

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

Approaches to biodiversity conservation policies in the face of climate change in Nagano Prefecture

陸 齊^{1*}・須賀 丈¹・浜田 崇¹・堀田 昌伸¹・尾関 雅章¹・畑中 健一郎²
Hitoshi KUGA^{1*}, Takeshi SUKA¹, Takashi HAMADA¹, Masanobu HOTTA¹,
Masaaki OZEKI¹ and Kenichiro HATANAKA²

¹長野県環境保全研究所

²長野県 環境部 自然保護課

¹ Nagano Environmental Conservation Research Institute

² Nature Conservation Division, Environment Department, Nagano Prefecture

摘 要

近年の気候変動の影響により、多くの種で絶滅の危険性が高まるなど生物多様性が損なわれる危機が生じており、適応策の必要性が指摘されている。長野県においては、「長野県生物多様性概況報告書」を基礎に気候変動影響も視野に入れた「生物多様性ながの県戦略」を策定した。これは生態系サービスにも着目し、環境部のみならず農政部、林務部、観光部、建設部等、多くの部局の施策に関係した内容になっている。また、10年が経過したレッドリストの改訂作業を通して、絶滅危機の新たな要因の評価には、予測科学の成果とともにモニタリング情報が必要であることが改めて認識された。現在、長野県では、市民参加のモニタリング体制が構築されデータが蓄積されつつある。これらの成果を基礎として、今後、関係者の連携体(プラットフォーム)での情報共有と検討を通じて、より包括的で柔軟な適応の体制を築く必要がある。

キーワード：気候変動適応、生物多様性、長野県、モニタリング

Key words：climate change adaptation, biodiversity, Nagano Prefecture, monitoring

1. はじめに

近年の気候変動の生物への影響が、世界各地で観察されている。桜の開花が早まるなどの生物季節の変化、分布域の移動等である。生物にはもともと環境の変化に自律的に適応する能力があるが、近年の気候変動の速さは、人間活動の影響により、これまでの気候変化速度をはるかに上回っていると考えられている。これらの変化は地域固有の生物相を変化させ、進化の過程で獲得してきた地域特有の生物間相互作用に重大な影響を与え、多くの種で絶滅の危険性が高まるなど、生物多様性が損なわれる危機が生じている。そのため、今後の気候変動にも適応できるように、生物多様性保全対策を再検討する必要がある^{1), 2)}。自然生態系の変化を「人為的な対策により広範に抑制することは不可能」¹⁾であり、適応策は限定されたものにならざるを得ないが、叡智を結集し実施していかなければならない。

まずは、気候変動によって自然生態系にどのような影響が観測されており、また、予測されているのかについて概観する。そのうえで、長野県の気象の

現状について触れ、生物多様性分野の気候変動適応に向けた長野県の取組について述べる。

2. 気候変動の自然生態系への影響

2.1 観測された影響

気候変動の生物への影響は、世界各地で顕在化している。南米ペルーでは、近年の気温上昇の影響で、樹木の分布地点が平均で年に2.5~3.5 m上へと移動している³⁾。ヨーロッパアルプス中部においても、植物の大部分が10年間に約1 m、最大で4 m高標高エリアへ移動していること、ヨーロッパに生育する植物542種の開花、開葉、結実記録中、78%で時期が早まっていることも報告されている^{4), 5)}。

日本においても、平均気温の上昇、降水量の増加、積雪期間の短縮等の気候変動により、サクラやウメの開花日やダケカンバ(長野県志賀高原)の開葉時期の早期化、イチヨウの黄葉やカエデの紅葉の遅延化、ナガサキアゲハ等昆虫の分布域の北上、マガンやコハクチョウの越冬個体数の増加、高層湿原ハナゴケ群落の増加(長野県霧ヶ峰)、いくつかの樹種の分布

受付：2016年7月6日，受理：2016年8月31日

* 〒381-0075 長野市北郷2054-120, e-mail: kuga-hitoshi@pref.nagano.lg.jp

域の変化が、長野県を含む日本各地で観察されるなど、さまざまな影響が指摘されている^{4)~8)}。

一方、これまで種間の活動時季の同調により成立してきた関係が、維持しにくくなっている例も報告されている。例えば、訪花性昆虫の出現時期と蜜源植物の開花時期がずれることにより種子生産が減少している例や、ある種の鳥類(主に小鳥類)の、繁殖期の餌の出現と育雛のタイミングにミスマッチがおこっている例などがある^{9), 10)}。その他にもさまざまな生物において、分布域が両極地側、あるいは高標高側へ移動したり、種毎にフェノロジーが変化して種間関係にズレが生じたりしていることが観察されている²⁾。

2.2 予測される影響

既に観測されているこれらの影響とともに、将来の自然生態系への気候変動影響についてもさまざまな予測がなされている。例えば、山岳の頂上部や山岳溪流のような孤立した個体群では、気候変動の影響により地域的な絶滅などを伴う重大な影響が現れる可能性が高く、このような傾向は今後とも継続すると予想されている。今後、気候が大きく変化した場合には、生息域が狭い種、孤立した種は、潜在的に大きな移動能力が備わっていたとしても、生存に適した気候域へ移動することができず、個体数の減少や繁殖率の低下などが生じる可能性がある²⁾。また、高標高かつ高緯度の淡水生態系と陸上生態系においては、将来、気候変動が低いレベル(排出シナリオ RCP2.6)で推移したとしても、21世紀の後半には、気候変動が、人間活動以上に、種の分布と自然生態系機能の主要な変化原因となる可能性がある²⁾。

国内においても、いくつかの樹種において生育適域の将来変化予測がなされている^{11), 12)}。例えば、現在ブナ林が分布する地域が、今後ともブナの生育適域でありつづける面積は、2031~2050年には47~32%に、2081~2100年には21~4%に、それぞれ減少するとの予測がある。北海道ではブナの適域が現在の分布北限を越えて北へ広がると予測されているが、ブナの分布拡大速度が遅い上に、天然林が現在のように分断されたままでは移動が困難である。このままの状態ではブナが分布を変える速度は温暖化のペースに追いつかない可能性が高く、ブナの衰退後には、カシ類やモミ、コナラ、クリ、ミズナラなどに置き換わるとの指摘がなされている¹¹⁾。

長野県では、気候変動が高山帯の生物へ影響を与えることが心配されている。例えば、最も寒冷な厳しい気候に適応した鳥であるライチョウ *Lagopus muta* は、日本の本州中部の高山帯に同種の世界的な南限集団(亜種 *L.m.japonica*)として、また氷河期の遺存種として孤立分布しており、温暖化に対しては非常に脆弱であると考えられる。本亜種は厳冬期を除いて高山帯に生息し、矮性のハイマツは彼らの営巣場所であるとともに捕食者からの逃避場所にも

なる。そのため、ハイマツなどの高山植生が気候変動によりどのように変化していくかは、ライチョウの存続を左右する非常に重要な条件である。

そのため当研究所は、国立研究開発法人 森林総合研究所等と共に、北アルプス中南部(南北約30 km, 東西約20 km)において、現在と将来の高山植物群落の潜在生育域とライチョウの潜在生息域を予測し、気候変動影響の評価を行った¹³⁾。その結果、高山植生の潜在生育域は大きく減少し、それに伴ないライチョウの潜在生息域も、わずかに残るものの、大きく減少すると予測された。

3. 長野県の気候変動

3.1 過去から現在の気候

これまでの長野県内における気候変動の状況をみると、県内の100年あたりの年平均気温の変化(1901年以降)はおおむね約1.3℃の上昇であった(図1)¹⁴⁾。これは日本の平均気温(国内の15観測地点)の100年あたりの昇温量(1.14℃)よりやや高い値である¹⁵⁾。特に、1981年以降の10年あたりの昇温量は大きく、県内28地点の気象庁アメダス観測点の平均では、10年あたりの日最高気温の上昇量は0.54℃/10年と大きかった。また、県内の5地点(長野、松本、飯田、軽井沢、諏訪)の月平均気温は、1980年代以降(1981~2012)、2月と9・10月に顕著な昇温傾向が認められた。これに対し、3~5月は多くの地点で有意な変化が認められなかった。つまり、最寒月と秋の気温が上昇し夏が長期化する一方で春の気温はあまり変化していない、という傾向がみられた。

県内の年最大積雪深の変化は、長野、松本、飯田とも有意なトレンドはみられなかった¹⁴⁾。一方、2014年はいずれの地点においても、1962年以降最も積雪が多かった。この年のように、南岸低気圧の通過に伴う大雪が、1998年以降、特に県の中南部においてみられる。この傾向が今後どのように変動していくのかは、生物多様性の保全の観点からも注目に値する。

一方、県内の年降水量の経年変化にはトレンドはみられなかった¹⁴⁾。日本平均をみても、年降水量の長期変化はみられないことから、同様の傾向の現れと考えられる¹⁵⁾。

3.2 気候変動予測

都道府県レベルの気候変動予測は、まだ限定的にしか実施されていない。ここでは、主に環境省環境研究総合推進費(S-8)「温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究」(以下、S-8)や気象庁などの気候変動予測結果を参考として、長野県の気候変動予測結果について記載する。

S-8 共通シナリオ第2版(気候モデルがMIROC5, 排出シナリオがRCP8.5)における長野県の気温および降水量分布の変化予測(国立研究開発法人 国立環

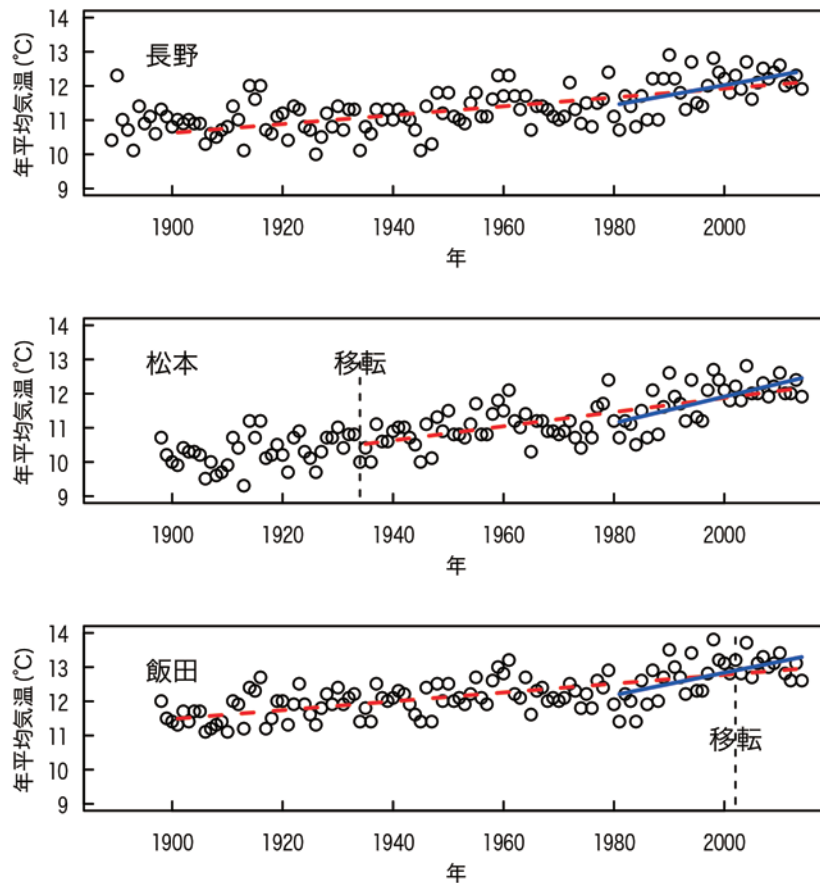


図1 長野、松本、飯田における年平均気温の経年変化。
図中の「移転」は観測地点の移動年を示している。

境研究所提供)によると、県内の2031~2050年までの気温上昇量は基準期間(1981~2000年)に対して全県1.9℃程度と予測されている。2081~2100年になると4.5~4.9℃と幅が生じ、県北部ほど気温変化量が大きくなる。

長野県内の予測降水量は、基準期間に対して2031~2050年よりも2081~2100年の方が変化率が増加し、わずかではあるが増加傾向が続くとされている。ただし、降水量の変化傾向は気候モデルによるばらつきが大きく、気温のように単調な傾向を示してはいない。

また、2031~2050年および2081~2100年における長野県内の1kmメッシュごとの年平均気温を、S-8共通シナリオ第2版(気候モデルがMIROC5, 排出シナリオがRCP2.6, RCP4.5, RCP8.5)を用いて計算したところ、長野県内の相対的な気温分布は主に標高に依存しており、標高の低いところほど昇温量が大きくなると予測された¹⁶⁾。

さらに、長野県とその周囲の地域における、最大積雪深(国立研究開発法人 海洋研究開発機構地球環境変動領域次世代モデルプログラム陸面過程モデリング研究チームおよび領域気候モデリング研究チーム(現所属:シームレス環境予測研究分野)より提供)および積雪日数(気象庁温暖化予測情報第8巻)の将来の予測結果をみると、予測された2030年代の最大積雪深の平均値は、総じて山岳域では最大積雪深

の減少量大きい傾向が認められた。

また、2000年代と2030年代の1月の月最大積雪深を、5cmを閾値として分けると、県内低平地では積雪域の縮小、すなわち無積雪域の拡大が予測された。さらに、将来気候で最大積雪深が1m以上となる年間日数が最も低下するのは、県北部では北アルプス、県南部では中央アルプスと南アルプスの山頂部で40~60日間減少すると予測された。

以上のように、長野県内においても気候変化の状況はすでに観測データから確認されている。また、最新の気候変動予測情報によれば、気温と積雪深(日数)は変化する可能性がある。こうした情報は、生物多様性分野の気候変動適応を検討する際の基礎資料として重要となる。

4. 二つの領域：生物圏自体と生態系サービス

生物多様性分野の気候変動適応では、生物圏自体が被る変化と、その変化により人間生活が被る変化の双方に目を向けなければならない。便宜的に、前者を狭義の生物多様性の領域、後者を生態系サービスの領域として区別することができるであろう。前者の気候変動適応については後段で述べることにし、まずは、後者について検討する。

国連のミレニアム生態系評価は、自然生態系から供給される便益が生態系サービスであるとし、この

生態系サービスには、供給サービス、調整サービス、文化的サービスと、これらのサービスの維持に必要な基盤サービスがあるとした¹⁷⁾。

国内の農山村に即するならば、農業や森林の多面的機能がこの生態系サービスにほぼ一致するとの指摘がある。嘉田は、生態系サービスと農業の多面的機能の関係について『里山』という空間に限定すれば両者はかなりの部分が共通している」と述べている¹⁸⁾。具体的には、供給サービスが農業生産と、文化的サービスが多面的機能のうち「保健休養・やすらぎ」と、調整サービスがそれ以外の多面的機能と対応するという。また太田は、森林の多面的機能について、生態系サービスの「説明内容と一致するところが多い。」としている¹⁹⁾。

これらを踏まえて敷衍すれば、農林業のほか観光、教育、文化、防災など地域社会の広範な領域が生態系サービスに支えられていることになる。つまり、生物多様性分野の気候変動適応は、生態系サービスの持続可能性にも関わるものととらえることができる。特に、生物多様性保全対策を具体化する場合、狭義の生物多様性の領域に関わる問題だけではなく、生態系サービスの領域における諸課題との関連を考慮して取り組まなければならない。これは単に、生態系サービスの領域がより身近であり、生物多様性そのものの問題よりも理解を得やすいというためだけでなく、相互が不可分に連動しているためである。この問題については後段で再び取り上げる。

5. 「狭義の生物多様性の領域」の気候変動適応

5.1 気候変動適応をどう考えるか

狭義の生物多様性の領域についてみると、生態系サービスがなるべく損なわれないように配慮しながら自然生態系本来の能力を維持し、気候変動への適応能力を高い状態に保つための介入が、人間社会には求められている。つまり、自然生態系内の生物多様性が一定程度保たれることと、気候変動影響により生じる自然生態系へのリスクが低減されることの両方が同時に達成されることが求められる。

自然生態系本来の能力を生かし続けるには、気候変動の進行を遅らせる緩和策(温室効果ガスの排出抑制)が最も有効であるが、現時点では、最大限の緩和策をもってしてもなお、今世紀末頃までは気候変動は進行すると予測されている。進行する気候変動は、他のいくつかの人為的な要因(例えば開発等による生息地改変や汚染、里山放置による田畑や草原の森林化、侵略的外来生物など)との相互作用により、多くの種の絶滅リスクを高めていると考えられる。また、日本の各地において生じているある種(シカ等)の急激なバイオマス増加も、気候変動影響と相まって他種の絶滅要因になる可能性がある²⁰⁾。したがって、生物多様性の保全のためには、気候変

動緩和策と共に、自然生態系への他の様々なストレスを低減させる対応が必要である。

5.2 気候変動適応のアプローチ

生物多様性分野の気候変動適応では、生物自身が自律的におこなう適応と人が支える適応とを分けて考える必要があり、ここで扱うのは人が支える適応である。ただし、生物は自然生態系の中で全体として変化するため、人の関与は限定かつ慎重になされるべきである¹⁾。

森は、自然生態系保全に向けた適応の考え方として、エコシステムマネジメントを提唱している^{21), 22)}。それは、いくつかの技術を組み合わせ、自然生態系の健全性を保全・復元する方法である。考え方としては、コースフィルターアプローチ(目の粗い保全網による対応)とファインフィルターアプローチ(目の細かい保全網による対応)との併用である。この両者を組み合わせることにより、より適切な適応策が実施できるものと考えられる。その方法は、保全計画の策定及びモニタリングに基づき計画の修正を繰り返す順応的管理の考え方に沿って対処するのが適当であろう。また、限られた資源を有効に利用するために、優先順位を決めて対応すること(エコロジカルトリアージ)も含まれるだろう。

5.2.1 コースフィルターアプローチ

従来の自然保護対策においては、稀少種保全がその主要な内容であった。しかし、われわれは全ての種の状態を把握しているわけではなく、また、気候変動影響によりこれまで稀少種ではなかった種に絶滅の危機が迫ることも予想される。しかし、それを精確に予測することは、現段階では困難である。

現在の気候変動の速度や科学の限界を考慮すれば、「稀少種を単位とした対策」では十分な保全ができないうちに自然生態系の健全性が損なわれることも想定される。それに対して「代表的な生態系を景観内に健全な状態で配列すること」を優先する保全対策が提唱されており、これをコースフィルターアプローチと言う。

例えば、生息地の復元(ビオトープの再生)や里山の伝統的な管理の復元(適度な攪乱操作を含む)などを組み合わせた自然生態系レベルの多様性の保全・復元がある。また、既存の自然生態系保全対策の、影響予測に基づく修正を含めたり、ハビタットの連続性の確保や、多様な変異を持つ遺伝子プールの確保のために、自然保護区の新たな設置や変更、それらを繋ぐ回廊(コリドー)づくりも有効な手段と言えるだろう。

自然生態系の保全を目指したこのような景観単位での対策を組み合わせ継続することにより、結果として、いくつかの稀少種も保全されることが期待される。

5.2.2 ファインフィルターアプローチ

種の生息・生育状況がある程度わかっている種、

分散の条件や能力、利用することのできる資源が限られている種については、種レベルでの保全対策を検討することも必要になる。このような個別の保全対策をファインフィルターアプローチと言う。

例えば、日本のライチョウは、世界的には同種の南限集団であり、気候変動の影響に対して非常に脆弱であることは既に指摘した。そのため、国(環境省)により保護対策の検討が始まっている。そこでは、予測科学の情報を活用しつつ、全ての可能性について検討されることが必要になるだろう。

保護区域の設定においては、どこが将来の生息適域かの予測が重要である。生息適域となる可能性が高い場所については保護区とし、対策のレベルをより高くすることや、気候変動以外の要因(例えばニホンジカの分布拡大による餌植物の減少等)をできる限り排除すること等が求められる。また、日本ではライチョウのヒナの生存率が、梅雨の悪天候や捕食圧などにより孵化後一ヶ月間低いことから、そこに保護のための投資を集中させるなど、特別な対応が重要になる²³⁾。また、生息適域から外れると予測された場所についてはモニタリングによる追跡とともに、同エリアに生息する個体の移動補助、域外飼育による個体の保存、新たな生息域の開拓なども必要になる可能性がある。それらを科学的に幅広く検討するためには、協議会などが必要だろう。

6. 長野県における生物多様性保全領域の施策

6.1 施策の領域と所管

気候変動への適応は、まず科学的な気候変動の予測、次いでその人間生活への影響の予測がなされ、それらの予測に基づいて社会的な適応を行うという順序で説明されるのが通常である²⁾。国や地方公共団体では、この社会的な対応をどのようなかたちで施策に組み込むかが課題となる。

この課題に取り組むには、それに先立ち現状の施策体系における課題の位置づけを把握し、評価することが必要である。その際、地方公共団体では、広範な生態系サービスの領域を視野におさめることも重要である。なぜなら、地域の住民ニーズに直結しやすいのは、生態系サービスだからである。とはいえ、狭義の生物多様性の領域もまた重要であることは前段で指摘した。繰り返すが、それは地域特性を持った生態系サービスの基盤であり、その変化は(予測が容易ではないとはいえ)地域の生態系サービスのあり方を左右すると考えられるからである。

長野県では、これらの領域の所管が、環境部・農政部・林務部・観光部・建設部・教育委員会などに分かれている。気候変動影響への適応において、これらの部局間いかに横断的な体制を築くかは重要な課題である。その展望については、以下で触れる。そこでは現行の施策の枠組みのうち、今後に向

けた基礎となるものにどのようなものがあるかに着目する。

6.2 「生物多様性ながの県戦略」の策定と

生物多様性分野の気候変動適応の課題

現行の枠組みで生物多様性分野の気候変動適応にとって中心的な位置にあると考えられるのは、2012年2月に策定された「生物多様性ながの県戦略」である²⁴⁾。この所管は環境部であるが、策定の過程では県庁内30所課から成る庁内調整会議で内容を検討し、また長野県環境審議会および生物多様性長野県戦略策定委員会などで、多分野からの意見が集約された。その内容は、狭義の生物多様性の領域のほか、農林業や観光、教育などにも言及したものとなっている。

生物多様性が長野県の施策に体系的に位置づけられたのは、このように比較的近年のことである。しかし、長野県は全国的にも貴重で特色のある自然環境に恵まれた県であり、高度経済成長期とその前後には自然保護か開発かの対立が数多く生じた。ビーナスラインや南アルプススーパー林道の問題、各地のゴルフ場や別荘開発、さらに1990年代の長野冬季オリンピックなどがこれに含まれる^{25)、26)}。県組織でも自然保護対策としてこれらの問題への取組がなされた。こうした開発の問題は、その後の生物多様性国家戦略では生物多様性の四つの危機のうち「第1の危機」(開発など人間活動による危機)に含まれるかたちで整理されている²⁷⁾。

その後、日本が低成長時代に移行し、農山村での人口減少や経済のグローバル化など新たな社会変化が顕在化したことにともない、自然環境の保全でも別の側面からの問題が注目を集めるようになってきた。生物多様性の「第2の危機」(自然に対する働きかけの縮小による危機)や「第3の危機」(外来種など人間により持ち込まれたもの)、さらに近年では気候変動の影響が「第4の危機」(地球温暖化や海洋酸性化など地球環境の変化による危機)として指摘されるようになった²⁸⁾。

こうした問題の多様化にともない、自然保護の施策の考え方の枠組みにも変化が生じた。長野県でも、生物多様性条約以後の国内法の整備や愛知県で開催された生物多様性条約(CBD, Convention on Biological Diversity)第10回締約国会議(COP10)などの動きにも対応したかたちで、幅広い領域にかかわる生物多様性の考え方が施策体系に取り込まれるようになってきた。たとえば、現行の第三次長野県環境基本計画(2013~2017年度)では、「地球温暖化対策・環境エネルギー政策の推進」や「生物多様性の保全と持続可能な利用の推進」が掲げられている²⁸⁾。

そして、生物多様性に関する広範な課題を体系づけたのが、前述の「生物多様性ながの県戦略」である²⁴⁾。この戦略は生物多様性の保全と持続可能な利用のための基本的・総合的な計画として、生物多様

性基本法第13条に定める生物多様性地域戦略として策定された。県内の生物多様性の現状と課題を整理し、その状態の改善に向けた目標と行動計画などを定めた内容となっている。また、長野県の生物多様性の危機の要因として、いわゆる「三つの危機」のほかに「地球温暖化による影響」と「国外・県外の資源利用による影響」をあげている。

このなかで「地球温暖化による影響」については、「今後長野県内で起こりうる影響」として、高山帯の自然生態系の変化、溪流魚の生息場所の縮小、生物季節の変化、ブナ林や亜高山帯の森林の縮小、種間関係の変化、農作物の質の低下や新たな病害虫の発生、ニホンジカやイノシシの分布拡大や個体数の増加を掲げている。この記述にあたって参照されたのは、県内外の多くの先行研究をレビューした「長野県生物多様性概況報告書」である²⁹⁾。

この戦略ではそうした現状や予想される危機を踏まえて、「生命(いのち)にぎわう『人と自然が共生する信州』の実現」を2050年(平成62年)までの中長期目標(ビジョン)とし、「生物多様性の損失を止めるために、(中略)効果的で緊急な行動を実施」することを2020年(平成32年)までの短期目標(ミッション)としている²⁴⁾。これらの目標年度は、CBD COP10採択の愛知ターゲットと同じである。そして、この目標のための多岐にわたる行動計画を、「知る」(調査や情報収集)、「守る」(保全や外来種対策・温暖化対策など)、「活かす」(持続可能な利用)、「広める」(情報発信や教育)、「つなぐ」(連携の強化)の5項目に整理している。このうち「活かす」では、里山の活用、環境と共生する農林業の振興、観光利用との調和、地産地消等の推進などが掲げられている。また、「つなぐ」では、森林の二酸化炭素吸収量の認証、災害に強い森林づくりなどが述べられている。したがって、これらの項目や「広める」(情報発信や教育)は、生態系サービスのいくつかの側面に目を向けた内容になっていると解することができる。

さらに、この戦略では、これらの行動計画の重点施策として次の五つの「プロジェクト」を掲げている。「生き物アンテナプロジェクト」(レッドリストの改訂や生物多様性ホットスポットの選定など)、「日本の屋根(高山帯)プロジェクト」(登山道整備やライチョウのモニタリング調査など)、「里山活性化プロジェクト」(草原環境の再生など)、「地球温暖化対策プロジェクト」(温室効果ガスの排出削減や吸収源対策など)、「地域連携・協働促進プロジェクト」(多様な主体の連携ネットワークの構築)である。これらの「プロジェクト」を気候変動への適応策にどう関連づけていくかは、今後の重要な課題である。

ただし、この戦略での「地球温暖化対策プロジェクト」の記述に「適応」の語は見られない。ここでの記述には、「温室効果ガス排出削減対策」、「温室

効果ガス吸収源対策」、「新たなる施策の展開」の3項目が掲げられている。最後の「新たなる施策の展開」には「県の地球温暖化対策を見直し、実行性の高い施策に再構築します」とある。この記述は、適応策に取り組み余地のあることを示すものと読むこともできる。今後見込まれる予測技術の向上とその実用化、さらに具体的な適応策の検討を、その内実にあたるものとして発展させていくことが必要である。

6.3 長野県版レッドリスト改訂における気候変動影響の評価

生物多様性ながの県戦略は、前述のように2020年(平成32年)を短期の目標年度としている²⁴⁾。その約半分の年月が経過し、現在は折り返し点をむかえたところである。この戦略の「知る」(調査や情報収集)の項目の中で、折り返し点までに出された成果の一つが長野県版レッドリストの約10年ぶりの改訂である^{30), 31)}。このなかで気候変動の影響がどのように評価されたかを、次に見てみよう。

愛知ターゲットは、その目標12に「絶滅危惧種の絶滅及び減少の防止」を掲げている。種の絶滅や減少を防ぐためには、原因となる人間活動を特定し、その関連を社会に示す必要がある。そこで長野県版レッドリストの改訂では、動植物に共通の方法で種の絶滅危惧要因を集計し、原因となる人間活動を評価した。その作業は長野県版レッドリスト改訂委員会と分類群別の専門部会でおこなわれ、この検討のため計200名以上の協力者から情報提供を受けた。絶滅危惧要因の判定は、これまでの生息状況の変化など、主にフィールドでの知見に基づいておこなわれた。その要因は、「第1の危機」である“森林伐採”、“河川開発”など、および「第2の危機」である“草原の管理停止”などの共通の選択肢を計27項目設定し、このなかから三つまで、各分類群の専門家が選択した。

その結果、「第1の危機」がほとんどの分類群で最も重要な要因であること、「第2の危機」はよく調査されている分類群(維管束植物・チョウ目)で、「第3の危機」は陸水生生態系(魚類・トンボ目)でそれぞれ顕在化していること、「第4の危機」は産地局限種の多さから今後顕在化のおそれがあることなどが示された。ただし、「第4の危機」には「産地局限」と“気候変化”の2種類の要因が含まれており、実際に種の絶滅危惧要因として選択されたのは、ほとんどが“産地局限”であった。“気候変化”が選択されたのは、影響予測の研究が進んでいるライチョウなどごく一部の種に限られていた。

“気候変化”が要因としてほとんど選択されなかったことは、レッドリストにおける絶滅危惧要因の評価方法自体の特性と限界を反映していると考えられる。この方法では、主に、過去から現在の生息環境の変化が現場での知見によって判断されている。これには経験的なベースがあり、その面ですぐれて

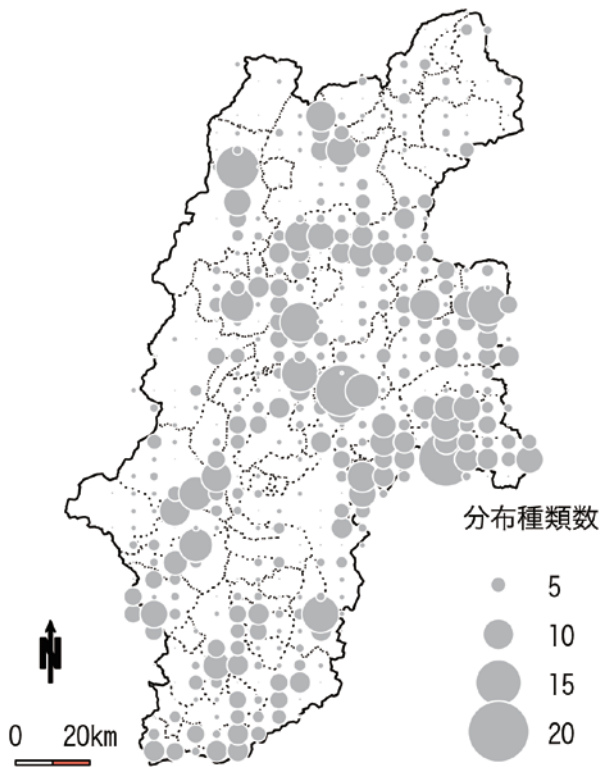


図2 長野県内の生物多様性ホットスポット評価の一例。レッドリストの改訂で絶滅リスクが増大した維管束植物の種数を表示。草原や水域、水田・畦畔など二次的な自然環境に生育する種の産地に集中。

いるといえる。しかし、野外でまだ顕在化していない要因を評価するには適していない。気候変動影響は、生物多様性保全にとって今後重要になる可能性が高いにもかかわらず、多くの種において顕在化を明確には把握しにくい要因である。したがって、気候変動影響の重要性を評価するには、従来の経験的な方法だけでなく予測科学による方法を導入することが不可欠である。

なお、改訂されたレッドリストでは、維管束植物と昆虫のコウチュウ目・チョウ目について、絶滅のおそれのある種の分布密度が地図で示されている。この分布密度の高い地域は、特定の方法で示された生物多様性ホットスポットであると見ることができる。このような地域を効果的に保全することは、県全体の生物多様性の保全にとっても重要な意味を持つ。したがって、気候変動への適応策をこうした生物多様性ホットスポットにおいて、いかに発展させるかも重要な課題である(図2)。

7. 市民参加による生物多様性モニタリング

前段でも指摘したように、生物は自律的に気候変動に適応し変化していく。生物の変化メカニズムは、複雑な生物間相互作用の下にあり、ほとんど把握できていない。そのため、生物多様性への気候変動影響を把握するには、長期にわたりモニタリングを継続する必要がある。特に、地域特性に応じたモ

ニタリグ計画と実施体制の構築が求められる。

当研究所では希少種等を中心に独自に生物のモニタリングを継続しているが、職員数等により観察できる対象はごく一部に限られる。一方で、気候変動影響はさまざまな生物に現れている可能性があり、県内の広範囲に及ぶことから、情報の収集には多数の市民の協力が求められる。同時に、こうした自然の変化を市民が自らモニタリングすることは、「気候変動影響」が多くの人々の身近な問題になっていくことにも繋がる、という効果も期待できる。

すでに、全国にはさまざまな市民調査の仕組みがある³²⁾。それを参考にしつつ、当研究所では、以下の3つの方法で情報収集を開始した。

7.1 公開型インターネットシステムによる

情報収集・公開：温暖化ウォッチャーズ

WebGIS(インターネット上の地図を介して情報をやり取りする方法)の一つである「eコミュニティ・プラットフォーム(略称eコミ; 国立研究開発法人防災科学技術研究所が開発)」を利用した。今回の目的に沿ったシステムの改良作業は、法政大学地域研究センター、中部大学中部高等学術研究所国際GISセンターおよび株式会社ファルコンの協力を得て実施した。そして、これを「信州・温暖化ウォッチャーズ」と命名した³³⁾。

登録メンバーは、自主的に手を挙げてくれた120名程である。また、データは春・夏・秋冬の3期に分けて収集しているが、各期の登録件数は今のところ100~200件ほどである。

一般市民が参加することを考慮し、観察対象は、鳥・虫・草木・田畑・雪や氷の五つのカテゴリー別に、季節ごとに数種、合計38種を選定した(表1)。

7.2 自然調査イベントによる情報収集:

セミの抜け殻調べ

セミは種ごとに温度や樹種などに独自の嗜好を持ち、生息に適した環境があることが知られている³⁴⁾。長野県内でも最近、これまで生息していなかったクマゼミ(西日本に多く生息)が県南部で観察されるようになるなど、気候変動影響によりセミの分布が変化する可能性がある。セミは身近であり、抜け殻による種同定が可能で、子どもでも採集が容易である。そのため、2008年から活動実績がある「セミの抜け殻しらべ市民ネット」³⁵⁾の協力を得て、年に1回の自然体験イベントとして実施している。

イベントは2時間1回のプログラムで、県内6箇所の定点調査を兼ねている。当日は、会場の公園や雑木林などで1時間ほどセミの抜け殻を集め、その種類と数を毎年記録し続けている。

7.3 夏鳥初認調査(野鳥の会などとの共同調査)

長野県内に散在している既存の生物記録を収集することで、さまざまなことが明らかになる可能性がある。その一つの方法として、2011年から県内の野鳥関係の八つの市民団体の会員が持つ観察記録を

表1 「信州・温暖化ウオッチャーズ」の観察対象。
市民の観察対象 38 種及び自由項目。鳥・虫・草木・田畑・雪や氷の五つのカテゴリー別に、季節ごとに選定した。

観察対象	春	夏	秋	冬
鳥	ツバメ ウグイス カッコウ		モズの高鳴き	ジョウビタキ ツグミ
虫	ナミアゲハ キアゲハ ツマグロヒョウモン ウスバシロチョウ	ナガサキアゲハ クロノマチョウ クマゼミ アブラゼミ ミンミンゼミ	アサギマダラ ツマグロヒョウモン キロスズメバチ	冬にみかけたチョウ
草木	マンサクの花 カタクリの花 フクジュソウの花 ソメイヨシノの花	ヤナギランの花 マツムシソウの花 ニッコウキスゲの花	ヒガンバナの花 オミナエシの花 イロハカエデの紅葉	
田畑	リンゴの花 アンズの花 ナシの花 田んぼの水張り 田植え		稲刈り・はぜ掛け	
雪や氷	〇〇山の残雪がなくなった		初雪(山の初冠雪、庭の初雪など)	池や湖の水
自由項目	私が見つけた温暖化			

収集している³⁶⁾。調査対象は、県内に飛来する夏鳥 14 種と留鳥・漂鳥 2 種の計 16 種の 2~6 月の初認と初鳴き記録である。毎年約 100 名の方々の参加により約 500 件の記録を収集している。

8. 今後に向けて

長野県では、生物多様性保全のために、山岳環境のモニタリング強化(国立研究開発法人 国立環境研究所との連携による山岳カメラの設置)、自然保護区の見直し、レッドリスト改定等による希少種の特定や対策の推進体制の強化(普及啓発、企業等の協力者の発掘と連携～楽天(株)と長野イヌワシ研究会の連携等)を実施している。しかし、ここに科学的な影響予測情報をどのように繋げるかについては、まだ十分に議論ができていない。

一方で、適応策の推進体制は、「長野県環境エネルギー戦略～第3次地球温暖化防止県民計画」に位置づけている³⁷⁾。そこでは、詳細な気象観測データに基づく適応推進というプロセスを描いている。県内には既にさまざまな目的(道路管理や河川管理等)のために多くの場所で気象観測が実施されている(気象台の数倍規模)。それらを一元的に管理することで、県内の詳細な気象をモニタリングすることが可能である。その成果は、気候変動影響により発生する諸課題(農業や防災、生物多様性保全等)への対策に利用することができるようデータベース化し、課題ごとに関係者の連携体(プラットフォーム)を構築して活用するような仕組みづくりを予定している。生物多様性分野の気候変動適応検討も、このプラットフォームにおいてなされる予定だが、それ

は、詳細な気象データに基づくさまざまな影響予測情報を加味しながら、既存の生物多様性保全事業及びその延長上に発生する諸問題を扱うようになると考えられる。現在、こうした課題に、文部科学省「気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)」を通して取り組んでいるところである。

具体的な対策に於いては、地域住民、企業、行政等の多くの参加が不可欠である。しかしながら、生物多様性や気候変動への理解そのものが多くの市民にはまだ十分に得られていない。それでもなお、多くの主体の参加を得ようとするなら、生物多様性の保全への取組が、生態系サービスに繋がることや、農山村集落の活性化(地域づくり)等の地域課題にも繋がることを示す必要があるだろう。そのことにより、さまざまな主体間の連携が生まれ、継続した取組が実現できるものと考えられる。

謝 辞

本研究の一部は、環境省環境研究総合推進費(S-8)「温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究」並びに文部科学省「気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)」により行われた。また、ライチョウの生息適域予測については、主に国立研究開発法人森林総合研究所の津山幾太郎氏、中尾勝洋氏等と共同で実施した。ここに記して謝意を示す。

引用文献

- 1) 日本政府(2015)気候変動の影響への適応計画
(<http://www.env.go.jp/press/files/jp/28593>.)

- pdf) (2016年9月20日最終確認)
- 2) IPCC(気候変動に関する政府間パネル)(2014) 第5次評価報告書第2作業部会報告書
(<http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>)
(2016年9月20日最終確認)
 - 3) Kenneth J. F., M. R. Silman, M. B. Bush, W. Farfan, K. G. Cabrera, Y. Malhi, P. Meir, N. S. Revilla, M. N. R. Quisiyupanqui and S. Saatchi (2011) Upslope migration of Andean trees. *Journal of Biogeography*, 38, 783-791
 - 4) 中静 透(2009)温暖化が生物多様性と生態系に及ぼす影響. 地球環境, 14, 183-188.
 - 5) 樋口広芳・小池重人・繁田真由美(2009)温暖化が生物季節, 分布, 個体数に与える影響. 地球環境, 14, 189-198.
 - 6) 大塚孝一・尾関雅章(2015)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
 - 7) 長野県環境保全研究所(2008)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. 長野県環境保全研究所 研究プロジェクト成果報告, 6. 59pp.
 - 8) 大丸裕武・安田正次(2009)地球温暖化と山地湿原. 地球環境, 14, 175-182.
 - 9) 工藤 岳(2014)気候変動下での山岳生態系のモニタリングの意義とその方向性. 地球環境, 19, 3-11.
 - 10) Visser, M.E., C. Both and M.M. Lambrechts (2006) Global climate change leads to mistimed avian reproduction. In: A.P. Moller, W. Fiedler and P. Berthold, eds., *Birds and Climate Change*, 89-110, Academic Press.
 - 11) 松井哲哉・田中信行・八木橋 勉・小南裕志・津山幾太郎・高橋 潔(2009)温暖化にともなうブナ林の適域の変化予測と影響評価. 地球環境, 14, 165-174.
 - 12) 田中信行・中園悦子・津山幾太郎・松井哲哉(2009)温暖化の日本産針葉樹10種の潜在生育域への影響予測. 地球環境, 14, 153-164.
 - 13) Hotta, M., I. Tsuyama, K. Nakao, M. Ozeki, M. Higa, Y. Kominami, T. Matsui and N. Tanaka (2014) Impacts of climate change on the alpine habitat of the rock ptarmigan in the Hida Mountains, Central Japan. *Ornithological Science*, 13 (supplement), 215p.
 - 14) 長野県環境保全研究所(2015)長野県における温暖化の実態および予測に関する研究, 長野県における温暖化影響評価及び適応策立案手法の開発に関する研究報告書. 1-27.
 - 15) 気象庁(2014)気候変動監視レポート2013. 71pp.
 - 16) 田中博春・陸 斉(2014)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.
 - 17) Millennium Ecosystem Assessment(国連ミレニアム生態系評価)(2005)
(<http://www.millenniumassessment.org/en/index.html>)(2016年9月20日最終確認)
 - 18) 嘉田良平(2010)持続可能な里山再生の条件を考える. 中村浩二・嘉田良平(編), 里山復権能登からの発信, 創森社, 55-68.
 - 19) 太田猛彦(2012)森林飽和 国土の変貌を考える. NHK 出版, 254pp.
 - 20) 奥村忠誠・清水 庸・大政健次(2009)ニホンジカ(*Cervus nippon*)の分布拡大に影響を与える要因. 環境科学会誌, 22, 379-390.
 - 21) 森 章・石井弘明(2012)第1章 エコシステムマネジメントー概念と遍歴. 森 章(編), エコシステムマネジメントー方各的な生態系の保全と管理へ, 2-40, 共立出版, 東京.
 - 22) 森 章(2012)第13章 気候変動とエコシステムマネジメントー不確実な未来への適応, 森 章 編, エコシステムマネジメントー方各的な生態系の保全と管理へ, 295-313, 共立出版, 東京.
 - 23) Kobayashi, A. and H. Nakamura (2013) Chick and juvenile survival of Japanese rock ptarmigan *Lagopus muta japonica*. *Wildlife Biology* 19, 358-367.
 - 24) 長野県(2012)生物多様性ながの県戦略, 105pp.
(<http://www.pref.nagano.lg.jp/shizenhogo/kurashi/shizen/hogo/tayosei/tayosei.html>)
(2016年9月20日最終確認)
 - 25) 田所恭子(1999)自然保護のあり方ー法制度・諸問題・人々の動きから考える, 長野県自然保護研究所紀要, 2, 43-53.
 - 26) 長野県環境保全研究所(2009)長野冬季五輪から10年後の自然保護対策における現状と課題. 長野県環境保全研究所 研究プロジェクト成果報告, 8, 56pp.
 - 27) 環境省(2012)生物多様性国家戦略2012-2020
(<https://www.env.go.jp/press/files/jp/20763.pdf>) (2016年9月20日最終確認)
 - 28) 長野県(2013)第三次長野県環境基本計画(平成25年度~29年度). (<http://www.pref.nagano.lg.jp/kankyo/kurashi/kankyo/shisaku/3ji/zenbun.html>)(2016年9月20日最終確認)
 - 29) 長野県環境保全研究所(2011)長野県生物多様性概況報告書. 長野県環境保全研究所 研究プロジェクト成果報告, 9. 86pp. (<http://www.pref.nagano.lg.jp/kanken/chosa/kenkyu/tayose/index.html#nbo>)(2016年9月20日最終確認)
 - 30) 長野県(2014)長野県版レッドリストー長野県の絶滅のおそれのある野生動植物(植物編).

- 224pp.
- 31) 長野県(2015)長野県版レッドリストー長野県の絶滅のおそれのある野生動植物(動物編). 233pp.
- 32) Kobori, H. J. L. Dickinson, I. Washitani, R. Sakurai, T. Amano, N. Komatsu, W. Kitamura, S. Takagawa, K. Koyama, T. Ogawara, A. J. Miller-Rushing (2015) Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation. *Ecological Research*, 31(1), 1-19. (published online:17 November 2015)
 〈<http://link.springer.com/article/10.1007/s11284-015-1314-y>〉(2016年9月20日最終確認)
- 33) 長野県環境保全研究所(2015)長野県における温暖化影響評価及び適応策立案手法の開発に関する研究報告書. 長野県環境保全研究所 研究プロジェクト成果報告, 10. 196pp.
- 34) 林 正美・税所康正(2011)日本産セミ科図鑑, 誠文堂新光社, 東京, 221pp.
- 35) セミの抜け殻しらべ市民ネット. 〈<http://semigara.net/>〉(2016年9月20日最終確認)
- 36) 堀田昌伸・中曽根久子・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(2012)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.
- 37) 長野県(2013)長野県環境エネルギー戦略ー第3次地球温暖化防止県民計画, 159pp.
 〈<http://www.pref.nagano.lg.jp/ontai/kurashi/ondanka/shisaku/senryaku.html>〉
 (2016年9月20日最終確認)



陸 斉/Hitoshi KUGA

1958年, 東京都生まれ。東京農工大学卒業。農学修士(東京農工大学)。1996年より長野県環境保全研究所勤務。自然環境部長(現職)。専門は, 動物生態学・環境教育。ニホンザル等による農作物被害対策や気候変動適応策の促進体制づくりに携わってきた。主な著書に, 『ジュニア地球白書』(ワールドウォッチジャパン, 分担執筆), 『地球環境読本Ⅱ』(加藤尚武編; 丸善, 分担執筆), 『気候変動に適応する社会』(田中充・白井信雄 編; 技報堂出版, 分担執筆)など。



須賀 丈/Takeshi SUKA

1965年, 大阪府生まれ。京都大学博士(農学)。1996年より長野県環境保全研究所勤務。主任研究員(現職)。専門は昆虫生態学・保全生物学・環境史。希少種の分布と生息環境の保全, 半自然草原の歴史などを研究。『長野県版レッドリスト動物編』・『長野県生物多様性概況報告書』の作成, モニタリングサイト1000高山帯調査などに従事。主な著書に, 『草地と日本人 日本列島草原1万年の旅』(築地書館, 共著), 『シリーズ日本列島の三万五千年ー人と自然の環境史第2巻 野と原の環境史』(文一総合出版, 分担執筆)など。



浜田 崇/Takashi HAMADA

1967年, 東京都生まれ。早稲田大学卒。理学修士(東京立大学)。1996年より長野県環境保全研究所勤務。主任研究員(現職)。専門は都市気候学, 局地気象学で, 都市内の緑地や山風によるヒートアイランドの緩和に関する研究のほか, 地域の気候変動の実態把握のため山岳地における気象観測, 残雪画像の解析などにも取り組む。主な著書に, 『身近な気候・気象調査』(古今書院, 分担執筆), 『地域資源とまちづくり』(古今書院, 分担執筆)など



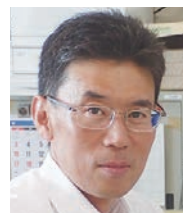
堀田 昌伸/Masanobu HOTTA

1959年, 愛知県生まれ。静岡大学卒。理学博士(大阪市立大学)。1996年より長野県環境保全研究所勤務。主任研究員(現職)。専門は動物生態学で, 絶滅が危惧される鳥類(ハチクマ, サシバ, アカモズなど)の生態調査や保護保全について取り組むとともに, 高山帯のシンボル, ライチョウの温暖化影響予測を北アルプス中南部で森林総研等と共同で実施。現在, 過去から将来にわたるライチョウの分布変遷を明らかにし, 適応策の検討をおこなうプロジェクトに参画。



尾関 雅章/Masaaki OZEKI

1971年, 愛知県生まれ。信州大学卒。農学修士(信州大学)。1996年より長野県環境保全研究所勤務。研究員(現職)。専門は植物生態学で, 特に高山植生・植物や長野県産の絶滅危惧植物を対象として, その植生及び個体群動態に関する研究のほか, 気候変動にともなう高山帯の動植物(高山植物, ライチョウ等)への影響予測などにも取り組む。主な著書に, 『白馬の自然』(信濃毎日新聞, 分担執筆), 『長野県版レッドリスト植物編2014』(長野県, 分担執筆)など。



畑中 健一郎/Kenichiro HATANAKA

1967年, 大阪府生まれ。京都大学修士(農学)。2001年より長野県環境保全研究所研究員。専門は地域計画学で, 里山の環境保全, 再生可能エネルギー利用に関する研究のほか, 市民参加型モニタリング体制づくり・維持などを担当。2016年より長野県環境部自然保護課に勤務し, ライチョウなど希少野生動植物の保護対策を担当。