



NIES RESEARCH BOOKLET

環境儀

NO.61

JUNE 2016

国立環境研究所の研究情報誌

「適応」で拓く新時代!

気候変動による影響に備える



国立研究開発法人

国立環境研究所

<http://www.nies.go.jp/>



気候変動は、世界各地で様々な分野に影響を及ぼしています。例えば、気候変動による降水量や氷雪の融解の変化が地球の水循環に影響を与えており、生物の生息域や季節的活動、その移動パターンなどの変化も報告されています。日本でも、サクラの開花の早まりやイロハカエデの紅葉の遅れ、高山生態系の消失、農作物の品質低下や栽培適地の移動、感染症を媒介する蚊の分布域の北上などが報告されており、将来、影響がさらに拡大することが懸念されています。

このような気候変動による影響の進行を食い止めるためには、温室効果ガスを削減する「緩和」とともに、気候変動による影響に対処する「適応」が重要なことが認識されるようになってきました。

私たちは、世界や日本を対象に、将来、気候変動がどの分野にどのような影響を及ぼすかをモデルによって評価する研究(気候変動影響評価研究)を進めてきました。今回は、これまでの影響評価に加え、近年注目され始めた「適応」に関する最新の研究成果を紹介します。

気候変動による影響はすでに世界各地に現れており、将来、さらに深刻になることが懸念されています。世界では、温室効果ガスを削減する「緩和策」とともに、気候変動による悪影響を軽減・回避する「適応策」への取り組みが始まっています。

CONTENTS

「適応」で拓く新時代！ 気候変動による影響に備える

- Interview 研究者に聞く
気候変動による影響に備える…………… p4～9
- Summary
気候変動による影響とその適応策
…………… p10～11
- 研究をめぐって
気候変動影響評価研究の動向
…………… p12～13
- 研究のあゆみ…………… p14

気候変動による影響に備える

気候変動対策は、「緩和策」と「適応策」の大きく2つに分けられます。緩和策に比べ、適応策は研究が遅れていましたが、近年では適応策への関心が高まり、研究が加速しつつあります。気候変動の影響と適応策の研究を先駆的に進めている社会環境システム研究センターの脇岡靖明さんと高橋潔さんに研究についてうかがいました。

社会の問題に取り組む

Q：研究を始めたきっかけは何ですか。

高橋：大学の卒業研究として、気候変動影響予測に取り組んだのがきっかけです。高校3年の秋頃までは、ロケットや飛行機の開発に興味があったので、航空工学科に進むつもりでいました。でも、受験の直前になって、ものをつくるより社会問題に取り組むほうが面白そうに思えてきたため、衛生工学科に志望変更しました。卒業論文で指導教官に提示してもらったテーマから、気候変動による農作物への影響予測の研究を選びました。

脇岡：この研究を始めたのは2001年に入所してからです。大学では社会に役立つことをしたいと都市工学を専攻しました。下水管やマンホールを1つずつモデル化して、雨天時に下水道に流れ込む汚濁の負荷など

を計算していました。

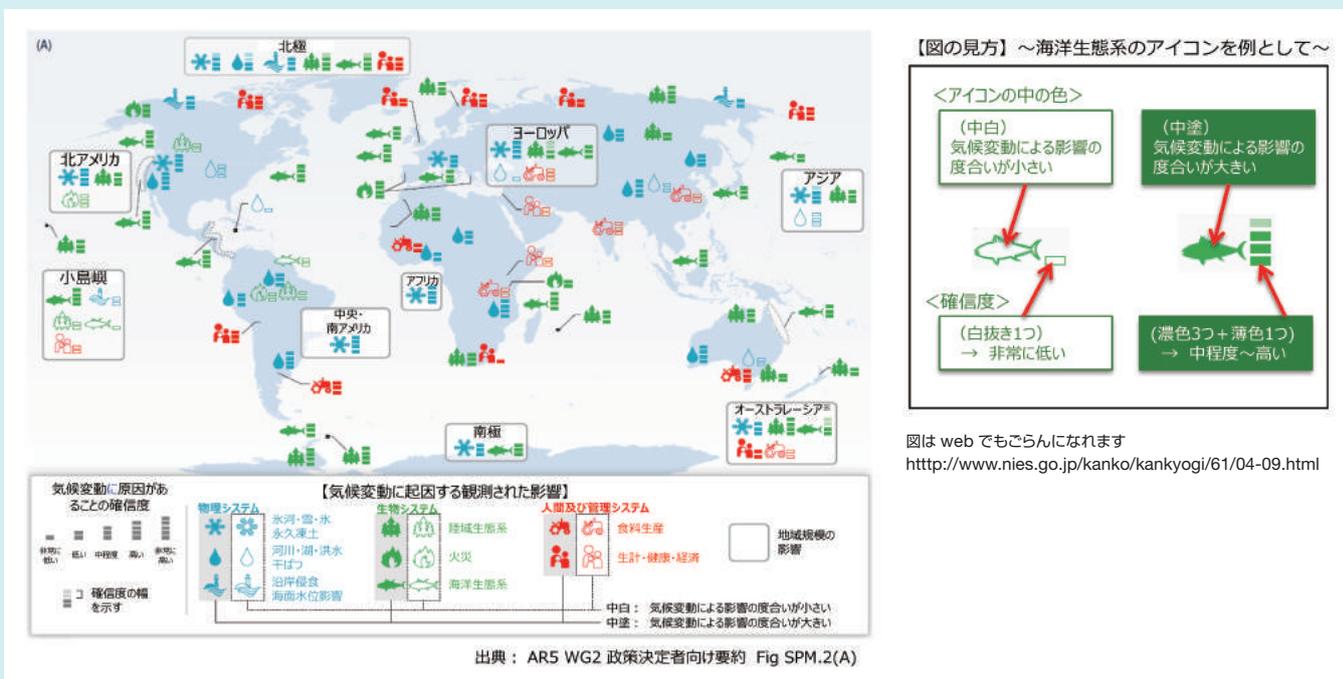
Q：国立環境研究所ではお2人はずっと同じ研究室だったのですか。

高橋：はい。私は大学院の修士課程から共同研究生として国立環境研究所にいて、修士課程の途中で研究員に採用されたのですが、私のいた研究室に脇岡さんが配属されてきました。その後はお互いに協力しながら研究を進めています。

脇岡：研究室では、高橋さんとアジア太平洋統合評価モデル(Asia-Pacific Integrated Model : AIM、環境儀No.2参照)の開発をしました。入所当時は何をしたらいいのかわからなくて、高橋さんの後についていっただけでしたが(笑)。

Q：AIMとは何ですか。

高橋：気候変動対策を評価するためのモデル群です。中国や韓国などを含むアジア太平洋地域を対象とした





脇岡 靖明 (ひじおか やすあき)
 社会環境システム研究センター
 (地域環境影響評価研究室) 室長

高橋 潔 (たかはし きよし)
 社会環境システム研究センター
 (広域影響・対策モデル研究室) 主任研究員

もので、温室効果ガス排出の将来推計や排出削減対策の効果分析、気候変動の影響の評価を統合的に行うことも目的です。その中で私たちは気候変動影響に関する研究を行っています。

脇岡：研究を始めた15年ほど前は、気候変動対策に関連するプロジェクトの中でも温室効果ガスの排出削減がメインの研究でした。気候変動の影響や適応を研究するプロジェクトも研究者も少なかったですね。

高橋：所内でも、脇岡さんと今理事をしている原澤さんと私の3人で細々と研究を続けていました。最近では、気候変動の影響を人々が実感するようになりました。すると何か対策をしなければならないと考える人が増え、適応策に対する関心が高まりました。

脇岡：以前は、周囲の人に適応策の重要性を理解してもらうのも難しかったのですが、この5年ぐらいで理解が進み、研究の手ごたえを感じています。

緩和策と適応策で臨む

Q：気候変動が進むとどんな影響が出るのですか。

脇岡：地球温暖化が進むと、気温が上昇するだけでなく地球全体の気候が大きく変化します(図1)。気候変動の影響は自然環境や生態系のみならず、社会や経済でも重要な問題をひき起こします。対策を十分に行わないと、これらの問題がより深刻化すると考えられています。

Q：適応とは何ですか。

高橋：気候変動対策には「緩和策」と「適応策」があります(図2)。緩和策は、二酸化炭素などの温室効果ガスの排出を減らして、気候変動自体を小さく抑えようというものです。適応策は、気候変動による影響に備えた対策をあらかじめ行い、被害を軽減しようというものです。これからの気候変動対策は緩和と適応の両

■ 図1：ここ数十年における気候変動に起因する影響の傾向

日本では、気温の上昇に伴い、全国的にさくらの開花日が早まり、かえでの紅葉日の遅れなどが報告されています^{*1}。積雪域の変化によるニホンジカやイノシシの分布拡大や、暖かい気候を好むナガサキアゲハの分布域の北上なども確認されています^{*2}。さらに、周辺海域では海水温が上昇し、北方系の種が減少し、南方系の種の増加・分布が拡大しています^{*3}。サンゴの白化や藻場の消失・北上なども確認されています^{*2}。農作物では、コメやウンシュウミカンなどに影響が報告されています^{*3}。健康に関しては、暑熱の直接的な影響の一つである熱中症による死亡者数は増加傾向にあり、デング熱を媒介するヒトスジシマカの分布も徐々に北へ拡大しています^{*3}。

*1：気候変動監視レポート2013

*2：文部科学省・気象庁・環境省「日本の気候変動とその影響(2012年度版)」

*3：環境省「地球温暖化から日本を守る適応への挑戦2012」



■ 図2：緩和と適応 (出典：環境省 温暖化から日本を守る 適応への挑戦 2012)

地球温暖化に対する対策には、原因となる温室効果ガスの排出を抑制する「緩和」とすでに起こりつつある、あるいは起こりうる温暖化の影響に対して、自然や社会のあり方を調整する「適応」があります。温暖化の原因に直接働きかける「緩和」を進めることが必要ですが、緩和を進めても、温室効果ガスの濃度が下がるには時間がかかるため、ある程度の温暖化の影響は避けることができないといわれています。そこで、「緩和」と同時に差し迫った影響に対して、「適応」を進めることが必要です。

輪で臨まなければなりません。

脇岡：つまり、気候変動の原因となる二酸化炭素の排出を抑える努力を続けながら、気候変動の影響に対し様々な策で備えなければならないということです。

Q：具体的にはどんなことを行うのでしょうか。

脇岡：例えば、気候変動の影響で想定以上の大雨が降ったときにどんな洪水被害が生じるのかを予測し、その被害に応じて、堤防を高くする、避難するといった具合に様々な対策を講じます。暑い日は水分を補給し、涼しい場所で過ごしましょうという熱中症対策も適応策のひとつです。

高橋：気候変動で気温が上がると、農作物の栽培に適した地域も変わってしまいます。そこで、将来の気候変動の影響を見越して、作物の品種改良や栽培地域の移転を行います。

Q：高温障害でコメが白く濁る例はよく耳にします。

高橋：そうなるとコメの品質が低下して、商業価値が下がります。そこで、品種改良をして高温に強いコメを作るとか、もっと北の地方で作付けするなどの対策をたてることになるわけです。

脇岡：気候変動の影響やその度合いは地域ごとに違いますから、適応策もそれぞれの地域に合ったものにするのが重要です。適応策はマイナス面ばかりではなく、プラスに考えることもできます。長野県では気温の上昇によりブドウがよく育つようになり、新しい産業が生まれようとしています。

高橋：気候変動の影響は、生態系や健康、農業など多岐に渡るので、医学や農学、経済などいろいろな分野の専門家の知識が必要です(8ページ表1)。専門分野



温暖化影響・適応研究のメンバー

国内研究機関をつなぐ役割を担うためには、研究者だけでなく業務支援メンバーの活躍が必須になる。

を超えて、みんなの知見をつなぐのが私たちの役割です。

脇岡：日本だけでは解決できない問題もたくさんあるので、適応策を進めるためには国内のみならず、海外からの影響も考慮することが必要です。そこで、高橋さんが地球規模の影響を、私が国内の影響を担当して両面から進めています。

気候変動の影響を評価する

Q：どのように研究を進めているのですか。

高橋：気候変動影響の研究は、観測研究、予測研究、対策評価研究に分けられます。その中で、私は計算機モデルを使って気候変動の影響を予測しています。気候モデルで予測された将来の気候変化によって、どんな影響が見られるのかを農業や水資源、健康などの分野について推計します。そのためのデータは統計書などから集めますが、多分野にわたるデータが必要な

コラム① 気候変動のリスクとその構成要素

気候変動リスクの大小は、気候関連のハザード、曝露、脆弱性の3つの要素によって決まります。気候関連のハザードとは、例えば、極端に暑い日、強い台風、豪雨の頻度などを指します。一方で曝露は、ハザードの大きな場所に人や資産の存在していることを、脆弱性はハザードに対する感受性の高さや適応能力の低さを指します。緩和策はハザードの制御(気候変化の抑制)のために、適応策は曝露・脆弱性の制御のために実施されます。

気候変動による気象災害リスクの変化を検討する場合、強い台風の上陸数や豪雨頻度等の「ハザード」の変化、すなわち気候の変化のみに注目しがちになります。しかし、気象災害リスクの大小は、「ハザード」の大小だけでは決まらず、人口や建造物の数といった「曝露」の大きさにも

依存します。また、リスクの大小は、防災インフラの整備を実施するための経済力や技術力、あるいは過去の被災経験といった諸条件に基づく「脆弱性」にも依存します。

例えば、人口が密集する地域(曝露：大)で豪雨の頻度が高く(ハザード：大)なれば、被害を受ける可能性のある人や資産が増えるため、この場合は気候変動リスクが大きくなります。これが、堤防やダム、下水処理施設などのインフラ整備が進んでいない(脆弱性：大)途上国であれば、さらにリスクは大きくなります。

気候変動リスク管理に際しては、緩和策によるハザード軽減に取り組むとともに、適応策により曝露・脆弱性を減らすことで、許容可能な範囲にリスクを抑えることが大事になります。



研究室の様子

研究モデルのためコンピューターによる作業が多いが、より大切なのはディスカッションの時間

で、探るのが大変な時もあります。データ整理やモデル開発については、所外の各分野の専門家に協力を求めることもあります。

脇岡：私も国内の大学やほかの研究所の研究者と連携して、生態系や農業、健康、水資源、防災、経済など分野ごとに気候変動に対する影響や被害を評価します。このような影響は、日本全体で評価することもあれば、地域で評価することもあります。

Q：気候変動の影響はどのくらい先まで評価するのですか。

脇岡：環境省の温暖化影響・適応研究プロジェクトでは、21世紀半ばまでの2031年から2050年、21世紀末までの2081年から2100年までを評価しました。最近では、5年先、10年先と、もう少し近い将来の影響評価を始めています。

高橋：私はもっぱら、今世紀末を対象にした、長い時間スケールの影響予測に取り組んできました。とはいえ、今、生まれた子供が2100年に生きている可能性

は高いですから、想像できない将来ではないんですよ。

脇岡：確かにそうですね。私も研究を始めたころは、2050年なんて当分先のことだと思っていましたが、そうとも言えなくなってきました。

Q：地球の歴史を遡れば、これまでも大きな気候の変動はありました。

脇岡：近年の気候変動は速すぎて、人類がついていけなくなっていると思います。これまでに自分たちが築いてきた社会や都市のシステムを維持しようとするから、よけいに大変になっています。

高橋：だからこそ、将来の影響を予測して、自分たちが生き残るために選ぶ道について議論しておくことが必要なのです。

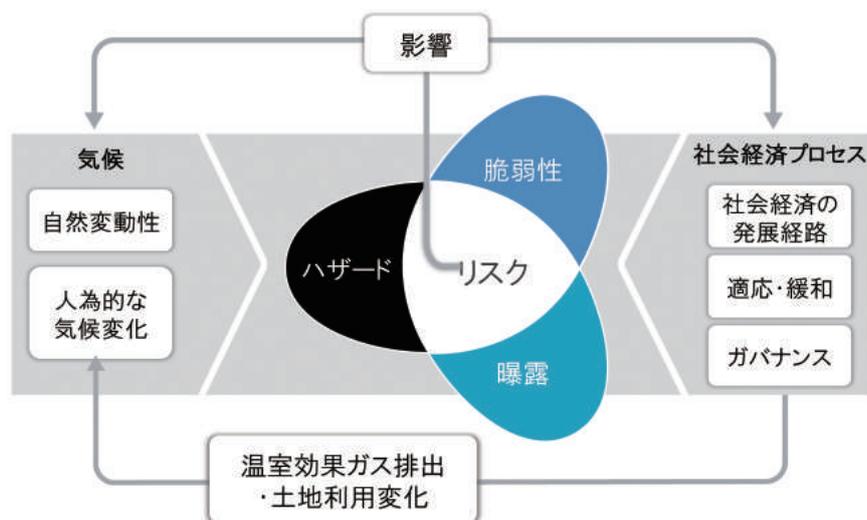
Q：研究を始めて考えは変わりましたか。

高橋：気候変動はあらゆるところに影響するので、情報を広く集めるようになりました。

脇岡：私もこの研究をやっていなかったら2050年なんて先のことより、明日とかもっと目の前を考えていたと思います。そう考えると、50年も先のことをみんなが意識するわけがないですよ。将来を評価して、いくらいい対策を提案しても、ただの押し付けになって、頓挫してしまうかもしれません。いろいろな対策を組み合わせる柔軟に考えていくことが重要だと感じています。

高橋：すでにある気候変動リスクへの対策を基盤にして将来の変化を見越し、それらの対策を少しずつ強化するといったアプローチが大事です。

脇岡：前もって計画的に対策を準備しておく、将来気候が変化しても、その影響にだれも気付かないかもしれません。そうなるといいですね。



ハザード： 人、生物、資産などに悪影響を及ぼし得る、気候関連の物理現象やその変化傾向
 曝露： 悪影響を受けうる場所や状況に、人、生物、資産などが存在すること
 脆弱性： 悪影響の受けやすさ(ハザードに対する感受性や適応能力など)

■ 図3：気候変動リスクとそれを構成する要素 (IPCC (2014) に基づき作成) IPCC (2014) Climate Change 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability

みんなが適切な適応策を考えられるように

Q：国立環境研究所の役割も大きくなってきますね。

高橋：昨年、政府全体の取り組みとして気候変動に対する適応計画が策定されました。自治体の関心も高く、適応策に取り組むところが増えてきました。研究所の役割は、そういった適応策に取り組む人々に情報を提供することだと考えています。早くから研究を始めているので、所内には国内外の動向などたくさんの情報や知見があります。これを整理して伝えていきたいと思っています。

脇岡：適応策に取り組もうとしても何から始めたらいいかわからない人がほとんどだと思います。そこで、今までの研究成果や知見などの情報を集積したプラットフォームを作ろうと計画しています。例えば、自分の国や県にどんな影響が出るかがわかるようにしておけば、情報を集めるのに時間をかけず、すぐに適応策を講じることができます。

Q：国だけでなく、県なども適応策を講じなければならないのですか。

高橋：優先的に実施することが必要な適応策は、地域の状況に応じて変わるので、県などの地方自治体も取り組む必要があります。

脇岡：自分たちに関係する影響を見据え、その対策をとる努力をすれば悪影響を回避できる可能性があります。また、気候の変化を利用して新しい品種をつくるなど、影響を活用することもできるのです。そのため地方自治体の関心も高く、地域や分野によって適切な適応策を研究することが求められています。



環境研究総合推進費の戦略研究開発領域 S-8

「温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究」の成果報告書

この研究プロジェクトでは、①日本全国及び地域レベルの気候予測に基づく影響予測と適応策の効果の検討、②自治体における適応策を推進するための科学的支援、③アジア太平洋における適応策の計画・実施への貢献、に関する研究を行いました。プロジェクトの4年間の研究成果をこの報告書にまとめました。

高橋：そのためにも、一つの方針に特化することなく、いろいろな分野の人と連携して研究することが必要なのです。

Q：それには苦労もあるのではないですか。

高橋：研究をまとめるためのしくみづくりが大変です。

脇岡：さまざまな専門分野を理解するためには苦労があります。でも、自分たちでやれることは限られているので、分野や研究者のネットワークをもっと広げていきたいですね。

気候変動への備えが当たり前の社会に

Q：研究の成果にはどんなものがありますか。

高橋：私は地球規模で影響を調べており、気候変動の

| 分野 | 大項目(小項目) |
|-----------|--|
| 農業・林業・水産業 | 農業(水稲、野菜、果樹、麦・大豆・飼料作物等、畜産、病害虫・雑草、農業生産基盤)、林業(木材生産(人工林等)、特用林産物(きのこ類等))、水産業(回遊性魚介類(魚類等の生態)、増養殖等) |
| 水環境・水資源 | 水環境(湖沼・ダム湖、河川、沿岸域および閉鎖性海域)、水資源(水供給(地表水)、水供給(地下水)、水需要) |
| 自然生態系 | 陸域生態系(高山帯・亜高山帯、自然林・二次林、里地・里山生態系、人工林、野生鳥獣の影響、物質収支)、淡水生態系(湖沼、河川、湿原)、沿岸生態系(亜熱帯、温帯・亜寒帯)、海洋生態系、生物季節、分布・個体群の変動 |
| 自然災害・沿岸域 | 河川(洪水、内水)、沿岸(海面上昇、高潮・高波、海岸浸食)、山地(土石流・地すべり等)、その他(強風等) |
| 健康 | 冬季の温暖化(冬季死亡率)、暑熱(死亡リスク、熱中症)、感染症(水系・食品媒介性感染症)、節足動物媒介感染症、その他(感染症)、その他 |
| 産業・経済活動 | 製造業、エネルギー(エネルギー需給)、商業、金融・保険、観光業(レジャー)、建設業、医療、その他(その他(海外影響等)) |
| 国民生活・都市生活 | 都市インフラ・ライフライン等(水道、交通等)、文化・歴史などを感じる暮らし(生物季節、伝統行事、地場産業等)、その他(暑熱による生活への影響等) |

■表1：気候変動による影響が懸念される分野
気候変動による影響とは、主に極端な気候・気象現象及び気候変動が自然及び人間システムに及ぼす影響を指します。影響は一般的に、特定の期間内に起こる気候変動または危険な気候現象と、それに曝露した社会またはシステムの脆弱性との相互作用による、生命、生活、健康、生態系、経済、社会、文化、サービス、インフラへの影響を指します。洪水、干ばつ及び海面水位上昇のような地球物理学システムへの気候変動の影響は物理的影響と呼ばれる影響の一部です。表1が示すように、人間の生活や環境に関わる実にいるところのところに影響が及ぶことがわかります。私たちは、これらすべてについて、何らかの形で気候変動に適応していなくてはなりません。



IPCC 第5次評価報告書（2014年）
 影響・適応を扱う第2作業部会報告書については、70カ国、308名の執筆者が50492ものレビューコメント（専門家と政府）に対応し4年の歳月をかけて作成しました。

進行にあわせて、適応策を進めることが重要だと考えています。

モデル分析によって、コムギ生産国が収量を維持するためには、適応策を行うべきタイミングが国によって違うことや、適切な時期に適応策を実施できれば気候変動の影響を軽減できることを示すことができました（10ページSummary参照）。同様の分析が農業以外の分野でも広く行われるようになることを期待しています。

脇岡：温暖化影響総合予測プロジェクトでは、気候変動に伴う日本全体の影響を様々な分野で検討し、その影響を初めて定量的に評価できました。

また、温暖化影響・適応研究プロジェクトでは、さらに適応策の効果も定量的に評価することができました。このような成果が新聞の1面の記事やテレビで紹介されたときはとてもうれしかったですね。

Q：気候変動影響は深刻なのでしょうか。

脇岡：研究を始めてみると、気候変動が農業や生態系などに影響し、さらにこれらの影響を通じて健康や経済、社会にまで影響が拡大することがわかりました。この温暖化影響・適応研究プロジェクトの成果は、準備に4年間かけ、総勢140人くらいの研究者が関わり、やっとまとまったものです（8ページ上の写真）。

これをもとに、適応策をより具体化する取り組みが始まっています。ただ、成果を発表したとき、影響による被害ばかりがクローズアップされたので、そのための対策についてもっと取りあげてほしかったのですが……。

Q：お二人はIPCC第5次報告書の作成にも参加されましたね（9ページ上の写真）。

高橋：影響や適応についての作業部会の執筆者に選ばれました。会議には、世界中から最新の研究動向をよく知る人が集まっていて、勉強になりました。

脇岡：会議に行くたびにたくさん宿題が出て大変でしたし、最後は締め切りとの勝負でしたが、得るものは大きかったです。世界中の研究者とたくさん議論できて、自分たちの研究の課題も見えてきました。

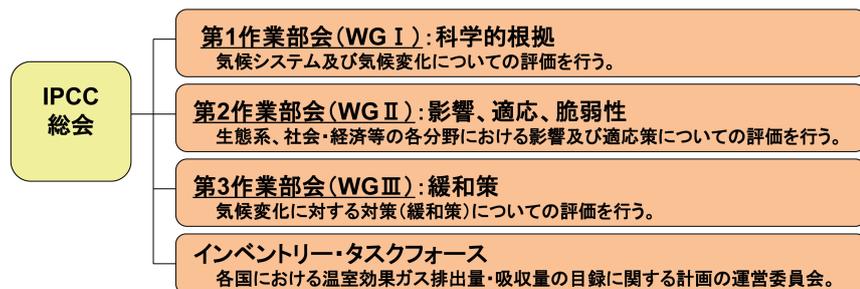
Q：今後はどのように研究を進めたいですか。

高橋：気候変動が進めば、影響も深刻になることは間違いありません。成果が社会により役立つよう研究を展開していきたいです。

脇岡：今は社会から適応策の研究成果を求められるようになりました。適応策を実施することが当たり前な社会になるように、研究面から貢献していきたいと思っています。

コラム④ IPCCとは

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change：気候変動に関する政府間パネル)は、1988年に世界気象機関(WMO)と国連環境計画(UNEP)により設立された組織で、現在の参加国は195か国、事務局はスイス・ジュネーブにあります。各国の政府から推薦された科学者が参加し、地球温暖化に関する科学的・技術的・社会経済的な評価を行い、報告書にまとめています。



■ 図4：IPCCの組織
 最高決議機関である総会、3つの作業部会及び温室効果ガス目録に関するタスクフォースから構成されています。

気候変動による影響とその適応策

将来、気候変動による影響はどの程度深刻になるのでしょうか？ 私たちはその影響を軽減もしくは回避することができるのでしょうか？ 気候変動による影響評価とその適応策に関して、これまで私たちが進めてきた研究プロジェクトとともに紹介します。

世界における気候変動影響とその適応策

国立環境研究所では、世界規模での気候変動影響に関して、農業・飢餓人口分析や水需給分析などを行ってきました。特に、農作物は気候変化に敏感なため、農業は温暖化の直接の影響を受けると懸念されています。長谷川知子研究員らは、国際的に新しく開発が進められているシナリオフレームワーク(下のコラム③)を用いて、温暖化による飢餓リスクへの影響と適応策の効果を解析しました。新シナリオフレームワークは2つの要素、社会経済条件(SSPと呼ばれる5つの共通社会経済経路：現在から将来までの人口・経済状況・社会情勢等の変化の想定、うち3つを本研究で用いた)と温室効果ガス濃度条件(RCPと呼ばれる4つの代表濃度経路)から構成され、多様な将来の社会を想定できます。さらに、第5期結合モデル相互比較計画(CMIP5)に使われた8つの気候モデルによるRCP

を前提条件とした最新の気候シナリオを用いました。この研究では、農業における適応策として作物品種の変更、植え付け日の変更を想定しています。

解析から次の3点が明らかになりました。①適応策(作物品種及び植え付け日の変更)は、将来の社会経済条件、気候条件に関らず、温暖化によりもたらされる飢餓リスクを軽減できること、②今世紀前半において、飢餓リスクは気候条件よりも社会経済条件に強く依存すること、③飢餓リスクへの温暖化影響は地域によって異なるが、これは地域間で食料摂取カロリー、作物収量への温暖化の影響、土地のひっ迫度が異なること、に起因します。

では、それらの適応策は、いつから実施や強化すればいいのでしょうか？田中朱美特別研究員らは、気候変化の進行に合わせて、現在から将来にかけて通時的に適応策を進めることの重要性を明らかにしました。適応策の時系列を示す「適応経路」を描くことは、気

コラム③ 地球温暖化影響予測の前提条件 (社会経済・排出・気候シナリオ)

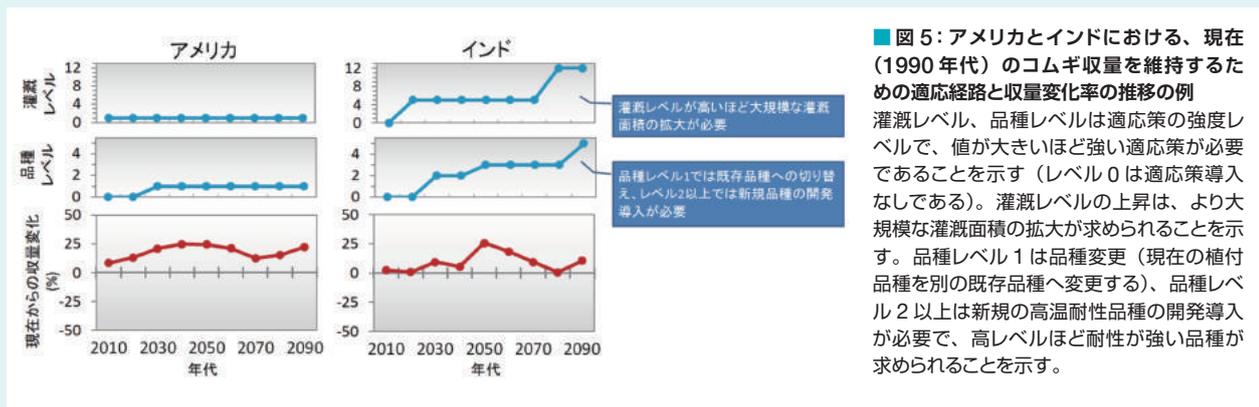
気候変動の自然・社会システムへの影響は、温室効果ガス濃度の変化に伴う気候・地球システムの変化だけでなく、人口・技術・経済などの社会・経済関連の諸条件の変化にも左右されます。シナリオはそれら諸条件の将来経路を示すものであり、気候変動による影響を見積もるための前提条件・入力条件として、開発・利用されます。シナリオ開発・利用の主目的は、将来を一点に絞って正確に言い当てることではなく、不確実な将来の諸条件の下で、検討中の政策や対策がどのくらい効果的か、効率的か、あるいは頑健であるかということをもよりよく理解することです。人口・技術・経済といった条件が異なれば、政策や対策の効果や効率は異なります。したがって、複数の条件下で、政策の効果や効率を評価し、比較することで、その政策が不確実な将来に対して頑健であるかを理解することができます。これが、シナリオ開発・活用の主目的です。

2007年以降、整合性のある社会経済シナリオならびに気候シナリオを前提とした影響評価の実現を支援・促進すべく、国際的なコーディネーションの下、新たな全球・地域・分野シナリオの開発(新シナリオフレームワーク)が進められています。以下では、その主構成要素となるSSP、RCP、CMIP5について概要を説明します。

SSP：共通社会経済経路(Shared Socio-Economic Pathways)は、人口、ガバナンス、公平性、社会経済開発、技術、環境などの諸条件を示す定量・定性的な要素からなり、緩和・適応政策分析の前提条件として利用できます。各SSPの差異は、緩和の困難度と適応の困難度の大きさにより特徴づけられています。

RCP：代表的濃度経路(Representative Concentration Pathways)は、気候予測実験の入力情報としての利用を目的に開発されました。各RCPシナリオは、土地利用変化と大気汚染物質排出量の面的データと、2100年までの温室効果ガスの濃度と人為起源排出量で構成されます。非常に低い放射強制力水準につながる緩和型シナリオ(RCP2.6)、2つの安定化シナリオ(RCP4.5・RCP6.0)、非常に高い温室効果ガス排出量となる無対策シナリオ(RCP8.5)の計4つのシナリオが含まれます。

CMIP5：第5期気候モデル相互比較計画(Coupled Model Intercomparison Project Phase 5)では、気候モデルコミュニティがRCPを活用した共通想定での気候予測実験を調整・実施して、その実験出力の収集・整備・配信を行いました。



候変化が進む中でいつ・どのような適応策が求められるのかを検討する上で有効な手段となります。同研究では、世界の主要なコムギ(小麦)生産国9か国で、2010-2090年代の10年ごとに、現在からの収量減少を防ぐために必要な適応策を逐次導入すると仮定して、21世紀にわたり現在のコムギ収量を維持するための適応経路を導出することを試みました。①灌漑面積の拡大と②品種の変更及び新規の高温耐性品種の開発導入の2つを考慮して適応経路を評価した結果、適応導入のタイミングや強度が各国で大きく異なりました。また、適応策導入の適切なタイミングを逃した場合と比べて、将来必要な適応策を予測し、着実に導入を進めれば、気候変化が及ぼす負の影響(本研究ではコムギ収量の減少)を軽減できることが示されました(図5)。本研究の適応経路は食料需要の増減や社会経済変化を考慮しないなど、様々な制約下での結果ですが、本研究で提示した手法は世界の食料生産の気候変化に対する適応の時間的側面を定量的に評価するための第一歩となります。

日本における気候変動影響とその適応策

世界を対象とした研究のみならず、日本を対象とした研究にも精力的に取り組んできました。私たち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」に参画し、34機関、約140名の研究者と協力して、日本全国及び地域を対象とした影響評価を実施しました。このプロジェクトは、最新の温室効果ガス濃度経路(RCP)と気候シナリオ(CMIP5)を共通シナリオとして、21世紀半ば(2031~2050)と21世紀末(2081~2100)における日本への影響を体系的に評価したものです。温室効果ガス濃度経路についてはRCP2.6(排出量小)、RCP4.5(中)、RCP8.5(大)を用い、気候シナリオは、それぞれのRCPに対して気温上昇の予測値が低いものから高いものまで含めるように4つの気候モデルの結果

を利用しました。例えば、最も温室効果ガスの排出量が大きいRCP8.5の21世紀末における日本の年平均気温の上昇は、3.8~6.8℃と大きく幅のある数値になっています。この研究は、気候シナリオによる予測の幅を考慮している点に特色がありますが、気候モデルの選び方によって気温上昇(気候変動の程度)に大きく差があることに注意が必要です。

この研究の結果、温暖化は21世紀を通じて日本の広い分野に影響を与えることが予測されました。気象災害、熱ストレスなどの健康影響、水資源、農業への影響、生態系の変化などを通じて、①健康や安全・安心、②生活の質と経済活動、③生態系分野などに影響が広がることが、明らかになりました。また、ほとんどの分野で気温上昇とともに負の影響が大きくなることもわかりました。気候変動の影響は、気温上昇をはじめ温暖化の程度で左右され、世界規模で緩和策が進めば、日本での悪影響も大幅に抑制される可能性があります。しかしその場合も、適応策を講じないとほとんどの分野において現状からの悪化は避けられず、今後の気候変動リスクの対処には、緩和策と適応策の両方が不可欠です。

適応策の推進に向けて

適応計画と実施は、大別するとトップダウンとボトムアップの2つのアプローチが考えられます。トップダウンアプローチとは、シナリオ主導であり、特定の地域に限定した気候予測、影響と脆弱性の評価、戦略とオプションの構築で構成されます。このアプローチは私たちがこれまで取り組んできた研究手法と同じです。一方、ボトムアップアプローチはニーズ主導であり、「地域に根ざした適応」などが含まれ、地域の状況を把握し、地域の詳細なデータに基づいて解析します。いずれのアプローチも、広範囲の利害関係者の参画と、研究と管理の連携が必要です。今後、適応策の推進に向けて両面から取り組んでいきたいと考えています。

気候変動影響評価研究の動向

先進国から開発途上国まで、適応の重要性が広く認知されるようになりました。現在では、適応は、国家や自治体など様々なレベルで、気候変動への適応策の計画、法規制及び事業の構築などの実施段階へ移行しつつあります。

世界では

長期の気候安定化目標の検討に関連した、科学的知見の総合化に関する取り組みが、長く続けられています。温暖化対策を加速化するためには、影響評価研究を実施するだけでなく、IPCC (9ページコラム2)などの国際活動に参加して、最新の科学的知見を収集し、伝えることも重要です。特に、世界の影響評価研究では、緩和政策が失敗する可能性や、将来の気候変化が大きかった場合を想定して、大きな影響が生じた場合のリスク管理についての検討が始まっています。

このような科学的知見の拡充・蓄積や、国際機関などによる科学報告書の取りまとめ、報道などが一体となった取り組みによって、先進国及び開発途上国において気候変動への適応の重要性について認知度が向上しました。現在、気候変動への適応は、国家から自治体まで様々なレベルにおいて、社会における認知と普及の段階から、計画、法規制及び事業の構築と実施段階へ移行しつつあります。

■ 図6：日本の適応への取り組み例

日本の自治体においても、適応計画の策定が検討されつつあります。気候変動の影響は地域によって大きく異なるため、適応策の策定と実施においては地方自治体の役割が非常に重要です。

(出典：環境省 (2015) STOP THE 温暖化 2015 第4章 二酸化炭素排出の現状とリスクへの適応)

日本では

平成27年11月に初めて国の適応計画が閣議決定されました。50名を超す専門家で構成された作業部会が設置され、作業部会では、日本における影響リスクに関する科学的知見の包括的評価を実施するとともに、各々の影響リスクに対応するための適応施策の選択肢を提示しました。適応計画では、その基本戦略として、科学的知見の充実とならんで、地域(地方自治体等)での適応の促進や、国際協力・貢献の推進などについても言及されています。

自治体レベルでの影響評価・適応策の検討に関しては、平成27年12月より文部科学省「気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)」が開始されました。国立環境研究所も研究開発の中核機関の一つとして、影響評価技術の開発に取り組んでいます。国の適応計画は5年おきに見直しが行われることになっていますが、それに歩調を合わせ、自治体の適応計画策定や適応策の検討・推進も急速に進むものと期待されます(図6)。また、国際協力・貢献の推進に関しては、

暑熱ストレスに強い鶏をつくる

鶏は汗腺を持たず全身を羽毛におおわれているため、夏の暑さに非常に弱い生き物です。採卵鶏では、夏の暑さが厳しくなるにつれ、産卵率の低下や卵質の悪化、へい死数の増加が深刻な問題になってきました。そこで、暑熱ストレスに強い鶏をつくるため、抗酸化作用の強い素材を鶏の飼料に配合して給仕する試験を行った結果、産卵率や日産卵量、卵質の低下を軽減でき、生産性向上が期待できることが分かってきました。



東北で暖地作物のカンキツ類を育てる

現在、冷涼な気候を生かした農作物が多く栽培されている地域においても、数十年後には暖かな地方で産地化されているカンキツ類などが栽培できると予測されています。そこでスタチやカボス、ユズ、ウンシュウミカンなど8種のカンキツ類を露地栽培する実証研究を行いました。その結果、5種類は全体を不織布で覆うと比較的良好に越冬でき、順調に生育できることが分かったので、安定的な栽培法が検討され始めました。

平成26年9月に国連気候サミットにおいて安倍総理が発表した「適応イニシアティブ」の一環として、途上国への適応支援事業が複数実施されており、国立環境研究所も基礎データや影響評価手法の提供などを通じて貢献を行っています。

途上国への適応支援が適応計画において基本戦略の一つに位置づけられたことを受け、また国際的には平成27年12月のCOP21で採択されたパリ協定における適応の必要性の強調をふまえ、今後、日本による途上国への迅速な適応支援の仕組みづくりが求められています(写真2)。

国立環境研究所では

複数分野の影響を包括的に評価するためには、空間スケールにかかわらず、単一研究機関での研究実施は困難であり、複数専門機関・チームの連携する大型研究プロジェクトの形で推進されてきました。このような大型プロジェクトには異なる様々な専門分野の研究者が一つの目標に向かって協力していく必要があるため、その調整・総括機能を担うチームが必要です。こ



■写真1: IPCC 第5次評価報告書(AR5)第2作業部会の第1回執筆者会合(2011年1月:つくば国際会議場)

各章執筆者ら約300名が世界から集まり、AR5の構成や執筆分担について集中的に議論した。執筆者は、研究実績に加え、専門領域、地域、性別などのバランスを考慮して選出される。2013年~14年公表の第5次評価報告書には、国立環境研究所から計6名が執筆者あるいは査読編集者として報告書作成に参加した。



■写真2: 途上国専門家との気候変動リスク把握ワークショップ(スラバヤ・2016年2月)

政府の実施する途上国における影響評価・適応計画支援事業に参加し、現地の適応計画検討に資する影響評価に取り組んでいる。写真のワークショップ(東京大学 IR3S 他主催)では、現地専門家・役人らと協働し、懸念される気候変動影響の絞り込みを試みた。

れまで、国立環境研究所はその役割を担ってきました。今期中長期研究計画(平成28年4月~33年3月)では、低炭素研究プログラムにおいて、全球規模の気候予測モデル、影響評価モデル、対策評価モデルをより密接に結びつけた包括的なモデル研究体制を構築し、自然システムと人間・社会システムとの相互連関・整合性に留意した、対策の波及効果も含む気候変動リスクの総合的なシナリオを創出する研究に取り組みます。また、所内各センターと連携し、気候変動問題と、資源循環、自然共生などの他の諸問題との相互関係をより良く理解し、同時解決への道筋を描くことを目的とした、環境社会統合研究プログラムを開始します。その研究実施にあたっては、従来、気候変動問題の分析での利用を目的に開発を進めてきた社会・経済シナリオについて、他問題での応用が出来るように改良していくことが必要となります。

さらに、気候変動戦略連携オフィスを設立し、国及び自治体の適応計画策定を支援するための科学的知見の集積や発信・配信を含めた気候変動適応情報プラットフォームの開発を予定しています。適応策を推進する自治体の政策担当者は、地域の脆弱性と潜在的な影響に関連する情報やデータへアクセスすることが容易ではないため、複雑な適応計画と実践に向けて何を準備してどのようにアプローチすれば効果的であるかを判断することが難しい状況にあります。

このプラットフォームでは、科学的知見を一方向で提供するだけでなく、自治体の適応計画を支援すると共に、その知見や経験を集積し、政策面でのニーズと科学によるシーズの双方向のやりとりをサポートすることを目指します。

国立環境研究所の 気候変動影響評価に関する研究のあゆみ

国立環境研究所では、気候変動の影響や適応策に関する研究を行っています。
これまでの研究のあゆみを紹介します。

地球・アジアを対象とした気候変動影響に関する研究

| 年度 | 課題名 |
|-----------|---|
| 2000～2002 | 【環境省推進費 B-12】 気候変動・海面上昇の総合的評価と適応策に関する研究 |
| 2001～2003 | 【環境省推進費 IR-3】 地球温暖化の総合解析を目指した気候モデルと影響・対策評価モデルの統合に関する研究 |
| 2004～2006 | 【環境省推進費 B-12】 極端な気象現象を含む高解像度気候変化シナリオを用いた温暖化影響評価研究 |
| 2005～2007 | 【環境省推進費 B-052】 アジア太平洋統合評価モデルによる地球温暖化の緩和・適応政策の評価に関する研究 |
| 2006～2010 | 【所内重点プログラム】 気候・影響・土地利用モデルの統合による地球温暖化リスクの評価 |
| 2011～2015 | 【所内重点プログラム】 地球温暖化に関わる地球規模リスクに関する研究 |
| 2012～2016 | 【環境省推進費 S-10-1】 地球規模の気候変動リスク管理戦略の総合解析に関する研究 |
| 2015～2019 | 【環境省推進費 S-14-5 (1)】 応用一般均衡モデルを用いた気候変動緩和策・影響・適応策の経済評価 |
| 2016～2020 | 【所内課題解決型研究プログラム】 低炭素研究プログラム PJ2 気候変動予測・影響・対策の統合評価を基にした地球規模の気候変動リスクに関する研究 |

日本・地域を対象とした気候変動影響に関する研究

| 年度 | 課題名 |
|-----------|---|
| 1999～2001 | 【環境省推進費 B-11】 地球温暖化による生物圏の脆弱性の評価に関する研究 |
| 2002～2004 | 【環境省推進費 B-11】 地球温暖化の生物圏への影響、適応、脆弱性評価に関する研究 |
| 2002～2006 | 【環境省】 地球温暖化の影響と適応戦略に関する統合調査 |
| 2004～2008 | 【環境省】 高山植生による温暖化影響検出のモニタリングに関する研究 |
| 2004 | 【環境省推進費 FS】 温暖化の危険な水準及び温室効果ガス安定化レベル検討のための、温暖化影響の総合的評価に関する予備的研究 |
| 2005～2009 | 【環境省推進費 S-4 (1)】 統合評価モデルによる温暖化の危険な水準と安定化経路に関する研究 |
| 2009～2012 | 【東京都】 東京都を対象とした総合的温暖化影響評価の検討 |
| 2010～2014 | 【環境省推進費 S-8-1 (1)】 統合評価モデルによる温暖化影響評価・適応政策に関する研究 |
| 2015～2019 | 【文部科学省 SI-CAT】 気候変動の影響評価等技術の開発 |
| 2016～2020 | 【所内課題解決型研究プログラム】 統合研究プログラム PJ2 地域の持続可能社会の統合的ロードマップ開発に関する研究 |

本号で紹介した研究は、以下のスタッフにより実施されました（2015年度実施中課題の参画者のみ掲載）。

〈研究担当者〉

国立環境研究所：脇岡靖明、高橋潔、花崎直太、原澤英夫、有賀敏典、石崎安洋、江守正多、亀山康子、久保田泉、塩竈秀夫、周茜、申龍熙、蘇宣銘、高橋敬子、田中朱美、田中克政、長谷川知子、藤森真一郎、真崎良光、増井利彦

● 過去の環境儀から ●

これまでの環境儀から、気候変動の影響予測や対策に関するものを紹介します。

No.36 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

地球温暖化による深刻な影響を止めるために、将来気温の上昇を産業革命以前に比べて2℃までに抑えるためには、2050年までに世界の温室効果ガスの排出量を少なくとも半減させる必要性が高い——これは世界共通の目標となりつつあります。しかし、これまで日本には、二酸化炭素排出量を大幅に削減することを目指した長期的な計画は存在しませんでした。そこで、国立環境研究所が中心となり、2004年から、「脱温暖化2050プロジェクト」を立ち上げ、日本の中長期脱温暖化対策シナリオの構築に向けた研究に取り組んでいます。本号では、この研究プロジェクトの研究成果を紹介しています。

No.20 地球環境保全に向けた国際合意をめざして

— 温暖化対策における社会科学的アプローチ

国際政治学や国際法学に基づく環境政策研究は、現実の国際社会における合意形成ときわめて密接な関係を持っています。国立環境研究所では、地球温暖化の影響評価と対策効果に関する研究プロジェクトにおいて、社会科学系の研究を重要なテーマとして位置づけてきました。本号では、気候変動枠組条約における国際制度の構築をめぐる研究について紹介しています。

No.19 最先端の気候モデルで予測する「地球温暖化」

国立環境研究所では、東京大学、海洋研究開発機構と共同チームを作り、気候変動を現実的に再現するための「気候モデル」を開発しました。20世紀の気候再現実験により、地球の平均地上気温の上昇傾向を再現した結果、近年30年余りの昇温傾向は人間活動に伴うものであるという見解が得られました。また、2100年までの地球温暖化予測計算を行った結果、今後何も対策を講じなかった場合、100年後には平均地上気温と降水量が大幅に増加するという予測が得られました。本号では、これらの最先端の「気候モデル」の成果について紹介しています。

No.2 地球温暖化の影響と対策

— AIM: アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル

地球温暖化はアジアにどんな影響を及ぼすのでしょうか？本号では、国立環境研究所が開発に取り組んできた「アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル（AIM）」を取り上げ、アジアと共に研究する姿を紹介しています。

環境儀 No.61

—国立環境研究所の研究情報誌—

2016年6月30日発行

編集 国立環境研究所編集委員会

(担当WG: 岡川 梓、脇岡靖明、高橋 潔、横島徳太、岡寺智大、
青野光子、滝村 朗)

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 朝日印刷株式会社 つくば支社

「環境儀」既刊の紹介

| | | | |
|---------------------------|---|---------------------------|--|
| No.15 2005年 1月 | 干潟の生態系—その機能評価と類型化 | 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.16 2005年 4月 | 長江流域で検証する「流域圏環境管理」のあり方 | 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.17 2005年 7月 | 有機スズと生殖異常—海産巻貝に及ぼす内分泌かく乱化学物質の影響 | 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.18 2005年 10月 | 外来生物による生物多様性への影響を探る | 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.19 2006年 1月 | 最先端の気候モデルで予測する「地球温暖化」 | 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.20 2006年 4月 | 地球環境保全に向けた国際合意をめざして—温暖化対策における社会科学的アプローチ | No.43 2012年 1月 | 藻類の系統保存—微細藻類と絶滅が危惧される藻類 |
| No.21 2006年 7月 | 中国の都市大気汚染と健康影響 | 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.22 2006年 10月 | 微小粒子の健康影響—アレルギーと循環機能 | 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.23 2007年 1月 | 地球規模の海洋汚染—観測と実態 | 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.24 2007年 4月 | 21世紀の廃棄物最終処分場—高規格最終処分システムの研究 | 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.25 2007年 7月 | 環境知覚研究の勧め—好ましい環境をめざして | No.48 2013年 4月 | 環境スペシメンバンク—環境の今を封じ込め未来に伝えるバトンリレー |
| No.26 2007年 10月 | 成層圏オゾン層の行方—3次元化学モデルで見るオゾン層回復予測 | 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.27 2008年 1月 | アレルギー性疾患への環境化学物質の影響 | 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.28 2008年 4月 | 森の息づかいを測る—森林生態系の CO ₂ フラックス観測研究 | 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.29 2008年 7月 | ライダーネットワークの展開—東アジア地域のエアロゾルの挙動解明を目指して | 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.30 2008年 10月 | 河川生態系への人為的影響に関する評価—よりよい流域環境を未来に残す | 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.31 2009年 1月 | 有害廃棄物の処理—アスベスト、PCB 処理の一翼を担う分析研究 | 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.32 2009年 4月 | 熱中症の原因を探る—救急搬送データから見るその実態と将来予測 | 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.33 2009年 7月 | 越境大気汚染の日本への影響—光化学オキシダント増加の謎 | 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.34 2010年 3月 | セイリング型洋上風力発電システム構想—海を旅するウィンドファーム | 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.35 2010年 1月 | 環境負荷を低減する産業・生活排水の処理システム—低濃度有機性排水処理の「省」「創」エネ化— | 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.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ピジェネティクス |
| No.37 2010年 7月 | 科学の目で見える生物多様性—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 |

●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。
<http://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。