

# 第34回全国環境研究所 交流シンポジウム 予稿集

平成31年2月14日・15日



国立研究開発法人 国立環境研究所



# 第 34 回全国環境研究所交流シンポジウム

## 「気候変動影響とその適応へのアプローチ」

平成 31 年 2 月 14 日(木)～15 日(金)  
於 国立環境研究所 大山記念ホール

2 月 14 日(木)

司会: 岩崎 一弘(国立環境研究所)

14:30～14:35 開会挨拶

国立環境研究所 理事長 渡辺 知保

14:35～14:40 来賓挨拶

環境省大臣官房総合政策課 環境研究技術室長 上田 健二

### セッション 1: 気候変動適応に向けた国立環境研究所の活動

座長: 肱岡 靖明(国立環境研究所)

- (1)14:40～15:00 「気候変動適応法と国立環境研究所の役割」…………… 1  
○向井 人史  
(国立環境研究所)
- (2)15:00～15:20 「気候変動及びその影響の観測・監視・検出に関する研究」……………2  
○小熊 宏之  
(国立環境研究所)
- (3)15:20～15:40 「気候変動影響予測手法の高度化に関する研究」……………4  
○花崎 直太  
(国立環境研究所)
- (4)15:40～16:00 「社会変動を考慮した適応戦略に関する研究」……………6  
○高橋 潔  
(国立環境研究所)

16:00～16:20 (質疑応答)

16:20～16:30 (休憩)

## セッション 2: 地域での観測監視・影響評価・適応策(水環境・水資源)

座長: 越川 海(国立環境研究所)

- (1)16:30～16:45 「沿岸域・閉鎖性海域の水質・生態系を対象とした気候変動影響の将来予測と適応策の検討に向けて」……………8  
○東 博紀・越川 海・牧 秀明・金谷 弦・横山 亜紀子・吉成 浩志・中田 聡史  
(国立環境研究所)
- (2)16:45～17:00 「伊勢湾内干潟アマモ場における炭素貯留量の評価」……………10  
○国分 秀樹<sup>1</sup>・石井 裕一<sup>2</sup>・宮崎 一<sup>3</sup>・矢部 徹<sup>4</sup>  
(<sup>1</sup>三重県保健環境研究所・<sup>2</sup>東京都環境科学研究所・<sup>3</sup>兵庫県環境研究センター・<sup>4</sup>国立環境研究所)
- (3)17:00～17:15 「気候変動が干潟生態系における生物多様性・生態系サービスへ及ぼす影響の観測・評価・適応策の検討」……………12  
○矢部 徹<sup>1</sup>・石井 裕一<sup>2</sup>・宮崎 一<sup>3</sup>・国分 秀樹<sup>4</sup>  
(<sup>1</sup>国立環境研究所・<sup>2</sup>東京都環境科学研究所・<sup>3</sup>兵庫県環境研究センター・<sup>4</sup>三重県保健環境研究所)
- (4)17:15～17:30 「気候変動による日本周辺の海洋環境への影響の監視」……………14  
○荒巻 能史  
(国立環境研究所)
- (5)17:30～17:45 「池田湖の水質に係る気候変動影響について」……………16  
○大庭 大輔・米澤 里奈・右田 裕二・靱 憲弘・山道 哲洋・大坪 充寛  
(鹿児島県環境保健センター)

17:45～17:55 総合討論

\*\*\*

18:15～19:45 懇親会(会場: 国立環境研究所 中会議室) ※事前希望者のみ

## 2月15日(金)

司会: 岩崎 一弘(国立環境研究所)

## セッション 3: 地域での観測監視・影響評価・適応策(陸域・大気)

座長: 小熊 宏之・菅田 誠治(国立環境研究所)

- (1) 9:00～9:15 「長野県における気候変動とカラマツ人工林を活用した緩和策・適応策の検討」… 18  
○栗林 正俊  
(長野県環境保全研究所)
- (2)9:15～9:30 「陸域・陸水生態系への気候変動影響と適応」……………20  
○角谷 拓  
(国立環境研究所)

- (3)9:30～9:45 「長野県における気候変動及び自然環境影響の観測・監視に関する研究」…………… 21  
○浜田 崇  
(長野県環境保全研究所)

**9:45～9:55 (休憩・座長交代)**

- (4)9:55～10:10 「気候変動が日本の大気汚染にもたらす影響とその健康・植生へのインパクト  
評価」…………… 22  
○永島 達也・高見 昭憲・菅田 誠治・清水 厚・河野 なつ美・茶谷 聡・  
青野 光子・Kim Satbyul・向井 人史・谷本 浩志・寺尾 有希夫・奈良 英樹・  
池田 恒平・西橋 政秀・野村 渉平・橋本 茂  
(国立環境研究所)
- (5)10:10～10:25 「SLCPによる環境影響評価:推進費 S-12 の成果と排出シナリオ」…………… 24  
○増井 利彦・花岡 達也  
(国立環境研究所)
- (6)10:25～10:40 「北海道における気候変動適応に向けての取組み」…………… 26  
○鈴木 啓明・芥川 智子・小野 理  
(北海道立総合研究機構環境科学研究センター)
- (7)10:40～10:55 「都市公園再整備による暑熱環境の変化」…………… 28  
○煤原 正敬<sup>1</sup>・小田切 幸次<sup>1</sup>・牧 寛<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>横浜市環境科学研究所・<sup>2</sup>横浜市公園緑地整備課)
- (8)10:55～11:10 「気候変動が埼玉県の実業別エネルギーコストに与える影響について」…………… 30  
○本城 慶多・原 政之  
(埼玉県環境科学国際センター)

**11:10～11:20 総合討論**

<b>セッション 4: 地方環境研における活動</b>
-----------------------------

座長: 岩崎 一弘(国立環境研究所)

- (1)11:20～11:35 「横浜市内におけるマイクロプラスチック調査」…………… 32  
○蝦名 紗衣・加藤 美一・北代 哲也・小倉 智代・小森 昌史  
(横浜市環境科学研究所)
- (2)11:35～11:50 「大阪府におけるダイオキシン類の常時監視データの活用」…………… 34  
○伊藤 耕二  
(大阪府立環境農林水産総合研究所)

**11:50～12:00 閉会挨拶**

国立環境研究所 理事 原澤 英夫

\*\*\*

**13:30～14:30 所内施設見学会 ※事前希望者のみ**



# 気候変動適応法と国立環境研究所の役割

向井 人史

(国立環境研究所)

## 1. はじめに

2018年6月に日本では気候変動適応法が公布され、12月1日に施行された。気候変動の対策が「緩和」と「適応」と分類されるとして、この法律は後者に対応するものであり、今後の国内の気候変動影響に対する適応策を進めていく際の推進源となるものである。「緩和」（つまりは、温室効果ガスの排出削減）に関する議論はこれまで、京都議定書をはじめとする国際的取り決めや、パリ協定における2度C目標に代表されるように進んできている。一方で、すでに起こってきている気候変動影響や近未来に予測される気候変動影響に対する備えというもの（＝「適応」）というものに対しては、今後より重要になってくる課題として捉えられてきた。

今回制定された法律では、国の役割はもとより地方公共団体や事業者さらには個人を含みそれぞれの役割の重要性が記されている。気候変動の影響は、それぞれの「地域」や「事業者」「個人」の事情や特性、またその時の状況に応じて起こってくるために、それぞれの立場で適応するということがより必要になってくる。そのため、かなりローカルな視点が必要となってくるものである。したがって、特に地方公共団体における役割はかなり大きく書かれている。例えば、地域ごとに気候変動適応計画を策定することや、地域ごとに情報を収集するための地域気候変動適応センターを確保することなどが推奨されている。

## 2. 国立環境研究所の役割

国立環境研究所は、適応における情報基盤としての活動を行うことが法律に明記されており、地方公共団体が気候変動適応計画を策定する際に、気候変動影響に係る情報や適応に関する情報などを提供し技術的な助言を行うこととなっている（図1）。そのため、研究所では2018年12月1日に気候変動適応センター（Center for Climate Change Adaptation）を設立した。ここでは、国内の各分野の研究機関と連携を行いつつ気候変動影響や適応情報の収集を行い、整理分析を通して地域の行政や個人また事業者などへ支援をしていくこととなっている。

気候変動影響は、環境省が取り扱う生態系への変化などの自然環境の分野だけではなく、農業、漁業、林業などの一次産業への影響、国土交通省が扱う河川や洪水などの自然災害の分野、デング熱に代表されるような感染症や熱中症など健康分野、海面上昇など沿岸の問題、都市における国民生活、産業における影響（たとえば観光）など多岐にわたるため各省庁の連携が重要と考えられている。

適応センターでは、国ばかりでなく地域の各種の連携を通じて、気候変動影響や適応情報を収集し、地域の計画や施策に対して助言や情報提供を行っていくことが、メインテーマとなっている。

<参考資料>

気候変動適応法、気候変動影響適応計画（平成30年11月27日閣議決定）

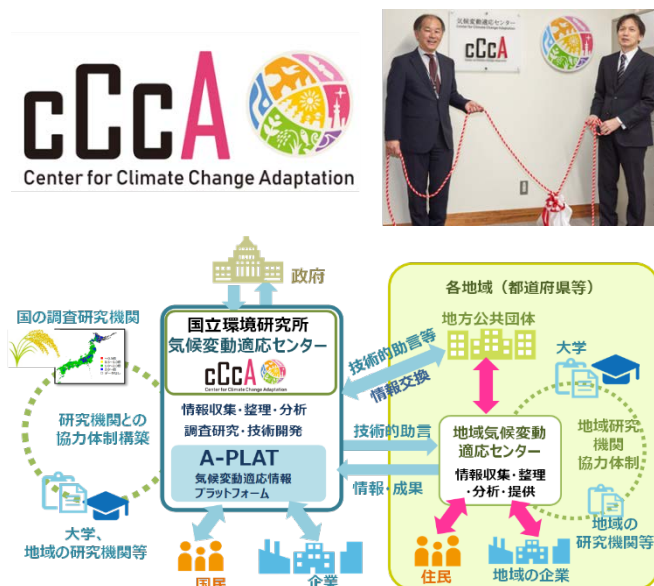


図1 気候変動適応センターとその役割の概要

# 気候変動及びその影響の観測・監視・検出に関する研究

○小熊 宏之  
(国立環境研究所)

## 1. 気候変動影響の観測・監視に関する研究プロジェクト (PJ1) の役割

有史以来、前例のない速度で進行する気候変動に対して、何が、どのようなメカニズムによりどう変化し、どこまで進行するのかといった科学的知見が著しく不足しており、適応策を講ずる上でのボトルネックとなっている。急ぎ必要なのは気候変動影響の検出に特化した観測や実験の実施と既存観測データの集約により、既に顕在化しつつある気候変動影響を検出するとともに、その変化メカニズムを明らかにし、将来予測の高度化やそれに基づく適応策立案の基礎とすることである。そこで国立環境研究所気候変動適応センターの気候変動適応プログラム「気候変動影響の観測・監視に関する研究プロジェクト (PJ1)」では、以下に示す4つの基本的方針によってこれらに関する研究を促進させると共に、気候変動影響評価手法の高度化に関する研究プロジェクト (PJ2) および気候変動適応戦略立案に関する研究プロジェクト (PJ3) に対し観測事実に基づく情報提供を行う。

### 1) 気候変動影響に関する観測・監視体制の強化

既に顕在化しつつある気候変動影響の検出をはじめ、将来予測のために必要となる情報収集を行う。地圏、水圏、気圏、生物圏を対象とした観測体制を整えると共に、既存のモニタリングネットワークの活用等により広域・多地点かつ長期間の情報を集約する。また、環境 DNA、リモートセンシングなど効率的な情報収集のための技術開発を推進する。

### 2) 過去観測データの整備による長期変動の抽出

過去数十年スケールにわたり蓄積されてきたデータを整備・再解析し、気候変動影響の検出を行うと共に、年々変化する気象要因と対象（生態系の応答、気圏・水圏の環境、大気汚染物質等）との関係を求めることにより、気候変動に対する変化の感度を得ることが期待される。将来の気候変動シナリオに基づく変化の予測に必要不可欠な情報となる。

### 3) 室内及び野外実験

気候変動の生態系への影響は、直接・間接効果を通じた複雑・複合的なものとなり、因果関係を明らかにすることが困難な場合がある。更に、地球温暖化をはじめとする気候変化がこれまで以上に進行した状況下における応答メカニズムを解明するため、気温等の環境変化をコントロールした操作実験を行い、生態系機能や生物分布変化と環境変化の関係を明らかにし、物質循環や防災・減災機能の予測の高度化への知見を提供する。また、気候変化による各圏への影響が非可逆となる閾値を明らかにするための研究手法の開発も行う。

### 4) 情報基盤整理

上記 1)~4) によって得られる観測データを集約し GIS 化するとともに、PJ2、PJ3 に提供するための情報基盤の整備を行う。

## 2. PJ1 の構成

表 1 に PJ1 および関連する PJ2 の研究テーマを示す。これらの研究テーマにより地圏、水圏、気圏、生物圏を対象とした温暖化影響に関する情報収集を行う。更にこれらの研究テーマには PJ2 や PJ3 に対応したサブテーマによって構成されており、予測の高度化や適応策の検討を視野に入れた

研究を展開する。図 1 に調査・研究対象地の空間分布をそれぞれ示す。これらを通じて、気候変動及びその影響の観測・監視・検出手法の確立などに貢献すると共に、A-PLAT・AP-PLAT を通じて得られた観測データを公表し、気候変動影響の理解促進を目指す。

表 1. PJ1 および関連 PJ 課題の研究テーマ一覧

番号	課題代表者	課題名	サブサブテーマ		
			PJ1	PJ2	PJ3
PJ1-1	小熊宏之	陸域生態系の長期変化観測と気候変動の影響評価および適応に関する研究	○	○	○
PJ1-2	東 博紀	沿岸域・閉鎖性海域における 環境・生態系を対象とした 気候変動の影響評価・予測と 適応策の検討	○	○	○
PJ1-3	山野博哉	サンゴ礁生態系の将来予測と適応計画	○	○	○
PJ1-4	荒巻能史	気候変動による日本周辺海域における海洋環境と生態系への影響評価	○	○	○
PJ1-5	井上智美	マングロープ生態系機能と適応策	○	○	○
PJ1-6	梁 乃申	アジア域の陸域生態系劣化に及ぼす温暖化影響とそのメカニズム解明	○	○	
PJ1-7	内田 昌男	山岳凍土動態変化の長期的監視と気候変動による 土地脆弱性評価	○	○	
PJ2-2	角谷 拓	湖沼・流域生態系の観測の高度化と気候変動の影響評価および適応に関する研究	○	○	○
PJ2-3	永島 達也	気候変動による日本およびアジア太平洋域の大気汚染の変化とその環境影響評価	○	○	○
PJ2-4	山野博哉	生物・生態系の変化の検出と予測の高度化	○	○	

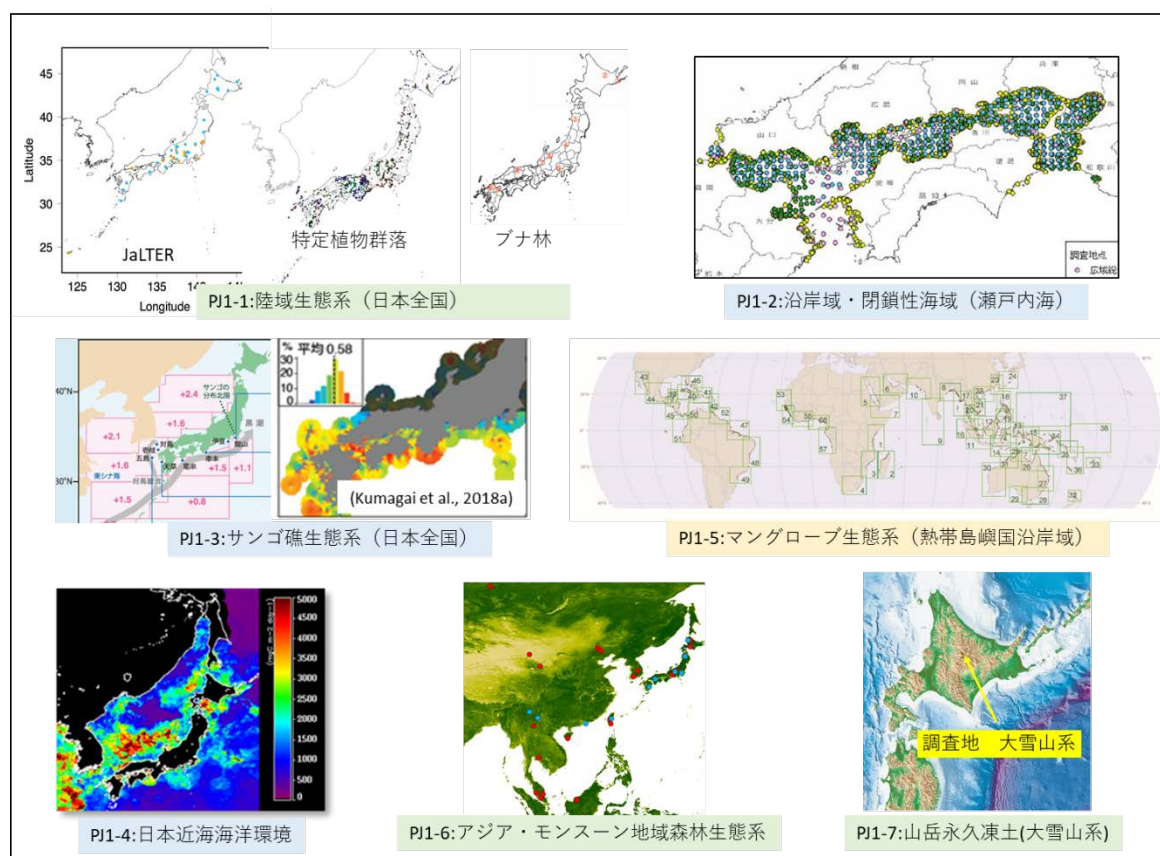


図 1. PJ1 の調査・研究対象域

# 気候変動影響予測手法の高度化に関する研究

○花崎 直太  
(国立環境研究所)

## 1. はじめに

気候変動適応法の施行に伴い、国立環境研究所では新たに気候変動適応研究プログラム（以下、適応 PG）が実施されている。本講演では、気候変動影響予測の基本と現状について触れたあと、適応 PG で実施中の「気候変動影響予測手法の高度化に関する研究」（以下、影響予測 PJ）について、全体像と各論の要点を紹介する。また、適応 PG の実施により最終的にどのような研究成果の発信をするか、展望と課題を述べたい。

## 2. 気候変動影響予測の基本と現状

将来の気候変動の影響を予測するため、モデルを使ったシミュレーションが行われる。モデルとは対象となる現象（川の流れや作物の実りなど）の振る舞いをコンピュータで計算するためのソフトウェアを指す。シミュレーションとはモデルに境界条件を与えて現象を表現することを言う。影響予測をする際には通常2回のシミュレーションを行う。1回目は、境界条件として過去の気候・気象をモデルに与え、振る舞いが過去の現象を再現するかを確認する。2回目は、将来の気候・気象条件（気候シナリオと呼ぶ）を用意し、モデルに与えることにより、過去とは異なる振る舞いを得る。これを将来起こり得るものと捉え、気候変動影響の予測と呼ぶ。これが気候変動の影響予測の基本である。さらに、気候・気象以外の境界条件を変化させることにより、将来と現在の振る舞いの違いを軽減できるか調べるのがモデルを利用した適応策評価ということになる。

これまでに多くの気候変動影響評価が行われてきた。2000 年よりも前は、モデル開発を行う少数の研究者らによって、散発的に気候変動影響評価が実施されることがほとんどであった。2005 年頃から気候変動影響評価に関する大型の研究プロジェクトが実施され、組織的な影響評価が行われるようになった。例えば、環境省の環境研究総合推進費 S-4、S-8 プロジェクトは水・食料・生態系などのモデル開発者・研究者が 100 名以上集まり、共通の気候シナリオを用いて、日本全国の複数分野の温暖化影響評価を行った。文部科学省の RECCA、SI-CAT プロジェクトではより地域や分野を絞り込んだ影響評価が行われている。環境省・農林水産省・国土交通省の連携事業「地域適応コンソーシアム事業」では具体的な適応策の検討が行われており、その中で各種の影響評価が行われている。

## 3. 気候変動適応プログラム・気候変動影響予測手法の高度化に関する研究

国立環境研究所には多数の研究者が在籍し、幅広く環境分野の研究を行っている。モデルの開発とシミュレーションの分析を専門とする研究者を集め、影響予測 PJ が行われている。影響予測 PJ は 7つのサブプロジェクトからなり（詳細は気候変動適応センターホームページを参照のこと）、これまでのメンバーの研究蓄積を生かし、全球から市町村まで、水・農業・生態系など、様々な規模・分野の影響予測モデルの開発・改良とシミュレーション実施を行っている。併せて、モデルの境界条件である気候シナリオを開発するとともに、最新情報を収集・発信していく予定である。

気候変動の影響予測は少なくとも 1970 年代から実施されており、長い蓄積がある。特に最近の技術的な進歩は目覚ましいが、様々な課題が残っている。特に重要で、影響予測 PJ で中心的に取り組む事項を挙げておきたい。まずは、モデルの改良・拡張である。上述の通り、影響予測の前提はモデルが過去の現象を再現できることにある。ただし、どのモデルも限定的な再現性能しか持たないため、改良を続ける。次に、気候シナリオ開発に関する技術的課題の克服である。将来気候の予測は気候学者たちにより行われ、飛躍的に進歩しているものの、時空間解像度は低く、影響予測と同様に過

去の気候の再現性は限定的である。影響予測に際しては、それぞれダウンスケール、バイアス補正と呼ばれるデータ処理が必要で、この技術を開発・改良していく。最後に、適応策のモデル・シミュレーションへの取り込みである。自然科学を出発点としたモデルは、往々にして人間社会の要素を排除していることが多い（川の流れのモデルはダムのない上流の源流域を基本とするなど）。人間社会の要素をモデルに取り入れ、具体的に適応策が検討できるようにモデルを改良する必要がある。

#### 4. 研究成果の発信

影響予測の結果とその前提となった気候シナリオについては、A-PLATやAP-PLATを通じてなるべく公開していく方針である。影響予測の結果については専門家のチェックを受けるため、公開前に関連した査読付き論文を投稿するのを原則とする。

なお、公開にあたっては様々な制限もある。モデルや気候シナリオは多くの研究者や関係機関によって開発・運用されており、公開にあたっては関係者全員の合意を得る必要がある。適応PGとA-PLAT、AP-PLATの意義を広く認めていただき、円滑に了解を得られるよう、努めてまいりたい。また、公開された情報を使うユーザのニーズを把握することも重要である。地方公共団体等での気候変動影響の評価や適応の推進にあたり、国立環境研究所からどのような情報を発信するのが望ましいか、広くご意見・ご要望をいただきたい。

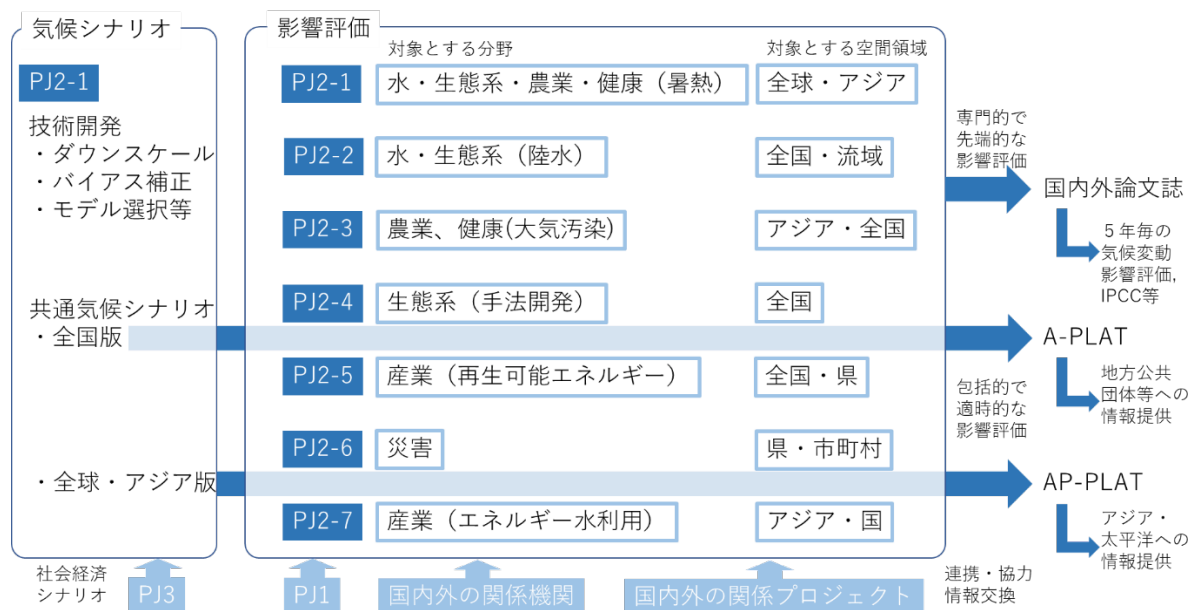


図 適応 PG 影響評価 PJ の全体像

#### 参考文献

- 1) 気候変動適応研究プログラム、国立環境研究所気候変動適応センター  
<http://cca.nies.go.jp/ja/program/index.html>

# 社会変動を考慮した適応戦略に関する研究

○高橋 潔  
(国立環境研究所)

## 1. はじめに

国立環境研究所気候変動適応研究プログラム（適応 PG ; 2018.8～2021.3）は、地方公共団体をはじめとする各主体による気候変動適応推進に係る取組を科学的に支援することを大目標として掲げ、「影響観測」「影響予測」「対策評価」の3要素で構成されている。そのうち「対策評価」を主担当するのがPJ3「社会変動を考慮した適応戦略に関する研究」である。またPJ3は、個別に研究目的・手法・目標を有する表1の8つのサブPJで構成される。

表1 PJ3を構成する8つのサブPJ

	サブPJ別の研究課題名
PJ3-1	適応の実践を支援する評価手法とリスクコミュニケーションに関する研究
PJ3-2	社会システムモニタリングを用いた適応行動による効果推定手法の開発と地域社会での実装
PJ3-3	地域資源を活用する環境型産業を支える気候変動適応策の検討
PJ3-4	熱帯地域における都市水害による浸水軽減・環境汚染防止のための廃棄物適正管理手法提案
PJ3-5	気候変動影響を踏まえた日本の安全保障のあり方に関する研究
PJ3-6	気候変動影響・適応評価のための日本版社会経済シナリオの構築
PJ3-7	適応策立案支援のための地域循環共生圏指標の研究開発
PJ3-8	自然保護区における気候変動適応オプションと管理策

## 2. PJ3「社会変動を考慮した適応戦略に関する研究」の役割

図1は、適応PGにおいてPJ3が受け持つ役割をa～fとして整理・配置したものである。各サブPJは、それらの役割のいずれかあるいは複数を担う。目的・手法や対象地域・分野はサブPJごとに異なるが、共通の問題認識は、いずれの地域・分野でも気候変動影響が顕在化しつつあり、将来的にその規模・頻度の増大が懸念されており、対応（適応）の検討・実施が必要な状況にあるにもかかわらず、現実にはなんらかの理由で適応策が十分には実践されていないのではないか、その現状を克服するために示しうる科学的知見はなにか、というものである。

「a.気候変動の社会的影響の理解の拡充」について、従来研究では自然科学的手法による自然・生物システムへの気候影響の予測が多数取り組まれる一方で、人間・社会システムへの影響については予測研究事例がまだまだ不十分との認識の下、影響予測手法の開発・高度化、及び予測実験に取り組む。「b.適応策の効果の評価」では、各種の適応策を実施した場合の影響軽減の効果を見積もるとともに、対策実施費用等に照らし、優先順位の高い適応策や各適応策の実施が必要になる時期などを提案する。一方、「c.適応策の事後評価手法の開発」では、適応策を実施した後に、その適応策が実施前の期待通りに実際に機能しているか、適応の実施の強度・水準は適切であるか、といった観点からモニタリング等を通じて事後検証するための方法について検討する。「d.適応の概念や評価手法の系統的把握」は、PJ3に限らず、影響観測・影響予測をそれぞれ主担当するPJ1・PJ2も含めた適応PGで取り組む各研究課題が、適応PGの大目的（各主体による適応推進の科学的支援）に効果的に

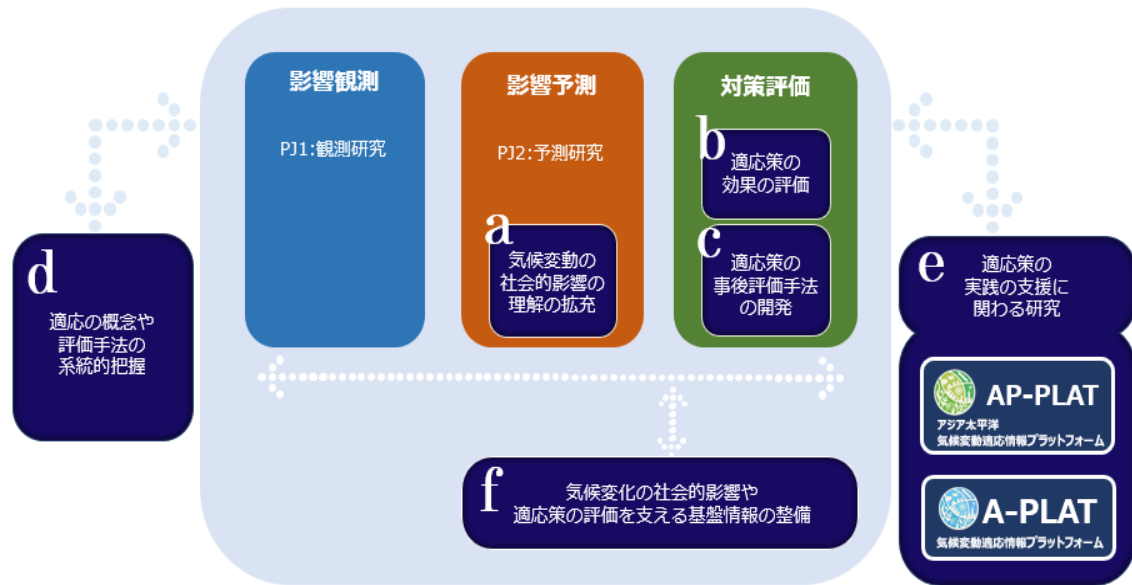


図1 適応 PG における PJ3 の役割

貢献できるよう、既存の国内外の適応関連研究の調査・整理に基づき、適応の概念整理や、適応研究でこれまで用いられてきた手法や問題の切り口について系統的な把握を試みる。一方、「e.適応策の実践の支援に関わる研究」では、適応 PG の各研究課題で得られる科学的知見が適応策の実践の現場に効果的・効率的に伝えられ、また逆に現場のニーズを継続的に把握して各適応研究に反映できるような仕組みについて検討・提案する。その当面の具体課題としては、A-PLAT/AP-PLAT を通じた適応情報のコミュニケーションのあり方の検討・提案が挙げられる。「f.気候変化の社会的影響や適応策の評価を支える基盤情報の整備」については、影響観測・影響予測・対策評価の効率的な実施を支援し、またそれら課題の成果の有用性を高めるために、共用可能な情報の収集・開発・整備を行う。影響予測・対策評価で用いられる気候予測情報については、影響予測を主担当する PJ2 がその整備の役割を担うが、一方で気候影響に曝される人口や資産の規模や分布（曝露）や気候影響に対するシステムの感度や対応能力（脆弱性）に関わる社会経済変化の将来想定（社会経済シナリオ）については、対策評価を主担当する PJ3 でその整備の役割を担う。例えば PJ3-6 では、過去 10 年以上かけて国際的に開発が進められてきた共通社会経済経路（Shared Socioeconomic Pathways : SSP<sup>1)</sup>）をベースに、その日本域での詳細化を実施し、日本全域あるいは地方公共団体スケールでの影響・適応策・緩和策評価に利用可能な社会経済シナリオ（日本版 SSP）の開発に取り組んでいる。

### 3. おわりに

PJ3 の課題名にもあるように、後手に回らない「適応戦略」の検討に際しては「(将来の) 社会変動の考慮」を含めた時間的側面が一つの鍵となる。合意形成、技術開発、設備建設等に要する期間も考慮した場合に遅滞なく必要な適応を実施できるにはいつ何をすれば良いのか、不確実性が大きな気候予測や社会経済変化想定の下で意思決定を適時に行うために必要な工夫は何か、といった難問に対して、すぐに答えが出るものではないが、各課題での知見を総動員して取り組むことが期待されている。会合では、PJ3 の課題概要を紹介するとともに、その初期的な成果についても説明する。

### 参考文献

- 1) K. Riahi et al.: The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. Glob Environ Chang, 42, 153-168 (2017).

## 沿岸域・閉鎖性海域の水質・生態系を対象とした

## 気候変動影響の将来予測と適応策の検討に向けて

○東 博紀・越川 海・牧 秀明・金谷 弦・横山 亜紀子・吉成 浩志・中田 聡史  
(国立環境研究所)

### 1. はじめに

昨年6月に成立した気候変動適応法により、概ね5年ごとの気候変動の影響評価や地域適応計画の策定などが国や地方に求められることとなったが、沿岸域・閉鎖性海域における環境・生態系への気候変動影響に関してはいまだ不確実な点が多く残されている<sup>1)</sup>。気候変動影響の解明と適応策の検討に向けて我々は、平成28年度より「閉鎖性海域における気候変動による影響把握等検討業務」(環境省事業)に取り組み、主に瀬戸内海を対象として、1970年代以降の長期モニタリングデータに基づく

(1) 水質および(2) 底質・底生動物群集の長期変動傾向に関する統計的解析、(3) 海水温・栄養塩の変動が植物プランクトンの長期的優占種交代に及ぼす影響の理論的解析および実験的検討、(4) 瀬戸内海の水質・生態系を対象とした気候変動影響の将来予測を進めてきた(図-1)。本発表では、演者が担当する(4) 気候変動影響の将来予測を中心に、上記事業の研究成果を紹介する。

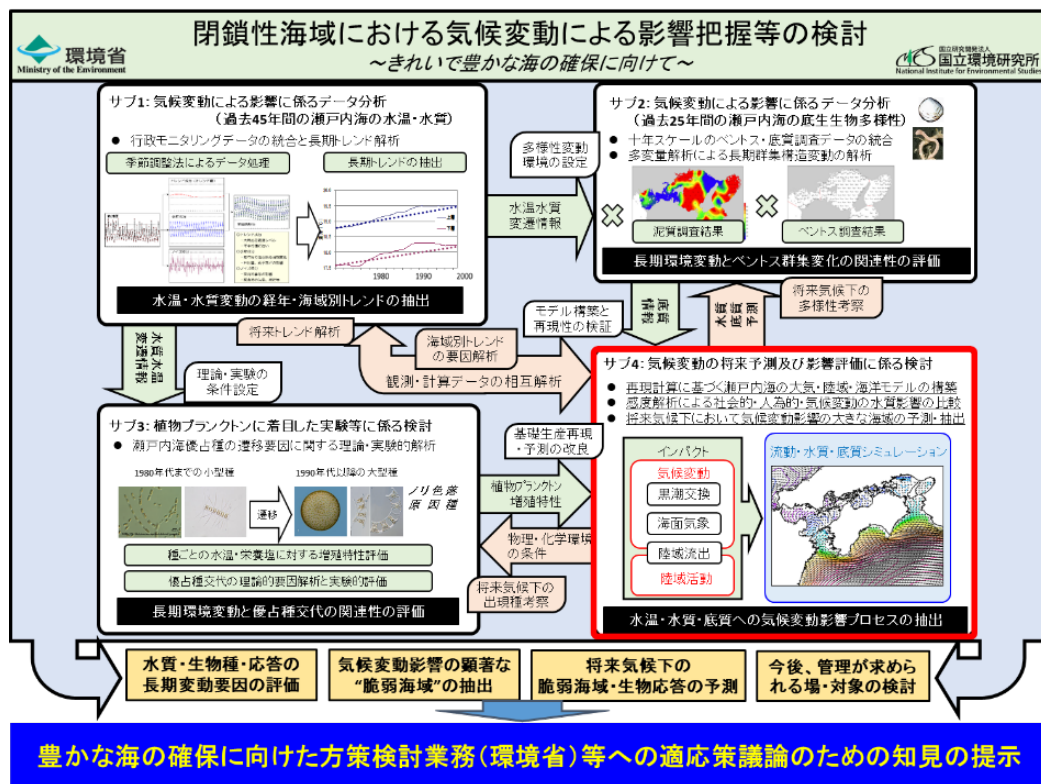


図1 閉鎖性海域における気候変動による影響把握等検討業務(環境省事業)の概要

### 2. 瀬戸内海の水質・生物生産性を対象とした気候変動影響の将来予測シミュレーション

沿岸域・閉鎖性海域は、全球規模の気候変動に比べて非常に小さい空間スケールであるにも関わらず、大気(海上気象)―陸域(河川流出)―海洋(外洋)の影響が輻輳した物理環境を有している。これに自然・人為由来の負荷と多種多様な生物が複雑な相互関係にある水質・底質環境が重なるため、気候変動影響の解明がより一層困難な場となっている。

本研究では、沿岸域・閉鎖性海域の環境を支配する陸域からの流出をとくに重要視し、集水域からの淡水・汚濁負荷流出とそれに対する海域の水質・底質・一次生産の応答を評価・予測することが可能な陸域－海域モデルを構築した。このモデルでは、海上気象の変化による水温上昇はもちろんのこと、最新の気候シナリオに含まれる降水の二極化傾向が陸域からの流出を通じて海域に及ぼす影響を評価することも可能となる。また、本モデルは瀬戸内海およびその集水域を3次メッシュ（約1kmグリッド）で分割しているため、湾灘ごとの気候変動影響・脆弱性評価や陸域における適応策の検討にも耐えうる高い空間解像度を有している。

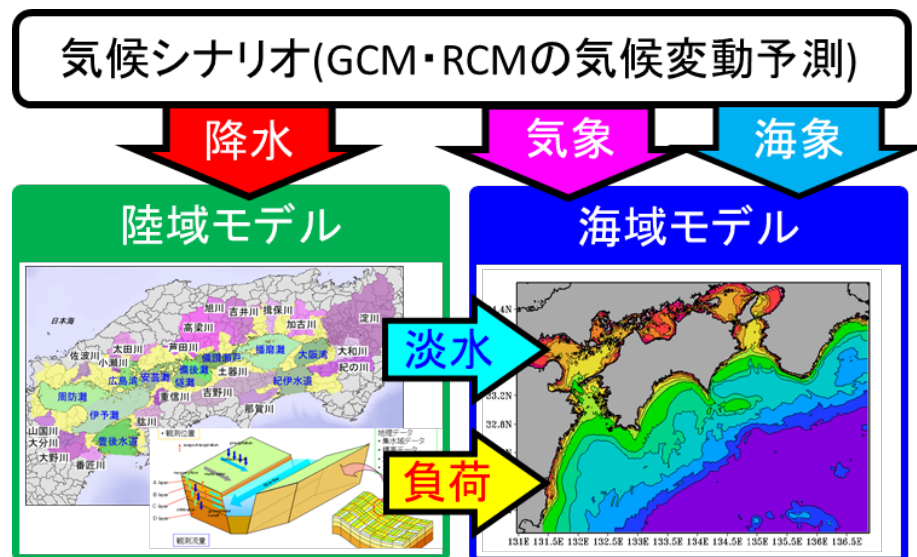


図2 瀬戸内海を対象とした気候変動影響の将来予測フロー

現在、「環境省 地域気候変動予測データ（協力：気象庁）」<sup>2)</sup>のRCP8.5の気候シナリオを用いて将来予測を進めている。まだ精査中ではあるが、現時点では次の将来変化が示唆されている。

- 1) 陸域からの淡水・汚濁負荷流入量は、気候値では現在気候（1984～2004年）と将来気候（2080～2100年）で大きな変化はないが、年々変動は増大する。その傾向は瀬戸内海東部（播磨灘、大阪湾、紀伊水道など）で顕著であり、これらの海域では陸域からの栄養塩流入が不安定となる。
- 2) 表層水温は全域において通年で上昇する。その傾向は夏期の瀬戸内海中央部（備讃瀬戸、備後灘、燧灘、安芸灘など）で顕著であり、海域によっては月平均値で最大4℃程度上昇する。

### 3. 今後の課題

本研究では、瀬戸内海およびその集水域全体を事例として、沿岸域・閉鎖性海域の水質・生態系を対象とした気候変動影響の将来予測を行っているが、個々の流域・湾灘における特徴をモデルでどの程度表現できているのか、地域適応計画の策定に向けて何の将来変化を明らかにすべきなのかなど、地域スケール・ニーズに即して具体化することが今後必要となる。その実施には自治体・地方環境研究機関等の支援・協力が不可欠であり、より一層の情報交換をお願いしたい。

### 参考文献

- 1) 環境省：気候変動の影響への適応計画，<https://www.env.go.jp/press/files/jp/28593.pdf>（2015）
- 2) 環境省：日本国内における気候変動による影響の評価のための気候変動予測について（お知らせ），<http://www.env.go.jp/press/files/jp/24661.pdf>（2014）

## 伊勢湾内干潟アマモ場における炭素貯留量の評価

○国分 秀樹<sup>1</sup>・石井 裕一<sup>2</sup>・宮崎 一<sup>3</sup>・矢部 徹<sup>4</sup>

(<sup>1</sup>三重県保健環境研究所・<sup>2</sup>東京都環境科学研究所・<sup>3</sup>兵庫県環境研究センター・<sup>4</sup>国立環境研究所)

### 1. はじめに

2009 年、国連環境計画(UNEP)により、地球上の生物が固定化する炭素の 55%が海洋生物によって固定されるブルーカーボン由来であることが報告された<sup>1)</sup>。浅海域で生物生産の高い藻場や干潟は比較的短寿命の生態系であるため、枯死死亡後の炭素動態についての知見が少ない。本研究では、干潟及びアマモ場の短寿命生物の生産に伴う炭素量と死亡後に蓄積される難分解性の炭素量を室内実験により明らかにし、堆積物を含む伊勢湾内の干潟、アマモ場の炭素貯留量を試算したので報告する。

### 2. 調査方法

伊勢湾沿岸域の 3 カ所の干潟(高松、御殿場、松名瀬)および 2 カ所のアマモ場(御殿場、松名瀬)を調査対象とした(図 1)。図 1 に示す干潟藻場において、底生生物とアマモ、堆積物の試料採取を行った。底生生物は 1 点/ha になるように調査地点を設定し、各点で 0.2m<sup>2</sup>、深さ 0.2m で底質を採取し、1mm 目合のフルイに残ったものを軟体、節足、環形動物、その他に分類した。アマモは、0.5m 四方のコドラート内のアマモを地上部と地下部すべてを採取した。堆積物は直径 0.1m×深さ 1m の柱状採泥を行い、深さ方向に 1cm ごとに分取した。採取したすべての試料は、乾燥粉碎後、CN コーダーにてそれぞれの炭素含有量を計測した。

乾燥粉碎した底生生物(軟体動物(肉、殻)、節足動物、環形動物)とアマモを約 50mg 採取し、現場の海水 50ml と共にバッフルフラスコ(100ml)に入れ分解試験に用いた。同様のバッフルフラスコを 30 検体作成し、20℃の暗所の恒温室で約 100rpm で振とうしながら分解試験を実施した。試験開始 0、1、3、10、20、50、100 日後にフラスコを回収し(n=3)、濾過後(GF/F)濾紙上の残留物を 60℃で 48 時間乾燥し、CN コーダーで炭素量を計測した。あわせて濾液中の炭素量も計測した。

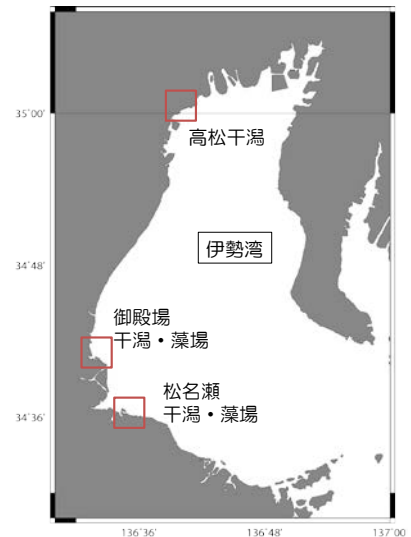


図 1 調査海域の概要

### 3. 結果と考察

#### (1) 死亡枯死後の難分解性炭素量の評価

軟体動物の優占種であるアサリ貝肉及びアマモ草体の炭素量含有量の経時変化を図 2 に示した。アサリ貝肉及び草体の炭素含有量は、実験開始 50 日後までにそれぞれ約 22%、35%まで徐々に減少した。50 日以降ほとんど減少せず、100 日後にはそれぞれ 21%、34%の炭素が残存した。これは、易分解性の有機物が死亡枯死後約 50 日でほぼ分解し、その後は難分解性炭素として、周辺海域に埋没固定されていることが推測された。以上の結果を元に、

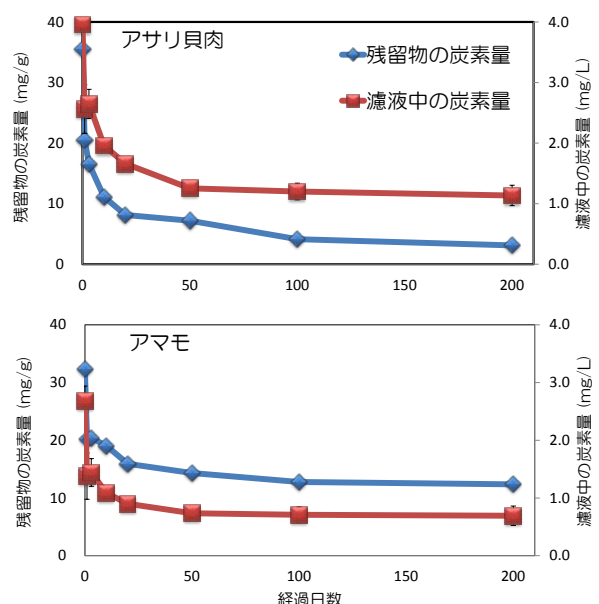


図 2 アサリ貝肉及びアマモ草体の分解試験における炭素量の変化

100 日後に残存していた炭素を難分解性炭素と仮定し、すべての底生生物及びアマモ、堆積物の無機炭素と易分解性、難分解性有機炭素の割合を算出し図 3 に示した。貝肉及び節足、環形動物については、約 80%以上が易分解性の有機炭素であり、貝殻については約 90%以上が無機炭素、アマモについては 35%以上が難分解性の有機炭素であり、死亡枯死後も長期に難分解性炭素として海域に貯留されることが推測された。

## (2) 堆積物中の炭素の鉛直分布

高松干潟の堆積物中の有機、無機炭素の鉛直分布を図 4 に示した。表層から 1m の深さまで有機炭素は 20~50mg/g、無機炭素で 30~130mg/g 含まれていることが分かった。特に無機炭素は死亡後の貝殻等の炭酸カルシウムであり、有機炭素は図 3 より約 30%以上は難分解性物質であることが推測された。

## (3) 伊勢湾沿岸域干潟藻場の炭素貯留量の試算

分解試験から推定した難分解性炭素率を用いて、各調査干潟藻場における難分解性炭素貯留量を試算し図 5 に示した。底生生物とアマモは、それぞれの調査における最大値を、堆積物は森林等の貯留量の算出にあわせて表層から深さ 70cm の炭素量を用いてそれらの総和により推定を行った。その結果、3 カ所の干潟（高松、御殿場、松名瀬）および 2 カ所のアマモ場（御殿場、松名瀬）の炭素貯留量は 2,069~4,685gC/m<sup>2</sup> と推定することができた。これらの値は、海域の長寿命生態系であるサンゴ礁やマングローブ林の約 1/3~1/6 程度<sup>2)</sup>、森林や草原の約 1/2~1/10 程度<sup>3)</sup>であることが分かった。

## 参考文献

- 1) Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C.M., Valdes, L. DeYoung, C., Fonseca, L., Grimsditch, G. (Ed.) (2009): Blue carbon: The role of healthy oceans in binding carbon. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRIDArendal. pp.1-78.
- 2) Hiroya Yamano, Hajime Kayanne, Fumiaki Matsuda, Yo-shihiro Tsuji (2002): Lagoonal facies, ages, and sedimentation in three atolls in the Pacific, Marine Geology, 185, p.233-247.
- 3) 大塚 俊之(2012): 森林生態系の炭素循環 :Takayama Forest での 10 年間で分かったことと、分からなかったこと, 日本生態学会誌, Vol. 62, No. 1, p.31-44.

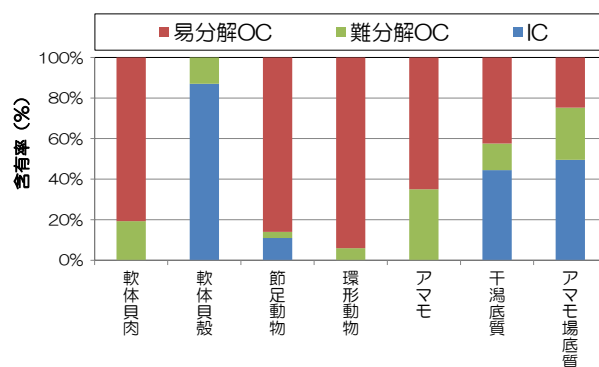


図 3 短寿命生態系試料における難分解・易分解炭素含有率

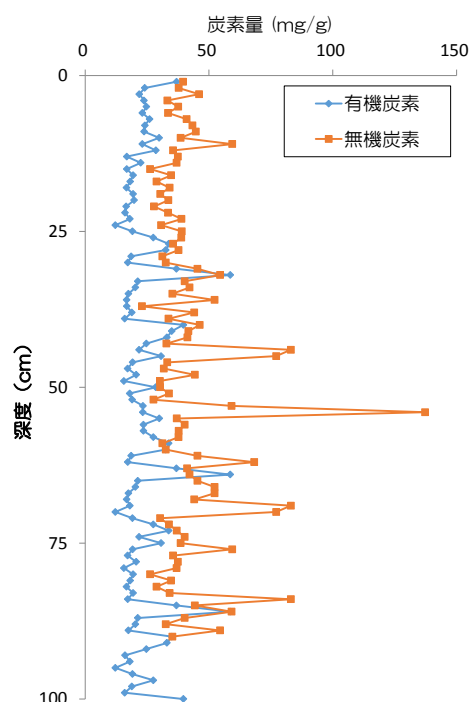


図 4 高松干潟における有機、無機炭素の鉛直分布

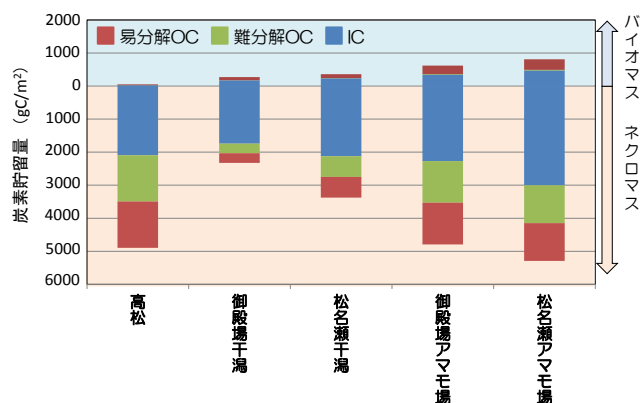


図 5 調査干潟藻場における形態別炭素貯留量

# 気候変動が干潟生態系における生物多様性・生態系サービスへ及ぼす

## 影響の観測・評価・適応策の検討

○矢部 徹<sup>1</sup>・石井 裕一<sup>2</sup>・宮崎 一<sup>3</sup>・国分 秀樹<sup>4</sup>

(<sup>1</sup> 国立環境研究所・<sup>2</sup> 東京都環境科学研究所・<sup>3</sup> 兵庫県環境研究センター・<sup>4</sup> 三重県保健環境研究所)

### 1. はじめに

気候変動による気温上昇は海水温をゆっくりと上昇させ、その影響を受けやすい脆弱な生態系において顕著な影響を及ぼすことが予想されているが、陸域と接する沿岸域では温暖化の二次的な影響である降水量変化や流下物質の構成を含む流出パターンの変化、あるいは海面上昇、海洋酸性化の影響を急速に受けることが予想される（環境省，2008）。干潟生態系を含む沿岸域は人間の生活圏を含むことが多く「里海」としてその多くが利活用されてきており適応策の検討対象となるが、干潟や藻場の面積は 20 世紀後半の高度経済成長期に著しく減少し、その後保全、再生の機運の高まりと共に減少率は低下している。その他の要因としては水域の富栄養化、地盤沈下、土砂供給の変化等が干潟面積の減少及び生態系サービスの低下に影響している可能性として指摘されている（環境庁，1994）。さらに、干潟に生息する生物種において分布の北限が更新される報告も近年なされており、以前は越冬できなかった南方種の越冬も懸念されている（環境省，2008）。

### 2. 南方種ミナミアオサの分布拡大と生態系への影響

アオサ属は沿岸域に生息する比較的暖温性の大型海藻であり、大量発生し沿岸域に押し寄せることでグリーンタイドと呼ばれる環境問題を発生させることが知られている。日本の主要な閉鎖性海域においても発生が報告されており、東京湾の最奥に位置する谷津干潟でも 1995 年の初観測以降、継続してその発生が確認されてきた。谷津干潟におけるグリーンタイドの実態を知るために、大潮の干潮時にアオサ類の刈り調査を実施し、同時に調査で得られた約 50 個体を用いた遺伝子解析による種同定を行い、グリーンタイド形成アオサ類の種別現存量の季節変化を見積もった。

その結果、アオサ類現存量の季節変動は以下のような周期性を示した。春に徐々に増加し 5 月に  $150 \text{ gDW m}^{-2}$  程度を示したが、夏には  $10 \text{ gDW m}^{-2}$  以下にまで激減、秋に回復し 12 月には  $300 \text{ gDW m}^{-2}$  を超えたが、2 月に再度  $100 \text{ gDW m}^{-2}$  程度まで減少したものの越冬して翌春まで生残した。アオサ類の種組成は、春には干潟内の滞筋など局所的に在来種アナアオサが出現したもの、全域では南方種とされるミナミアオサが優占しており、本研究の固定調査地点ではミナミアオサの出現頻度は 3 年間の調査期間を通じ 1078 個体中 1074 個体（99.6 %）であった。アナアオサは残りの 4 個体（0.4 %）のみであり、25 回の調査のうち 3 回しか出現しなかった。現地調査と同時期に撮影された航空写真と GPS を用いた現地踏査の結果から、谷津干潟におけるグリーンタイドの分布面積を計算し、2 月に約 22 ha、4 月に約 4 ha、7 月に約 27 ha、11 月に約 4 ha の分布が確認された。種組成の結果と現存量の結果を乗じて谷津干潟におけるミナミアオサの最大現存量は 7 月に約 25t、アナアオサは 2 月に約 1 t と推定された。

南方からの侵入種ミナミアオサが東京湾湾奥の谷津干潟で越冬し優占種となったことで、アオサ類の枯死に伴う底質還元化が生じる夏には底質中硫化物の増加や周辺住民にとって悩みの種となっている硫化水素等由来の悪臭が生じるようになり、生活環境における QOL が低下した。一方で、その他の調査結果から底生生物の生物量と種数の増加、栄養塩吸収や炭素の固定能及び貯留能といった生態系サービスの向上傾向がみられることが示唆された。水質浄化能のみに着目されがちな干潟生態系であるが、南方からの侵入アオサ類のグリーンタイドの発生により、炭素固定及び貯留といった生態系サービスが干潟生態系に付加されたことが明らかになった。

### 3. 干潟生態系における炭素貯留量の評価

国連環境計画（UNEP）に提唱され国際的に注目されているブルーカーボンは海洋生態系の生物活動によって固定・貯留される炭素の総称であり、ブルーカーボンの定量評価は島嶼国である我が国において地球温暖化への緩和と今後の適応のあり方を考える上で重要な課題である。現在までのところ亜熱帯を分布中心とする長命な生物種から構成されるサンゴ礁やマングローブ林における報告が先行しているが、我が国の大部分を占める温帯浅海域に生息する生物は短命で炭素固定と同時に分解も盛んであるため、炭素貯留に関する研究は不十分であった。そこで国内の代表的閉鎖性海域であり人間活動が盛んな里海を含む東京湾、伊勢湾、大阪湾 3 海域から 13 水域を対象とし、各地に生息する大型植物および表在藻類、底生動物（優占種）の種組成及び現存量を計測すると同時に、これら短命生物各種およびそれぞれの生息場における底質表層を試料とした室内生分解性試験を行った。試料を実験前に十分に乾燥させた後、ボールミルを用いて微粉碎化することで分解の初期過程を促進させ、実験試料は好気条件下で適切な攪拌を与えることで最終的な難分解性物質の炭素含有量を迅速に求めることを目的とした。フラスコ内に各種粉体試料と人工海水、植種用海水を入れ、20℃暗所恒温室において 100rpm で攪拌して試験に供した。別途検討した燃焼温度可変法によって CN コーダーを用いて懸濁態有機炭素量（POC）および懸濁態無機炭素量（PIC）を計測した。濾液は水中全有機態炭素計を用いて DOC および DIC を計測した。採取・計測は実験開始から試料を投入直後に回収した 0 日後から適宜観測を継続し、100、200 日後まで実施した。難分解性炭素の残存率から炭素貯留の原単位を算出し、各海域における炭素貯留量を算出した。詳述については、本日発表の国分ら「伊勢湾内干潟アマモ場における炭素貯留量の評価」で報告する。

分解試験から推定した易・難分解性炭素率と生物量調査の結果を用いて試算した各水域における形態別炭素貯留量の結果、総炭素貯留量は東京湾の葛西臨海公園の西なぎさで最も低く、伊勢湾の松名瀬で最も高くなった。どの海域においても 80% 以上は無機炭素及び難分解性有機物であることが確認できた。また、底生生物等の生物（バイオマス）よりも堆積物等の遺骸（ネクロマス）のほうが炭素貯留量は多くなり、特に堆積物中遺骸としての貝殻等無機炭素と生体死亡後の難分解性有機物が主体であった。以上より、藻場・干潟が立地することで周辺から流入する炭素貯留や当該藻場・干潟において生育した生物によって内部生産された炭素貯留の効果が大きいことが示された。

### 4. 干潟生態系における適応策の考え方

外洋と異なり、直接人間生活と関わりが強い沿岸生態系、中でも干潟や藻場は里海として水産や市民に利活用されている里海も多く含まれ、同時に自然再生の対象としての事業や活動も盛んである。今後予想される一層の海面上昇、流域河川からの土砂供給の不安定化のリスクを勘案し、干潟のかさ上げや未利用後背地の利活用が試案されるが、その一方で環境省（2008）は適応策の一環として過度の人為修復を避けることを推奨している。管理の継続性も含めて費用対効果の観点から薦められないこと、沿岸域の埋め立てを伴う干潟や藻場のかさ上げ、造成は造成先の生物多様性及び生態系サービスに負の影響を引き起こす恐れもあることがその理由とされている。

前述の国内 13 水域では市民による潮干狩りや水産利活用の利用強度が大きく異なるため、ゴールデンウィーク前後の土日休日・晴天日の大潮干潮時に空撮および現地での目視調査を行い、得られた航空写真に対する目視判読により干潟の利用者数を推定し、利活用強度の指標として評価を行ったのでその成果を報告し、それが生態系サービスとどのように関連するのかについても解説する。

#### 参考文献

- 1) 環境庁：第 4 回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査報告書（干潟、藻場、サンゴ礁調査），環境庁自然保護局，pp262（1994）.
- 2) 環境省 地球温暖化影響適応研究委員会：気候変動への賢い適応－ 地球温暖化影響・適応研究委員会報告書－自然生態系分野，pp50（2008）.

## 気候変動による日本周辺の海洋環境への影響の監視

○荒巻 能史  
(国立環境研究所)

### 1. はじめに

日本海の鰯（ブリ）と言えば富山・氷見の「寒ブリ」を思い起こす人も多いだろう。日本海のブリは春先に九州南部で産卵し、稚魚は対馬暖流にのって北海道南部へと北上して成長し、水温が低下し始める秋頃から南下して九州へと戻る。この南下の途中に、北陸沿岸を通るブリが「寒ブリ」と呼ばれ、最も脂がのっていておいしいとされてきた。ところが最近のニュースによれば、10 年程前から北海道で「寒ブリ」が水揚げされるようになり、今では氷見のブリのように北海道ブリをブランド化する計画があるという。このように、温暖化などの気候変動は日本周辺の海洋環境に影響を与え、その結果として漁業のみならず、その加工や販売などの水産経済にも影響が及ぶ状況となっている。

私たちの研究グループは、気候変動に対する脆弱性が指摘される日本海をモデルケースにして、気候変動が海洋環境に及ぼす影響の観測を続けてきた。本講演では、その観測から明らかになった日本海の海水循環や物質循環の変化に関する知見を紹介するとともに、今年度から開始した水産経済への影響にも対応する研究プロジェクトについても紹介する。

### 2. 気候変動に伴う日本海の海洋構造や物質循環への影響

日本海は、北西部海域において冬季にアジア大陸から吹きつける冷たい季節風によって冷却され密度を増した表層水が海底付近まで沈み込む、独自の熱塩循環を有するなど外洋に特徴的な様々な海洋構造が凝縮された「ミニチュア大洋」である。一方、小規模な海域であるため、外乱応答が速く、地球規模の温暖化影響が早送りのように現れる。過去 100 年の日本周辺の海面水温の上昇は約 1℃であるが日本海北部域は 1.7℃に達するとの報告がある。

私たちは、日本海深層の溶存酸素濃度が過去数十年にわたって減少傾向にあることを捉え、その減少は冬季表層水の深海への沈み込みの規模の縮小（最近 40 年間の沈み込み規模は、それ以前の 15～40%に低下）が原因であることを突き止めた。このような海洋構造の変化が海洋生態系に及ぼす影響を把握するための手がかりとして、私たちは炭素循環変化の検出を試みた。復元した過去 20 年間の海洋表層 CO<sub>2</sub> 分圧の時空間分布によると、全球海洋と同様に日本海でも CO<sub>2</sub> 吸収量が増加傾向にあるものの吸収量に対する年々変動の振幅は同時期の全球海洋よりも大きい可能性があり、日本海の気候変動に対する脆弱性があらためて証明された。また、産業革命以降に人為的に過剰に放出された CO<sub>2</sub> が海面から海底までの水柱すべてで観測された。その結果として、海洋酸性化の指標となる炭酸カルシウム飽和度の未飽和域が世界的にも例を見ないほど拡大している（200～300m 上昇）ことも明らかになった。

### 3. 今後の展開

このように、少なくとも日本海では気候変動によって海洋環境への影響が顕著に現れている。私たちは所内プロジェクト「気候変動による日本周辺海域における海洋環境と生態系への影響評価」を開始し、大学練習船の協力を得て日本海で蓄積した技術と知識を日本周辺の全海域に展開して、海洋環境と生態系への影響を評価する。また、全国の沿岸漁業の詳細な水揚げデータ収集を実施して漁獲量・漁獲種変遷が分析可能なデータフレームを作成し、海洋環境変動との関係性を検討した上で、各都道府県に特徴づけられた水産フードシステム（漁業、加工、販売を含めた水産における食産業の総体）構造の社会経済的変遷（例えば、雇用状況や経済規模など）を明らかにする。ここで得られる知見は A-PLAT（気候変動適応情報プラットフォーム）で積極的に公開・発信していく予定である。

# ***MEMO***

# 池田湖の水質に係る気候変動影響について

○大庭 大輔・米澤 里奈・右田 裕二・柄 憲弘・山道 哲洋・大坪 充寛  
(鹿児島県環境保健センター)

## 1 はじめに

図1に示す池田湖は、鹿児島県薩摩半島の南端に位置する湖面積10.95km<sup>2</sup>、最大水深233mの九州最大の自然湖沼である。年間を通じて表層の水温が4℃以上であることから、熱帯湖に分類される。

池田湖においては、表層の水温が低下しきれず、循環が湖底まで到達しない状態が1987年から2011年までの25年間継続したことに伴い、無酸素状態の継続や底泥からの窒素、リンの溶出など、底層部における水質悪化が顕在化していた。

そこで、池田湖における全層循環に伴い生じた水質変動を解析し、気候変動の影響について検討を行ったので報告する。



図1 池田湖位置

## 2 方法

調査は、最大水深地点に設定されている基準点2において、年6回(偶数月)実施した。

調査期間は、底層(200m層)の調査が開始された1983年4月から2018年2月までとした。

調査項目は、溶存酸素(DO)、窒素(T-N、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N)及び水温を設定した。

水温は、メモリー水深水温計(アレック電子株式会社製 ABT-1)を用い、表層から底層までの水温を現地で記録した。その他の項目は、バンドーン採水器で採水し、試験室にてJIS K 0102又はJIS K 0170により分析を行った。

## 3 結果

### 3.1 DO

図2に表層(0.5m層)及び底層におけるDOの経年変化を示す。底層のDOが表層と概ね一致したときを全層循環とした場合、1983年以降において全層循環が確認されたのは、1984年、1986年、2011年、2012年及び2018年の5回であった。なお、1986年及び2012年の全層循環をみると、全層循環後に新たな全層循環が発生しない場合、概ね4年程度でほぼ無酸素状態となっていた。

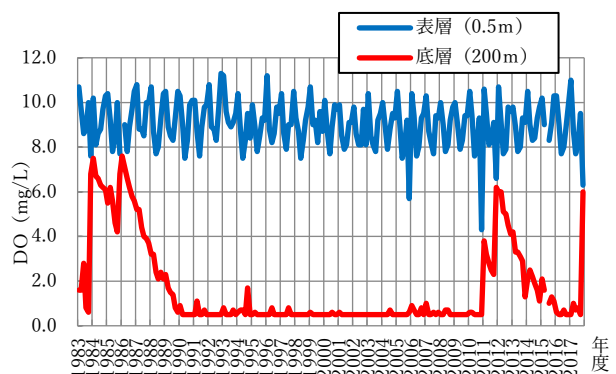


図2 DOの推移

### 3.2 窒素

図3に底層におけるT-N及び栄養塩類の推移を示す。T-Nの大部分はNH<sub>4</sub>-NやNO<sub>3</sub>-Nなどの栄養塩類で占めていた。また、無酸素状態ではNH<sub>4</sub>-Nが大部分を占め、全層循環発生後ではNO<sub>3</sub>-Nが大部分を占めていた。これは、底泥から溶出したNH<sub>4</sub>-Nが、全層循環発生時などの酸素存在下では硝化によりNH<sub>4</sub>-NがNO<sub>2</sub>-Nを経てNO<sub>3</sub>-Nになったために、全層循環時にNH<sub>4</sub>-Nが減少し、NO<sub>3</sub>-Nが増加する現象がみられたと考えられる。

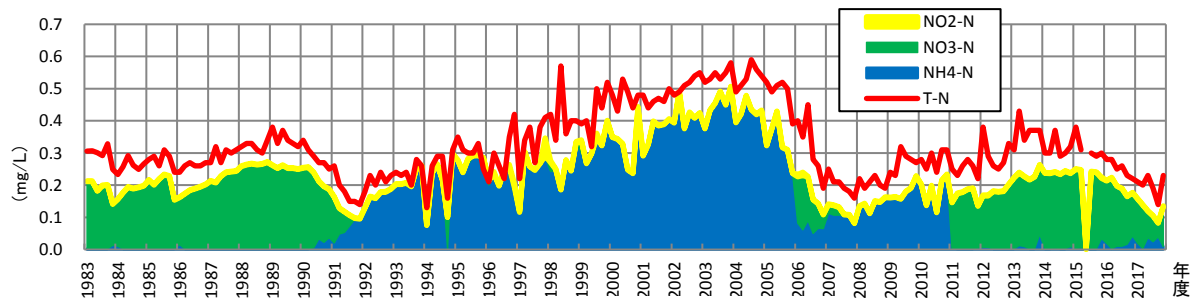


図3 T-N及び栄養塩類の推移

### 3.3 水温

図4に2月の表層及び底層の水温の経年変化を示す。表層の水温は、春季から夏季にかけて上昇し、秋季から冬季にかけて低下するといった季節変動を繰り返していた。

一方、底層の水温については、1984年4月が10.1℃と最も低く、その後上昇傾向を示し、2018年2月は11.0℃と最も高かった。また、底層の水温上昇率は約0.027℃/年であった。これは、鹿児島における1931～2016年の気温変化率(2.8℃/100年=0.028℃/年)と概ね一致していた。

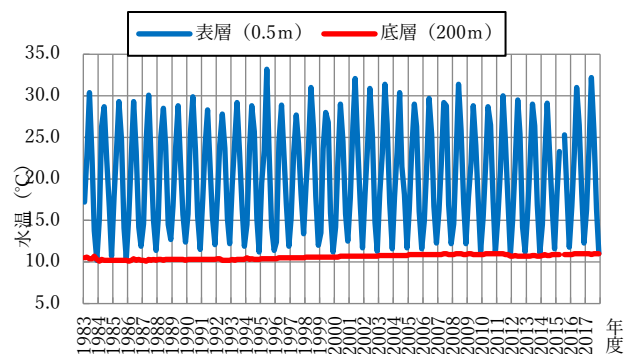


図4 水温の推移

### 4 気候変動の影響

全層循環の発生要件の一つと考えられる気温の気象データを使用し、池田湖における全層循環の発生要件について、検討を行った。

指宿観測所における12月から2月までの平均気温の推移を図5に示す。1月の平均気温が7℃を下回る場合、又は1月の平均気温が8℃以下でかつ2月の平均気温が9.3℃を下回る場合のいずれかの要件で、全層循環が確認された。

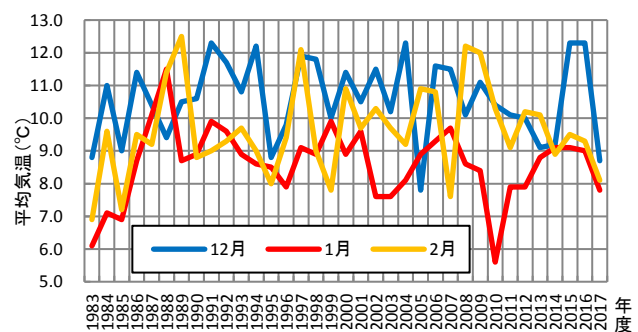


図5 平均気温の推移(指宿観測所)

また、日平均気温と底層水温の関係を見るため、次式で示す「日平均温度差」を用い検討を行った。

$$\Delta T_{\text{日平均温度差}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_{\text{湖水温}} - T_{\text{湖m月i日の日平均気温}}) \dots \textcircled{1}$$

※m=1の場合n=31、  
m=2の場合n=28(うるう年の場合はn=29)

今回の結果から、1月及び2月の平均気温が全層循環の発生に影響を及ぼしていると示唆されている。そこで、1月及び2月における日平均温度差を用いて検討を行った。

図6に、1月及び2月における日平均温度差の推移を示す。全層循環が確認された年は、1月と2月の日平均温度差の合計が4.8℃以上となっていた。

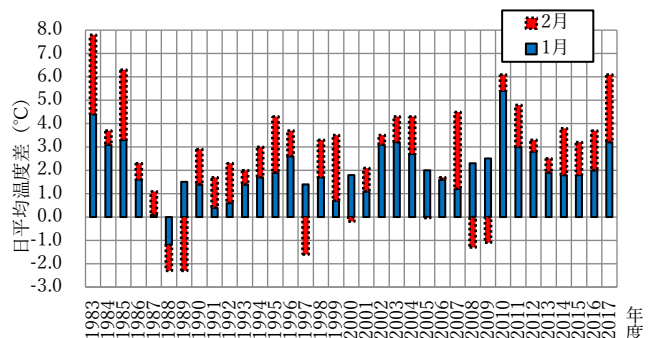


図6 日平均温度差の推移

## 長野県における気候変動とカラマツ人工林を活用した緩和策・適応策の検討

○栗林 正俊  
(長野県環境保全研究所)

### 1. はじめに

2018年12月は、COP24でのパリ協定運用に向けた実施指針の採択、気候変動適応法の施行、と国内外で気候変動の緩和策・適応策を推進する機運が高まった。これを受けて、地方自治体も地域気候変動適応計画の策定や地域気候変動適応センターの設置に向けて動いている。長野県では従来から環境エネルギー戦略の中で森林整備によるCO<sub>2</sub>の吸収・固定化や各分野に応じた適応策など総合的な地球温暖化対策の推進が位置づけられており、長野県環境保全研究所(以下、研究所)では県内の気候変動の解析や影響評価、緩和策・適応策に関する研究を推進してきている。

我が国の人工林の10%を占めるカラマツは冷涼な気候を好み、長野県では人工林の半分以上をカラマツが占めている。カラマツは温暖化すると生育適地が縮小する可能性がある反面、生育期間が延びることによりCO<sub>2</sub>吸収量が増加する可能性もある。しかし、長野県のカラマツのフェノロジーや炭素収支に関する知見は乏しい。そこで、今年度から気候変動下での長野県のカラマツ人工林の炭素収支を評価し、適切な森林管理方法を評価する取り組みを開始した。本講演では、長野県の気候変動とカラマツのフェノロジーの解析結果を紹介しつつ、緩和策・適応策への発展性を検討する。

### 2. 方法

長野県内の気候変動の解析には、気象庁の観測値で気象観測統計指針の正常値と準正常値に分類された値のみ使用した。観測点の移転に関する情報は長野地方気象台にご提供いただいた。長野県のカラマツのフェノロジーについては、研究所の飯綱庁舎(北緯36°43'21", 東経138°9'24", 標高1030 m)のカラマツ人工林に自動気象観測機器とフェノロジーカメラを設置して観測した。また、LAI-2200により手動で葉面積指数の観測を行い、積算気温とカラマツの葉群フェノロジーの関係を評価した。

### 3. 結果

長野県の年平均気温は100年あたり1~2℃の変化率で有意に上昇しており、1980年以降はより急激に上昇している(図1)。一方、年降水量は有意な変化傾向が見られない。気温、降水量ともに標高が高い観測点の方が年変化率は小さい傾向がある。

カラマツの葉面積指数は、着葉季は約3.5、落葉季は約1.5で、10月中旬から11月中旬に徐々に減少した。積算気温との関係を解析すると、日平均気温18℃以下の日の積算気温が約-220℃で落葉が開始し、約-400℃で落葉が完了していた。

### 4. 今後の課題

今後はモニタリングを継続して積算気温とカラマツの葉群フェノロジーの関係式を精緻化するとともに、土壌呼吸観測も実施して環境応答性を解析する。得られる知見を陸域生態系モデルに組み込み、現在気候と将来気候下での炭素収支を評価する。将来気候下では、間伐や樹種転換を行った場合の炭素収支の感度も解析することで、森林管理の緩和策・適応策としての効果を評価する。

### 5. 謝辞

本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(2RF-1803)により実施された。

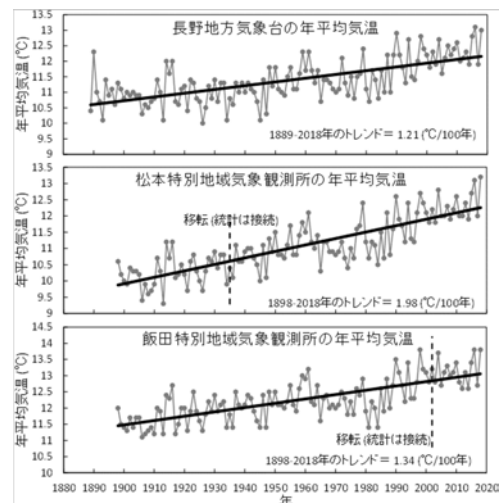


図1 長野県の年平均気温の経年変化  
(灰色：年平均気温、黒：回帰直線)

# ***MEMO***

## 陸域・陸水生態系への気候変動影響と適応

○角谷 拓  
(国立環境研究所)

### 1. はじめに

気候変動は様々な形で生態系に影響を及ぼす。水温・泥温上昇にともなって、嫌気層や貧酸素水塊が拡大することで、底泥からのリンの溶出やメタンガスの放出が増大することや、アオコを形成するシアノバクテリアが優占する頻度が増大することが指摘されている<sup>1)</sup>。一方で、表層からの水温上昇は、冷水を選好する生物群集の生存可能領域を下層側へ狭める。したがって、そのような生物群集は気温上昇によって下層・表層両方からの環境変化に曝され、大きな影響を受ける可能性がある。

気候変動のもう一つの側面である、降水パターンの変化、特に大規模出水と渇水の頻度増大につながる変化は、気温の変動以上に湖沼生態系への影響が大きいことが予測される。特に、流域からの栄養塩の流入は出水時に年間総量のリンで 50%以上、窒素で 30%以上にのぼるとの推計もあり<sup>2)</sup>、大規模出水と渇水の頻度増大は、栄養塩負荷を増大させ、湖沼内における有機物や栄養塩の動態、それらの分解・代謝に関わる微生物や藻類、ひいては生物群集動態を劇的に変える可能性がある。このような生態系に対する影響を正しく評価・予測するためには、流域での土地利用と湖沼生態系の関係性を明らかにすることや、多数の生物が相互作用することで生じる湖沼生態系の動態がどのように決まっているのかを明らかにすることが必要になる。

### 2. 講演の概要

本講演では、陸域・陸水生態系を対象とした気候変動影響の評価と適応に関する研究成果の一部を紹介する。特に、近年、進展がめざましい DNA 解析技術を活用した流域スケールでの生物分布評価や、湖沼生態系の長期モニタリングから得られたデータを活用し、湖の中で、栄養塩や多様なプランクトン・魚類などの生物が、互いにどのように関連しあっているかを明らかにした研究について紹介する。

気候変動は生態系のみならず、水質悪化や、藻類による臭気・毒素物質の生産量の変動、漁獲の不安定化、洪水リスクの増大などを通じて人間社会にも大きな影響をおよぼす。したがって、適応策は生態系と社会両面への影響を総合的に低減させるものであることが望ましい。本講演では、具体的な対策の一つとして想定される、小規模湿地やエコトーンの創出による流域の水質浄化や貯水機能の強化の可能性について検討した結果についても報告する。

### 3. 参考文献

- 1) Moss, B., Kosten, S., Meerhoff, M., Battarbee, R.W., Jeppesen, E., Mazzeo, N. *et al.* (2011). Allied attack: climate change and eutrophication. *Inland waters*, 1, 101-105.
- 2) 海老瀬潜一 (1985). 汚濁物質の降雨時流出特性と流出負荷量. *水質汚濁研究* 8, 499-504.

# 長野県における気候変動及び自然環境影響の観測・監視に関する研究

○浜田 崇  
(長野県環境保全研究所)

## 1. はじめに

地域における気候変動適応を推進するためには、地域の気候変動の実態とその影響を把握することがまず必要であり、そのための観測・監視は欠かすことができない。本報告では、当研究所が長野県内において現在実施している気候変動及び自然環境影響に関する独自の観測・監視の研究について紹介する。発表の中では具体的な観測方法や観測結果などについても報告する。

## 2. 気候変動に関する観測・監視

### (ア) 気象観測

気象庁では富士山を除くと 1350m 以上の標高帯では雨以外の気象観測が行われていない。そこで、高標高域の気候変動の実態を把握するため、長野県内の山岳地 7 ヶ所において主に気温および日射量の観測を 1996 年以降順次実施している。また、長野市内の小学校 44 校の百葉箱に温度計を設置し、主に都市域における気温観測（ヒートアイランド現象の監視も含む）を 2011 年以降行っている。

### (イ) 積雪観測・雪解けの監視

気候変動による山岳地の降積雪の変化は、水資源や生態系保全の観点から重要である。しかし、山岳地の降雪量（降水量）のデータはほとんどないため、現地での積雪水量観測と写真による山岳地の残雪域の変化の監視を行っている。

積雪水量の観測については、長野県北部に位置する飯縄山とその周辺域において 2010 年以降実施している。移動にスキー場のリフトと道路を活用できるため、労力をかけずに調査が可能である。

また、カメラを用いた山岳地の残雪域の変化の監視については、国立環境研究所と共同で 2012 年より県内外の 7 ヶ所において実施している。撮影された画像はホームページ（国立環境研究所地球環境研究センターの温暖化影響モニタリングのページ：<http://db.cger.nies.go.jp/gem/ja/mountain/>）よりライブ配信している。

## 3. 自然環境（生物）影響に関する観測・監視

(ア) ライチョウ生態調査：北アルプスおよび南アルプス（生息地南限付近）、御嶽山において個体数（なわばり数）の 2007 年以降モニタリングを行っている。生息環境への影響として、消雪時期の把握も同時に行っている（上述のカメラを用いた残雪域の監視）。

(イ) コマウスユキソウ（長野県固有種）生態調査：木曽駒ヶ岳山頂部周辺にのみ生育するコマウスユキソウの個体群動態について、2006 年以降モニタリングを行っている。

(ウ) 訪花昆虫調査：木曽駒ヶ岳（千畳敷～極楽平）において、植物フェノロジーとあわせて訪花昆虫の出現種について、2012 年以降モニタリング調査を行っている。植物フェノロジーへの影響として、消雪時期の把握も同時に行っている（上述のカメラを用いた残雪域の監視）。

(エ) 大型哺乳類調査：北アルプス爺ヶ岳周辺の稜線において、高山帯に侵入する大型哺乳類（シカとイノシシ）のセンサーカメラによる監視を 2013 年以降行っている。

## 6. 今後の課題

モニタリングは長期間にわたる調査体制の構築と均一な調査精度が不可欠である。今後は調査プロトコルの確立を目指すとともに、欠測にならないよう測器の改良などの検討もする必要がある。

# 気候変動が日本の大気汚染にもたらす影響とその健康・植生へのインパクト評価

○永島達也・高見昭憲・菅田誠治・清水厚・河野なつ美・茶谷聡・青野光子・Kim Satbyul・  
向井人史・谷本浩志・寺尾有希夫・奈良英樹・池田恒平・西橋政秀・野村渉平・橋本茂  
(国立環境研究所)

## 1. はじめに

近年の日本では、中国の経済発展等に起因する越境大気汚染が大きな環境問題となってきたが、その中国では、第12次、第13次五か年計画における大気汚染対策が奏功し、今では主要都市におけるPM<sub>2.5</sub>濃度が減少に転じ、日本においてもその影響とみられるPM<sub>2.5</sub>濃度の減少傾向が福岡をはじめとした各地で観測されるようになった(鶴野ら, 2017)。こうした状況下、今後は越境大気汚染に加えてそれ以外の大気汚染変動要因に関する研究、とりわけ、深刻化する地球温暖化などの気候変動による日本の大気汚染への影響に関する研究が重要性を増してくると考えられる。

大気汚染物質の濃度を規定する主な4つの因子(排出、輸送、化学変化、沈着)は、それぞれが直接・間接に気候変動の影響を受けるため、気候変動が大気汚染に影響を与えるであろうことはほぼ間違いなく、問題なのはその影響の方向(符号)と大きさ(強さ)である。すでに多くの研究によってその評価が試みられているが(Jacob and Winner, 2009)、いまだ多くの面で不確実性が残されている。特に、特定の地域に注目しようとする、気候変動による大気汚染への影響の符号自体が個々の研究結果の間で整合しないことすらある(Weaver et al., 2009)。これは、気候変動が大気汚染に作用する経路が多様であること、影響評価を行う主要なツールである大気化学モデルにおけるこれらの経路の表現がモデル毎に異なっていること、および大気化学モデルに与える気候変動シナリオの違いが大きいことが主な要因となっている。一方、気候変動による大気汚染の悪化がどの程度深刻で、憂慮すべき水準にあるのかどうかを検討するには、汚染物質の変化だけではなく、それによる環境影響の大小を論じる必要がある。中でも、人間の健康への影響と日本の主要な農作物である水稲(イネ)への影響は、社会的な関心が高く、適応研究としての重要性も高い。

こうした状況下、今年度(2018年度)より開始された気候変動適応研究プログラムの一課題として表題の研究がスタートした。本研究は、「気候変動が大気汚染に及ぼす影響」、「大気汚染による健康影響」、「大気汚染による水稲生産への影響」のそれぞれを主題としたテーマにより構成される。本講演ではその概要を紹介したい。

## 2. 気候変動が日本の大気質に与える影響の観測とモデルによる複合的解析

このテーマでは、気候変動に対する日本の大気汚染の変動(=感度)とその決定機構を明らかにし、将来の気候変化による日本の大気汚染の変化を評価する。様々な気象要素(気温、相対湿度、降水量など)の変動に対する大気汚染物質濃度(主にオゾンとPM<sub>2.5</sub>)の変動の特徴は、観測データや大気化学モデルの計算値を用いて、これまでも多くの研究によって調べられており、一般的に気温の上昇に伴って汚染大気中のオゾン濃度は上昇するという傾向が明らかにされているが、PMに関しては気候変動との関係性がより複雑で不確実性が大きい。また、気候変動と大気汚染物質との関連は、地域や季節、背景となる大気質の状況(各地域の大気汚染対策のレベル等に依存する)によっても大きく異なり得る。更に、こうした研究は北米や欧州を調査対象とするものが多く、日本を対象とした研究はこれまでに十分になされていない。そのため、本テーマでは、まずは日本で観測された大気汚染物質と気象要素のデータを用いてそれらの間の相関を解析し、気候変動に対する日本の大気汚染の感度を求める。一方、国立環境研究所でこれまでに開発を行ってきた、全球スケールから東アジア～日本～国内各地域の各スケールを対象としたマルチスケール大気化学モデルを用いた過去の大気質再現実験の結果を同様に解析し、モデルにおける同様の感度を求め、観測された感度との比較を通

してその妥当性の評価を行う。更に、気象場を固定する感度実験などを通じた詳細な解析により、気候変動に対する日本の大気汚染の応答機構とその特徴をより良く理解することを目指す。将来の気候変化によって引き起こされる日本の大気汚染の変化に関しても、このモデルを用いた将来シナリオ実験によって評価を行う。加えて、過去の観測データを用いた相関解析から求められる「日本の大気汚染の気候変動への感度」と「気候変化シナリオ」を用いた、半経験的で簡便な評価モデルを構築し、その有用性を検証する。

### 3. 日本の大気質変化を介した気候変動による健康影響の評価

このテーマでは、PM<sub>2.5</sub>とオゾンによる健康影響を評価する。大気汚染による健康影響（死亡率）を推定する場合、ベースライン死亡率、人口分布、大気汚染物質濃度の単位変化あたりの死亡率変化を表す“濃度—反応関数”などのパラメータ選択如何によって結果が大きく異なることがある。そのため、本課題では、日本における健康影響を評価する目的に適したパラメータの検討を行い、短期影響／長期影響、全死亡／疾病別の影響評価を、過去から将来にわたる大気化学モデル実験の結果を用いて行う。特に将来の評価においては、死亡率や人口動態（都市人口・地方人口の変化）の変化など、日本特有の事情を考慮した評価を行うこととする。

### 4. オゾンによる水稻生産への影響評価手法の高度化と気候変動による影響評価

このテーマでは、オゾンによる日本の水稻生産への影響を評価する。気候変動に伴う地表オゾン濃度の変化は、過去数十年におけるオゾン前駆物質の排出量変化に伴う変化に比べて小さいことが予想されるため、本課題では、これまでに多くの研究で利用されてきた暴露—反応関数を用いた手法にくらべて精度が高いと考えられている、イネによるオゾンの吸収量に基づいた Flux-base のオゾン植生影響評価モデル MATCRO (Masutomi et al, 2016) を利用する。更に、生物環境調節実験施設（バイオトロン）を用いて、異なるオゾン暴露条件の下で実施にイネを育成する実験を行い、光合成速度や気孔コンダクタンスなどを測定することにより、MATCRO モデルで使用するパラメータ値として、より日本の状況に適した値を設定し、評価精度を更に向上させることを目指す。最終的には、このモデルに、過去から将来にわたる大気化学モデル実験の結果を入力して、オゾン濃度の変動を介した日本の水稻生産への気候変動影響を評価する。

### 5. おわりに

本研究課題の成果は、国や自治体における適応策の策定に資する情報として、A-PLAT や AP-PLAT を通して公開される予定である。ただし、より有用な情報を提供するためには、主たるユーザーである国及び自治体の担当者からの要望を把握しておくことが重要であり、今回のシンポジウムを通して議論を深めていきたいと考えている。

### 参考文献

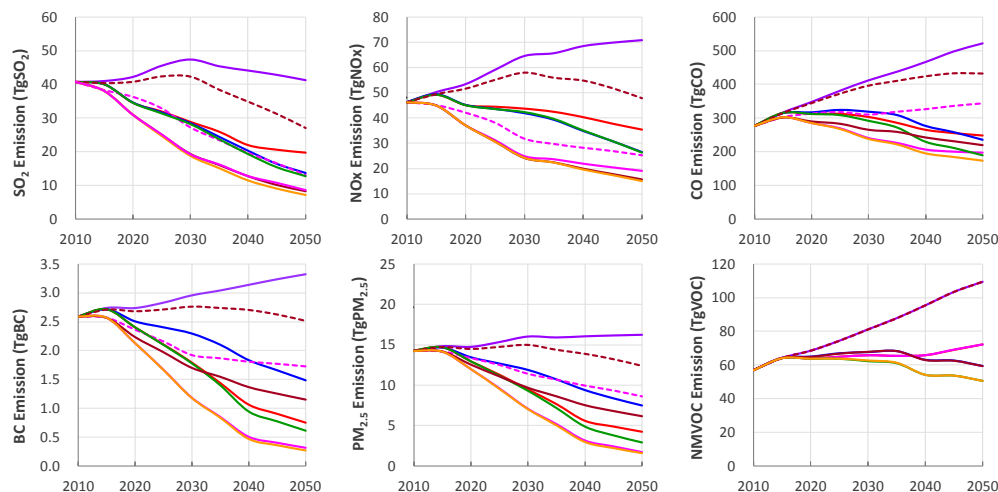
- 1) D. J. Jacob and D. A. Winner: Effect of climate change on air quality. *Atmos. Environ.*, 43, 51-63 (2009).
- 2) Y. Masutomi, K. Ono, M. Mano, A. Maruyama, and A. Miyata: A land surface model combined with a crop growth model for paddy rice (MATCRO-Rice v. 1) – Part 1: Model description, *Geosci. Model Dev.*, 9, 4133-4154 (2016).
- 3) C. P. Weaver, X. Z. Liang, J. Zhu, P.J. Adams, P. Amar, J. Avise et al.: A preliminary synthesis of modeled climate change impacts on U.S. regional ozone concentrations. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 90, 1843-1863. (2009).
- 4) 鶴野 伊津志・王 哲・弓本 桂也・板橋 秀一・長田 和雄・入江 仁士・山本 重一・早崎 将光・菅田 誠治: PM<sub>2.5</sub> 越境問題は終焉に向かっているのか?. *大気環境学会誌*, 52, 177-184 (2017).



2では、テーマ3で得られた米の生産性や健康被害が経済活動に及ぼす影響、詳細に分析した排出シナリオを簡易化したツールの開発もあわせて行った。

### 3. 長寿命温室効果ガスと SLCP を対象とした排出シナリオ

以下では、  
テーマ2で得られた排出シナリオの概要について説明する。テーマ2では、世界、アジア、国、地方（中国の省やインドの州）、都市といった様々なスケールを対象に、長寿命温室効果ガスやSLCPの排出シナリオを推計した。基礎とする社会経済シナリオは、IPCCの第六次評価報告書に向けて整



シナリオグループ	シナリオコード名	グラフ	主な低炭素対策・大気汚染対策・短寿命気候汚染物質対策の組合せ					
			除去対策強化	2°C目標低炭素対策	CO <sub>2</sub> 回収貯留(CCS)強化	再生可能エネルギー強化	民生部門電化強化	運輸部門電化強化
なりゆき	Ref							
除去対策のみ	EoPmid		Mid					
	EoPmax		Max					
2°C目標 + 除去対策	2D-EoPmid-CCSBLD		Mid	✓	✓		✓	
	2D-EoPmax-CCSBLD		Max	✓	✓		✓	
	2D-EoPmid-RESTR		Mid	✓		✓		✓
	2D-EoPmax-RESTR		Max	✓		✓		✓
	2D-EoPmid-RESBLDTRT		Mid	✓		✓	✓	✓
	2D-EoPmax-RESBLDTRT		Max	✓		✓	✓	✓

図2 想定した取り組みとアジアにおける様々なガスの排出シナリオ

備されてきた5つの共通社会経済シナリオのうち、中庸的な位置付けのシナリオを対象としている。将来シナリオは、大気汚染対策であるエンドオブパイプ技術の導入の水準や、2°C目標の達成を目指した取り組み等を反映したものである。また、地方や都市のシナリオでは、生活水準や経済発展に伴って変化する利用エネルギーの変化等も踏まえている。図2に想定した主な取り組みとアジアにおける様々なガスの排出シナリオの結果を示す。

### 4. 温暖化対策と大気汚染対策の両立に向けて

気候変動問題は地球規模の環境問題であるが、その影響は地域によって異なる。また、大気汚染対策とも大きく関わっており、適切に対応することでコベネフィットが得られる。一方、大気汚染物質である硫酸化物等は冷却効果をもった物質であり、大気汚染対策によっては2°C目標などの気候安定化に向けた取り組みと逆行する。こうしたことを踏まえた政策的な議論が必要であるが、これまでの排出シナリオを推計する統合評価モデルは、プログラミングなどの高い専門性のほか計算においても膨大な準備や時間が必要で、ステークホルダーとの議論においてリアルタイムで情報を提供することはできなかった。このため、S-12では、上記で示した排出シナリオを簡易に再現し、温暖化対策と大気汚染対策を両立させるような政策議論に資するツールであるAIM/SLCPを開発、公開している ([http://www-iam.nies.go.jp/aim/data\\_tools/S12/](http://www-iam.nies.go.jp/aim/data_tools/S12/))。2019年2月末まで本ツールを使った排出削減対策コンテストも実施しているので、是非、上記のサイトにアクセスして本ツールを使っていたら、温暖化対策と大気汚染対策を両立させる取り組みについて検討していただきたい。

# 北海道における気候変動適応に向けての取組み

○鈴木 啓明・芥川 智子・小野 理  
(北海道立総合研究機構 環境科学研究センター)

## 1. はじめに

北海道は、国内では高緯度に位置するため将来の気温上昇が大きいと予想される地域である。高温や豪雨の増加に伴い、基幹産業である農林水産業や観光を含む幅広い分野への影響が懸念されており、温室効果ガスの排出抑制と併せて影響への適応が重要である。2010年4月に北海道が設立した地方独立行政法人である北海道立総合研究機構（道総研）では、各分野の気候変動影響に関する調査研究や、分野を横断した情報集約に取り組んでいる。本講演では道総研による取組みを中心に、北海道における気候変動適応に向けての研究事例について紹介する。

## 2. 道総研における研究事例

### (1) 農業に関する研究事例：農作物の収量や品質の変化

道総研では、法人内の各研究分野の連携による戦略研究「地球温暖化と生産構造の変化に対応できる北海道農林業の構築」（2009-2013年度）を実施した。この中で、北海道内の農業試験場が蓄積してきた作物の収量や品質に関するデータを基に、2030年代の気象予測データを従来の傾向にあてはめた場合の収量や品質を予測した。その結果、水稲や大豆・小豆など増収となる作物もあるものの、秋まき小麦やじゃがいもなど減収となる作物もあること、品質は水稲を除き全般に低下することなどが予測され、高温多雨で発生しやすい病害の影響も懸念された。対応策として、高温でも収量や品質が低下しにくい品種開発、高温多湿で発生拡大が予想される病気や虫の害への抵抗力のある品種開発、種まきや収穫時期及び栽培地帯区分の見直しや、雨量増加に対応した畑の排水改良が挙げられた。研究成果は論文の他、ビジュアルパンフレットとしてWebで公表している。

### (2) 自然生態系に関する研究事例：アポイ岳ヒダカソウの開花時期

北海道日高地方のアポイ岳は国定公園で、その高山植物群落は特別天然記念物に指定されている。高山植物群落は比較的標高の低い（山頂で810.5m）場所に成立しており、温暖化の影響を受けやすい脆弱性の高い地域と考えられる。当センター自然環境部の西川ら<sup>2)</sup>は、国立環境研究所受託研究「高山植生による温暖化影響検出のモニタリング研究」の一環で、アポイ岳の風衝草原に生育する絶滅危惧種ヒダカソウについて、地表面温度の積算値に対する開花特性と、開花時期に対する温暖化の長期的な影響を評価した（2005-2008年）。開花開始日と日平均地表面温度のモニタリングデータを用いて過去のヒダカソウの開花開始日を推定した結果、過去100年間で7.6日の早期化が認められた。

### (3) 北海道の気候変動影響や適応策に関する情報集約

当センターでは、地域への影響を俯瞰的に把握するため、北海道内の

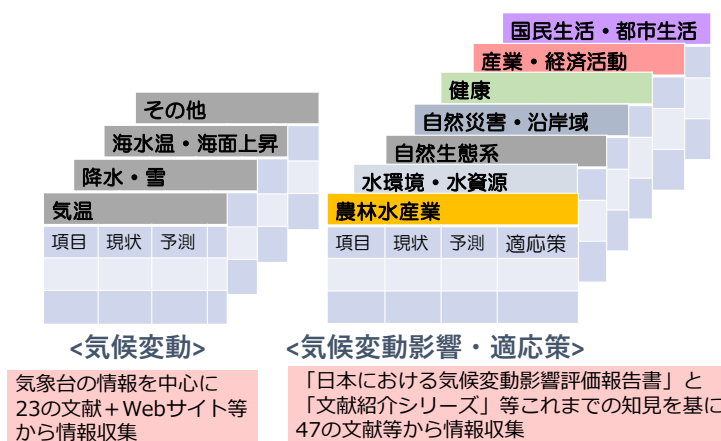


図1 2017年3月に作成した「北海道における気候変動の影響に関する情報の取りまとめ（暫定版）」の構成。

気候変動影響に関して様々な分野で得られている知見の取りまとめを進めてきた。2013 年度から 2015 年度にかけて、気候変動影響や適応策に関連する文献紹介をほぼ月 1 回、北海道庁が発行するメールマガジン「北海道環境メッセージ」に掲載し、ウェブサイト<sup>3)</sup>で詳細を発信した。

さらに 2017 年 3 月には、気温、降水量等の変動や、農林水産業、水環境・水資源、自然生態系など分野ごとの気候変動影響について、既存文献に基づく知見を北海道内に特化してまとめた「北海道における気候変動の影響に関する情報の取りまとめ（暫定版）」を作成した（図 1）。

#### （4）地域適応コンソーシアム事業（釧路湿原の水環境・生態系への影響）

2018 年度から 2019 年度にかけて地域適応コンソーシアム事業（率先調査）「気温上昇や降水量の変化等による釧路湿原の水環境・生態系への影響調査」が行われており、国から業務委託を受けた日本エヌ・ユー・エス株式会社とともに、環境科学研究センターも協力機関として参加している。

釧路湿原はラムサール条約登録湿地及び国立公園に指定された日本最大の湿原で、地域の観光資源でもあり、下流側に中心市街地をもつ釧路市にとっては、洪水リスクを低減する遊水池としての機能も持っている。今後、大雨の増加に伴い河川の増水頻度が増加すれば、釧路湿原の遊水池としての機能は発揮されるものの、濁り成分の流入により、湿原植生には悪影響が及ぶことが予想される。そこで適応策の検討にあたって、湿原植生への悪影響を小さくする方策を検討することとした。具体には、釧路湿原より上流部の河川沿いに点在する未利用農地（現時点で利用されていない牧草地など）を活用して濁り成分の湿原流入量を減らす方策を検討することとし（図 2）、2019 年度の現地調査により初期検討を行う予定である。

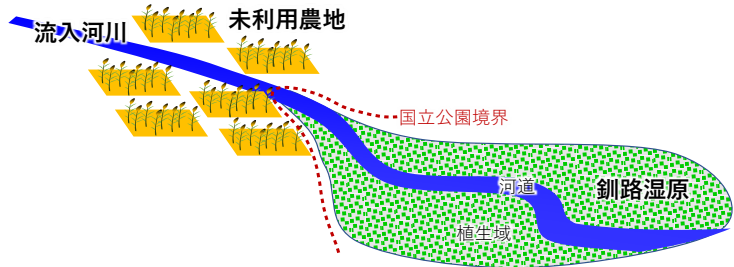


図 2 釧路湿原とその上流の未利用農地の模式図。未利用農地を活用して濁り成分の流入を減らす方策を検討する。

### 3. 今後の取組み

2018 年 6 月の気候変動適応法の成立に伴い、都道府県や市町村による地域気候変動適応計画策定にあたっての基礎的な情報として、また地域気候変動適応センターが収集する情報として、気候変動影響や適応策に関する情報集約の重要性が高まっていると考えられる。そこで、次年度から 2 年間で各分野の有識者への聞き取りを踏まえ、「北海道における気候変動の影響に関する情報の取りまとめ」の改訂を予定している。取りまとめ結果はウェブサイト等を活用し、各方面で活用しやすい形で公表する予定である。

また、農林水産業及び観光を基幹産業とする北海道では、水環境分野は農業用水、水産業への影響、自然生態系への影響と密接に関連することから、影響評価及び適応策の必要性が高い。今後、地域適応コンソーシアム事業と並行して、北海道内の様々な水域において留意すべき影響について知見の整理を進め、それを基に具体の水域における研究課題化を進める予定である。

### 参考文献

- 1) 地方独立行政法人 北海道立総合研究機構：温暖化する地球 北海道の農林業は何ができるのか？. [https://www.hro.or.jp/pdf/ondanka\\_panf.pdf](https://www.hro.or.jp/pdf/ondanka_panf.pdf) (2019 年 1 月 7 日確認).
- 2) 西川洋子、住田真樹子、橿庄輔：温暖化にともなうアポイ岳ヒダカソウの開花時期の変化. 保全生態学研究, 14, 211-222 (2009).
- 3) 気候変動適応策文献紹介シリーズ  
[http://www.hro.or.jp/list/environmental/research/ies/katsudo/kikou/kikou\\_21.html](http://www.hro.or.jp/list/environmental/research/ies/katsudo/kikou/kikou_21.html) (2019 年 1 月 7 日確認).

# 都市公園再整備による暑熱環境の変化

○榎原 正敬<sup>1</sup>・小田切 幸次<sup>1</sup>・牧 寛<sup>2</sup>  
(<sup>1</sup>横浜市環境科学研究所・<sup>2</sup>横浜市公園緑地整備課)

## 1. はじめに

横浜市には大小さまざまな公園があり、市民の憩いの場や各種イベント等に利用されている。しかし、グランモール公園は、みなとみらい地区の中央地区にありながら歩行者空間としての通行機能に偏っており、十分な活用がなされていなかった。そのため、「快適な環境を次世代に継承するグリーン」を実現する場として、緑の創出を通じ、緑の多様な効果を感じられる豊かな空間づくりを行うべく、平成 27 年から平成 29 年にかけて再整備が行われた。再整備による効果を発信し、都市環境への「気づき」や公園の果たす役割の理解を促すためにも、再整備前後での園内の暑熱環境の変化を「見える化」するべく調査を行った。

## 2. 再整備概要及び調査方法

「快適生活空間の創造」、「快適環境空間の形成」の 2 つを基本コンセプトとして、暑熱環境に係る対策としては、樹木や保水性舗装による涼しい空間の形成、緑量の増加や効果的な配置、水景などによって生まれる小さな風の活用が挙げられる。

再整備の前後で調査を行い、それぞれ 3 回に分けて行った。再整備前の 1 回目は平成 26 年 8 月 15 日から 17 日、2 回目は同 21 日から 23 日、3 回目は同 26 日に、再整備後の 1 回目は平成 30 年 8 月 10 日から 12 日、2 回目は同 21 日から 23 日、3 回目は同 29 日に行った。調査項目は気温・黒球温度・相対湿度・風向・風速・日射量・赤外放射量・緑視率・天空率及び赤外線カメラによる撮影とした。調査地点は気温・相対湿度・風向・風速は 13 地点、日射量及び赤外線カメラによる撮影は 7 地点、黒球温度・赤外放射量・緑視率・天空率は 6 地点とした。再整備前後での変化を見るため可能な限り同じ地点で行った。

## 3. 結果と考察

観測日によって気象条件が異なるため、直接比較できないデータは中区山手町にある横浜地方気象台（以下、気象台）のデータと比較することで暑熱低減効果についてまとめた。

気温については、再整備前では気象台の日平均気温と比較してグランモール公園の方が 0.3 から 0.9℃、平均にして 0.6℃高かったのに対して、再整備後ではグランモール公園の方が 0.1 から 0.8℃、平均にして 0.4℃高かった。気象台よりも高い傾向は変わらないが、差は小さくなっていることから暑熱緩和の効果が見られた。これは再整備によって全域的に暑さ対策が講じられたことで、公園全体として暑さが緩和されたものと考えられる。

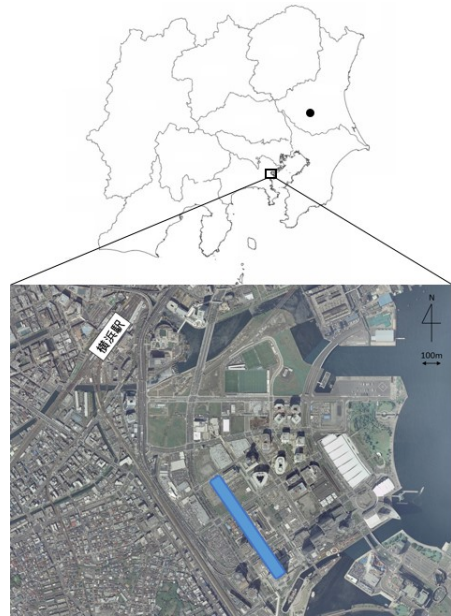


図1 グランモール公園位置図



図2 観測地点配置図

風況については、再整備の前後で大きな差異は見られず、气象台と比較して風速は弱く、南から北へ園路に沿って吹いていた。風況は再整備よりも周囲の建物の影響を強く受けているためあまり変化しなかったと考えられる。

暑さ指数については、再整備前後で舗装面、水景、緑陰の3地点について評価した。舗装面と緑陰の差を見ると、再整備後の方が緑陰による暑さ低減効果が大きくなっていた。これは再整備によって緑が育まれ、緑陰が豊かになったことで、舗装面と比べて緑陰下での暑さ指数が低減したものと考えられる。

熱放射環境については、舗装面上では放射温度の高い範囲が減少している傾向であった。また、並木の近くでは日射が遮られることで路面温度の上昇を抑制していた。これは緑の創出や保水性舗装などの再整備によって地面への蓄熱が抑えられたことで地面からの放射熱が低減したものと考えられる。

空間構成要素については、樹木や芝生の増加により緑視率が6地点中4地点で上昇しており、視覚的にも涼しく感じる効果が期待された。また、天空率が減少していた5地点のうち、3地点は植樹の影響で減少しており、緑陰の増加が確認された。

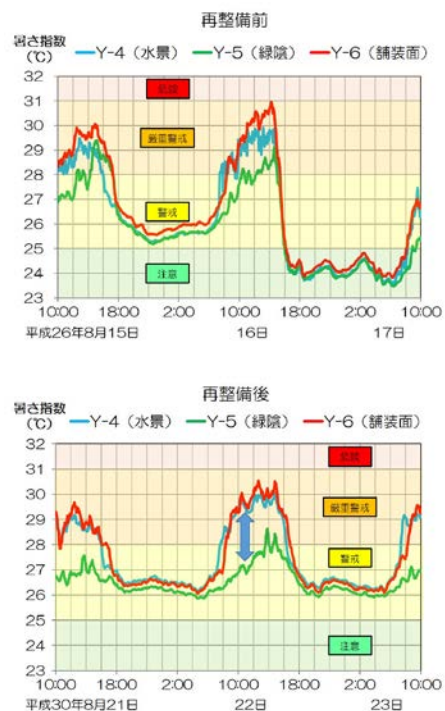


図3 再整備前後の暑さ指数

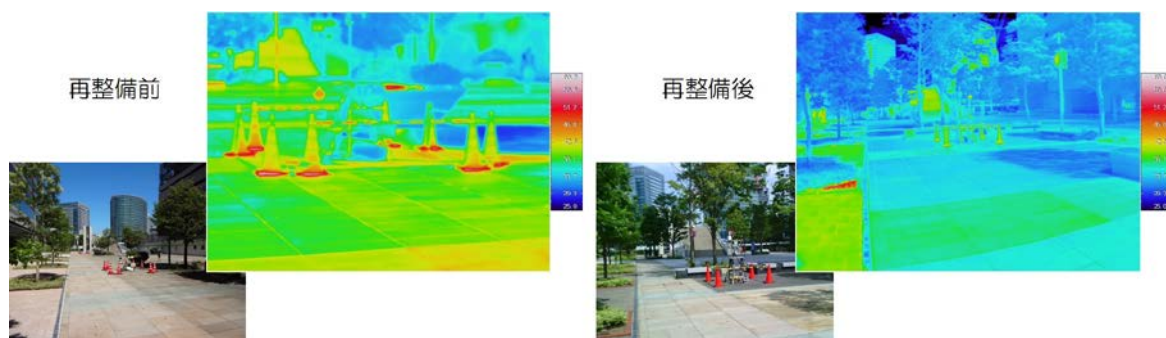


図4 Y-12における再整備前後の画像

#### 4. まとめ

グランモール公園の再整備前後について、暑熱環境の変化について評価した。気温は再整備後でも气象台と比較して高かったが、その差が小さくなったことから、暑熱環境の改善が見られた。風況は再整備の前後で大きな差異は見られなかった。暑さ指数は緑陰の効果が増強されており、舗装面上と比較してより暑さ指数が低減していた。熱放射は緑陰の形成や舗装の改修により、路面温度が低減していた。空間構成要素は緑の増加が確認でき、視覚的な効果などが期待された。これらから、再整備により気温や路面温度上昇の抑制などの効果が見られ、夏の暑さは改善されていると言える。

#### 5. 今後の課題

今回得られた結果を再整備の効果として発信し、今後再開発や再整備事業等で暑さ対策を導入する際のきっかけとして活用する。また、再整備前後の評価を行うにあたり、今回は基準として气象台のデータを用いたが、直接的に比較できる手法について検討する余地がある。

# 気候変動が埼玉県の業種別エネルギーコストに与える影響について

○本城 慶多・原 政之

(埼玉県環境科学国際センター・温暖化対策担当)

## 1. 背景と目的

2018年12月1日に気候変動適応法が施行され、都道府県は地域気候変動適応計画を策定する努力義務を負うことになった。埼玉県は適応策の取組を強化するため、法の施行と連動する形で埼玉県環境科学国際センター（CESS）に地域気候変動適応センターを設置した。CESSの温暖化対策担当では、県の温暖化対策課、国立環境研究所、海洋研究開発機構と緊密に連携し、気候変動の影響評価と適応策の検討を進めている。

気候変動の影響は多岐にわたるが、夏の暑さが厳しい埼玉県では暑熱対策に関心が集まっている。温暖化対策担当は、環境省の環境研究総合推進費S-8や文部科学省の気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）に参加し、関連する調査分析を行ってきた<sup>1)2)</sup>。これまでの取組は、街区の温度測定や暑熱対策（遮熱塗装、植樹、日傘）の効果検証など、熱中症リスクの低減を目的としたものが多かった。一方、気温上昇と経済活動の関係については、調査分析がほとんど行われておらず、定量的な情報が不足している。本研究では、企業のエネルギー消費行動に着目し、2050年までに想定される気温上昇が県内18業種の電力・燃料需要に与える影響を評価する。影響評価の結果は経済価値に換算し、適応計画の基礎資料として活用する。

## 2. 研究手法

本研究は3つの段階から構成される（図1）。第1段階では、毎年の電力・燃料需要を予測するための統計モデルを構築する。気温上昇の効果を詳しく調べるため、基準温度が異なる多数の冷暖房度日（熊谷で観測された日平均気温から算出）を説明変数としてモデルに組み込んでいる。説明変数間に相関があり、かつ、パラメータ数が標本サイズを上回っているため、機械学習の一種であるElastic net（L1/L2正則化）<sup>3)4)</sup>でモデルを決定する。第2段階では、モデルに気候シナリオを入力し、気温上昇に伴う電力・燃料需要の変動を計算する。気候シナリオには、防災科学技術研究所がSI-CATの枠組で作成を進めている統計ダウンスケーリングデータ<sup>5)</sup>を用いる。なお、今回の計算では全球気候モデルにMIROC5、代表的濃度経路にRCP8.5を仮定している。第3段階では、エネルギー価格シナリオを導入し、感度分析の結果を経済価値に換算する。費用便益分析は作業途中であるため、本発表では第1、第2段階の結果を中心に紹介する。

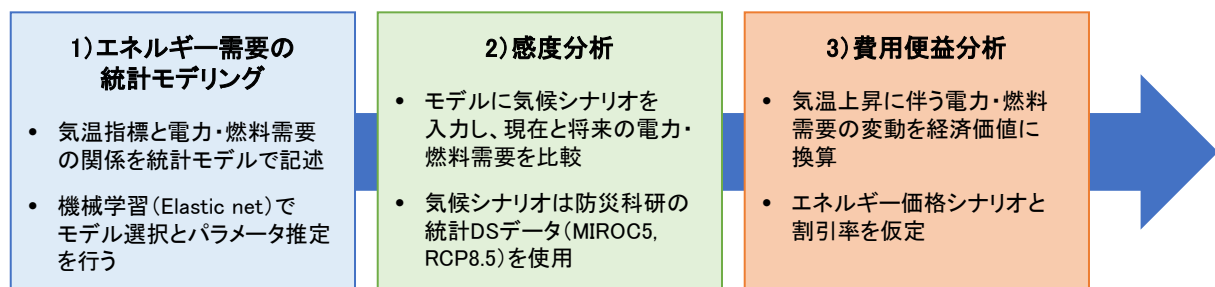


図1 研究の手順

### 3. 感度分析の結果

将来の気温上昇に伴う電力・燃料需要の変動を図2に示す。これは2030～2039年および2040～2049年の平均需要を2003～2012年の平均需要と比較した結果である。将来の冷暖房度日は気候シナリオから算出し、それ以外の説明変数は現在の水準で固定している。昇温効果の大きさは業種間でばらついている。電力需要は機械、他製造業、食料品、金属、卸売小売業などで増加する。建設業、窯業土石、不動産業では減少が見られるが、変動の幅は小さい。18業種全体では2,484[TJ]（2030～2039年）および5,141[TJ]（2040～2049年）の増加となる。一方、燃料需要は金属、食料品、卸売小売業、窯業土石、運輸通信業などで減少し、民間サービス業や繊維で増加する。18業種全体では747[TJ]（2030～2039年）および1,491[TJ]（2040～2049年）の減少となる。感度分析の結果は、昇温効果の向きが電力と燃料で反転することを示唆している。

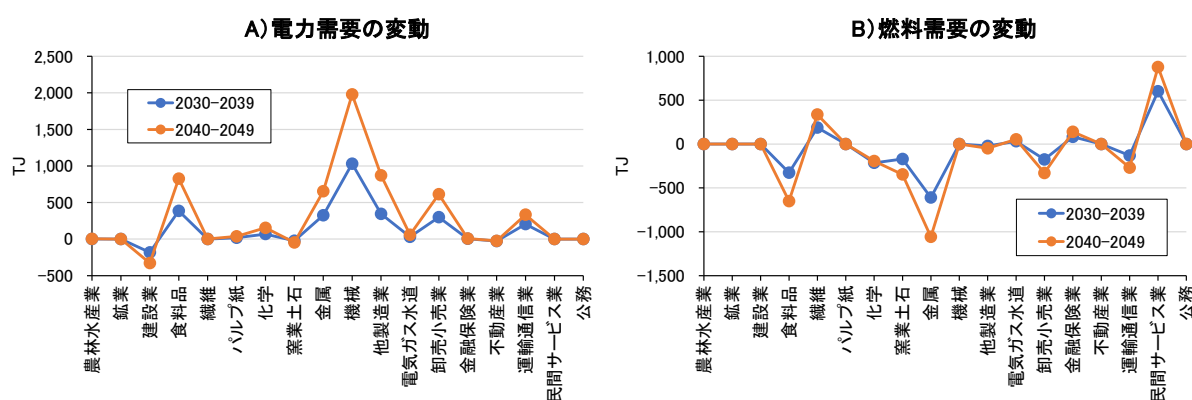


図2 気候変動に伴う電力・燃料需要の変動（2003～2012年の水準からの偏差）

### 4. 今後の課題

今後、費用便益分析を進めるとともに、不確実性の評価に取り組む予定である。たとえば、気候シナリオは、基盤となる全球気候モデルに依存してばらつくことが知られている。全球気候モデルの違いが感度分析の結果に及ぼす影響を定量的に評価する必要がある。

### 参考文献

- 1) 焼野藍子・松田景吾・杉山徹・原政之・嶋田知英・大西領：LESによる熊谷スポーツ文化公園の暑熱環境解析．第30回数値流体力学シンポジウム，C05-2(2016)．
- 2) M. Hara and T. Shimada: Recent progress in local governmental planning for climate change adaptation in Japan: A case of climate change adaptation in Saitama prefecture. Global Environmental Research, 21, 39-46(2017)．
- 3) 川野秀一・松井秀俊・廣瀬慧：スパース推定法による統計モデリング．共立出版，(2018)．
- 4) J. Friedman, R. Tibshirani, N. Simon, B. Narasimhan and J. Qian: glmnet: Lasso and Elastic-Net Regularized Generalized Linear Models. (2018). <https://cran.r-project.org/web/packages/glmnet/index.html>
- 5) 大楽浩司：ダウンスケーリングについての現状と課題．気候変動適応技術の情報共有ワークショップ，(2017)．<https://si-cat.jp/staticpages/index.php/201703-ws>

# 横浜市内におけるマイクロプラスチック調査

○蝦名 紗衣・加藤 美一・北代 哲也・小倉 智代・小森 昌史  
(横浜市環境科学研究所)

## 1. はじめに

近年マイクロプラスチック (MP) による海洋汚染が国内外で注目を浴びており、2015 年に採択された国連の持続可能な開発のための 2030 アジェンダ (SDGs) では海洋汚染の防止と大幅な削減が目標に掲げられている。横浜市環境科学研究所では、2017 年から市内の環境中の MP の存在状況を把握するため調査を行っている。2017 年に市内の沿岸 6 地点に漂着している MP の量を調査したところ、野島海岸において多くの MP が漂着していることが分かった<sup>1)</sup>。2018 年からは野島海岸で、地点内の偏りや季節変動を含めて MP の分布量のモニタリングを行っている。今回は 2018 年 3 月~11 月の調査結果について報告する。

## 2. 調査方法

野島海岸は図 1 の赤丸で囲んだ地点であり、宮川・六浦川・侍従側・鷹取川の河口域に位置している。沿岸方向が約 50 m、沿岸と水平方向の最大距離が約 40 m の海岸である。野島海岸を図 2 のように 10 m×10 m のメッシュで区切り、各メッシュの中央でサンプリングを行った。φ5 cm×高さ 5 cm のコアサンプラーで表層の砂を採取した。調査日を表 1 に示す。全ての調査日で満潮線が⑧~⑫のメッシュに沿って存在していた。9 月以外は、満潮線がメッシュの中心部よりも海側に確認された。9 月の調査についてはメッシュの中央と満潮線が近いところにあり、さらに満潮線上に沿ってアオサが堆積しており砂の採取が困難であったため、⑧のメッシュについてのみ、中央よりも 50 cm ほど海側の砂が露出している地点で砂を採取した。



図 1 野島海岸の位置



図 2 メッシュの概略図

表 1 調査日時

調査日時	天候	潮位[cm]	
2018年3月22日 12:30~13:30	晴	50	下げ潮時
2018年5月24日 9:25~10:15	晴	100	上げ潮時
2018年7月20日 10:10~11:20	晴	140	上げ潮時
2018年9月28日 13:10~14:30	晴	75	上げ潮時
2018年11月19日 10:30~11:20	曇	110	上げ潮時

採取した砂を 4.76 mm の目開きのふるいでふるった。比重分離を行うため、ふるい通過物を水道水で攪拌し、10 分ほど静置した後浮遊物を 0.063 mm の目開きのふるいで掬った。浮遊物がなくなるまで、この作業を繰り返した。水より軽いプラスチックが雨に流されて海を漂流するため、今回は水より軽いものを対象とした。分離した浮遊物を乾燥させ、目視で人工物のみピンセットで分取した。そのため、目視で確認できるサイズ（概ね 100  $\mu$ m 以上）の MP が対象となっている。

分離した浮遊物を赤外分光光度計（Thermo Fisher 製 Nicolet 380）にかけて、材質判定を行った。メッシュごとの MP の個数、並びに材質及び形状（破片・粒子・繊維・ペレット）ごとに組成を求めた。

### 3. 結果と考察

メッシュごとの MP の個数を求めたものを表 2 に示す。3 月から 9 月にかけては④～⑦のラインに沿って MP が多く分布していた。満潮線よりも内陸側であるため、漂着した MP が風によって潮上帯に運ばれている可能性が高い。11 月については④～⑦のラインよりも内陸側の②のメッシュ内に多くの MP が分布していた。月ごとの横浜の 16 方位の風向別観測回数を見ると、北向き（北＋北北東＋北東＋北西＋北北西の合計）の観測頻度が 3 月は 44%、5 月は 26%、7 月は 9%、9 月は 44%、11 月は 73%であった<sup>2)</sup>。11 月は卓越風が北向きであり、MP がより内陸側へシフトした可能性がある。

また MP の合計数は、5 月と 7 月で多かった。5 月と 7 月は卓越風が海側へ向かって吹く南向き（南＋南南東＋南東＋南西＋南南西の合計）であることから<sup>2)</sup>、海岸上の MP は風によって沖合へ戻る傾向があると考えられる。しかし分布量は他の月よりも多いため、漂着する MP の数が多いと考えられる。2018 年の東京湾の月平均残差流を見ると、5 月と 7 月は東京湾を滞留する流れであるが、3 月と 9 月と 11 月については湾口へ向かう強い流れがあることが分かる<sup>3)</sup>。河川から東京湾に流入した MP が東京湾内を滞留するため、漂着量が多い可能性がある。

材質ごとの組成は全ての月の平均でポリエチレンが 40%、ポリスチレンが 34%、ポリプロピレンが 25%、その他のプラスチックが 1.1%であった。形状は破片が 75%、粒子が 13%、ペレットが 7.1%、繊維が 4.7%であった。

表 2 メッシュごとのマイクロプラスチック個数

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	合計
3 月 22 日	2	5	1	4	27	5	18	8	24	13	7	4	118
5 月 24 日	3	3	4	2	26	19	387	1	1	5	31	7	489
7 月 20 日	1	0	2	74	34	291	82	6	1	2	0	0	493
9 月 28 日	2	2	8	7	16	5	108	12	21	0	2	1	184
11 月 19 日	0	42	4	20	1	24	3	58	31	11	34	3	231

### 4. まとめ

2018 年の 3 月～11 月に野島海岸で、MP の地点内の偏り及び季節変動を調査したところ、季節によって分布の仕方や合計数に差が見られた。海岸内の分布の偏りについては風が、MP の合計数については潮流の季節変動が影響している可能性が示唆された。

### 参考文献

- 1) 蝦名紗衣・加藤美一・堀美智子：横浜市内の海洋におけるマイクロプラスチック汚染 平成 30 年度スキルアップセミナー関東論文(2018)
- 2) 気象庁ホームページ：横浜 2018 年（月ごとの値）詳細（風）
- 3) 東京湾環境情報センターホームページ：海洋短波レーダー情報の残差流情報

# 大阪府におけるダイオキシン類の常時監視データの活用

○伊藤 耕二

(大阪府立環境農林水産総合研究所)

## 1. 目 的

大阪府が実施するダイオキシン類の環境調査（常時監視）において、2017年度は、大気と土壌は全地点、水質と底質はほぼすべての地点で環境基準を達成している<sup>1)</sup>。また、全地点調査の年間平均値は、常時監視が開始された2000年度から概ね改善傾向で推移している。なお、地下水質および土壌については、過去18年間の常時監視において、すべての調査で環境基準を達成した<sup>1)</sup>。

本研究は、ダイオキシン類の汚染の由来を推定できる指標異性体法<sup>2,3)</sup>を用いることで、調査媒体（大気、河川水質および河川底質）ごとに全調査地点における年間平均値の濃度推移の特徴を解析し、調査媒体および発生源ごとに今後の推移を予測することで環境調査・保全計画に役立てることを目的とした。

## 2. 方 法

ダイオキシン類の環境基準は、WHOが定めたTEF（毒性等価係数）のある29個の異性体の濃度値にTEFを乗じて得られるTEQ（毒性等価換算濃度）の総計で定められており、測定値からその地点の汚染状況の特徴を簡単に把握することは難しい。指標異性体法はTEFの定められた29異性体から、発生源を代表する5つ（2,3,4,7,8-PeCDF、1,2,3,4,6,7,8-HpCDD、1,2,3,7,8-PeCDD、#126-PeCB、#105-PeCB）を抽出し、四則演算でその地点のTEQ推算値を燃烧、PCP、CNPおよびPCBの4つの発生源に区分して簡易に計算する方法であり、その合計値は実測のTEQ（29異性体の実測値から求めた積算値）と良好に一致する。したがって、これらの計算結果から、調査地点の汚染由来を発生源ごとに推定できる。

本研究では、大阪府の常時監視の結果<sup>4)</sup>を用いて年度ごとに平均値を求め、調査媒体ごとの特徴および経年的な変化を検討した。

表1 ダイオキシン類の主な4つの発生源

### ◆燃烧由来

廃棄物焼却炉など燃烧に由来し、多種多様なPCDD、PCDFを含む。指標異性体法においては2,3,4,7,8-PeCDFをピックアップする。

### ◆PCP由来【PCP:ペンタクロロフェノール】

### ◆CNP由来【CNP:クロロニトロフェン】

水田用の除草剤として過去に多量に使用され、製造時の不純物として含まれていた。

PCPは7,8塩素化のPCDD、PCDF、CNPはTEFが0の1,3,6,8-TeCDD、1,3,7,9-TeCDDを多く含む。

### ◆PCB由来

Co-PCBのうち国内で製造されたPCB製品中には#77、#105、#118が多く含まれる。燃烧による発生では#126、#189の割合が比較的高い。

表2 世界保健機構（WHO）が定めたダイオキシン類の毒性等価係数（TEF） 2006年版

PCDD	TEF	PCDF	TEF	Co-PCB	TEF
2,3,7,8-TeCDD	1	2,3,7,8-TeCDF	0.1	TeCB (#81)	0.0003
1,2,3,7,8-PeCDD	1	1,2,3,7,8-PeCDF	0.03	TeCB (#77)	0.0001
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	2,3,4,7,8-PeCDF	0.3	PeCB (#126)	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	HxCB (#169)	0.03
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	PeCB (#123,#118,#105,#114)	0.00003
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	HxCB (#167,#156,#157)	0.00003
OCDD	0.0003	2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	HpCB (#189)	0.00003
		1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01		
		1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01		
		OCDF	0.0003		

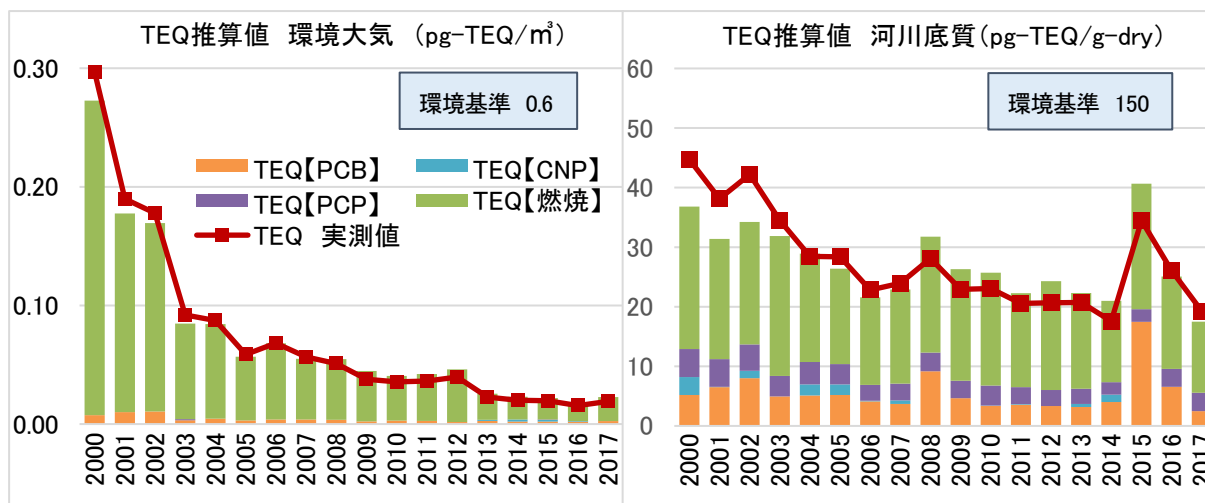
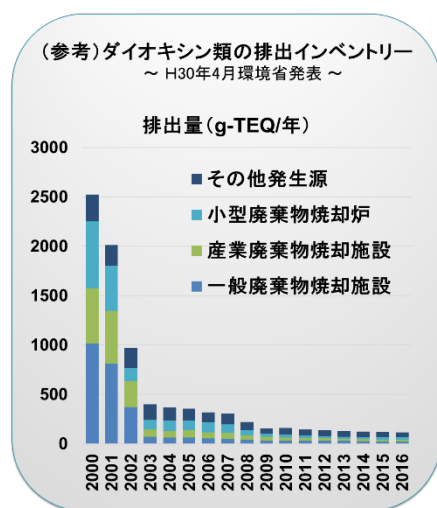


図1 指標異性体を用いた TEQ 推算値と実測値の経年変化（全調査地点の平均値から算出）



### 3. 結果および考察

指標異性体法によって求めた4つの発生源ごとのTEQ推算値の合計はTEQ(実測値)とほぼ一致した結果となり、データ解析に有効な手法であった(図1)。大気中のダイオキシン類の大半が燃焼に由来し、2000年以降に強化された排出量削減の取り組みが、大気環境中の濃度の低減に即座に表れていることを本手法により良好に再現できた。

河川水質、底質のTEQ(実測値)が概ね改善傾向で推移しているのは、燃焼に由来するダイオキシン類が大気環境中よりは時間を経て減少してきたためと考えられた。PCPの使用時期は1960年代頃、CNPは1970年代頃と数十年を経ても推算TEQに占めるPCP由来の比率は高く、特に河川水質で寄与が高かった。また、数年後には燃焼由来の寄与を上回ると推測された(図2)。

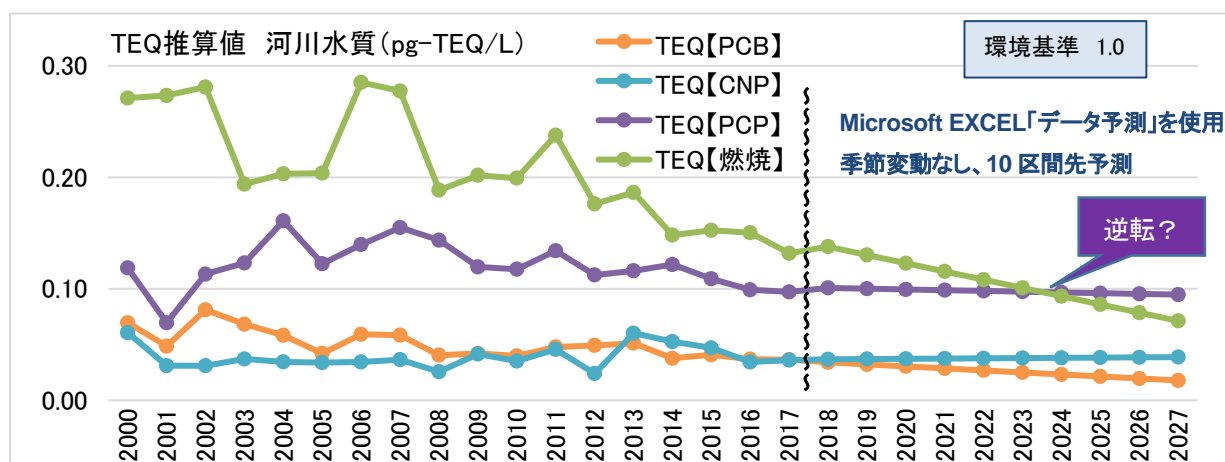


図2 河川水質のTEQ推算値と実測値の経年変化およびデータ予測の結果

### 4. 参考文献など

- 『平成29年度における大阪府内のダイオキシン類環境調査結果の概要』, 大阪府
- 『ダイオキシンの汚染由来を探る -CESSで開発した推定方法とその応用-』, 埼玉県環境科学国際センター
- Minomo, K., Ohtsuka, N., Nojiri, K., Hosono, S., Kawamura, K. (2010) *Chemosphere* 81, 985-991
- 常時監視データ提供, 大阪府環境農林水産部環境管理室

