

## 〈特集〉気候変動適応法に基づく地域気候変動適応センターと地方環境研究所に期待される役割

### 地方環境研究所における気候変動適応研究の取組と課題

—長野県環境保全研究所の事例—

浜田 崇

(長野県環境保全研究所自然環境部温暖化対策班 主任研究員)

#### 1. はじめに

1880～2012年における世界平均地上気温は0.85℃上昇し<sup>1)</sup>、日本においても1898～2013年における年平均気温は100年あたり1.14℃の上昇傾向を示している<sup>2)</sup>。また、気象現象の極端化も進行しており、たとえば関東甲信地方では異常な高温や1時間50mm以上の短時間強雨の頻度など増加傾向にある<sup>3)</sup>。

こうした地球規模の気候変動への適応とともに、地域あるいは地点によって異なる気温や降水量の変化、異常気象の発生などにも対応しなければならない。くわえて、地域の自然環境、社会経済、文化などの状況によっても気候変動による影響の現れ方や大きさは異なってくる。このような気候変動に対しては、地域や影響の種類に応じた対応が必要となることから、地方自治体における取組が重要となっている<sup>4)</sup>。

こうした状況を受けて、気候変動予測に関する国の研究の方向性もダウンスケーリング技術を用いた地域詳細な気候予測やそのデータを活用した地域におけるさまざまな分野への影響評価など、全国スケールから地方自治体スケールへとシフトしつつある。具体的には、環境省のS-8(温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究；2010年度～2014年度)や文部科学省SI-CAT(気候変動適応技術社会実装プログラム；2015年度～2019年度)などの研究プロジェクトでは、地方自治体が見えるような空間解像度での気候変動予測や、農業、防災、生態系などの分野における影響評価と適応策の効果などの研究がモデル的に行われている。これらの結果の一部は、すでに気候変動適応情報プラットフォームのWEBページ<sup>5)</sup>などを通じて公開されており、地方自治体において将来の気候変動への適応を進める上で欠かせない情報が整いつつある。

このように地域における気候変動適応の必要性とそれに必要な気候変動の予測や影響評価に関する情報が整ってきたこのタイミングで、気候変動適応法(以下、適応法)が公布(2018年6月13日)され、施行(2018年12月1

日)となった。また、適応法には地域気候変動適応計画(以下、地域計画)策定と地域において気候変動影響、適応に関する情報の収集、分析、提供等の拠点(地域気候変動適応センター；以下、センター)の体制の確保が努力義務として記載された。今後、各自治体において気候変動適応の取組の推進はもちろんのこと、地方環境研究所においてはセンターとしての機能を確保し、地域計画策定に必要な情報の提供などが求められるものと考えられる。

本稿では、地方環境研究所における気候変動適応に関する取組事例の紹介として、長野県における気候変動適応の取組概要について紹介するとともに、長野県環境保全研究所(以下、当研究所)が実施してきた気候変動に関する研究について具体的に述べる。さらに、適応に関する今後の課題と展望について触れたい。関係者の今後の参考となれば幸いである。

なお、当研究所には調査研究を行う部が6つ(水・土壌環境部、大気環境部、循環型社会部、自然環境部、感染症部、食品・生活衛生部)あり、筆者は自然環境部所属の気象担当として気候変動に関する研究に携わっている。そのため、以下で述べる当研究所の気候変動に関する研究については、気象と生態系影響のみしか言及することができない。地方環境研究所の多くは環境科学や衛生関連の分野が多いが、それらの分野の研究については本稿では触れることができない点をあらかじめお断りしておきたい。

#### 2. 長野県における気候変動適応の取組

まず、長野県における気候変動適応の取組の概要について紹介する。長野県では「地球温暖化対策の推進に関する法律」にもとづく地方公共団体実行計画(区域施策編)の第三次の改定版として、2012年に「長野県環境エネルギー戦略～第三次長野県地球温暖化防止県民計画～」<sup>6)</sup>(以下、戦略)を策定した。戦略では、これまで実施してきた緩和策(温室効果ガス総排出量削減)の見直しと

東日本大震災以降のエネルギー情勢の変化をうけて、より実効性の高い地球温暖化対策と地域主導のエネルギー事業によって地域の自立を図る「環境エネルギー政策」を総合的に実施することとなった。この戦略の策定にあわせて、その一年前から検討が行われた結果、県内における気候変動の影響<sup>7)</sup>への対応も考慮され、適応策に関する項目が盛り込まれた。そこにいたる経過については陸<sup>8)</sup>および陸<sup>9)</sup>に詳しく記載されている。

戦略において、気候変動適応策は「地球温暖化適応策パッケージ」として二つの項目がたてられた。一つは、気候変動の影響は広範に及びかつ地域によって異なるため、まずは空間的に詳細で具体的な気候変動の現状や影響の把握と、将来予測を行うというものである。しかし、長野県内の地形は複雑で標高差が大きくかつ気候の南北差もあるため、県内の気候特性を詳細に把握するためには、気象庁のアメダスデータだけでは観測地点の数が少なく難しい。また、気候変動の影響はさまざまな分野におよび、影響に関するデータは散在していることから、影響の総合的な把握は容易ではない。そこで、これらの課題を解決するため、県内の様々な機関や団体などが、それぞれの目的に応じて測定している気象データや影響に関する情報を一元的に収集、整理することとした。そこで、当研究所を中心として、データを所有する国や県、市町村の関係機関、県内に所在する研究機関、大学、団体、専門家などで構成する「信州・気候変動モニタリングネットワーク」（以下、モニタリングネットワーク）を組織し、観測データの収集・整理体制の構築を目指すこととなった。

もう一つの項目は、気候変動の影響に対する適応策をさまざまな主体で進めることである。気候変動の影響へ適応していくための技術や手法は、県内の様々な機関や団体などにおいてすでに（適応策として認識はされていないものの）実施されている、あるいは別目的で個別に研究や開発が進められている。しかし、こうした技術や手法をもつ機関や団体が、将来の気候変動予測や気候変動影響とそのリスク情報を得るための機会や、適応の手法、技術、政策を検討するための場がない。こうした問題意識から、気候変動への適応を広く社会で実装していくためには、関係機関・団体間における気候変動に関する情報の共有、気候変動適応に関する検討を促進する場が必要と考えた。そこで、長野県環境部環境エネルギー課が中心となり、国や県、市町村の関係機関、県内に所在する団体、大学、企業等で構成する「信州・気候変動適応プラットフォーム」（以下、プラットフォーム）を構築し、気候変動適応を促進する体制を目指すこととした。これにより、防災対策の一層の推進、農業分野での新たな品種の開発やさまざまな分野での新技術の開発な

どが期待される。

以上のように、長野県ではモニタリングネットワークとプラットフォームの2つ体制を軸として、気候変動適応を推進しており、最終的には気候変動に対してレジリエントな市民・地域社会の創造を目指している（図1）。

以下、モニタリングネットワークおよびプラットフォームの経過と現状について、当研究所の関わりを中心に紹介する。

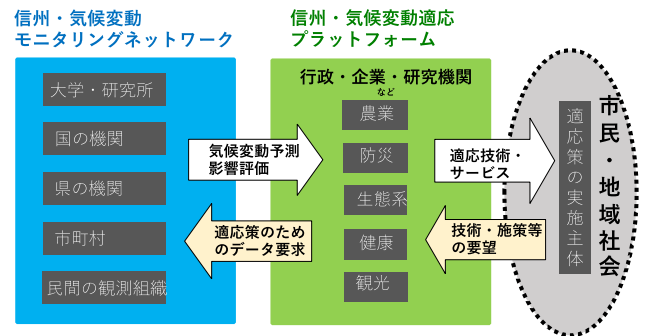


図1 長野県における気候変動適応の推進体制

## 2.1 信州・気候変動モニタリングネットワーク

モニタリングネットワークは、2014年11月に設立され、気象観測データや気候変動に関する情報を所有する県内の大学、国の機関、県関係各課等の組織や機関など50団体によって現在構成されている。当研究所はモニタリングネットワークの事務局を担当し、以下の業務を行っている。

(1) 長野県内における気候変動に関する観測データ等の収集・整備

モニタリングネットワーク参加機関が所有する気温、雨、積雪深などの気象観測データや水位等の気候変動影響データを一元的に収集することを目指している。これにより、たとえば長野県内の気象観測地点数が最大でアメダスの9倍に増加することとなり（図2）、県内の複雑な気候特性の把握に十分な観測密度が確保される。

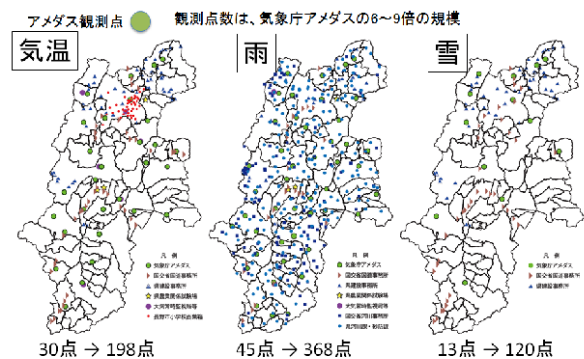


図2 モニタリングネットワーク収集予定観測地点

これら収集したデータは、必要に応じて品質管理を行い、補正等の処理を施した上で、メッシュ情報などに加工した二次的な情報データベースとして整備を行う予定である。このデータベースはモニタリングネットワークの参加機関が共有、利用できるにすぎず、将来的には、国内におけるさまざまな機関が研究に利用できるようなデータベースとして公開することで、長野県における気候変動研究の促進を図りたいと考えている。

#### (2) 気候変動モニタリングレポートの刊行

収集した観測データを活用し、長野県内の気候変動に関する状況を年毎に整理した年次報告書（信州・気候変動モニタリングレポート；以下、モニタリングレポート）を定期的に発刊し、県内の気候変動に関心のある組織や個人などへ広く発信することとしている。

その第一弾として「信州・気候変動モニタリングレポート2015」<sup>10)</sup>を2018年2月に発刊し、後述のモニタリングネットワークのホームページにおいて閲覧、ダウンロードができるようにしている。本レポートは3章から構成され、第1章は2015年の気候、第2章は気候変動、第3章は気候変動に関する各種指標とし、巻末には資料を掲載している。なお、このレポートの刊行にあたっては、長野地方気象台に全面的なご協力をいただき、気象等のデータや観測所の移転等の資料の提供とともに内容の確認も行っていただいている。

また、現在、第二弾として「信州・気候変動モニタリングレポート2016」を作成中であり、2018年度中にはレポート2017まで刊行することを目指し、2019年度からは当該年度の前年度のレポートを刊行できるよう計画している。

#### (3) ホームページによる情報提供

モニタリングネットワークの情報や成果の発信手段の一つとして、専用のホームページ<sup>11)</sup>を開設している。このホームページは長野県内における気候変動情報のポータルサイトを目指し、収集した気象情報の提供やモニタリングレポートの発信のほか、長野県内における気象データや山岳地のライブカメラ画像のリアルタイム情報のリンク集、県内で生じた気候変動と関連するニュースの配信などを行っている。

#### (4) 運営

モニタリングネットワークの運営については、当研究所が事務局的機能およびデータベース整備、情報発信等の機能などを中心的に担っている。また、長野地方気象台、信州大学等の機関とともに運営協議会を設置し、モニタリングネットワークの運営に関する課題やモニタリングレポートの内容などの検討を行うため年1回開催している。

## 2.2 信州・気候変動適応プラットフォーム

プラットフォームは、2016年10月に設立され、長野県環境部環境エネルギー課が事務局となり運営を行っている。現在、プラットフォームは県内の企業、病院、各種団体、大学、県関係各課など49の機関・組織によって構成されている。

プラットフォームには、全体会と部会がある。全体会はすべての参加機関に対して年1回開催しており、これまでは長野県の気候変動適応に関する取組の経過報告とともに、国の適応に関する動向、企業の適応策の取組、適応策に関する最新の研究成果の紹介などの講演を行い、気候変動リスクと適応に関する最新情報の共有を図ってきた。また、部会は4つ設置されており、農業と防災部会は2016年度に、2017年度には生態系部会、2018年度には健康部会を立ち上げた。各部会は年1回程度開催され、それぞれの分野における気候変動影響の予測結果について情報提供し、参加者（機関・組織）間で予測情報の受け止め方や今後の事業への活かし方（要望を含む）などを議論している。部会の参加者は部会とその時のテーマによって異なっている。たとえば、防災部会では防災に関心のある参加機関すべてに対して開かれたことがある一方、農業部会では気候変動による農業影響情報は一部の農業従事者、関係者にとっては深刻なリスク情報となる可能性があることから、当面は県庁関係課ならびに農業試験場のみと情報共有を行うこととしている。

当研究所は、各部会において、モニタリングネットワークの活動の成果として得られた長野県における気候変動の実態についての報告や、長野県で現在活用可能な気候変動予測情報の紹介など、気候変動の適応を検討するための基礎情報の提供を行っている。また、各部会のテーマにあう気候変動影響評価に関する研究成果の講演について企画・調整などを手伝っている。

## 3. 長野県環境保全研究所における気候変動研究

長野県における気候変動適応に関する取組はまだ端緒にすぎたばかりだが、それに先立ち、当研究所では2003年度から気候変動の実態把握と生態系分野における影響に関する研究を行ってきた。その後、2010年度～2014年度にかけては環境省S-8に、2015年度～2019年度にかけては文部科学省SI-CATに参画し、国の研究機関や大学等との共同により、長野県における気候変動影響評価と適応策の社会実装に取り組んでいる。これらの中から、地方環境研究所において取り組みやすい研究を紹介する。

### 3.1 気候変動の実態把握とモニタリング

まずは地域の気候変動の実態把握に関する研究である。地方自治体の気候変動適応を考える上で、地域の気候変

動の傾向や地域毎の特徴の把握、気候変動影響の検出などの基礎情報をもっとも重要なエビデンスである。

(1) 経年変化

長野県における気象庁のすべての観測地点（5地点の気象官署・特別地域気象観測所と40地点アメダス（雨量のみも含む））において、観測開始以来の年平均気温（図3）、年降水量、年最深積雪、年降雪量、年間日照時間、年平均風速、年間最多風向、年平均相対湿度、年平均水蒸気圧の経年変化と長期トレンドの検定（Mann-Kendall検定）を行っている。ただし、アメダスでは年平均風速および年間最多風向の解析は行っていない。これらの解析の結果、長野県内の年平均気温は100年あたり1~2℃の割合で昇温しており統計的にも有意なトレンドが認められたが、年降水量、年最深積雪および年降雪量には長期的なトレンドは認められなかった（アメダス「信濃町」および「菅平」では増加トレンドあり）。また日照時間や風速のように観測所の移転等で長期変化傾向を求めることができない要素もあった。

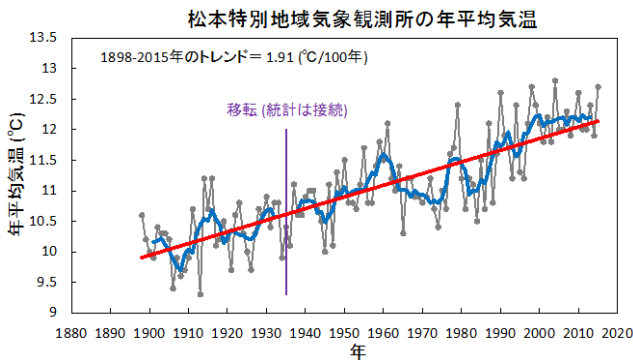


図3 年平均気温の経年変化（松本特別地域観測所）

このような地点毎の経年変化のデータを使い、平均気温と降水量については、100年あたりの変化率の空間分布も求めた。特に降水量の変化率は統計的にも有意な変化ではないが、増加している地点と減少している地点が混在し、その傾向が季節によっても異なった。降水量のように局地性の強い気象現象の場合、県内に数カ所しかない地方気象台や特別地域気象観測所のデータだけを用いるのではなく、観測年数は短くともなるべく多くの地点データを用いた解析の結果は、防災分野の適応を検討する上では参考になると考えている。

経年変化の作図にあたっては、気象庁ホームページ（過去の気象データ検索のページ<sup>12)</sup>）にある統計切断の情報（移転や測器、時間間隔の変更に伴いその前後のデータが均質ではないと判断されるタイミング）も示している。さらには、県内すべての気象庁観測地点を実際に訪れ、観測地点の地表面状態や周囲の環境、測器の設置高さなどを確認し、メタデータとしてまとめている。こ

れらの作業は地点毎の経年変化を正しく評価する上で重要になるためである。

今後は、モニタリングネットワークで収集した長野県河川課・砂防課によって観測されている雨量データ（約200地点）<sup>13)</sup>も活用して、より空間的に詳細な雨量の変化傾向やその空間分布の解析を行う予定である。このようなデータは各都道府県や国土交通省<sup>14)</sup>においても整備・公開されており、その利用は有効であろう。

(2) 独自モニタリング

長野県内における気象庁の気象観測地点はアメダス「野辺山」（標高1350m）、雨量のみではアメダス「御嶽山」（標高2195m）が最高所観測地点であり、それより標高の高い高山・亜高山帯の山岳地においては気象観測が定常的には行われていない。そのため高標高の山岳地における気候変動の実態はよくわかっていない。

また、高山帯や亜高山帯の生態系は非常に貴重であると同時に、気候変動に対して影響を受けやすい脆弱な生態系でもある。そこで、当研究所では、山岳地の気候変動の実態把握と生態系の保全という両面から、独自に気象観測機器と定点カメラを設置し、気候変動のモニタリングを行っている。

現在、気象観測は長野県内の山岳地の7箇所（標高1030m~2850m）に設置し、主に気温と日射量を10分~30分間隔で観測している（図4）。観測データの一部は携帯電話回線を通じてリアルタイムで取得できるようにしている。気象観測地点の配置にあたっては、同様の観測を中部山岳地において展開している<sup>15)</sup>信州大学と相談しながら、その一部は互いに観測の空白域を補完できるようにしている。



図4 山岳地に設置した気象観測機器（乗鞍岳）

また、定点カメラは山岳地の積雪変動をモニタリングするため県内外の7箇所を設置し、1時間間隔で画像を取得している。これらの画像は携帯電話回線が利用可能な地点ではリアルタイムでホームページ<sup>16)</sup>から確認することができる。なおこの定点カメラの運用は、当研究所と国立環境研究所との共同研究（一部は長野県と国立環境



研究所の連携協定)として実施している。撮影した山岳地の積雪域の画像は、画像処理によって積雪域を抽出することで積雪の消雪日を特定することができるようになる<sup>17)</sup>。この処理を長期的に継続することで、山岳地の雪がどのように変動しているかを捉えることが出来るようになることが期待される。

以上のようなデータはモニタリングレポート(前出)<sup>10)</sup>の作成に使われるのと同時に、より詳細な解析を加えた研究成果<sup>18), 19), 20)</sup>としても発信している。

### 3.2 気候変動予測の研究

気候変動への適応策を具体的に検討するにあたっては、気候変動やその影響に関する将来予測が必要になるのは言うまでもない。しかし、地方環境研究所がCMIP5

(Coupled Model Intercomparison Project Phase 5)<sup>21)</sup>など全球予測モデルの出力を独自に利用して地域予測を実施することはさまざまな制約により難しいことが多い。

一方、環境省S-8や文部科学省SI-CATでは、CMIP5の中から選んだ数モデルに対して統計的なダウンスケーリングを行い、数kmメッシュの地域の気候変動予測情報が作られた。このようなデータの利用は地方環境研究所においても無理なく可能である。

当研究所では、環境省S-8で作成された共通シナリオ第2版の気候シナリオ<sup>22)</sup>を用いて、21世紀末の長野県の年平均気温分布の予測図を作成した。この予測は気候モデルにMIROC5を用い、RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5の3つの排出シナリオを利用し、1kmメッシュの空間分解能でダウンスケーリングされている。その結果から、県内の相対的な気温分布は主に標高に依存しており、特に標高の低いところほど高温になるなどの予測が得られた<sup>23)</sup>。

環境省S-8は2014年度に終了し、2016年まではS-8のホームページ<sup>24)</sup>から気候シナリオのShape Fileがダウンロード可能であった。現在はA-PLAT<sup>5)</sup>にその機能が移行されている。また、文部科学省のDIAS(データ統合・解析システム)<sup>25)</sup>において、SI-CATで作成された統計的ダウンスケーリングの地域将来気候予測データも将来的にダウンロード可能になる予定である。

### 3.3 気候変動影響の研究

気候変動の影響はさまざまな分野に及んでいる<sup>26)</sup>。当研究所では自然環境への気候変動影響に関する研究に取り組んできた。対象が生物の場合、気候変動による影響かどうかを特定することはかなり難しいが、その中でも気象庁の生物季節観測データを使った研究は数多く行われている<sup>27), 28)</sup>。これは生物季節観測データが均質な精度で長期間にわたって存在するためである。そこで、長野県内の気象官署等(長野、松本、飯田)で長年観測され

てきた気象庁の生物季節観測データ(1953年~2006年)を用いて、サクラの開花日、イロハカエデとイチヨウの紅(黄)葉日のトレンド解析と気温との相関分析を行った<sup>29)</sup>。サクラの開花日は松本のみで早まる傾向が確認され、3月の平均気温と比較的高い負の相関が認められた。イロハカエデの紅葉日はすべての地点において遅くなる傾向が確認され、年平均気温と正の相関が認められた。イチヨウの黄葉日はすべての地点において遅くなる傾向が確認され、年平均気温と正の相関が認められた。

近年は気象庁の測候所等の無人化に伴い、多くの地点で生物季節観測が廃止されたが、地方气象台などの有人施設では現在もまだ継続して観測が行われている。生物季節観測は植物と動物に分かれており、長野地方气象台では植物32項目、動物17項目の観察が1963年より継続して行われている。それらすべての観察項目を対象に、生物季節の長期トレンドの有無を調べたところ、植物25項目、動物11項目で統計的に有意なトレンドがみられた。特に植物は春から初夏にかけて開花や発芽の時期を迎えるすべてが早まる傾向を示し、逆に8月以降に開花や紅葉の時期を迎えるすべてが遅くなる傾向を示したことが特徴である(図5)<sup>10)</sup>。

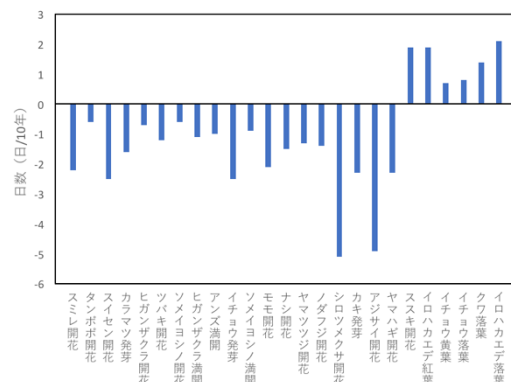


図5 植物季節の変化傾向(有意な項目のみ)

この他の研究としては、暖地性生物(シラカシ)の分布拡大・成長<sup>30), 31), 32), 33)</sup>、高山帯や山岳地における生物への影響把握のためのモニタリング調査<sup>34), 35), 36), 37), 38)</sup>、ハイマツの年枝長による過去の気候復元<sup>39)</sup>、野外温暖化実験<sup>40), 41)</sup>、鳥類の初卵日調査<sup>42)</sup>、市民参加型温暖化影響調査<sup>43), 44), 45), 46)</sup>などを実施している。また、将来予測にも取り組みつつあり、これまでにイワナの分布域予測<sup>47), 48)</sup>、ライチョウへの影響予測、タケへの影響予測がある<sup>49)</sup>。しかし、生態系分野における適応は農業や防災など他の分野とその考え方が大きく異なっている。気候変動に対し生態系は全体として変化するため、これを人為的な対策により広範に抑制することは不可能である。したがって、

他の様々な要因によるストレスの低減などにより、気候変動に対する順応性の高い健全な生態系の保全と回復を図るとともに、モニタリングにより気候変動に伴う生態系と種の変化を把握することが基本的な適応策と考えられる<sup>50)</sup>。現在は長野県において気候変動の影響を検討すべき対象種をある程度想定しながら、その適応策となりうる各種対策について整理をしている<sup>51), 52)</sup>。

#### 4. 今後の課題と展望

地方環境研究所は、適応法に記載されているセンターの筆頭候補であろう。気候変動への適応の基本的な進め方として順応的なアプローチの考え方が<sup>4)</sup>ある。この実践のためには、地域の気候変動とその影響の観測・監視と適応策の効果を評価するためのモニタリングが欠かせない。このような長期間にわたって調査研究を継続させることは、属人的に研究テーマが決まる大学では実施が難しい反面、組織的に研究テーマを決めやすい地方環境研究所には非常に向いている。とはいえ、地方環境研究所も規模、体制、分野など多様であり、かつ必ずしも十分な人数、予算、技術があるとは限らないため、そうした課題をどう克服できるかがセンターとしての機能を十分果たすことが出来るかどうかを左右すると考えられる。

この課題克服に向けた筆者の個人的な見解を今後の展望にかえ、まとめとさせていただきます。

##### (1) 地方環境研究所間の連携

気候変動の影響は地域性が強く現れるため適応の実施主体は地域にある。しかし、そうした影響は全国的に共通する場合も多い。たとえば、水害や土砂災害への対応、熱中症など健康影響への対策、農業分野における高温対策などが典型であろう。

このような共通性の高い影響への適応については、地方環境研究所間の連携、情報共有・交換、共同研究の実施などにより、各研究所における人的リソース不足を補うことができるだろう。気候変動適応をテーマとした全国環境研究所交流シンポジウムの開催や、全国環境研協議会の各支部における気候変動に関する専門部会の新設、気候変動や影響をテーマとした国立環境研究所と地方環境研究所とのⅡ型共同研究の利用などが考えられる。特に共同研究については、酸性雨全国調査<sup>53)</sup>のように、すでに全国の地方環境研究所の連携による成果もあり、運営のノウハウなどの蓄積があることから取り組みやすいのではないだろうか。こうした地方環境研究所が連携を深める上で、そのハブ的機能を担う国立環境研究所との連携が重要となることは言うまでもないだろう。

一方、生態系の分野においては、環境省生物多様性センターが中心となり、全国の自然系の調査研究を行っている地方自治体の研究機関や自然保護センターなどと連

携して、自然系調査研究機関連絡会議(NORNAC)<sup>54)</sup>を年1回開催している。ここは自然環境保全施策のための情報交換・共有の場であるが、気候変動による生態系分野の影響への適応をテーマに開催することで、NORNAC参加機関による共同研究(現在は実施されていない)への発展に繋がる可能性もあるだろう。

##### (2) 環境省、国立環境研究所との連携

環境省は大気汚染物質広域監視システム(通称:そらまめ君)<sup>55)</sup>などの全国広域のデータベースがあり、また国立環境研究所では、前述の酸性雨データベースの他、有害紫外線モニタリングネットワーク<sup>56)</sup>、環境数値データベース<sup>57)</sup>、地球環境データベース<sup>58)</sup>などの多くのデータベースを運用している。また生態系分野では、環境省生物多様性センターが運用するいきものログ<sup>59)</sup>などもある。これらと同じような気候変動に関するデータベースが、環境省や国立環境研究所によって作成、運用されるようになると、地方環境研究所の気候変動の担当者はセンターの業務や地域計画策定に有効に活用することができるのではないだろうか。このデータベースの一例としては、本稿で紹介したモニタリングネットワークで収集している地方自治体所有の地域の気象データを、全国一元的に収集・整備した全国版の高密度気象データベースなどが考えられる。また、生態系分野の場合には、国民参加型の生物季節や生物分野などの情報収集システムがこれに相当するだろう。このようなシステムの開発と運用は国主導で行うことが効率的であるだけでなく、地方環境研究所の負担軽減にもつながるので期待したい。

##### (3) 環境分野以外の研究機関、試験場との連携

長野県においても、気象の極端現象の顕在化にともなう、さまざまな影響や気象災害が発生している。高温によるりんごの着色不良やレタスの抽だいの発生などの農業被害をはじめ、熱中症搬送者数の増加、短時間豪雨にともなう土石流の発生や斜面崩壊、遅霜による凍霜害や大雪による交通障害など、県内社会へ大きな影響が現れ始めている。こうした気候変動の影響への適応においては、防災や農業などの国の研究機関、地方自治体の農業試験場や林業試験場などとの連携も当然ながら重要になるだろう。これらの関係分野との連携は、実際には行政の縦割りの組織体系の中では意外とハードルが高いところでもあるが、本稿で紹介したプラットフォームのような組織の立ち上げや、センターを地方環境研究所だけでなく、農業試験場など他の試験場とのコンソーシアム組織として立ち上げるということもアイデアの一つとして考えられる。

##### (4) 情報デザインとリスク情報の選択

最後に、地域の気候変動の適応を推進するための肝として2点あげておきたい。

気候変動に関する様々な情報を、誰に、どのような形で、しかも価値あるわかりやすい情報として提供できるかが、気候変動への適応を促進するためには重要であり、その役割がセンターに問われる可能性もあるだろう。気候変動に関する情報はとても膨大であり、その中からユーザーにとって価値ある情報を創出することは簡単ではない。このように膨大な情報をユーザー視点の使いやすい形にかえる作業のことを情報デザイン<sup>60)</sup>という。この本の著者によれば、天気予報はまさに情報のデザインによって成り立っているという。個々のアメダスの観測地点のデータを、時間、空間などで比較整理することで初めて、ユーザーが「今日は傘を持って出かけよう」と判断できるような情報になる。つまり、一つ一つはただの数値データでしかない情報がユーザーにとって欲しい情報に変化するということを示している。このような観点から気候変動情報を試行錯誤しながら、またユーザーとのコミュニケーションを重ねながら、デザインしていくことが重要だと考える。

もう1点は、リスク情報の選択の問題である。気候変動の適応を考える上では、気候変動によるリスク（場合によってはオポチュニティー）を伴った予測情報を利用することは避けられない。しかし同時に、こうした情報にはさまざまな不確実性に関する問題が常につきまとう。このことを解決するためには、関係者間での徹底したリスクコミュニケーションにつけるが、一方では、地方環境研究所の担当者がどの気候モデルのアウトプットやシナリオを利用すればよいのか迷わないような、国によりオーソライズされた選択肢（方向性）の提示もこの問題を回避する助けとなるだろう。ただし、提示された選択肢にも不確実性が残っていることを忘れずにいる心構えはもちろん必要だろう。

以上にあげた論点だけが今後の課題ではない。こうした課題の抽出、共有、解決のためにも、気候変動に関する全国および地方の研究機関のコミュニティや同等の機会がまずはできあがることを期待している。

## 5. 引用文献

- 1) 気象庁 (2015) IPCC第5次評価報告書 第1作業部会報告書 政策決定者向け要約
- 2) 気象庁 (2015) 異常気象レポート2014
- 3) 東京管区気象台 (2016) 気候変化レポート2015-関東甲信・北陸・東海地方-
- 4) 環境省: 気候変動の影響への適応計画, <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/tekiou/siryol.pdf> (2018. 12. 21アクセス)
- 5) 環境省: 気候変動適応情報プラットフォーム, <http://www.adaptation-platform.nies.go.jp/> (2018. 12. 21

アクセス)

- 6) 長野県: 長野県環境エネルギー戦略～第三次長野県地球温暖化防止県民計画～, <https://www.pref.nagano.lg.jp/ontai/kurashi/ondanka/shisaku/senryaku.html> (2018. 12. 21アクセス)
- 7) 長野県環境保全研究所: 長野県における適応策立案手法開発のための検討報告書, 2012
- 8) 陸 斉, 田中博春, 浜田 崇, 畑中健一郎, 武田雅宏: 地方自治体 (長野県) における適応策導入の試みと課題. 第39回環境システム研究論文発表会講演集, 315-320, 2011
- 9) 陸 斉: 長野県における適応への取組み. 生活と環境, **60** (7), 24-28, 2015
- 10) 信州・気候変動モニタリングネットワーク運営協議会編, 信州・気候変動モニタリングレポート2015, <https://shinshu-moninet.org/results/report/> (2018. 12. 21アクセス)
- 11) 長野県環境保全研究所: 信州・気候変動モニタリングネットワーク, <https://shinshu-moninet.org/> (2018. 12. 21アクセス)
- 12) 気象庁: 過去の気象データ検索, [https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec\\_no=48&block\\_no=0400&year=&month=&day=&view=](https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=48&block_no=0400&year=&month=&day=&view=) (2018. 12. 21アクセス)
- 13) 長野県: 長野県河川砂防情報ステーション, <http://www.sabo-nagano.jp/res/portal.html> (2018. 12. 21アクセス)
- 14) 国土交通省: 水文水質データベース, <http://www1.river.go.jp/> (2018. 12. 21アクセス)
- 15) 鈴木啓助: 中部山岳地域における気象観測の現状とその意義. 地学雑誌, **122**, 553-570, 2013
- 16) 国立環境研究所地球環境研究センター: 温暖化影響モニタリング (高山帯), <http://db.cger.nies.go.jp/gem/ja/mountain/> (2018. 12. 21アクセス)
- 17) Ide R., Oguma H.: A cost-effective monitoring method using digital time-lapse cameras for detecting temporal and spatial variations of snowmelt and vegetation phenology in alpine ecosystems. *Ecological Informatics*, **16**, 25-34, 2013
- 18) 大和広明, 栗林正俊, 浜田 崇: 信州・気候変動モニタリングネットワークの収集データを用いた短時間強雨の解析事例. 長野県環境保全研究所研究報告, **13**, 41-46, 2017
- 19) 栗林正俊, 大和広明, 浜田 崇: 長野県における1979～2015年の夏季降水量の経年変化の標高依存性. 地学雑誌 (印刷中)

- 20) 小熊宏之, 井出玲子, 雨谷教弘, 浜田 崇: 定点カメラ観測ネットワークによる高山帯の消雪と植生フェノロジーのモニタリング. 地学雑誌 (印刷中)
- 21) WCRP: CMIP5 Coupled Model Intercomparison Project, <https://cmip.llnl.gov/cmip5/> (2018.12.21アクセス)
- 22) 花崎直太, 高橋 潔, 肱岡靖明, 日下博幸, 飯泉仁之直, 有賀敏典, 松橋啓介, 三村信男: 日本の温暖化影響・適応策評価のための気候・社会経済シナリオ (第2版). 環境科学会誌, **27**, 362-373, 2014
- 23) 田中博春, 陸 斉: IPCC第5次評価報告書の気候シナリオに基づいた長野県における年平均気温の変化予測. 長野県環境保全研究所研究報告, **10**, 55-60, 2014
- 24) 国立環境研究所: S-8温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究, [http://www.nies.go.jp/s8\\_project/index.html](http://www.nies.go.jp/s8_project/index.html) (2018.12.21アクセス)
- 25) DIAS: DIASデータ統合・解析システム, <http://www.dias.jp.net/> (2018.12.21アクセス)
- 26) 環境省, 文部科学省, 農林水産省, 国土交通省, 気象庁: 気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート2018～日本の気候変動とその影響～, [http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018\\_full.pdf](http://www.env.go.jp/earth/tekiou/report2018_full.pdf) (2018.12.21アクセス)
- 27) 清水 庸, 大政謙次: 1961年～2007年のウメの開花に関する経年変化・地域的傾向の解析. 農業気象, **66**, 279-288, 2010
- 28) 土居秀幸, 高橋まゆみ: マクロスケールからみる温暖化の植物フェノロジーへの影響: 気象庁・生物季節データセットによる解析. 日本生態学会誌, **60**, 241-247, 2010
- 29) 長野県環境保全研究所: 長野県における地球温暖化現象の実態に関する調査研究報告書, 2008
- 30) 大塚孝一, 尾関雅章, 前河正昭: 千曲川中下流域における常緑広葉樹シラカシ (ブナ科) の自生分布. 長野県自然保護研究所紀要, **7**, 17-22, 2004
- 31) 大塚孝一, 尾関雅章, 横井 力: 長野県上伊那地域における常緑広葉樹シラカシ (ブナ科) の分布. 長野県環境保全研究所研究報告, **9**, 47-51, 2013.
- 32) 大塚孝一, 尾関雅章: 長野県木曾地域における常緑広葉樹シラカシ (ブナ科) の分布. 長野県環境保全研究所研究報告, **11**, 9-13, 2015
- 33) 大塚孝一, 堀田昌伸, 石田祐子, 浜田 崇, 川上美保子, 横井 力: 長野県上田市における常緑広葉樹シラカシ逸出個体の成長過程. 長野県環境保全研究所研究報告, **12**, 1-6, 2016
- 34) 須賀 丈: 中央アルプス木曾駒ヶ岳および北アルプス八方尾根で記録されたチョウ類・マルハナバチ類-温暖化影響のモニタリングサイト設定に向けた予備調査から-. 長野県環境保全研究所研究報告, **5**, 65-72, 2009
- 35) 須賀 丈: 北アルプス八方尾根のチョウ類-温暖化影響のモニタリング2009年の記録-. 長野県環境保全研究所研究報告, **6**, 45-50, 2010
- 36) 浜田 崇, 大塚孝一, 堀田昌伸, 小澤ゆきえ: 長野市浅川流域におけるセミ類種構成の季節変化および標高分布. 長野県環境保全研究所研究報告, **9**, 71-74, 2013
- 37) 堀田昌伸, 尾関雅章: センサーカメラによる北アルプス後立山連峰の岩小屋沢岳周辺でのニホンジカ初確認. 長野県環境保全研究所研究報告, **10**, 33-36, 2014
- 38) 堀田昌伸: 北アルプス後立山連峰ヶ岳及び岩小屋沢岳周辺の高山帯でのセンサーカメラによるイノシシ初確認とニホンジカの確認状況. 長野県環境保全研究所研究報告, **12**, 51-54, 2016
- 39) 尾関雅章, 浜田 崇, 飯島慈裕: 中央アルプス千畳敷におけるハイマツの年枝伸長量. 長野県環境保全研究所研究報告, **7**, 39-42, 2011
- 40) 田中健太, 平尾 章, 鈴木 亮, 飯島慈裕, 浜田 崇, 尾関雅章, 廣田 充: 地球温暖化が山岳域と極域の生態系に与える影響: 一人工温暖化実験によって何がわかってきたか?-. 地学雑誌, **122**, 628-637, 2013
- 41) 浜田 崇, 尾関雅章, 飯島慈裕, 水野一晴: 高山帯風衝斜面におけるオープントップチャンバー内の風速の観測. 長野県環境保全研究所研究報告, **10**, 43-48, 2014
- 42) 堀田昌伸, 浜田 崇, 田中 守: 長野市周辺におけるカラ類の産卵日と気象条件. 長野県環境保全研究所研究報告, **10**, 7-11, 2014
- 43) 浜田 崇・陸 斉: 市民参加型調査による温暖化モニタリングの実践と課題. 長野県環境保全研究所研究報告, **7**, 27-32, 2011
- 44) 堀田昌伸, 中曾根久子, 渡辺憲一, 植松晃岳, 宮澤富幸, 松原秀幸, 吉田保晴, 齋藤 信, 齋藤あずさ: 長野県における夏鳥の初認・初鳴き調査(2011年): 野鳥関係の8市民団体の会員による. 長野県環境保全研究所研究報告, **8**, 43-47, 2012
- 45) 畑中健一郎, 浜田 崇, 田中博春, 陸 斉, 長谷川曜: 長野県内のセミ類への気候変動影響調査のための市民講座プログラム. 長野県環境保全研究所研究報告, **11**, 31-36, 2015
- 46) 栗林正俊, 富樫 均, 浜田 崇, 尾関雅章, 大和広明, 陸 斉, 畑中健一郎: 長野県における5年間のセミの抜け殻調査—気候変動が身近な生き物に及ぼす影響を評価する試みとして—. 長野県環境保全研究所研究



- 報告, **13**, 47-53, 2017
- 47) 北野 聡: 温暖化によって千曲川上流域のイワナ生息地点はどうなるか. 長野県自然保護研究所紀要, **4** (別冊1), 335-342, 2001
- 48) 北野 聡: 千曲川上流域における魚類の生息状況-夏期水温と関連して. 長野県環境保全研究所研究報告, **8**, 49-53, 2012
- 49) Takano K.T., Hibino K., Numata A., Oguro M., Aiba M., Shiogama H., Takayabu I., Nakashizuka T: Detecting latitudinal and altitudinal expansion of invasive bamboo *Phyllostachys edulis* and *Phyllostachys bambusoides* (Poaceae) in Japan to project potential habitats under 1.5° C-4.0° C global warming. *Ecology and Evolution*, **7**, 9848-9859, 2017
- 50) 環境省: 生物多様性分野における気候変動への適応, [https://www.env.go.jp/nature/biodic/kikou\\_tekiou-pamph/tekiou\\_jp.pdf](https://www.env.go.jp/nature/biodic/kikou_tekiou-pamph/tekiou_jp.pdf) (2018.12.21アクセス)
- 51) 陸 齊, 須賀 丈, 浜田 崇, 堀田昌伸, 尾関雅章, 畑中健一郎: 長野県における気候変動下の生物多様性保全施策に向けて. 地球環境, **21**, 157-166, 2016
- 52) 石田祐子: 希少植物の生息域外保全とその可能性. 長野県環境保全研究所研究報告, **13**, 1-12, 2017
- 53) 国立環境研究所地球環境研究センター: 全国酸性雨データベース, <http://db.cger.nies.go.jp/dataset/acidrain/ja/research.html> (2018.12.21アクセス)
- 54) 環境省生物多様性センター: 全国自然系調査研究機関連絡会議 (NORNAC), [http://www.biodic.go.jp/relatedinst/rinst\\_main.html](http://www.biodic.go.jp/relatedinst/rinst_main.html) (2018.12.21アクセス)
- 55) 環境省: 大気汚染物質広域監視システム, <http://soramame.taiki.go.jp/> (2018.12.21アクセス)
- 56) 国立環境研究所: 有害紫外線モニタリングネットワーク, <http://db.cger.nies.go.jp/gem/ja/uv/index.html> (2018.12.21アクセス)
- 57) 国立環境研究所: 環境数値データベース, <http://www.nies.go.jp/igreen/> (2018.12.21アクセス)
- 58) 国立環境研究所: 地球環境データベース, <http://db.cger.nies.go.jp/portal/?lang=jpn> (2018.12.21アクセス)
- 59) 環境省生物多様性センター: いきものログ, <https://ikilog.biodic.go.jp/> (2018.12.21アクセス)
- 60) 渡辺保史: 情報デザイン入門, p237, 平凡社新書, 東京, 2001