

第38回全国環境研究所 交流シンポジウム 予稿集

令和5年2月9・10日



国立研究開発法人国立環境研究所

第 38 回全国環境研究所交流シンポジウム

2023(令和 5) 年 2 月 9 日 (木) ～ 2 月 10 日 (金)

於 国立環境研究所及びオンライン

司会：永島 達也(国立環境研究所 企画部)

2 月 9 日 (木)

13:15～13:20 開会挨拶

国立環境研究所 理事長 木本 昌秀

13:20～13:25 来賓挨拶

環境省大臣官房総合政策課 環境研究技術室長 加藤 学

13:25～13:30 事務連絡

研究発表 <化学物質>

座長：中島 大介 (国立環境研究所)

- (1) 13:30～13:50「環境リスク初期評価の活用と最近の研究課題」…………… 1
○大野 浩一(国立環境研究所)
- (2) 13:50～14:10「川崎市における化学物質の環境リスク評価について」…………… 3
○江原 均(川崎市環境総合研究所)
- (3) 14:10～14:30「埼玉県生活環境保全条例による化学物質の適正管理について」…………… 5
○大塚 宜寿(埼玉県環境科学国際センター)

14:30～14:35 (休 憩)

<気候変動適応>

座長：脇岡 靖明 (国立環境研究所)

- (4) 14:35～14:55「愛媛県における暑熱環境の調査結果について」…………… 7
○横溝 秀明(愛媛県気候変動適応センター)
- (5) 14:55～15:15「沖縄県のサンゴ礁生態系と赤土等の関係について」……………10
○比嘉 彩也香(沖縄県衛生環境研究所)
- (6) 15:15～15:35「気候変動影響検出を目的としたモニタリング体制の構築 -長野県、静岡県に
おける活動紹介 -」……………12
○小熊 宏之(国立環境研究所)
- (7) 15:35～15:55「隠岐の 40 年間の大気粉塵試料を使った気候変動影響調査」……………14
○向井 人史(国立環境研究所)

15:55～16:00 (休 憩)

<災害環境研究>

座長：大迫 政浩 (国立環境研究所)

- (8) 16:00～16:20「福島県浜通りにおける河川中の放射性セシウムの動き」……………17
○竹内 幸生(福島県環境創造センター)
- (9) 16:20～16:40「災害廃棄物処理における研究機関の役割について」……………20
○多島 良(国立環境研究所)

情報提供 <環境研究学術情報提供>

- (10) 16:40～17:00「環境研究における学術情報流通の動向とリポジトリの役割」……………23
○尾鷲 瑞穂(国立環境研究所)

2月10日(金)

9:30~9:35 事務連絡

研究発表 <不適正な廃棄物埋立地等の迅速対応調査>

座長：山田 正人（国立環境研究所）

- (11) 9:35~9:55 「廃棄物最終処分場の廃止基準の設定に向けた埋立地ガスモニタリング方法の検討」…………… 25
○長森 正尚(埼玉県環境科学国際センター)
- (12) 9:55~10:15 「廃棄物最終処分場における検知管による水試料中の溶存硫化物簡易測定」… 27
○小口 文子(長野県環境保全研究所)
- (13) 10:15~10:35 「廃棄物の不適正管理に起因する環境影響の未然防止に係る迅速対応調査手法の構築 -水質分析結果に基づいた保有水の流向推定-」…………… 29
○矢吹 芳教(地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所)
- (14) 10:35~10:55 「廃棄物の不適正管理に起因する環境影響の未然防止に係る迅速対応調査手法の構築 -保有水およびその周辺地下水の有機化学物質および微生物群集特性-」…………… 32
○伊藤 耕二(地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所)
- (15) 10:55~11:15 「廃棄物最終処分場から採取したボーリング掘削コア試料の鉱物組成が有害金属の溶出挙動へ与える影響の検討」…………… 35
○北村 洋樹(国立環境研究所)

11:15~11:20 (休憩)

<水環境、水生生物、大気汚染>

座長：松崎 慎一郎（国立環境研究所）

- (16) 11:20~11:40 「水生昆虫の環境 DNA 調査手法開発中間報告 - プロトコル改善による検出率の向上 -」…………… 37
○長谷部 勇太(神奈川県環境科学センター)
- (17) 11:40~12:00 「降雨時の市街地・道路から流出する硝酸イオンの挙動」…………… 40
○横山 新紀(千葉県環境研究センター)
- (18) 12:00~12:20 「印旛沼における植物プランクトン増殖機構について」…………… 42
○星野 武司(千葉県環境研究センター)

12:20~12:25 閉会挨拶

国立環境研究所 理事 森口 祐一

環境リスク初期評価の活用と最近の研究課題

○大野浩一¹・中島孝幸²・長尾明子¹・杉浦智子¹・松崎加奈恵¹・小池英子¹・青木康展¹
(¹ 国立環境研究所・² (一財) 地球・人間環境フォーラム)

1. はじめに

国立環境研究所環境リスク・健康領域では、環境省環境保健部環境安全課環境リスク評価室が実施している「化学物質の環境リスク初期評価」に協力している。その結果は、これまで『化学物質の環境リスク評価』(通称「グレー本」、第1巻～第20巻)として公表されており、令和5(2023)年3月には第21巻が公表される予定である。環境リスク初期評価は、科学的知見に基づいて、多数の化学物質の中から相対的に環境リスクが大きいと想定される物質をスクリーニング(抽出)するステップと位置づけられている²⁾。本講演では、環境リスク初期評価の活用状況について発表する。また、初期評価における最近的研究的課題例について、有害性評価に関するものを中心に紹介する。

2. 環境リスク初期評価の活用について ― 自治体に対するアンケート結果

「化学物質の環境リスク初期評価の結果について」²⁾では、初期評価の活用方法例として、物質ごとの初期評価の結果の要約をインターネット上で公表することで、一般消費者の日常生活、企業の経済活動において、初期評価から得られた科学的知見を活用してもらうことが記載されている。また、「詳細な評価を行う候補」とされた化学物質については、規制当局である関係部局、自治体等へ評価結果の情報提供を行い、緊密な連携を図ることにより、各主体における取組への活用を図ることとされている。ここでは、特に自治体における活用状況に着目し、自治体へのアンケートを実施した結果を示す。

平成31(2019)年公表の『化学物質の環境リスク評価』(第17巻)を送付した自治体(68箇所)に対して、自治体における環境リスク初期評価結果の活用状況に関するアンケートを同封し、FAXでの回答を依頼した。アンケートの回収数は50枚であり、回収率は74%であった。アンケート結果として、グレー本の活用状況については、13自治体(26%)で活用したことがある、37自治体(74%)では活用したことがないという回答であった。活用したことがないという回答のうち、住民からの問い合わせ等活用する機会がなかった、というものが多かったが、ほしい情報がない(対象とする物質がない)や、使い方がわからないもそれぞれ7件あった。その一方、今後も(は)活用したいという自治体は35(70%)にのぼっていた。

自治体の行政機関では住民等からの問い合わせがあった際のリスク情報としての活用、研究機関では環境調査を実施する際の物質検討やリスク評価といった活用方法が記載されていた。調査研究への活用及び災害や事故時等における有害性情報として活用されている場合が多いと考えられた。

3. 環境リスク初期評価における最近の研究課題例

(1) 健康リスク評価における課題

健康有害性評価における課題としては、従来の有害性評価の対象である一般毒性及び生殖・発生毒性等の非発がん影響並びに発がん影響の枠組みでは議論しにくい有害影響の評価手法について検討を行っている。特に近年の免疫・アレルギー疾患の増加といった社会的背景から、環境中に存在する化学物質の免疫系への影響(免疫毒性)が注目されている。最近では米国環境保護庁(USEPA)が、2022年6月にPFOS等に関する飲料水の暫定的な健康勧告値(Health Advisory)を更新³⁾した際の根拠として免疫毒性(ワクチン接種時の抗体反応の抑制)を採用しており、これらは従来の有害性評価で示されている値よりも数桁低い濃度になっている。なお、この評価に関して現在多くの議論が起こっており、今後の展開については予断を許さないところである。このような低濃度における有害影響を

その重篤度とともにどのようにリスク評価や管理に活用するかは、今後の課題である。

(2) 生態リスク評価における課題

現在の生態有害性評価においては、予測無影響濃度（PNEC）導出の対象生物分類を藻類等、甲殻類等、魚類の3生物群としており、それ以外の生物種については「その他生物」としてPNEC導出の根拠には用いていない。これらは現在、後述する総合的な判定における参考扱いとしている。「その他生物」の毒性値の扱いについては検討課題の一つである。

また、生態毒性試験の情報が少ない物質については、定量的構造活性相関（QSAR）及びリードアクロス（類推）を活用していくことが重要であり、これら手法のリスク評価、特にスクリーニング評価としての活用方法も課題である。

その他の課題として、金属類に対する有害性評価方法、及び底質のリスク評価方法などがある。

(3) リスクの判定における課題

現在、初期評価においては信頼性の高い毒性の指標となる値と国による環境濃度実測値との比較、すなわち、健康リスク評価においてはMOE（Margin of Exposure）、生態リスク評価においては予測環境中濃度（PEC）とPNECとの比により（第一段階の）リスク判定を行う。その後、リスク判定の段階には使用しなかった情報として、その他の有害性評価に関する情報、曝露情報に関してはPRTRデータを利用した環境中濃度の推定値や限られた地域の実測値、10年以上前の実測値などの追加情報も考慮して専門家による判断を加えた総合的な判定を行う。最終的なリスク評価結果としては、総合的な判定結果を用いる。このような二段階の判定は初期評価の流れとしては重要であり、その詳細結果はリスク評価書の本文に記載されている。しかし、この判定の流れは一般には理解しにくいという批判もある。初期評価の判定手法を一般の方々が理解しやすいように、その表現や説明について整理を行うことが課題である。

4. おわりに

環境リスク初期評価は環境省における詳細リスク評価に向けたスクリーニングとしての位置づけがなされている。自治体としては、事故・災害時を含めたリスク評価の際の有害性情報、住民等からの問い合わせがあった際のリスク情報としての活用、環境調査研究における物質検討としての活用が期待されていることが示された。

また、環境リスク初期評価における課題について示した。これらの課題の多くは初期評価に限った課題ではなく、化学物質の環境リスク評価全般における課題でもあるが、スクリーニング評価と位置づけられている環境リスク初期評価において検討を行うことが重要だと考えられる。

なお今回、記載しなかった曝露評価などに関する課題については、また別の機会に検討したい。

（謝辞）本研究は環境省請負業務「化学物質環境リスク初期評価等実施業務」（平成31年度から令和4年度）の一部として実施された。なお、本発表内容は発表者の見解であり、環境省、国立環境研究所などの諸機関の見解ではない。

参考文献（websiteは2022年12月閲覧）

- 1) 環境省（2022）化学物質の環境リスク初期評価関連、<https://www.env.go.jp/chemi/risk/>
- 2) 環境省（2022）化学物質の環境リスク初期評価（第21次とりまとめ）の結果について、2022年12月26日報道発表資料、https://www.env.go.jp/press/press_01003.html
- 3) USEPA（2022）Federal Register Notice on Lifetime Drinking Water Health Advisories for Four Perfluoroalkyl Substances (June 21, 2022). <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2022-06-21/pdf/2022-13158.pdf>

川崎市における化学物質の環境リスク評価について

○江原 均・関 昌之
(川崎市環境総合研究所)

1. はじめに

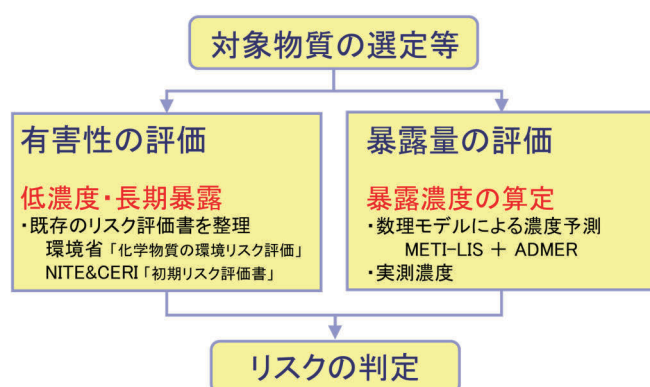
川崎市は京浜工業地帯の中核であることから、様々な業種の事業所で多くの化学物質が製造・使用されており、それらが環境を通じて人や生態系に影響を及ぼす可能性が懸念される。川崎市では、2005年度に「川崎市環境リスク評価システム」を構築し、化学物質の大気経由の吸入暴露による人の健康影響に関する環境リスク評価を実施するとともに、環境リスク低減に向けた取組を進めている。これまで、この川崎市環境リスク評価システムにより、発がん性を有する可能性がある物質や環境リスクが比較的高いと思われる物質について、環境リスク評価を実施してきた。今回は、これらの評価方法や結果、また、それらを基にした、「川崎市大気・水環境計画（令和4(2022)年3月）」での活用について報告する。

2. 背景

何万も存在する化学物質の規制は排出規制では限界があり、リスク評価ベースの規制に移りつつある。川崎市は、北西から南東にかけて細長い行政区域であり、臨海部の工業地帯から北西部の丘陵部まで、面積の割に多彩な環境が広がっている。環境省やNITE & CERiの環境リスク評価は対象が全国であり、川崎市の施策に反映するためには、川崎市を評価対象地域とした、詳細な環境リスク評価の必要があった。



3. 環境リスク評価の方法



環境リスク評価の対象は、低濃度で長期間暴露した場合の人の健康リスクとした。摂取経路は、大気を経由して呼吸により摂取されるものとした。

対象物質は、PRTRで大気へ排出のある物質のうち、未規制であり、吸入暴露に関する有害性指標が入手できる物質とした。

それらの物質のうちで有害性の評価が行える物質について、数理モデルによる濃度予測や、環境実態調査（初期環境調査）による実測濃度から暴露量の評価を行った。

それらの有害性指標と暴露量から、今までに48物質について初期環境リスク評価を行い、環境リスクの判定を行った。その結果、環境リスクの懸念があると考えられる11物質について、さらに複数回の環境実態調査（詳細環境調査）を行い、より詳細な環境リスク評価を行った。

4. 環境リスク評価の活用（事業所指導担当課が実施）

詳細なリスク評価の結果、環境リスクの懸念があると考えられる物質について、「川崎市大気・水環境計画（令和4(2022)年3月）」での自主管理優先物質に指定し、事業者の自主的な管理の優先度が高い物質として周知している。

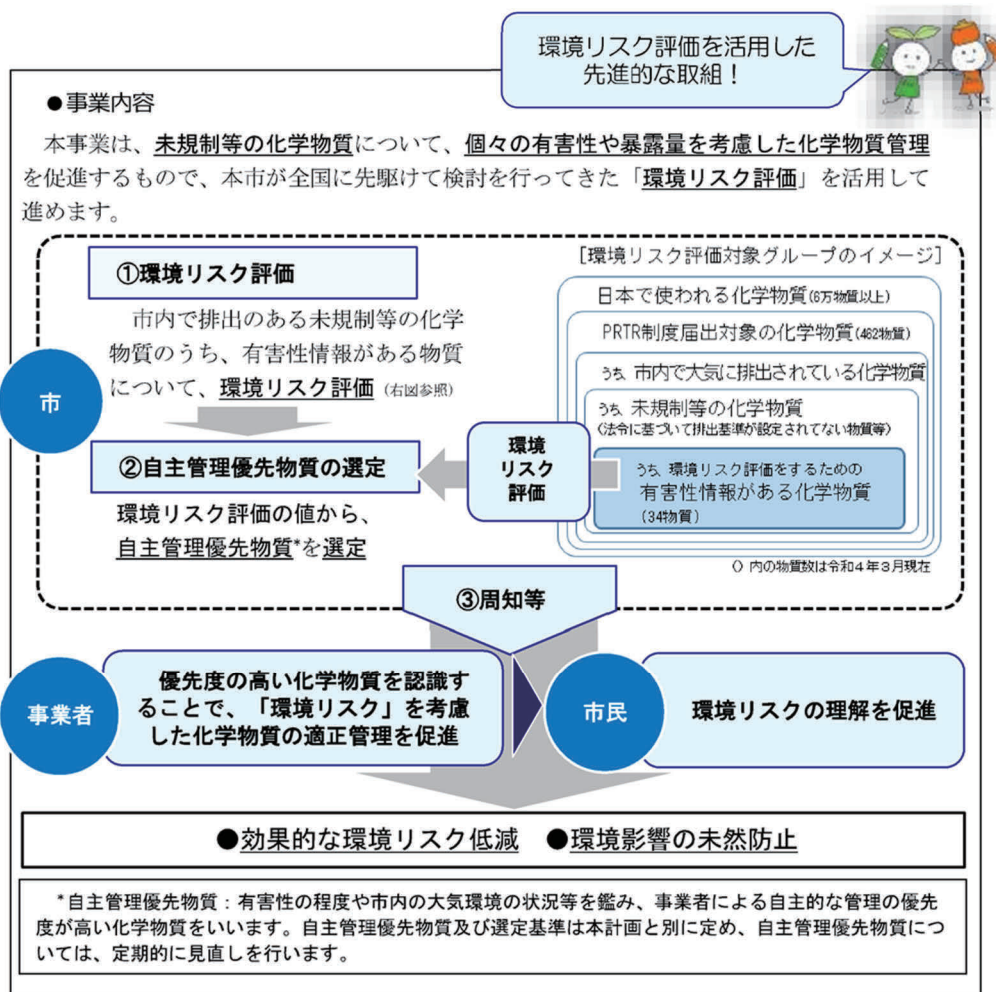


図 川崎市大気・水環境計画「環境リスク評価を活用した化学物質管理の促進」

また、これまでの環境リスク評価手法をまとめ、事業者が自主的に環境リスクを確認できるように、「化学物質取扱い事業所周辺の環境リスク評価のための手引き」を作成して公表するとともに、定期的に講習会を行い、実際に環境リスク評価を実施できるようにしている。また、川崎市で行った環境リスク評価結果を環境リスク評価書としてまとめ、ホームページで公開している。このように、市民への環境リスクの理解の促進とともに、事業者の未規制化学物質に関する自主的な適正管理の推進に努めている。

5. 今後の展開と課題

今後は数年ごとに、自主管理優先物質の詳細環境調査と環境リスクの確認を行うとともに、新規対象物質（有害性の確認された物質、PRTR 届出に新たに追加された物質など）の初期環境調査と初期リスク評価を実施していく。

課題や留意点としては、リスク評価は限られた知識や観察事実に基づきリスクを予測する作業であり、あいまいさを含んでいるため、新たな知見や情報が得られれば更新されるべきものである。そのためには、数理モデルにおける物質ごとや地域ごとによる指標の選択や係数の検討、実測濃度等の気象条件や排出状況の変動を考慮した、より正確な年間平均濃度の把握、人への低濃度・長期暴露の有害性データの不足を補うための有害性評価の詳細化などがあげられる。

不確実なデータを用いるために、安全側の仮定に頼り、リスクを何桁も過大評価してはいけないという批判もあることを念頭に、より正確な環境リスク評価を実施していく必要がある。

埼玉県生活環境保全条例による化学物質の適正管理について

○大塚宜寿¹・吉原忍²・佐藤隆則²

(¹埼玉県環境科学国際センター・²埼玉県環境部大気環境課)

1. はじめに

埼玉県では、1993 年に「埼玉県化学物質環境安全管理指針」を定め、事業者による有害化学物質の適正管理を促進してきた。2001 年には「埼玉県生活環境保全条例」を制定し、有害化学物質対策をさらに推進することとした。現在、本条例による化学物質の適正管理は、環境部大気環境課化学物質担当が所掌している。そして、埼玉県環境科学国際センターは、対象候補物質を協働して選定し、対象物質のモニタリングも担ってきた。ここでは、本条例に基づく埼玉県における化学物質の適正管理について紹介する。

2. 埼玉県化学物質環境安全管理指針

埼玉県環境部では、1988 年 10 月から未規制物質環境保全対策について部内で検討を開始し、翌年 4 月には部内に「環境部未規制物質検討会」を設置した。これらのメンバーには、環境科学国際センター（2000 年開設）の前身である公害センターの職員も含まれていた。また、環境審査課には未規制物質担当が置かれた。同年 6 月には、環境部長の私的諮問機関として学識経験者から成る「埼玉県未規制物質対策専門委員会」（1993 年 6 月に「埼玉県化学物質対策専門委員会¹⁾」へ改称）を設置して、本委員会からの助言を得ながら、未規制物質対策の調査・検討を行ってきた。その結果、1993 年 4 月に環境保全上注意を要する化学物質を使用等する事業者が自主的に適正管理、排出抑制等に取り組むことなどを内容とする「埼玉県化学物質環境安全管理指針」が定められた。県は、埼玉県化学物質環境安全管理指針で、特定管理物質として 6 カテゴリーの 308 物質群を指定し、製造業など 4 業種を営む事業者から、年間取扱量の報告を求め、さらに環境中への排出量の抑制などの指導を行った。同様の指針は、神奈川県や千葉県、川崎市でも策定された²⁾。

3. 埼玉県生活環境保全条例³⁾

県は、「埼玉県生活環境保全条例」を 2001 年に制定し、有害化学物質対策をより一層推進することとした。本条例では「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）」の第一種指定化学物質・第二種指定化学物質に埼玉県生活環境保全条例施行規則で定めた物質を合わせて特定化学物質と定義し、事業者に対取量の報告を求めている。対象となるのは、物質ごとに取取量 0.5 トン以上で従業員 21 人以上の 24 業種の事業者である。また、報告した事業所ごとに特定化学物質適正管理手順書の作成・提出、環境負荷低減主任者の選任・届出、適正な管理、SDS（安全データシート）の整備・提供、取取量を把握するための購入量・使用量等の記録を求めている。2002 年 3 月には事業者の取り組むべき措置を定めた「特定化学物質等取扱事業者が特定化学物質等を適正に管理するために取り組むべき措置に関する指針」⁴⁾（特定化学物質管理指針）も制定されている。本指針は、2011 年 3 月に発生した東日本大震災を受け、2015 年 3 月に改正されている。これは、地震等の災害による化学物質の漏えい・流出等による被害を最小限とするため、特定化学物質等取扱事業者が講ずべき措置として、潜在的なリスクを計画的に低減するとともに、訓練の定期的な実施や対応マニュアルの策定・充実を図るものである。

4. 条例における特定化学物質の変遷¹⁾

埼玉県生活環境保全条例における特定化学物質のうちの埼玉県生活環境保全条例施行規則で定める物質（独自物質）は、人の健康を損なうおそれ又は動植物の生息若しくは生育に支障を及ぼすおそれ

のある化学物質と定義されている。2001 年の条例制定時、独自物質は、埼玉県化学物質環境安全管理指針の特定物質、有害大気汚染物質旧優先取組物質、SPEED'98 で内分泌かく乱作用が疑われる物質のうち化管法対象外の 64 物質であった。その後、2008 年の化管法改正に伴って見直しが行われた。このときは、条例制定時の対象物質について取扱量報告や製造データ等を調査し、報告・製造が無かった物質を削除し、国内外の環境法令等の対象物質を文献調査して発がんがあるとされた物質を追加した。その結果、独自物質は、64 物質から 39 物質となった。2013 年には、前年の水質事故を受けて見直しが行われた。この事故では、利根川水系の複数の浄水場で水道水質基準を超過するホルムアルデヒドが検出されて取水停止や給水停止等の事態となった⁵⁾。ホルムアルデヒドは、原水に含まれていたヘキサメチレンテトラミン(HMT)が浄水処理過程で添加される塩素と反応して生成した。HMT の取扱量等のデータは、排出事業者特定のための立入検査のスクリーニングに活用した。事故の原因が HMT を含む排水が河川に流れ込んだことであったことを受けて独自物質は、事故の原因物質である HMT と同様の性状を有する 5 物質を追加して、39 物質から 44 物質となった。最近の見直しは、2021 年の化管法改正に伴うものである。独自物質の追加及び削除の基準を策定し、これに基づいて物質の選定が行われた。県条例で公害等に関する規制（大気・水質等）の対象となっている物質、過去に事故の原因となった物質及びその関連物質を追加することとし、新たに法の対象物質に選定された物質、過去に化管法及び条例の対象物質を選定する際に適当でないとされた物質を削除することとした。これにより、独自物質は 44 物質から 14 物質となった（2023 年 4 月 1 日施行）。

5. おわりに

埼玉県生活環境保全条例による化学物質の適正管理について紹介した。県では、化管法の第一種指定化学物質・第二種指定化学物質に加え、県独自に選定した物質について事業者に対処量の報告や手順書の作成を求めるなど、化学物質の適正管理を推進してきた。これらについては、状況に応じて学識経験者らの助言を得て見直しを行ってきた。水質事故等の発生時には、原因解明や対策に本条例で得られた情報を参考にしている。幸いにもこれまで県独自に選定した物質による大きな事故は発生していない。現在、埼玉県生活環境保全条例による化学物質の適正管理は、環境部大気環境課化学物質担当が担当している。環境科学国際センターは、特定化学物質の候補選定を協働して行ってきた。また、環境科学国際センターが行った工場周辺における大気中の特定化学物質のモニタリング結果は、環境部大気環境課化学物質担当が行う環境コミュニケーション（化学物質の管理を含む環境分野を対象とした、県民・事業者・行政による意見交換会）に活用されている。埼玉県では今後も化学物質の適正管理の推進に取り組んでいく。

参考文献

- 1) 埼玉県：化学物質対策専門委員会. <https://www.pref.saitama.lg.jp/a0504/kagaku-sonota/senmoniinkai.html>（参照 2022 年 12 月 14 日）
- 2) 吉見洋・岡敬一・松本徹：自治体による化学物質安全対策のための施策について. 安全工学, 33, 177(1994).
- 3) 埼玉県：埼玉県生活環境保全条例（化学物質適正管理）.
<https://www.pref.saitama.lg.jp/a0504/joreikagaku/gaiyou.html>（参照 2022 年 12 月 14 日）
- 4) 埼玉県：特定化学物質等取扱事業者が特定化学物質等を適正に管理するために取り組むべき措置に関する指針. <https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/57016/shishinh27.pdf>（参照 2022 年 12 月 14 日）
- 5) 高橋基之：利根川水系でのホルムアルデヒド水質事故を振り返って. 埼玉県環境科学国際センターニュースレター, 16(2012). https://www.pref.saitama.lg.jp/documents/27942/517143_1.pdf（参照 2022 年 12 月 14 日）

愛媛県における暑熱環境の調査結果について

○横溝秀明¹ 宇野克之¹ 服部智子¹ 望月美菜子¹ 山内正信² 泉喜子³ 岡和孝⁴

(¹愛媛県立衛生環境研究所 ²原子力安全対策課 ³宇和島保健所 ⁴国立環境研究所)

【はじめに】

地球温暖化の進行による記録的な猛暑により、近年、愛媛県において熱中症による救急搬送人員数¹⁾が著しい増加傾向にある。また、令和2年度に実施した気候変動に関する県民アンケート²⁾では、回答者の7割以上が熱中症の増加を実感し、不安に感じていることが明らかになった。加えて県が優先的に取り組むべき分野として約4割が健康分野（熱中症対策）と回答する等、熱中症予防対策は重要かつ喫緊に取り組むべき課題の一つである。

一方、同アンケートでは、約6割が「気候変動適応策という言葉」を聞いたことがないと回答しており、気候変動適応策に係る普及啓発が課題として浮き彫りとなった。県民一人ひとりの気候変動適応策を促すためには、地域の気候変動に関するデータの収集・発信が不可欠であることから、本調査では、身近な環境の暑さ指数*を把握することを目的に、小学校等で実測調査を行った。また、各測定場所では、測定結果に基づく注意喚起を実施する等、実測データの活用を試みた。

注) *暑さ指数(WBGT:Wet Bulb Globe Temperature):熱中症予防を目的として提案された指標。人体の熱収支に与える影響の大きい湿度、日射・輻射などの環境熱、気温を取り入れたもの。

【調査方法】

1 対象(調査期間)

(1) 地域性・子供への影響に関する実測調査(令和3年7月～9月)

熱中症リスクが高い子供への影響把握のため、県内3地域(東予、中予、南予)毎に救急搬送人員に占める子供(満7歳以上満18歳未満)の割合が高い自治体(新居浜市、松山市、大洲市)における小学校で実測調査を行った。

(2) 大洲市内における暑さ指数の実測調査(令和4年6月～10月(夏休み期間を除く))

大洲市内の12小学校において児童自ら暑さ指数の測定(1日3回(10時頃、13時頃、15時頃))を行い、市内の暑熱環境の詳細な実測調査及び熱中症に対する児童への普及啓発を行った。

(3) 環境省推定値の空白域における実測調査(令和4年7月～9月)

環境省が公表しているアメダスデータを基にした推定値(以降、「環境省推定値」という(熱中症予防情報サイト³⁾))がない上島町において暑さ指数の実測調査を行った。

(4) 熱中症の発生が多い場所における実測調査(令和3年7月)

車内への子供の置き去りを想定し、閉め切った車内での暑さ指数の実測調査を行った。また、車の外装色による違いも比較した。

2 測定機器

屋外実測調査は、「鶴賀電機製暑さ指数測定器402B-31」(クラス1.5)を4台、屋内実測調査は「京都電子工業製暑さ指数測定器WBGT-213BN」(クラス2)を7台、大洲市の小学校では「タニタ製暑さ指数測定器TT-562」(クラス2)を12台使用した。

【結果及び考察】

1 地域性・子供への影響に関する実測調査

(1) 小学校の屋外(運動場、裏庭等)

調査期間において特に高い数値を観測した7月の日最高値の推移を図1に示した。

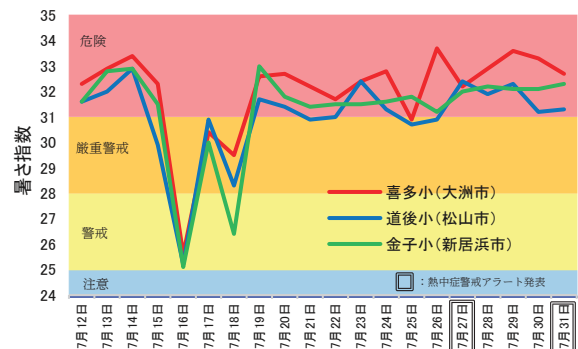


図1 令和3年7月の小学校3校における暑さ指数の日最高値の推移

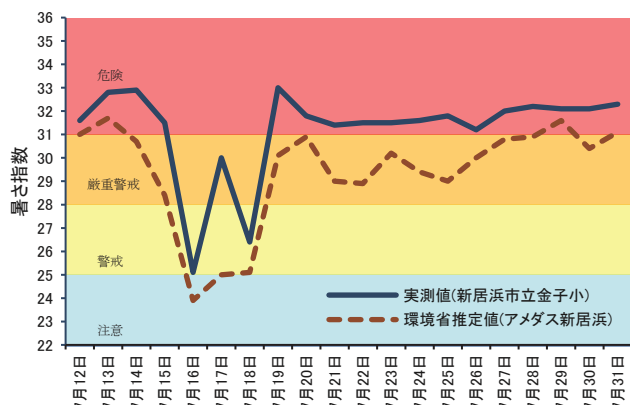


図2 新居浜市における小学校（実測値）と環境省推定値の日最高値の比較

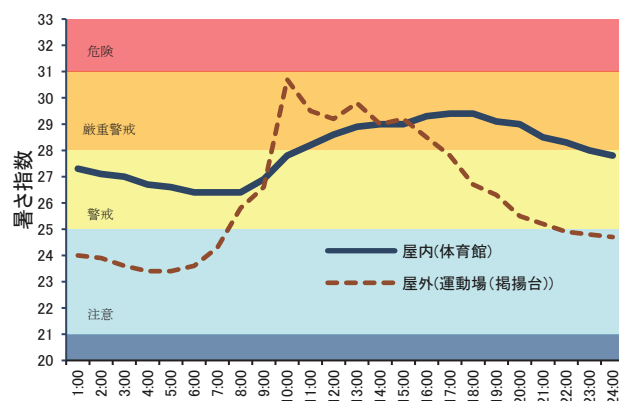


図3 体育館の暑さ指数の日内変化（令和3年9月1日、松山市立道後小学校）

7月の暑さ指数は、3地点ともに予防行動の目安が『危険（31）』のレベルに達する日が多かった。なかでも大洲市の暑さ指数が最も高く、これは大洲市が盆地に位置するためと考えられた。

一方、小学校における暑さ指数の実測値と環境省推定値を比較すると、予防行動の目安が異なる程の違いが見られた。これは主に調査場所の環境の違いが原因と考えられることから、現場毎に実測し、それに応じた予防行動が重要であるといえる（図2）。

(2) 小学校の屋内（体育館等）

小学校の体育館の実測により、屋外と比べ暑さ指数のピークが遅れて来ることや、夜間も下がりにくいことが分かった(図3)。

2 大洲市内における暑さ指数の実測調査

「1」の結果から暑さ指数の高い日が多かった大洲市について、地理的な違いを確認することや、気候変動により増加する熱中症リスクの普及啓発のため、市内12小学校において児童による暑さ指数の実測調査を行った。

実測調査の結果、肱川河口付近（長浜、栗津）は暑さ指数が低くなるが、盆地形状の大洲市街地（大洲、喜多など）では高めの値になった。また、山間部（肱川、河辺）では、標高の高さや土地利用状況から暑さ指数が低くなるとの予想に反して高めの値となった（図4）。

また、市内の12小学校（実測値）とアメダス2地点（環境省推定値）の計14地点のデータを比較したところ、大洲（推定値）は実測調査を実施した153回のうち、66回最高値を記録し（14地点中最多）、長浜（推定値）は41回最低値となった（14地点中最多）。このように、アメダス大洲は同一市内でも高めの傾向に、アメダス長浜は低めになったことから、適切に熱中症を予防するには、環境省の推定値を参考にしつつ、各現場で実測を行うことが重要であるといえる。

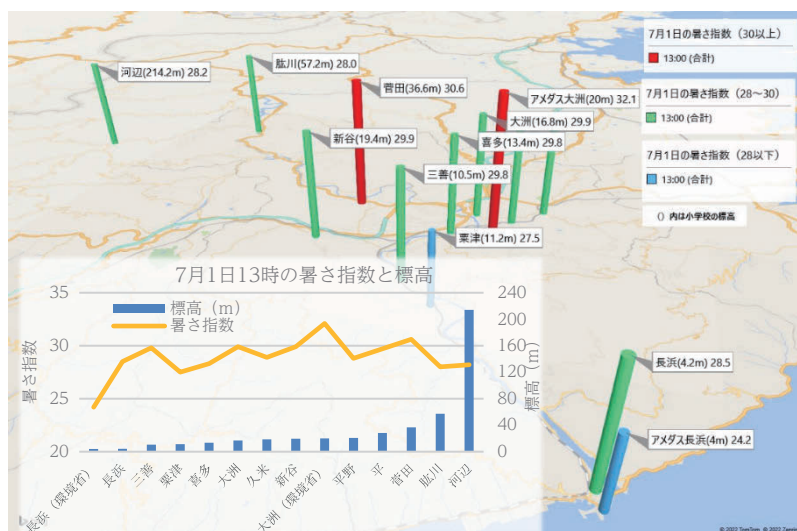


図4 大洲市の各小学校における暑さ指数（令和4年7月1日13時頃）

3 環境省推定値の空白域調査における実測調査

「1」の結果から同一市内においても環境省推定値との差が大きく異なる場合があるため、同一市（町）

内に環境省推定値がない場合について実測調査を行うこととし、愛媛県内の環境省推定値がない8自治体のうち、人口あたりの熱中症搬送人員が最も多い上島町で調査を行った。

上島町での実測調査の結果について、近隣の大三島と生口島（広島県）の環境省推定値と比較したところ、測定期間72日において、上島町が最も高い日が52日あり、最大で暑さ指数4.8の差が観測された。大三島・生口島（広島県）と上島町との暑さ指数の差の平均は、おおよそ+1～+2となり、上島町は隣接する自治体と比べ、暑いことが明らかとなった（図5）。

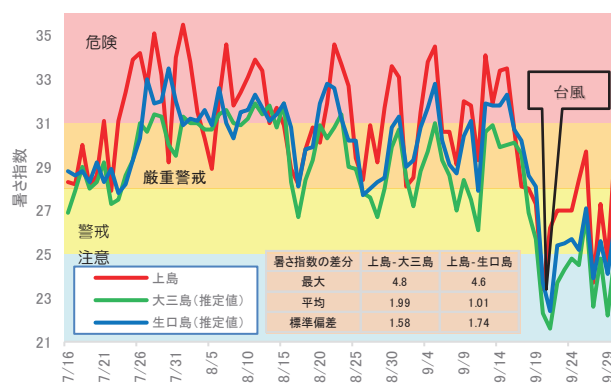


図5 上島町の暑さ指数の状況（令和4年）

4 熱中症の発生が多い場所における実測調査

車内の暑さ指数の上昇傾向や、外装色の違いによる影響を把握するため、車内の熱収支に関する車内容積やガラス面積等はほぼ等しく、外装色が異なる黒系と白系の2台の車両を用意し、7月に実測調査を実施した。

その結果、外装色による暑さ指数の違いが認められ、黒系で最高47、白系で42まで上昇していたが、外装色に関わらず両車ともに最高値は『危険』のレベルを大幅に超えていた。また、エアコンを使用して車内の暑さ指数を20前後にした後、エアコンを切ると急激に暑さ指数が上昇し、両車ともに15分程度で『危険』のレベルに達することも分かった（図6）。

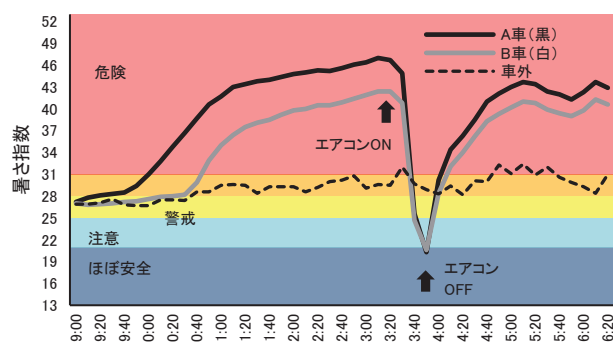


図6 車内の暑さ指数の状況（令和3年7月）

【まとめ】

身近な環境の暑さ指数の状況を把握するため、様々な状況を想定した実測調査を行った結果、同じ市内でも場所によって暑さ指数が大きく異なることや、環境省推定値の空白域の暑熱環境、夏場の車内の危険性等が確認できた。

また、小学校では児童自らが測定器の数値を確認・記録することで、熱中症予防の啓発に繋がったほか、各調査場所では実測データの解析結果を関連機関にフィードバックし、暑熱環境の把握、熱中症の注意喚起に努めた。

今後も、このような暑さに対する気候変動適応策がより一層の普及・促進されるよう、調査を継続するとともに、調査結果をより分かりやすい形で整理し、広く情報発信していく。

【謝辞】

本研究は国立環境研究所の共同研究（適応型）「気候変動による暑熱・健康等への影響に関する研究」の中で実施された。暑さ指数の実測調査にあたり、小学校をはじめ御協力いただいた関係機関に厚く御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 消防庁：熱中症情報, <https://www.fdma.go.jp/disaster/heatstroke/post3.html>
- 2) 国民参加による気候変動情報収集・分析委託業務報告書 令和2年度 愛媛県
- 3) 環境省：熱中症予防情報サイト, <https://www.wbgt.env.go.jp/>

沖縄県のサンゴ礁生態系と赤土等の関係について

○比嘉彩也香¹・熊谷直喜²・座間味佳孝¹・久保弘文¹・糸洲昌子¹・山野博哉²

(¹沖縄県衛生環境研究所・²国立環境研究所)

1. はじめに

亜熱帯気候に属する沖縄県は、観光・漁業・防災等、多岐にわたる生態系サービスをサンゴ礁から受けている。サンゴ礁の基盤である造礁サンゴ(以下、サンゴ)は、環境変化の影響を受けやすく、気候変動に伴う海水温の上昇や、集中豪雨による陸域からの土壌流入等により、減少することが危惧されている。また、これらの環境変化が複合的に作用し、サンゴへ相乗的なダメージを与えている可能性も指摘されている¹⁾。

沖縄県では、陸域からの土壌微粒子(赤土等)の流出による、川や海などへの悪影響を「赤土汚染」とよび、沖縄県の長年の課題とされている。赤土等の主な流出源である農地や開発現場では、様々な赤土等流出防止対策を実施し、陸域からの推定流出量は減少傾向にある。しかしながら、気候変動による集中豪雨は、赤土等の流出を増加させるおそれがあり、赤土汚染の被害も増加すると考えられる。

本研究では、赤土等の堆積負荷が高い地点と低い地点での海域調査を実施し、地点間におけるサンゴの被覆割合と種類を比較した。海域調査結果から、赤土等の堆積負荷がサンゴ幼生の着底を阻害する可能性が示唆されたため、水槽でのサンゴ幼生着底実験を通して、海域の実態を考察した。

2. 調査方法と結果

海域調査 沖縄本島中部の西海岸に位置する恩納村の海域において、岩盤に赤土等が多く堆積している高負荷区と、比較的堆積量の少ない低負荷区を選定した(図1)。高負荷区と低負荷区の距離は約100 m であり、水温や水深は、ほぼ同じ条件である。

赤土等の堆積負荷がサンゴに及ぼす影響を評価するために、コドラート法によるサンゴ調査を実施した。

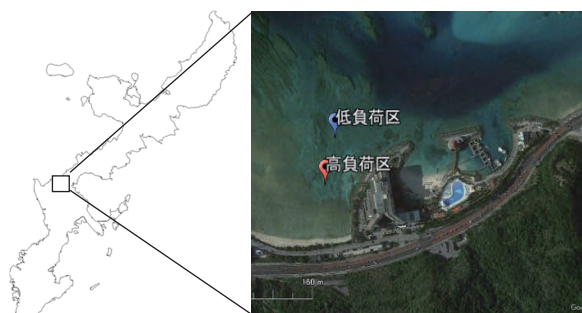


図1. 高負荷区と低負荷区の位置

<方法>高負荷区と低負荷区の岩盤に、定量的評価のための1 m²のコドラート(方形枠)を5 m 間隔で6つ、直線上に設置した。コドラートに占める生きたサンゴの被覆割合(以下、サンゴ被度)と、コドラート内で確認されたサンゴの種数を比較した。また、各区の岩盤を一部持ち帰り、画像処理にて岩盤の投影面積を測定した。岩盤上の堆積物量を測定することで、岩盤の投影面積当たりの堆積物量を求めた。持ち帰った岩盤の一部は、後述するサンゴ幼生着底実験に使用した。

<結果>表1より、低負荷区に比べて高負荷区のサンゴ被度は低く、種数も少ないことが分かった。被度の違いから、赤土等の負荷によってサンゴが死滅している、またはサンゴの成長が阻害されている、サンゴ幼生の着底が妨げられている等の可能性が示唆された。種数の違いから、赤土等の負荷によって赤土等への耐性が高い種に偏る等、生物の多様性が低くなることが懸念された。

表1. 低負荷区と高負荷区における、海域調査結果

	低負荷区	高負荷区
サンゴ被度 (%)	18.3	2.5
サンゴ種数 (種)	34	14
岩盤の投影面積当たりの堆積物量 (g cm ⁻²)	2.9	6.7

サンゴ幼生着底実験 サンゴは幼生期に浮遊し、岩盤に着底・変態後、分裂を繰り返すことによって増殖する動物である。特に、サンゴの幼生期は死亡率が高く、赤土等の影響を受ける²⁾。

海域調査で得られた、高負荷区と低負荷区のサンゴ被度の違いから、赤土等の堆積がサンゴ幼生の着底を阻害している可能性が示唆された。赤土等の堆積物量の違いにより、サンゴ幼生の着底率に差が見られるか確認するために、各区の岩盤と着底直前のサンゴ幼生を用いて実験を行った。なお、実験環境の岩盤を用いることで、各区の実態をより再現した検証となっている。

＜方法＞各区から採取した岩盤を陸上の水槽に移し、予め用意していた着底直前のサンゴ幼生を水槽に加え、岩盤へ着底させた。着底から約1週間後、図2のように各岩盤を区切り、枠内での着底の有無を集計、各岩盤で着底率(着底枠数/全枠数×100)を算出して、解析を行った。

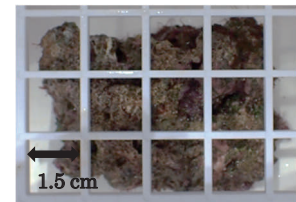


図2. 枠で区分した岩盤

＜結果＞各区におけるサンゴ幼生の着底率をバイオリン図で示した(図3)。図中の青色の広がり、低負荷区での着底率データの分布を表しており、低負荷区では18-100%と、着底率の範囲が比較的均等に広がっていることが分かる。赤色は、高負荷区での着底率データの分布を表しており、範囲は0-58%で、20%付近に値が集中していることが分かる。

尤度比検定により、低負荷区と高負荷区の着底率は有意に差があり($p<0.001$)、赤土等の堆積によってサンゴ幼生の着底が妨げられていることが示唆された。

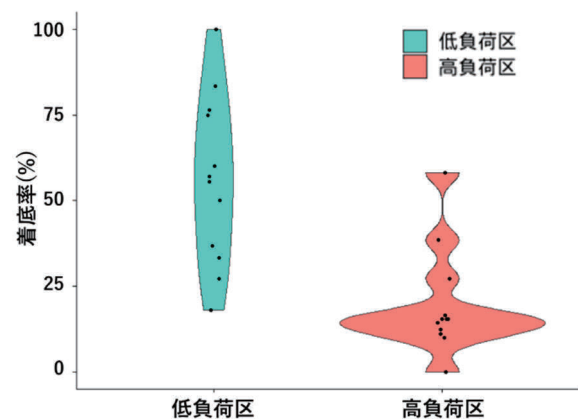


図3. 各区における着底率の分布

3. 結論

海域調査より、赤土等の堆積がサンゴの被度と種数を減少させる可能性が示唆された。被度や種類に差が生じる要因として、赤土等の堆積負荷でサンゴが死滅している、またはサンゴの成長が阻害されている、サンゴ幼生の着底が阻害されている等の可能性が示唆された。今後、コドラート追跡調査を実施することで、サンゴの死亡率や成長率を比較し、赤土等の堆積負荷が及ぼすサンゴへの影響を評価していきたい。

サンゴ被度が低くなる要因のひとつに、赤土等堆積によるサンゴ幼生の着底阻害が考えられることから、水槽にてサンゴ幼生着底実験を実施した。水槽実験より、赤土等の堆積負荷がサンゴ幼生の着底を阻害する可能性が示唆され、海域におけるサンゴ被度の差は、サンゴ幼生の着底率に関係していると予測された。また、多くのサンゴの産卵時期が梅雨と重なることから、気候変動による集中豪雨が赤土等の流出を増加させた場合、サンゴ幼生の着底率を低下させる懸念がある。

謝辞 本研究は、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「沖縄県のサンゴ礁生態系への気候変動・地域環境複合影響を軽減するための赤土流出削減指標策定」により実施された。研究の実施にあたり、サンゴ幼生の飼育環境の提供や飼育方法等をご教示いただいた銘対様をはじめ、協力いただきました恩納村漁業協同組合の皆様にご心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 井口亮・磯村尚子：造礁サンゴの環境変化に対する順応機構と適応の可能性. 海の研究, 21(5), 147-158 (2012).
- 2) 波利井佐紀・灘岡和夫：環境ストレスとしての赤土懸濁・堆積がサンゴ幼生定着に及ぼす影響. 海岸工学論文集, 50, 1041-1045 (2003).

気候変動影響検出を目的としたモニタリング体制の構築

ー長野県、静岡県における活動紹介ー

○小熊宏之¹・岡本遼太郎¹・井手玲子¹・

尾関雅章²・浜田崇²・堀田 昌伸²・村中康秀³・金子智英³

(¹国立環境研究所・²長野県環境保全研究所・³静岡県環境衛生科学研究所)

1. はじめに

高山帯の生態系は気候変動の影響に対して脆弱であり、気温上昇や積雪量の変化による生物分布の変化や希少種の絶滅などが各地で報告されている¹⁾。このまま高山帯の温暖化が進行した場合、高山植物の生育やライチョウの生息に適した環境が今世紀末には大きく減少あるいは消滅する^{2) 3)}といった予測もなされており、同域におけるモニタリングの充実と、気候変動の影響を受ける生態系への適応策の実施は喫緊の課題である。しかしながら、高山帯での生態系モニタリングには多大な労力と膨大な時間が必要である。加えて、高山帯や亜高山帯などの高標高域では、気象庁による気象観測点が少なく⁴⁾、特にライチョウやオオシラビソなど動植物の分布南限である南アルプスは観測の空白域であり、気候変動下における高山帯や高標高域の変化を正確に把握し、適応策を講じる上での障壁となっている。

そこで本研究では、長野県・静岡県内の高山帯や高標高域を対象として、①自動撮影カメラを用いた降雪・消雪過程、植生の活動（フェノロジー）、湖沼の結氷状況の撮影、②ライチョウや大型哺乳類を対象とした動体検知による撮影、③気象観測装置の設置、を進めている。

2. 調査地と方法

図1に観測地を、図2に気象観測装置と自動撮影カメラを一体化した観測装置の外観をそれぞれ示す。自動撮影には主にトレイルカメラを用い、電源として乾電池と太陽電池を併用している。雪や植生等を対象としている場所では、日中1時間あるいは2時間間隔での撮影を行うほか、ライチョウなどの動体を対象としている場所では、常時動態検知による動画撮影と1日1枚の定時撮影を行っている。撮影された画像は携帯電話用回線で転送している。気象観測は日射量と気温を基本的な観測項目として、観測データは同じく携帯電話用回線で転送している。現在、カメラのみの観測が9ヵ所、カメラと気象観測が9ヵ所（うち、気象観測が本研究によるものが6ヵ所）、気象観測のみが2ヶ所にて実施中である。

3. 観測状況

南アルプス荒川岳丸山（標高 3,030m）では定時撮影に加え、ライチョウ等を対象とした動体撮影も行っており、ライチョウの親子が確認された一方で、ニホンザルの群れやシカも撮影されていた。また冬季間の積雪深測定を目的として測量用ポールも写し込むようにしている。長野県の諏訪湖では周囲を囲むように観測カメラを配置して冬期の結氷プロセスを高頻度で撮影し、日内の結氷部分の広がりや融解の変動を観測したほか、夏期の水生植物の繁茂状況を捉えることができた。これらの観測画像の一部は <https://db.cger.nies.go.jp/gem/ja/mountain/> から公開しており、更に湖沼や気象データについても公開の準備を進めている。また、蓄積されつつある膨大な量の画像解析は機械学習等による解析の自動化を試行中である。

4. 今後の展開

本研究は長野県環境保全研究所、静岡県環境衛生科学研究所、国立環境研究所の適応Ⅲ型共同研究

「気候変動影響検出を目的としたモニタリング体制の構築 (R3-5)」で実施されている。令和 5 年度は苗場山（長野県）と山犬段（静岡県）への観測カメラと気象観測装置の設置を計画している。また観測データとともに解析ツールについても公開を進める。本研究は中部山岳地域を対象としているが、今後はより広い範囲での高山帯・高標高域観測ネットワークとして展開したいと考えている。

- 1) Lenoir, J., Gegout, J.C., Marquet, P.A., de Ruffray, P. and Brisse, H. (2008) : A significant upward shift in plant species optimum elevation during the 20th century. *Nature*, 416, 389-395.
- 2) Amagai, Y., Oguma, H., Ishihama, F.(2022) Predicted scarcity of suitable habitat for alpine plant communities in northern Japan under climate change. *Applied Vegetation Science*, 25, e12694.
- 3) Hotta M, Tsuyama I, Nakao K, Ozeki M, Higa M, Kominami Y, Hamada T, Matsui T, Yasuda M, Tanaka N. Modeling future wildlife habitat suitability: serious climate change impacts on the potential distribution of the Rock Ptarmigan *Lagopus muta japonica* in Japan's northern Alps. *BMC Ecol.* 2019 Jul 10;19(1):23. doi: 10.1186/s12898-019-0238-8.
- 4) 鈴木 啓助：山の気象水文観測の現状と課題. 山の科学,1,1-11(2018)

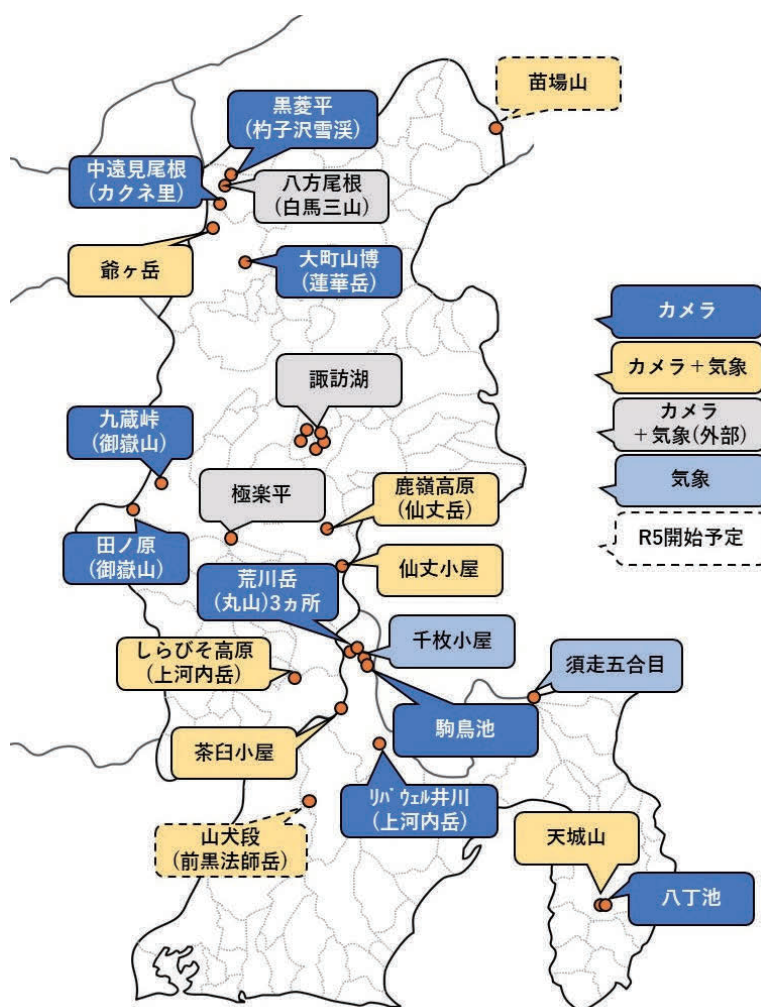


図1 本研究における観測点の分布



図2 気象観測と自動撮影カメラを一体化した観測事例。場所は長野県しらびそ高原(標高1918m)。カメラは南アルプスの上河内岳付近を撮影対象としている。

隠岐の 40 年間の大気粉塵試料を使った気候変動影響調査

○向井人史¹・橋本茂¹・遅野井祐美¹、木村裕子¹、

織田雅浩²、草刈崇志²、倉橋雅宗²、江角敏明²、小原幸敏²、藤原誠³

(¹ 国立環境研究所・² 島根県保健環境科学研究所・³ 島根県庁 環境政策課大気・水環境グループ)

1. はじめに

隠岐諸島は島根県の日本海沖 60～80km 北に浮かんだ 4 つの大きな島からなっている。「中ノ島」「西ノ島」「知夫里島」の 3 島を合わせて「島前（どうぜん）」と呼びその後ろにある島を「島後（どうご）」と呼ぶ。位置的に隠岐は大陸からの越境汚染を含んだ日本海の大気のバックグラウンドを観測するために適する場所と考えられる。ここでは越境大気汚染、酸性雨問題が大きな環境問題となり始めた 1980 年代にこの島において大気粉塵の長期的モニタリングを行うという特別研究が開始され、それ以降 40 年地道に大気粉塵のモニタリングを続けてきている。その間中国大陸側では大きな経済発展等もあり、隠岐での大気粉塵の変化などが予想され、また、近年では気候変動による大気質への影響も関心の的とされる。

大気環境への気候変動影響はオゾンなどいくつか考えられているが、発生源が変化する可能性のある大気粉塵もその影響が及ぶとも考えられる。代表的な指標としては黄砂の発生量変化に関してはゴビ砂漠等が湿潤化していけば減少していくことも考えられている。黄砂エアロゾルは日本を含む広い範囲で環境影にインパクトがあると言われ、また健康影響も古くから調査検討されている。例えば黄砂イベントとアレルギーや心臓疾患との相関があると言われる。また一方ではシベリアを含む森林地帯の火災の頻度の増加、それに伴う有機エアロゾルや黒色炭素の影響も懸念される。大気粉塵中には海洋起源の物質も含まれており、代表的なものには海塩粒子がある。また、主に海洋表面から植物プランクトンから放出される DMS（ジメチルサルファイド）は、日本海の一次生産量と関係があると考えられ、日本海域の海洋生産が気候変動影響により変化する場合には、大気中粉塵中のその副生成物であるメタンスルホン酸の濃度も変化が考えらる。メタンスルホン酸の初期的な解析では大きな年変動が見られており、この変動と海洋生産との関係が議論されている。

本講演では、島根県とともに大気粉塵を 40 年と言う長い期間モニタリングした試料を用いて人為起源の発生の变化に加え、気候変動の影響が調査できるのではないかとする観点から進めている共同研究を紹介する。

2. サンプルング方法

隠岐島のサイト 1 として局所発生源の少ない国設隠岐酸性雨測定局（サンプラー A と B）（1999 年 8 月に加茂 NTT 中継所から移動）、サイト 2 として西郷港近くの合同庁舎（サンプラー C）の 2 か所で、ローボリュームサンプラー 3 台での 1 月毎のサンプルング行った。サンプラー A にはメンブレンフィルターを装着し微量金属分析に資するものとし、サンプラー B は石英フィルターを装着炭素や有機物の分析をするものとしている。サンプラー C は両方の分析用に石英フィルターを用いた。

サンプルングは 1983 年 12 月から開始され、月ごとにフィルターをブランクフィルターとともに送付し、現地で交換したものを国立環境研究所へ返送し、



図 1
サンプルングサ
イトと機械

研究所の試資料庫の-20度の冷凍庫に石英フィルターとメンブレンフィルターを区分して保管した。

3. サンプルの保管場所の統合と冷凍条件で輸送・分析のための新たなサンプル容器への移行

石英のフィルターサンプル B と C は、有機物分析を意識していたことから洗浄されたステンレス板上にブランクろ紙と共に1月ごと載せられており24か月分が1箱のステンレス容器(20個)に保存されていた。メンブレンフィルターサンプル A は、ナイロン袋のまま3箱に保存されていた。特に有機物分析用に保存しているステン

写真1：ステンレス容器



写真2：保管の状態



レス容器の多くは-20度の冷凍庫に保管されていたが、場所の制限の関係から一部の初期のサンプルは研究所内のタイムカプセル棟の-70度の部屋に保管されていた。

写真3：新たなケースに収納した様子



今回試資料庫からサンプルを島根県の保健環境科学研究所へ輸送し分析を行うにあたり、冷凍保存されていたステンレス容器(20個)中のサンプルをどのように輸送するかが大きな課題であった。そのため全サンプルを別のコンパクトで輸送可能な容器に集め直すことを試みた。新たな容器としてポリプロピレン製のフロップディスクケースを分析に資するように洗浄(中性洗剤+適度な目のナイロンたわし→イオン交換水→ミリQ水)して用いた。これを、密封できるポリプロピレン製の2Lの容器にいれることとし、共同作業によりブランクを含めた全サンプル(約2300枚)を移しなおして、島根県に冷凍の条件で輸送した。

写真4：新たな冷凍庫への収納



4. 成分分析の試みと濃度変動の初期的な結果

両研究所での分析結果が同等なものとなることを確認するために、イオン分析の妥当性を検討しました。両機関で独立して作成した分析標準を島根県保健環境科学研究所で分析し、標準溶液濃度がほぼ一致することを確認しました。それを用いて、最近年の10年程度の石英サンプルBについての、陰イオン、陽イオン分析をブランクと共に行い、移設によるコンタミについてもほぼ問題ないことを確認しました。図1a,bにはサンプラーC(サイト2西郷保健所屋上)とサンプラーB(サイト1加茂無線中継所と1'国設酸性雨局)におけるSPMの40年間の変化を示します。サンプラーCにおいては、1983年以降の経時的変化を追うことができると考えられます。春先並びに秋季に起こるピークは、黄砂によるピークであるため、1998-1990、1993付近の高まりの他、2000-2003、2005、2006、2010-2011、2017に顕著なピークが見られます。気象庁の黄砂観測日数との関連を調べると、2000-2010年にかけてのピークの後徐々に回数が減っているように見られているため、隠岐での黄砂ピークもそれに準じているように見られる。黄砂イベントは、温暖期のゴビ砂漠、タクラマカン砂漠の夏の降水量と関係するとの報告があることから、今後発生量が減少していくことが考えられる。ここでの観測でも毎年の春の鉱物のピークの高さや高濃度イベントの頻度減少が見られる。

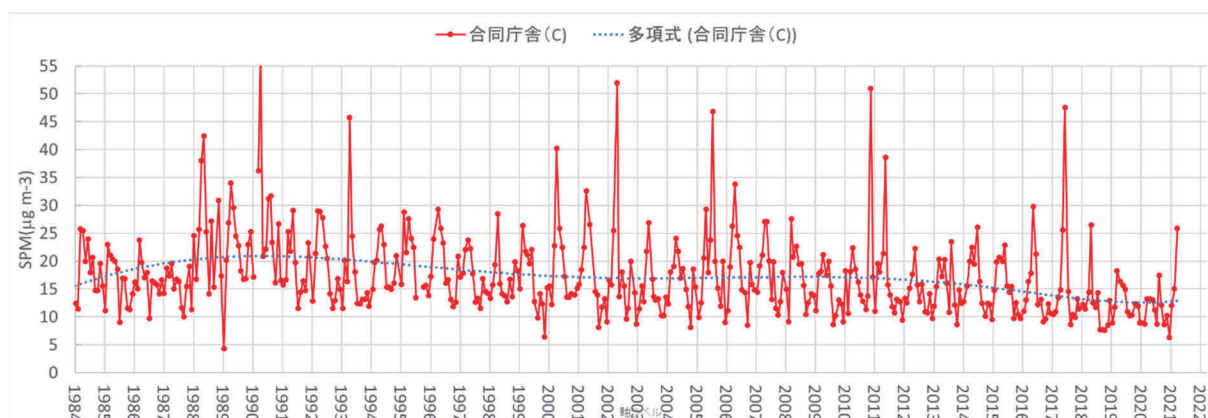


図2 隠岐の島の 39 年の SPM の変動

成分ごとのデータを本来見る必要がある。代表的な人為起源の非海塩性硫酸塩は 2008 年以降顕著な減少傾向が見られた。これは中国の硫黄酸化物発生量規制と大きく関連していると考えられた。一方で、MSA は春先から初夏に高濃度を持つ季節変化が繰り返されているが、そのような大きな傾向はここでは見られておらず、過去のデータと比較しても大きな変化はまだ見当たらなかった。しかし、年変動は見られており、これらの変動要因を調べることで、将来の海洋生産の変化との関係が見られるようになると期待された。黄砂の関係指標として Ca 濃度が想定されているが、ここでも 2010 年秋と 2011 年春のピークに加え、2017 のピークも黄砂に依っていると思われた。また、海塩成分を除いた K は、森林火災との相関を見られる指標と考えられているが、黄砂とは異なるパターンが見られた。これら、指標性をもつ成分と気候変動によって引き起こされる可能性のある現象の相関性を今後調べていくことで、大気粉塵成分への将来影響を推定することができると考えられるため、今後分析をさらに進めていく予定である。

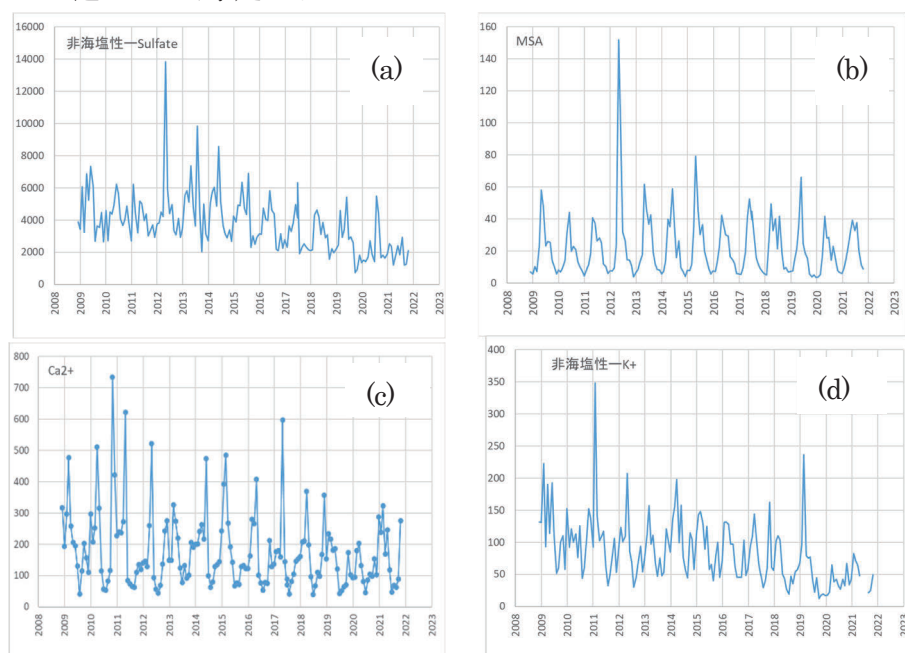


図3
(a)非海塩性硫酸塩、
(b)MSA、
(c)Ca、
(d)非海塩性 K

縦軸はすべて
(ng/m³)

5. 今後の課題

全体のイオン成分を分析することに加えて、金属成分による土壌成分等の変化や炭素や有機物量の測定による燃烧生成物の変動の観測を行うことで、粒子状物質が持っている発生源に関する情報を解析し、気候変動影響について詳しく調査を行う予定である。

参考文献 大塚 英幸, 秋山 雅行, 向井 人史, 橋本 茂, 笹川 基樹: 北海道のバックグラウンド地域における粒子状物質の長期変動、大気環境学会誌 56 巻 4 号 69-81 (2021)

福島県浜通りにおける河川中の放射性セシウムの動き

○竹内幸生¹・入澤歩¹・那須康輝¹・樊少艶¹・谷口圭輔²・恩田裕一³

(¹福島県環境創造センター・²津山工業高等専門学校・³筑波大学)

1. はじめに

2011 年 3 月に発生した東京電力(株)福島第一原子力発電所事故(以下、「1F 事故」という。)により、大量の放射性物質が福島県をはじめとする一般環境中へ放出された。放出された放射性物質のうち、セシウム ^{137}Cs は放出量が多くかつ半減期が約 30 年と長い^[1]、一般環境中における動きを把握することは生物に対する長期的な被ばく線量を評価するうえで重要である。大気中に放出された ^{137}Cs のうち約 20% (2.7 PBq) は、福島県の陸域に降下・沈着したとされる^[2]。帰還困難区域以外の一般環境では、2018 年に除染作業が完了しているが、未除染である森林域に初期沈着量の約 9 割の放射性セシウムがとどまっているとみられ^[3]、それらは今後も降雨などによって河川を介して海域へと流出していくと考えられる。近年、自然災害が多発している状況にあるが、2019 年 10 月の「令和元年東日本台風」では、福島県も大規模な出水に伴う自然災害に見舞われ、陸域から海域へ大量の放射性セシウムが流出した^[4]。このような状況を鑑みて、河川における放射性セシウムの動きを把握することは重要である。事故から 12 年を迎えるにあたり、一般環境中の放射性セシウム濃度は十分に低下し、避難指示区域の解除が進み、住民の帰還が始まっている。また、帰還困難区域の 6 自治体の特定復興再生拠点においても 2023 年 3 月を以って避難指示が解除される。これらの地域において、安心安全のための情報を整備することは一層重要性を増している。

福島県環境創造センターでは 2015 年 10 月の設立当初から現在まで、河川を介して移行する放射性セシウムの動きを把握することを目的とし、福島県内の中通り及び浜通りの河川観測を行ってきた。この事業は 2011 年から国の委託事業としてモニタリングを実施してきた筑波大学の観測を引き継いだものである。本講演では、2022 年 3 月までの観測結果をもとに、観測結果のうち、特に福島県浜通りの河川における放射性セシウム濃度と移行量の経時変化の傾向について報告する。

2. 調査概要

2.1 調査地点及び観測機材

福島県の浜通り地域に位置する主要な河川を対象に、12 地点の河川観測地点を設置した(図 1)。観測地点の河道内に、浮遊砂サンプラー^[4]を設置し、2~3 か月の期間で連続的に浮遊砂を捕集した。また、濁度計を設置し、河川水の濁度データを 10 分間隔で収集した。更に、河川水位のデータについても 10 分間隔で収集した。詳細な調査地点及び観測機材は既報^{[5][6]}のとおり。

2.2 調査方法

2.2.1 懸濁態 ^{137}Cs 濃度

浮遊砂サンプラーから浮遊砂を回収し、乾燥後、Ge 半導体検出器により、懸濁態 ^{137}Cs 濃度(Bq kg^{-1})を定量した。

2.2.2 溶存態 ^{137}Cs 濃度

各観測地点において、河川水 40~100 L を年 2 回(夏季と冬季)採水し、試料を孔径 $0.45 \mu\text{m}$ のろ

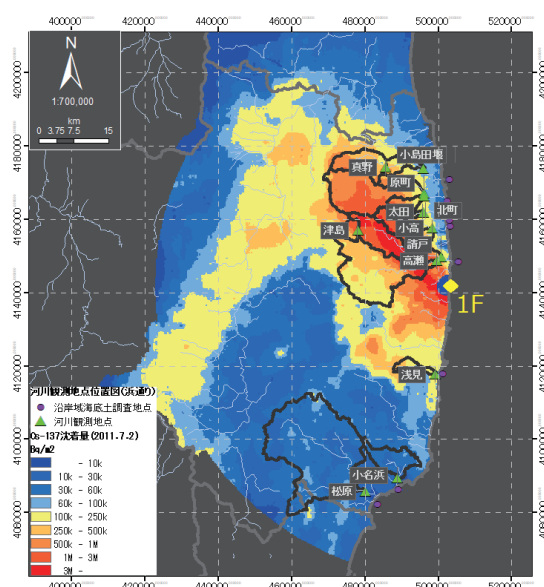


図 1. 河川観測地点の位置図

2.2.3 実効環境半減期

2.2.4 縣濁態 ^{137}Cs 移行量

3 結果

2012 年 4 月～2022 年 3 月の期間で計算した ^{137}Cs 濃度の実効環境半減期は、懸濁態で約 3.1 年、溶存態で約 2.7 年と算出され、 ^{137}Cs の物理学的半減期（約 30 年）よりも速く濃度低下をしていることが分かった。また、この実効環境半減期は、環境省の海底土の ^{137}Cs 濃度の観測結果から算出した実効環境半減期（3.6～55 年）と比較して短く、河川中は海底土よりも濃度低下が速いことが分かった。

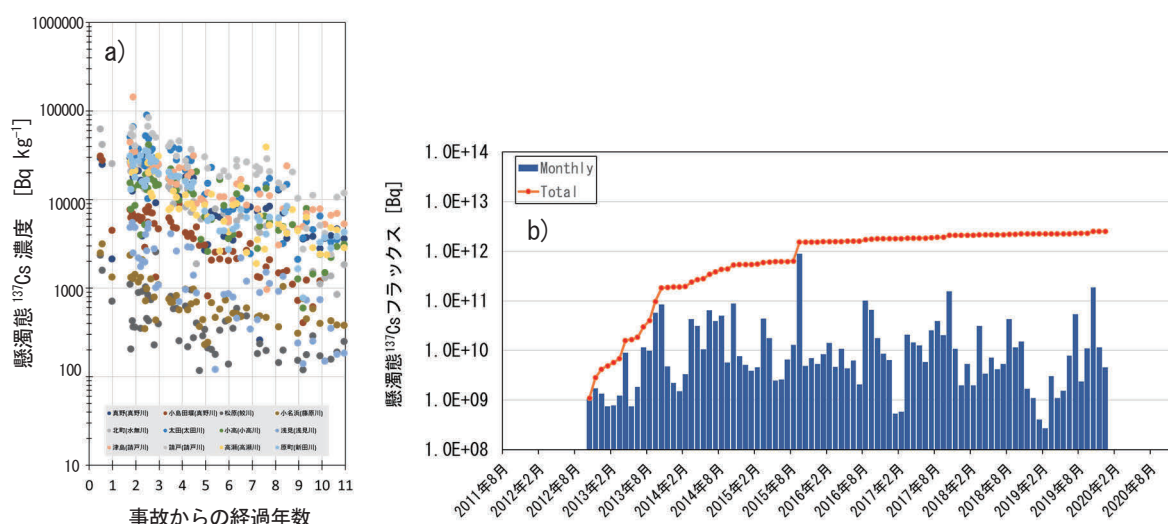


図 2 a) 懸濁態 ^{137}Cs 濃度の経時変化 b) 新田川における懸濁態 ^{137}Cs の月間移行量及び積算移行量

- 18 -

4. まとめ

事故後 11 年間の懸濁態及び溶存態 ^{137}Cs 濃度は、観測開始時と比較して、概ね 1/10～1/100 以下に低下していた。加えて、11 年が経過した現在も、福島県内の河川を流れる懸濁態及び溶存態 ^{137}Cs 濃度は低下傾向を示していた。実効環境半減期は、懸濁態で約 3.1 年、溶存態で約 2.7 年と算出された。河川を流れる放射性セシウム濃度の実効環境半減期は、河口沿岸域の海底土のそれよりも短く、濃度低下が速いことが分かった。

また、2012 年 10 月～2019 年 12 月までにおける浜通りの主要な河川から海域への懸濁態 ^{137}Cs 移行量は、2011 年の初期沈着量の 0.11～1.6 %であり、初期沈着量の割合と比較すると小さい。一方、台風等の大規模出水時に、移行量が大きくなることが分かった。

5. 参考文献

- [1] 原子力災害対策本部. 原子力安全に関する IAEA 閣僚会議に対する日本国政府の報告書 (2011).
- [2] Onda, Y. et al. Nature Reviews Earth & Environment, 1, 644–660 (2020).
- [3] Takata, H. et al. Chemosphere, 281, 130751 (2021).
- [4] Philips, JM. et al. Hydrological Processes, 14, 2589-2602 (2000).
- [5] Taniguchi, K. et al. Environmental Science and Technology, 53, 12339–12347 (2019).
- [6] Taniguchi, K. et al. Scientific Data, 7:433 (2020).
- [7] 環境水等の放射性セシウムモニタリングコンソーシアム技術資料改定 WG. 環境水中の放射性セシウムの前処理手法・分析法（第 2 版）（2021）.
- [8] 環境省 HP. 東日本大震災の被災地における放射性物質関連の環境モニタリング調査：公共用水域. 令和 4 年 12 月 23 日閲覧.

災害廃棄物処理における研究機関の役割について

多島良

(国立環境研究所)

1. はじめに

災害廃棄物処理は、適切にできない場合に環境保全上の支障となるうえ、災害からの復旧・復興を遅らせることにもつながることから、日本でも重要な政策課題と認識されている。災害廃棄物は、法制度上、一般廃棄物に該当することから、市町村に処理責任がある。しかし、災害の規模によっては市町村が単独で対応することは難しいことから、近年では被災市町村を支援するための政策が導入されてきた。このことで、公共・民間の様々な関係主体から被災市町村が支援を受けながら災害廃棄物処理を実施できる環境が整いつつある。

他方、災害廃棄物処理における被災自治体への支援において研究機関が果たすべき役割は、上述の制度環境の変化をふまえ、改めて整理する必要がある。本稿では、制度環境の変遷と国立環境研究所における自治体支援の経験を概観したうえで、今後の災害廃棄物処理において研究機関が果たす役割を整理する。なお、本稿で指す「研究機関」は国立・地方の環境研究所を念頭においている。

2. 被災自治体を支援する制度枠組みの状況

被災自治体を支援する制度環境は、表 1 に示すように、東日本大震災以降、南海トラフ巨大地震への対策の一環として検討が進められるとともに、災害対応経験をふまえて整備が進められてきた。2014 年以降、全国を 8 つブロックに分けた地域ブロック協議会が設置され、各ブロック内で都道府県をまたぐ相互支援の方法が整備された。例えば、関東ブロック協議会では、「大規模災害発生時における関東ブロック災害廃棄物対策行動計画」を策定し、関東地方環境事務所と被災地近隣自治体からなる支援チームを組織し、被災自治体の災害廃棄物処理に係る業務を支援する仕組みを構築している。また、D.Waste-Net と人材バンク制度が発足したことにより、被災自治体において技術的・専門的な支援を受けやすくなった。これらの枠組みによる支援は、環境省の現地支援チーム（地方環境事務所の災害廃棄物対策専門官を中心に編成）の下で提供されている。また、被災建築物から発生しうるアスベスト対策については、関東地方において、相互支援の枠組みが構築されている。さらに、総務省応急対策職員派遣制度により、必ずしも技術力を必要としない人員の支援を受けやすくなった。さらに、ボランティアや自衛隊との連携により発災初動期の片付けごみの撤去が円滑に進めるための枠組みが構築されている。これら以外でも、従来の自治体間の多様なつながりの中で人的支援が提供される。例えば、令和元年東日本台風の際には、佐久市に対して、「銀河連邦共和国」のつながりがある相模原市より災害廃棄物仮置場の運営人員が提供された。このように、災害対応全般に係る支援の枠組みや従来支援が提供されてきた自治体間のつながりに加え、災害廃棄物処理に特化して技術的・専門的支援を提供する枠組みが整備されている。

表 1 災害廃棄物処理に係る自治体支援に関する主な制度の導入状況

年	事項	概要
2014 年	地域ブロック協議会の設置（順次）	都道府県をまたぐ連携体制の構築
2015 年	災害廃棄物処理支援ネットワーク (D.Waste-Net) 発足	被災自治体を支援する廃棄物処理に係る 専門機関・業界団体のネットワーク
2018 年	総務省応急対策職員派遣制度の運用開始	災害廃棄物仮置場の管理支援を含む災害 対応業務の支援枠組み

2019 年	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の設置	災害時のアスベスト対策に関する関東管内の自治体相互支援の枠組み
2019 年	災害廃棄物の撤去等に係るボランティアとの連携に関する（周知）の発出	災害廃棄物処理に関する自治体とボランティア関係団体の連携体制の構築
2020 年	災害廃棄物処理支援員制度（人材バンク制度）の発足	災害廃棄物処理の知見をもつ自治体職員を登録し、被災自治体の災害廃棄物処理に関するマネジメントを支援する枠組み
2020 年	「災害廃棄物の撤去等に係る連携対応マニュアル」の発出	災害廃棄物の撤去等に関して、防衛省、環境省、自治体、ボランティア、NPO 法人等の関係者の連携について整理

3. 国立環境研究所における災害廃棄物対策支援の概要

東日本大震災の際、国立環境研究所では国内研究者・技術者のネットワーク（震災対応ネットワーク）を立ち上げ、様々な研究機関と連携して技術的課題に应运てきた¹⁾。また、国立環境研究所では、2016 年に「災害環境マネジメント戦略推進オフィス」を立ち上げ、平時・災害時における災害廃棄物対策の実務的支援を提供してきた。表 2 に実務的支援の概要を取りまとめた。

東日本大震災の際には、技術的支援が中心であったのに対し、2015 年～2019 年の災害においては処理体制の構築などマネジメントに係る助言も提供してきた。2020 年以降は、新型コロナウイルス感染症の感染拡大も影響し、国立環境研究所として被災現地に常駐する形の支援を行う機会は減った。この変化のもう一つの要因は、表 1 に示したような制度環境の変化が挙げられる。仮置場の状況把握や処理実行計画の策定支援は、D.Waste-Net に属する他機関（コンサルタント会社など）において提供されるようになり、マネジメント面の助言は人材バンク制度が活用されるようになっている。また、支援の提供方法について、2018 年西日本豪雨以降は、被災現地で活動する現地派遣に加え、国立環境研究所（茨城県つくば市）から現地派遣者に向けて情報整理・情報提供を遠隔で行う後方支援も取り入れられている。

他方、平時における支援も継続的に実施されてきた。特に、仮想災害の下、机上で災害廃棄物対応を行う図上演習の設計・運営においては、災害廃棄物処理に係る実務的・技術的知見が必要となるため、国や自治体から支援の要請を受けることが多い（年間で 10～20 件程度）。また、2020 年頃からは仮置場設置・運営訓練を実施する例も散見され、その際にも支援の要請に対応してきた。この他、災害廃棄物処理計画に対する意見照会を受けることもある（年間数件）。

表 2 国立環境研究所で提供してきた主な災害廃棄物対策支援

局面	支援内容※
災害時	<ul style="list-style-type: none"> 水産廃棄物の処理方法などの課題に向けた知見の取りまとめと技術レポートの作成・発出 海水被り廃木材の焼却処理の安全性確認 津波堆積物の化学性状の把握と対応方法の検討 仮置場の巡回調査と火災発生防止策の提示
2015 年関東・東北豪雨	<ul style="list-style-type: none"> 処理方法に関する全般的助言 混合廃棄物の見かけ比重・組成の調査
2016 年熊本地震	<ul style="list-style-type: none"> 処理体制に係る全般的助言 仮置場現地調査及び管理等に係る技術的助言 アスベストモニタリングの支援
2017 年九州北部豪雨	<ul style="list-style-type: none"> 発生量推計に係る技術的支援

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 仮置場現地調査及び管理等に係る技術的助言
2018 年西日本豪雨	<ul style="list-style-type: none"> ・ 処理体制に係る全般的助言 ・ 発生量推計に係る技術的支援 ・ 仮置場現地調査及び管理等に係る技術的助言
2019 年東日本台風	<ul style="list-style-type: none"> ・ 処理体制に係る全般的助言 ・ 発生量推計に係る技術的支援 ・ 仮置場現地調査及び管理等に係る技術的助言
2020 年 7 月豪雨	<ul style="list-style-type: none"> ・ 廃棄物資源循環学会と連携した遠隔支援の試行（主に発生量推計支援を担当）
平 災害廃棄物対策の研修 時	<ul style="list-style-type: none"> ・ 図上演習の設計に係る助言（仮想災害の設定方法、状況付与の設定方法等） ・ 図上演習の運営補助（研修当日の助言・講評） ・ 仮置場設置・運営訓練に係る設計・運営支援
災害廃棄物処理計画の策定	<ul style="list-style-type: none"> ・ 計画案に対する意見照会への対応

※政策対応研究として実施したものは記載していない

4. 研究機関の役割について

制度環境の変遷と国立環境研究所におけるこれまでの経験をふまえ、今後の災害廃棄物処理における研究機関の役割について以下の点が指摘できる。

まず、マネジメント面に関する支援を提供する役割が減り、技術的支援の内容がより専門的になってきている。例えば、発災初動期における対応事項やそのために必要な人員や補助金の確保について助言することは、過去に災害廃棄物処理に携わった経験のある自治体職員であれば可能である。また、被災自治体としても（研究機関等よりも）同じ自治体職員という立場から助言が提供される方が受け入れやすいという側面がある。また、仮置場管理等、災害廃棄物処理に係る技術的な経験知は、災害廃棄物対策指針の技術資料が改訂される中で詳細に取りまとめられてきており、技術的助言は環境省の現地支援チームや地域ブロック協議会の相互支援枠組みにおいて提供されるようになった。しかしながら、災害廃棄物発生量の推計、発生量推計に伴う処理フローの構築や仮置場必要面積の検討、仮置場に堆積された災害廃棄物の火災予防対策、災害廃棄物のアスベスト管理については、高い技術的専門性を有する研究機関が現地調査や情報整理・分析を通して支援する役割を果たしうると考えられる。このための事前準備として、災害廃棄物処理に係る研究機関の連携体制を構築することや、研究機関の連携を通じた発生量推計等の技術的知見の取りまとめや技術開発が考えられる。

また、災害時の支援とともに、平時にも自治体の災害廃棄物対策に関わることが重要である。上述の通り、災害時の支援は制度環境の整備と国や自治体における経験の蓄積により支援者の裾野が広がっているが、人事異動が2~3年周期で行われる中で、恒常的に平時の支援を提供できる主体は多くない。研究機関においては、災害廃棄物処理に係る支援業務を適切に位置付けることで、この役割を担う可能性があると考えられる。また、災害時に支援を提供するうえで、平時から自治体と信頼関係を築いておくことが必要条件となる。このために、例えば地域ブロック協議会への参画を通じて、地域の関係主体と顔の見える関係を作ることが重要である。

近い将来に発生することが想定されている巨大災害に備え、研究機関による役割が果たせるよう、関係機関と連携しつつ具体的な取り組みを進めたい。

参考文献

- 1) 独立行政法人国立環境研究所(2013)東日本大震災後の災害環境研究の成果

環境研究における学術情報流通の動向とリポジトリの役割

尾鷲瑞穂

(国立環境研究所 環境情報部)

1. はじめに

国際的なオープンサイエンスの潮流は、分野を問わず学術情報流通に変化をもたらしている。研究助成団体等研究資金を提供する機関においては、研究成果となる論文や報告書、論拠データに関して公開を求めるようになり、昨今では研究成果の公開から更に議論が進み、オープン化のプロセスや技術要件についても報告が求められるようになってきている。本報告では特に研究データの公開に焦点を当てながらオープンサイエンスの方向性をとらえ、その上で 2022 年 5 月より運用を開始した国立環境研究所研究成果リポジトリ (NIES Repository) の運用の特徴について紹介したい。

2. 二つのオープンデータ

最初にオープンデータという単語には二つの概念が混在していることを押さえておきたい。従来からあるオープンデータは、行政データの活用と公共事業・政策に対する説明責任としての情報公開という目的のため、誰もがアクセスし閲覧出来るデータ公開促進を目指すものである。日本においては、オープンデータ基本指針や政府標準利用規約の策定と合わせて、データカタログサイト DATA.GO.JP の構築・運用により、二次利用を促進する利用ルールと基盤が整備され、省庁だけでなく地方自治体のオープンデータが促進されるようになった。2021 年には環境省が「環境省データマネジメントポリシー」¹⁾を中央官庁では初めて策定し、保有データのオープン化が進められている。行政データに関しては、指針やポリシーといった公開のルールを策定することでオープン化が促進されている。

一方で、学術情報のデータに関しては、ルールだけではオープン化に繋がらない側面がある。学術情報は研究者にとっての研究成果、知的財産という別の性質が強くあり、論文などの評価される成果につながるまでは公表されないことも未だ多い。しかし、2013 年 G8 サミットにけるオープンデータ合意により、研究データの公開そのものが推進されるようになる。さらに直近の動きとして、2022 年 8 月に米国の科学技術政策局 (OSTP) が連邦政府から助成を受けた研究成果への公平なアクセスを実現するため、助成を受けた研究による論文等の出版物およびその根拠データについてエンバーゴなしでオープンアクセスにすることや、研究成果に関するメタデータ (著者情報、資金源、永続的識別子等) をリポジトリ登録時点で政府機関が収集し、広く利用可能にすることを求める覚書を公表している。²⁾

3. 学術情報としての公開の要件

研究データの利活用促進に向けた取り組みの検討が各国で進められる中で、研究を実施する研究者やそれを支援する研究機関においては、研究成果を誰がどのように公開・保存・管理する体制を構築し、保証していくのが大きな課題である。併せて、オープンデータの基盤をなすリポジトリには、相互利用可能なデータ整備基盤の環境が不可欠となっている。データ公開の適切な実施方法を表現しているものの一つとして「Findable」「Accessible」「Interoperable」「Reusable」の頭文字をとった「FAIR 原則」がある。欧州委員会が立ち上げた欧州オープンサイエンスクラウド (EOSC) においては FAIR 原則に則りオープンデータの推進や基盤の構築を進めることが基本方針とされている。³⁾ そのためには多様なデータ形式やメタデータ (データに関する記述データ) に対応し、それを管理する研究データ基盤を運用する体制が必要となる。データのオープン化や再利用につなげる相互運用性のための課題は、研究データ基盤となるリポジトリのシステム設計や指針の条件を形成するものであり、今後のオープンデータ基盤を構築する上で極めて重要な考え方でもある。

4. 環境研の機関リポジトリ運用

2022年5月により運用を始めた国立環境研究所研究成果リポジトリ(NIES Repository)においては、このFAIR原則の要件を満たすような公開に対応するため、オープンな「アクセス」「ライセンス」「(メタデータやファイルの)形式」という三つの要素を設定し運用をおこなうことで「公開のための基盤」と「公開の質を保証する基盤」という二つの役割を担えるリポジトリを目指している。リポジトリに登録できるコンテンツは、国環研もしくは国環研所属の構成員の研究成果で、論文や記事、報告書だけでなく、研究データや動画なども登録を可能としている。公開に際しては、データ等のファイルの取り扱いや公開する場所、メタデータの記述方法など技術的な問い合わせが多く、同じメタデータスキーマでもその分野や登録するコンテンツの種類に適した記載になるようカスタマイズしている。ライセンスに関しては、国際的に活用されているクリエイティブ・コモンズ・ライセンスの適用を可能としている。前述のOSTPの指針などを踏まえCC0での公開を推奨している汎用リポジトリが増えているが、NIES Repositoryでは、機関のリポジトリの運用として、研究者に公開をした成果が評価に還元されることを鑑み、データの引用に留意し、自由な再利用を認めつつもクレジットの記載をもとめるライセンスを極力採用するようにしている。



図1 NIES Repository トップページ

5. 今後の展望：幅広い環境研究のメタデータスキーマへの対応

国環研で実施されている環境研究は基礎となっている分野が非常に広い。STM系から人文社会科学にまでまたがり、研究対象も全球的なもの限定的な地域やヒトを対象としているものもある。そのため、環境関連データのメタデータスキーマも、Darwin CoreやEML(Ecological Metadata Language)、DIF(Directory Interchange Format)といった国際的に適用されているスキーマがすでに複数あり、メタデータの作成において、研究者はこれらのスキーマにそって記載することが多い。そのため、相互運用性を鑑みたメタデータのスキーマでのリポジトリの運用とスキーマ間のマッピングを行いやすくすることで、正確な関連属性の表記と分野ごとのコミュニティの標準を満たすことを検討する必要がある。また、オープン化されたデータを研究成果として評価出来るよう、引用・参照が出来る仕組みを組み入れる工夫も今後の検討課題である。

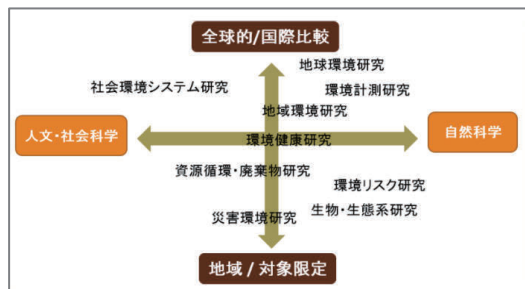


図2 研究分野と研究対象

参考文献

- 1) 環境省：データマネジメントポリシーの策定について. <https://www.env.go.jp/press/109431.html> (2021).
- 2) The White House：OSTP Issues Guidance to Make Federally Funded Research Freely Available Without Delay. <https://www.whitehouse.gov/ostp/news-updates/2022/08/25/ostp-issues-guidance-to-make-federally-funded-research-freely-available-without-delay/> (2022)
- 3) Graber-Soudry et.al.：Legal Interoperability and the FAIR Data Principles. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4471312> (2021).

廃棄物最終処分場の廃止基準の設定に向けた埋立地ガスモニタリング方法の検討

○長森正尚¹・長谷隆仁¹・萩原晋太郎²・田中宏和³・森崎正昭⁴・大石修⁴

成岡朋弘⁵・古賀智子⁶・井上豪⁷・北村洋樹⁸・石垣智基⁸・山田正人⁸

(¹埼玉県環境科学国際センター・²宮城県保健環境センター・³福井県衛生環境センター

⁴千葉県環境研究センター・⁵鳥取県衛生環境研究所・⁶福岡県保健環境研究所

⁷沖縄県衛生環境研究所・⁸国立環境研究所)

1. はじめに

廃棄物最終処分場は、保有水、ガス、温度に関する基準が満たされたときに廃止できる。廃止基準の考え方、測定及び評価法が掲載されている「廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法（2002年）」¹⁾（以下、報告書と示す。）は、廃止基準の適否判断の資料として活用されている。しかし、報告書は、「最終処分場跡地形質変更に係る施行ガイドライン（2005年）」の公表以前に作成されたため、廃止と形質変更との関係が未整理である。また、ガス測定事例の蓄積を受けて、報告書の測定方法や基準が現状に合わないことも課題となっている。そこで、廃棄物資源循環学会では「跡地利用の制度」「ガス測定方法と判定基準」を中心に報告書の改訂を2023年秋までに行う方針である。他方、最終処分場等の調査法の確立や自治体横断的な支援体制の構築を目的に2017年からⅡ型研究を継続しており、様々な現場でガスの組成や放出量の長期間・長時間観測を実施してきた。最終処分場からのガス放出量は変動が大きいことが特徴で、その要因が埋立環境（構造、廃棄物の質、好気・嫌気等）、地質（最終覆土の水分量、通気性、透水性）、さらに温度や気圧等の気象条件と様々であることが分かった^{2,3)}。本研究では、ガス抜き管やモニタリング管（併せて以下、管と示す。）からの埋立地ガス流量測定にあたり、測定方法及び手順を提案するとともに、ガス流量に影響を与える気象データを示した。

2. 埋立地ガス流量の測定手順の提案（概略）

（1）準備

管に直射日光や雨風が極力あたらないようにタープ類を設置するとともに、百葉箱などに温湿度・気圧計などを設置する。なお、最寄りに気象台がある場合は利用が可能である。

（2）埋立地ガス組成測定のためのガス採取

①管内の水位を測定する。②管内のガス組成を簡易ガス測定器で深度別に測定する。または、内部の高温深度や外気の影響を受けない深度を特定する。③②で得られた深度のガスを捕集バッグに採取し、GC測定に供する。なお、簡易ガス組成がGC測定値と同じであれば、維持管理に利用できる。

（3）埋立地ガス流量測定のためのガス流速測定

①管の側面に穴を開け、熱線式風速計のセンサー部を入れる。＜注1＞管の地上部に穴がある場合、穴を塞いでガス漏れを防ぐ。＜注2＞管が大口径の場合、塩ビ製レデューサーでガス流れの抵抗をあまり受けない管径（低流量時で25mm程度）まで小さくし、穴あき塩ビ管を取り付ける。②センサー部をガスの流れ方向に垂直に、管の中央に設置する。③熱線式風速計のロガー機能を開始する。

（4）埋立地ガス流量の計算

①（3）で得られたガス流速に管の面積を乗じてガス流量とする。②ガス流量に（2）のGC測定で得られたメタンと二酸化炭素の合計の割合を乗じて埋立地ガス流量とする。

3. 調査対象地及び取得データの概要

調査対象地及び調査した管の種類等を表に示す。埋立廃棄物の種類や埋立容量等が異なる4つの最終処分場とした。なお、C及びD処分場は同日調査である。また、ガス流速は1分間隔、気象データ（気温、気圧、平均風速）は10分間隔で取得し、埋立地ガス流量の観測結果を10分間の移動平均で示す。

表 調査対象地の概要等

対象 処分場	種別	埋立廃棄物の種類	埋立容量(m ³) 埋立深度(m)	備考	調査対象の管種類 (内径、深度)	ガス流量測 定管(mm)
A	一廃	不燃物、粗大ごみ、 焼却灰、可燃ごみ	約 149,000 最大 09.0		ガス抜き管(310、9.0): GV モニタリング管(65、7.7): A#1, A#2	24.5 55.0
B	産廃 安定型	廃プラ、ゴムくず、金属くず、 ガラス・陶磁器くず、石膏ボード等	約 055,000 最大 30.0		モニタリング管(150、26.0): B#1 モニタリング管(150、28.0): B#2 モニタリング管(125、22.5): B#3	55.0 55.0 55.0
C	産廃 安定型	廃プラ、ゴムくず、金属くず、ガラス・ コンクリートくず、木くず、がれき類	約 300,000 最大 30.0	天場を遮水 シート覆蓋	モニタリング管(50、17.4): C#	—
D	産廃 管理型	木くず、紙くず、繊維くず、ばいじん 等	約 700,000 最大 60.0		モニタリング管(50、43.5): D#1 モニタリング管(50、25.7): D#2	—

4. 結果

埋立地ガス流量及び気象データの経時変化を図に示す。A 及び B 処分場の埋立地ガス流量は、瞬間最大値でそれぞれ 3.9 L/分、3.4 L/分と少なく、気圧の上下変動に流量が減少・増加を繰り返し、多くの管で似た変動を示した。さらに、A 処分場では、気圧の下降が継続した時間帯に流量が増加した。

C 及び D 処分場の埋立地ガス流量は瞬間最大値でそれぞれ 41.4 L/分、73.4 L/分と多く、メタンと二酸化炭素の合計が 91.7%、97.6%と高かったことが一因である。他方、調査期間の平均風速が 5.0～8.0 m/s で強かったことから、埋立地ガス流量は瞬時変動が非常に大きく、気温や気圧による影響が明確でなかった。天場を遮水シートで覆われた C 処分場の埋立地ガス流量は変化が小さかった。

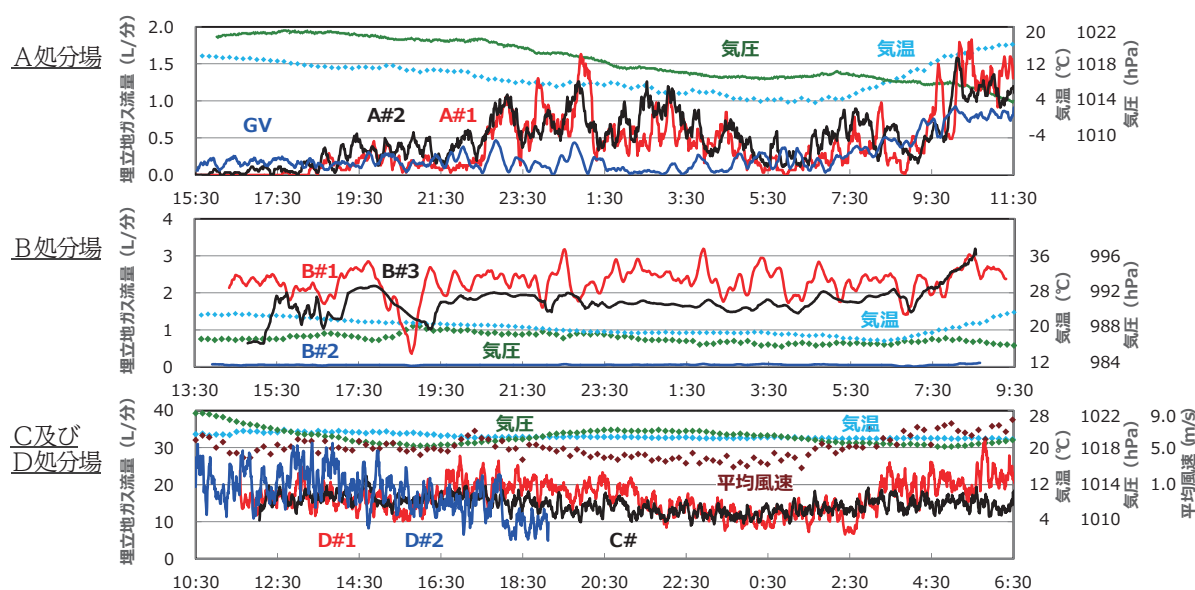


図 埋立地ガス流量（移動平均：10 分）及び気象データの経時変化

謝辞

本研究は、全国環境研究所協議会の提言に基づく地方環境研究所と国立環境研究所の共同研究課題「最終処分場ならびに不法投棄地における迅速対応調査手法の構築に関する研究」の一部であり、関係機関に謝意を表する。

参考文献

- 1) 廃棄物資源循環学会 埋立処理処分研究部会：廃棄物最終処分場廃止基準の調査評価方法. (2002)
- 2) 細見正明・佐々木祐治・臼井規善・小林守・井上元：廃棄物埋立処分地からのメタン放出量と気象条件との関係. 廃棄物学会論文誌, 3, 71-77 (1992).
- 3) 長森正尚・山田正人：埋立終了した管理型産業廃棄物最終処分場におけるガス放出量と気圧の関係. 廃棄物資源循環学会論文誌, 33, 193-203 (2022).

廃棄物最終処分場における検知管による水試料中の溶存硫化物簡易測定

○小口文子¹・渡辺哲子²・矢吹芳教³・伊藤耕二³・井上豪⁴・田中宏和⁵・渡邊卓弥^{6*}・松村千里⁷・
藤井敬洋⁸・平川周作⁹・長森正尚¹⁰・成岡朋弘¹¹・石垣智基¹²・山田正人¹²

(¹長野県環境保全研究所・²長野県千曲川流域下水道事務所・³大阪府立環境農林水産総合研究所・
⁴沖縄県衛生環境研究所・⁵福井県衛生環境研究センター・⁶三重県保健環境研究所・⁷兵庫県環境研究センター・
⁸広島県立総合技術研究所保健環境センター・⁹福岡県保健環境研究所・¹⁰埼玉県環境科学国際センター・
¹¹鳥取県衛生環境研究所・¹²国立環境研究所・*現三重県南勢志摩地域活性化局)

1. はじめに

石膏ボードを埋め立てた最終処分場や廃棄物の不法投棄現場などで、浸出水や周辺地下水に溶存硫化物(HS⁻、S²⁻及びH₂S)が多量に含まれている場合がある。このような浸出水や地下水が外気に晒されたときに硫化水素ガスとして放出され、悪臭の原因や中毒事故につながる恐れがある。硫化水素ガス発生の可能性を把握し、現場での安全性を速やかに確認するためには、水試料に含まれる溶存硫化物の濃度を迅速かつ簡便に把握できる簡易測定法の確立が望まれる。

オンサイトでの溶存硫化物測定法として、下水道施設では水試料をガラス製三角フラスコに入れて振とうし、空隙に発生した硫化水素ガスを検知管で測定するヘッドスペース法が用いられており、その手法の有効性について報告されている¹⁾。筆者らは、この方法を廃棄物最終処分場等で適用するため、軽量で破損しにくいPET樹脂製容器を活用した簡易測定法を構築した²⁾。本報告では、簡易測定法の概要を述べるとともに、廃棄物最終処分場における調査事例について報告する。

2. ヘッドスペース法による溶存硫化物の簡易測定法

2.1 測定の原理

水溶液中では硫化水素(H₂S)は図1のとおり二段階に電離している。今回用いたヘッドスペース法では、溶存硫化物(HS⁻、S²⁻及びH₂S)のうち攪拌によって平衡に達した気相中の硫化水素(H₂S)の濃度を放散可能硫化水素(以下、F-H₂S)として検知管で測定した。

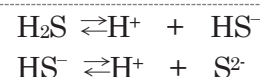
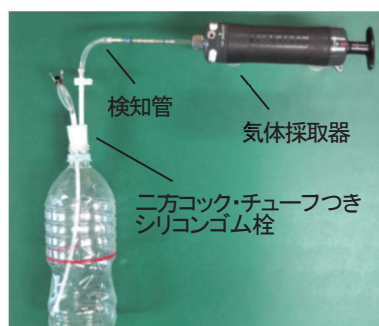


図1 H₂Sの電離式

2.2 測定装置と測定手順

測定装置及び手順を図2に示す。容器は、市販の1LのミネラルウォーターのPET樹脂製容器(以下、ボトル)を用いた。ボトルのシリコン栓には、ヘッドスペースガス採取用の管、及び検知管への吸引ガスと同量の外気を導入してボトル内の気圧を調整するための管を通し、それぞれコック又はクリップをつけて密閉性を保つことができる構造とした。



①測定容器に試料を500mLの線まで静かに注入し、コックを閉じたゴム栓でボトルを密栓



②容器を両手で持ち激しく5秒程度振とうし、硫化水素を追い出す。



③静置後、気体採取器につないだ検知管を速やかに接続し、コックを開けて外気をボトルの底へ導入しながら、レバーを引いて気体を吸引し、硫化水素濃度を測定する。

図2 測定装置及び手順

2.3 測定条件の検討結果

硫化物標準溶液を用いて、pH7(実測7.00-7.05)での繰り返し精度はCV=2.1%(n=5)と良好であり、溶存硫化物濃度(x:0.5-10 mg/L)とF-H₂S濃度(y:ppmv)の間に直線関係にあった(y=84.7x+0.55,

r=0.998)。他方、pHが高いほどH₂Sの放散が抑制され、pH9ではpH7の5%程度まで低下した。

3. 調査結果

調査対象とした廃棄物最終処分場の概要及び浸出水や周辺地下水等の測定結果を表に示す。F・H₂S濃度はA処分場の浸透水で120～800ppmv、B処分場の観測井戸から採取した保有水で22～1400ppmvであった。これらの検水のORP値は-91～-318mVと低く還元状態であった。

F・H₂S濃度と溶存硫化物濃度の関係を図3に示す。A処分場の浸透水及びB処分場の保有水はpH6.8～7.4を示し、pH7.0における室内実験で得られた関係式(2.3)の直線上にほとんどの測定値が分布した。一方、C処分場地下水及びD処分場浸出水の溶存硫化物濃度は3.8～5.5及び11mg/Lで、A処分場浸透水と同程度であったが、F・H₂S濃度は1.1～1.8及び2.0ppmvで、A処分場浸透水の約1/200程度であった。この要因としてpHの影響が考えられる。これらの検水はpHが10前後であったことからF・H₂S濃度が低くなったものと推察され、この傾向は2.3で述べた測定条件の検討結果と一致していた。浸出水等は大気に接触したのち二酸化炭素の吸収等によりpHが低下する可能性があるため、この事例のような高pHの場合、硫化水素ガスの潜在的な発生可能性について正確な情報を得るためには、ORP値や溶存硫化物濃度の測定が必要であると考えられた。

なお、A処分場の浸透水及びB処分場の保有水のF・H₂S濃度と有機汚濁指標であるCOD値との間には正の相関関係があった。この傾向は、既報³⁾で報告されている処分場の通気管等で発生する硫化水素ガス濃度と浸透水水質の経時的なモニタリングにおいて、硫化水素ガス濃度と有機汚濁指標(BODやCOD)に有意な正の相関関係がみられたことと一致している。したがって、水質検査と併せて今後も溶存硫化物の簡易測定法によるモニタリングを継続することにより、今後の硫化水素ガスの発生の傾向の予測や維持管理に利用できると考えられる。

表 最終処分場浸出水及び周辺地下水等のF・H₂Sの測定結果

施設	設置年 埋立面積 埋立物	調査年月	採水 位置	F・H ₂ S濃 度(ppmv)	関連水質測定項目					
					水温 (℃)	pH	EC (mS/m)	ORP (mV)	COD (mg/L)	溶存硫 化物濃 度(mg/L)
A 安定型 最終処分 場	1983年 15000m ² 廃プラ、ガラ陶等 安定5品目、廃石 膏ボード(2006頃ま で)	2018年9月	浸透水	400	17.5	7.1	250	-	45	5.0
		2018年12月		800	16.3	7.2	260	-210	-	10
		2019年8月		120	19.4	7.1	240	-210	36	1.3
		2020年8月		190	18.8	7.1	200	-205	42	2.3
		2021年8月		150	18.0	7.1	250	-152	35	1.7
B 安定型 最終処分 場	1991年 (2000年埋立終 了)5800m ² 廃プラ、ガラ陶等 安定5品目、廃石 膏ボード(当時は合 法)	2017年10月	保有水a	300	27.9	7.2	320	-190	76	2.5
			保有水b	30	25.5	7.0	150	-91	37	<0.1
			保有水c	600	31.4	6.8	230	-307	140	13
		2022年12月	保有水a	200	21.0	7.4	320	-305	82	2.1
			保有水b	22	21.6	7.3	110	-264	16	0.3
C 一般廃 棄物最終 処分場	1995年 6400m ² 焼却残渣、破碎ご み処理残渣	2019年6月	地下水	1.2	19.5	10.1	58	-	4.4	3.8
		2020年5月		1.8	19.7	9.9	66	-235	4.2	4.7
		2022年7月		1.1	19.1	10.1	68	-262	5.9	5.5
D 管理型 最終処分 場	1987年 38000m ² 燃えがら、汚泥等	2018年10月	浸出水	2.0	20.8	9.9	4900	-280	240	11

(- は測定未実施または測定不可)

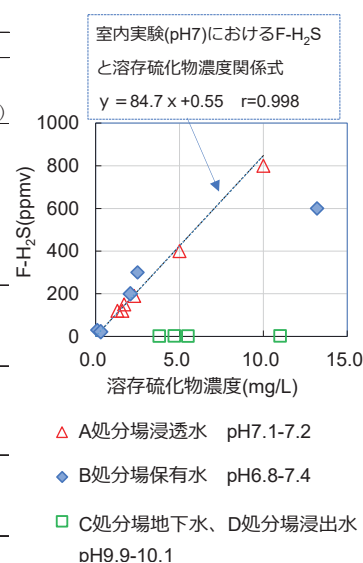


図3 F・H₂Sと溶存硫化物

(謝辞) 本研究は、国立研究開発法人国立環境研究所と地方環境研究所とのⅡ型共同研究「廃棄物の不適正管理に起因する環境影響の未然防止に係る迅速対応調査手法の構築」の一部であり関係機関に謝意を表する。

<参考文献>

- 1)片岡春雄,吉本国春,石川邦男;ヘッドスペース法による硫化物の測定,下水道協会誌, 1,(373),p.43-51,1994.
- 2)小口文子, 松沢雄貴, 渡辺哲子;最終処分場浸出水等のヘッドスペース法による硫化物測定法の検討, 環境技術学会誌, 49, (3), p.148-153, 2020
- 3)平川周作,志水信弘,鳥羽峰樹,池浦太荘,桜木建治,大久保彰人;安定型最終処分場における硫化水素発生対策と継続的モニタリング, 福岡県保健環境研究所, 41, p.78-83, 2014

廃棄物の不適正管理に起因する環境影響の未然防止に係る迅速対応調査手法の構築 －水質分析結果に基づいた保有水の流向推定－

○矢吹芳教¹・伊藤耕二¹・井上豪²・小口文子³・田中宏和⁴・立野雄也^{5*}・渡邊卓弥^{5*}・松村千里⁶・藤井敬洋⁷・平川周作⁸・長森正尚⁹・成岡朋弘¹⁰・遠藤和人¹¹・石垣智基¹¹・山田正人¹¹

(¹(地独)大阪府立環境農林水産総合研究所・²沖縄県衛生環境研究所・³長野県環境保全研究所・⁴福岡県衛生環境研究センター・⁵三重県保健環境研究所・⁶(公財)ひょうご環境創造協会兵庫環境研究センター・⁷広島県立総合技術研究所保健環境センター・⁸福岡県保健環境研究所・⁹埼玉県環境科学国際センター・¹⁰鳥取県衛生環境研究所・¹¹国立環境研究所・*現三重県環境生活部廃棄物・リサイクル課・**現三重県南勢志摩地域活性化局環境室)

1. はじめに

通常管理型廃棄物最終処分場(以下、埋立地と示す。)では、廃棄物層を通過した保有水は遮水シートの上に設置された集排水設備を経て処理施設等へ排出される。しかしながら、遮水シートが適切に設置されていないような管理が不適正な埋立地等では、周辺環境への影響が懸念される。このような廃棄物の不適正管理に起因する環境影響に対して適切な対策を講じるためには、保有水及び周辺地下水の流向を把握することが重要である。

一般的に地下水の流向は地下水位から判断されることが多いが、地下水の流速が遅い地域や観測井戸の数が少ない地点では正確な判断が困難な場合がある。この手法の他に、金属元素、陰イオン及び陽イオンなどを用いたヘキサダイアグラム及びトリリニアダイアグラムにより水塊の類似性を判断する方法がある。地方環境研究所では、これらの項目を常時測定しているため、不適正管理が発覚した際には初動調査で速やかに対応できる。このため、管理が不適正な埋立地等における保有水や周辺地下水の流向を把握する手法として、ヘキサダイアグラム及びトリリニアダイアグラムの有効性が確認できれば、早期に埋立物中の有害物質の挙動把握が可能となる。

本講演では、遮水シートが設置されていない埋立地において、保有水及び周辺地下水の水質データから作成したヘキサダイアグラム及びトリリニアダイアグラムにより推定された流向を埋立前の地形図及び主成分分析の結果と比較・検証した成果を報告する。

2. 調査方法

遮水シートが設置されていない埋立地において、2019年及び2021年に4地点の保有水の観測井及び12地点の周辺地下水の観測井戸の調査を実施した(図1上)。それぞれの試水について、現地で水温、pH、EC及びORPを測定し、実験室において陰イオン(Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 F^- 、 Br^-)、陽イオン(Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+)、TOC、COD、B、Al、Cr、Mn、Fe、Ni、Cu、Zn、As、Se、Cd、Pb、T-Hgを測定した。ヘキサダイアグラムの作成には Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 及び Mg^{2+} を用い、トリリニアダイアグラムには Cl^- 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 及び Mg^{2+} を用い、主成分分析にはすべての測定項目を用いた。

3. 結果及び考察

トリリニアダイアグラム(図1右下)の結果から、保有水B-3、B-4及びA-2と周辺地下水C-3、C-4、C-5、D-1及びD-2は類似した水質パターンを示し、保有水A-1と周辺地下水B-1、B-2、D-3、D-4及びE-1は類似した水質パターンを示した(図1)。また、処分場から離れた位置にある周辺地下水C-1、C-2及びD-5はこれら2つとは違う水質パターンを示した。ヘキサダイアグラム(図1左下)の結果も同様であった。したがって、周辺地下水C-3、C-4、C-5、D-1及びD-2は保有水の影響を強く受けている可能性があるが、周辺地下水C-1、C-2及びD-5は保有水の影響を受けていないと推察

される。また、水質項目を用いた主成分分析の結果からもトリリニアダイアグラムの結果と同様の傾向がみられた（図 2）。これらのことから、埋立地内の A-2、B-3 及び B-4 から東側に向かう地下水の流れがあることが推察された。

図 1 に埋立前の地形図から読み取った水系分布を示した。保有水は、埋立前に水の流れがあったと推察される場所を流れる可能性が高いと考えられる。地形図から推察された地下水の流向とトリリニアダイアグラム及びヘキサダイアグラムの結果から推察されたものは一致した。

4. 結論

遮水シートがない埋立地において保有水及び周辺地下水の流向を陰イオン、陽イオン及び金属元素の測定結果から、保有水の移動方向が推察できることが示唆された。今後、廃棄物の不適正管理等に起因する問題が生じた場合に、初動調査で測定可能な範囲の項目で汚染範囲を迅速に把握できる可能性が示された。

5. 謝辞

本研究はⅡ型実施共同研究「最終処分場ならびに不法投棄地における迅速対応調査手法の構築に関する研究（2017～2019 年度）」及び「廃棄物の不適正管理に起因する環境影響の未然防止に係る迅速対応調査手法の構築（2020～2022 年度）」の一環として実施された。

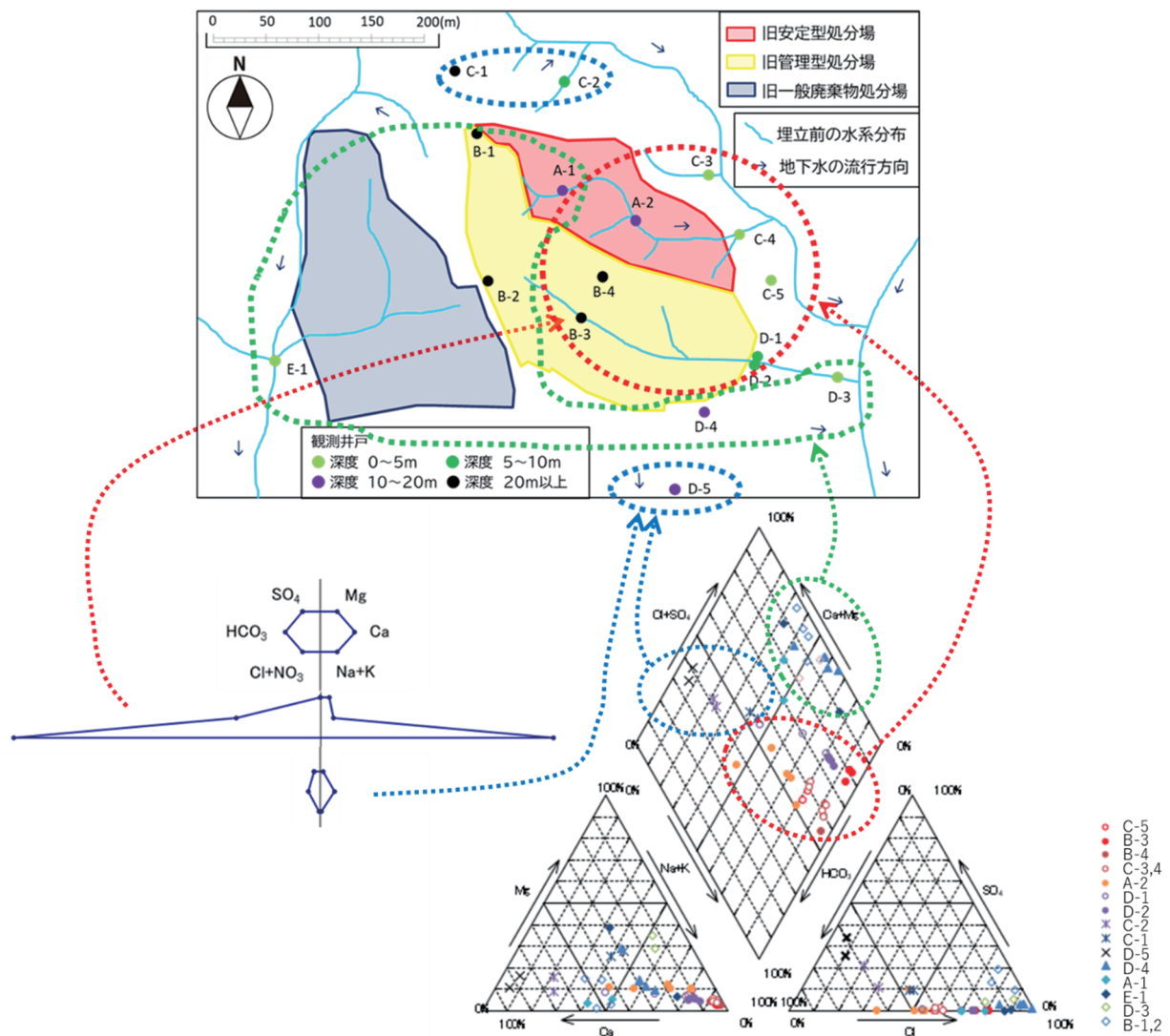


図1 トリリニアダイアグラム及びヘキサダイアグラムによる各地点の類似性

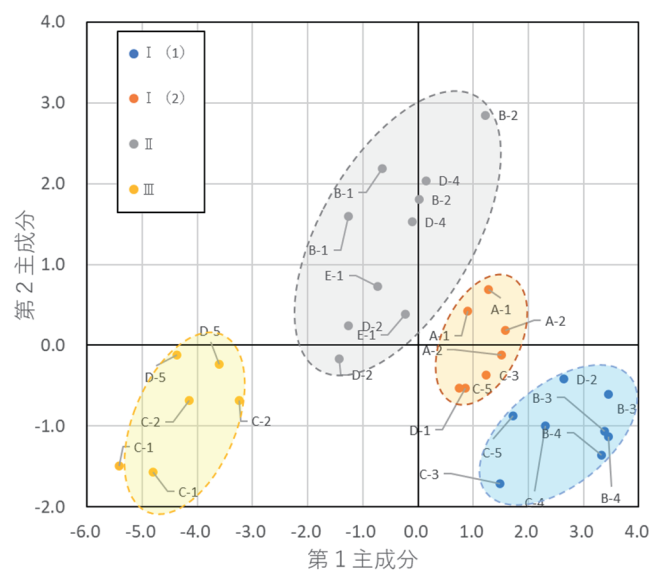


図2 主成分分析による各地点の類似性

「廃棄物の不適正管理に起因する環境影響の未然防止に係る迅速対応調査手法の構築 ー保有水およびその周辺地下水の有機化学物質および微生物群集特性ー」

○伊藤耕二¹・矢吹芳教¹・井上豪²・小口文子³・田中宏和⁴・立野雄也^{5*}・渡邊卓弥^{5**}・松村千里⁶・藤井敬洋⁷・平川周作⁸・長森正尚⁹・成岡朋弘¹⁰・遠藤和人¹¹・石垣智基¹¹・山田正人¹¹

(¹大阪府立環境農林水産総合研究所・²沖縄県衛生環境研究所・³長野県環境保全研究所・⁴福井県衛生環境研究センター・⁵三重県保健環境研究所・⁶ひょうご環境創造協会兵庫県環境研究センター・⁷広島県立総合技術研究所保健環境センター・⁸福岡県保健環境研究所・⁹埼玉県環境科学国際センター・¹⁰鳥取県衛生環境研究所・¹¹国立環境研究所・*現三重県廃棄物・リサイクル課・**現三重県南勢志摩地域活性化局)

1. はじめに

許可容量を超過した廃棄物最終処分場からの汚染拡散経路の推定を目的として、処分場内保有水と周辺地下水を観測井戸から採取し、有機化学物質の測定と微生物群集構造解析を行った。観測井戸の場所と地表面からの深度、埋立前の旧地形図が示す水系分布及び、標高差から推測される地下水の流向を矢印で記した調査対象地域の概略を図1に示した。

調査は令和元年11月と令和3年12月に実施し、調査地点をA：旧安定型処分場内保有水、B：旧管理型処分場内保有水、C：旧安定型処分場北東側谷筋の地下水、D：旧管理型処分場から東側谷筋と周辺の地下水、E：旧一般廃棄物処分場西側谷筋の地下水と分類した。

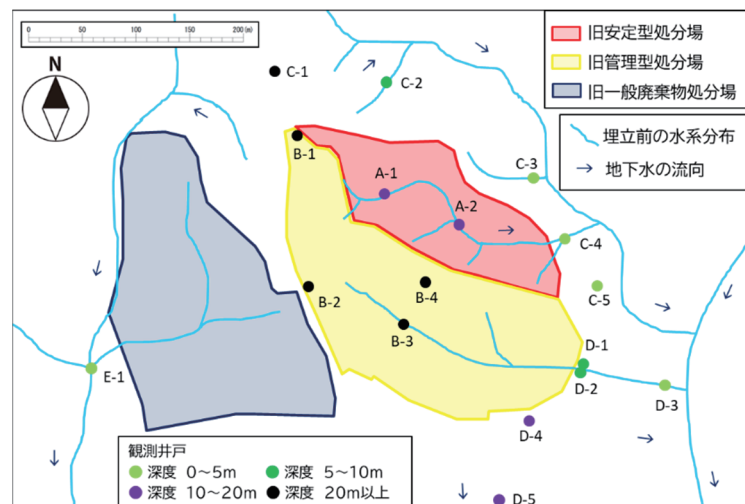


図1 調査対象地域の概略

2. 調査方法と結果

2. 1 最終処分場内保有水及び周辺地下水の POPs とその関連物質濃度

残留性有機汚染物質 (POPs) に指定されている塩素数が2~8のポリ塩化ナフタレン (PCNs)、臭素数が4~7および10のポリ臭素化ジフェニルエーテル (PBDEs)、有機フッ素化合物のペルフルオロオクタン酸 (PFOA)、ペルフルオロヘキサンスルホン酸 (PFHxS)、ペルフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS)、関連物質として POPs 未指定の有機フッ素化合物であるペルフルオロヘキサン酸 (PFHxA) を本研究の対象物質とした。水試料は冷蔵して測定機関に搬入後、精製・濃縮して LC/MS/MS および高分解能 GC/MS で測定した (表1)。

処分場内保有水の A、B 系で対象物質が高濃度で検出され、旧管理型処分場中央部の B-3、B-4 では有機フッ素化合物 630~4400ng/L、PCNs 20~26 ng/L、PBDEs 400~500 ng/L と保有水のなかで最も高濃度であった。B-3、B-4 から地下水の流向が上流に位置する B-1、B-2 の有機フッ素化合物濃度は B-3、B-4 と比較して平均 18%と低く、PCNs 及び PBDEs 濃度は平均 2.1%、0.19%とさらに低かった。旧安定型・旧管理型処分場からの距離が近い周辺地下水は、埋立前の水系分布に沿った位置にある C-4、D-1、D-2 は、有機フッ素化合物 160~2200ng/L、PCNs 10~42 ng/L、PBDEs 4.6~

460 ng/L、処分場あるいは埋立前の水系分布から少し離れた C-5、D-3、D-4 は、有機フッ素化合物が 120～1400ng/L、PCNs 0.78～2.0 ng/L、PBDEs が 0.26～5.9 ng/L と、PCNs 及び PBDEs 濃度の低下が顕著であった。C-1、C-2、D-5 はいずれの物質も濃度が低く、地下水の流向が示すとおり保有水の影響は軽微と考えられた。また、旧一般廃棄物処分場の保有水の水質との関係は不明ながら、E-1 でも有機フッ素化合物は高濃度で検出された。以上の結果から、地下での拡散は有機フッ素化合物では起こりやすく、PCNs と PBDEs では起こりにくいことが推測された。

表 1 POPsおよび関連物質の測定結果（令和元年、令和3年調査の平均値） (ng/L)

測定項目	A-1	A-2	B-1	B-2	B-3	B-4	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	D-1**	D-2**	D-3	D-4	D-5	E-1
PFHxA	460	880	285	700	2600	3000	8.5	9.8	940	1700*	930	580	1900	490	1400	ND	1200
PFOA	510	920	560	800	2600	4400	2.1	2.0	1300	1400*	1200	640	2200	660	440	1.2	850
PFHxS	200	210	170	270	630	1300	1.6	5.0	500	930*	240	160	410	210	180	8.3	510
PFOS	505	480	130	370	1700	1900	2.9	ND	700	1600*	510	200	400	270	120	ND	140
PCNs	8.6	13	0.49	0.49	20	26	0.015	0.008	4.2	17	1.5	10	42	0.78	2.0	0.065	0.52
PBDEs**	32	97	0.56	1.1	500	400	2.4	0.38	0.46	460	0.26	8.2	4.6	2.3	5.9	0.36	1.8

* 令和元年データのみ

** D-1,D-2地点とPBDEsは令和3年データのみ

2. 2 最終処分場内保有水及び周辺地下水の微生物群集構造解析

令和元年調査で採水した処分場内保有水（旧安定型 2 検体及び旧管理型 2 検体）と令和 3 年調査で採水した処分場内保有水（旧安定型 2 検体及び旧管理型 4 検体）及び周辺井戸 10 検体の計 20 検体について微生物群集構造解析を実施した。試料水は冷蔵で輸送し、実験室にて 0.45 µm Microfil V (Merck) でろ過、PowerWater DNA Isolation Kit (QIAGEN) を用いて DNA を抽出した。抽出 DNA を用いて微生物の 16S rRNA V3-V4 領域を標的とした PCR 増幅を行い、インデックス配列を付加したライブラリを調製、Miseq System (Illumina) により塩基配列を取得した。塩基配列情報に基づき QIIME2¹⁾ を用いて Greengene データベース²⁾ により微生物の系統を推定した。

処分場内保有水及び周辺井戸の門レベルの微生物群集構造を図 2 に示す。旧安定型処分場内保有水の A-1 及び A-2 は Archaea の *Parvarchaeota* 門、旧管理型処分場内保有水の B-3 及び B-4 は *Euryarchaeota* 門の割合が他の検体に比べて多い傾向にあった。また、旧管理型処分場の端に位置する B-1 の保有水は *Proteobacteria* 門と *Cyanobacteria* 門が優勢となっており、他の検体と異なる微生物群集構造を示した。

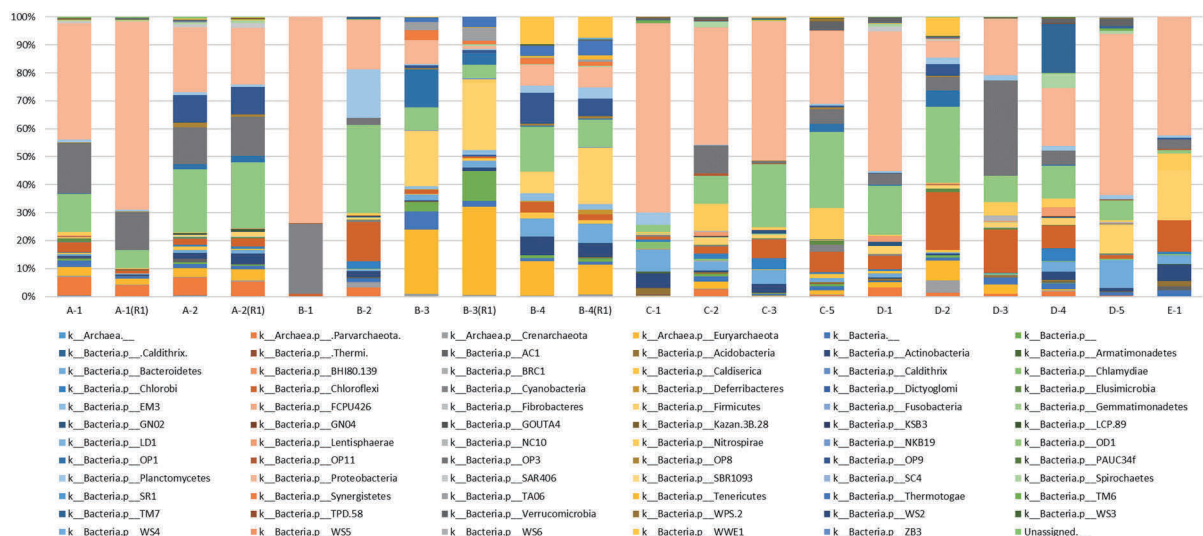


図 2 処分場内保有水及び周辺井戸における微生物群集構造（門レベル）

次に、微生物群集構造の類似性を把握するため、より詳細な科レベルの分類データで Bray-Curtis 指数を算出し、非計量多次元尺度構成法 (NMDS) を用いて検体を二次元平面上に配置した (図 3)。処分場内保有水について、令和元年と令和 3 年に採取した試料は近傍に配置され、調査時期による微生物群集構造に大きな違いは認められなかった。また、処分場の上流に位置する C-1 や異なる水脈に位置する E-1 は、他の検体から離れて配置され、微生物群集構造が異なることが示唆された。また、水質と微生物群集構造の関係を解析し、有意な相関関係が認められた項目について図 3 にベクトルで示した。ベクトルの向きは水質項目の増加速度が最も大きくなる方向を表している。本研究では複数のベクトルが重複したことから、視認しやすくするため大きなベクトルを表示し、吹き出しに項目名を記載した。旧管理型処分場内保有水で高濃度を示した PCNs や有機フッ素化合物等の項目と微生物群集構造に有意な相関関係が認められ、水質の違いが微生物群集構造に影響を与えていると推察された。

今回、全体的な微生物群集構造と水質との関係を示すことができた。しかし、どのような分類群の微生物と水質項目との間に関係があるのかについては詳細が明らかになっていない。今後、解析を進展させることで影響を受ける微生物の分類群を明らかにし、処分場の内部の状態を把握することができると検討を進めたい。

参考文献

- 1) E. Bolyen *et al.*: Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. Nat. Biotechnol., 37(8), 852-857 (2019).
- 2) T. Z. DeSantis *et al.*: Greengenes, a Chimera-Checked 16S rRNA Gene Database and Workbench Compatible with ARB. Appl. Environ. Microbiol., 72(7), 5069-5072 (2006).

謝辞

本研究はⅡ型実施共同研究「最終処分場ならびに不法投棄地における迅速対応調査手法の構築に関する研究 (2017~2019 年度)」及び「廃棄物の不適正管理に起因する環境影響の未然防止に係る迅速対応調査手法の構築 (2020~2022 年度)」の一環として実施された。

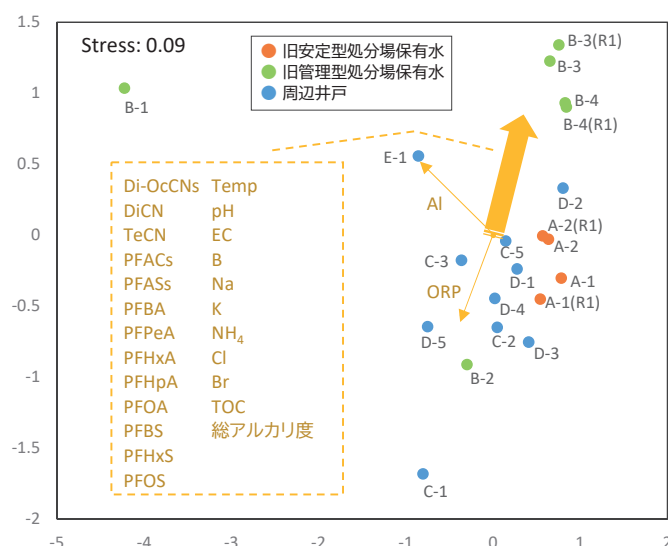


図 3 NMDS による科レベルの微生物群集構造に基づいた処分場内保有水及び周辺井戸の散布図

(微生物群集構造と有意な相関関係が認められた水質項目 ($p < 0.05$) についてベクトルと項目名を表示)

廃棄物最終処分場から採取したボーリング掘削コア試料の鉱物組成が

有害金属の溶出挙動へ与える影響の検討

北村洋樹¹・井上豪²・成岡朋弘³・立野雄也⁴・石垣智基¹・長森正尚⁵・山田正人¹

(¹ 国立環境研究所・² 沖縄県衛生環境研究所・³ 鳥取県衛生環境研究所・

⁴ 三重県廃棄物・リサイクル課・⁵ 埼玉県環境科学国際センター)

1. はじめに

溶出性の高い有害金属を含む廃棄物を埋立処分する場合、セメント固化やキレート処理により有害金属を不溶化し、管理型最終処分場へ埋立処分する方法が主流となっている。しかしながら、埋立処分後におけるセメント固型化物やキレート剤の劣化等による有害金属の再溶出が懸念されている¹⁾。実際には、有害金属は埋立地内部に残存しており、浸出水への溶出量は極めて少ない²⁾。これは、風化を経て埋立廃棄物の鉱物組成が変化し、有害金属の一部が新たに生成した二次鉱物により不溶化されているためである³⁾。そこで本研究では、最終処分場から採取したボーリング掘削コア試料を対象として、鉱物組成の違いが有害金属の溶出性に与える影響について検討した。

2. 実験方法

本研究では、1960年代に管理型最終処分場、安定型最終処分場、一般廃棄物最終処分場が設置され、1990年代に埋立が終了した処分場を対象とした。2019年度にボーリング調査を行い、調査時にコア箱へ保管していた試料を採取した。なお、本研究で用いたボーリング掘削コア試料(B-5)は、管理型最終処分場から掘削されたものである。コア試料は2~6m間隔で採取し、試料採取の前にはハンドヘルド型の蛍光X線分析装置(XRF:XL3t-950S,Rigaku)を用いて試料を構成する元素と含有量の分析を行った。コア試料はポリ製の容器へ保管して実験室へ持ち帰り、溶出試験に供した。溶出試験では、500mLポリ容器へ試料25gを量り取り、液固比が10となるように超純水250mLを加えた後、200rpmで5分間振とうした。振とう後、3000rpmで20分間の遠心分離を行い、0.45μmのメンブレンフィルターを用いてろ過した。得られた溶出液は、ICP分析装置(7800ICP-MS,Agilent Technologies)を用いて有害金属の溶出濃度、イオンクロマトグラフ(ICS-5000,DIONEX)を用いて硫酸イオン濃度を求めた。また、X線回折分析(XRD:MultiFlex,Rigaku)により、コア試料の鉱物組成を同定した。

3. 結果および考察

図1に廃棄物層から採取したコア試料の有害金属含有量ならびに溶出量の結果を示す。XRF分析と溶出試験の結果から、Cu、Mn、Znの含有量と溶出量が高い試料(図1、試料No.08)が確認された。表1に、XRD分析により同定された鉱物と溶出液のpHならびに硫酸イオン濃度の結果を示す。XRD分析の結果、多くの試料でcalcite(CaCO_3)、gypsum($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、quartz(SiO_2)が同定された。硫酸イオン濃度は、gypsumが同定されたコア試料で高い

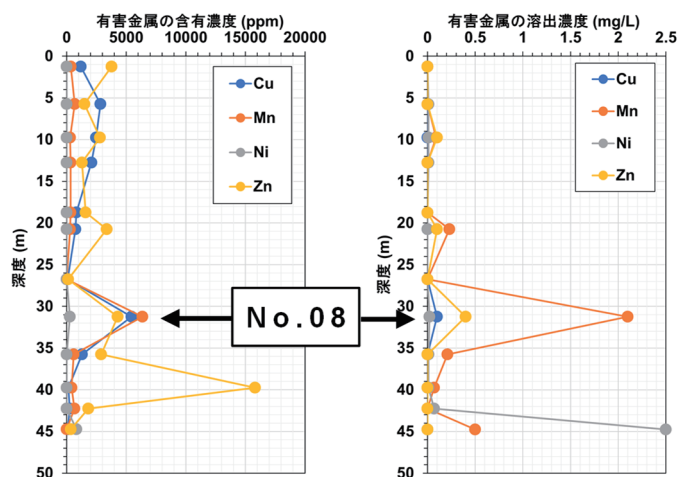


図1 B-5の有害金属含有量と溶出量

表1 B-5で同定された鉱物と溶出液のpH, 硫酸イオン濃度

試料番号	深度 [m]	Albite	Calcite	Chlorite	Gibbsite	Gypsum	Iron oxide	Muscovite	Quartz	Weddellite	Whewellite	pH	SO ₄ ²⁻ [mg/L]
No.01	1.25	—	○	—	—	○	—	—	○	—	—	6.7	400
No.02	5.75	—	○	—	—	○	—	—	○	—	—	6.9	430
No.03	9.75	—	○	—	—	○	—	—	○	—	—	7.0	450
No.04	12.75	—	○	—	—	○	—	—	○	—	—	7.1	300
No.05	18.75	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	7.2	190
No.06	20.75	—	○	—	—	○	—	—	○	—	—	7.2	170
No.07	26.75	—	○	—	—	—	—	—	○	—	—	7.5	36
No.08	31.25	—	○	—	—	○	○	—	○	○	○	7.2	170
No.09	35.75	—	○	—	—	—	—	—	○	○	○	7.3	130
No.10	39.75	○	○	○	—	—	—	○	○	—	—	7.2	170
No.11	42.25	—	○	—	—	○	—	—	○	—	—	7.5	150
No.12	44.75	—	—	—	○	○	—	—	○	—	—	7.2	390

値を示す傾向が見られた。試料 No.08 は、XRD 分析により weddellite, whewellite (CaC₂O₄·2H₂O) が同定された (表 1)。シュウ酸カルシウムは、焼却残渣中にわずかに含有するシュウ酸が Ca²⁺との共沈により生成することが知られている³⁾。あるいは、シュウ酸を含む廃液の中和処理によって生じた汚泥にもシュウ酸カルシウムが含まれていると考えられる。シュウ酸は、Cu, Zn などの有害金属と溶解度の高い錯体を形成する⁴⁾。また、シュウ酸カルシウムの Ca²⁺と 2 価の有害金属との間で置換反応が生じる場合には、溶解度の高い錯体を形成してしまう。試料 No.08 は他の試料と比較すると有害金属の含有量が高く、相対的に溶出量も高くなっている可能性が考えられる。しかしながら、埋立廃棄物中に存在するシュウ酸あるいはシュウ酸カルシウム鉱物が、有害金属の溶出性や移動性を高めてしまうことが懸念されるため、今後の検討を要する。

4. 結論

本研究では、管理型最終処分場から採取したボーリング掘削コア試料を XRF 分析、溶出試験、XRD 分析に供し、鉱物組成の違いが有害金属の溶出性に与える影響について検討した。その結果、シュウ酸カルシウムなどの特定の鉱物が存在することによって、廃棄物層に含有する有害金属の溶出性が高まってしまう可能性があることを見出した。

謝辞

本研究は全国環境研究所協議会の提言に基づく、地方環境研究所と国立環境研究所の共同研究課題「最終処分場ならびに不法投棄地における迅速対応調査手法の構築に関する研究」の一部として実施されたものであり、各関係協力機関に謝意を表する。

参考文献

- 1) Du B, Li J, Fang W, Liu J: Comparison of long-term stability under natural ageing between cement solidified and chelator-stabilised MSWI fly ash. *Environ. Pollut.*, 250, 68–78 (2019).
- 2) Øygard JK, Måge A, Gjengedal E: Estimation of the mass-balance of selected metals in four sanitary landfills in Western Norway, with emphasis on the heavy metal content of the deposited waste and the leachate. *Water Res.*, 38, 2851–2858 (2004).
- 3) Piantone P, Bodenan F, Chatelet-Snidaro L: Mineralogical study of secondary mineral phases from weathered MSWI bottom ash: Implications for the modelling and trapping of heavy metals. *Appl. Geochem.*, 19, 1891–1904 (2004).
- 4) Furukawa T, Takahashi Y: Oxalate metal complexes in aerosol particles: Implications for the hygroscopicity of oxalate-containing particles. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 4289–4301 (2011).

水生昆虫の環境 DNA 調査手法開発中間報告

-プロトコル改善による検出率の向上-

長谷部勇太¹

(¹神奈川県環境科学センター)

1. はじめに

水生昆虫類を中心とした河川等の底質に生息する生物(以下「底生動物」)は水質等の環境の変化に鋭敏に反応することから、古くから水質評価を始めとした水環境の健全度評価に用いられてきた¹⁾。

生物を用いた水環境の評価は長期的な水質を反映する等、化学的な水質評価に比べて優位な点がある一方で、調査手法としては捕獲を主体としており、調査に必要な人的資源と分類学に関する知識がネックとなり、全国において広く実施されている状況には至っていない。

このような中、近年新たな生物調査手法として環境中に放出された生物の DNA から生物の生息状況を把握する手法、いわゆる「環境 DNA 調査」が注目を集めている。従来の捕獲調査に比べて効率的に調査が可能なこと等優れた点があり²⁾、魚類では実用化が進んでいるものの、底生動物についてはプライマーや対象となる領域の DNA データベースの登録不足等により、実用化は進んでいない。

そこで当センターでは、全国環境研協議会からの提言を受けて国立環境研究所と複数の地環研等の研究者が参加して共同研究を実施する仕組みである「II 型共同研究」を活用して、底生動物のうち、その多くを占める水生昆虫類に着目した環境 DNA 調査手法の開発を進めている。

本発表では上記の国 II 型研究で得られた環境 DNA サンプルの分析に先立ち、県内で採取した環境 DNA サンプルを用いて実施した基礎的な調査結果について報告する。

表1 調査地点一覧

No.	水系	支川名	調査地点
1	相模川	八瀬川	新八瀬川橋
2	相模川	谷太郎川	谷太郎川マス釣り場上流
3	酒匂川	中津川	寄・大寺橋
4	酒匂川	世附川	大又沢・法行沢橋下流
5	酒匂川	酒匂川本川	足柄大橋下流・右岸
6	酒匂川	四十八瀬川	甘柿橋上流

2. 調査方法

2. 1 調査地点と調査時期

神奈川県内を流れる相模川水系 2 地点と酒匂川水系 4 地点の計 6 地点を調査地点とした(表 1、図 1 のとおり)。

調査は 2021 年 5 月 24 日~26 日にかけて実施した。

2. 2 環境 DNA 調査

各地点で 1 L の採水を 5 反復行い、塩化ベンザルコニウムを終濃度 0.01% となるよう添加し、冷蔵保存の上、48 時間以内にステリベクス(孔径 0.45 μm)でろ過を行った。分析にはこれら 5 反復のうち 3 つを用いた。

ステリベクスからの DNA 抽出については Wong et al.(2020)のインレットから注入する手法(以下「新手法」)を用いて行った³⁾。この理由として事前検討において、同じ地点で作成したサンプルを新手法と環境 DNA 学会の

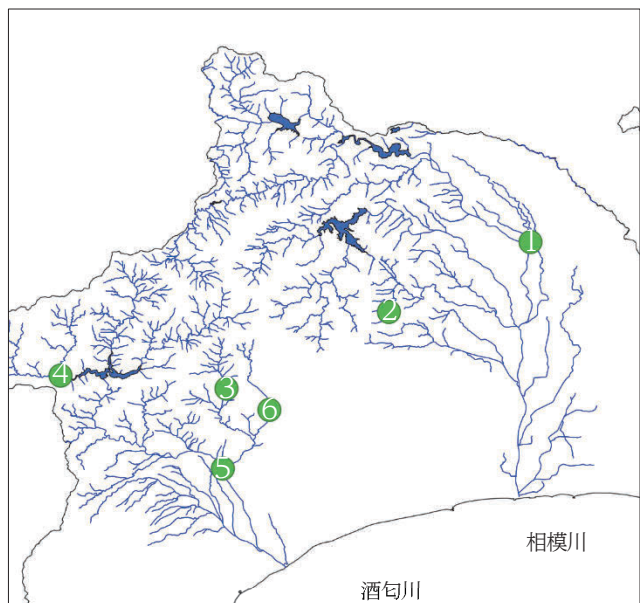


図1 調査地点図

マニュアル(以下「学会マニュアル」)で定める方法で抽出を行い、DNA 濃度を比較したところ新手法の方が高濃度であることが確認されたため、同手法を採用した。

プライマーには Takenaka et al.(2021)の MtInsect-16S を用いた⁴⁾。事前検討においてトビケラ目については実際の捕獲個体数に比べ、次世代シーケンサーから得られるリード数が少ないことが明らかとなっており、その原因の一つとして PCR 工程における増幅バイアスの影響が考えられた。その影響を評価するため2通りの PCR を行い、別々に分析を行った。

一つ目の PCR は、学会マニュアルの MiFish プライマーによる網羅解析と同様に2段階の PCR を行い、1stPCR は 35 サイクル、2ndPCR は 10 サイクルとした(以下「2 段階 PCR」)。

2 つ目の PCR は、まず次世代シーケンサー用のアダプター配列がついていないプライマーで PCR を 26 サイクル行い、次に得られた PCR 産物の一部をアダプター配列がついているプライマーで PCR を 10 サイクル行った。その後、2 段階 PCR では 2ndPCR にあたる、個別のサンプルを識別するためのインデックス付与のための PCR を 10 サイクル行った(以下「3 段階 PCR」)。

各サンプルから得られた PCR 産物を等量で混合し、濃度調整を行い、iseq100 で分析した。

分析データを解析して得られた Operational Taxonomic Unit(以下「OTU」)を BLAST 解析し、98%以上一致したもののうち一致率が最も高い種を当該 OTU の種と判断した。

2. 3 捕獲調査

環境 DNA の種の検出率を算定するため、環境 DNA の採水が終了した後に捕獲調査を実施した。調査手法としては「平成 28 年度版河川水辺の国勢調査マニュアル[河川版]」で定める定量採取を瀬で 3 回実施し、併せて調査地点の河川環境区分を網羅するように定性採取を実施し、種・属の同定を行った。

3. 結果

3. 1 2 段階 PCR と 3 段階 PCR の分類群毎のリード数比率

2 段階 PCR と 3 段階 PCR によるカゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目のリード数の比率をまとめたものを図 2 に示す。ここでカゲロウ目、カワゲラ目、トビケラ目を選択したのは、河川の昆虫相において種数及び個体数が多いことと、県が独自で整備した DNA データベースの種数が多いためである。

総じて 3 段階 PCR の方が 2 段階 PCR よりもトビケラ目のリード数が増えており、概ね 1.1~2.3 倍のリード数が得られた。

3. 2 捕獲調査で確認された種の検出率について

各調査地点において捕獲調査で確認された種又は属について、環境 DNA 調査での検出率を分類群

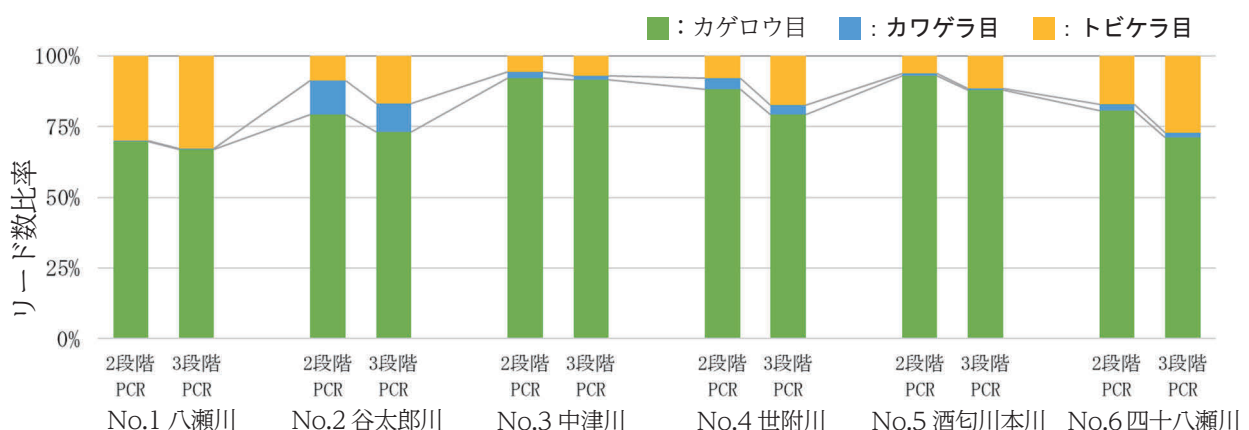


図 2 各調査地点における分類群毎のリード数比率

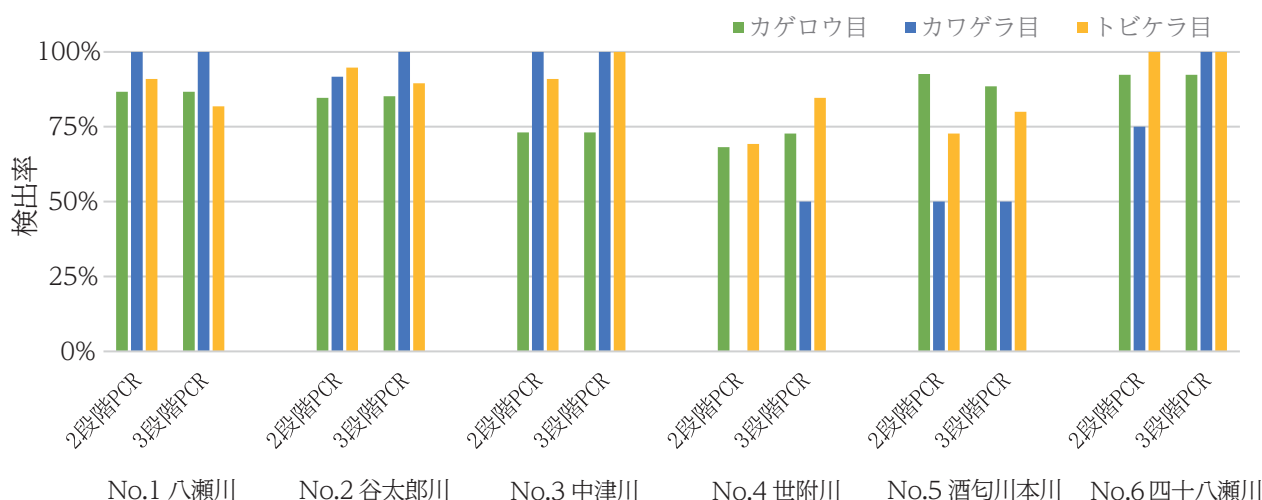


図3 各調査地点における捕獲調査確認種の検出率

毎にまとめたものを図3に示す。捕獲調査では形態同定の限界から属までの同定にとどまることがあり、その場合、環境DNAで同属種のDNAが検出された場合には当該属が検出されたものとして扱った。

2段階PCRについてはトビケラ目のリード数が3段階PCRに比べて少なかったものの、検出率については大きな違いは見られなかった。今回は各地点におけるリード数を一定にするといった処理、いわゆるRarefactionを行わなかったが、実際に地点毎の生物群集の比較の際にはRarefaction解析を行うことが一般的のため、その際には2段階PCRの方がトビケラ目の検出種数が減少する可能性が考えられた。

4. まとめ

環境DNA調査において、トビケラ目は捕獲個体数に比べてリード数が少なくなる傾向がみられ、その原因の一つとしてPCR工程における増幅バイアスの存在が考えられた。その影響を評価するため、2段階PCRと3段階PCRによるライブラリー調整を実施し、分析を行った。

その結果、トビケラのリード数比率についてはいずれの地点でも3段階PCRの方が高く、最大で2.3倍程度の違いがみられた。一方、捕獲調査で確認された種の環境DNA調査における検出率は、2段階PCRも3段階PCRも大きな違いは見られなかった。

2段階PCRで得られたトビケラ目の低いリード数では、地点毎の生物群集の比較の際に通常実施するRarefaction解析により不検出となる可能性が高くなることから、水生昆虫類の環境DNA分析の際には3段階PCRによるライブラリー調整を実施することが望ましい。

参考文献

- 1) 津田松苗, 森下郁子:生物による水質調査法,山海堂, 1974
- 2) Darling JA, Mahon AR.:From molecules to management:adopting DNA-based methods for monitoring biological invasions in aquatic environments. Environmental Research,111:978-988 (2011).
- 3) Wong, M.KS., Nakao, M. & Hyodo, S.:Field application of an improved protocol for environmental DNA extraction, purification, and measurement using Sterivex filter. Sci Rep 10, 21531 (2020).
- 4) Takenaka M, Yano K, Suzuki T, Tojo K: Development of novel PCR primer sets for DNA metabarcoding of aquatic insects, and the discovery of some cryptic species. bioRxiv,2021

降雨時の市街地・道路から流出する硝酸イオンの挙動

○横山新紀¹

(¹千葉県環境研究センター)

1. はじめに

千葉県の印旛沼は県北部に位置し、流域は都市化が進み沼への汚濁負荷の流入により富栄養化している。全窒素の流入負荷量は面源系が大きく7割を占める。今回、面源系全窒素負荷のうち降雨時の市街地排水・道路排水について調査を各1地点で行い、硝酸イオン(NO_3^-)の流出の挙動について検討を行った。

2. 調査方法

図1、2に調査地点を示した。市街地排水調査は流域西部の習志野台団地調整池の雨水流入口で実施した。この地区は分流式の下水道が完備されており、市街地排水は雨水由来である。また道路排水調査を約20km離れた流域東部の北千葉道路の橋梁部で実施した。

市街地排水調査は2020年から降雨初期時の初期排水調査(バケツ採水、概ね降雨開始1、2時間後)を行い、併せて2021年から自動採水機による降雨全量排水調査を開始した。道路排水調査は2019年から降雨初期時の初期排水調査(バケツ採水、概ね降雨開始1時間後)を行い併せて自動採水機による降雨全量排水調査を開始した。採水後の試料はクロマトディスク($0.2\mu\text{m}$)でろ過後、イオンクロマトグラフ(東ソーIC-2010)で分析した。

3. 結果

(1) 市街地排水及び道路排水の降雨全量排水調査

図3に市街地排水(1時間間隔)及び道路排水(2時間間隔)の2021年3月23日の NO_3^- 濃度、降水量(1時間間隔)の推移を示す。市街地排水は降り始めの2時頃には9 mg/L程度で、8時間後の10時でも7 mg/L程度と変化が小さかった。その後降雨が1 mm/hから2 mm/h程度に強まり、10時間後の12時には2 mg/L程度に低下した。 NO_3^- 濃度は数時間初期の濃度を維持し、降雨が強まった際に低下する傾向が見られた。

道路排水は、降り始めの2時頃には16 mg/L程度であったが、4時間後の6時には4 mg/L程度まで大きく低下した。道路排水の NO_3^- の濃度は降雨初期は高いがその後速やかに低下する傾向が見られた。市街地排水や道路排水のこうした NO_3^- 濃度の推移は他の降雨時にも見られた。

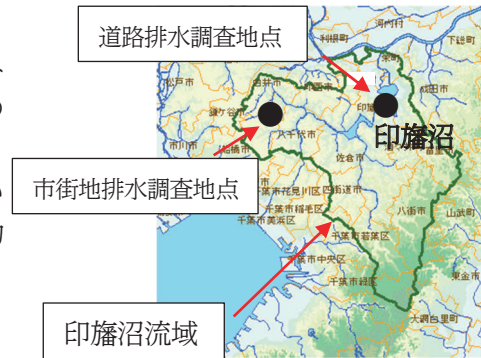


図1 調査地点



図2 調査地点 (上段 市街地：習志野台団地調整池、下段 道路：北千葉道路採水地点)

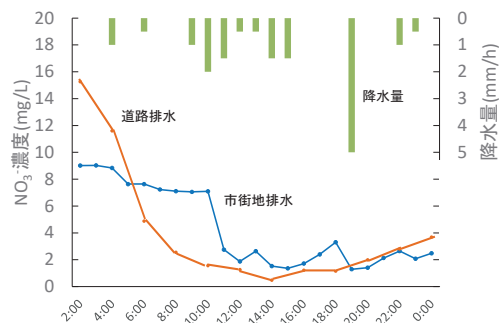


図3 市街地排水、道路排水濃度の推移(2021.3.23)

表1に道路排水調査の降雨全量排水調査結果(2020~2021年の10回の測定結果)を示す。各回ともほぼ一降水全量を採水した。降水量は2.5~80.0mmと幅広く、台風など大雨も含まれる。NO₃⁻の濃度は0.49~9.12mg/L、NO₃⁻-Nの負荷量は0.38~10.50mg/m²とかなり幅が広がった。

表1のNO₃⁻-Nの負荷量から月平均の降水量1mm当たりの負荷量を求め、2020年7月~2021年11月の降水量(気象庁アメダス佐倉)を乗じて算出したNO₃⁻-N負荷量を図4に示す。2020年は10~20mg/m²程度だったが、2021年5月に60mg/m²と大きな値となった。2021年6月以降は5mg/m²以下と低い値であった。

(2) 道路排水の降雨初期時の初期排水調査

図5に道路排水の初期排水調査のNO₃⁻濃度の推移を示す。2020年5~6月頃は30mg/L程度の事例が複数見られ濃度が高かったが、2021年6月は20mg/L程度、2022年6月には15mg/L程度としだいに濃度は低下した。

4. 考察

道路排水の初期排水調査のNO₃⁻濃度は上記のとおり濃度変化が見られることから、要因を検討した。道路排水調査は橋梁上で行っており他の排水が混入する可能性はほとんどないことから、NO₃⁻濃度変動の要因として大気から沈着する粒子や雨水成分の影響の可能性がある。そこで、大気からの窒素沈着量を推計した。ガス及び粒子による乾性沈着量は、佐倉の県酸性雨調査結果のフィルターパック法による結果からインファレンシャル法¹⁾により求め、雨水による湿性沈着量は降水調査結果¹⁾を用いて両者を合計して算出した。佐倉の大気調査地点と道路排水調査地点とは7キロの距離であり、大気的一般場としては大きな違いはないと想定される。なお乾性と湿性の沈着量は概ね同程度である。

図6に大気窒素沈着量推移(3ヶ月移動平均値)を示す。概ね5、6月頃に最も高くなる季節変化が見られる。図7に月毎の大気窒素沈着量と道路排水の初期排水NO₃⁻濃度の関係を示す。黄砂や大雨の極端事例があるものの、大気窒素沈着量が0.1g/m²/月前後と高い場合には初期排水NO₃⁻濃度は概ね30mg/L程度と高い傾向が見られた。

表1 道路排水調査の降雨全量排水調査結果

No.			総雨量 (mm)	継続 時間 (h)	1時間降雨最大 値 (mm・h ⁻¹)	NO ₃ -N濃度 (mg・L ⁻¹)	NO ₃ -N負荷 量 (mg・m ⁻²)	NO ₃ -N濃度 (mg・L ⁻¹)	単位降水当り NO ₃ -N負荷量 (mg・m ⁻² ・mm)
1	2020年	7/17-18	56.0	16	16.0	0.16	3.89	0.71	0.069
9/9		21.5	1	21.5	0.67	1.37	2.97	0.064	
10/9-10/10		53.5	27	8.0	0.11	3.22	0.49	0.060	
4		10/23	4.5	6	1.0	1.45	0.38	6.42	0.084
5	2021年	1/23-25	26.0	35	1.5	1.74	10.50	7.71	0.404
6		3/21-22	9.5	23	4.5	0.70	1.26	3.10	0.133
7		5/13	2.5	10	0.5	2.06	1.54	9.12	0.616
8		6/29	32.0	11	5.5	0.43	1.26	1.90	0.039
9		9/30-10/1	80.0	23	9.5	0.59	1.06	2.61	0.013
10		11/8-9	56.5	19	14.5	0.43	1.00	1.90	0.018

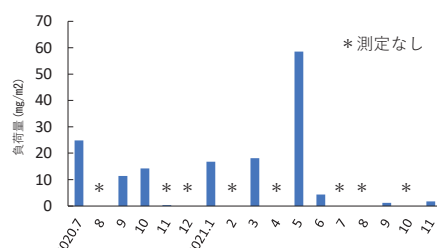


図4 月毎のNO₃⁻負荷量推計値

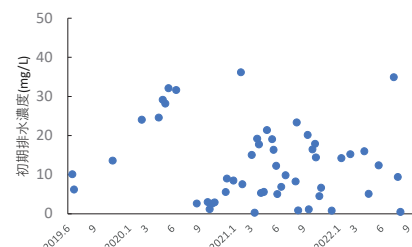


図5 初期排水のNO₃⁻の濃度

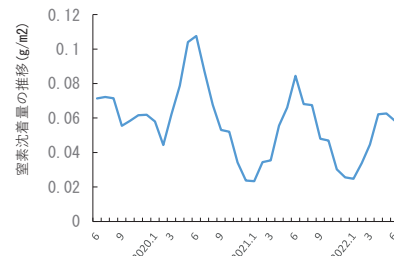


図6 大気窒素沈着量推移
(3ヶ月移動平均値)

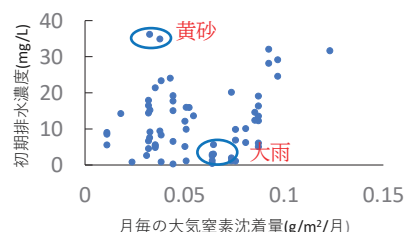


図7 大気窒素沈着量と初期排水
NO₃⁻濃度

参考文献 1) 全国環境研協議会：第6次酸性雨全国調査報告書2020(令和2)年度

[https://tenbou.nies.go.jp/science/institute/region/journal/05JELA_4703002_2022特集\(酸性雨部会\).pdf](https://tenbou.nies.go.jp/science/institute/region/journal/05JELA_4703002_2022特集(酸性雨部会).pdf)(2022.12.23 アクセス)

謝辞 本研究の一部は(独)環境再生保全機構「環境研究総合推進費」(JPMEERF20202001)により実施した。

印旛沼における植物プランクトンの増殖機構について

○星野武司・品川知則
(千葉県環境研究センター)

1. はじめに

千葉県の北部に位置する印旛沼(図1)は、湖沼水質特別措置法に基づく指定湖沼であり、昭和60年度の指定以来、現在までに8期にわたり湖沼水質保全計画を策定し総合的な施策を実施している。

しかしながら、水質の有機汚濁を示す指標である化学的酸素要求量(COD)は、ほぼ横ばいで改善傾向を示していない。過去の調査結果から、その要因の一つとして植物プランクトンの優占種の変化、特に冬期～春期の珪藻量の増加によるものが推定されている。その一方で、気候変動による水温上昇により、藍藻の優占期間が長期化し、利水等に影響を与えるおそれがあるという予測もされている¹⁾。

今回、植物プランクトンの優占種を決定する要因について明らかにすることを目的に、沼内に植物プランクトンのクロロフィルa量を網別に測定可能な水質計を設置し連続的な測定及び沼内の複数地点において鉛直方向の分布調査を行った。また、定量PCR法により底質中の藍藻存在量の推定を行った。

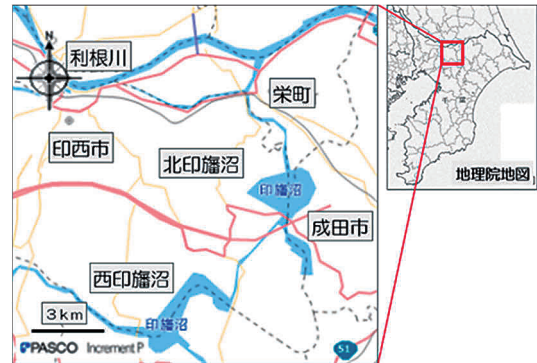


図1 印旛沼の位置

2. 調査方法等

(1) 環境基準点における網別クロロフィルa濃度調査

2021/5/27 から印旛沼環境基準点の上水道取水口下の底面から75cmの位置にJFEアドバンテック多波長励起蛍光計Multi-Exciterを設置し、30分おきに蛍光強度を測定した。得られた強度の測定結果をもとに、藍藻、珪藻由来のクロロフィルa濃度を推定した。

(2) 西印旛沼における鉛直分布調査

2021/5/26及び、2022/3/23の2回、西印旛沼の8地点(図2)において、多波長励起蛍光光度計Multi-Exciter(JFEアドバンテック)を水面から底面まで約10cm/s以下の速度で複数回、上昇・降下させ、1秒間隔で装置深度及び蛍光強度を測定し、網別クロロフィルa濃度を測定した。

(3) 定量PCRを用いた底質中の藍藻存在量調査

鉛直分布調査と同調査日・調査地点において、底質試料を採取した。また、2021/3/23、2021/7/13、2021/8/24、2021/11/15、2022/1/27に上水道取水口下の底質試料を採取した。底質試料は、船上からエクマン・バージ型採泥器で底泥を採取し、表層1cmを混合し検体とした。遠心分離により上澄みを除いた後、DNA抽出を行った。

Microcystis 遺伝子の検出は、既往研究^{2),3)}と同様の手法で行い、ターゲット遺伝子の増幅は、溶解曲線により確認した。細胞数を計数し、単位体積あたりの細胞濃度を算出した *Microcystis aeruginosa* (NIES-87) 培養液を段階希釈した試料について、DNA抽出・リアルタイムPCRを行い、各試料の細胞濃度を推定した。



図2 調査地点

3. 調査結果及び考察

(1) 環境基準点における網別クロロフィル a 濃度調査結果

得られた調査結果のうち特徴的な変化が見られた 2021/8/13~8/31 の藍藻及び珪藻由来のクロロフィル a の時間変化及び雨量の結果を図 3 に示す。8/14~15 においては、長期間の降雨が見られたが、その後の 8/17 から珪藻由来のクロロフィル a が主に増加していた。それに対し、8/23 の短期間の強い降雨後においては、8/25 から藍藻由来のクロロフィル a が主となる現象が見られた。

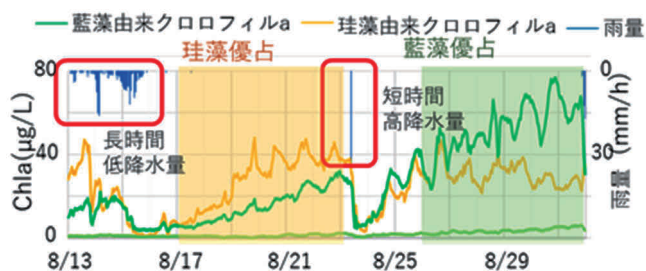


図 3 降雨パターンと植物プランクトン組成

(2) 西印旛沼における鉛直分布調査結果

2021/5/26 における西印旛沼 8 地点の鉛直調査結果のうち、西印旛沼の最上流及び最下流に位置する、阿宗橋及び双子橋のものを図 4 に示す。藍藻は、両地点で 0.5m 付近をピークとする分布が見られた。一方で、珪藻は阿宗橋では藍藻と同様に 0.5m 付近をピークとする分布が見られたのに対し、双子橋では底層に向かい増加する傾向が見られた。

(3) 定量 PCR を用いた水質及び底質中の藍藻存在量調査結果

2022/3/23 における西印旛沼の底質中の藍藻量を図 5 に示す。河口部（阿宗橋、手繰川河口、飯野龍神橋）では低くなるが沼内の底質中では差は見られなかった。一方で、先崎地先については、存在量が他点よりも高い傾向が見られた。

4. 今後について

今回、多波長励起蛍光光度計を用い、藍藻及び珪藻の連続的なプランクトン変化及び、多地点での鉛直分布について調査を行った。現在も調査は継続しており、これらの結果及び底質中の藍藻類の存在量を詳細に解析することにより、印旛沼における植物プランクトンの優占機構の解明につながる事が期待される。

参考文献

- 1) 気候変動による印旛沼とその流域への影響と流域管理方法の検討. 地域適応コンソーシアム成果報告 https://adaptation-platform.nies.go.jp/conso/adaptation/pdf/kanto/kanto_FinalReport_0203.pdf
- 2) Tomioka, N., Imai, A., Komatsu, K.: 2011. Effect of light availability on *Microcystis aeruginosa* blooms in shallow hypereutrophic Lake Kasumigaura. J. Plankton Res., 33, 1263. (2011)
- 3) 長濱祐美・中川圭太・菅谷和寿・富岡典子・相崎守弘: 霞ヶ浦底泥における *Microcystis* rDNA の分布と季節変動. 水環境学会誌, 40, 183(2017)

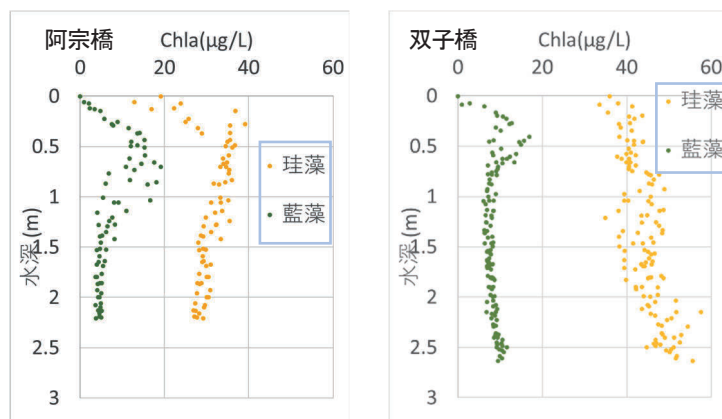


図 4 水深とクロロフィル a の関係

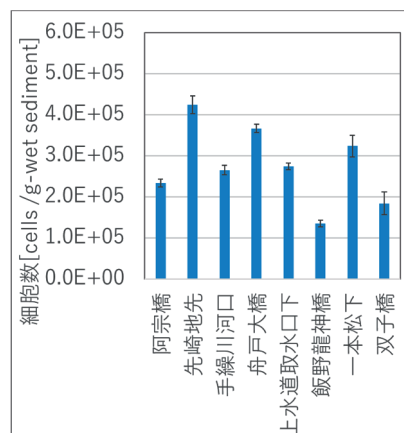


図 5 各地点の藍藻量