計算と標準計算とのオゾン濃度の差、(c) 九州のVOCを3割削減した計算と標準計算とのオゾン濃度の差

るオゾンの量も減少したことで、福岡市上空から南へ輸送されるオゾン濃度が減少したためと考えられる。

また、VOC排出量を削減した場合は、図9(c)から、福岡県全域でオゾン濃度が減少していたことが判る。しかし、その減少濃度は最大でも3ppb程度であり、NOxに比べてVOCの影響は小さいことが示唆された。以上のことから、高濃度日の福岡県は、主にNOx-titrationエリア(図9(b)の暖色領域、玄海灘沿海および瀬戸内海沿海)とNOx-sensitiveエリア(図9(b)の寒色領域、福岡市エリアより南側)で構成されていることが明らかになった。

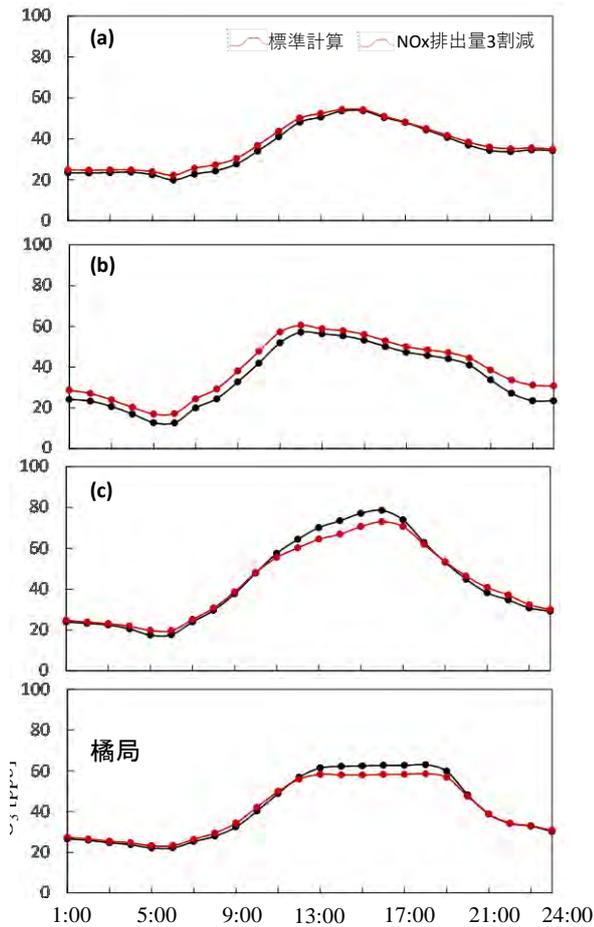


図10 九州のNOxを3割削減した場合のオゾン濃度と標準計算のオゾン濃度の時間変化  
(a) 苅田局, (b) 長尾局, (c) 小郡局, (d) 橘局

### 3.4 九州のNOx削減による福岡県内オゾン濃度の変化 -瀬戸内からの移流-

3.3では、主に九州内で生成したオゾンが高濃度となった日を対象に、長期（解析期間である6月1日から8月31日まで）にわたってNOx, VOCを削減した場合のオゾン濃度の変化について議論を行った。ここでは、九州外からオゾンが流入したことで高濃度となった日について、該当日当日のみNOxを削減した場合の変化について検討する。

7月19日は、九州の南海上を北進していた台風の影響で、瀬戸内地方の風向が東よりになり、瀬戸内エリアで生成されたオゾンが福岡県内の瀬戸内沿海や北九州を中心とした九州地方へ流入していた。7月19日の、図3(b)中の黒点線方向に沿った断面図のオゾン濃度経時変化を図11(a)から(e)に示す。図11中には、オゾン濃度（カラーコンター）、温位（コンター線）、風向を示している。また、図11(c)の白枠内に該当するD03エリアの断面図を(f)に示す。11:00に四国（図3(b)中エリアD）から瀬戸内海（図3(b)中エリアE）でオゾン濃度が上昇し、14:00から20:00にかけて北九州（図3(b)中エリアF）上空へ輸送され

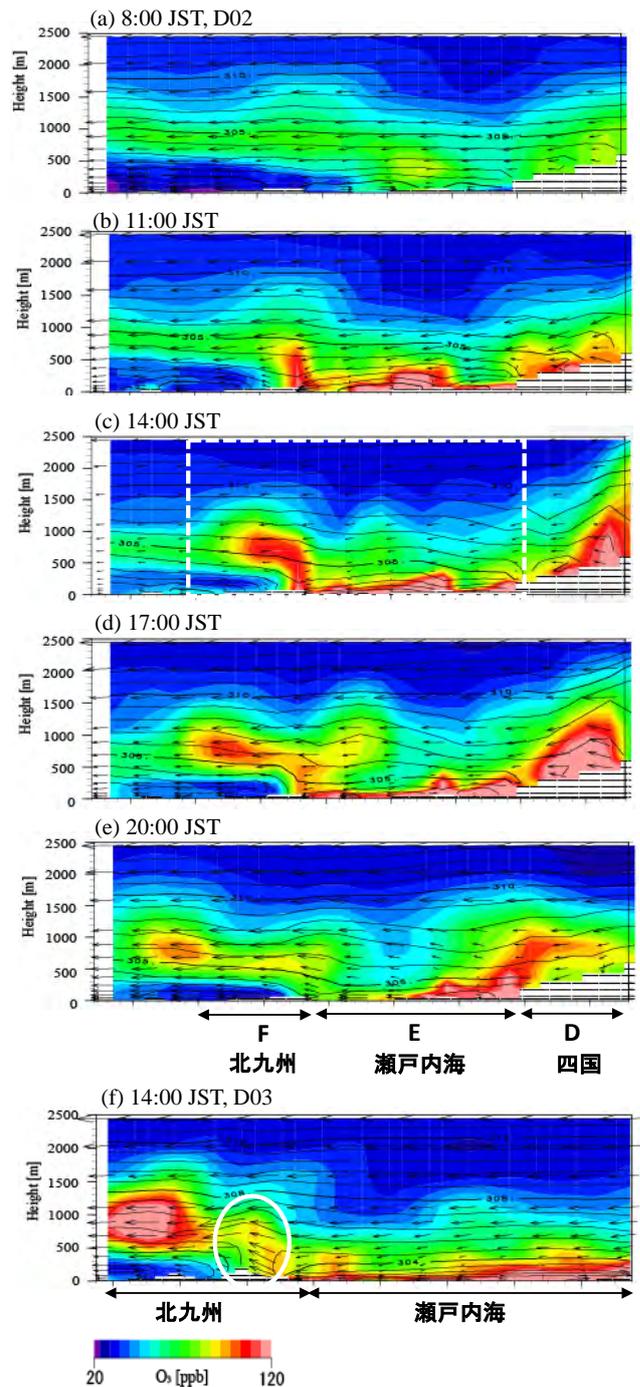


図11 オゾン濃度の断面図の経時変化  
(オゾン濃度：カラーコンター、温位：コンター線)  
(a)-(e) D02断面図, (f) (c)の白枠エリアのD03断面図

ていたことが判る。なお、瀬戸内海から北九州へ高濃度オゾンが流入する際、オゾン濃度が鉛直方向へ立ち上がっているように見えるが（図11(f)中白丸）、これは、陸上では混合層が発達していたため、海上から流入した気塊が鉛直方向に拡散されたことによる。

また、北九州エリアは地上付近のオゾン濃度が低いが、これは、3.3で述べた福岡市エリアと同様に、NOとの反応等によって消滅するオゾンの量が多かったためと考えられる。

また、同時に上空では光化学反応によるオゾン生成が起きていたと考えられ、そこに瀬戸内エリアから輸送されたオゾンが加わったことで、さらに高濃度となったとみられる。

この7月19日について、九州エリアのNOxを19日の9:00から3割削減した計算と、全排出量を含む標準計算について、オゾンが高濃度となる11:00から17:00までを平均し、(a) 標準計算のオゾン濃度の水平分布、(b) 九州のNOxを3割削減した計算と標準計算のオゾン濃度の差、として図12に示す。図12(a)から、19日は高濃度日平均(図9(a))より濃度が上がっているエリアが多く、特に、瀬戸内エリアで生成したオゾンの流入の影響が大きい福岡県内の瀬戸内沿海や北九州を中心に、より高濃度となっていたことが判る。

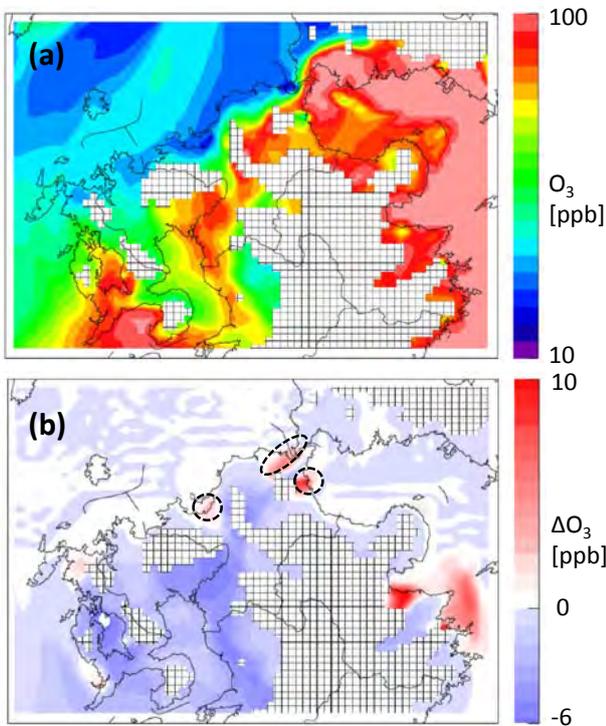


図12 7月19日オゾン濃度の水平分布  
(a) 標準計算, (b) 19日の9:00から九州のNOxを3割削減した計算と標準計算とのオゾン濃度の差

さらに、図12(b)では、NOx排出量の多い北九州の一部エリアと福岡市エリアではオゾン濃度の増加がみられるものの、その他エリアは概ね減少傾向となっている。図9(b)と比較しても、濃度減少傾向のエリアが増加していることが判る。これらのエリアでは、九州エリアのみの汚染の影響を受けていた場合と、瀬戸内エリアから汚染が流入した場合で、NOx排出量削減に対するオゾン濃度の感度が変わっている。Seinfeld and Pandis (2016)<sup>19)</sup>では、

シミュレーションによって、アトランタのオゾン濃度が図13 (Seinfeld and Pandisをもとに加筆) のようにNOx, VOC排出量に依存することが示されている。図13中のPoint Cでは、NOx排出量を削減するとオゾン濃度が増加する(図13中 Point C下矢印)。一方、Point Cよりオゾン濃度の高いPoint C'では、NOx排出量を削減するとオゾン濃度が減少する(図13中 Point C'下矢印)。福岡県内においても、九州エリア外からの汚染の流入によって汚染状況が変化することで、NOx排出量削減に対するオゾン濃度の感度が変わった可能性がある。

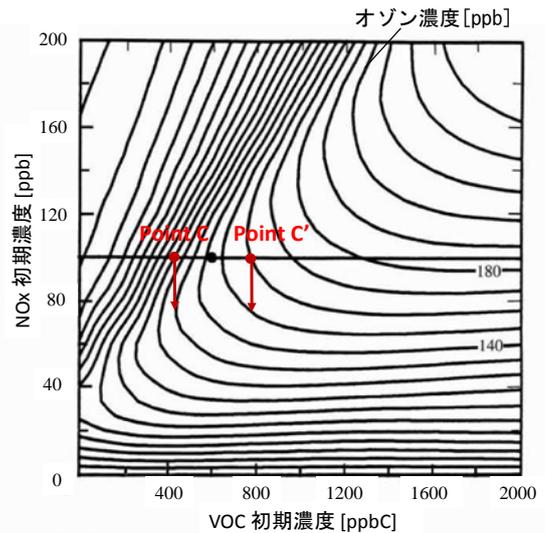


図13 アトランタにおけるNOx, VOC排出量に対するオゾン濃度の感度

以上のことから、光化学オキシダントの環境基準達成に向けて、長期にわたるNOx, VOCの排出量削減のオゾン濃度抑制効果を検証するとともに、急性的な健康被害抑制のために、オゾン濃度上昇が予測される日に対して、当日のNOx, VOC排出量削減の効果をエリアごとに検証し、政策へつなげることが重要である。

#### 4. 結言

地域汚染の影響でオゾンが高濃度となった夏季の福岡県を対象に、九州エリアのNOx, VOC排出量の削減が県内オゾン濃度に与える影響について、化学輸送モデルを用いて解析した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 福岡県内の高濃度日のオゾン濃度は、NOx排出量の多い福岡市エリア、北九州エリアで低く、福岡市エリアより南で高い傾向がみられた。
- (2) 化学輸送モデルのProcess analysisによる解析の結果、福岡市付近では、上空では光化学反応によるオゾンの生成、地上付近ではNOとの反応等によるオゾンの消滅が起きていたことが判った。また、上

空で生成したオゾンは、海風によって福岡市エリアより南側へ輸送されていた。

- (3) 九州のNO<sub>x</sub>排出量を3割削減すると、福岡市エリア、北九州エリアを含む福岡県北側エリアではオゾン濃度が増加し、福岡市エリアより南側ではオゾンが減少する傾向がみられた。これは、NO<sub>x</sub>排出量の多い北側エリアでは、NO<sub>x</sub>排出量削減によって、地上付近でNOとの反応によって消滅するオゾン量が減少すると同時に、上空で光化学反応によって生成するオゾン量も減少したことによると考えられる。
- (4) VOC排出量を削減した場合は、福岡県全域でオゾン濃度が減少していたが、その減少濃度はNO<sub>x</sub>排出量を削減した場合に比べて小さかった。
- (5) 九州域で生成したオゾンに瀬戸内エリアから流入したオゾンが加わって高濃度となった日については、地域生成のみの場合より、NO<sub>x</sub>排出量削減によってオゾン濃度が減少するエリアが増加した。

本研究により、福岡県域のオゾン濃度のNO<sub>x</sub>、VOC排出量に対する感度の地理的分布が初めて示された。これにより、NO<sub>x</sub>、VOC排出量削減施策に対するオゾン濃度の応答を明らかにすることができる。

一方で、使用した国内の排出量データの対象が2010年であり、現在のNO<sub>x</sub>、VOC排出量とはやや異なることなど、課題も残されている。また、入力する植物起源VOCによって、対象エリアのオゾンのNO<sub>x</sub>、VOC削減への感度が変化することも指摘されている<sup>18)</sup>。今後、福岡県内のオゾン濃度を下げる効果的な前駆物質の排出量削減対策を策定するため、更新した排出量データや日本の詳細な植生データを用いた、より再現性の高い計算を行っていくことが重要と考えられる。

## 謝辞

排出量データの作成は、大阪大学大学院工学研究科の嶋寺光博士からプログラムをご提供いただきました。ここに記して深く謝意を表します。

## 5. 引用文献

- 1) 福岡県：福岡県環境白書 令和元年版第5章第2節，[https://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/life/391051\\_54474084\\_misc.pdf](https://www.pref.fukuoka.lg.jp/uploaded/life/391051_54474084_misc.pdf) (2020. 10. 19アクセス)
- 2) 鷗野伊津志，王哲，弓本桂也，板橋秀一，長田和雄，入江仁士，山本重一，早崎将光，菅田誠治：PM<sub>2.5</sub>越境問題は終焉に向かっているのか？，大気環境学会誌，**52**(6)，177-184，2017
- 3) 井上和也，安田龍介，吉門洋，東野晴行：関東地方における夏季地表オゾン濃度のNO<sub>x</sub>、VOC排出量に対する

- 感度の地理分布，大気環境学会誌，**45**(5)，183-194，2010
- 4) Jacob D. J. (著)，近藤豊 (訳)：大気化学入門，pp. 245-246，東京大学出版会，東京，2002
  - 5) Sillman S., He D., Pippin M. R., Daum H. P., Imre G. D., Kleinman I. L., Lee J. H., Weinstein-Lloyd J. : Model correlations for ozone, reactive nitrogen, and peroxides for Nashville in comparison with measurements: Implications for O<sub>3</sub>-NO<sub>x</sub>-hydrocarbon chemistry, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, **103**(D17), 22629-22644, 1998
  - 6) Sillman S., He D. : Some theoretical results concerning O<sub>3</sub>-NO<sub>x</sub>-VOC chemistry and NO<sub>x</sub>-VOC indicators, *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, **107**(D22), 4659, 2002
  - 7) 環境省：VOC削減によるSPM・光化学オキシダントの改善効果 中央環境審議会第11回大気環境部会議事録配布資料 資料5, <http://www.env.go.jp/council/07air/y070-11a.html> (2020. 10. 18アクセス)
  - 8) CISL: Research Data Archive, <http://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/> (2020. 10. 18アクセス)
  - 9) Kurokawa J., Ohara T., Morikawa T., Hanayama S., Janssens-Meanhout G., Fukui T., Kawashima K., Akimoto H. : Emissions of air pollutants and greenhouse gases over Asian regions during 2000-2008: Regional Emission inventory in ASia (REAS) version 2, *Atmos. Chem. Phys*, **13**, 11019-11058, 2013
  - 10) Streets D. G., Yarber K. F., Woo J.-H., Carmichael G. R. : Biomass burning in Asia: Annual and seasonal estimates and atmospheric emissions, *Global Biogeochemical Cycles*, **17**(4), 10/1-10/20, 2003
  - 11) 福井 哲央，國領 和夫，馬場 剛，神成 陽容：大気汚染物質排出インベントリ—EAGrid2000—Japanの年次更新，大気環境学会誌，**49**，117-125，2014
  - 12) 海洋政策研究財団：平成22年度 排出規制海域設定による大気環境改善効果の算定事業報告書，ISBN978-4-88404-265-3，2010
  - 13) (一財)石油エネルギー技術センター：JATOP技術報告書「自動車排出量推計」，JPEC-2011AQ-02-06，2012
  - 14) Guenther A., Karl T., Harley P., Wiedinmyer C., Palmer P. I., Geron C. : Estimates of global terrestrial isoprene emissions using MEGAN (Model of Emissions of Gases and Aerosols from Nature), *Atmos. Chem. Phys.*, **6**, 3181-3210, 2006
  - 15) Diehl T., Heil A., Chin M., Pan X., Streets D.,

- Schultz M., Kinne S.: Anthropogenic, biomass burning, and volcanic emissions of black carbon, organic carbon, and SO<sub>2</sub> from 1980 to 2010 for hindcast model experiments, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, **12**, 24895–24954, 2012
- 16) 気象庁: 各火山の活動状況, [https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/open-data/data\\_index.html](https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/open-data/data_index.html) (2020.10.18アクセス)
- 17) Kitayama K., Morino Y., Yamaji K., Chatani S.: Uncertainties in O<sub>3</sub> concentrations simulated by CMAQ over Japan using four chemical mechanism, *Atmospheric Environment*, **198**, 448–462, 2019
- 18) Pierce T., Geron C., Bender L., Dennis R., Tonnesen G., Guenther A.: Influence of increased isoprene emissions on regional ozone modeling, *J. Geophys. Res.* **103** (D19), 25611–25629, 1998
- 19) Seinfeld J. H., Pandis S. N.: *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change* 3rd Edition, p209, Wiley, America, 2016

<環境省ニュース>

地域気候変動適応センター支援策について

環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室

1. 気候変動適応法の公布・施行

近年、気温の上昇、大雨の頻度の増加や、農作物の品質低下、動植物の分布域の変化、熱中症リスクの増加など、気候変動の影響が全国各地で起きており、さらに今後、長期にわたり拡大するおそれがあります。気候変動に対処し、国民の生命・財産を将来にわたって守り、経済・社会の持続可能な発展を図るためには、温室効果ガスの長期大幅削減に全力で取り組むことはもちろん、現在生じており、また将来予測される被害の回避・軽減等を図る気候変動への適応に、多様な関係者の連携・協働のもと一丸となって取り組むことが一層重要となります。

こうした状況を踏まえ、気候変動への適応を初めて法的に位置付けこれを推進するための措置として、2018年6月、気候変動適応法が公布され、同年12月1日より施行されました。

2. 地域気候変動適応センター設置による地域の適応策推進

同法のもと、政府はもとより各地方公共団体においても地域気候変動適応計画の策定が進められるほか、地域の気候変動影響や適応策に関する情報の収集・分析等を

行い、地域気候変動適応計画の策定や適応策の検討を科学的にバックアップする「地域気候変動適応センター」<sup>1)</sup>の設置が進められています。気候変動の影響は地域ごとに異なり、幅広く多様であることから、最新の科学的知見に基づいた全体で整合のとれた取組を推進することが求められるとともに、地域における優先事項を明らかにし、適応を効果的かつ効率的に推進していくことが必要となります。そのため、地域気候変動適応計画を策定し、地域の適応を推進する上での統一した考え方や方向性を提示し、各地域に相応しい適応策の検討・実施することが大変重要となります。

地域気候変動適応センターを担う具体的な機関としては、地方環境研究所及び地方大学等が想定されていますが、特に地方行政の一部として地域の環境について基盤的知見を有する地方環境研究所に中心的な役割を果たしていただくことが強く期待されています。

国立環境研究所の気候変動適応情報プラットフォーム（A-PLAT <https://adaptation-platform.nies.go.jp/index.html>）によれば、地域気候変動適応センターは2020年11月現在全国で25件（内訳：都道府県 23件、政令市 1件、市町村 1件）設置されています。

環境省及び国立環境研究所が行っている地域気候変動

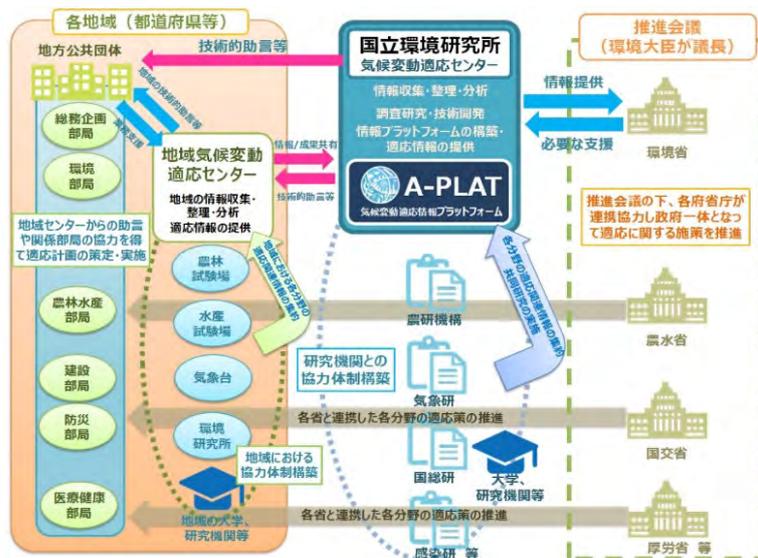


図. 地域気候変動適応センターのイメージ (A-PLATより引用)

1) 適応法においては、都道府県及び市町村が地域における気候変動影響及び気候変動適応に関する情報の収集・分析・提供等を行う拠点として、地域気候変動適応センターを確保するよう努めるとされている。

適応センター支援策としては次のものがあります。是非、積極的な活用をご検討ください。

### ① 環境研究総合推進費

環境政策貢献型の競争的研究資金である「環境研究総合推進費」では、平成31年度課題公募から、気候変動適応法を踏まえた気候変動への適応に関する研究課題のうち、地方公共団体の試験研究機関、地方環境研究所または気候変動適応法に基づく地域気候変動適応センターとなることが想定される機関から応募された、地域の関係者と連携して行い他地域の適応策にも貢献しうる研究課題については一定の採択枠が設けられ、優先的に採択されています。現在来年3月上旬の採択内定発表（予定）に向け審査中です。

### ② 国立環境研究所による支援

気候変動適応法のもと、国立環境研究所が気候変動影響及び気候変動適応に関する情報の収集・整理・分析・提供や、地方公共団体や地域気候変動適応センターにおける気候変動適応に関する取組に対する技術的助言などを行う役割を担うことが定められました。この新たな業務と気候変動適応に関する研究を一体的に実施するための拠点として、気候変動適応法の施行日に合わせ、2018年12月1日に気候変動適応センター（Center for

Climate Change Adaptation (CCCA)) が設立されています。

CCCAはその役割を果たすため、適応策を検討する際の情報基盤であるA-PLATを通じて気候変動の影響、気候変動適応策に関する科学的知見や適応に向けた様々な取り組みなどの最新情報を発信し利用者を支援しています。

また、CCCAは地方公共団体及び地域気候変動適応センターの職員を対象とした研修や意見交換会を主催しています。2020年度は7、8月に計3回開催した研修では全国約90の地方公共団体・関連団体等から約140名の方に、10月に開催した意見交換会では100名以上の方にご参加いただきました。そして、こうした研修等を通じて地域の気候変動影響情報の収集・整理や地域気候変動適応計画の策定方法に関する理解を深めていただいたり、地域気候変動適応センターに求められる役割、センター設置に向けて必要な準備と課題、他部局や上層部への理解を得るための工夫等について意見を出し合って今後の取り組みの参考にしていただいたりしました。

さらに、環境研究の発展及び地域への技術的援助の一環として、「気候変動適応に関する地域気候変動適応センター等との共同研究」を実施しています。2020年度は、「適応推進に資する科学情報提供に向けた共創プラットフォームの構築」や「気候変動による暑熱・健康等への影響に関する研究」等4件の共同研究を実施しています。

## <支部だより>

### 中国・四国支部

中国・四国支部の活動について報告します。

(支部事務局：山口県環境保健センター)

#### 1. 第56回 水環境フォーラム山口

(担当機関：山口県環境保健センター)

- (1) 日時 令和2年1月25日
- (2) 場所 山口県セミナーパーク(山口市)
- (3) 内容
  - ①「島の水族館」  
なぎさ水族館  
内田 博陽 氏
  - ②「長崎県大村湾における再生砂による浅場づくりについて」  
長崎県環境保健研究センター  
粕谷 智之 氏
  - ③「宍道湖における水草繁茂の現在・過去・未来について考える」  
島根県保健環境科学研究所  
神門 利之 氏
  - ④「導電性コンクリート下水管による硫化水素の発生抑制」  
山口大学大学院創成科学研究科  
福島 聖人 氏
  - ⑤「廃棄物溶出試験における六価クロムの分析について」  
山口県環境保健センター  
山瀬 敬寛 氏



#### 2. 令和2年度 支部総会

(担当機関：香川県環境保健研究センター)

支部総会及び各部会(所長・企画部会、水環境部会、大気環境部会等)を、地方衛生研究所全国協議会中国四国支部会議と合同で開催した。

- (1) 支部総会(書面開催)
  - ①支部長表彰  
次の4名を表彰(令和2年11月16日付け)  
堀切 裕子 氏(山口県環境保健センター)  
宇野 克之 氏(愛媛県立衛生環境研究所)  
山下 浩 氏(高知県衛生環境研究所)  
下田 喜則 氏(広島市衛生研究所)
  - ②支部長報告
- (2) 部会(Web開催)
  - ①令和2年11月16日  
所長・企画部会  
微生物部会  
理化学部会
  - ②令和2年11月17日  
水環境部会  
大気環境部会

#### 3. 令和2年度 環境測定分析統一精度管理ワークショップ会議

(担当機関：岡山県環境保健センター)

- (1) 日時 令和2年12月9日(Web開催)
- (2) 内容
  - ①境測定分析統一精度管理調査について
  - ②令和元年度環境測定分析統一精度管理調査結果について
  - ③環境測定分析における留意点及び精度管理について

平成28年度から平成30年度の環境測定分析統一精度管理調査の結果の評価や精度管理の問題点の議論は実施年度に行われていたが、令和元年度からは、環境省の意向により、翌年度行われている。

**編 集 後 記**

Withコロナの時代に入り“新しい生活様式”が定着しつつありますが、皆さまはどのようにお過ごしでしょうか。

新型コロナウイルス感染症の影響で、研修会や会議などが中止となるケースが多くなっており、今後も実施が見通せない状況が続いています。コロナ禍を契機に、Web会議やテレワークなどこれまでとは異なる業務形態が導入されてきています。

先日、Web会議に参加しました。これまでの会議はFACE TO FACEで相槌を打ったり、その場の空気を感じながら発言のタイミングを探っていましたが、Web会議ではどこに向かって話をしたらよいかなど戸惑いややりにくさを感じながら会議に臨みました。始めのうちこそそう感じたものの、会議の進行に伴い段々と慣れていき、終わりの頃には抵抗感も減って、思っていたよりも支障なく進められるツールであると感じるようになりました。途中で映像や音声途切れて、会議の進行が妨げられることもありましたが、移動時間の節約や、どこでも開催できるなどのメリットも多く、インターネットに安定して接続できる環境さえ確保できれば、今後も有効に活用できるツールになるものと考えられます。働き方改革とも相まって普及が進めば、仕事のスタイルも大きく変わる予感がします。

このように情報技術へ関心が向く中、最近DXという見慣れない言葉が目にとまります。Wikipediaで調べてみると、「デジタルトランスフォーメーション」という意味を表しているようで、「ITの浸透が、人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させる」という概念で2004年にスウェーデンのウメオ大学のエリック・ストルターマン教授が提唱したとされています。少し前まではIT化と連呼していたと思ったら、ICT、IoTと違いが十分理解できないまま次から次へと情報技術に関する言葉が登場し、目まぐるしく情報社会が進んでいることを実感します。アフターコロナではデジタル化による人々の結

びつきが一層進み、これまでとは全く異なる社会になることは間違いなさそうです。

\* \* \*

さて、長野県内最大の諏訪湖においては、水環境保全と諏訪湖を活かしたまちづくりを一体的に進める「諏訪湖創生ビジョン」を策定し、官民協働で様々な取組を進めています。この取組をより多くの方々を知っていただくため、「諏訪湖創生ビジョン」を象徴するロゴマークを一般公募により決定しました。デザインの趣旨は、山は諏訪湖周辺の車山、霧ヶ峰、八ヶ岳などの山々と、日本アルプスのある自然豊かな長野県を意味し、湖はハクチョウ、シジミ、ワカサギをシンボルとして多種多様な生き物が育まれる水環境を表し、人と生き物が共存し、誰もが訪れたいくなる諏訪湖をイメージしています。

今後、各種イベントなどで諏訪湖のシンボルとして地域活動を応援していくことに一役買って欲しいです。



図. 諏訪湖創生ビジョンロゴマーク

\* \* \*

最後になりましたが、巻頭言を執筆いただきました山口県環境保健センター所長様、環境省ニュースを執筆いただきました環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室様、特集「自然災害と環境リスクへの対応」や報文を投稿いただきました皆様、「支部だより」を執筆いただきました山口県環境保健センター様には、お忙しいところご協力をいただき、ありがとうございました。今後とも会誌への積極的な投稿についてご協力をお願いします。

(長野県環境保全研究所)

**令和2年度  
全国環境研協議会広報部会**

< 部 会 長 > 長野県環境保全研究所長  
< 広報部会担当理事 > 山梨県衛生環境研究所長

季刊 全国環境研会誌 Vol.45 No.4(通巻157号)

Journal of Environmental Laboratories Association

2020年12月25日発行

発行 全国環境研協議会

編集 全国環境研会誌 編集委員会