

ISSN 2424-1083

季刊 全国環境研究会誌

JOURNAL OF ENVIRONMENTAL LABORATORIES ASSOCIATION

Vol.48 No.1 2023 (通巻 166 号)



目 次

[巻頭言]

社会的ニーズに応える地域環境研究所へ 木村弘子 / 1

[特 集／第49回環境保全・公害防止研究発表会]

第49回環境保全・公害防止研究発表会の概要 鹿児島県環境保健センター / 2

特別講演「気候変動適応への取組みと課題」 肱岡靖明 / 8

各座長によるセッション報告 橋本雅司・横山新紀・田中仁志・
友寄喜貴・山本重一 / 21

[特 集／環境DNAを用いた環境調査の現状と展望]

令和4年度全国環境研協議会環境生物部会「生物学的調査研究推進のための研修会」の概要
..... 福岡市保健環境研究所 / 27

[報 文]

群馬県内河川における環境DNAを利用した魚類生息調査
..... 吉野有希菜・木村真也・塚越博之・今藤夏子 / 29

ジフェニルカルバジド吸光光度法によるクロム(VI)分析における試料中夾雑物質による
妨害除去に着目した改良法の確立 金附宏明・多田哲子 / 34

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・入澤 歩・那須康輝・樊 少艶・
谷口圭輔・恩田裕一 / 40

C O N T E N T S

Fish Habitat Survey Using Environmental DNA in Rivers in Gunma Prefecture Yukina YOSHINO, Shinya KIMURA, Hiroyuki TSUKAGOSHI, Natsuko KONDO	/ 29
Study of Effects of Sample Matrix and Establishment of an Improved Method Focusing on Elimination of Interference Caused by Sample Matrix in the Diphenylcarbazide Absorptiometry for Hexavalent Chromium Analysis Hiroaki KANATSUKI, Noriko TADA	/ 34
Dynamics of radiocesium in rivers in Hamadori, Fukushima Prefecture Yukio TAKEUCHI, Ayumi IRISAWA, Kohki NASU, Shaoyan FAN, Keisuke TANIGUCHI, Yuichi ONDA	/ 40

◆巻頭言◆

社会的ニーズに応える地域環境研究所へ

宮城県保健環境センター所長 木村 弘子



令和4年度の全国環境研協議会北海道・東北支部長を務めさせていただいております宮城県保健環境センター所長の木村と申します。日頃、様々な御協力を賜り厚く御礼申し上げます。

宮城県は、皆様から多大なる御支援を寄せていただいたことで、東日本大震災からの「創造的な復興」を目指し、全力で取り組むことができました。深く感謝申し上げます。

さて、本県は、本格的な人口減少を迎えるにあたり、地域経済・社会の持続性を確保するとともに、大規模化・頻発化する自然災害や新型コロナウイルス感染症等に的確に対応することとしています。

さらに、地域の自然環境や生活環境の保全と併せて地球環境問題にも積極的に取り組むため、令和3年3月に策定した「宮城県環境基本計画（第4期）」に基づき、「2050年二酸化炭素排出実質ゼロ」の脱炭素社会の構築に向けた温室効果ガスの排出源対策や吸収源対策に加え、気候変動への適応や環境・エネルギー関連産業の振興を図り、環境負荷の少ない地域経済システムの確立に向けて取り組む方針を公表しています。

こうした中、宮城県保健環境センターは、保健衛生や環境保全に関する試験検査や調査研究を総合的に行う技術的中核機関として、情報発信や県民ニーズを把握する役割を担っています。

その一環として、所内に設置されている環境情報セン

ターでは、環境教材の貸出や夏休み環境学習教室の開催（写真①）、環境教育リーダーの派遣業務のほか、環境関係のNPOとの意見交換会を実施しています。

また、令和3年11月からツイッターによる情報発信を始め、本県の他の試験研究機関が取り組んでいる気候変動適応技術等も紹介しています。

さらに、環境負荷の低減、災害対応能力の強化や経済波及効果が期待できる水素エネルギーの活用を推進する取組として、水素燃料の発生装置が設置され、燃料電池自動車を公用車として活用しています（写真②）。

宮城県保健環境センターは、衛生研究所としての役割も担っており、東京電力福島第一原子力発電所事故を受けて、海水等の環境試料のほか、県内流通加工食品や浄水場原水等の放射性物質や新型コロナウイルス感染症の検査等も行っています。

新型コロナウイルス感染症の検査体制については、国内感染者が確認された令和2年1月時と比べて検査対応人員を2倍強に、また、1日当たりの最大検査可能件数を10倍以上に強化し、直面する社会的ニーズへの対応に努めています。

今後、益々、社会的ニーズへの対応が求められ、全国環境研協議会の役割やその意義の高まりによって、相互の連携・協力が更に重要になっていくと思います。なお一層の御指導、御協力を賜りますようお願い申し上げます。

写真①



写真②



＜特集＞第49回環境保全・公害防止研究発表会

第49回環境保全・公害防止研究発表会の概要

鹿児島県環境保健センター

令和4年11月16日（水）、17日（木）の2日間、環境省、全国環境研協議会及び鹿児島県の共催による第49回環境保全・公害防止研究発表会がオンラインで開催されました。

1日目は開会式、特別講演及び研究発表が行われ、2日目は引き続き研究発表、そして閉会式が行われました。

研究発表では、全国環境研協議会の会員から計22題の演題応募があり、水環境（10題）、生物（1題）、化学物質（1題）、廃棄物（2題）、大気（5題）、気候変動（1題）、放射線（2題）の研究発表が行われました。



（鹿児島県環境保健センター所長 吉田 隆典）

1. 開会あいさつ

鹿児島県環境保健センターの吉田でございます。本日は、第49回環境保全・公害防止研究発表会に御参加をいただき、開催県事務局として心から感謝申し上げます。

この研究発表会は、全国の環境関係の試験研究機関の皆様、日頃の研究成果を発表していただく場として、また、研究者相互の連携を図る場として毎年開催されております。今年度の特別講演では、国立環境研究所気候変動適応センターの肱岡様から、気候変動に関するテーマで御講演をいただくことになっております。また、研究発表では、水環境、大気、化学物質などの5つのセッションで、合わせて22題の発表が予定されております。

皆様には鹿児島にお越しいただき、雄大な桜島を御覧いただきたかったところでございますが、残念ながら新型コロナウイルス感染症の影響で、昨年度に引き続きオンラインによる開催となりました。私ども不慣れではございますが、できる限りの準備をさせていただきました。不行き届きの点もあろうかと存じますが、皆様の御協力をいただきながら、有意義な研究発表会となりますよう努めて参ります。

それでは、2日間、熱心な御討論や発表会のスムーズな進行への御協力をお願いいたしまして、ただいまから、第49回環境保全・公害防止研究発表会を開会いたします。どうぞ、よろしくお願いいたします。

2. 主催者あいさつ

○ 環境省あいさつ



（環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室長 加藤 学）

環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室の加藤でございます。地方環境研究所の皆様は、各地域が直面する様々な環境問題に対して、日々対応を進められていることと存じます。皆様の御尽力に敬意を表します。

また、今回の第49回の研究発表会は、昨年と同様に、Web開催となり、準備には様々な苦勞を伴ったことと存じます。準備を進められました鹿児島県の関係者の皆様には感謝申し上げます。

さて、現在の環境行政は、持続可能な経済社会の構築に向け、脱炭素、循環経済、分散・自然共生という様々な切り口で、経済社会を変革することが必要と認識して

ございます。そして、今年度も激しい気象状況が発生し、この背景としまして、気候変動が指摘され、生態系、水質、大気等への懸念も存在してございます。地方環境研究所には、それぞれの地域におきまして、対策検討や、そのベースとなる基礎研究、知見の集積等に対して、様々な役割が期待され、加えまして、新規課題にも果敢な取り組みを頂戴したい所存でございます。

また、平成30年に施行された気候変動適応法を踏まえ、現時点で、都道府県、政令市、市区町村の合計54の地方公共団体に、合計53の地域気候変動適応センターが設置されてございます。深く感謝申し上げます。

なお、昨年度も御説明しましたが、環境省としましては、競争的資金でございます環境研究総合推進費等を通じまして、地方環境研究所の取り組みをサポートしていく考えでございます。積極的な活用を御検討ください。

最後になりますが、本日は、水環境、生物、化学物質、廃棄物、大気、気候変動、放射線に関しまして、研究発表が実施されると聞いてございます。この2日間の研究の発表が、皆様の相互研鑽の場となり、今後の地方環境研究所の取り組みの充実につながることを期待しまして、開会の挨拶とさせていただきます。よろしくお願いいたします。

○全国環境研協議会あいさつ



(会長 熊本県保健環境科学研究所長 廣畑 昌章)

熊本県保健環境科学研究所の廣畑でございます。昨年度に引き続き、全国環境研協議会の会長を務めさせていただきます。第49回環境保全・公害防止研究発表会の開会に当たりまして、主催者である全国環境研協議会を代表いたしまして、一言御挨拶申し上げます。

本日は、環境省環境研究技術室の加藤室長をはじめ、環境省の方々、また、全国の地方環境研究所や行政機関の方々に、多数、御参加いただき、誠にありがとうございます。また、今回、当研究発表会のお世話をいただいております吉田所長はじめ、鹿児島県環境保健センターの皆様、そして鹿児島県環境林務部の皆様には、事前準備から運営まで、大変御尽力いただいているところでござ

いまして、深く感謝申し上げます。2日間どうぞよろしくお願いいたします。

さて、この研究発表会は、本協議会の会員機関相互の連携と、知識及び技術の向上を図ることを目的としまして、毎年開催しているところでございます。本年度こそは、現地で開催できればと願っておりましたが、コロナ第8波に突入というような情報もある中で、残念ではございますが、昨年度に引き続き、Web開催となりました。ただ、Web開催とはいえ、この研究発表会は地方環境研究所が中心となり、開催するだけに、私ども地方環境研究所の研究発表の場としては非常に有意義な機会であると捉えております。

今回の研究発表会では、水環境分野を中心に、合計22の研究発表が行われる予定でございます。いずれも各機関や発表者の方々がそれぞれの地域における環境問題の解決に向けて、日々取り組んでこられた研究の成果であり、発表者の皆様には、これまでの成果を十分に発表していただきたく思います。また、参加者の皆様には、今後の研究のヒントを得られるなど、有意義な機会になることを期待するとともに、互いの交流を深めていただく機会にさせていただければと考えております。

なお、この後の特別講演では、国立環境研究所気候変動適応センター副センター長である肱岡先生に「気候変動適応への取り組みと課題」という演題にて御講演いただくこととしております。気候変動適応分野で国際的に中心的な役割を果たされております先生だけに、非常に興味深いお話をいただけるものと思っております。

最後になりますが、この研究発表会を通しまして、本協議会の会員機関相互の一層の連携と、今後の調査研究の一層の進展に繋がりますこと、また、研究の成果が各地域の住民の皆様の健康の保護と生活環境の保全に貢献しますことを祈念いたしまして、開会の挨拶とさせていただきます。よろしくお願いいたします。

○鹿児島県あいさつ



(鹿児島県環境林務部長 谷口 浩一)

鹿児島県環境林務部長の谷口でございます。第49回環

境保全・公害防止研究発表会の開会に当たり、開催県を代表しまして御挨拶申し上げます。本日は、環境省総合政策課環境研究技術室長の加藤様をはじめ、全国のたくさんの方々にこの発表会に御参加いただき、開催県として心からお礼申し上げます。

また、国立環境研究所気候変動適応センター副センター長の肱岡様におかれましては、大変お忙しい中、特別講演をお引き受けいただき、ありがとうございます。新型コロナウイルス感染症が、いまだ収束しない中、昨年度に引き続きオンラインによる開催となりますが、皆様の日頃の研究成果を全国に発信していただければ幸いです。

近年、気候変動適応法の制定、国による2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す旨の宣言、地球温暖化対策推進法の改正、生物多様性の保全、人と自然との共生、外来種の問題、越境大気汚染、マイクロプラスチックを含む海洋ごみ問題、国連での「持続可能な開発目標（SDGs）」の採択、国による「地域循環共生圏」の提唱など、環境をめぐる情勢の変化や新たな課題等が生じております。これらの課題等を解決するためには、行政、事業者、県民の皆様など、全ての主体がそれぞれの立場に応じた役割分担の下に、自主的かつ積極的に取り組むことが必要となっております。本県では、行政、事業者、県民の皆様が力を合わせて、一体となって地球温暖化対策を積極的に推進することにより、2050年カーボンニュートラルの実現を目指すことを表明するとともに、昨年3月には県環境基本計画を改定し、「豊かな自然との共生と地球環境の保全」を目指して、環境行政の推進に積極的に取り組んでいるところであります。

さて、せっかくの機会ですので、この場をお借りしま

して本県のPRをさせていただきます。本県は、雄大な桜島や錦江湾、世界自然遺産に30年ほど前に登録された屋久島、そして、昨年7月、新たに登録された奄美大島と徳之島など特色ある島々のほか、昨年11月、ラムサール条約に新規登録された「出水ツルの越冬地」など、自然が非常に豊かな地域であります。また、先月の全国和牛能力共進会で前回に引き続きまして「和牛日本一」に輝いた鹿児島黒牛をはじめ、かごしま黒豚、うなぎ、お茶、かんぱちなど、安心・安全な食の宝庫でもあり、魅力的な観光資源にあふれております。来年10月には、燃ゆる感動かごしま国体、また、これに続く、全国障害者スポーツ大会、燃ゆる感動かごしま大会が本県で開催されます。今後開催されるこうした大会の折には、是非、御来県いただければと思っております。

この後、肱岡先生にお願いしております特別講演に続きまして、水質汚濁、大気汚染など様々な分野の研究成果について発表が行われます。この発表会で皆様方の研究がより深まり、研究成果が施策に生かされ、環境問題解決の一助となることを期待しております。最後になりますが、今回の発表会が実り多いものになりますとともに、全国環境研協議会のますますの御発展を心から祈念いたしまして、御挨拶とさせていただきます。2日間どうぞよろしく願いいたします。

3. 特別講演

国立研究開発法人国立環境研究所気候変動適応センター副センター長の肱岡靖明先生により、「気候変動適応への取組みと課題」と題して、特別講演が行われました。概要は後段に特集として掲載します。

第49回環境保全・公害防止研究発表会プログラム概要

1日目（11月16日（水））

開会 (9:00～9:15)	○ 開会あいさつ 鹿児島県環境保健センター所長 吉田 隆典 ○ 主催者あいさつ 環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室長 加藤 学 全国環境研協議会長 廣畑 昌章 鹿児島県環境林務部長 谷口 浩一
特別講演 (9:20～10:20)	○ 演題 「気候変動適応への取組みと課題」 講師：肱岡 靖明（国立研究開発法人国立環境研究所 気候変動適応センター副センター長） 座長：廣畑 昌章（全国環境研協議会長、熊本県保健環境科学研究所長）

研究発表 (10:30~11:45)	○ セッション1 (水環境Ⅰ)
研究発表 (13:15~14:30)	○ セッション2 (水環境Ⅱ・生物・化学物質)
研究発表 (14:45~15:45)	○ セッション3 (水環境Ⅲ・廃棄物)

2日目 (11月17日 (木))

研究発表 (9:00~10:15)	○ セッション4 (大気)
研究発表 (10:30~11:15)	○ セッション5 (気候変動・放射線)
閉会 (11:20~11:40)	○ 閉会あいさつ 環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室長 加藤 学 ○ 次期開催機関あいさつ 鳥取県衛生環境研究所長 若林 健二 ○ 開催県閉会あいさつ 鹿児島県環境保健センター所長 吉田 隆典

4. 研究発表

研究発表は、22の演題について行われました。その概要は以下のとおりです。

(1) 1日目

○セッション1 (水環境Ⅰ)

座長：橋本 雅司 (山口県環境保健センター)

1-1 塩化物イオンを指標とした地下水の人為的負荷影響調査

秦 弘一郎 (福岡県保健環境研究所)

1-2 降雨時における市街地排水中の硝酸イオン濃度の年々変動

横山 新紀 (千葉県環境研究センター) ほか

1-3 2010年代の播磨灘における観測データを用いた栄養塩類の空間解析

古賀 佑太郎 ((公財)ひょうご環境創造協会 兵庫県環境研究センター) ほか

1-4 鹿児島湾及び流入河川の難分解性有機物について

前畑 健太 (鹿児島県環境保健センター)

1-5 鹿児島湾における植物プランクトンとCODの関係
伊口 航平 (鹿児島県環境保健センター)

○セッション2 (水環境Ⅱ・生物・化学物質)

座長：横山 新紀 (千葉県環境研究センター)

2-1 汽水域・海域における生物応答試験法の検討について

長谷川 絵理 (名古屋市環境科学調査センター) ほか

2-2 地方環境研究所が対象とする多様な水環境と管理に向けた生物応答の活用

田中 仁志 (埼玉県環境科学国際センター) ほか

2-3 大和川水系上流域における生活由来化学物質 (PPCPs) の環境実態調査

浦西 洋輔 (奈良県景観・環境総合センター) ほか

2-4 IC-ICP-MSを用いたガドリニウム化合物の形態別分析法の開発

中川 修平 (福岡県保健環境研究所) ほか

2-5 アクリル酸n-デシルの分析法開発及びアクリル酸エステル類の同時分析検討

清水 健志 (長野県環境保全研究所) ほか

○セッション3 (水環境Ⅲ・廃棄物)

座長：田中 仁志 (埼玉県環境科学国際センター)

3-1 福岡県内河川の定常時マイクロプラスチック調査

古賀 智子 (福岡県保健環境研究所) ほか

- 3-2 栃木県内の環境中に排出される廃プラスチック類に関する調査（第3報）
神野 憲一（栃木県保健環境センター）ほか
- 3-3 海岸漂着マイクロプラスチック調査を用いた環境学習の実施について
梶原 丈裕（山口県環境保健センター）ほか
- 3-4 GISを用いた災害廃棄物仮置場選定手法のマニュアル化について
水田 圭一（富山県環境科学センター）

(2) 2日目

○セッション4（大気）

座長：友寄 喜貴（沖縄県衛生環境研究所）

- 4-1 山口県における大気粉じん中の多環芳香族炭化水素類の調査について
高林 久美子（山口県環境保健センター）ほか
- 4-2 名古屋市における揮発性有機化合物の昼夜観測
上田 真久（名古屋市環境科学調査センター）
- 4-3 都市域バックグラウンドデータを用いたPM_{2.5}に対する地域変動寄与の簡易推定
角田 朋生（熊本県保健環境科学研究所）ほか
- 4-4 火山活動が大気環境に与える影響について
佐保 洪成（鹿児島県環境保健センター）
- 4-5 Pythonの利用による流跡線解析とその解析例について
田崎 盛也（沖縄県衛生環境研究所）

○セッション5（気候変動・放射線）

座長：山本 重一（福岡県保健環境研究所）

- 5-1 熱中症予防につながる調査研究及びその普及啓発について
田中 貴裕（川崎市環境総合研究所）ほか
- 5-2 東京湾、手賀沼、印旛沼及び流入河川底質中における放射性セシウムの長期的変動
中田 利明（千葉県環境研究センター）
- 5-3 福島県内の仮置場における除去土壌等保管容器及び遮水シートの長期耐久性評価
日下部 一晃（福島県環境創造センター）ほか

5. 閉会

環境省及び鹿児島県から閉会の挨拶が、鳥取県から次期開催機関としての挨拶がありました。

○環境省閉会あいさつ

環境省の加藤でございます。皆様、お疲れ様でした。この2日間で、水環境、生物、化学物質、廃棄物、大気、気候変動、放射線という、様々な分野での研究が発

表されました。皆様の御努力に敬意を表します。

また、Web開催での難しさや、様々な苦勞も生じたことと存じます。開催に尽力されました鹿児島県の皆様、また、発表された皆様に感謝申し上げます。次回は、鳥取県の皆様が主催されるとのこと、よろしくお願いいたします。

さて、昨日もお伝えしましたが、環境省としましては、環境研究総合推進費等を通じまして、皆様の取り組みをサポートして参ります。今回発表された中にも活用された研究がございました。すでに令和5年度スタートに向けた募集は終了してございますが、令和6年度スタートに向けた募集の開始は来年の9月頃の予定でして、検討期間もございますので、積極的に活用ください。

また、環境調査研究所による研修機会の提供につきまして、新型コロナウイルス感染症対策のため、現在は代替措置での研修等になってございますが、こちらも御活用ください。

加えまして、環境省だけではなく、国立環境研究所からも共同研究や気候変動適応に関する計画策定等に関して、地方環境研究所や地方公共団体へのサポートがございました。今回の発表の中にも、共同研究で自治体の研究発表がございました。引き続き、御相談ください。

さて、現在COP27が開催中ですが、2050年カーボンニュートラル宣言の発表や、昨今の激しい気象状況等を踏まえまして、環境問題の注目はますます高まっているところでございます。昨日もお伝えしましたが、地方環境研究所の皆様には、新規課題も含めて、果敢に取り組むことを期待している所存でございます。

最後になりますが、地方環境研究所の成果のさらなる社会還元、地方環境研究所のさらなる発展を期待申し上げ、閉会の挨拶とさせていただきます。ありがとうございました。

○次期開催機関あいさつ



（鳥取県衛生環境研究所長 若林 健二）

鳥取県の若林です。御挨拶をさせていただきます。次期第50回環境保全・公害防止研究発表会を鳥取県で

開催させて頂けることを大変光栄に思っております。

この発表会は、貴重な情報交換の場、そして貴重な交流の場であるという認識をしているところです。来年も意義深い発表会になるよう努めて参りたいと思っておりますので、どうぞよろしく願いいたします。職員一同で皆様を歓迎させていただきたいと思っております。多くの方々の御参加を心より願っているところでございます。

コロナ禍の中、不確定要素はありますが、来年、令和5年11月16日木曜日から翌17日金曜日に、会場は鳥取市の「とりぎん文化会館」で現地開催をする予定としているところです。

鳥取には砂丘がございますが、この砂丘には、「砂の美術館」という砂丘の砂と水だけで創る彫刻を展示する、ちょっと珍しい美術館や国立競技場の設計などで知られる隈研吾さん設計のカフェもございます。時間がありましたら、ゆっくり観光も楽しんで頂ければというふうに思っています。また、この時期は松葉ガニの季節になります。松葉ガニの他にも、猛者エビなど、地元でしか食べられない食材もございますので、御賞味いただければというふうに思います。

余談が多くなりましたが、御指導・御協力をいただきながら、準備を進めて参りたいと思っております。どうかよろしく願いいたします。

○開催県閉会あいさつ

鹿児島県環境保健センターの吉田でございます。

皆様、2日間にわたり、御参加いただき大変ありがとうございました。お陰様をもちまして、この研究発表会も、皆様の御協力により無事終えることができました。

環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室の加藤室長様、全国環境研協議会の廣畑会長様、そして特別講演をいただきました国立環境研究所気候変動適応センターの肱岡様、また、発表者の皆様、座長の皆様、熱心に御討議いただきました参加者の皆様に、心からお礼を申し上げます。

皆様方には、今回の研究発表会で得られた成果を今後の調査研究のますますの御発展に、繋げていただければ幸いに存じます。

今年度は、昨年度に引き続きオンライン開催となりましたが、機会がありましたら、ぜひ鹿児島にも足を運んでいただきたいと考えております。

先ほど、鳥取県衛生環境研究所の若林所長様から、次期開催機関の御挨拶がございましたとおり、来年度は鳥取県での開催でございます。新型コロナウイルス感染症が収束し、例年どおり、現地で、皆様にお集まりいただいて、研究発表会が開催されることを心から願っております。

それでは、これもちまして、第49回環境保全・公害防止研究発表会を閉会します。2日間本当にありがとうございました。

<特集>第49回環境保全・公害防止研究発表会

特別講演：「気候変動適応への取組みと課題」

肱 岡 靖 明

(国立研究開発法人国立環境研究所気候変動適応センター副センター長)



座長 廣 畑 昌 章

(全国環境研協議会長：熊本県保健環境科学研究所長)

1. はじめに

今日の話の内容は、まず気候変動というものがどれほど我々に迫ってきているのか、迫りくる気候変動と既に起きている影響、そして将来の影響、さらには気候変動適応とはどういうものか、適応策の具体例について、お話しいたします。

2. 迫りくる気候変動

世界の経済界トップが集まった世界経済フォーラムでの報告書において、「異常気象」は発生確率の高いグローバルリスクの第1位、「気候変動の緩和・適応の失敗」は影響の大きいリスク、発生確率の高いリスクのいずれも第2位で、気候変動問題は、世界の経済界においても非常に懸念されている事項となっています。

世界中で様々な異常気象、気象災害が起きており、非常に暑い異常高温、大雨による被害だけでなく、干ばつなど影響が出ています。

では、本当に温暖化は生じているのか。最近は、さすがに、そのような懐疑論はあまり聞かれなくなりましたが、長期的なトレンドでは、2000年から2010年に高止まり、気候変動のハイエイタス (hiatus) 、ここでこれから下がるのではないかと、寒冷化するのではないかとという議論がありましたが、気温上昇傾向は継続しています。

日本においても、世界と同様に、気温の上昇傾向が長期的データから示されています。日最高気温が30℃を超える真夏日は増えていき、35℃以上の猛暑日も増加傾向にあり、皆さんも実感されていることかと思えます。

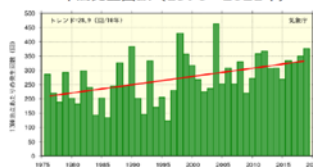
温暖化によって気候変動が生じており、気温だけでなく、大雨によっても様々な被害が生じています。平成30年から令和3年まで、これまでであれば人生で1回か2回、大きな災害に見舞われるということだったものが、毎年、日本中どこかで、甚大な被害が生じています。雨の降り方も変わってきており、1時間50ミリ、すなわちバケツをひっくり返したような大雨の頻度が増えていき、1時間80ミリ、内水氾濫を生じさせるような大雨というものも10年当たり2.6回増加しています。さらに、1日当たり200ミリという河川洪水が懸念される大雨も、増加傾向にあることが示されています。

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM

降水：雨の降り方

- 日本国内の短時間強雨の発生頻度は有意に増加
- 50mm/hr：1976～2021年で10年あたり**27.5回**の増加
- 80mm/hr：1976～2021年で10年あたり**2.6回**の増加

短時間強雨(1時間降水量50mm以上)の年間発生回数 (1976～2021年)



短時間強雨(1時間降水量80mm以上)の年間発生回数 (1976～2021年)



※棒グラフ (緑) は各年の年間発生回数を示す (全国のアメダスによる観測値を1,300地点あたりで集計した値)。
▲線 (青) は5年移動平均、●線 (赤) は長期変化傾向 (この図の平均的な変化傾向) を示す。

出典：気象庁HP 大雨や猛暑日など(極端現象)における変化 http://www.data.jma.go.jp/cpd/info/extreme/extreme_p.html

このように、温暖化による気候変動が起きて、災害リスクが高まっているということが既に明らかになっていることを、御理解いただけるかと思います。

一方、日降水量1ミリ以上の年間日数の経年変化では、降雨日数の減少傾向、すなわち雨が降らない日が増えていきます。これらはどういうことかという、日本の

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM 迫りくる気候変動 (世界)

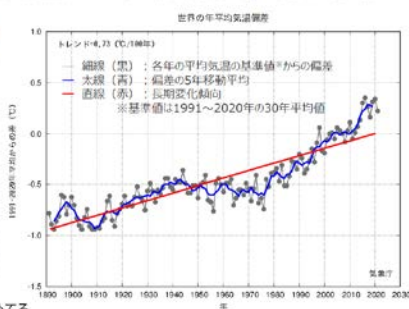
■ 2021年の世界年平均気温は1891年の統計開始以降、6番目に高い値

年平均気温は100年あたり約**0.73℃**の割合で上昇。

世界全体において正偏差が大きかった年

- ①2016年 (+0.35℃)
- ②2020年 (+0.34℃)
- ③2019年 (+0.31℃)
- ④2015年 (+0.30℃)
- ⑤2017年 (+0.26℃)

✓ 最近の値が上位を占める

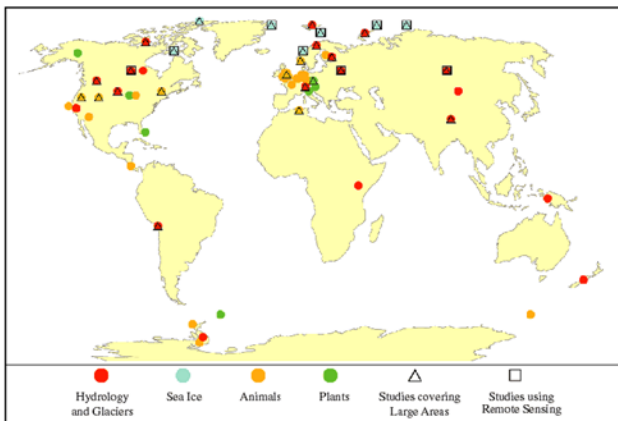


出典：気象庁HP：世界の年平均気温、http://www.data.jma.go.jp/cpd/info/temp/an_wld.html

5

総降水量は有意な変化はありませんが、大雨の頻度、強度が増加傾向にありながら、一方、雨の降らない日も増加していることから、雨の降り方が極端になっています。

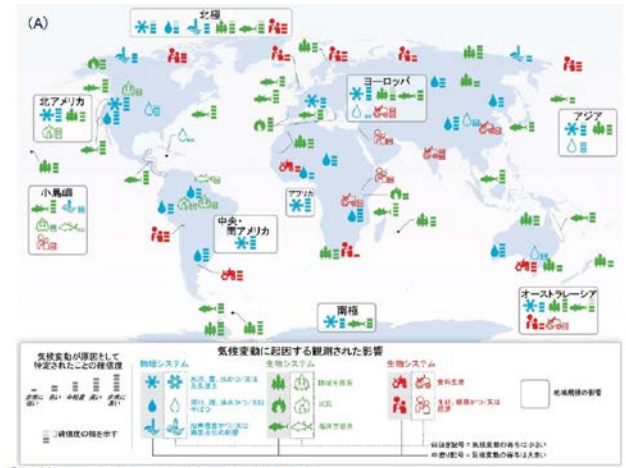
気候変動によってどのような影響が生じてきているか、2001年にIPCCで報告された世界で観測された影響のマップでは、水文や動植物などに気候変動の影響は既に生じていると報告されています。ただし、2001年では、影響が少ないと見えるかもしれませんが、これは、長期間観測されたデータを分析して、気候変動影響が有意であったという結果を英語の論文で報告されたケースが、これだけであったということです。



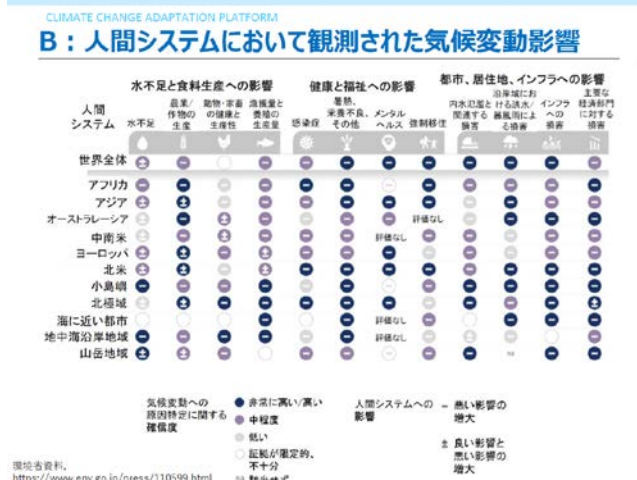
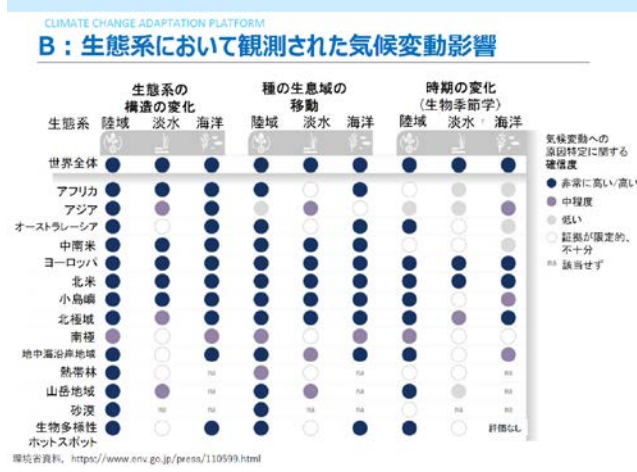
<https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/figspm-1-2.gif>

2007年IPCC第四次報告書では、だいたい増えたように見えますけれども、例えば、アメリカ、ヨーロッパ、ロシアという先進国等では、長期的なデータがあって、温暖化の影響を受けているということを科学的に証明できたものがこれだけあったということです。別に中国とかインド、アフリカ、南米で影響を受けていなかったわけではなくて、そういう研究がまだなかったという状況にありました。

2014年報告書では、さらにいろんな知見を集めようと努力しました。例えばインドでは、赤いトラクターの中は白抜きになっていますけれども、これは気候変動の影響だけでなく、適切な管理ができていないなど人為的な影響も大きいということを考えて、気候変動の寄与は小さいと整理されています。しかしながら、報告書作成時は科学的な研究があまり多くないということから、定性的な評価にとどまっていた。世界中で様々な分野において、気候変動の影響はどの程度大きいのか、一方、人為的な影響も大きいということが定性的に分かったのが2014年報告書でした。



そして、2022年2月末に公表された第六次評価報告書においては、地域別の「生態系の構造の変化」、「種の生息域の移動」、「時期の変化」で影響が起きていることの確信度が高いということも分かってきました。まだまだ科学的知見が少ない、証拠が不十分な点もありますが、このように、2014年の報告書と比べて、地域別に科学的な情報が整理されました。



の確信度が高いということです。影響にはプラス・マイナスがあり、それぞれの影響を適切に評価しています。まだまだ確信度が中程度、中には低いというものがありますので、これから知見をどんどん蓄積していかなくてはなりません。このように世界中で、どのような影響が既に生じているか、科学的知見が蓄積されてきました。

日本では、生態系の一部ですが、農作物は非常に大きな影響を受けており、例えば、白未熟粒、お米が白く白濁することによって一等米が二等米になってしまうような影響や、ブドウの着色不良、リンゴの日焼け、ウンシュウミカンの浮皮、トマトの裂果、菊花の奇形化などのほか、畜産では暑さの影響で乳牛の乳の出が悪くなることが報告されています。

陸域だけではなく、海洋生態系においても、サンゴの白化や、磯焼けなども既に報告されています。

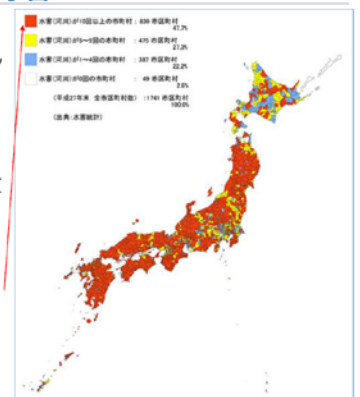
また、暑熱、熱中症によって救急車で運ばれる人数も2018年には10万人近くになっており、多くの方が影響を受けています。健康への影響には、感染症媒介蚊の北上というものもあります。1950年頃は、福島県の南部までがデング熱を媒介するヒトスジシマカの生息域でしたが、温暖化によって年平均気温11℃を超える地域が北上しており、今では青森県までできてしまっています。デング熱を媒介するヒトスジシマカがいたとしても、デング熱に罹った人がいなければ感染しません。蚊が媒介して人から人に感染するという病気ですので、水際対策により2013年頃まではデング熱が流行していませんでした。しかしながら、2014年に東京の代々木公園で蚊の大量発生がありましたし、2013年にはドイツの旅行者が、日本に直行便で来て、旅行し、帰ってからデング熱が発症したということで、実は日本においてもデング熱に罹るリスクがあるということが証明されました。日本では、北海道を除き、デング熱のリスクがあるところで生活しているという状況です。

自然災害については、土砂災害が年間1000件前後発生しており2016年は1492件でした。先ほど紹介しましたが、大雨の頻度が多くなり、土砂災害の発生件数が増えている状況です。河川の氾濫等は、毎年、全国どこかで発生している状況です。全国1741市区町村で、過去10年間では、97%の市区町村で水害が発生しており、半数近くの市町村では10年間に10回以上の水害が発生していることが報告されています。大雨による影響は、洪水だけではなく、2019年の台風15号の場合は停電が発生しました。それによって、熱中症による救急搬送数も増加し、複合影響というものも、非常に大きな問題となっています。

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM

自然災害・沿岸域分野：水害

- ・毎年、全国のどこかで大雨による河川の氾濫等水害が発生している。
- ・全国1,741市区町村（平成27年末）のうち、過去10年間の間（平成18年～27年）に97%の市区町村で水害が発生。
- ・半数近くの市町村（47.7%）では、10年間に10回以上の水害が発生



さらに、サプライチェーンを通じた国内への影響もあります。2011年のタイのチャオプラヤ川の洪水においては、現地の日系企業に被害が生じました。ハードディスク製造工場などが被災し、日本企業に3150億円の損失が発生したということが報告されています。

国民生活、都市生活については、温暖化によって桜の開花が早まる傾向にあり、秋のカエデの紅葉が遅くなる傾向にあることが長期のデータから分かっています。こういうものにより、イベント等の時期の変更や観光客の入込数の減少ということが報告されています。

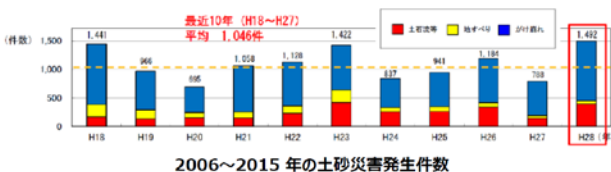
先ほど豪雨による影響で、災害をもたらしたことを報告しましたが、豪雨による鉄道のストップや道路の寸断ということも報告されており、被害額が約6500億円と非常に甚大となっています。

このような既に生じており、我々が直面している異常気象について、国会では「気候非常事態宣言」が決議されました。決議の中で「もはや地球温暖化問題は気候変動の域を超えて気候危機の状況に立ち至っている」とされており、我々是一日も早い脱炭素社会の実現に取り組みないといけないということが表明されました。また、多くの自治体では、二酸化炭素排出実質ゼロ、2050年にゼロにしようということが宣言されています。

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM

自然災害・沿岸域分野：土砂災害

- ・総降雨量の大きい豪雨や数時間続く高降雨強度の豪雨の発生
- ・豪雨の頻度の増加に伴う、土砂災害の激甚化
- ・2006～2015年の土砂災害発生件数の年間平均は1,046件
⇒2016年の土砂災害発生件数は1,492件



3. 気候変動による影響

将来、このような気候変動影響がどうなるのかについて紹介します。そもそも将来どうなるのかについては、我々の今後の行動にかかっているわけです。これから破滅的な未来になるのか、1.5℃上昇に留まるのか、我々がどれぐらい温室効果ガスを減らすことができるかによります。

第六次評価報告書では、五つの大きなシナリオを準備しています。非常に温暖化が進むケースSSP5-8.5は全然温暖化対策をしないケースです。SSP1-1.9は何とか頑張っ、世界の平均気温の上昇を産業革命以前から1.5℃程度に抑えようというもので、このように様々なシナリオを準備しています。

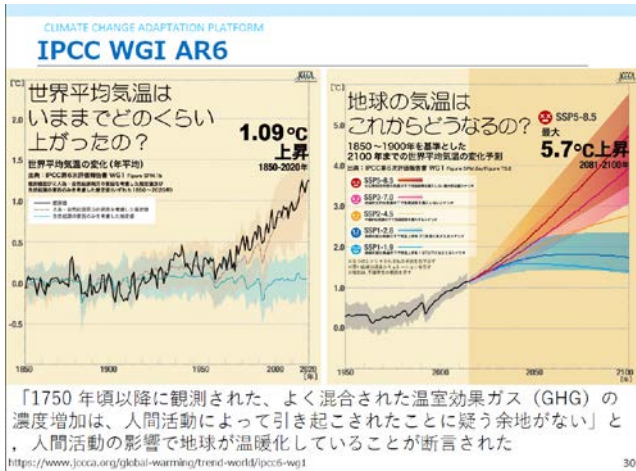
将来予測シナリオ

IPCC AR6 WGI 報告書公表に向けた事前総会
(令和4年2月 環境省 大気科学部 経済産業省 気管庁)

- AR5では、代表的温度経路 (RCP) シナリオが使用された。
- AR6では、5種類の共有社会経済経路 (SSP1~5) と2100年時点のおおよその放射強制力 (W/m²) を組み合わせたシナリオが使用されている。

シナリオ	シナリオの概要	近いRCPシナリオ
SSP1-1.9	持続可能な発展の下で、工業化前を基準とする21世紀末までの昇温(中央値)を概ね(わずかに超えることはあるものの)約1.5℃以下に抑える気候政策を導入。21世紀後半にCO ₂ 排出正味ゼロの見込み。	該当なし
SSP1-2.6	持続可能な発展の下で、工業化前を基準とする昇温(中央値)を2℃未満に抑える気候政策を導入。21世紀後半にCO ₂ 排出正味ゼロの見込み。	RCP2.6
SSP2-4.5	中道的な発展の下で気候政策を導入。2030年までの各国の「自国決定貢献(NDC)」を集計した排出量の上限にほぼ位置する。工業化前を基準とする21世紀末までの昇温は約2.7℃(最良推定値)。	RCP4.5 (2050年まではRCP6.0にも近い)
SSP3-7.0	地域対立的な発展の下で気候政策を導入しない中～高位参照シナリオ。エーロゾルなどCO ₂ 以外の排出が多い。	RCP6.0とRCP8.5の間
SSP5-8.5	化石燃料依存型の発展の下で気候政策を導入しない高位参照シナリオ。	RCP8.5

(注)3月付刊行版「参考資料」より

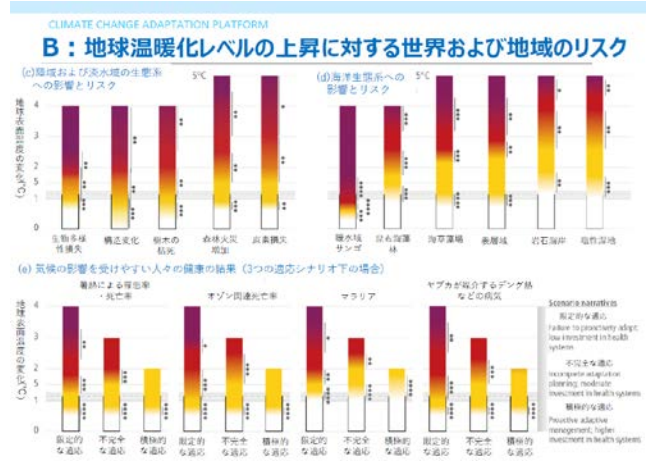
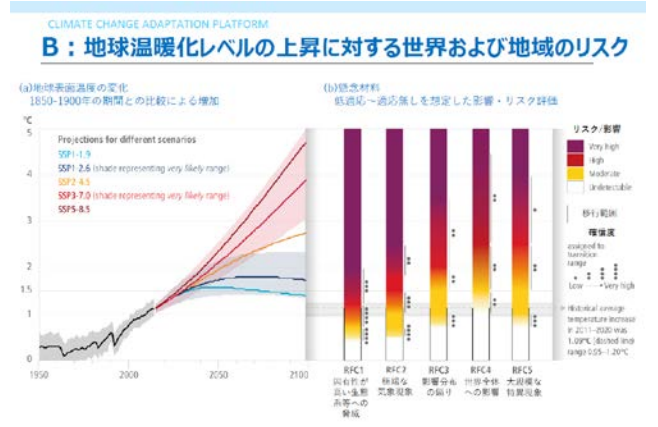


このように整理すると、何も努力しない場合には最大5.7℃上昇してしまうということが分かります。対策を講じたら、上昇幅を小さくすることができ、SSP1-1.9は、だいたい1.5℃程度に抑えるシナリオで、このためには我々は非常に大きな努力をしなくてはなりません。産業革命以前に比べると既に1.09℃上昇していることが分かってまいりましたので、残り0.5℃もないぐらいの上昇幅しか余裕がありませんので、我々は一刻も早く緩和策に取り組まないといけないわけです。

さらに、どういう影響を受けるのかということも整理

されてきており、これはバーニングアンバー (Burning embers) といわれるもので示されています。気候変動の影響は、地域特性、分野別の影響も大きく異なりますので、それを一つにまとめるのはなかなか難しいことから、それをリーズンフォーコンサーン (Reasons for Concern: 懸念材料) に大きく分けて評価しています。

「固有性が高い生態系等への脅威」は、気温上昇は小さくても影響が非常に大きく、リスクが非常に高い。一方、「大規模な特異現象」は、影響が現れるのに時間がかかりますので、すぐには起きないけれども、その影響は2℃、3℃超えていくとリスクが高まってくる、このような整理もされています。



以前は1.5℃目標が決まらない場合は、どこまでに温暖化の安定、温室効果ガスの排出、気温上昇を止めるかという議論がなされてきました。さらに、先ほどのリーズンフォーコンサーンは世界を一つにまとめて評価していますので、もう少し分野を分けてみたらどうか、例えば生物多様性、サンゴへの影響や樹木の枯死、暑熱影響など、適応した場合どれぐらいそのリスクを減らせるのかというものも整理してきました。このように、2014年第五次評価報告書でも一部検討されましたが、第六次評価報告書では定量的な形で、より研究が進んできています。

日本における影響について、21世紀末、何も削減をしないRCP8.5の場合は、全国的に猛暑日は非常に増加します。2℃上昇に抑えた場合においても、猛暑日日数は増えますが、大きく増えずに留まることでありますので、我々は気温上昇を止める緩和策に取り組みたいといけません。気温だけでなく雨の降り方も変わり、日降水量200ミリ以上の年間日数が2℃上昇の場合約1.5倍、4℃上昇の場合約2.3倍に増加するという定量的な予測も分かってきました。このような科学的知見に基づいてどのように対応していくのか。例えば、降雨量は全国平均で2℃上昇の時に1.1倍、4℃上昇の場合に1.3倍になり、雨が強くなると集まって流れる水量は1.2倍、洪水発生頻度は2倍になると予測されますので、このような知見に基づいて国の方では、防護レベルを上げ、堤防や治水の能力を上げていこうとしています。今までは、既往最大の被害に対して、何とか被害が起きないようにしようという努力をしてきたわけですが、それではもう間に合わず十分ではないことから、将来の温暖化の進行も考えて対策に取り組んでいます。

この将来の影響では、熱中症がどれくらい増えるのかということも研究しており、例えば、熱中症搬送者数は、2050年辺りでは2℃上昇、4℃上昇であり差がない

ですが、21世紀末では2℃程度に気温上昇を抑えれば1.79倍になりますが、4℃上昇では4.45倍になってしまいます。

お米については、温暖化が進んでしまった場合、今のまま品種も変えずにいると、図の赤いエリア、コメ収量が半分以下になってしまうエリアが非常に増えてしまいます。黄色いところは収量が半分以下にならないけれども、収量が減少する地域を示しており、多くの地域で、おいしいお米を育てづらくなっていくことがわかります。もちろん農家の方も、そのまま手をこまねいているわけではありませぬので、植え付けるタイミングを変えてみたらどうかと、コンピューター計算で最も適切な植え付けタイミングを見た場合には、この赤色のエリアを非常に減らすことができます。緑や青のエリアの収量が増えるところもできるけれども、まだ黄色のエリア、すなわち収量が減るエリアが出てくるということが分かってきました。植え付け時期だけでなく、品種を変えらるような様々な適応策が必要だということが、2014年の研究成果で分かっており、今は新しい研究が進められています。

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM

真夏日・猛暑日

- 21世紀末の真夏日・猛暑日の年間日数は、全国的に増加すると予測
- 2℃上昇シナリオ (RCP2.6) であれば、4℃上昇シナリオ (RCP8.5) と比較すると変化量は小さくなる (北海道では猛暑日に年間日数が有意に増加しない地域も見られる)。



**20世紀末 (1980~1999年平均) と21世紀末 (2076~2095年平均) の差 (将来変化量) を19世紀末における年々変動の幅で示し、倍率水準90%以上に変化する場合は赤字

出典：気象庁「日本の気候変動2020」https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/cg/2020/pdf/cc2020_honpen.pdf

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM

降水

今後も雨の降り方が極端になる傾向が続くと予測されている

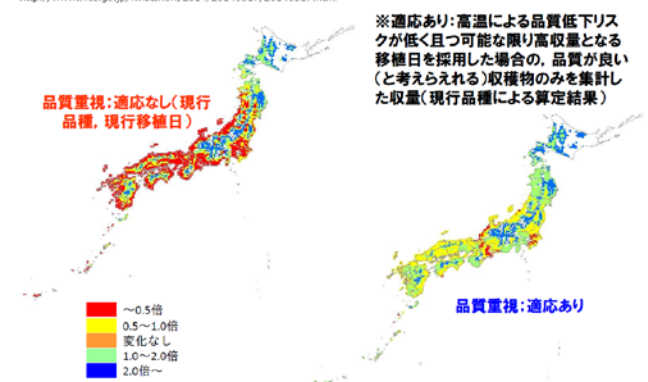
- 全国平均で見た場合、大雨や短時間強雨の発生頻度や強さは増加
- 無降水日 (日降水量1.0mm未満) の日数は、ほぼ全国的に増加 (厳しい温暖化対策をとらなかつた場合)

	厳しい温暖化対策をとった場合	
	2℃上昇シナリオによる予測 (日降水量1.0mm未満の日数の減少)	4℃上昇シナリオによる予測 (日降水量1.0mm未満の日数の増加)
日降水量200mm以上の年間日数 大雨	約1.5倍に増加	約2.3倍に増加
1時間降水量50mm以上 ^① の頻度 雨のよりに降る雨	約1.6倍に増加	約2.3倍に増加
日降水量の年最大値 雨の強さ	約12% (約15mm) 増加	約27% (約33mm) 増加
日降水量1.0mm未満の年間日数 雨の降らない日	(有意な変化は予測されない)	約8.2倍増加

①：時間降水量50mm以上の雨は、「梅雨中の大雨」にも属するが、梅雨期に限定せず、全年度で検討している。

出典：気象庁「日本の気候変動2020」https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/cg/2020/pdf/cc2020_honpen.pdf

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM
気候変動影響 (コメ収量: RCP8.5, MIROC5, 2081-2100)



CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM
様々な分野において将来予測される影響

農業・森林・林業・水産業

気温上昇によるコメや野菜、果物など農作物の品質低下、収量の減少、牛乳や鶏卵の生産量への影響。

水環境・水資源

気温上昇が原因の植物プランクトン大量発生などによる水質悪化、水害被害などの発生が懸念。

自然生態系

動物や植物の生息地が変化するなど生態系への影響。

自然災害・沿岸域

大気中の温室効果ガスによる海面上昇や台風等の発生頻度の増加、強い台風の影響。

健康

熱中症、ヒートショックやアレルギーの増加。

産業・経済活動

短時間強雨などによる設備の破損や生産活動への影響、電力供給への影響。

国民生活・都市生活

短時間強雨などによるインフラへの影響、生物多様性、白蟻被害への影響。

分野間による影響の連鎖も示されている。

出典：国土交通省「気候変動による農林水産業への影響と対応策」<https://www.maff.go.jp/secure/20190228/190228.pdf>

日本においては、これまで起きてきている影響に加えて将来影響も鑑みて、農林水産業から国民生活・都市生活までの七つの分野に着目して、適応策に取り組んでいくこととしています。さらに、この分野を大項目から小項目まで分けて、その小項目別に、重大性、緊急性、その確信度というものを整理しています。これは、それぞれの専門家が集まって、科学的な知見に基づいて、整理しました。重大性が赤いところ、緊急性が赤いところが多いですが、科学的知見が少ない分野・項目もあり、これから、科学的知見を充実しなくてはなりません。今後、このような影響の評価に基づいて、適応策に取り組んでいかななくてはなりません。

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM
気候変動影響評価報告書 (2020年12月17日)

5. 気候変動による影響の評価結果

分野	大項目	小項目	重大性	緊急性	確信度	対応	大項目	小項目	重大性	緊急性	確信度	対応	大項目	小項目	重大性	緊急性	確信度	対応
社会経済	国民生活	高齢者	赤	赤	黄	対応	高齢者	高齢者	赤	赤	黄	対応	高齢者	高齢者	赤	赤	黄	対応
		障害者	赤	赤	黄	対応	障害者	障害者	赤	赤	黄	対応	障害者	障害者	赤	赤	黄	対応
		児童	赤	赤	黄	対応	児童	児童	赤	赤	黄	対応	児童	児童	赤	赤	黄	対応
		外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応
		外国人観光客	赤	赤	黄	対応	外国人観光客	外国人観光客	赤	赤	黄	対応	外国人観光客	外国人観光客	赤	赤	黄	対応
		外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応
		外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応
		外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応
		外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応
		外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応
外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応	外国人労働者	外国人労働者	赤	赤	黄	対応		

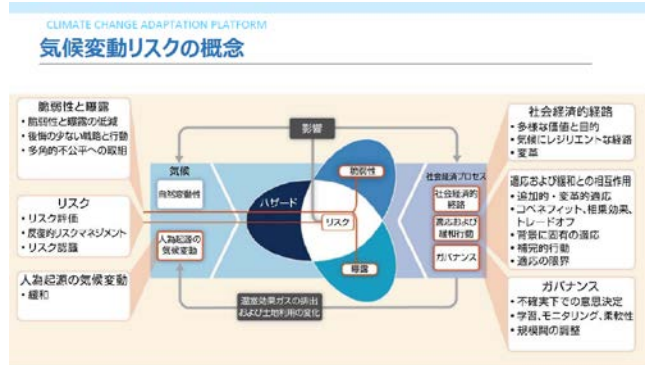
※表中の「対応」は、国・自治体・事業者・市民・事業者・事業者の対応を指す。対応の色は、対応の有無を示す。

緩和策、温室効果ガスの排出を何とか抑制することで、気候変動を抑えて、その影響を減らしていこうということが一番大事なわけですが、残念ながら、この瞬間でも我々の活動によって、温室効果ガスを大気中に放出しています。それが滞留することによって地球を温めるといことで、この瞬間排出ゼロにしたとしても、一定程度気温上昇しますし、気候パターンが変わってしまいます。それに適応するということで、気候変動の影響に対処し、被害を少なくするというで取り組んでいかないといけないのです。このように緩和と適応は両輪だという時代になりました。以前は、緩和策に取り組むのに、適応策をやったら何とかなるのであれば、緩和策の努力が進まないのではないかとということで、適応策の話をするなという時代もありましたけれども、今日、紹介させていただきましたように、もう既に様々な影響が生じていることから、温暖化は未だ起きていないのではないかとこのような論争がありましたけれども、そういう時代から何とか、緩和策それも1.5℃の目標を達成しようという時代になり、さらには適応策に取り組んで、気候危機に対処していこうという時代になってきたわけです。

4. 気候変動適応とは

次に、気候変動適応に関して紹介します。

まず基本のリスクを考える場合は、ハザード、例えば、どれぐらい大雨が降るのか、洪水が起きてしまうのか、暴露、そこにどれぐらい資産があったり人が住んでいるのか、さらにその影響を受ける、例えばハザードを受けるところが、非常に高齢者が集まっているのかなど、「ハザード」、「脆弱性」、「暴露」の三つの視点から考え、影響を評価する。このような考え方が、2012年の特別報告書(SREX)から2014年の第五次報告書を通じて整理されてきています。



出典：熊岡清明 (2021)「気候変動への適応」を考える：不確実な未来への備え丸巻出版

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM 気候変動適応とは

■ 適応の定義

- 現実の気候または予想される気候及びその影響に対する調整の過程。人間システムにおいて、適応は害を和らげもしくは回避し、または有益な機会を活かそうとする。一部の自然システムにおいては、人間の介入は予想される気候やその影響に対する調整を促進する可能性がある
- 気候変動による悪影響を軽減するのみならず、気候変動による影響を有効に活用することも含む

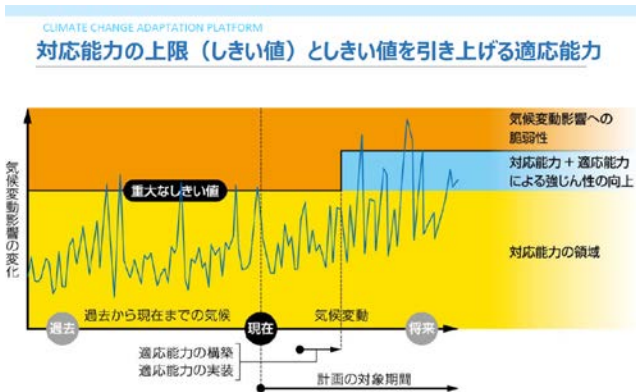
出典：IPCC WGI AR5

気候変動適応の定義を、少し長々と文章に書いてありますが、人間システムにおいて、適応は、害を和らげ回避する。もう一つは、有益な機会を活かそうとすることと定義されています。先ほどの気候変動の影響で既に起きているもので説明したとおり、プラス・マイナスのアイコンがありましたが、気候変動では有益なプラスの影響も出てきますので、悪影響を軽減するだけでなく、気候変動による影響を有効に活用することも含むということ御理解いただければと思います。

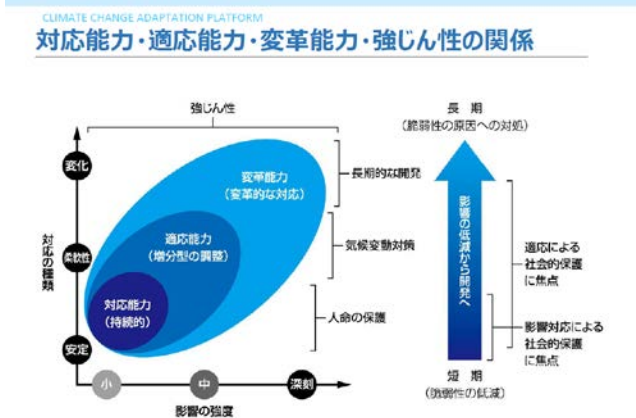
今まで我々は、例えば大雨、重大な閾値に対して、何とかその被害が起きないように対策をしようと努力して

きました。これまで、この閾値は変わらないと考えてきましたが、残念ながら、気候変動の影響が大きくなり何度も閾値を超えてしまう、大雨の頻度の増加や、非常に暑い日が増えるということから、この閾値を上げていかなければなりません、これが非常に難しいわけです。

閾値をどこまで上げるか、さらにそれを超えてしまう被害が出てきますので、不確実な将来に対して、何とか対応する能力を上げていこうというのが適応策の考え方となります。



出典：監訳編明（2021）『気候変動への「適応」を考える：不確実な未来への備え』丸善出版



出典：監訳編明（2021）『気候変動への「適応」を考える：不確実な未来への備え』丸善出版

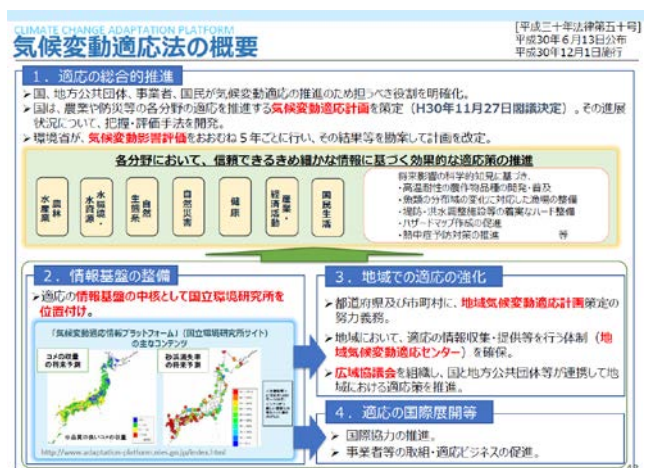
この適応策、様々な取組みと考え方がありますが、三つ大きくあり、まず「対応能力」、今すぐできること、十分に理解されていない、普及されていない、行動に繋がっていないところを強化することです。そして、これから1.5℃上がってしまうのなら、それに合わせているんなことを変えていこうというのが「適応能力」です。もうこれでは間に合わないということであれば、「変革能力」、例えば住む所を変えるなど社会自体を変革することです。この三つの取組み方があるわけですが、最初からこの変革的なところに取り組むのは、社会の合意も必要ですので、まずは安定的に取り組めるようなもの、柔軟性を持ってやるところ、それでも間に合わないというようなことになれば変革的にやっ

うという考え方が重要になります。

もちろん、適応策については、全てがよいものだけではなく、失敗もありますし、短期的に自分だけがよければいいと考えてしまうと、失敗、よくない適応となるものがあります。例えば、ある道筋への依存に固執することは、道筋の修正ができなくなりますし、ある特定のグループだけに利益をもたらす他のグループ間での衝突を招く適応策は失敗に終わることがありますので、適応策を行えば全て良くなるわけではありません。第六次評価報告書において失敗事例も紹介されています。

気候変動に関する国際的な動き・政府の動きについて、気候変動枠組条約による緩和策の取組みは1992年に始まって、日本では地球温暖化対策推進法等があり、一方、適応策は2018年12月1日に施行された気候変動適応法があり、取り組み始めて5年も経っていないところで、まず緩和に取り組んできた時代、それでは足りないということで適応もしっかりやろうという時代になってきました。

気候変動適応法の概要について、気候変動適応法には四つの柱があります。一つ目は適応の総合的推進で、日本においては、国、地方公共団体、事業者、国民の全てで取り組みましようということが明確化されています。もちろん、全てが等しくできるわけではありませんので、国が、しっかりと各分野の適応を推進する基本的計画を策定し、さらに把握・評価手法を開発し、環境省が気候変動影響を評価し、それに基づいて計画を立てることになっています。

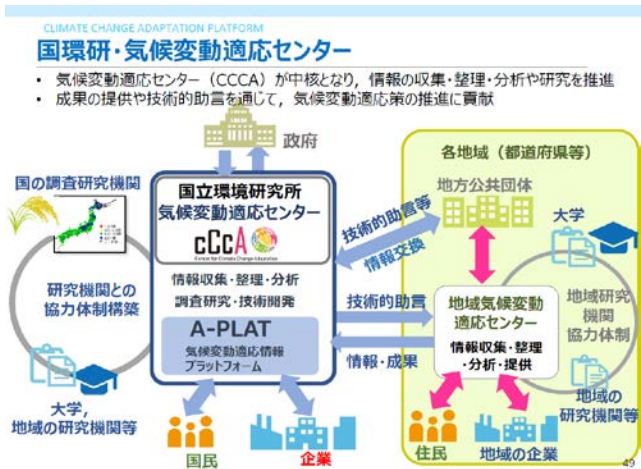


どういう分野を組み合わせかということ、先ほど紹介した七つの分野に対して、科学的な知見をしっかりと集めて、適応計画を推進しようということになっています。

しかし、実際取り組むのは地方公共団体や事業者、国民ですので、様々なところに情報があって、なかなか取り組みづらいことから、情報基盤を整備しようということが二つ目の柱となっています。情報基盤の整備は、国

立環境研究所が法律で定められた業務として行っています。これは、A-PLATとして行っており、様々な科学的知見を集約することで、三つ目の地域での適応の強化に使っていただくことになります。地域での適応の強化では、地域気候変動適応計画を策定し、地域気候変動適応センターを確保すること、この二つは努力義務です。地方公共団体によって状況が異なりますので、それを支援するためブロックごとに情報交換をしながら、適応に取り組んでいこうという形になっています。もちろん、日本だけに留まるのではなく、国際協力を行って事業者の取組・適応ビジネスを促進していきましようという四つの柱が、適応法の概要となっています。

国立環境研究所は、2018年12月1日に気候変動適応センターを立ち上げて業務を行っていますが、我々だけでは、全てを網羅することはできませんので、国の調査研究機関、大学等の研究機関と連携することで、日本の科学的知見を集約して、それを国民の皆様や企業の方、さらには地方公共団体の方に情報を提供します。日本は、北から南まで地域により大きく異なりますので、それぞれの地域に応じた適応を推進いただきたいということから、各地域気候変動適応センターと連携していくという立付けになっています。



次に、我々が開発・運営していますA-PLATでは、先ほどの法律の立て付けと合わせまして、国の取組み、地域の適応、事業者の適応、個人の適応について、その取組み方、情報を分類して提供しています。

特に地域の適応については、地域気候変動適応計画の立て方、地域気候変動適応センターの紹介、普及啓発方法などを、入口を分かりやすくすることによって、皆さんに見ていただけるように工夫しています。さらには、適応に取り組みたいけどどういふのがあるのだろうか、そもそも適応とは何だろうかということを知ってもらうために、国内外の適応の取組み事例を整理し適応策データベースとして公表しています。

事業者の適応については、これからの状況ではありませんが、気候リスク、悪影響を軽減回避する事業者の取組みと、適応ビジネスの取組みを上手く進めている例等もA-PLATで公表しており、またTCFD（気候関連財務情報開示タスクフォース）という取組みも紹介しています。今年10月8日現在の気候変動適応法に基づく地方自治体の地域気候変動適応計画の策定状況は、都道府県46、政令市、市区町村合わせて177になり、多くの適応計画ができています。

さらには、地域気候変動適応センターについては、予算措置もない中で、私もどれだけ設置していただけるのか非常に不安だったわけですが、今までに都道府県40、政令市3、市区町村10の53センターを立ち上げていただいております。このように各地域で適応に取り組もうという機運が高まっているということかと思えます。

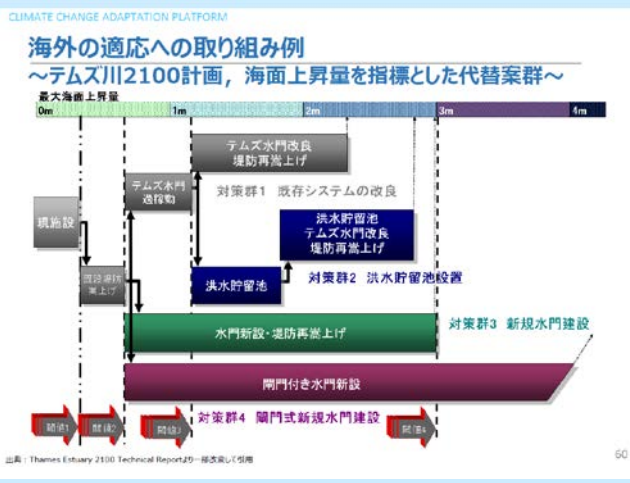
最後ですが、国立環境研究所気候変動適応センターについては、国内だけではなくアジア太平洋の国の皆さんとも連携しながら適応を進めるため、2019年6月16日にAP-PLATアジア太平洋気候変動適応情報プラットフォームも立ち上げています。A-PLATと同様に、科学的知見を集約し、さらには支援ツールを作り、国立環境研究所だけではできませんので、国ともしっかり連携しながら、人材育成等の活動を進めています。

5. 適応策の具体例

次に、気候変動適応策の具体例に関して紹介します。適応策というのは、何か新しい革新的なことをするだけではなくて、この図を見ていただきますと、堤防があり海面があつて、温暖化すると海面上昇によって、堤防を越波して、このままでいくと影響を受けてしまうので、堤防を嵩上げしようします。我々は島国ですから、堤防を造ってきた長い歴史と技術があるのでできるわけです。見ていただきますと、水資源、食料、沿岸地帯、人間の健康、金融サービス、様々な適応策事例を書いていますけれども、目新しいものはないかと思えます。

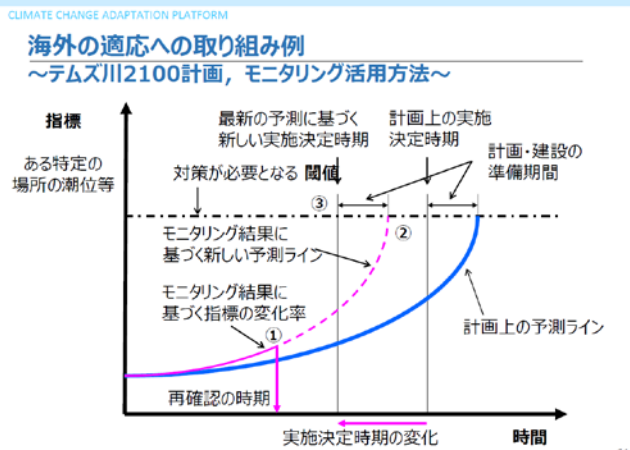
出典：STOP THE 温暖化 2005

難しいのは、海面が現状よりもどれぐらい上昇するのか、緩和策の努力や不確実なものがあることから、2100年に何十センチとピタッと決まるわけではありません。そのため、どの程度嵩上げすればいいのか、水利用はどこまで高効率化しないといけないのか、不確実な中で対策を行わないといけないことから、これは非常に難しいことです。しかし、実行できる技術はあるので、将来予測を組み込みながら段階的に取り組みを進めていくことが適応策になると思います。



出典：Thames Estuary 2100 Technical Reportの一部改定して引用

60



出典：Thames Estuary 2100 Technical Reportの一部改定して引用

61

世界的に有名な事例として、イギリスのロンドンのテムズ川にある防潮堤を紹介します。この防潮堤は、防潮堤の間が開いて、水上バスが通ることができる構造になっており、観光客が訪れる場所です。防潮堤は1000年に1回の高潮洪水に対して対処しようと造られました。しかしながら、温暖化による海面上昇で、100年に1回までしか対応できないということが分かかってきており、これではいかんということから、新しい計画を考えました。例えば、閾値1の海面上昇何十センチかまでは今の施設で対処するけれども、それ以上の海面上昇では既設堤防を嵩上げし閾値2まで対処する。さらに閾値3に向かうときには、今ある水門を無理矢理使いながら、新しい水門の準備を始め、堤防の再嵩上げで対処し、さらに3メー

トルまで海面が上昇するようなケースにおいては新たな構造の水門の準備をしようと計画を立てました。IPCCの予測においては2100年には海面上昇量1メートル程度の予測しかないにもかかわらず、彼らは、こういう高い海面上昇量でも対処できる準備をしたということです。ただし、全てを造ったわけではなくて、こうなったらこう対処しようと準備をしたということが非常に賢い考え方で、これは世界的によく知られた適応計画と言われています。

もう一つ重要なのが、海面の上昇量を測っておかないといけない。特定の場所で本当に潮位が上がるのかしっかりと調べる。海水面が上がるとしても、もし想定された計画上の予測ラインよりも早ければ、計画を実行する時期も早くする必要がありますので、潮位をモニタリングする必要があります。もし運よく海水面上昇がなければ、先ほどの様々な施策は実施しなくて済むわけです。しかし、海面水位が上昇してきたら、予測と合っているので準備をし、状況を見ながら対策を実施します。従って、計画を立てて終わりではなく、モニタリングをセットで実施することから上手い取り組みかと思えます。

日本における適応策について、夏の高温に対処するため、高温耐性米が日本中の様々なところで導入されています。皆様の地域にもあるかと思いますが、それぞれ品種改良されて、何とかおいしいお米を作ろうという努力をされているわけです。また、大雨の時に水を貯め洪水を防止する工夫がなされており、神奈川県鶴見川流域において2019年の台風19号の時に上手く活用された例で、平時は住民が公園として利用していますが、大雨の時に一時河川水を遊水地の中に引き込み、河川の水位上昇を抑えて、被害を減らすことができたという適応策の一つの事例です。

愛知県日光川の水閘門は、日本でも少ない将来を見据えた適応策の事例になります。先ほどのロンドンのテムズ川でもありましたが、将来の海面水位の上昇の対処について、水門ゲートの取り替えの方策を検討しました。IPCCの科学的知見から、ゲートをもっと高くしたいということ提案し、ゲートの高さをどれぐらい上げるのかということは科学的知見で、実施時期は水位の状況に応じて決めることとし、さらにゲートを高くすると基礎が不安定になることから、基礎も強化しています。将来、海面水位が上昇したときには、ゲートを取り替えることになります。今直ぐにゲートを取り替えるのではなく、将来の海面水位の上昇に備えた非常にいい適応策の事例かと思えます。

事業者と適応策について、気候変動のリスク、悪影響を軽減するリスク管理と、有効活用するビジネスというものがあります。

一つ目の気候リスク管理について、サプライチェーンの分断に対応するリスク管理では、2011年のタイのチャオプラヤ川で発生した大洪水の教訓を受けて、いかに安定的に供給できる体制を構築するかということが事業リスクの回避として既に取り組まれています。一方、適応ビジネスとしては、温暖化が進む時代にどのようなビジネスがあるのか、建物、まち、インフラ等で施工の省力化、緩和も同時にできるものはないかといったことが考えられています。

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM
気候変動と適応策

■ 適応ビジネス

- ・気候レジリエンスの高い商品開発（建物、まち、インフラなど）や施工の省力化に向けたロボット開発など適応ビジネスの発展が見込まれる。
- ・することで事業リスクを回避

分類	適応策
適応ビジネス	<ul style="list-style-type: none"> ・気候レジリエンスの高い建物・インフラの商品開発 ・ZEB・ZEH等環境性能の高い建物の商品開発 ・建設ロボットの開発（鉄筋組立、溶接、清掃etc.） ・災害検知・予測システムの開発 ・スマートシティの開発

幾つか事例として、三千櫻酒造は岐阜県の日本酒の酒蔵です。酒米を冷やすという工程は、普通の外気温で行っていましたが、気温が上がることによって外気が暑くなって、なかなか簡単に米が冷めない。お金があれば、大きな冷凍庫、冷蔵庫を買えばいいところ、それがなかなか出来ないことから思うような酒造りが困難になっていました。酒蔵が古くなったので建て替えるのか又は移転するのか考えられて、北海道東川町と国の支援制度を上手く使って移転されました。このようなチャレンジも一つの適応策事例です。

カルビーは、北海道を馬鈴薯の調達先のメインにしていたところ、2016年の台風に見舞われ馬鈴薯が不足したことから、様々な場所で馬鈴薯を調達できるように取り組まれています。

味の素は、2010年のタイの大洪水によって現地の製造拠点が被災し自社生産が一時停止したことを受けて、全世界の工場をリスクを評価し、洪水対策を行い、また洪水だけではなく渇水対策として貯水池の設置や取水口の位置変更など適応策に努力されています。

キーコーヒーは、2050年までにコーヒー栽培に適した土地が現在の50%にまで縮小してしまうという予測があることから、国際的な研究機関とともに各国生産地ごとの最適品種を発掘する研究を進めています。

大塚製薬は、自治体と連携し熱中症対策を全国各地で行っています。熱中症対策ポスターを制作し啓発を行う

だけでなく、地域に熱中症の情報を届ける体制構築を行っており、自社製品を売るだけではなく自治体と連携して取り組んでいます。

最後にSOMPOホールディングスは、自治体向け「防災・減災サービス」ということで、自治体向けの保険を開発、販売しています。自治体が避難勧告等を発令した場合に予想どおりに災害が発生しなかったときに、避難所の設置などで生じた費用が補償されるものです。

6. まとめ

まとめとして、適応をどう考えるのか。非常に難しいのは、将来が分かっていない状況でありながら、しかしリスクはある中で、どう取り組めばいいのかということで、適応で大きな壁になります。重要なことは、適応については反復的に考えるということです。まず問題があり、目標を設定して、我々はどこまで取り組むんだという決定基準を設定し、リスクはどうかしっかりと評価して、適応策を決め、さらには適応策を選択する。ただし、リスク評価と適応策の検討、選択のサイクルは何回もぐるぐる行った上で、最適な適応策を決定し計画を作ります。さらには、その適応策を実装、実施するとともに、モニタリングを行い、適応策が本当に効果あるものなのかということを確認しながら何度も繰り返す。何故なら、我々は、将来の気候変動を様々な研究がありますが、実際どうなるのかを予測することはできません。

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM
適応に必要な意思決定プロセスと反復的リスクアセスメント

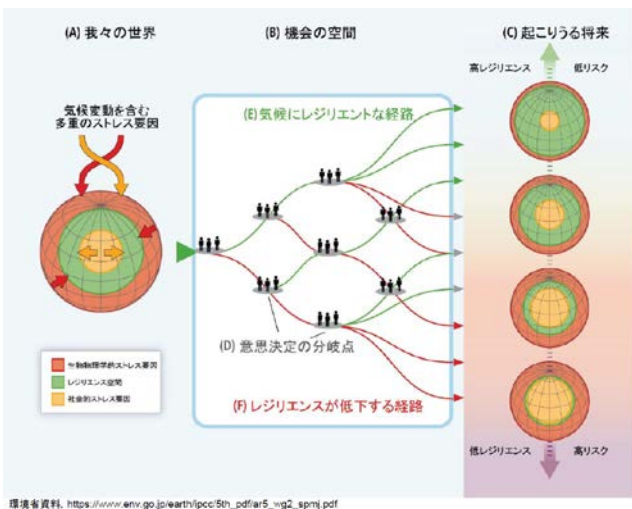


予測においては幅を持って、こういう条件ではこうなるといって予測をしますが、必ずしも的確に当たらないときもあるかもしれません。我々は、それを踏まえて財産、生命を守らないといけないので、反復的リスクアセスメントのプロセスを繰り返すことによって適応策を進めていくということが、適応においては非常に重要な取組みとなります。

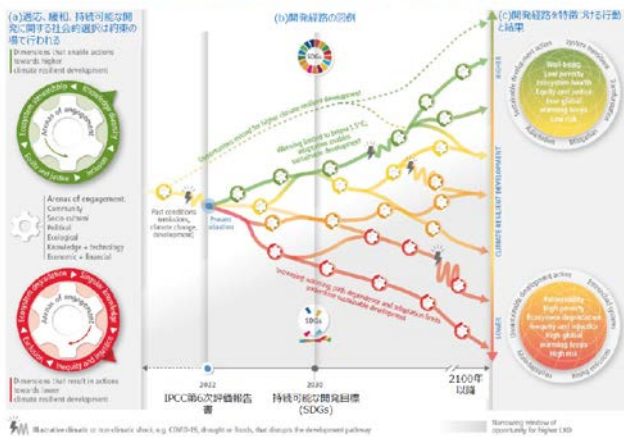
我々が住むこの地球には、大きな気候変動のストレスや社会的ストレスの要因があるということから、意思決

定の分岐点において、いい選択を行い、レジリエントな空間を広げていこうということが考えられてきました。今では、IPCC1.5℃報告書においては、それをSDGsとしっかりリンクさせSDGsに取り組むことで、温暖化の進行を止めるよう取り組んでいこうということです。

さらには、気候レジリエントな開発については、1.5℃のパスを進んだとしても、新型コロナウイルスのような世界的なショックもあることから、COVID-19とか Drought or Floods (干ばつ又は洪水) のような極端な現象も鑑みながら、持続可能な社会を構築していこうということが世界的にも考えられつつあります。



気候レジリエントな開発を可能にする好機の期間は急速に狭まっている



適応の課題ですけれども、今回の講演タイトルのとおり、様々な課題があります。私は、2016年にもこのような機会をいただき発表しましたが、その年はA-PLATを作った年で、法律もまだ無くなかなかこういう話ではできなかったところ。ここ4年、5年で、これぐらい進んできていますが、残念ながら適応については認知度が低く、皆さん、あまり理解していただけないところです。SDGsと比べて認知度が低く、何とか解消したいと思っています。さらに、様々な分野で気候変動の影響が生じて、適応をしないといけないということは分かっていた

だけですが、専門性が高く、内容也多岐に渡るため、適応に取り組むときは、何を何処から行うかということが難しく時間もかかります。また、専門家が極端に少なく、気候変動適応を体系的に学ぶ場もあまりないということから、我々も、今取り組んでいます普及活動を促進することや、適応は緩和と同様に各自に直結することで、例えば、洪水の被害、熱中症など「わがこと化」するということが大事です。さらには教育の一環として学ぶ機会を創出するなど、義務教育の中でも気候変動の緩和、適応、気候の大きなメカニズム等も学ぶ機会が作られ、また気候変動適応分野の学部ができればいいかなと思っています。

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM

課題 (難しさ)

- 課題は沢山ありますが...
- 気候変動適応に関する**認知度の低さ・理解不足**
 - ✓ SDGsや緩和と比べて一般の認知度が極端に低い
 - ✓ 専門性が高く内容が多岐に渡るため理解に時間がかかる
 - ✓ 専門家が極端に少ない、気候変動適応を体系的に学ぶ場がほとんどない
 - ▶ 普及活動の促進、わがこと化
 - ▶ 教育の一環として学ぶ機会の創出
- 適応の**取り組みづらさ**
 - ✓ 温室効果ガス削減のような具体的な目標値が設定しづらい
 - ✓ 何から取り組めばよいかわかりづらい
 - ✓ 適応に取り組んだ効果が実感しづらい
 - ▶ できることからやる (対応能力の強化)
 - ▶ 一步先を考える
 - ▶ 気候変動を前提とした取り組みの一般化

79

適応の取り組みづらさについては、今日何度も説明しましたが、適応においては、温室効果ガスの削減のように、例えば50%減、ゼロエミッションというような大きな目標値を設定しづらいわけです。何から取り組めばいいかわかりづらいところです。地域によっても異なりますし、主体によっても異なりますので、取組み順番を決めるのも容易ではありません。また、適応に取り組んだからといって、将来のリスクに対して備えることになることから、今日やって明日直ぐ効果が出るというわけではないので、効果は実感しづらいです。大事なことは、今日説明しました「できることからやる」ことです。例えば、災害時の避難経路をしっかりと確認する、自分の家を買う時にちゃんとハザードマップを見て、リスクの低い所を買うといったことです。できれば、一步先を考える、我々の世代だけでなく、次の世代を安心な社会に導くためにはどうすることができるのかを考えることです。

さらには、気候変動を前提とした取組みの一般化で、これまで最大の被害や最も暑かったということも変わってくる、そういうことを前提とした一般化、もっと暑くなったら生業はどうなるのか、もっと大雨の時でもここは大丈夫で逃げられるのかということをしつかりと考える

のような、取組みにできればいいと考えています。

最後のまとめとして、気候変動による影響は避けられない状況にあることは、今日御理解いただけたかと思えます。既に生じている影響を数々紹介させていただきました。そして、地球温暖化、気候変動に対する二つの対策、緩和策と適応策の二つがあるということは、既に御承知と思えます。しっかりと緩和策に取り組んで一定の目標を目指し、それを何とか達成しようということと、それでも残る影響に対しては、我々は適応策を準備して、今の世代、将来世代の被害を回避して軽減するということを覚えていただければと思います。

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM

まとめ

- 気候変動によるある程度の影響が避けられない状況に
- 地球温暖化（気候変動）に対する2つの対策
 - ✓ 温室効果ガスを削減するための対策（緩和策）
 - ✓ 生じる影響に備えるための対策（適応策）
- 適応策は全く新しい施策ではない
 - ◆ 既存の施策を有効活用＋将来の気候を考慮した見直し
 - ・ 気候変動を想定した施策の立案
 - ・ 対策の更新時に将来影響を考慮してコストを抑える
- 適応計画の策定にあたっては、将来の気候変動とその影響の不確実性の中で意思決定をする必要
 - ✓ 主要な柱：反復性の評価、柔軟性・順応性のある計画、適応能力の強化
- 対策（緩和策、適応策）は目指すべき将来像を考えるきっかけ
 - ✓ 長期的視点の必要性、様々な将来像を検討

適応策とは全く新しい策ではありません。既存の施策を、まずしっかりと有効活用するとともに、さらに、それを改修、変更するとき、将来の気候を考慮し見直しを行うというやり方だと考えています。そして、適応計画を策定する時には、将来の影響という不確実な中で、意思決定をしないとイケませんので、計画を1回作ったら終わりではなく、何度も見直しを繰り返して、例えば、5年に1回見直す、新たな科学的知見が出たからそこで計画の内容を考えることが重要です。

最後に、緩和策、適応策だけ行えば、人間社会がハッピーになるわけではなく、様々な課題があります。しかし、気候変動対策を考えることによって我々がどういう将来像を目指すのか、未来を考えるきっかけにさせていただきたいということです。

長期的な視点から、この緩和策、適応策に取り組んでいただいて、幾つもある社会的な課題の中の一つとして取り入れていただければ、将来的にこの問題を解決することによって、持続可能な未来を構築できると期待しています。

質疑応答

座長 廣畑 昌章 熊本県保健環境科学研究所長

先生は、国立環境研究所において、地方環境研究所と連携を取りながら研究されている部分がございますけれども、この地球温暖化に関する地方環境研究所の役割について、漠然とした質問になりますけれども、先生はどのようにお考えになられてますでしょうか。

講師

私は、地方環境研究所の皆様には非常に重要な役割を担っていただけると期待しているところがありまして、それは、今日ご紹介させていただいた非常に長い期間のデータを蓄積することで、気候変動が生じているとか、影響がどの程度生じてきたとか、頻度が増えるとか、強度が増えたことが分かってくると思えます。今年だけ、去年だけとかではなく、しっかりとデータを蓄積する、そういうデータを収集して分析できるということは、地方公共団体の研究者の皆様のご得意とするところではないかと思っております。気候変動適応というものは、過去から現在こう変わってきた、ではこういうことを取り組みましょう、この地域では農業から取り組むべきなのか、防災から取り組むべきなのか、健康から取り組むべきなのか、そういうところをしっかりと情報の蓄積と分析、さらにはそれを普及するという中核的な役割を担っていただけると、私は期待しております。

座長 廣畑 昌章 熊本県保健環境科学研究所長

気候変動適応に関する部分は、あまり世の中でクローズアップされてきてないというか、先生がおっしゃったようにちょっと抑えられた部分、伏せられてきた部分、少しタブー視されてきた部分があるかと思えます。認知度の低さ、理解不足というのは確かにあるかなというふうに、お話を聞いて考えたところでございます。

適応の取り組みづらさというものもあるかと思いますが、この点をもう少し、何か補足等ありましたら御説明いただけないでしょうか。

講師

緩和という言葉は、低炭素から脱炭素というふうに変わってきたところがありますし、それを認知してもらうために結構、時間がかかりました。2000年前半に、そういう言葉をどうしようか研究者の間で話して、イギリスの方ではローカーボンと言われているのをどう訳すか、「ロー」なのか、「脱」なのかとか、そもそも「脱」できるのかという議論はありますけれども、やはり長い年月をもって、緩和は大分浸透してきました。

適応も2018年に法律ができてからまだ短い期間なので、なかなか急速には普及できていないというところがあるかと思えます。一方、皆さんが取り組んでいる適応策の事例等をA-PLATで紹介しておりますけれども、中にはこれも適応になる、既に取り組んでいるということ

は、数多くあるわけです。そのことを先ほど話しました「わがこと化」、自分で行っている、自分も取り組めるということがありますので、そういうところを上手く知っていただき、取り組んでいただく、若しくはそれを理解してもらうことがあれば、一つのいいやり方として、その緩和策と並ぶ対策として、広く知ってもらえないかと思っております。

SDGsが2030年目標で広くひろまっておりますけれども、気候変動対策はその中の一つに入っているわけですので、そこをうまく知っていただけたらいいのかなと思っております。適応という言葉が難しいのではないかということも言われることがあります、この言葉を変えろということについては、適応という言葉は世界的にもアダプテーション (adaptation) ということで使われていますので、それを変えろということは難しいところで、私も悩んでおります。適応という言葉を知ってもらうためには、地域気候変動適応センターと一緒に、これからも努力していかないといけないと考えております。

山口県環境保健センター 元永氏

肱岡先生の発表の最後の方で、気候変動を前提とした取組みの一般化というところがあったと思いますが、例として、国土交通省が2℃上昇、4℃上昇を前提に、気温が上がるとどれぐらいの変化があるかというのを示されていたと思います。その他に、国や県で、気温上昇によってどういう影響があるかというのをいわゆる一般化し取り組んでいる例はありますか。

例えば、農業分野や生物多様性の分野などでの影響について、国の方で影響を考慮したガイドラインなどが示されていれば教えてください。

講師

研究ベースで、全国でどういう影響を受けるかということについては、A-PLATを作る際に推進費のS-8でのリサーチもありまして、私は、それをベースにこのウェブを立ち上げており、地域別に見ていただける情報もあります。

ただし、その情報を受けて、地域別に目標を上げようとか、対応というところまでは、まだ日本ではなかなか見られていないかなと思います。

S-8というのは2010年に終わった話ですので、その後の国土交通省、文部科学省と一緒に実施しているSI-CATやS-18など、どんどん新しい情報が出ていますので、IPCCの新たな報告に合わせてしっかり更新しておかないと、本当にリスクがどうなっているかわかりませんので、そういうものは、全部情報をいただいて、利用ができるように整備していきたいと思っております。

一方で、行政サービスの全てを網羅しているわけではありませんので、こちらを研究していると言いながら、実は山口県の欲しい項目全部を出せるかわからないです。そういう時は、特殊事情として専門の先生を紹介しますので、若しくは環境省が支援しています国民参加事業という方で、自ら取り組んで、山口県とか様々な機関と組みながら、自分たちの気になる影響をしっかりと予測しようということもできる状況にありますので、もしそういうことが御希望ならば、是非御相談いただければと思います。

＜特集＞第49回環境保全・公害防止研究発表会

各座長によるセッション報告

セッション1（水環境Ⅰ）

山口県環境保健センター

橋本 雅司

本セッションでは、公共用水域及び地下水等に関して5題の研究発表があった。

「塩化物イオンを指標とした地下水の人為的負荷影響調査」（福岡県保健環境研究所）の発表は、地下水への人為的な影響を把握することを目的として、地下水中の塩化物イオンの存在状況について福岡県内における地理的分布の特徴を明らかにしたものである。平成17年度から令和3年度に実施した広範囲にわたる地下水の分析結果（702件）から、コンター図を作成したところ、塩化物イオン濃度は沿岸部で高く、内陸部で低い分布となり、塩化物イオンの主な供給源が海成風送塩であることが示唆された。また、コンター図で塩化物イオン濃度が特異的に高い地点について確認したところ、人為的影響を受けている可能性が高いことがわかり、このことから、任意の地点において塩化物イオン濃度に着目することで、人為的な負荷の可能性が推定できることがわかった。質疑では、人為的影響が示唆された事例について、原因究明や発生源の推測及び他の検出項目との関係について議論が交わされた。

「降雨時における市街地排水中の硝酸イオン濃度の年々変動」（千葉県環境研究センター）の発表は、印旛沼において全窒素の流入負荷量の約7割を占める面源負荷の主な要因の一つである市街地排水について、降雨時調査から硝酸イオン濃度の年々変動について検討したものである。調査は、①市街地の調整池の雨水流入口において2020年6月から市街地排水を、②調整池から20km離れた道路橋梁部において、2019年6月から道路排水を採水して行った。いずれの地点も、排水の由来は主に雨水であり、市街地排水では、降雨初期の硝酸イオン濃度は2～13mg/Lであった。その後、降雨とともに濃度が大きく下がり、累積降水量40mmを超えると2mg/L程度以下であった。道路排水は、降雨初期は1～40mg/Lとばらつきが大きく、降雨とともにゆるやかに低下し、累積降水量30mmを超えると

1mg/L程度以下となった。季節毎の硝酸イオン濃度の平均値は、2020年6月以降2年間は変動が小さかった。なお、道路排水については、2019年の冬季を中心に2022年6月以降より濃度が高く、社会経済活動の減少による大気粒子濃度の低下等、大気由来窒素の市街地等の面源負荷への影響についても検討が必要と考えられた。質疑では、雨水に含まれる硫酸化物や窒素酸化物の量との比較及び収支、雨水の季節変動について議論が交わされた。

「2010年代の播磨灘における観測データを用いた栄養塩類の空間解析」（公益財団法人ひょうご環境創造協会兵庫県環境研究センター）の発表は、播磨灘において、貧栄養化解消のため効果的な栄養塩供給を行うにあたり、鉛直混合をはじめとする栄養塩類の循環メカニズムを明らかにすることを目的として、栄養塩類の空間的な分布について観測データを用いて解析を行ったものである。2010年から2019年の8地点における夏季及び冬季の表層水及び底層水の全窒素、溶存無機態窒素、クロロフィルaの濃度及び水温について解析を行った結果、陸からの栄養塩流入の影響は、沿岸域における全窒素、クロロフィルaの濃度上昇に現れ、また、沿岸域の溶存無機態窒素濃度は沖に比べて低かったことから、流入後、沿岸域において直ちに生物に消費されていると考えられた。冬季には、場所に関係なく、鉛直混合が起り、明石海峡付近においては、一年を通して表層水・底層水の差が小さく、海峡部の激しい水輸送による鉛直混合の影響を受けていることが示唆された。質疑では、海水温に潮流がどのように影響しているかについて、黒潮の影響を強く受けていることのほか、地球温暖化の影響による夏季の成層など議論が交わされた。

「鹿児島湾及び流入河川の難分解性有機物について」（鹿児島県環境保健センター）の発表は、鹿児島湾の中でも閉鎖性の高い湾奥部において、CODが夏季に環境基準値を上回る要因の一つとして考えられている難分解性有機物について、測定方法の検討及び実態調査を行った結果をとりまとめたものである。先行研究を参考に最大200日間の生分解試験と有機物量の変化を把握するためのTOC、DOC、COD等の測定を行った結果、100日間生分解試験を行った後に残存する有機物を難分解性有機物、100日間で分解される有機物を易分解性有機物として、鹿児島

湾奥部を中心に5地点、流入河川2地点において調査を行った。調査の結果、難分解性有機物は年間を通して変動が小さく一定量が存在していること、易分解性有機物及びCOD並びにTOCは夏季に高く、冬季に低い季節変動があることがわかった。また、難分解性有機物は、CODとして表されない有機物を多く含むことが示唆された。質疑では、易分解性有機物の影響でCODが夏季高くなる原因や、TOCの測定に係る課題などについて議論が交わされた。

「鹿児島湾における植物プランクトンとCODの関係」（鹿児島県環境保健センター）の発表は、鹿児島湾奥部において夏季にCODが環境基準値を上回る要因の一つとして植物プランクトンの増殖に着目し、植物プランクトンの細胞数及び総炭素量について調査を行ったものである。鹿児島湾奥部の中央に位置する地点の表層水を用いて、2019年3月から3年間、COD及び溶存態COD、植物プランクトンの総細胞数について調査を実施した。植物プランクトン総細胞数をもとに算出した植物プランクトンの総炭素量は、春季から夏季にかけて増加し、冬季にかけて減少するCODと類似した変動を示した。また、植物プランクトン総炭素量とCODには正の相関があり、植物プランクトンの総炭素量が増加すると、溶存態COD及び懸濁態CODのいずれも濃度が上昇する傾向がみられ、植物プランクトンの増殖が溶存態CODを含む海水中の有機物に影響していると考えられた。質疑では、総炭素量の算出方法、CODとクロロフィルaの相関、植物プランクトンの増殖要因について議論がなされた。

以上、本セッションでは地下水への人為的影響や大気影響が指摘されている市街地排水の窒素化合物濃度、海域における栄養塩類の挙動、CODの環境基準超過要因といった水環境をとりまく様々な課題について事例報告が行われた。質疑も活発になされ、本セッションでの知見の共有や議論が各地方環境研究所で課題に取り組む職員にとって、参考となる貴重なものとなったのではないかと感じた。

セッション2（水環境Ⅱ・生物・化学物質）

千葉県環境研究センター

横山 新紀

本セッションでは、生物応答試験や水環境中に含まれる化学物質に関する5題の研究発表があった。

「汽水域・海域における生物応答試験法の検討について」（名古屋市環境科学調査センター）は、水生生物を用いた水質の生体影響評価手法である生物応答試験について、耐塩性のある甲殻類、魚類を用いた試験法の検討を行ったものである。甲殻類試験は淡水から汽水域にかけて生息するオナガミジンコ属を用い、10日間の合計産仔数を算出し、淡水棲の試験生物であるニセネコゼミジンコの結果と比較した。魚類試験については、腎機能が発達しており耐塩性が非常に高いと言われているヒメダカの受精卵を用い、海水濃度100%、80%、40%濃度区において60卵/濃度区で約14日間飼育し孵化率、生存率などを比較した。甲殻類試験結果は、産仔の数、頻度ともにオナガミジンコが若干少ない傾向となったが、生物応答を用いた排水試験には使用可能であることが考えられた。魚類試験については、海水濃度100%においても孵化に影響は認められず、稚魚の死亡も確認されなかったことから、ヒメダカの受精卵を用いた汽水・海水試験は可能であると考えられた。質疑では、実試料を用いた試験方法の検討について議論が行われた。

「地方環境研究所が対象とする多様な水環境と管理に向けた生物応答の活用」（埼玉県環境科学国際センター）は、令和元年度から3年間実施した地環研10機関の共同研究である各種生物応答試験を全国の河川水へ適用した事例について報告したものである。令和元年度は、河川水80%試験区において影響が見られた機関があったが、原因物質の特定には至らなかった。令和2年度は甲殻類、藻類に強い阻害が見られた河川があり、重金属の影響が疑われた。令和3年度は甲殻類に対して強い阻害が見られた地点があり、工場排水の影響が疑われた。環境基準A類型や生物Aの比較的良好な水質と判断できる地点であっても、水生生物への影響が確認された地点があったことから、生物応答試験が生物から見た水質の「ものさし」としての有用であることが示された。令和4年度以降の共同研究では、海水・汽水域を含む全国の様々な水環境に対応可能な生物応答試験法を検討予定である。質疑では、生物応答試験の精度管理の検討などについて議論が行われた。

「大和川水系上流域における生活由来化学物質（PPCPs）の環境実態調査」（奈良県景観・環境総合センター）の発表は、未規制化学物質である医薬品類をはじめとした生活由来化学物質（PPCPs）について、奈良県の河川を対象とした、環境実態調査を行い、生態リスク評価を実施したものである。冬期と夏期に調査を行った結果、夏期及び冬期に何れかの地点で検出された。冬

期調査時の方が検出地点数は多く、検出濃度も高かった。下水処理による除去効率90%以上のValsartanと約10%のIrbesartan濃度比から河川への未処理下水放流影響を評価したところ診療所等の高齢者福祉施設が複数存在し、下水道整備が遅れている地域の下流で、顕著に高くなった。また、予測無影響濃度を超過したことから、河川における未処理下水の影響評価に適用できることが示された。PPCPsの各物質の濃度を比較することで、採水地点ごとの特徴が把握でき、地域ごとの排出実態を把握することの重要性が示された。予測無影響濃度

(PNEC)を超過した物質について、国内の検出事例と比較したところ、国内の先行研究より低い数値であった。質疑では、調査地点の立地による特異性などについて議論が行われた。

「IC-ICP-MSを用いたガドリニウム化合物の形態別分析法の開発」(福岡県保健環境研究所)は、近年、化学形態毎に異なる毒性を持つガドリニウム(Gd)の形態別分析法として、分離部にイオン交換クロマトグラフィー(IC)と質量分析部にICP-MSを用いた分析法(IC-ICP-MS)の開発を行ったものである。日本国内では、Gd化合物はMRI造影剤として使用されており、その中で入手できた4種の標準品を対象とした。溶離液濃度等の分析条件の検討を行い、グラジエント分析により4種の化合物のGd化合物を分離、定量することができた。また、開発した分析方法により、福岡県内河川水の測定を行ったところ、下水放流水の影響を受ける地点で、Gd化合物の1つであるGd-BT-D03Aが1100ng/L検出された。今後は、開発した分析法を環境試料に適用させ、より多くのGd化合物に適用できる条件検討が行われる予定である。質疑では、病院排水による河川水の影響等について議論が行われた。

「アクリル酸*n*-デシルの分析法開発及びアクリル酸エステル類の同時分析検討」(長野県環境保全研究所)は、環境省の化学環境実態調査の一環で、媒体中のアクリル酸*n*-デシルの分析法開発及び対象物質と類似構造を有する物質の同時分析法を検討した結果について報告したものである。サンプル注入量やカラム等を検討した結果、環境省の要求感度を満たすことが可能となった。分解性スクリーニング試験では保存条件により残存率の低下が見られたが、pH等の条件を調整することで湖水、海水とも要求を満たす残存率にすることができた。開発した分析方法を環境試料の測定へ応用した結果、調査を行った河川では検出されなかった。同時分析法の開発では、アクリル酸エステル類9物質の同時分析の検討を行い、6物質

について環境省の要求感度を満たすことができたが、今後さらに検討を行い、分析法の確立が期待される。

以上、本セッションでは耐塩性をもつ水生生物を用いた生物応答試験方法の検討や、水環境中に存在する化学物質の新たな分析方法の検討といった内容について研究報告や質疑などが行われた。本セッションの内容は関心の高い内容であると考えられ、得られた知見を広く共有することが望まれる。

セッション3 (水環境Ⅲ・廃棄物)

埼玉県環境科学国際センター

田中 仁志

本セッションでは、マイクロプラスチック、プラスチックごみ及び災害廃棄物に関連する4題の研究発表があった。

「福岡県内河川の定常時マイクロプラスチック調査」(福岡県保健環境研究所)では、福岡県内の5河川を対象としたマイクロプラスチックの定常時における流出状況調査の結果が報告された。河川全体の傾向としては、マイクロプラスチック(MP)の個数密度の増減について季節変化は顕著にみられず、調査日によってばらつきが大きかった。5河川全体の平均個数密度は6.02個/m³であり、先行研究(1.6個/m³)と比較して高い値を示した。年間流出個数は、最も多い地点で5,270万個と算出された。都市域河川、農業地帯河川及び工業地帯河川のMPを比較すると特徴的な形状や材質、色などがあり、それぞれの地点で排出源が異なることが推定された。排出抑制対策としては、普遍的なMPの抑制対策とともに、個々の地域での特徴的なプラスチック排出源からの排出を抑制する必要があるという提言があった。

「栃木県内の環境中に排出される廃プラスチック類に関する調査(第3報)」(栃木県保健環境センター)では、栃木県内の環境中(主に河川)に排出される廃プラスチック類の実態把握及び発生抑制対策、環境学習等への活用方法を検討する基礎資料を得る目的で、河川への廃プラスチック類の流入経路や市街地等を調査し、環境中に流出した廃プラスチック類の発生原因等について検討した結果が報告された。流入経路調査では、河川ごみの多い箇所やごみの種類の確認が行われた。市街地調査においては、路上、水路周辺、ごみステーション等で散

乱ごみが確認され、発生原因として主に意図しない散乱が原因と考えられた。施設等の管理の徹底について、普及啓発や注意喚起が必要との考えが示された。河川ごみ定点調査では、河川敷や周辺道路などの定期的な清掃が河川への流出防止に有効と考えられた。質疑では今後調査結果を環境学習等へどのように反映するか言及された。

「海岸漂着マイクロプラスチック調査を用いた環境学習の実施について」（山口県環境保健センター）では、令和2年度に作成した環境学習用マイクロプラスチック（MP）調査の手引きを用いて実施した学習会（授業）により得られた知見について報告があった。学習会直後と一定期間経過後に行ったアンケートでは、学習会や授業で高まった海洋プラスチックごみ問題に対する関心が一定期間経過後も継続していることが確認され、また、プラスチックごみ削減の行動に繋がる傾向が見られた。MP調査の手引きをツールとして活用し、市や環境学習推進センター等と連携することで、多様な主体から県民への環境学習の機会が与えられることになると考えられ、海洋プラごみ発生抑制に繋がることが期待される。

「GISを用いた災害廃棄物仮置場選定手法のマニュアル化について」（富山県環境科学センター）では、地理情報システム（GIS）を用いて土地利用の制約条件等を踏まえた仮置場候補地の情報整備等のマニュアル化について紹介があった。本研究では富山県内の一級河川の水害を対象として災害廃棄物発生量の推計を行い、その分布状況をGISで表示した。対象流域のA市において、あらかじめ選定された仮置場候補地の現地調査を行い、土地形状や設備等に関する課題を明らかにした。また、仮置場候補地と周辺環境や土地利用などの条件をGISによる空間解析を行い、土石流警戒区域に該当する地点、洪水浸水想定区域に該当する地点など現地では分かりづらかった周辺環境の課題を明らかにした。仮置場候補地の現地調査と周辺情報のGIS化は周辺環境と併せて総合的な判断が可能になり、防災拠点や避難所として活用したい関係機関と協議する上で有用と考えられる。質疑では、対象となった仮置場候補地の評価について議論がなされた。

以上、本セッションでは河川におけるMP調査や廃プラスチック類の発生原因調査、海岸漂着MP調査を通じた環境学習に関する調査、GISを用いた災害廃棄物発生時の仮置場の選定に関する調査といったプラスチックによる環境汚染問題をはじめとする廃棄物対策について事例報告や質疑が行われた。本セッションの内容は社会的関心

も高い内容であると考えられ、得られた知見は広く共有されることが望まれる。

セッション4（大気）

沖縄県衛生環境研究所

友寄 喜貴

本セッションでは、大気に関する5題の研究発表があった。

「山口県における大気粉じん中の多環芳香族炭化水素類の調査について」（山口県環境保健センター）の発表は、多環芳香族炭化水素類（PAHs）22物質について、県内4地点で2019年4月から2022年3月に継続的な環境調査を行った報告であった。結果として、気塊のエイジング指標であるBaP/BeP比は、県内4地点の比が越境と判断される黄砂時の比より大きかったことから、県内4地点で観測されたPAHsは大陸からの越境汚染より地域汚染の影響が大きいと推測された。また、PAHsの偏在率は寒候期にPM_{2.5}側で高かった。PAHs15物質について毒性等量（TEQ）への寄与率を試算したところ、BaPとDBahAが高く両物質合計で83から84%であった。PAHsはガスと粒子状の状態で存在しており、季節変動やPM_{2.5}への偏在率は気温の影響を受けていると考えられる。今後はガス状のPAHsを含めた環境濃度の把握が望まれる。質疑では、TEQ換算の際、BaPの寄与率とDBahAの寄与率の地点間の差について等が議論された。

「名古屋市における揮発性有機化合物の昼夜観測」（名古屋市環境科学調査センター）の発表は、米国EPAの光化学モニタリングステーションで測定されているVOCsと有害大気汚染物質に該当するVOCsの大気中濃度や成分組成の季節ごとの変動を知るために、季節別の昼夜観測を行った報告であった。大気中VOCsの合計濃度は夏季においてのみ、観測日すべてで昼間が同日の夜間に比べて大きく、組成比に関しては昼夜ともにアルカン類、芳香族炭化水素類、その他が大きくなる傾向がみられた。冬季はその他の季節に比べると組成比の変化が少なかった。オキシダント濃度は夏季と秋季において昼間が同日の夜間に比べて大きい傾向がみられ、アルデヒド濃度は春季以外で昼間が同日の夜間に比較して大きかった。質疑では、名古屋市においてオキシダント濃度が高くなる季節やその発生原因に地理的な要因があるか等が議論された。

「都市域バックグラウンドデータを用いたPM_{2.5}に対する地域変動寄与の簡易推定」（熊本県保健環境科学研究所）の発表は、都市域バックグラウンド（BG）地点でのPM_{2.5}等の測定データを活用することで都市域の濃度変動を越境移流等の影響による広域変動と地域発生源等の影響による地域変動に切り分けて評価を行った報告であった。都市域と都市域BGのPM_{2.5}濃度を用いて、地域間の濃度差による算出（差分法）と回帰分析による算出（回帰分析法）で簡易的に地域変動寄与割合を推定している。2手法で推定した結果から都市域における地域変動寄与割合は24～39%であり、手法による大きな違いはなかった。また、地域変動は都市域PM_{2.5}濃度に対し、一定の寄与があることが示された。質疑では、PM_{2.5}の常時監視の評価については日平均データで評価しているが、年平均ではなく日平均データでの差分法の結果等について議論がなされた。

「火山活動が大気環境に与える影響について」（鹿児島県環境保健センター）の発表では、桜島の火山活動による大気中の粒子状物質への影響を明らかにするため、火山活動時に特異的に検出される元素を選定し、火山活動由来の一次生成物質による大気中のPM_{2.5}及びSPMへの定量的な影響についての報告であった。成分分析の結果から、桜島の火山活動の影響がある時期に特異的に検出される希土類元素を見出し、一部の希土類元素が火山灰の指標となり得ることが示唆された。また、これらの希土類元素を用い、火山灰の含有量を推定式により算出し、桜島島内の有村局におけるPM_{2.5}及びSPMへの火山活動による定量的な影響が示された。噴火観測時と爆発観測時での火山活動による影響の違いを考察することで新たな知見を得られることが期待される。質疑では、爆発と噴火の違いや、解析の際の近隣の他の自治体の成分分析の結果の使用についてなど議論された。

「Pythonの利用による流跡線解析とその解析例について」（沖縄県衛生環境研究所）の発表は、PythonのライブラリであるPySPLITを用いて多数の流跡線の重ね書きや二次的な解析が可能になり、今回はその流跡線解析事例を紹介したものである。対象地点はうるま市で2017年度から2020年度の四半期毎にPM_{2.5}の成分分析期間である14日間を対象とした。流跡線解析を多数作成する場合は流跡線の妥当性を検討する必要があり、今回は流跡線の終点を新たな起点とする逆解析を行い、PySPLITのみについている誤差計算機能を用い不適切なものを除いた。その結果を用いて、Pythonの地理情報ライブラリを利用し流跡線の経路からどの地域を通ったかによる分類が可能となる。また、有効な流跡線を用いて1日ごとに地域を自

動判定して年度や季節ごとに集計したりなど、Pythonライブラリを活用し、適当な基準を決めることで効率的に地域の分類を行うことが可能となる解析の紹介であった。質疑では、逆解析の際に差が出る理由などについての議論がなされた。

以上、本セッションでは地域における大気環境への影響に関する研究報告及び流跡線の二次的な解析に関する紹介が行われた。大気汚染の解明は、各種データや解析、様々な視点からの研究が必要であり、本セッションでの知見の共有や議論は、他の地方環境研究所における研究の参考になると考えられる。

セッション5（気候変動・放射線）

福岡県保健環境研究所

山本 重一

本セッションでは、気候変動及び放射線に関する3題の発表が行われた。

「熱中症予防につながる調査研究及びその普及啓発について」（川崎市環境総合研究所）の発表は、川崎市の環境大気測定局の気温データと熱中症救急搬送状況との関連を含めたデータ解析とそのデータを活用した普及啓発についての報告であった。熱中症救急搬送状況について、猛暑日日数、搬送者数及び高齢者（65歳以上）の搬送割合は増加傾向であり、最高気温が30℃以上で熱中症リスクが急激に増加することが分かった。時刻別の熱中症搬送状況からは、熱中症リスクが高い時間帯において、早めの対策が重要であることが示された。発生場所別の熱中症救急搬送状況については、「住居」での発生が最多で、次いで「道路」が多く、クーラーや日傘の使用など発生場所に適した対策が大切と考えられる。熱中症の発生は高齢者が多いことを踏まえて、川崎市では令和3年度から高齢者を中心とした熱中症予防啓発を実施している。令和4年度の普及啓発活動では、調査研究結果を活用するとともに、行動科学の手法を組み込んだナッジ理論を導入した熱中症予防リーフレットを提供した結果、リーフレット要望枚数が令和3年度に比べて2倍以上に増加したという改善効果について言及があった。質疑では、日傘による暑さ軽減効果について議論があった。

「東京湾、手賀沼、印旛沼及び流入河川底質中における放射性セシウムの長期的変動」（千葉県環境研究センタ

一)の発表は、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により、環境中に多量に放出された放射性物質のうち、東京湾及び千葉県北西部に位置する手賀沼、印旛沼と流入河川底質中の放射性セシウムの分布と変動についての報告であった。東京湾底質調査では、経年的に放射性セシウム濃度が低下していたものの、北部にある江戸川、印旛沼放水路の河口付近、河口部から離れた水深が深い地点、南部では河川流域に降下した放射性セシウムが流入したと考えられる地点で濃度が横ばい、又は増加していた。手賀沼、印旛沼及びその流入河川底質調査では、いずれの地点も経年的に底質中の放射性セシウム濃度は低下していたが、放射性セシウムの沈着量の高い地域を集水域とする手賀沼の西側では高い傾向が続いていた。なお、2013年10月の台風26号の影響により、流域に堆積していた放射性セシウムが移動したことにより濃度が急激に低下していた。放射性セシウム濃度と強熱減量との関係について、東京湾河口部及び一部の河川底質で正の相関がみられることから有機物に付着して移動・堆積していると推測された。質疑では、河川の粒度と強熱減量の関係について議論があった。

「福島県内の仮置場における除去土壌等保管容器及び遮水シートの長期耐久性評価」(福島県環境創造センター)の発表は、福島県内の除染活動で発生した除去土壌等の仮置場で実際に使用されている保管容器及び上部遮水シートについて、長期耐久性を評価した報告であった。保管容器を対象とした引張強度試験では、遮光保管された耐候性大型土のう及びフレキシブルコンテナは7年程度使用しても強度が保たれており、長期耐久性が期待できた。比較対象で実施した促進暴露試験から、劣化には日光だけでなく温度変化による伸縮疲労が寄与していることが考えられた。上部遮水シートを対象とした試験について、PVC遮水シートは強度、耐水度共に問題ないが、通気性防水シートの耐水度は極めて低くなっていたことが分かった。質疑では、保管容器の劣化、破損原因について議論があった。

以上、本セッションでは、気候変動は熱中症の予防について、救急搬送状況と温度データ及びナッジ理論を活用した普及啓発。また、放射線は福島第一原子力発電所事故後の影響把握及び問題への対応に関する報告であった。本セッションの発表は、一般の方にとっても関心の高い内容であり、継続した調査によるデータの蓄積や適切な情報発信は、国民の安心安全にとって重要と感じた。

<特集> 環境DNAを用いた環境調査の現状と展望

令和4年度全国環境研協議会環境生物部会
「生物学的調査研究推進のための研修会」の概要

福岡市保健環境研究所

1. 企画の趣旨

全国環境研協議会環境生物部会では、令和3年度に、会員機関を対象として「今後の環境生物部会の活動として実施して欲しいこと」に関するアンケート調査を行ったところ、「研修会の実施」を希望する回答が最も多く、中でも「環境DNA」を希望する回答が多かった。そこで、環境生物部会の新しい活動として、環境DNAの専門家による研修会を企画した。

2. 研修会の実施概要

研修会は、令和4年12月23日（金）14:00～15:30に、オンラインにて実施し、40機関から82名が参加した。専門家による約80分間の講演の後、質疑応答の時間を設けた。研修終了後は参加機関に対しアンケート調査を行った。

3. 講師および表題

講師として千葉県立中央博物館 資料管理研究科 主任 上席研究員 宮 正樹氏をお招きし、「バケツ一杯の水からわかる世界の海や川の魚たち：MiFish法の概要と最新情報」との表題でご講演をいただいた。（図1）



図1 講演表題スライド

4. 講演要約

講演は、環境DNAが民放ドラマで取り上げられた事例や、

水槽中を泳ぐ魚から出ている粘液にもDNAが含まれている事例の紹介から始まった。環境DNAとは、環境媒体中（空気、水、土壌中）に存在する体外DNAのことで、報道番組で特集された例を挙げて、近年食卓から消えた魚の新たな生息域を調べる有効な手法となるなど、環境DNAによって何がわかるのかについて説明がなされた。

宮氏は2015年に、水中に存在する魚類のDNAを分析可能な量まで増幅するPCRプライマー（MiFishプライマー）を発表し、多くのメディアから注目を集めた。この方法はMiFish法と呼ばれ、特別な実験テクニックがなくても実験可能であることから、世界中に普及し、現在までに120件以上の実証的研究が行われている。日本国内では、国土交通省や環境省、水産庁等の調査にこのMiFish法を用いる試みが進められており、関係省庁や民間機関が相次いで論文や調査手引きを発表していることが紹介された。

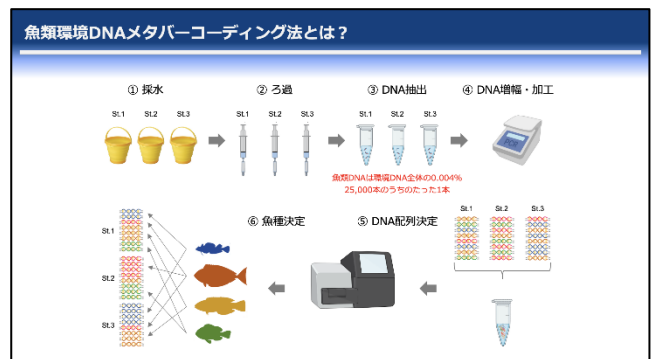


図2 講演スライド

魚類は分類学的にも生態的にも多様であるため、調査は非常に煩雑であるが、水を汲むだけで調査を可能としたのが環境DNAメタバーコーディング法である。環境DNAメタバーコーディング法は、①バケツで採水、②ろ過、③ろ過フィルター残渣から環境DNAを抽出、④DNAの増幅・加工、⑤DNA配列決定、⑥魚種決定という手順で行う。様々な生物に由来する環境DNAのうち魚類のDNAは

0.004%程とごく微量であるため、MiFishプライマーを用いたPCRにより魚類のDNAのみを選択的に増幅することが重要である。さらに、DNAを加工して、サンプルの識別情報を付加することができ、これにより異なるサンプルを同時に次世代シーケンサーで分析する超並列シーケンスが可能となっているとの説明がなされた。(図2)

このMiFish法の実証実験として、水族館の水槽で行われた実験では、飼育されている魚種全体の93.3%を検出し、海洋のいけすで行われた実験では、距離や時間による検出状況の違いが明らかにされた結果が紹介された。

MiFishプライマーはミトコンドリアDNA内の12SrRNA領域に設計されており、他の領域に設計されたプライマーよりも2倍以上の検出能力があることが報告されている。一方で、塩基配列の一部不一致によりアナハゼ類や一部のキュウリウオ科、ヤツメウナギ類などの検出しにくい種や、マグロ等などの識別できない魚が存在するが、過去に現地で得られた知見と環境DNAで得られた知見を比較し、プライマーの再設計を行うことで対応可能であるとの説明がなされた。

また、MiFish法の応用も進んでおり、鳥類のフンを分析して魚食性の傾向を明らかにした事例、サメの肛門からサンプリングすることにより食性を明らかにした事例、空気中から動物のDNAを採取し動物園内の生きものを検出した事例、さらには犯罪捜査に利用される事例など多岐にわたる成果を挙げられた。また、市民と一緒にサンプリングを行い協働事業として研究を行っている事例もあるとのことである。

MiFish法の開発により、世界中の多種多様な水界生態系における魚類群集モニタリングが可能となり、新たな知見が生み出された。その一つの技術開発が哺乳類や鳥

類分析等の他の技術を生み出し、さらに様々な分野に応用され、新たな知見が生み出されている。これらを組み合わせることにより、生態系の真の姿を読み解くことに繋がってきていると述べられ、最後にこれら研究への多くの支援に対しての謝辞をもって講演は締めくくられた。

講演の後は、参加者から「これから研究を始める場合の注意点」や「PCR条件について」など、たくさんの質問がなされ、講師から丁寧な回答がなされた。

5. アンケート結果

今後の実施内容を検討する上で参考とするため、研修後のアンケート調査を実施し、30件の回答を得た。97%の回答者が研修会に満足し、環境DNAについて理解を深めることができたと回答した。すでに環境DNAに関する研究を行っている機関は17%と多くなかったが、今回の研修を通じて今後環境DNAを取り入れたいと回答した機関は59%と半数以上であった。参加者からは、関心が高まった、環境DNAの有用性を理解できた、最新情報を知ることができたとの声が多数寄せられた。また、今後も機会があれば研修会に参加したいとの回答は87%に上った。その内容は、環境DNAに関しては実地研修を望む声が多く、それ以外では気候変動や、特定外来生物、データの扱い方等、幅広い意見が寄せられた。環境生物部会として、今後も会員機関の要望に応じた活動を実施していきたいと考えている。

6. 謝辞

最後に、ご多忙の中、ご講演いただいた宮 正樹氏に厚く御礼を申し上げます。

<報 文>

群馬県内河川における環境DNAを利用した魚類生息調査*

吉野 有希菜**・木村 真也***・塚越 博之**・今藤 夏子****

キーワード ①環境DNA ②魚種同定 ③MiFish法 ④生物調査

要 旨

群馬県に生息する水生生物に関して生態系保全に有用な情報を収集・更新するため、群馬県内の6河川について環境DNAを用いた網羅的な魚類生息調査を実施した。魚類の検出結果を1985年に実施した捕獲調査結果と比較したところ、神流川では捕獲調査で確認された全ての魚種が環境DNA調査においても検出され、4つの河川（利根川、片品川、烏川、渡良瀬川）においては捕獲調査と比較すると70%以上の魚種が検出された。また、魚種ごとに検出地点を解析することにより、外来魚の侵入経路や生息域の経年変化を把握することが可能となり、環境DNAの検出・解析が生態系調査の一助となり得ることが示唆された。

1. はじめに

近年、生物多様性という言葉に注目が集まっているが、その多様性を知り、保護するためには、生物調査により生息状況を把握することが必要となる。特に、水生生物調査においては実際に生物を捕獲する方法が一般的であるが、調査精度を向上させるために地点数を増やすと調査時間が増し、応じて調査に要する費用も高額となるため、調査の頻度や地点数はかなり制限される。群馬県では2017年に生物多様性ぐんま戦略が策定され、生物多様性に関する情報の整備を行うことを目標とするなど、生物調査に対する行政の関心が高まっている。しかし、上記の理由等により、1985年以降県内全域の水生生物に関する詳細な調査¹⁾が行われておらず、情報が更新されていないのが現状である。

近年では、環境中から採取した生物由来のDNA（環境DNA）を解析することで生息生物を推定する新たな手法が考案され²⁾、現行の生物調査手法を補完できるのではないかと期待されている。特に、水環境における環境DNAによる調査では採水のみで試料採取が完結するため、短期間で多くの地点を調査することが可能となる。また、直接生物に触れることがないため、生物の生息環境を荒らさない

といった利点も挙げられる。

そこで、従来の手法である捕獲調査に加え、環境DNA調査を利用して群馬県の生物相を推定できれば生物多様性の情報整備に資することができるのではないかと考え、ゲノムに関するデータベースの構築が比較的進んでいる魚類を対象に、群馬県内河川における環境DNA調査を実施した。また、本調査より得られた魚類の生息状況から、過去の捕獲調査結果と照らし合わせて生息域に関する解析を行ったので、その結果についても報告する。

2. 調査方法

2.1 サンプルング地点と調査方法

本調査では、次世代シーケンサ（NGS, Miseq: Illumina製）を用いた網羅的な定性手法（MiFish法）において環境DNA調査を実施した。

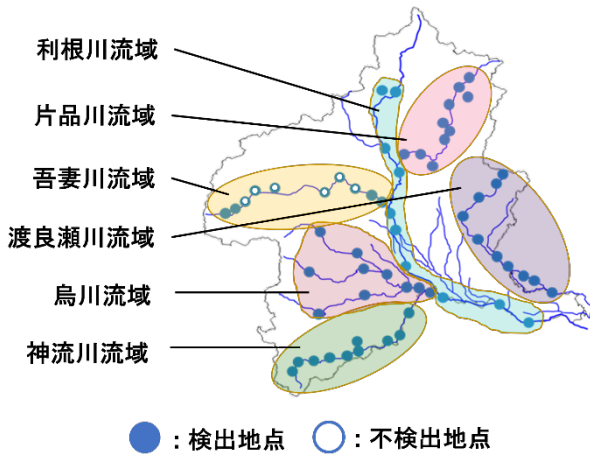
調査地点は、群馬県内の主要な6河川（利根川、片品川、吾妻川、烏川、神流川、渡良瀬川）より、各10地点（計60地点）を選定し（図1）、2019年6月から11月にかけて採水を実施した。各地点においてあらかじめ次亜塩素酸希釈水で滅菌処理を行ったポリ瓶に河川水を1L採水し、当日中にグラスファイバーフィルター（GF/F、

*Fish Habitat Survey Using Environmental DNA in Rivers in Gunma Prefecture

**Yukina YOSHINO, Hiroyuki TSUKAGOSHI（群馬県衛生環境研究所）Gunma Prefectural Institute of Public Health and Environmental Sciences

***Shinya KIMURA（群馬県東部環境事務所）Gunma Prefectural Institute of Tobu Environmental Affairs Office

****Natsuko KONDO（国立環境研究所）National institute for Environmental Studies



● : 検出地点 ○ : 不検出地点
図1 調査地点 (計60地点)

47mm:Whatman)によるろ過を実施した。ろ過後にDNAが残留したろ紙を試料として、-80℃の環境下で保存した。次世代シーケンサで分析するまでの前処理については、「環境DNA調査・実験マニュアル」³⁾(以降、環境DNAマニュアル)に基づき実施した。

また、各河川流域にトラベルブランク、操作ブランクを設定し、試料と同様の処理を行った。

2.2 魚類の検出及び同定

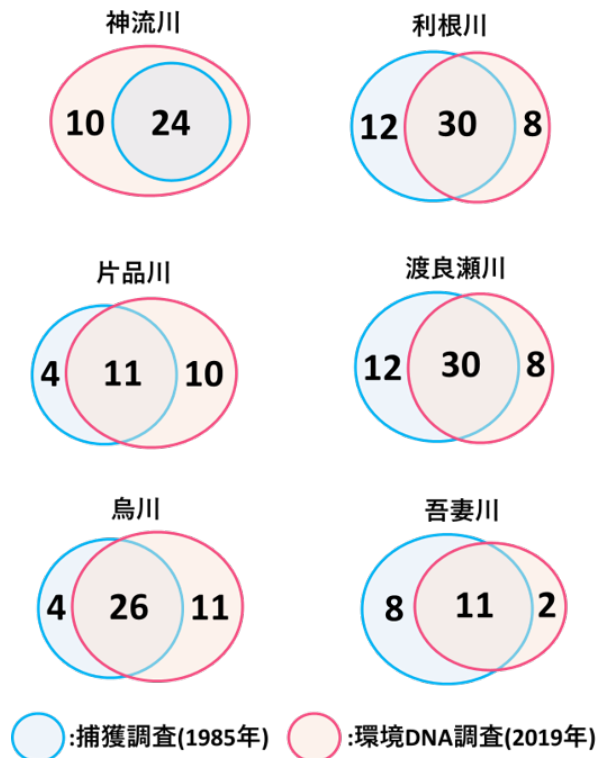
魚種解析は環境DNAマニュアルに基づき、次世代シーケンサの測定データから解析ソフトである「MiFish pipeline」(<http://mitofish.aori.u-tokyo.ac.jp>)を用いて魚種の同定を行った。同定方法に関して、MiFish法で用いるプライマー間領域の塩基配列が複数の種と一致する場合、あるいは塩基配列の変異により別の種と判別される場合に、対象魚種は「識別に注意を要する種」とされる⁴⁾。こうした種については、環境省自然環境局生物多様性センターが編集する「MiFishによる種の識別に注意を要する淡水魚類の判定結果の一覧」と検出結果を照らし合わせ、精査した。

トラベルブランク、操作ブランクより試料と同程度の環境DNAが検出された場合は、コンタミネーションに由来するものとして対象魚種を解析結果から除外した。

3. 結果及び考察

3.1 環境DNAの検出結果

各調査地点における魚類の環境DNAの検出の有無を図1に、各河川における捕獲調査と環境DNA調査によって確認された魚種数を図2に示す。神流川流域では、今回の環境DNA調査で確認された魚種数(34種)が1985年の捕獲調査で確認された魚種数(24種)を上回り、捕獲した全ての魚種を検出することができた。また、神流川流域



● : 捕獲調査(1985年) ● : 環境DNA調査(2019年)
図2 各河川の検出魚種数

の捕獲調査で確認されていなかったニジマスが、今回の環境DNA調査では検出された。本調査の試料採取時期と神流川におけるニジマスの放流時期が合致していることから、神流川の環境DNA調査より得られた結果は捕獲漏れあるいは生息状況の変化を反映し、1985年の捕獲調査結果を補完していると考えられる。また、他4河川流域(利根川、片品川、烏川、渡良瀬川)においても、捕獲調査で把握した魚種のうち70%以上を環境DNA調査から検出でき、さらに生息情報等がありながら捕獲されていなかった魚種を環境DNA調査で検出できたことから、捕獲調査の補完方法として良好な結果が得られた。

一方で吾妻川流域では、目的のDNA領域を十分に増幅できた地点が少なく、1985年の捕獲調査で確認された魚種数の1/2程度の検出に留まった。吾妻川の生息魚種数の低下が疑われるが、実際に生息しているにもかかわらず試料より環境DNAが検出されていない可能性も考えられる。例えば表1において、アユは1985年の捕獲調査では確認され、2019年の環境DNA調査では確認されていないことが分かる。しかしながら、アユは例年吾妻漁業協同組合が放流事業を行っており、本調査の採水時期(6月~8月)に鮎釣りが解禁されていたことから、本調査時にアユが生息していなかったとは考えにくい。

また、環境DNAマニュアルによるとアユはMiFish法における増幅領域に変異を有する場合があります。増幅効率の低下が懸念される魚種とされているが、他河川の試料から

表1 吾妻川で捕獲(1985年)・DNA検出(2019年)された魚種

魚種名	捕獲調査	環境DNA調査
イワナ	●	●
ヤマメ	●	●
ウグイ	●	●
カジカ	●	●
ニジマス	●	●
カマツカ	●	●
ヨシノボリ	●	●
オイカワ	●	●
アブラハヤ	●	●
モツゴ	●	●
ホトケドジョウ	●	●
ウナギ	●	●
シマドジョウ	●	●
アユ	●	●
ブラウントラウト	●	●
コイ	●	●
ギンブナ	●	●
ギバチ	●	●
アカザ		●※
ハス		●※

※検出リード数が100未満

はアユのDNAが検出できていたことから、吾妻川特有の要因により環境DNAが検出されにくくなっていると推測できる。吾妻川は強酸性の源泉地域を支流として有しており、一部の酸性支流は流域途中で石灰により中和された後に吾妻川へ合流するものの、同じく酸性である万座川や遅沢川、四万川といった支流は特別な処理無しに直接吾妻川へ合流している⁵⁾(図3)。これら河川の合流地点後に環境DNAが検出されなかった地点があることから、一般的に環境水中で阻害物質とされる成分が吾妻川試料に含まれる可能性の他、河川水のpHあるいは温泉等に含まれる成分といった吾妻川流域特有の水質が増幅効率の低下に関与している可能性が考えられる。そこで、これらの可能性について原因究明を試みた。

環境水中に一般的に含まれるPCR阻害物質は、植物由来の腐植物質であるフミン酸やクロロフィルが代表的である。環境DNAマニュアル中ではその対応として「試料の希釈」と「使用試薬の変更」が記載されている。本調査では、神流川流域より採水した1試料において増幅効率の低

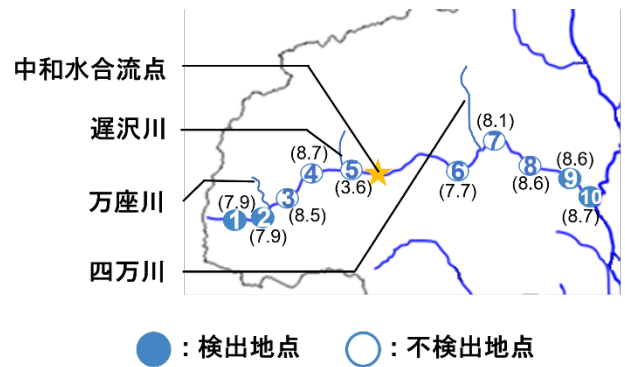


図3 吾妻川流域の調査地点と中和水・支流合流点 (括弧内は河川水pHの測定結果)

下が見られた。この採水地点では水中に藍藻類が多く含まれていたため、クロロフィルによりDNA増幅が阻害されたと考え、試料を希釈し再分析したところ増幅効率が改善した。そこで吾妻川の試料においても、フミン酸やクロロフィルが含まれている可能性を考慮し①から⑩まで全ての採水地点試料に希釈操作を追加したものの、DNAの増幅効率に変化は見られなかった。また、DNA増幅に使用した試薬 (KAPA HiFi HS ReadyMix : KAPA Biosystems社製) について、環境DNAマニュアル中に阻害物質からの影響を受けにくいと記載されている試薬 (KOD FX Neo : 東洋紡製) に変更し同試料の再分析を行ったが、やはり増幅効率は回復しなかった。

さらに、増幅効率の低下要因を詳しく探るため、試料採取地点①~⑩の河川水のpHを測定したところ、図3中の結果が得られた。遅沢川と吾妻川の合流点である地点⑤はpHの値が低下していたものの、その他の地点ではpHの低下が見られなかった。このことより、吾妻川試料における増幅効率の低下に対し河川のpHが直接要因となっている可能性は低いと考えられる。ただし、この地域の源泉に含まれる何らかの成分がDNA増幅を阻害している可能性は高く、原因の解明とその対策については今後の課題である。

3.2 魚類生息域の変化

環境DNA調査により現在も群馬県内河川に多くの魚種が生息していることが判明した一方、特定の魚種に注目し捕獲調査結果と環境DNA調査結果を比較することで、生息域の経年変化についても把握することが可能となった(図4)。

ウキゴリについて過去の調査結果(群馬県動物誌:1985年,河川水辺の国勢調査⁶⁾:2009年)と本調査を時系列で並べて図4上部に示す。MiFish pipelineの魚種同定において、ウキゴリは識別に注意を要する種とされているものの、2009年の捕獲調査とほぼ同地点で検出されている

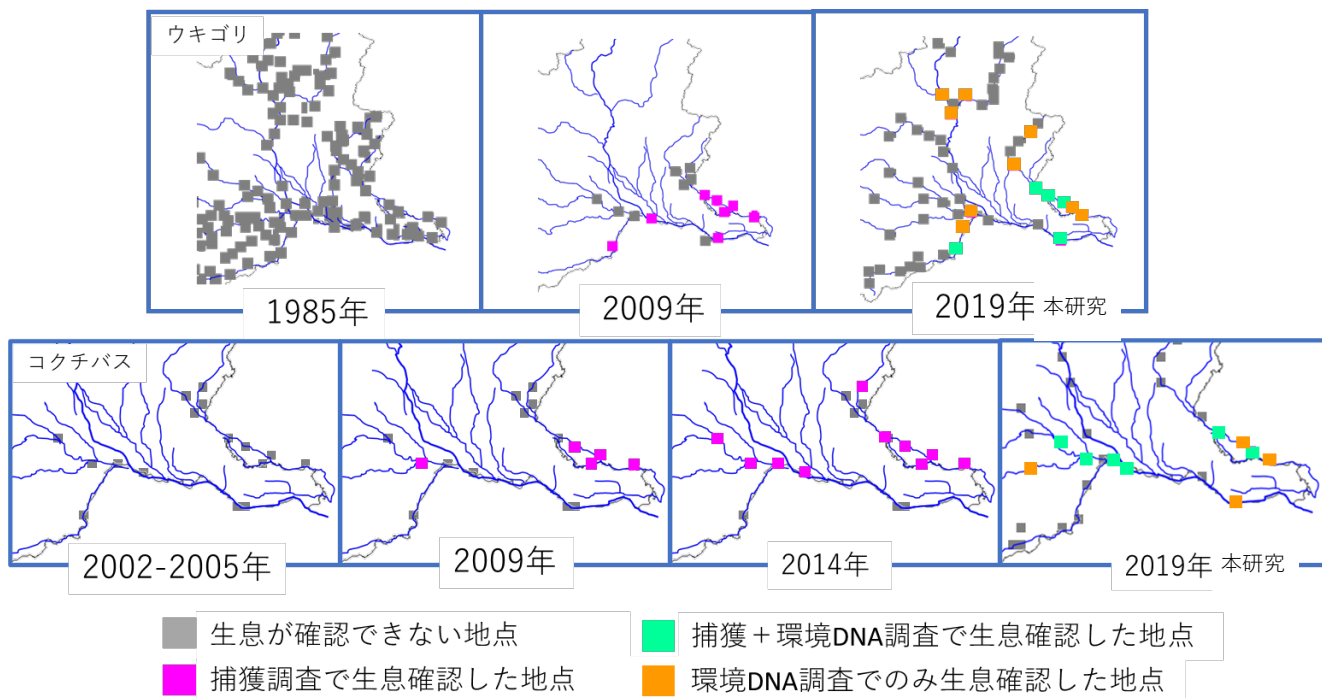


図4 ウキゴリとコクチバスの生息域変化

ことから、信頼できる検出結果であると考えられる。さらに県中北部地域において、1985年の調査ではウキゴリの生息が見られなかったのに対し、2019年の本調査では生息を確認できたことから、生息域の変遷把握に関して環境DNA調査の有用性が伺える。

また、国外からの移入種であるコクチバスが県内へ侵入している状況も、図4下部に示すとおり既存資料を用いた経年変化を見ることにより明らかとなった。コクチバスは1925年頃に国内へ移植された特定外来生物であり⁶⁾、固有種を捕食対象とするため国内全域で注視されている。コクチバスは1997年から2005年にかけて群馬県内湖沼でのみ確認される魚種であったが⁷⁾、2009年の生物調査から群馬県内の河川でも確認されるようになった。今回の環境DNA調査においては、生息域が県南西部へ拡大していることが判明し、定期的な調査結果を図示することで生息域の変遷を可視化することができた。

さらに今回の解析により、ウキゴリとコクチバス共に、過去の捕獲調査で生息が確認できなかったものの環境DNA調査で生息が確認された地点があることが判明した。これらは解析の一例であるが、地域生態系保全の実施に際して、より簡便な環境DNA調査を交えながら定期的に調査を行うことの有用性が示唆された。

4. まとめ

MiFish法による環境DNA調査は、網羅的に魚種を推定でき、従来の調査方法を補完し得ると考えられる。しかしながら、吾妻川のような増幅効率が低い試料においては、

河川特有な阻害物質の有無を確認し増幅効率を改善するために、試料採取時やDNA抽出時等の操作行程へ今後も検討を重ねていく必要がある。

また、MiFish法により国外から移入した魚種の生息情報を把握できることから、環境DNA技術の生態系保全への活用が見込まれる。魚類以外の水生生物についても、対象生物のゲノムに関するデータベースの整備により本調査で使用した試料を用いて検出・解析が可能となり得る。当所では底生生物に関する環境DNA調査の実施も検討しており、生物学的な水質判定への活用が期待できることから、魚類以外の生物に関するデータベースの早期構築が望まれる。

5. 文献

- 1) 群馬県高等学校教育研究会生物部会「群馬県動物誌」編集委員会：群馬県動物誌，1985
- 2) Minamoto T., Yamanaka H., Takahara T., Honjo M.N., Kawabata Z. : Surveillance of fish species composition using environmental DNA. *Limnology*, **13**, pp.193-197, 2012
- 3) Minamoto T., Miya M., Sado T., Seino S., Doi H., Kondoh M., Nakamura K., Takahara T., Yamamoto S., Yamanaka H., Araki H., Iwasaki W., Kasai A., Masuda R., Uchii K. : An illustrated manual for environmental DNA research : water sampling guidelines and experimental protocols.

- Environmental DNA*, **3**, pp.8-13, 2021
- 4) 環境省自然環境局生物多様性センター：環境DNA分析技術を用いた淡水魚類調査手法の手引き第2判, 2021
 - 5) 国土交通省関東地方整備局：吾妻川上流総合開発事業（実施計画調査），p.3, 2011
 - 6) 国土交通省：河川環境データベース, <http://www.nilim.go.jp/lab/fbg/ksnkankyo/> (2021.12.7アクセス)
 - 7) 国立研究開発法人国立環境研究所：侵入生物データベース, <https://www.nies.go.jp/biodiversity/invasive/> (2021.12.7アクセス)
 - 8) 群馬県：群馬県のコクチバスの現状と対策について, <https://www.pref.gunma.jp/06/f2210023.html> (2022.1.25アクセス)

〈報文〉

ジフェニルカルバジド吸光光度法によるクロム(VI)分析における 試料中夾雑物質による妨害除去に着目した改良法の確立*

金附 宏明**・多田 哲子**

キーワード ①六価クロム ②酸化還元電位 ③白色沈殿 ④添加回収試験 ⑤ろ過

要 旨

ジフェニルカルバジド吸光光度法によるクロム(VI)の分析において、夾雑物質による影響と妨害除去方法の検討を行った。カルシウムは2,000mg/L、バリウムは1mg/Lを超えると、操作工程で白色沈殿が生じた。そこで、生じた白色沈殿をろ過除去後、吸光度を測定したところ、97–110%の添加回収率が得られた。酸化性物質(次亜塩素酸ナトリウム)は、有効塩素濃度が1mg/Lを超えると吸光度に正の影響を与えたが、予め等量の亜硫酸ナトリウムを加えて試料中の残留塩素を還元すると、101–108%の添加回収率が得られた。試料に添加された還元性物質(亜硫酸ナトリウム及び亜硫酸水素ナトリウム)は、微量でも吸光度に負の影響を与えたが、還元性物質の濃度が60mg/L以下であれば、ジフェニルカルバジド溶液と硫酸の添加順序を入れ替えることで、負の影響は解消された。以上の結果を踏まえ、妨害物質に対応した改良法を確立し、排水、地下水等の水質試料58検体を用いて添加回収試験を行ったところ、81%(47検体)でクロム(VI)の良好な回収率を得られた。クロム(VI)の添加回収率が不良であった11検体については、試料が還元状態にあることが考えられた。

1. はじめに

クロム(VI)は発がん性や急性毒性を有し¹⁾、水質汚濁に係る環境基準(昭和46年12月28日、環境庁告示第59号)が定められている。当研究所では、水質試料のクロム(VI)をJIS K 0102 65.2.1(以下、「JIS」という)ジフェニルカルバジド(DPC)吸光光度法により定量している。本法は、試料に発色試薬であるDPC溶液を加え、試料中のクロム(VI)と反応して生成する錯体の赤紫色の吸光度を測定して、クロム(VI)を定量する方法であり、試験操作が簡便であることから多くの検査機関で用いられている方法である²⁾。

しかし、DPC吸光光度法では、試料中の夾雑物質による影響により、正常な発色が得られにくいことが報告されている³⁻⁵⁾。そこで本研究では、DPC吸光光度法によるクロム(VI)分析において、測定を妨害する物質の影響を調べ、物質ごとに妨害の低減法を検討した。そして、それらを組み合わせて、主な妨害物質に対応できる測定法を確立し、実試料に適用した。

2. 方法

2.1 試薬等

標準溶液はクロム(VI)標準液(富士フィルム和光純薬(株), 1,000mg/L)を使用した。妨害物質として、ストロンチウム標準液、鉛標準液、バリウム標準液(いずれも富士フィルム和光純薬(株), 1,000mg/L)、塩化カルシウム(無水)、次亜塩素酸ナトリウム溶液(関東化学(株), 鹿1級)、亜硫酸ナトリウム、亜硫酸水素ナトリウムを超純水に溶解又は希釈して調製した。ろ過には孔径0.45 μ mフィルター(アドバンテック東洋(株))を用いた。残留塩素の確認にはヨウ化でんぷんカリウム紙(アドバンテック東洋(株))を用いた。特に断りのない試薬については、富士フィルム和光純薬(株)製の特級試薬を使用してJISに従って調製した。

2.2 測定装置及び機器

溶液の吸光度の測定には、紫外可視分光光度計((株)島津製作所, UV-1900i)を用い、吸収セルは光路長10mmのものを用いた。

*Study of Effects of Sample Matrix and Establishment of an Improved Method Focusing on Elimination of Interference Caused by Sample Matrix in the Diphenylcarbazide Absorptiometry for Hexavalent Chromium Analysis

**Hiroaki KANATSUKI, Noriko TADA (京都府保健環境研究所) Kyoto Prefectural Institute of Public Health and Environment

2.3 各種妨害物質共存時のDPC吸光度法によるクロム（VI）添加回収試験

クロム（VI）標準液を超純水で希釈し、クロム（VI）0.02mg/Lの溶液を調製した。次いで、妨害物質を添加し、それぞれの溶液についてJISに従ってDPC吸光度法でクロム（VI）濃度を測定し、添加回収率を求めた。添加回収率は70–120%を良好とした。

試料に添加する妨害物質には、原料由来の物質、または製造工程や排水処理工程で意図的に添加されることの多い物質として、①ストロンチウム、鉛、カルシウム、バリウムなど硫酸添加により、沈殿を生じる金属塩、②酸化性物質（次亜塩素酸ナトリウム）、③還元性物質（亜硫酸ナトリウム及び亜硫酸水素ナトリウム）を選び、後述する種々の濃度になるよう添加した。なお、次亜塩素酸ナトリウムを添加した際の有効塩素濃度はJIS K 0102 33.3に従って求めた。

2.4 各種妨害物質を含む溶液のクロム（VI）分析法（改良法）の確立

2.4.1 硫酸により沈殿を生じた試料におけるクロム（VI）分析法の改良

クロム（VI）0.02mg/L溶液に、ストロンチウムと鉛については、0.5、5、50mg/L、カルシウムについては、500、1,000、2,000、5,000、10,000mg/L、バリウムについては0.5、1、2、5、10mg/Lの濃度になるよう、試薬を添加した。その後、JISにしたがって操作を行い、白色沈殿が生じた場合は、孔径0.45μmフィルターで沈殿をろ過除去し、ろ液の吸光度を測定した。

2.4.2 酸化性物質の存在する試料におけるクロム（VI）分析法の改良

クロム（VI）0.02mg/L溶液に、次亜塩素酸ナトリウム溶液を有効塩素濃度0.1、0.5、1、5、10mg/Lの濃度になるよう添加した。その後、JIS K 0102 21. c) 2) の操作により、試料中の残留塩素を等量の亜硫酸ナトリウムで還元した後、JISにしたがって操作を行い、吸光度を測定した。

2.4.3 還元性物質の存在する試料におけるクロム（VI）分析法の改良

クロム（VI）0.02mg/L溶液に、亜硫酸ナトリウム及び亜硫酸水素ナトリウムを0.1、0.5、1、5、10mg/Lの濃度になるよう添加した。その後、既報^{3,4)}を参考に、JISの試薬添加順序を逆にし、DPC溶液を加えてから硫酸を添加する方法（逆添加法）で検討を行った。

2.5 妨害物質に強い改良DPC吸光度法の確立

2.4.1～2.4.3による分析法の改良点を組み合わせ、改良DPC吸光度法を確立した。改良DPC吸光度法の操作

手順を以下に示す。

- (1) ヨウ化でんぷんカリウム紙で残留塩素の有無を確認し、検出された場合はJIS K 0102 21. c) 2) の前処理を行う。
- (2) 試料のpHが中性でない場合は中性に調整する。
- (3) 試料50mLにDPC溶液1mLを加え直ちに混和する。
- (4) その後、硫酸（1+9）2.5mLを加え混和する。この際、白色沈殿が生じた場合は、孔径0.45μmフィルターでろ過する。
- (5) 分光光度計で波長540nmにおける吸光度を測定する。

確立した改良DPC吸光度法により、2021年6月から10月までに当研究所に搬入された水質試料を用いて、クロム（VI）添加回収試験を行った。試料はポリプロピレン製容器又はガラス製容器に採水後、ただちに密栓したものを、搬入後4℃で数日から数週間保存したものをを用いた。それぞれの試料にクロム（VI）濃度が0.02mg/Lとなるようクロム（VI）標準溶液を添加し、改良DPC吸光度法により、クロム（VI）濃度を定量し、添加回収率を求めた。添加回収試験に供した試料は、事業所排水（41検体）、地下水（12検体）、産業廃棄物最終処分場関連水（原水1検体、放流水1検体、浸出水1検体）、河川水（2検体）であった。

3. 結果

3.1 妨害元素共存時のクロム（VI）添加回収試験

妨害元素共存時のクロム（VI）添加回収率を図1に示す。ストロンチウム及び鉛については50mg/L共存していても、試験操作過程で沈殿は生じず、DPC吸光度法によるクロム（VI）分析には影響を与えなかった。

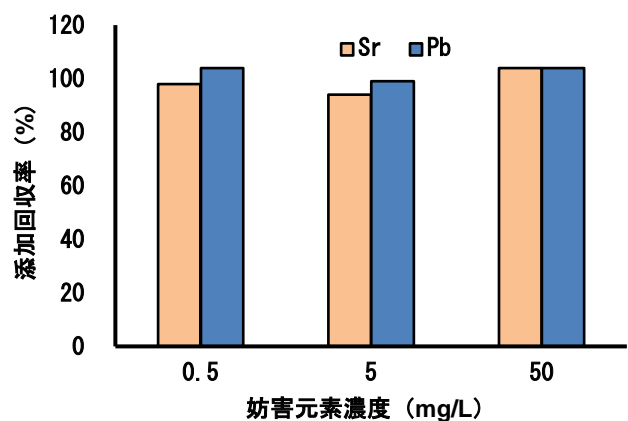


図1 ストロンチウム及び鉛共存時のジフェニルカルバジド（DPC）吸光度法におけるクロム（VI）添加回収率

一方、カルシウムについては2,000mg/L、バリウムについては1mg/Lを超えると、DPC吸光度法の試験操作過程で硫酸を添加すると白色沈殿が生じた（図2）。そこ

で、白色沈殿を孔径0.45 μmフィルターでろ過して除去したろ液について吸光度を測定したところ、クロム（VI）の添加回収率はカルシウムの共存では102–110%（2,000–10,000mg/L）、バリウムの共存では97–105%（1–10mg/L）であった。



図2 カルシウム共存時にDPC吸光度法の試験操作過程で生じた白色沈殿
（左：カルシウム濃度5,000mg/L, 右：カルシウム濃度10,000mg/L）

3.2 次亜塩素酸ナトリウム共存時のクロム（VI）添加回収試験

次亜塩素酸ナトリウム共存時のクロム（VI）添加回収率を図3に示す。有効塩素濃度が1mg/Lを超えると添加回収率が大きくなり、正の誤差を与えることがわかった。そこで、次亜塩素酸ナトリウムを予め亜硫酸ナトリウムで還元処理し、添加回収試験を行ったところ回収率は良好であった（図3）。

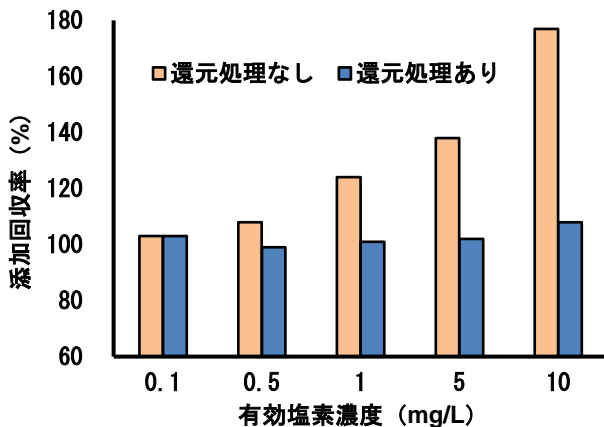


図3 DPC吸光度法における次亜塩素酸ナトリウム共存時のクロム（VI）添加回収率

3.3 還元性物質共存時のクロム（VI）添加回収試験

還元性物質共存時のクロム（VI）添加回収率を図4に示す。亜硫酸ナトリウムまたは亜硫酸水素ナトリウムの共存は、微量であってもクロム（VI）の添加回収率を低下させ、5mg/L以上の添加濃度では、クロム（VI）はほぼ回収されなかった。

そこで、既報^{3, 4)}を参考に、DPC溶液と硫酸の添加順序を入れ替えて添加回収試験を行った。結果を図5に示す。逆添加法は、クロム（VI）の添加回収率を大幅に改善し、還元性物質の濃度が60mg/Lまでであれば、良好な回収率（亜硫酸ナトリウム；73–103%、亜硫酸水素ナトリウム；72–107%）を示した。

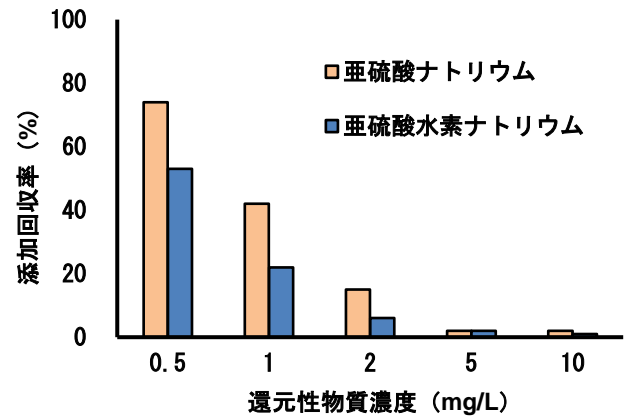


図4 DPC吸光度法における還元性物質共存時のクロム（VI）添加回収率

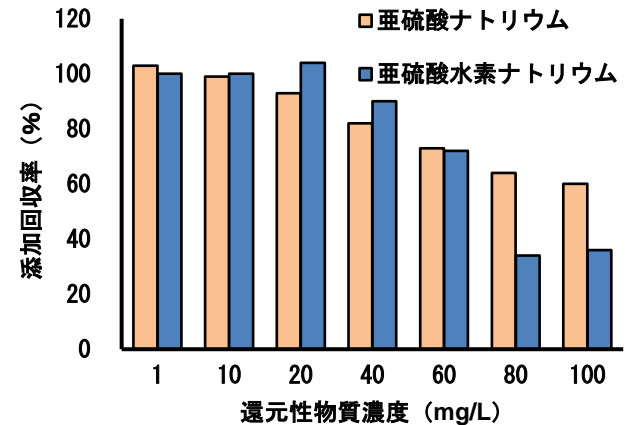


図5 逆添加法における還元性物質共存時のクロム（VI）添加回収率

3.4 実試料を用いた添加回収試験

改良DPC吸光度法により実試料を用いて添加回収試験を行ったところ、58検体中47検体（81.0%）において良好な回収率を示した。しかし、残りの11検体はいずれも添加回収率が70%未満であった。これら添加回収率が不良であった検体の内訳は、事業所排水が5検体、地下水が6検体であった。

4. 考察

4.1 妨害元素共存時のクロム（VI）添加回収試験

DPC吸光度法によるクロム（VI）の測定は、簡便である一方、試料中の夾雑物質による妨害を受けやすい。JIS法は、試験操作過程で硫酸を添加するため、試料中に硫酸と反応して沈殿形成する元素が含まれている場合、沈殿形成して測定に妨害を与える。特に、カルシウムは焼成セメント原料の主成分であることから、セメント工場の排水には微量のクロム（VI）とともに大量に含まれる。各種事業場の排水処理工程においてもpH調整として水酸化カルシウムや炭酸カルシウムを添加されることがあり⁸⁾、これらの排水には高濃度のカルシウムが含まれる。また、廃棄物焼却時に発生する酸性ガスの中和処理剤として消石灰を用いられるため、ばいじんの溶出液中には、6,700mg/Lのカルシウムが含まれていたという報告もある⁴⁾。そこで、カルシウムとそれ以外にも、硫酸と反応して沈殿を形成する可能性のあるストロンチウム、鉛、バリウムを妨害物質として添加した溶液を用いて、クロム（VI）の添加回収試験を行った。

ストロンチウムと鉛については、今回検討した濃度の範囲内では沈殿は生じず、添加回収率も良好であった。一方、カルシウムとバリウムでは一定濃度以上の添加で沈殿が生じた。

カルシウムについて、工内⁹⁾は、カルシウム濃度1,000mg/Lでは沈殿は生じないが、2,000mg/Lでは沈殿が生じたとしており、今回、我々も同様の結果を得た。

柘植³⁾は、バリウムが試料中に微量でも存在するとDPC吸光度法において白色沈殿を生じると報告している。今回の検討では、バリウム濃度0.5mg/Lでは沈殿は生じなかったが、1mg/Lを超えると沈殿が生じた。

柘植³⁾は試料をろ過することによるクロム（VI）測定結果への影響を検討しており、DPC吸光度法によるクロム（VI）測定はろ過による影響を受けないとしている。そこで、カルシウムまたはバリウムを添加した試料において、硫酸添加により生じた沈殿をろ過し、ろ液の吸光度を測定したところ、良好な添加回収率が得られた。ろ過操作は、着色試料や濁りのある試料に対しても一定の効果がある簡便な方法であり、今回、硫酸と反応して沈殿を形成する金属塩共存試料に対しても有効性が認められた。ただし、門木⁴⁾は、高濃度のカルシウムを含むばいじん溶出液では、逆添加法によりDPC溶液を加えても発色しなかったと報告している。したがって、複雑なマトリックスをもつ試料において、ろ過操作はあくまでも硫酸添加により生じた沈殿の除去という、補助的な役割であると考えべきであろう。

4.2 次亜塩素酸ナトリウム共存時のクロム（VI）添加回収試験

本検討では排水の処理としてよく用いられる次亜塩素酸ナトリウムを酸化性物質として添加した。有効塩素濃度が1mg/L以上含まれるとクロム（VI）定量値に正の影響を与えた。DPC吸光度法はクロム（VI）の酸化力を利用した分析法であり、次亜塩素酸ナトリウムは酸化力を有するため、DPCを酸化し、試験液の発色が増強したと考えられた。

DPC吸光度法では試験液と対照液を調製し、対照液にはエタノールを添加し、加熱する。すなわち、試料中のクロム（VI）をクロム（III）に還元してからDPC溶液を添加するため、クロム（VI）による発色が起こらない。そこで試験液の吸光度から対照液の吸光度を差し引くことで、クロム（VI）による発色以外の影響を補正している。次亜塩素酸ナトリウムが共存している溶液において、試験液ではDPCの発色が増強するのに対し、対照液中ではクロム（VI）同様、次亜塩素酸ナトリウムも還元されて、試験液中の次亜塩素酸ナトリウムによる発色を補正できないために添加回収率が大きくなったと考えられた。

JIS備考9には、妨害物質を含む試料に対する前処理方法が記載されている。その中で、排水中に含まれること多い次亜塩素酸ナトリウム⁸⁾などの酸化性物質を除去する方法として、JIS K 0102 21. c) 2) に記載されている前処理方法を実施した後、DPC吸光度法での添加回収試験を行った。その結果、良好な添加回収率が得られた。

残留塩素が含まれている可能性がある試料においてDPC吸光度法を適用する場合は、残留塩素の酸化力に由来する正の誤差に留意が必要である。

4.3 還元性物質共存時のクロム（VI）添加回収試験

本検討では還元性物質として亜硫酸ナトリウムまたは亜硫酸水素ナトリウムを妨害物質として添加した。還元性物質が微量でも含まれると、既報³⁾と同様、クロム（VI）の添加回収率は著しく小さくなった。

酸性条件下ではクロム（VI）よりクロム（III）が安定となる⁹⁾。JISに記載のDPC吸光度法では、試料に硫酸を添加し、溶液を酸性にしてからDPC溶液を添加している。そのため、試料中に還元性物質が共存すると、硫酸を添加した時点でクロム（VI）がクロム（III）に還元され、その後に添加したDPC溶液と反応せず、発色が減弱したと考えられた。

その対策として、柘植³⁾は、還元性物質共存時でも、試薬の添加順序を入れ替えることで発色妨害を低減できると報告している。そこで、還元性物質を添加した試料について、同様の方法（逆添加法）で検討を行った

ところ、還元性物質の濃度が60mg/Lまでであれば添加回収率は良好であった。しかし、高濃度の還元性物質が試料中に含まれると、逆添加法でも添加回収率が低下することがわかった。これは、還元性物質の濃度があまりにも高ければ、酸化還元電位が極端に小さくなり、試料のpHに関係なくクロム（VI）がクロム（III）に還元されたためと考えられた。

4.4 実試料を用いた添加回収試験

妨害物質共存時の検討結果を踏まえ、改良法を考案した。改良法では、残留塩素の有無を確認し、検出された場合は、亜硫酸ナトリウムで予め試料を還元処理することとした。また、試薬の添加順序を入れ替え、先にDPC溶液を添加して、クロム（VI）と反応させてから硫酸酸性にすることとした。硫酸添加時に白色沈殿が生じた場合は、ろ過してから吸光度を測定することとした。

改良法で実試料の添加回収試験を実施したところ、事業所排水では41検体中5検体（12.2%）において添加回収率が70%未満となった。内訳は、ゴルフ場、金属加工工場、運動公園の排水が1検体ずつ、飲食店の排水が2検体であった。

ゴルフ場排水の添加回収率は4.5%と非常に小さかった。この試料のCOD値は73.6mg/Lと非常に高く、有機物が多く含まれるという特徴があった。試料搬入時は無臭であった試料が、試験操作時には硫化水素臭を有しており、試料中の溶存酸素濃度は1.20mg/Lであった。このことから、有機物を多く含む試料を密栓して数週間保存したために、試料中の有機物が溶存酸素を消費し、還元状態となっていたと推察された。還元状態ではクロム

（VI）よりクロム（III）が安定となることがわかっており⁹⁾、試料に添加したクロム（VI）の一部が速やかにクロム（III）に還元されたため、DPC吸光光度法の添加回収率が低下したと考えられた。古賀らは、有機物を多く含む試料のクロム（VI）添加回収試験では、添加回収率が小さかったと報告している¹⁰⁾。有機物を多く含む試料のクロム（VI）分析は、試料採取後速やかに行う必要があると言える。

金属加工工場排水の添加回収率は10.5%であった。クロム（VI）は水質汚濁防止法により排水基準が定められているため、金属加工工場等においてクロムを含む排水が放流される際は、排水を酸性にしてから還元性物質を加え、クロム（VI）をクロム（III）に還元処理してから放流することが一般的である¹¹⁾。今回の排水においても、添加したクロム（VI）が高濃度の還元剤によってクロム（III）に還元されたため、添加回収率が低かったことが推察された。金属加工工場やコンクリート工場の排水等、クロム（VI）を含む可能性がある排水を分析す

る際は、還元剤の影響に留意する必要がある。

地下水では12検体中6検体（50.0%）において添加回収率が70%未満であった。地下水は表層水に比べ酸素供給がされにくいいため、溶存酸素が低い傾向にある。溶存酸素量と酸化還元電位は相関関係が高く、試料中の溶存酸素量が少なく酸化還元電位も低下するとの報告がある¹²⁾。酸化還元電位が低下するとクロム（III）がより安定となるため⁹⁾、地下水の添加回収試験においてクロム（VI）を添加した時点でその一部がクロム（III）に還元された可能性が示唆された。

共存物質の影響によりDPC吸光光度法でクロム（VI）の定量が困難である場合、代替の分析法として、JIS備考11の鉄共沈操作やJIS備考9のアルミニウム沈殿処理法が記載されており、これらの方法について検討がされている^{3, 4, 10, 13)}。今回添加回収率が不良であった試料は、鉄共沈操作¹³⁾後、誘導結合プラズマ質量分析法で良好な添加回収率を得ている。しかし、鉄共沈操作は煩雑で一度に多数の検体を分析する場合、非常に時間がかかる。従って、できるだけ多くの検体をDPC吸光光度法で分析することが望ましい。今後、改良法を用いて様々な環境中水試料のクロム（VI）分析を実施し、改良法の妥当性についてさらに検討を重ねたい。

5. まとめ

各種妨害物質を添加してDPC吸光光度法によるクロム（VI）添加回収試験を行ったところ、カルシウム及びバリウムが一定濃度以上共存すると、試験操作過程で白色沈殿が生じた。しかし、沈殿をろ過除去することで添加回収率は良好であった。次亜塩素酸ナトリウムを含む試料では予め還元性物質を添加することで妨害の影響を低減できた。還元性物質を含む試料では、先にDPC溶液を添加してから硫酸を添加することで、妨害の影響を低減できた。実検体（58検体）を用いて、改良法での添加回収試験を実施したところ、47検体（81.0%）で良好な回収率が得られた。DPC吸光光度法は酸化還元反応を利用した分析法であり、試料中の酸化還元状態に留意する必要がある。

6. 引用文献

- 1) International Agency for Research on Cancer : IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Chromium, Nickel and Welding VOLUME 49, pp. 49-256, IARC, Lyon, 1990
- 2) 環境省水・大気環境局総務課環境管理技術室：平成28年度環境測定分析統一精度管理調査結果（本編）。環境省，東京，2016

- 3) 柘植亮, 齋藤麻衣, 新家淳治: 工場排水等の六価クロム測定手法の確立に関する研究. 三重保環研年報, **17**, 74-80, 2015
- 4) 門木秀幸, 有田雅一: ジフェニルカルバジド吸光光度法によるばいじん溶出試験でのクロム（VI）分析における妨害除去法の検討. 分析化学, **66**, (9), 693-698, 2017
- 5) 田島誠, 松木葵, 刈谷玲菜, 大森真貴子, 山村貞雄: 事業場排水の六価クロム測定における硫酸カルシウムによる妨害について. 高知環研所報, **31**, 41-45, 2014
- 6) 工内輝実, 管生伸矢: カルシウムイオン存在下の六価クロム測定方法の検討. 徳島県立保健製薬環境センター年報, **7**, 741-43, 2017
- 7) 日本規格協会: 詳解 工場排水試験方法 [JIS K 0102: 2019] 改訂6版, pp. 555-576, 日本規格協会, 東京, 2019
- 8) 公害防止の技術と法規編集委員会: 新・公害防止の技術と法規2010 [水質編]. 産業環境管理協会, pp. II 35-41, 東京, 2010
- 9) Carl D. Palmer, Paul R. Wittbrodt: Processes Affecting the Remediation of Chromium-Contaminated Sites. *Environmental Health Perspectives*, **92**, 25-40, 1991
- 10) 古賀敬興, 平川周作, 石橋融子: 鉄共沈操作を用いた排水試料の六価クロム測定における添加回収率向上のための分析手法検討. 環境化学, **30**, 140-144, 2020
- 11) 三井由香里: 3価クロム系化成処理排水の処理に関する研究 (第2報). 山梨県工業技術センター研究報告, **23**, 76-78, 2009
- 12) 武藤暢夫, 金甲守: 酸化還元電位値に影響を及ぼす要因に関する実験的検討 一水温, 溶存酸素量, 硫化水素量, pH値一. 水質汚濁研究, **9**, (10), 661-667, 1986
- 13) 金附宏明, 多田哲子, 河嶋淳平, 坂雅宏: 夾雑物を含む事業所排水及び着色した産業廃棄物最終処分場浸出水のクロム（VI）測定事例. 京都府保健環境研究所年報, **66**, 25-29, 2021

<報文>

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**・入澤歩**・那須康輝**・樊少艶**・谷口圭輔***・恩田裕一****

キーワード ①放射性セシウム ②河川 ③懸濁態 ④実効環境半減期 ⑤移行量

要 旨

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によって放出された放射性核種は環境中に沈着した。そのうちセシウム137は、降雨などによって土壌粒子などに吸着した懸濁態として河川へ流入し、海域へ輸送される。福島県などによる河川観測の結果、事故直後から11年間が経過した現在、河川における懸濁態セシウム137濃度は1/10から1/100に低下した。2012年4月から2022年3月までの浜通りの主要な河川の実効環境半減期の平均値は、懸濁態で3.0年と計算され、同期間の河床土(4.7年)及び河川沿岸域の海底土(23年)と比べて短い傾向が見られた。2012年10月から2019年12月までの懸濁態セシウム137移行量を計算すると、初期沈着量の1.6%程度と小さかったが、台風などの大雨が降るような大きな出水では、現在でも海域への移行量が大きくなることが明らかとなった。

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により、福島県をはじめする環境中へ大量の放射性核種が放出された。そのうち、セシウム137 (^{137}Cs)は放出量が多く、かつ半減期が約30年と長い¹⁾ため、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% (2.7PBq)は、福島県の陸域に降下・沈着したとされる²⁾。また、福島県の面積の約71%を占める森林域³⁾には、初期沈着量の67% (1.8PBq)が沈着したとの報告がある²⁾。事故直後から2015年までの観測結果では、ほとんどの ^{137}Cs が森林域の地表面付近に留まっていること、森林域から流出する ^{137}Cs の移行量は1年間に初期沈着量の0.3%以下であることが報告されている。

一方、陸域から河川に流入した ^{137}Cs は、イオンなどのように河川水中で溶存した状態(溶存態)あるいは河川水中の土壌粒子などに吸着された状態(懸濁態)で下流域へ移行する^{2,4,5,6)}。これまでの福島県内河川の調査では、河川を流下した ^{137}Cs の80%以上が懸濁態であったことが報告されている^{2,4,5,6)}。特に大規模な出水時では、2011年台風15号による ^{137}Cs 移行量(6.2TBq)が、2011年8月か

ら2012年5月までの観測期間全体の60%以上であったことが報告されている⁵⁾。また、2019年から2020年の3回の出水調査の解析結果から、懸濁態 ^{137}Cs 移行量は、降雨時の降雨量と降雨強度との間に関係性があることが報告されている⁷⁾。懸濁態の供給源は、2011年6月から2015年8月までの観測結果から、水田、畑地、市街地からの寄与が85%、森林からの寄与が15%であったことが報告されている⁶⁾。

なお、懸濁物質に対する海水による抽出試験の結果、懸濁物質中の ^{137}Cs の2.8~6.6%が溶出するなど、懸濁態 ^{137}Cs が海水中の溶存態 ^{137}Cs 濃度の上昇に寄与することが示されている^{7,8)}。

帰還困難区域以外の除染特別地域及び汚染状況重点調査地域では、2018年に面的除染作業が完了しているが、除染されていない森林域に初期沈着量の約9割の ^{137}Cs が残存していると考えられている²⁾。近年、自然災害が多発しており、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 ^{137}Cs が流出した⁸⁾。このような状況を踏まえ、河川における ^{137}Cs 濃度の推移と海域への移行量を把握することは重要となっている。

*Dynamics of radiocesium in rivers in Hamadori, Fukushima Prefecture

**Yukio TAKEUCHI, Ayumi IRISAWA, Kohki NASU, Shaoyan FAN (福島県環境創造センター) Fukushima Prefectural Centre for Environmental Creation

***Keisuke TANIGUCHI (津山高等工業専門学校) National Institute of Technology, Tsuyama College

****Yuichi ONDA (筑波大学アイソトープ環境動態研究センター) Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics, University of Tsukuba

空間線量率が十分に低下した地域では、避難指示が解除され、住民の帰還が進んでいる。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整備の必要性が増している。

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¹³⁷Cs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。そこで本報では、2022年3月までの観測結果をもとに、特に福島県浜通りの河川における¹³⁷Cs濃度と懸濁態¹³⁷Cs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、9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⁹⁾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^{6),10)}のとおり。

2.2 調査方法

2.2.1 懸濁態¹³⁷Cs濃度

浮遊砂サンプラーから浮遊砂を回収し、凍結乾燥後(2017年10月以前はドライオープンによる乾燥)、Ge半導体検出器により、懸濁態¹³⁷Cs濃度(Bq/kg)を定量した。

2.2.2 河床土及び海底土の¹³⁷Cs濃度

環境省は、対象河川において河床土及び河川沿岸域における海底土を年4~10回採取し、その¹³⁷Cs濃度の定量結果(検出下限値10Bq/kg)を環境省のホームページで公開している¹²⁾。各観測地点における懸濁態との比較対象として、河床土と海底土の¹³⁷Cs濃度の推移を調査した。なお、真野川の河床土は小島田堰に近い地点を、新田川の河床土は水無川と合流後の地点を比較対象とした。

2.2.3 実効環境半減期

懸濁態¹³⁷Cs濃度の測定結果を用いて、観測開始から2022年3月までの実効環境半減期を算出した。加えて、環境省が実施している浜通りの主要な河川の河床土及び海底土の¹³⁷Cs濃度の観測結果¹²⁾を用いて、2012年4月か

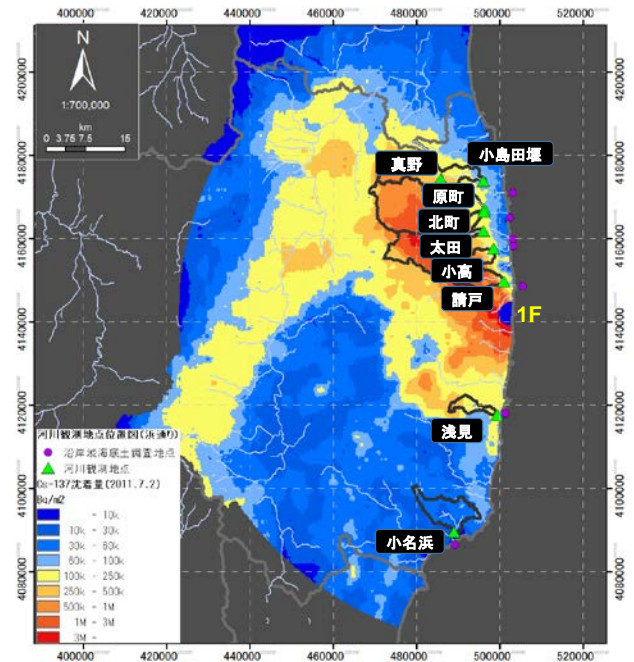


図1 河川観測地点の位置図

図のカラーコンターは、地表面における¹³⁷Cs初期沈着量(2011/7/2時点)を表す。「文部科学省(2011), 文部科学省による第3次航空機モニタリングの測定結果について」¹¹⁾より作成

ら2022年3月までの実効環境半減期を算出し、懸濁態、河床土及び海底土の実効環境半減期との比較を行った。

2.2.4 懸濁態¹³⁷Cs移行量

各観測地点において、水位流量曲線式(以下、H-Q式)を作成し、H-Q式を用いて水位から河川流量を算出した。また、濁度の基準試料と懸濁物質濃度の関係から得られた換算式により河川中の懸濁物質濃度を算出した。2.2.1で得た懸濁態¹³⁷Cs濃度に河川流量及び懸濁物質濃度を掛け合わせることで、懸濁態¹³⁷Csの月間移行量を算出した^{6),10)}。加えて、懸濁態¹³⁷Cs移行量を流域の初期沈着量で除し、流域の初期沈着量に対する¹³⁷Cs累積移行割合を算出した^{6),10)}。なお、請戸地点については、2018年以降の算出が完了していないため除外した。

3. 結果

各観測地点における事故後11年間に得られた河川中の懸濁態¹³⁷Cs濃度の推移を示す(図2(a))。事故から11年が経過した2022年3月時点では、懸濁態¹³⁷Cs濃度は2011年8月~9月(一部の地点は2012年10月)の濃度と比較して、概ね1/10~1/100以下に低下した。比較対象とした河床土及び海底土の¹³⁷Cs濃度は、概ね1/10~1/100及び1/10程度であった(図2(b)及び(c))。¹³⁷Cs濃度は、小

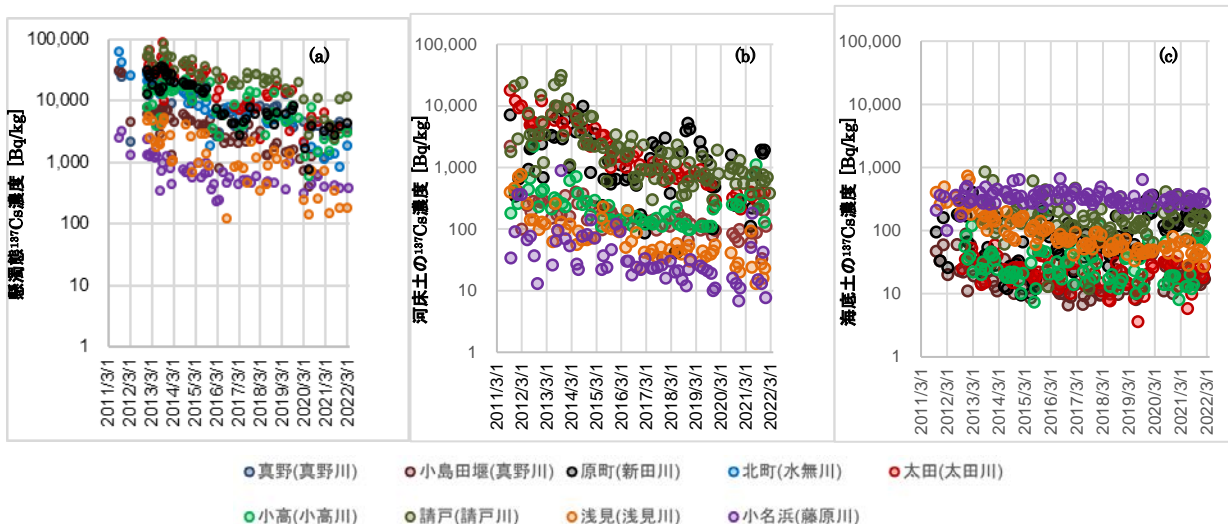


図2 懸濁態(a), 河床土(b), 海底土(c)の¹³⁷Cs濃度

※ 真野（真野川）及び北町（水無川）については懸濁態のみを対象とした

名浜地点と浅見地点を除き、懸濁態、河床土、海底土の順で小さくなっていた。小名浜地点は、懸濁態と海底土の濃度がほぼ同じ、浅見地点は、河床土と海底土の濃度がほぼ同じとなっていた。2012年4月～2022年3月の期間における懸濁態、河床土、海底土の¹³⁷Cs濃度の実効環境半減期を示す(図3)。各観測地点における懸濁態¹³⁷Cs濃度の実効環境半減期の平均値は3.0年であった。比較対象とした河床土及び海底土の実効環境半減期の平均値は、それぞれ4.7年及び23年と算出された。いずれも¹³⁷Csの物理学的半減期(約30年)よりも速く濃度が低下していることが分かった。また、海底土の実効環境半減期の平均値は、河川水中の懸濁態及び河床土よりも一桁

大きく、ゆるやかな濃度低下傾向であることが分かった。

2012年10月～2019年12月までの8観測地点における懸濁態¹³⁷Cs月間移行量の推移を図4に、流域の初期沈着量に対する懸濁態¹³⁷Cs累積移行割合を図5に示す。この観測期間において、2015年9月の台風18号、2017年10月の台風21号、2019年10月の台風19号(令和元年東日本台風)による大規模な出水があった。原町地点における、これらの出水を含む懸濁態¹³⁷Cs月間移行量は、それぞれ年間移行量の89%、50%、71%を占めていた。

一方、各観測地点の初期沈着量に対する懸濁態¹³⁷Cs累積移行割合は0.11～1.6%であった。また、先に述べた原町地点における3つの出水を含む、2015年9月、2017年10月、2019年10月の懸濁態¹³⁷Cs月間移行量は、初期沈着量の0.52%、0.090%、0.14%であった。台風などの大雨が降るような大きな出水では、海域への移行量が大きくなることが分かった。しかし、初期沈着量に対しての移行量は小さく、河川上流域に依然として多くの¹³⁷Csが残存していると考えられた。

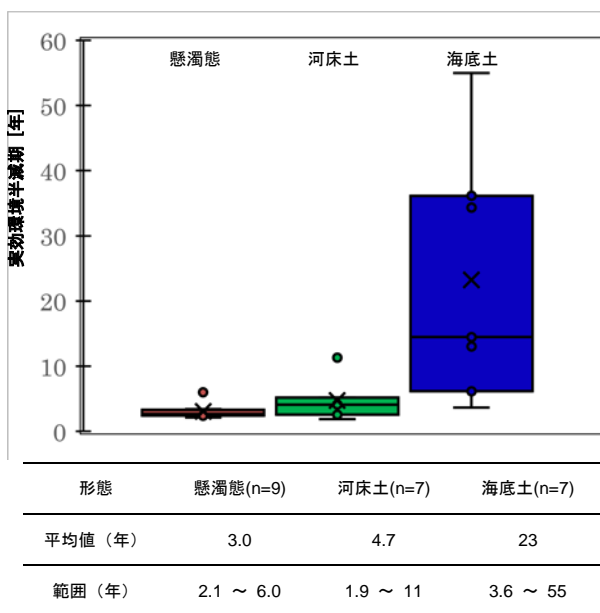


図3 懸濁態、河床土、海底土の実効環境半減期(対象期間2012年4月～2022年3月)

4. まとめ

事故後11年間の懸濁態¹³⁷Cs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¹³⁷Cs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3.0年であり、¹³⁷Csの物理学的半減期(約30年)よりも速く濃度が低下していることが分かった。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¹³⁷Cs移行量は、台風などの大規模出水時には大きく、年間移行量の多くを占めるが、

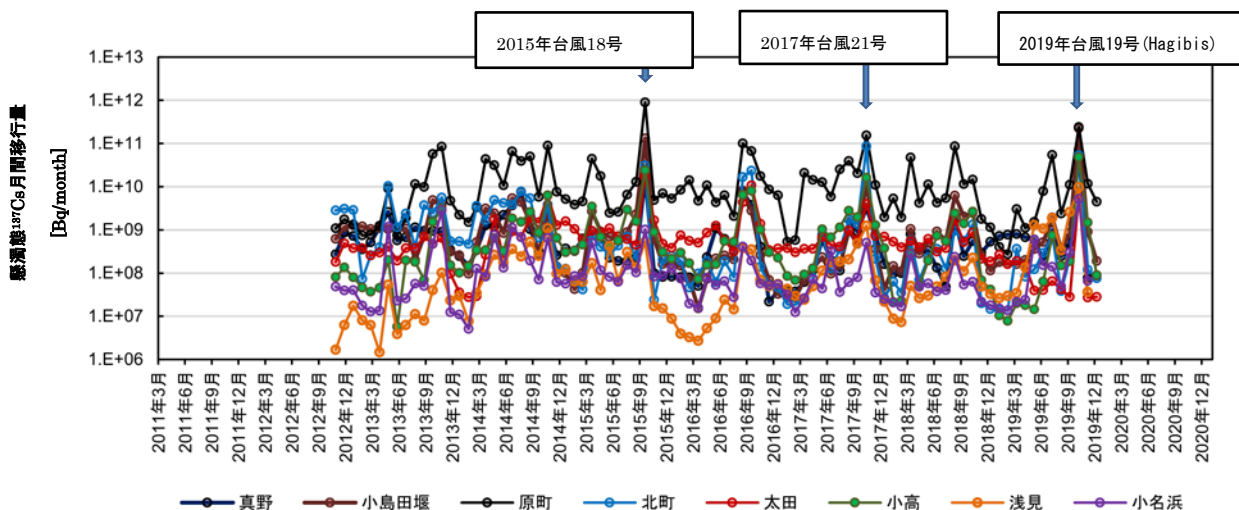


図4 懸濁態¹³⁷Cs月間移行量

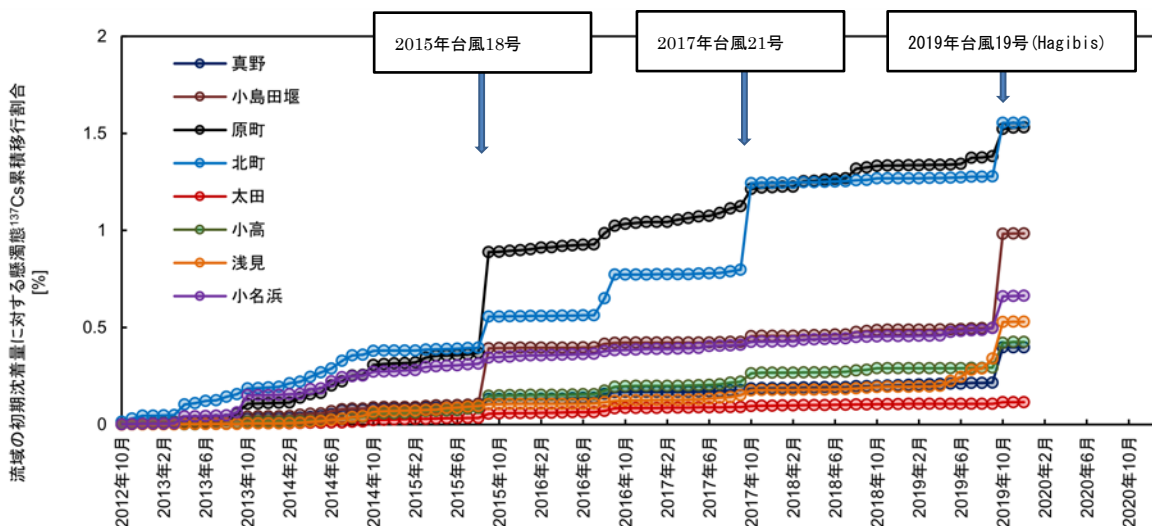


図5 流域の初期沈着量に対する懸濁態¹³⁷Cs累積移行割合

初期沈着量に対しての移行量は小さく、依然として河川上流域に多くの¹³⁷Csが残っていると考えられた。

5. 引用文献

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., Taniguchi K., Yoshimura K., Kato H., Takahashi J., Wakiyama Y., Coppin F., Smith HG. : Radionuclides from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant in terrestrial systems. *Nature Reviews Earth & Environment*, **1**, 644-660, 2020
 3) 福島県農林水産部：令和3年 福島県森林・林業統計

書（令和2年度），2021
 4) 飯島和毅：森林から河川水系を移動する放射性セシウムの環境動態研究の現状，*地球科学*. **49**, 203-215, 2015
 5) Yamashiki Y., Onda Y., Smith HG., Blake WH., Wakahara T., Igarashi Y., Matsuura Y., Yoshimura K. : Initial flux of sediment-associated radiocesium to the ocean from the largest river impacted by Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. *Scientific Reports*, **4**, 3714, 2014
 6) Taniguchi K., Onda Y., Smith HG., Blake W., Yoshimura K., Yamashiki Y., Kuramoto T., Saito K. : Transport and Redistribution of Radiocesium

- in Fukushima Fallout through Rivers. *Environmental Science and Technology*, **53**, 12339–12347, 2019
- 7) Niida T., Wakiyama Y., Takata H., Taniguchi K., Fujita K., Konoplev A. : A Comparative study of riverine ^{137}Cs dynamics during high-flow events at three contaminated river catchments in Fukushima. *Science of the Total Environment*, **821**, 153408, 2022
- 8) Takata H., Wakiyama T., Niida T., Igarashi Y., Konoplev A., Inatomi N. : Importance of desorption process from Abukuma River' s suspended particles in increasing dissolved ^{137}Cs in coastal water during river-flood caused by typhoons. *Chemosphere*, **281**, 130751, 2021
- 9) Philips JM., Russell MA., Walling DE. : Time-integrated sampling of fluvial suspended sediment: a simple methodology for small catchments. *Hydrological Processes*, **14**, 2589–2602, 2000
- 10) Taniguchi K., Onda Y., Smith HG., Blake W., Yoshimura K., Yamashiki Y., Kuramoto T. : Dataset on the 6-year radiocesium transport in rivers near Fukushima Daiichi nuclear power plant. *Scientific Data*, **7**, 433, 2020
- 11) 文部科学省 : 文部科学省による第3次航空機モニタリングの測定結果について, 2011
- 12) 環境省 : 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, https://www.env.go.jp/jishin/monitoring/results_r-pw.html (2022.12.23アクセス)

<支部だより>

関東・甲信・静支部

関東・甲信・静支部の令和3年度における活動を報告します。新型コロナウイルス感染拡大防止のため、一堂に会しての対面開催を避け、多くが書面開催でした。

(支部事務局：横浜市環境科学研究所)

1. 令和3年度支部役員会

- (1) 期 日：令和3年9月6日（月）
- (2) 場 所：「書面開催」
- (3) 議 案
 - ① 会長賞被表彰者の支部推薦に係る選考
 - ② 支部長表彰被表彰者の選考
- (4) 照会事項
 - ① 令和2年度事業報告・収支決算報告
 - ② 令和3年度事業計画案・収支予算案

2. 令和3年度支部総会

- (1) 期 日：令和3年11月18日（木）
- (2) 場 所：「書面開催」
- (3) 議決事項
 - ① 令和2年度事業報告・収支決算報告
 - ② 令和3年度事業計画（案）・収支予算（案）
- (4) 報告事項
 - ① 専門部会事業報告
 - ② 全国環境研協議会会長賞、会長感謝状候補者推薦の推薦について
 - ③ 支部長表彰について
 - ④ 令和4年度の支部役員及び総会等の開催地について
- (5) 支部長表彰者報告 4名

3. 支部専門部会等開催状況

- (1) 騒音振動専門部会
(部会長機関：山梨県衛生環境研究所)
 - ① 期 日：令和4年2月2日（水）
 - ② 場 所：「書面開催」
 - ③ 参 加：16機関
 - ④ 内 容：演題1題

(2) 水質専門部会

- (部会長機関：千葉県環境研究センター)
- ① 期 日：令和3年10月29日（金）
 - ② 場 所：「Web開催」
 - ③ 参加者：16機関
 - ④ 内 容：演題9題

(3) 東京湾連絡会

- (庶務機関：川崎市環境総合研究所)
- ① 期 日：令和3年9月1日（水）
 - ② 場 所：「書面開催」
 - ③ 参加者：16機関
 - ④ 内 容：
 - ・令和3年度の事業・調査研究計画及び実施状況
 - ・各機関との情報交換

(4) 大気専門部会

- (部会長機関：長野県環境保全研究所)
- ① 期 日：令和4年3月10日（木）
 - ② 場 所：「書面開催」
 - ③ 参加者：16機関
 - ④ 内 容：演題10題、情報交換事項2題

(5) 統一精度管理検討会

- (支部長機関：横浜市環境科学研究所)
- ① 期 日：令和3年9月28日（火）
 - ② 場 所：「Web開催」
 - ③ 参加者：15機関
 - ・オブザーバーとして参加
3機関（札幌市、山形県、福島県）
 - ④ 内 容：
 - ・環境測定分析における留意点及び精度管理について

4. 支部長表彰式

- ① 期 日：令和4年2月17日（木）
- ② 場 所：個別授与（送付）
- ③ 受賞者：4名表彰

編集後記

令和3年度から2年間、広報部会事務局を担当してまいりましたが、当センターが編集するのは今回が最後となります。コロナに翻弄された2年間でしたが、対面でのコミュニケーションに限られるなどの様々な困難の中、Web会議や在宅勤務の普及など、新しい生活様式・働き方に移行する大きな契機になったと思います。

福島県環境創造センターは郡山市の東隣に位置する三春町に立地しています。三春町随一の観光スポットは『滝桜』。樹齢1000年以上、高さは13m、根回りは11mを超えるベニシダレザクラで、薄紅色の小さな花を無数に咲かせるさまから“滝桜”と呼ばれ、1922年に桜の木としては初めて国の天然記念物に指定された銘木です。見ごろは例年4月上～中旬、一見の価値あります。



ライトアップされた滝桜

私たちの環境創造センターにも、滝桜の子孫木があります。センターの開設を記念して、平成28年12月に地元の小学生たちと一緒に植樹したもので、毎年、春が訪れると、美しい花で私たちを和ませてくれます。

福島の復興と、環境創造センターの発展を見守る象徴の一つとして、これからも大切にしていきたいと思っています。



センターの滝桜子孫木
(2022年秋撮影)

最後になりましたが、2年間、のべ8回の会誌発行に当たり各種記事を快く執筆・寄稿していただいた皆様はじめ、関係機関各位に改めて厚く御礼申し上げます。

次号からは、北九州市保健環境研究所が事務局を担当することになります。全国各支部会員の皆様におかれましては、今後とも会誌への積極的な投稿について御協力をお願いいたします。

(福島県環境創造センター)

令和4年度

全国環境研協議会広報部会

< 部 会 長 > 福島県環境創造センター所長
< 広報部会担当理事 > 山形県環境科学研究センター所長

季刊 全国環境研会誌 Vol.48 No.1(通巻166号)

Journal of Environmental Laboratories Association

2023年3月27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