



環境儀

NO. 82

September 2021

国立環境研究所の研究情報誌

人が去ったそのあとに

人口減少下における里山の生態系変化と
その管理に関する研究





里山は農業や木材利用などの人間活動によって維持されてきた生態系であり、生物多様性の保全にとって極めて重要であるとともに、歴史的遺産としての価値があります。里山の要素である半自然草地（刈り取りや火入れなど人為的管理によって維持されてきた草地）の起源は、最終氷期（～1万年前）の寒冷・乾燥した気候下で広がっていた草原生態系にあると言われます。縄文人が狩りや焼き畑などの目的で火入れを行い、弥生時代以降の水田耕作や牧畜、古墳時代以降の製鉄・製陶など時代とともに多様化する様々な資源利用が行われる中で森林化が抑えられ、最終氷期の生物の避難地としての役割を果たしてきました。そのような里山における人間と生物の関係性は戦後まで続いていましたが、燃料革命や高度経済成長以降の産業構造の変化によって利用が減少し、良好な状態で保全されている里山はごくわずかになってしまいました。そして、今後進行する人口減少・都市への人口集中により、その維持すら困難になることが予想されます。

国立環境研究所では、生物分布情報の解析や無居住化地域の現地調査を通して、長期的な人間と生態系に関する歴史の解明や、人口減少下で起こる長期的な里山の放棄が生物多様性に与える影響を明らかにする研究を進めてきました。その結果を通して、人口減少下において持続可能な生物多様性保全につながる土地利用のあり方を模索してきました。本号では、その研究の成果を紹介します。

CONTENTS

人が去ったそのあとに

人口減少下における里山の生態系変化と
その管理に関する研究

- Interview 研究者に聞く
人口減少時代の
里山の管理のあり方とは p4～9
- Summary
里山の過去と未来を明らかにする
長期的視点の研究 p10～11
- 研究をめぐって
人口減少下における里山の
生態系変化に関連する
研究の取り組み p12～13
- 国立環境研究所における
「人口減少と里山に関する研究」の
あゆみ p14

表紙：無居住化集落における学校跡(2014年)

里山を利用する人がいなくなつて放棄されたとき、
開発を受けた場所が「自然に戻る」からよいと考える人は多いようです。
しかし、そのイメージとは異なり、
無居住化した里山では長期的な生物多様性の劣化が生じ、
森林性の生物の回復も限られることがわかりました。
人が長く利用してきた土地を自然に戻すというのは、
とても大変なことなのかもしれません。

人口減少時代の 里山の管理のあり方とは

山地と集落の間に広がる里山は、農地やため池、草原、人が管理する森林などで構成されています。さまざまな環境があることで多くの種類の生物が生存し、豊かな生物多様性を支える場所になっています。このような里山の豊かな生態系は、人が利用目的に応じて、手を加えることで生まれ、維持されてきました。しかし、近年の人口減少や少子高齢化にともない、人が住まなくなった地域が増え、里山の生態系に変化が現れています。このまま、里山が管理されなくなると、豊かな生物多様性が失われてしまうと懸念されています。

生物多様性領域主任研究員の深澤圭太さんは、人の活動が里山の生態系にどのような影響を与えたか、管理されなくなった里山がどのような影響を受けているかを調べています。この調査をもとに、将来の人口減少時代にむけた管理のあり方について検討しています。

里山を維持する

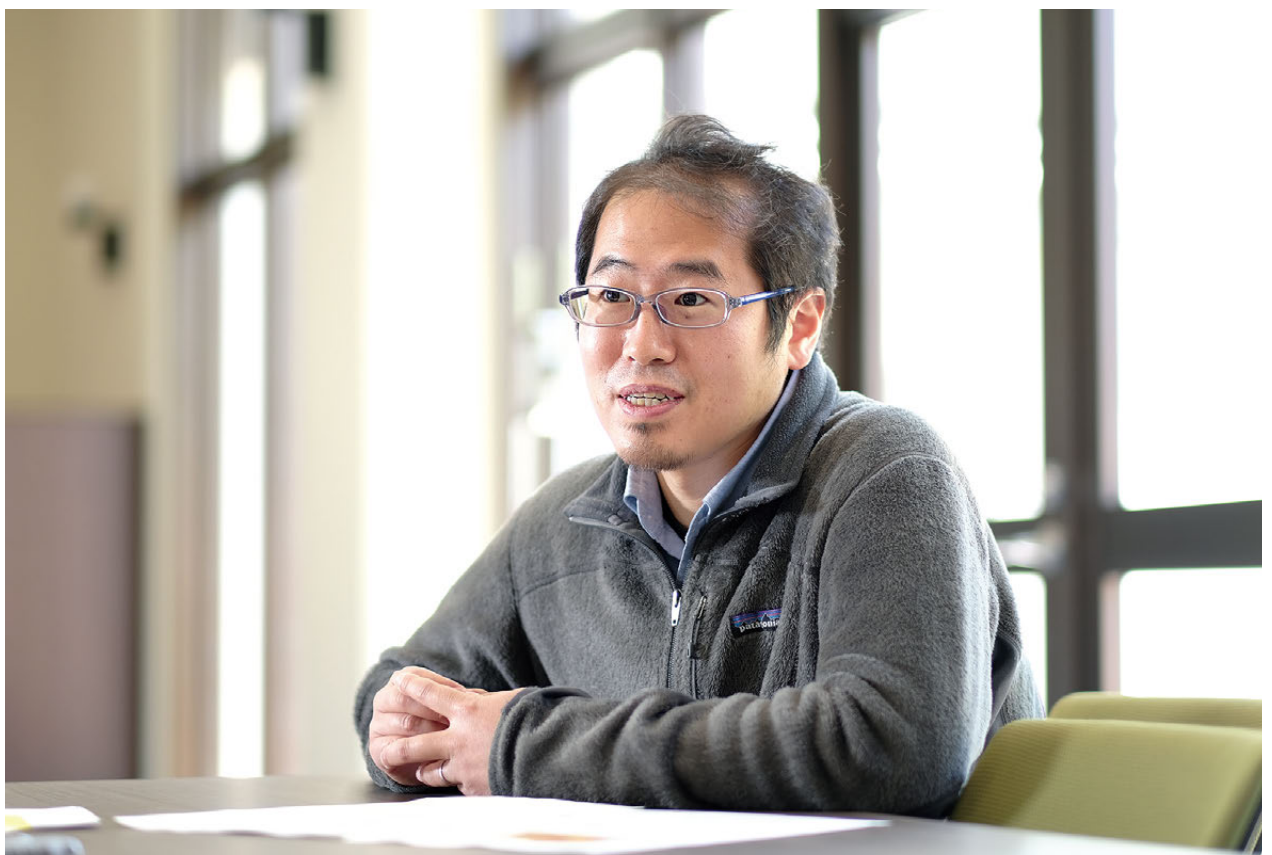
Q：どんな研究をしていますか。

深澤：里山の生態系の管理や保全について、おもに二つのことを研究しています。ひとつは歴史をひもとく、人類の営みが里山の生態系にどのような影響を与えたかということ、それから人口の減少や一極集中によって人が移動し、長期間、人が住まなくなった里山の生態系の変化を調べています。それらをも

とに、生物多様性を保全するための管理のあり方について検討しています。

Q：なぜ、里山を対象にしたのですか。

深澤：里山は農業を中心とした歴史的な人間活動によって成立した生態系であり、草原性の動植物を中心に豊かな生物多様性を支える場となっています。しかし、高度経済成長以降の産業構造の変化によって樹木の伐採や採草などの利用が少なくなり、植生



生物多様性領域生物多様性評価・予測研究室 主任研究員 深澤 圭太(ふかさわけいた)

遷移の進行などによって危機にさらされています。今後、人口減少によって生物多様性の危機が進行すると考えられるため、広域評価に基づく保全戦略の立案が必要とされています。これらのことから、里山を研究対象にしました。

Q：里山はどのようにしてできたのでしょうか。

深澤：里山は火入れや樹木の伐採、農耕など歴史的に続いてきた人間活動によって成立してきたと考えられています。中でも、里山の要素である半自然草地、すなわち刈り取りや火入れにより維持されてきた草地の起源は最終氷期(7万年前～1万年前)に遡ると

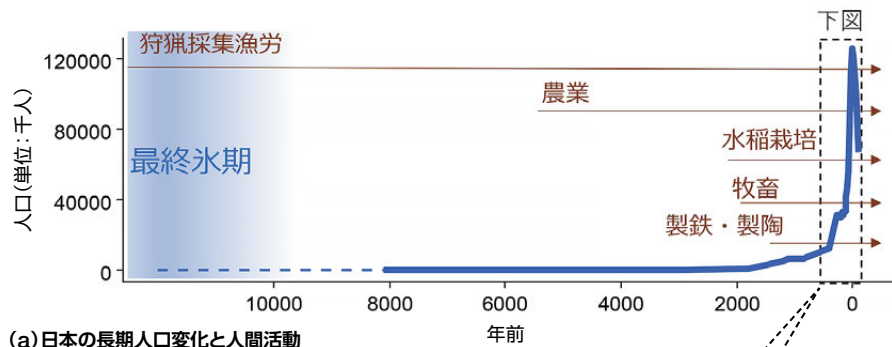
考えられています。当時は今よりも寒冷・乾燥した気候の下で、自然草原が広がっていました。1万年前くらいに最終氷期が終わると温暖化して森林が発達しましたが、縄文人が野焼きや焼き畑などにより植生管理を行うことで、草原の状態が維持されました。弥生時代以降、牧畜や水稻栽培が行われるようになり、古墳時代以降は製鉄や製陶などエネルギー集約的な生産活動も行われるようになりました。周辺の草地や雑木林は飼料、燃料や肥料などを採取する場として維持され、多くの生物が生息する里山が成立していったと考えられています。

コラム①

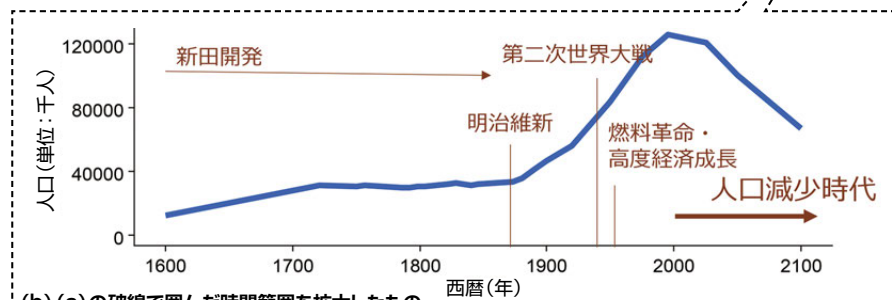
日本における人口変化と資源利用

歴史人口学の研究によれば、日本の人口はいくつかの停滞期があったものの、これまでほぼ単調に増加してきました。その背景には、資源利用の形態の多様化や、土木技術の向上に伴う開墾の広がりがあったと考えられます。明治維新以降は近代化や経済のグローバル化、燃料革命に伴い人口が急増しましたが、2008年には少子高齢化により日本の総人口が減少に転じました。国立社会保障・人口問題研究所の推計値では、2050年には日本の総人口は1億人を下回り、さらに2100年には5000万人を下回ると考えられています(図1)。そのような急速な人口減少は日本の歴史上例がありません。

さらに、農村から都市への人口流入による人口分布の偏りが同時に生じています。1970年には農村人口と都市人口の比率は同程度でしたが、2020年現在では都市人口と農村人口の比率が2倍程度に広がっており、その傾向は今後も続くと考えられています(図2)。そのような人口減少と人口集中が同時に生じた結果、2050年には現在の居住地の2割が無居住化すると予測されています。

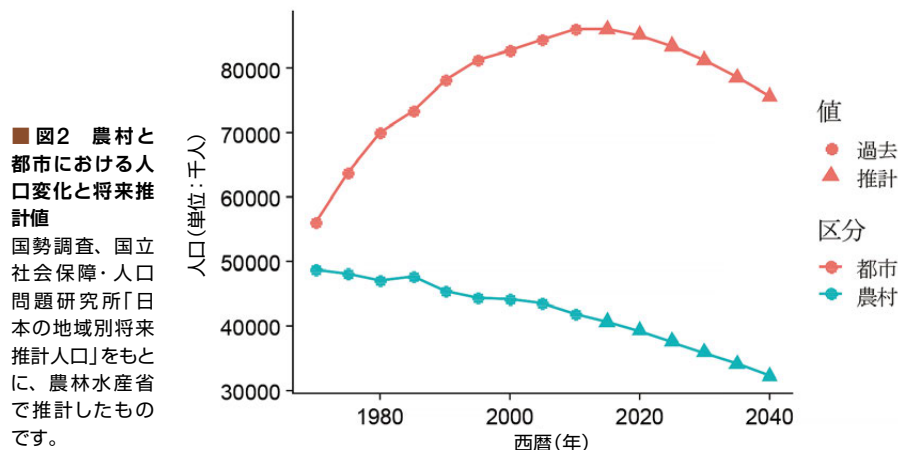


(a) 日本の長期人口変化と人間活動



(b) (a)の破線で囲んだ時間範囲を拡大したもの

■ 図1 日本の長期人口変化と人間活動 最終氷期以降の人口変化、および人間活動の変化を示した。過去の人口変化は鬼頭宏(1996)上智経済論集41(1,2): 65-79、梅村又次ら(1983)地域経済統計(長期経済統計13)、および国勢調査による。2025年から2100年は国立社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口(中位)」を示しました。



■ 図2 農村と都市における人口変化と将来推計値
国勢調査、国立社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口」をもとに、農林水産省で推計したものです。

Q：里山は人の手を加えることで維持されてきたのですね。

深澤：はい。人の活動が里山の生態系に大きな影響を与えていますし、里山の自然環境を守るためには、人が適切に管理することが必要なのです。人の活動の中で、製鉄に関心を持ち、製鉄が里山の生態系にどのような影響を与えてきたのかを調べました。

製鉄は地形を変えた

Q：「たたら製鉄」とは何ですか。

深澤：たたら製鉄は、日本の古い製鉄技術で、たたら場は今でいう製鉄所です。ふいごで風を送りながら木炭を燃やし、その熱によって、砂鉄を還元し、鉄を得る方法です。その原型は古墳時代から始まったと考えられ、日本の地形や植生に影響を与えてきました。

Q：どんな影響を与えたのでしょうか。

深澤：原料にはおもに花崗岩に含まれる砂鉄を使います。風化した花崗岩を削っては、削った土砂を川に流し、比重の違いを利用して砂鉄を集めました。これを「鉄穴(かな)流し」といいます。砂鉄は一般的な鉄鉱石よりも母岩に含まれている割合がとても低いので、大量の花崗岩を削る必要があります。山を削れば、地形は変わります。また、砂鉄を集めるために鉄穴流しを行うと、川や河口に土砂が堆積し、平地が広がりました。その跡地や土砂を水田の開発に利用できたのはよかったのですが、一方で、土砂によって川底が上昇し洪水の原因になりました。

製鉄の里山への影響

Q：土砂で地形が変わってしまうのですね。

深澤：はい。たとえば、島根県の宍道湖周辺の地形は、製鉄の影響を受けてできたものです。鉄穴流しの際に堆積した土砂の上に水田ができたことで、農業が

発展しました。また、木炭を得るために森の木の伐採が進むとともに、木炭や砂鉄を運ぶ牛馬の餌場として草原ができました。たたら製鉄は、里山を維持するにはよい影響を与えたといえます。一方、原生林に生息するような生物のすみかは失われてしまい、それらの生物にとってはマイナスの影響だったと考えられます。そこで、製鉄が哺乳類の分布に与える影響を調べてみたのです。

Q：どうやって調べたのですか。

深澤：哺乳類の分布のデータベースと遺跡のデータベースを使い、それらに気候や地形などのデータを加えて、統計解析しました。私は歴史が好きなので、歴史博物館に行くことがあります。そのときに偶然遺跡データベースの存在を知り、データベースを構築した奈良文化財研究所のご協力をいただいてこの研究を行うことができました。このデータベースには、40万件以上の全国の遺跡の情報があります。その遺跡データから、たたら製鉄、焼き物(製陶)、集落の3種類の土地利用を示す遺跡を抽出し、時代ごとに哺乳類の分布への影響を調べました。すると、29属の哺乳類のうち21属で製鉄の影響が検出され、哺乳類の分布には製鉄の影響が一番大きいことがわかりました。

Q：哺乳類にはどんな影響がありましたか。

深澤：イタチ、タヌキ、キツネやイノシシなどの中型の哺乳類は製鉄を行っていた場所で多様性の高いことが示されました。これらの生物は、草原や二次林のような環境を好み、製鉄によってそのような環境が増えたと考えられます。一方、ネズミ目のモモンガやヤマメなど小型の哺乳類はそのような場所ではほとんど確認されませんでした。森林性の小型動物については現在でも多様性が低く、製鉄がマイナスの影響を与えたと考えられます。これらの哺乳類は、繁殖や休息などに樹洞があるような老木を使うため、

コラム②

生物多様性第二の危機

生物多様性は大きく分けて4つの危機、すなわち開発や乱獲による危機(第一の危機)、人間による働きかけの不足による危機(第二の危機)、外来生物や化学物質による危機(第三の危機)、気候変動など地球環境の変化による危機

(第四の危機)にさらされています。生物多様性第二の危機とは、里山の手入れ不足など、人為的な利用・管理の停止によって生態系のバランスが崩れて種の絶滅や生息地の縮小が生じることをさします。例えば、レッドリストで絶滅危惧種にランクされているチョウ類のうち、半数以上の種に対する管理放棄が主要な減少要因となっています。その多くは草刈りの停止に伴う半自然草地の遷移の進行によるものですが、捕獲されず過剰に増加したシカによって幼虫が食べる草が減少した結果、絶滅に瀕しているチョウ類もいます。

定期的に伐採を受けるような二次林では暮らしにくいのだと思います。とはいえ、たたら製鉄は中国山地や阿武隈山地が中心地であり、それ以外の地域では生き残ることができました。このような人の活動の歴史の地域差によって、日本全体として多様な生物の生息地が維持され、生物相の地域らしさを生み出したと考えています。私は、東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴う避難指示区域でも哺乳類の調査をしていますが、この地域も昔たたら製鉄で栄えた地域です。最近、偶然にも哺乳類を調査している場所でたたら製鉄のときにできる残りかす(ノ口)を見つけました。このあたりも草原や二次林が多い地域で、人間の歴史と生態系の関係を実感しました。

増える無居住地区

Q：人が住まなくなった里山は増えているのですか。

深澤：はい。人口の減少や都市への人口の集中などで人が住まなくなった地域が増えています。その結果、管理されなくなったり、放棄されたりする農地や山地が増えています。2050年までには全国の総人口が1億人を下回ると予想されており、今人が住んでいる土地の3~5割の面積の住民がいなくなると危惧されています。先にお話ししたように里山は1万年以上、人が関与することで維持されてきましたが、人がいなくなれば、生物多様性にも影響を与えられそうです。実際、福島第一原発事故で住民が避難し、無人になった地域では、今までいなかったイノシシが増えるなどの影響が出ています。狩猟をする人がいなくなり、餌場が増えたためでしょうね。そこで、廃村を対象に人が住まなくなり、長期にわたって管理されなくなった土地の景観や生物の種類の変化などを調査し、人が住まなくなった影響を把握しています。

Q：どのようにして廃村を調査しているのですか。

深澤：日本全国の廃村を回っている人のブログをインターネットでみつけ、その人に協力してもらっています。これまで1000カ所もの廃村を訪れている人で、



定期的な草刈りで維持されている植生



十分な手入れが行われていない竹林

私も一緒に各地を回り、30数カ所の廃村に行きました。東京大学の学生にも協力してもらい、季節ごとに生物の種類や状況などを調べるモニタリング調査も続けています。

Q：人が住まなくなるとどうなるのですか。

コラム③

土地利用の履歴効果

過去の人為的攪乱の効果が、長期間にわたってその後の生態系の変化に与える影響を「履歴効果」と呼びます。履歴効果が生じるメカニズムにはさまざまなものがあり、森林伐採など長期間にわたって回復困難な環境改変によるもの、地域個体群が絶滅した後に他の場所からその種が再侵入す

るまでのタイムラグによるもの、生態系が大きなストレスを受けて当初とは異なる安定状態に至ること(レジームシフト)によるものなどが知られています。

その効果が顕著に現れるのは、特定の文明が衰退した後続く自然環境の劣化であり、例えばマヤ文明が衰退した後も1000年程度の森林の劣化と土壌流出が生じたことが、湖底堆積物の研究から明らかになっています。履歴効果は多くの種に対してマイナスの効果を持ちますが、人為的攪乱が種にとっての生息地を創出する効果をもつ場合にはプラスの効果があるなど、正負両面の効果があります。

深澤：生物の多様性は失われますね。廃村では、ススキやササだらけになっていたり、竹が繁殖して集落を埋め尽くしていた例もありました。人がいなくなって、環境が変わることは生物の種類によって、プラスにもマイナスにもなります。マイナスの状態が長く続けばその生物は失われてしまいます。人が管理しなくなることで今までいた生物種が失われる現象は、全国各地で起こっています。

Q：他の生物への影響はどうですか。

深澤：人がいなくなり、管理が放棄された影響を受けやすい生物の1つはチョウだと考えられます。チョウには開放地を好むものもいれば、森林を好むものもいます。里山では、田の畔に生える草丈の低い草花にいろいろな種類のチョウがやってきて、卵を産み、成虫は花の蜜を吸います。人がいなくなりススキが増えると、ススキを食べるチョウは増えるかもしれませんが、その種類は限られるでしょう。ススキは風に吹かれて受粉する風媒花で花びらも蜜もないので、成虫の餌はなくなってしまいます。人がいなくなると、植物の種類が限られてしまうため、チョウも限られた種類しかいなくなることがわかりました。生物の多様性を維持するためには、人がいなくなっても、今までの環境を維持することが重要だとわかりました。

人がいなくなると、 草地と森林に分かれる

Q：調査して印象に残ったところはありますか。

深澤：福島県の会津若松市にある無居住化集落は印象的でした。会津若松市の市街から離れた山奥にあるので、およそ40年以上もの間、人が住んでいません。春先に訪れると、水田の跡などもあり、水芭蕉が咲いていて、とてもおだやかでした。以前そこに住んでいた人に偶然に会って話をうかがうことができ、残って

いた詳細な記録を見ることもできました。夏に再訪するとススキだらけで、あたり一面がススキに乗っ取られているみたいでした。春先はとても見通しがよかったのに、夏は歩くのも大変で、ハチに刺される始末でした。深い藪が広がっている場所もあり、まるで別の場所みたいに感じました。

Q：廃村を回ってどんなことがわかりましたか。

深澤：会津を中心に廃村を回って、放置した後の里山の変化をみると地域によって変わっており、40年ほどたっても草地のまま維持される場所と、高木の森林になるところの2つに分かれることがわかりました。放置された後の変化は、その地形によって変わってきますし、以前住んでいた人がその土地をどのように利用していたのかなど、人と土地のつながりも関わっていると考えています。今後も、モニタリングを長期間続け、このメカニズムの解明を進めたいと思っています。また、長く使われなくなった農地を再び管理したときに、植物の種類がどのように変化するのかを検証しています。

Q：その実験をしているのですか。

深澤：はい。使われなくなった農地をお借りして、草刈りをするなどしたときに、どのように新しい植物の加入が変わるかを調べています。それによって生態系の変化に関わるメカニズムを明らかにしています。

効率的に管理する

Q：里山があるからこそ、野生動物と共存できたのですね。

深澤：そういう面はあると思います。里山は、山と里の境界にあり、人の生活するところと動物が生活するところを分けるバッファゾーン(緩衝地帯)の役割を果たしていると思います。草刈りが行われた開放地には動物も出てきづらいますが、管理放棄によって藪が増えてしまうと、人の生活圏に動物が侵入しやすくなっ



調査中に偶然発見した「たたら製鉄」の残滓(ノロ)



無居住化集落における耕作放棄地

てしまいます。

Q：すでに問題は起こっていますね。

深澤：はい。クマなどの山の野生動物が人里におりてきて、人身被害を起こすことはすでに発生しています。そのための対策をするなど、具体的に問題を解決していかないとはいけません。

Q：今後、どのように研究を進めていきたいですか。

深澤：生物の多様性を維持するためにも、里山を保全し、管理することが必要です。そこで、まずは里山の

動植物がどこから入って、去っていくのか、生物の種類や数はどれくらいあるのかを把握しておくことが必要です。把握したうえで、生態系を維持するためにはどうすればいいのか、その管理方法を提案したいです。将来を見据えて、里山の管理に重点を置かなければならないのですが、人口が減っているため、労力を割くことができないことも明らかです。今後も引き続き、効率的に里山を管理し、生態系を保全するための方法を考えていきたいです。

里山の過去と未来を明らかにする長期的視点の研究

人口減少によって里山の生物多様性はどのように変化するのだろうか。そのメカニズムを明らかにするには、里山の形成にかかわった歴史的背景と長期的な管理放棄の影響評価が不可欠です。ここでは、それらに関する国立環境研究所の取り組みを紹介します。

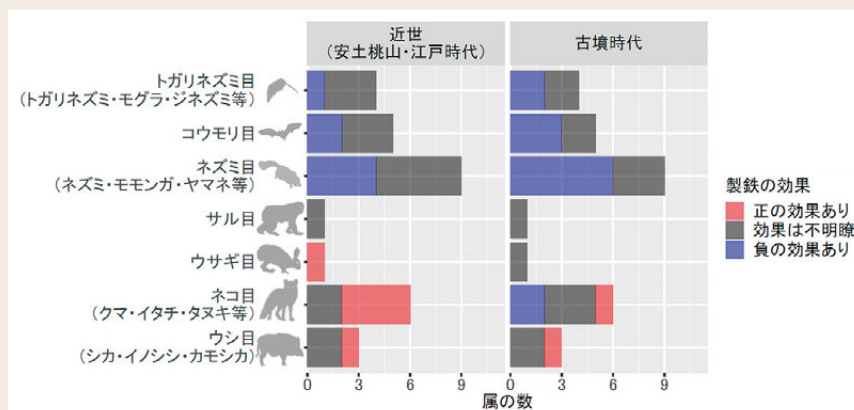
本研究では、里山の成立の背景にある土地利用の歴史の理解を進めるとともに、無居住化した農村地域の現地調査による長期無居住化影響を評価し、人間社会と自然の関係の過去から近未来にかけての変化をとらえることを目指しました。

日本は急峻な地形の南北に長い国土をもち、西に朝鮮半島や中国など主要な交易相手があったという地政学的な特性も相まって、土地利用の形態・強度が地域によって大きく異なるという特性をもっています。また、人口の分布の中心も時代ごとの政府の中心地の位置に応じて大きく移動してきたことが明らかになっています。このような長期間にわたる土地利用の違いは、おそらく地域の生物相にも何らかの影響を与えていると考えられます。そこで、生物の分布と過去の土地利用の分布を統計的に関連付けることで、過去の土地利用が生物に対して強い影響を与え、その影響が長期間持続したのであれば、現在の生物の空間分布は過去の土地利用の分布でよく説明できる(効果が検出される)と考えられます。個々の生物種についてどの時代のどのような土地利用形態の影響が強く残っているか、新たな仮説を発見することを目的に分析しました。

今回分析対象としたのは、生物の中でも全国的な分布情報が充実しており、また人間活動の影響を受けやすい哺乳類です。環境省の第5回自然環境保全基礎調査(1993~1998年)によって全国10kmメッ

シュ単位での分布情報が整備されており、それを解析に用いることにしました。一方、地形図がつくられるようになったのは明治時代以降で、遠い過去の土地利用の分布の情報をどのように得るかは工夫が必要でした。そこで着目したのは、遺跡の発掘調査でした。日本では文化財保護法に基づく発掘調査が多数行われており、遺跡の分布情報は独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所が整備・公開している「遺跡データベース(https://www.i-repository.net/il/meta_pub/G0000556remains)」に集約されています。このデータベースには40万件を超える遺跡の位置情報や種類・時代の情報が含まれており、その分布から過去の土地利用強度の分布を復元できるのではないかと考えました。今回の研究では、地点数が多く遺構が残りやすい「集落」「製鉄」「(陶磁器の)窯」の遺跡数を10kmメッシュ、時代別に集計して遺跡発見のランダム性に起因するノイズ除去の処理を行って哺乳類の分布を説明する要因としました。また、現代の土地利用や過去から現在に至る気候などの要因も同時に考慮することで、それらの要因の中で過去の土地利用の相対的な重要性を明らかにしました。

分析の結果、多くの哺乳類で過去の土地利用の効果が検出されましたが、特筆すべき点は大半の哺乳類で少なくとも1つの時代において、種の分布確率に対する製鉄の効果が検出されたことです。そして、その効果は体のサイズが小さなモモンガやヤマネなどの哺乳類でマイナス、ノウサギ・キツネ・タヌキ・イノシシなど大きな哺乳類に対しては逆にプラスの効果を持つ傾向がありました。マイナスの効果に関しては約1300年前の古墳時代でも検出されましたが、プラスの効

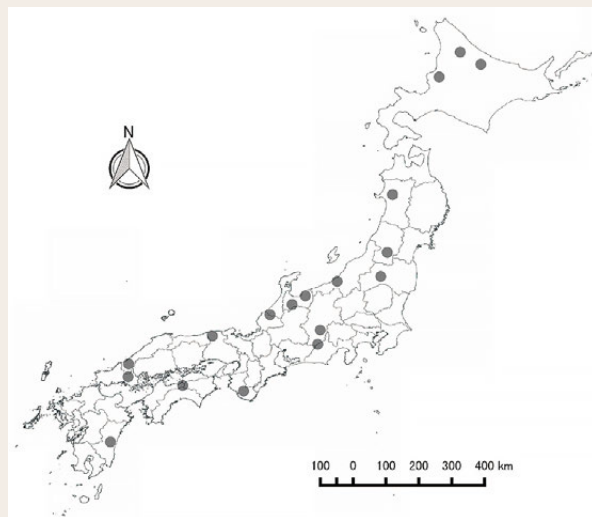


乳類でマイナス、ノウサギ・キツネ・タヌキ・イノシシなど大きな哺乳類に対しては逆にプラスの効果を持つ傾向がありました。マイナスの効果に関しては約1300年前の古墳時代でも検出されましたが、プラスの効

■ 図3 近世と古墳時代の製鉄による明確な効果が確認された属の数 属より高い分類単位である「目」で集計しました。

果はより最近に限られました(図3)。これらの結果は、過去の土地利用が長期にわたって生物の分布に影響を与えることを示唆するものです。小さな哺乳類の地理的分布から検出された約1300年前の負の影響は、一連の大規模な土地改変により長期間にわたって森林植生の回復が阻害されたことや、地域個体群の絶滅後に近隣の分布域からの距離が遠すぎて再移入できなかったこと等に起因すると考えられます。また、プラスの影響が検出された大きな哺乳類はいずれも里山に広く生息しているものです。製鉄には大量の薪炭を要し広大な森林が伐採され、それを運搬する牛馬を育成するための草原が広がりました。さらに、砂鉄の採掘の際に河川の土砂の流出が生じて下流域に堆積し、そのような場所には農地が拡大しました。大きな哺乳類はこのような形成された草原・二次林・農地からなる開けた景観にうまく適応し、勢力を拡大したものと考えられます。地域によって異なる過去の人間活動は分類群によって異なる影響を与え、我が国における現在の哺乳類相の地域性を形作ったと考えられます。特に、中国山地や阿武隈山地等の製鉄が盛んに行われた地域では、現在も里山に特徴的な種が多く生息していると考えられます。生物多様性の保全を考えたとき、過去の影響が長期間継続する生態系においては、それと整合しない保全目標(たとえば、長期間里山として維持されてきた場所を原生林と同じような状態に戻すなど)は功を奏しないばかりか、地域の歴史を反映したものにならない恐れもあります。地域の歴史を理解することは、将来にわたって持続可能な生物多様性の保全を進める上での空間的なデザインにつながると考えられます。

さて、ここからは視点を現代に向けて、これからの里山について考えていきます。今後進行する人口減少および無居住化は、歴史的に見ても特異な事態であり、生態系に深刻な影響を与えると考えられます。その影響は無居住化後に時間とともに変化すると考えられ、より長期間の影響を把握するには、過去に無居住化した場所に着目する必要があります。日本においては、高度経済成長以降の産業構造の変化により、各地に無居住化した集落(廃村)が多く存在しています。そのような場所の現在の生物相を周辺の有人集落と比較すれば、半世紀程度の時間スケールで長期無居住化が生物多様性に与える影響を明らかにできると考えました。ただ、これまで廃村はあまり生



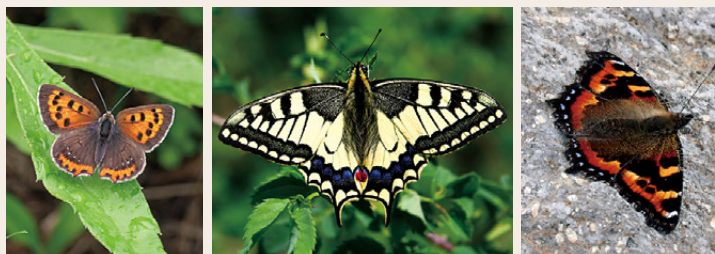
■ 図4 調査した無居住化集落の位置

態学の研究対象とされてこなかったもので、最初はどこに無居住化した集落があるのかすらよくわかりませんでした。しかし、日本には廃村をこよなく愛する方々が、廃村の位置や離村年代の情報を収集しておられました。そこで、今回の研究では著名な廃村研究家に協力していただき、全国18地域でチョウ類を対象とした大規模な比較研究を実施しました(図4)。現地調査は、東京大学大学院農学生命科学研究科と共同で実施しました。

その結果、確認された49種のうち、12種が有人集落よりも無居住化した集落で明らかに少なく、まったく見られなかったものもありました(図5)。それに対して、無居住化集落で多く確認された種は3種しかありませんでした。種の生息地タイプごとに見ると、草原性の種が特に無居住化に対してマイナスの反応を示していました。草原性のチョウ類は近年減少が著しく、多くの種が絶滅危惧種に指定されており、今後の人口減少により影響を受ける可能性が高いと考えられました。

そして、無居住化のマイナスの影響を受けていた種は低温を好む北方系の種に偏っていました。今後、人口減少と地球温暖化が同時に進行すると考えられますが、そのような種は複数の減少要因によって選択的に衰退してしまうことが危惧されます。一方で、里山における土地管理を何らかの形で継続することができれば、里山は気候変動が生物多様性に与える影響を緩和できる場になることも期待できます。

■ 図5 無居住化のマイナスの効果が検出された種の例。左からベニシジミ、キアゲハ、コヒオドシ(撮影: Jean-Pol GRANDMONT CC-BY 3.0、瀬戸内味わいにぼし CC-BY-SA)



人口減少下における里山の生態系変化に関連する研究の取り組み

国立環境研究所では、人口減少時代において里山の生物多様性が直面する危機を広域で明らかにし、保全戦略の構築に資するための研究を進めてきました。今後、その研究をさらに発展させ、人口減少に伴う生態系管理の諸問題に対する最適な意思決定を目指す研究を実施しています。それらを通して、人口減少下において持続可能な自然共生社会の構築につながる成果を目指しています。

世界では

世界では、土地利用履歴が生物多様性に与える影響の研究が数多く行われてきましたが、そのほとんどは地図情報が利用可能な近世以降を対象としたものでした。考古学的時間スケールの影響についても様々な仮説が提唱されてきましたが、データ分析に基づく比較研究はわずかでした。

現代の農地景観において管理放棄が生物多様性に与える影響は、農地生態系の健全性や野生生物の生息地復元などの文脈で多くの研究が行われてきており、レジームシフトなどの生態学的にも興味深い現象の研究の場となっています。また、これまでの研究で明らか

になった世界中の管理放棄が生物多様性に与えた影響を統合した分析から、管理放棄の影響の正負の頻度が大陸レベルで異なることが示されています。

日本では

日本では、文化財保護法に基づいてこれまで40万件以上の発掘調査が実施されてきましたが、生態学的観点からこの情報を扱った研究はごく限られていました。日本においても農地の管理放棄が生物多様性に与える影響の研究は数多く行われてきており、特定の景観要素における種の多様性や景観要素間の種の入替わりなど、複数レベルでの多様性の減少が明らかになっています。また、水田の放棄が種の多様性に与え

サブ1 無居住化地域における森林遷移阻害発生要因の解明

サブ2 無居住化が種多様性に与える影響の解明

サブ3 人口減少時代の生物多様性・景観広域シナリオの構築

解決すべき問題	①放棄地利活用における植生遷移の停滞の問題	②再自然化における生物多様性保全効果の問題	③里山保護区推進における空間デザインの問題
現状の把握・要因分析	無居住化後の植生高変化の把握	無居住化影響の広域比較研究	
広域評価・シナリオ分析	景観広域シナリオの開発	生物多様性影響の地図化・シナリオ構築手法開発	人口分布を考慮した実現可能性の高い保護区選択手法の開発
対策の検討	放棄前後の植生管理による二次遷移の誘導		
国土利用プランへのインプット	代替安定状態を利用した簡便な植生誘導手法	農村集落の再自然化の困難さが明らかに	人口減少下において現実的な里山保護区選択

■図6 所内公募A「人が去ったそのあとに～人口減少時代の国土デザインに向けた生物多様性広域評価～」のフレーム

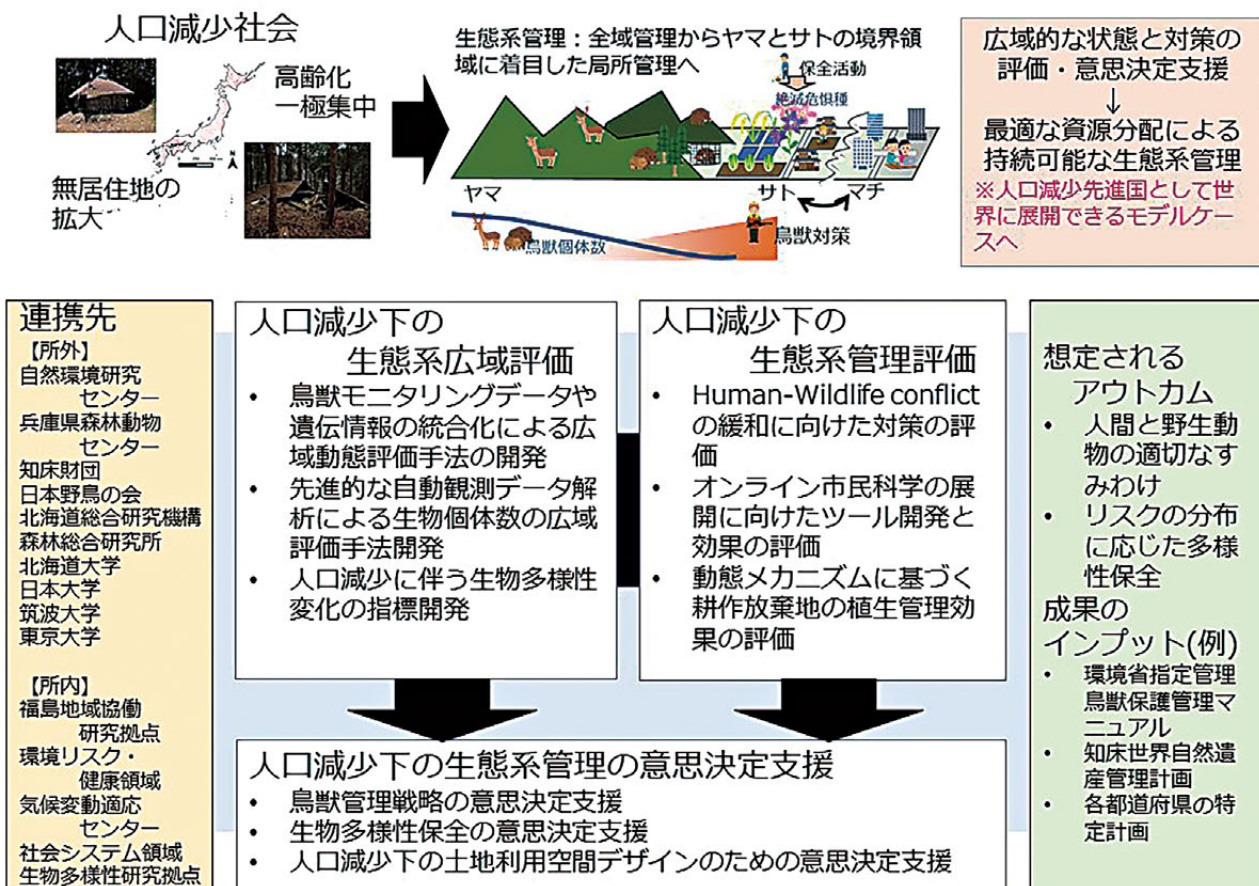
る影響に関する研究を統合した分析により、多様な分類群に対する負の影響が明らかになるとともに、複雑な景観や乾燥など、放棄後の多様性低下の程度が大きくなる要因が明らかになりました。

国立環境研究所では

国立環境研究所では、生物多様性領域において野生生物と遺跡の分布に基づいて、日本の生物分布を規定する考古学的時間スケールでの土地利用の効果を明らかにする研究を実施しました。そして、1000年を超える時間スケールでの土地利用と生物分布の関係を示し、日本の地域ごとに異なる生物相の歴史的背景に迫ることができました。さらに、そのような歴史を持った生物相が、人口減少などの急激な社会環境の変化によってどのように変化するかを明らかにするために、2016年から2018年度にかけて所内公募A「人が去ったそのあとに～人口減少時代の国土デザインに向けた生物多様性広域評価～」と第4期中長期計画(2016-2020年度)における自然共生プログラムにおいて無居住化集落と居住集落を対象とした広域の比較研究を実施しました(図6)。このプロジェクト

では、異なる気候帯をまたいだ広域において、統一した調査デザインで無居住化の影響を調べることによって、全国スケールでの無居住化の影響やその地域差を明らかにしました。また、放棄後の植生変化のメカニズムの解明や、管理放棄が減少要因となっている絶滅危惧種の保護区の最適デザインなどについても研究をしました。さらに、人口減少に伴う生態系変化を予測するための基盤情報として、人口シナリオに対応した1kmスケールの土地利用シナリオを開発し、国立環境研究所WebGIS「環境展望台」で公開しています。

第5期中長期計画(2021-2025年度)の自然共生研究プログラムPJ1「人口減少社会における持続可能な生態系管理戦略に関する研究」においては、これまでの研究をさらに発展させ、人口減少に伴う生態系管理の諸問題に対する具体的な解を出せるように、広域評価やそれに基づく最適な意思決定を目指す研究を実施しています(図7)。プログラムにおいては、生物多様性の劣化に加えて、それに伴う獣害の増加など人間社会への負のインパクトを軽減し、人口減少下において持続可能な自然共生社会の構築につながる成果を目指しています。



■ 図7 自然共生研究プログラムPJ1「人口減少社会における持続可能な生態系管理戦略に関する研究」のフレーム

国立環境研究所における 「人口減少と里山に関する研究」のあゆみ

国立環境研究所では、里山の保全と持続的管理に関する研究を行っています。
ここでは、その中から、人口減少時代における里山の保全管理に関するものについて、そのあゆみを紹介します。

年度	課題名
2014年4月	所内公募研究 B 「人が去ったそのあとに ～無人化集落における景観・生物相の長期動態に関する先駆的研究～」 開始
2016年4月	所内公募 A 「人が去ったそのあとに～人口減少時代の国土デザインに向けた生物多様性広域評価～」 開始
2017年6月	国立環境研究所公開シンポジウム 講演「人が去ったそのあとに ー無居住化集落から見える人口減少時代の自然環境ー」
2017年11月	東北野生動物研究交流会 基調講演「無居住化がもたらす景観と生態系の変化」
2019年8月	プレスリリース「製鉄が野生動物に与えた影響は千年紀を超えて残るー生物と遺跡の地理的分布から見たことー」

本号で紹介した研究は、以下の機関、スタッフにより実施されました（所属は当時、敬称略、順不同）。

【研究担当者】

国立環境研究所：深澤圭太、小林慶子（現 農研機構西日本農業研究センター）、藤田知弘、竹中明夫、小熊宏之、久保雄広、吉岡明良、石濱史子、脇岡靖明、松橋啓介、有賀敏典

【その他の共同研究機関】

東京大学農学生命科学研究科、森林総合研究所、Team HEYANEKO、帯広畜産大学、ほか

● 過去の「環境儀」から ●

これまでの環境儀から、生物多様性や森林生態系に関するものを紹介します。

No.75 「GMO アンダーザブリッジ 除草剤耐性ナタネの生物多様性影響調査」

日本では、主に食用油の原料としてたくさんのセイヨウナタネの種子が輸入されており、高い割合で遺伝子組換えにより除草剤耐性となった除草剤耐性ナタネが含まれています。このような除草剤耐性ナタネが自然環境中にどれくらい分布しているのか、それが生物多様性に影響を及ぼすおそれがないかを確認するために、国立環境研究所では、2003年以來継続的に除草剤耐性ナタネの生育状況の調査を行っています。ナタネ輸入港の周辺地域でのモニタリングなどについて紹介します。

No.53 「サンゴ礁の過去・現在・未来 ～環境変化との関わりから保全へ～」

サンゴ礁は地球の表面積の0.1%の面積を占めるにすぎませんが、そこに9万種もの多様な生物が生息しており、人間に漁業資源や観光資源を提供しています。また、サンゴ礁は天然の防波堤となり、沿岸に住む人々を高波から守ります。このように人間を含めた生物に多大な恩恵を与えてくれるサンゴ礁ですが、近年、気候変動や赤土の流出など陸域からの負荷によってサンゴが減少し、急速に衰退しています。本号では、過去から未来にかけてのサンゴ礁の変化と、それに基づく保全策について、最新の研究成果を交えながら紹介します。

No.37 「科学の目で見る生物多様性－空の目とミクロの目」

地球上では、今、多くの生き物や生態系が存続の危機に瀕しています。農業や都市化をはじめとする土地利用による生息地の破壊や、生物資源の乱獲、さらには交通・運搬システムなどを介した意図的・非意図的な生物の長距離の移動などが大きな原因です。国立環境研究所では、前身の国立公害研究所からの改称、組織変更とともに、自然環境の保全をその任務のひとつと位置づけました。本号では、ミクロの目で迫る藻類の多様性の世界や、空からの撮影というマクロの目で迫る湿地生態系の空間的な構造の把握などの研究成果を紹介します。

No.28 「森の息づかいを測る－森林生態系のCO₂フラックス観測研究」

日本は国土の2/3あまりが森林です。しかしながら、森林がどのくらいのCO₂を吸収・放出しているかなど、実際のフィールドワークから森林全体のCO₂収支を直接調べた例はあまりありませんでした。本号では、これまで継続的に観測することが難しかった森林規模のCO₂吸収・放出量の観測に苦小牧、天塩、富士北麓で取り組んだ「森林生態系炭素収支モニタリング」プロジェクトを中心に紹介します。

No.04 「熱帯林－持続可能な森林管理をめざして」

地球上の生物種の半数以上が生息する熱帯林地域は、世界でもっとも多様な動植物を含む生態系が作り上げられている「種の宝庫」です。しかし近年、熱帯林は急速な減少を続けています。無秩序な森林伐採はかなり抑えられたものの、プランテーション、農牧畜地域などへの土地利用の改変は現在も盛んに行われていて、熱帯林の減少に歯止めがかかりません。

国立環境研究所では、森林総合研究所やマレーシアの研究機関、大学と共同で12年前からパン保護林を中心として熱帯林の研究に取り組んでいます。本号では、その基礎研究の積み重ねの概略を紹介しながら、これ以上の熱帯林の破壊をくい止める手法としての「持続可能な森林管理」の研究を紹介します。

環境儀 No.82

—国立環境研究所の研究情報誌—

2021年9月30日発行

編集 国立環境研究所編集分科会

(担当WG: 小熊 宏之、深澤 圭太、小野寺 崇、滝村 朗、永島 達也、岩崎 一弘、今瀬 修)

発行 国立研究開発法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

問合せ先 国立環境研究所情報企画室 pub@nies.go.jp

編集協力 有限会社サイテック・コミュニケーションズ

印刷製本 株式会社イセブ

無断転載を禁じます

「環境儀」既刊の紹介

No.36 2010年 4月	日本低炭素社会シナリオ研究—2050年温室効果ガス70%削減への道筋	No.59 2015年 12月	未来に続く健康を守るために—環境化学物質の継世代影響とエビジェネティクス
No.37 2010年 7月	科学の目で見る生物多様性—空の目とミクロの目	No.60 2016年 3月	災害からの復興が未来の環境創造につながるまちづくりを目指して—福島発の社会システムイノベーション
No.38 2010年 10月	バイオアッセイによって環境をはかる—持続可能な生態系を目指して	No.61 2016年 6月	「適応」で拓く新時代!—気候変動による影響に備える
No.39 2011年 1月	「シリカ欠損仮説」と海域生態系の変質—フェリーを利用してそれらの因果関係を探る	No.62 2016年 9月	地球環境100年モニタリング—波照間と落石岬での大気質監視
No.40 2011年 3月	VOCと地球環境—大気中揮発性有機化合物の実態解明を目指して	No.63 2016年 12月	「世界の屋根」から地球温暖化を探る—青海・チベット草原の炭素収支
No.41 2011年 7月	宇宙から地球の息吹を探る—炭素循環の解明を目指して	No.64 2017年 3月	PM _{2.5} の観測とシミュレーション—天気予報のように信頼できる予測を目指して
No.42 2011年 10月	環境研究 for Asia/in Asia/with Asia —持続可能なアジアに向けて	No.65 2017年 6月	化学物質の正確なヒト健康への影響評価を目指して—新しい発達神経毒性試験法の開発
No.43 2012年 1月	藻類の系統保存—微小藻類と絶滅が危惧される藻類	No.66 2017年 9月	土壌は温暖化を加速するのか?—アジアの森林土壌が握る膨大な炭素の将来
No.44 2012年 4月	試験管内生命で環境汚染を視る—環境毒性の <i>in vitro</i> バイオアッセイ	No.67 2017年 12月	遺伝子から植物のストレスにせまる—オゾンに対する植物の応答機構の解明
No.45 2012年 7月	干潟の生き物のはたらきを探る—浅海域の環境変動が生物に及ぼす影響	No.68 2018年 3月	スモッグの正体を追いかける—VOCからエアロゾルまで
No.46 2012年 10月	ナノ粒子・ナノマテリアルの生体への影響—分子サイズにまで小さくなった超微小粒子と生体との反応	No.69 2018年 6月	宇宙と地上から温室効果ガスを捉える—太陽光による高精度観測への挑戦
No.47 2013年 1月	化学物質の形から毒性を予測する—計算化学によるアプローチ	No.70 2018年 9月	和風スマートシティづくりを目指して
No.48 2013年 4月	環境スペシメンバンキング—環境の今を封じ込め未来に伝えるバトンリレー	No.71 2018年 12月	人口分布と環境—コンパクトなまちづくり
No.49 2013年 7月	東日本大震災—環境研究者はいかに取り組むか	No.72 2019年 4月	うみの見張り番—植物プランクトンを使った海洋開発現場の水質監視
No.50 2013年 10月	環境多媒体モデル—大気・水・土壌をめぐる有害化学物質の可視化	No.73 2019年 6月	アオコの実像—シアバクテリアの遺伝子解析からわかること
No.51 2014年 1月	旅客機を使って大気を測る—国際線で世界をカバー	No.74 2019年 9月	アジアの研究者とともに築く脱炭素社会—統合評価モデルAIMの開発を通じた国際協力
No.52 2014年 4月	アオコの有毒物質を探る—構造解析と分析法の開発	No.75 2019年 12月	GMO アンダーザブリッジ—除草剤耐性ナタネの生物多様性影響調査
No.53 2014年 6月	サンゴ礁の過去・現在・未来—環境変化との関わりから保全へ	No.76 2020年 3月	社会対話「環境カフェ」—科学者と市民の相互理解と共感を目指す新たな手法
No.54 2014年 9月	環境と人々の健康との関わりを探る—環境疫学	No.77 2020年 6月	エアロゾルのエイジングを研究する—大気中のエアロゾル粒子はどのように変質していくのか?
No.55 2014年 12月	未来につながる都市であるために—資源とエネルギーを有効利用するしくみ	No.78 2020年 9月	正しいごみ管理で都市を水害から守る—熱帯アジアの都市型水害の原因と解決策
No.56 2015年 3月	大気環境中の化学物質の健康リスク評価—実験研究を環境行政につなげる	No.79 2020年 12月	健康のための紫外線日光浴のすすめ—最適な日光浴時間大公開!
No.57 2015年 6月	使用済み電気製品の国際資源循環—日本とアジアで目指す E-waste の適正管理	No.80 2021年 3月	災害環境研究のこれまでとこれから—ふくしまで進める地域協働の新展開
No.58 2015年 9月	被災地の環境再生をめざして—放射性物質による環境汚染からの回復研究	No.81 2021年 6月	気候変動から生き物を守る—自然生態系分野の適応研究

●環境儀のバックナンバーは、国立環境研究所のホームページでご覧になれます。
<https://www.nies.go.jp/kanko/kankyogi/index.html>

「環境儀」



地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように、「環境儀」という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すべしという意図が込められています。「環境儀」に正確な地図・行路を書き込んでいくことが、環境研究に携わる者の任務であると考えています。

2001年7月 合志 陽一
 (環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字 N.I.E.S で構成されています。N= 波(大気と水)、I= 木(生命)、E.S で構成される○で地球(世界)を表現しています。ロゴマーク全体が風を切った左側に進むようにする動きは、研究所の運動性・進歩・向上・発展を表現しています。

リサイクル適性 (A)

この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。