

国立環境研究所 ニュース

National Institute for Environmental Studies

Vol.37

No.3

平成30年(2018)8月



IPCC第6次報告書執筆者会合の様子

特集 | 地球規模の気候変動リスクに関するモデル研究

地球規模の気候変動リスクを評価する | 2

気候変動問題の長期目標をリスクの観点から考える | 3

気候感度～大気中のCO₂濃度が倍増すると地表気温は何℃上昇するか?～ | 5

将来の気候変動と人間活動の変化を予測する | 7

国立研究開発法人国立環境研究所公開シンポジウム2018「水から考える環境のこれから」開催報告 | 11

「夏の大公開」2018開催報告 | 12

地球規模の気候変動リスクを評価する

塩 竈 秀 夫

産業革命以降、大気、海洋などが温暖化してきていることに、もはや疑う余地はなく、人間活動による温室効果ガス排出などの影響が 20 世紀半ば以降に観測された地上気温上昇の支配的な要因であった可能性が極めて高いと考えられています（気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第 5 次評価報告書）。現在のペースで温室効果ガスの排出が続けば、2100 年までに約 4℃の世界平均気温上昇をもたらされ、人間社会や生態系に甚大な被害をもたらす可能性があります。そのような被害を防ぐために、国際社会は「産業革命前からの地球平均気温上昇を余裕をもって 2℃未満に抑える。また、温暖化リスク低減と温暖化影響を減ずることに大きく貢献することを認識し、1.5℃未満に抑えるよう努力する」という世界共通の長期目標（パリ協定）に合意し、温室効果ガスの排出量を削減する努力を始めています。

過去の気候変動の要因分析、将来の気候変動の予測と影響評価、対策などを研究する際には、自然システムや人間・社会システムの振る舞いをシミュレートするコンピュータプログラム（モデルと呼ばれます）が重要な役割を果たします。2016 年度から開始された低炭素研究プログラムのプロジェクト 2（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」は、世界規模の気候予測モデル（地球システムモデル）、人間活動を含む陸域諸過程の影響予測モデル（土地利用、水資源、生態系等の統合モデル）、社会経済シナリオの描出と対策評価のモデル（統合評価モデル）など、様々なモデルを密接に結びつけた包括的な研究体制を構築します。そして、自然システムと人間・社会システムの間相互連関・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描出することを目指しています。

本特集号では、まず江守（地球環境研究センター・副センター長）が「気候変動問題の長期目標をリスクの観点から考える」と題して、PJ2 のメンバーが

中心になって多くの大学・研究機関と実施したプロジェクトの成果を紹介しています。そのプロジェクトでは、パリ協定の 1.5℃、2℃温度目標の達成を目指した場合の気候変動影響、対策コスト、対策に伴うリスクなどを総合的に検討しました。これらの検討において、社会経済の不確実性、影響の不確実性、気候変動の不確実性などの考慮が必要になります。このうち気候変動に関しては、“CO₂の大気中濃度が産業革命前に比べて 2 倍になった場合に世界平均地上気温が何度上昇するか”を示す指標である気候感度の不確実性が、考慮すべき重要な要素になります。環境問題基礎知識では、小倉（地球環境研究センター・主任研究員）が気候感度について解説します。

さらに横島（地球環境研究センター・主任研究員）が、「将来の気候変動と人間活動の変化を予測する」と題して、PJ2 で開発を進めている陸域統合モデルを紹介します。陸域統合モデルは、気候・陸域生態系・水資源・作物・土地利用に関するモデルを統合化し、相互作用を研究するものです。

本特集では取り上げられませんが、IPCC の第 6 次評価報告書に向けた第 6 期結合モデル相互比較プロジェクト等の国際モデル相互比較にも参加しています。PJ2 では、これらの様々な研究を通して、地球規模の気候変動リスクを統合的に評価していきます。

（しおがま ひでお、地球環境研究センター

気候モデリング・解析研究室 主任研究員）

執筆者プロフィール：

小学生の二人の娘と遊びながら、彼女たちが成長していく姿を見るのが何よりの楽しみです。彼女たちが大人になったとき、彼女たちの子供が大人になったときに世界が悪くないように、少しでも良くなっているように頑張らなくてはと思う日々です。



【研究プログラムの紹介：「低炭素研究プログラム」から】

気候変動問題の長期目標をリスクの観点から考える

江 守 正 多

国連気候変動枠組条約において 2015 年に合意されたパリ協定では、世界平均気温の上昇を産業化以前を基準として 2℃より十分低く抑え、さらに 1.5℃未満に抑えることを目指して努力する目標が定められています。また、このために世界の人為的な温室効果ガス排出量を今世紀後半に正味ゼロにする目標も記されています。これらの目標を社会はどのように受け止めたらいいのでしょうか。

2012-2016 年度に実施された環境省の環境研究総合推進費 S-10「地球規模の気候変動リスク管理戦略の構築に関する総合的研究」(ICA-RUS プロジェクト)では、国立環境研究所 低炭素研究プログラムのプロジェクト 2「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」(およびその前身である地球温暖化研究プログラムのプロジェクト 2)が中心となり、国内の多くの大学、研究機関と協力して、この問題を検討しました。ここでは、その結論をご紹介します(図も参照)。

ICA-RUS プロジェクトでは、世界平均気温上昇を 1.5℃、2.0℃、2.5℃未満に抑える目標をそれぞれ目指した場合の、気候変動影響や対策に伴うリスクを総合的に検討しました。このときに注意すべきなのは、ある排出削減経路を実現したときに気温が何℃上昇するかの予測には科学的な不確かさがあることです。この気温の上がりやすさは、しばしば「気候感度」(5~7 ページを参照)という指標で特徴付けられます(気候感度が高いほど気温上昇が大きい)。気候感度の不確かさがあるため、将来の排出経路と気温上昇との対応関係には幅が出ます。

将来の気候変動の影響については、農業、生態系、水資源、洪水、健康等の項目について 2100 年までの評価を行いました。その結果、多くの項目において、いずれの目標を目指した場合も対策なしの場合と比較して影響が顕著に軽減されました。しかし、我々が調べた範囲では、異なる目標(1.5℃、2.0℃、2.5℃)を目指すことによる影響の差は、気温上昇予測の不確かさの幅と比較して大きくありませんでした。つ

まり、何℃を目標にするかという議論と少なくとも同程度か、もしかしたらそれ以上に、気温上昇予測の不確かさにどう対処するかが重要であるといえます。

言い換えれば、気候感度の不確かさがあるため、1.5℃や 2℃といった温度目標を確実に達成する排出削減経路を事前に描き、それを忠実に再現するという考え方は不可能です。したがって、本研究では、国際社会がまず「世界の人為的な温室効果ガス排出を今世紀後半に正味ゼロ」という排出目標の実現をできるかぎり確実に目指し、そのうえで気温上昇予測の不確かさへの対処を別途検討することを、現実実行可能なリスク管理の考え方として提案しました。

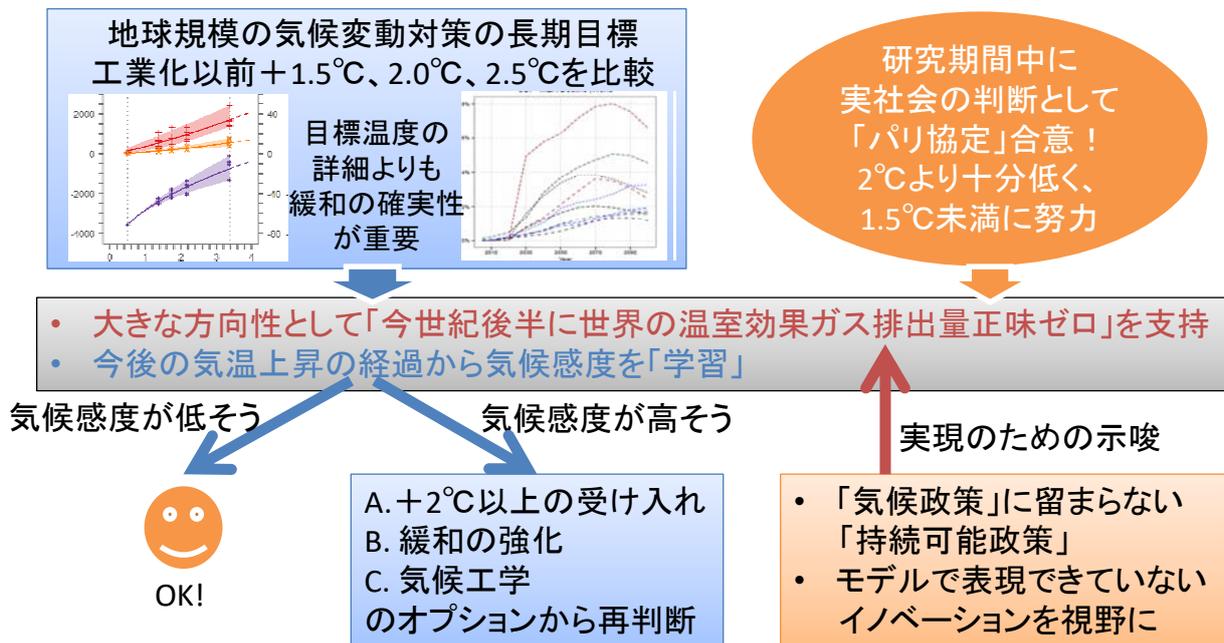
不確かさへの対処としては、第 1 ステップとして、不確かさの幅を狭める方法について検討しました。将来、気候システムについての科学的な理解が進むことによって、気候感度の不確かさが減ることが期待されます。しかし、仮に科学的な理解が進まなかったとしても、将来に実際に気温上昇が進むことによってデータが増えるので、不確かさは減っていくと考えられます。我々の研究では、この方法により、今世紀末の気温上昇予測の不確かさを今世紀半ばまでに半分程度まで減らせる可能性があることが示されました。

そのようにして不確かさが減っていったときに、気候感度が低いことがだんだんわかってくるならばよいのですが、気候感度が高いことがだんだんわかってきたらどうするか、というのが、不確かさへの対処の第 2 ステップです。つまり、当初考えていたペースで温室効果ガス排出を正味ゼロに向けて減らしていったとしても、気候感度が思ったよりも高いために、気温が目標(たとえば 2℃)よりも高くなることがわかってきたらどうするか、という問題です。

この場合に残された選択肢は、以下の 3 つおよびそれらの組み合わせであるといえます。

- A. 目標より大きい気温上昇の受容(適応を含む)
- B. 緩和の強化(排出量を負にする技術を含む)
- C. 気候工学(主として太陽放射管理)を用いた気温上昇の抑制

特集 地球規模の気候変動リスクに関するモデル研究



図：環境研究総合推進費 S-10「地球規模の気候変動リスク管理戦略の構築に関する総合的研究」（ICA-RUS プロジェクト）の結論の全体像

A を選択した場合には、当然、2°C未満などの目標を達成した場合と比較して追加的な気候変動影響リスクや適応コストを受け入れることになります。しかし、実は B、C もそれぞれ重大なリスクをとまなうことに注意が必要です。

B を選択した場合、今世紀半ばから温室効果ガス排出削減の急激な強化を行うことになるため、追加的な緩和コストを受け入れることになります。また、この際に、大気中の二酸化炭素を吸収する「負の排出」技術として炭素隔離貯留（CCS）と組み合わせたバイオマスエネルギーの大規模利用を導入する選択肢がありますが、本研究によれば、この方法は、エネルギー作物の大量な栽培を通じて、食料生産、水資源、生態系サービスを脅かすリスクがあります（7～10 ページも参照）。

C の太陽放射管理は、地球が吸収する日射を減らして、気温上昇を無理やり抑えるという考え方です。本研究では、太陽放射管理の代表的アイデアである成層圏エアロゾル注入のコストが従来の想定よりも数倍以上大きいことを示しました。また、太陽放射管理には副作用、ガバナンスの問題など、すでに指摘されている様々なリスクがあります。本研究では気候工学の倫理的検討を行い、緩和策の国際ガバナ

ンスが失敗した場合に気候工学に頼ると考えるべきではない（その場合は気候工学のガバナンスも失敗するおそれ大きい）ことを指摘しました。

パリ協定における 2°Cおよび 1.5°Cの温度目標の合意は、B、C のリスクを取ってまでその温度目標を目指すことの合意を必ずしも意味してはいないと考えられます。したがって、「今世紀後半に世界の人為的な温室効果ガス排出正味ゼロを達成しても 2°Cを超える」見通しとなった場合には、A、B、C のリスクを深く再考し、いずれかの選択肢もしくはその組み合わせを選択するという、目標の再判断が国際社会に求められることになります。その際には、A、B、C のリスクに関するその時点で最新の科学および倫理的検討の結果が参照される必要があるため、今からその検討を始めておくべきといえます。

以上の検討は、「世界の人為的な温室効果ガス排出を今世紀後半に正味ゼロ」という排出目標を達成できることを前提にしていますが、この目標自体が壮大なチャレンジであることはいうまでもありません。この目標を達成する考え方として、本研究では2点を指摘しました。

一つは、狭い意味の「気候政策」（社会経済の発展経路を所与とした、緩和技術や制度の導入）のみを

考えるべきではなく、社会経済の発展経路をより持続可能なものにシフトさせるような、いわば「持続可能性政策」を併せて考えるべきであることです。途上国への開発協力政策、教育政策、イノベーション政策などがこれに含まれるでしょう。これは、気候問題を持続可能な開発目標 (SDGs) の一部として捉えるという、最近の潮流にそった考え方です。

もう一つは、社会経済のシミュレーション (統合評価モデル) 分析では、現時点で予見できない技術システムや社会経済システムのイノベーションを表現できていないことに注意をする必要があることです。したがって、モデル分析により導かれる制約 (膨大な対策コスト等) を必ずしも絶対的なものとみな

すべきではなく、むしろモデルの前提を変化させることを目指すような柔軟かつ創造的な発想が必要といえます。

(えもり せいた、地球環境研究センター

副センター長)

執筆者プロフィール

講演などに出かけて、いろんな方とディスカッションするのが楽しいです。以前は質問に答える姿勢でしたが、次第に、皆さんの多様な視点から学ぶ姿勢を覚えました。「耳従う」には十年ちょっと早熟か。



【環境問題基礎知識】

気候感度～大気中の CO₂ 濃度が倍増すると地表気温は何℃上昇するか？～

小 倉 知 夫

気候変化が自然や人間社会へ及ぼす影響を考える際、前提となるのは、「大気中の温室効果ガス濃度が増加すれば気候は温暖化する」という理解です。この理解は、数値シミュレーションによる気候予測の結果に基づいています。しかし、気候予測の結果は「21世紀末までの気温上昇が 1.1～2.6℃」というように幅を持つことが特徴的です。このため、自然や人間社会に対する影響を見積もった結果にも幅が現れてしまいます。影響評価の結果が幅を持つことで、どのような対策を実施すべきかの判断が難しくなります。では何故、気候予測の結果は幅を持つのでしょうか。この問いに答えるために、まず気候予測とはどのような作業かを解説します。

数値シミュレーションによる気候予測とは、具体的には大気、海洋、陸面の状態 (例えば大気では温度、風速、水蒸気量など) が時間と共に移り変わる様子を物理法則に基づいてコンピュータで計算することです。例えば、大気のある領域にエネルギーが流入することで温度が何℃上昇するか、エネルギー保存則に基づいて計算します。このような計算をコンピュータに実施させるためには、計算の手順を記

したコンピュータプログラムを作成する必要があります。そのようなプログラムは気候モデルと呼ばれており、世界各国で開発されています。

さて、気候予測は物理法則に基づいて行われると述べました。ならば、気候モデルに記された計算の方法は既に科学的に確立していて、誰が計算しても同じ正解にたどり着くのでしょうか。答えは、ある部分については Yes で、ある部分については No です。何故なら、物理法則に基づいて実施する計算の中には、どのように値を求めるべきか、科学的な方法論が十分に確立していない部分が含まれるためです。例えば、空間的に小さい現象である乱流や放射、雲などは上で述べたようなエネルギーの流れに大きな影響を及ぼします。しかし、モデルの空間解像度よりも小さな現象はモデルで表現できません。つまり、物理法則が分かっても解像度が足りないために計算できないのです。そうした小さな現象の影響は別途、近似的に計算する方法を考案しなければなりません。このように難しい局面では通常、複数の近似的な計算方法 (パラメータ化) が考案されており、その中からモデル開発者が良いと思った方法

特集 地球規模の気候変動リスクに関するモデル研究

を採用します。別の言い方をすれば、どの方法を採用するかはモデル開発者の判断次第であり、任意性があります。このような任意性があるため、複数のモデル間で比較した場合に、計算方法が完全に一致することはありません。気候予測の結果に幅が生じるのは、このような計算方法の不一致により計算結果が複数のモデル間でばらつくことを反映しています。

では、私たちはどうすれば良いのでしょうか。気候予測の結果の幅をどうにかして縮められないものなのでしょうか。そのために必要なことは、予測結果の幅が気候モデルの計算のどの部分から生じているのかを特定すること、つまり問題箇所の絞り込みです。この作業を進める上で重視されるのが気候感度という指標です。気候感度とは、大気中の CO₂ 濃度が仮に倍増した時に地球全体で平均した地表気温が最終的に何℃上昇するかを示す値です。CO₂ 濃度増加に対する気候の敏感さを表す指標と言えます。気候モデルで CO₂ 濃度を倍増させるシミュレーションを行えば、地表気温の上昇幅から気候感度を推定できます。その推定結果は、複数の気候モデルでおよそ 2~5℃の値を示すことが知られており、気候感度が高いモデルほど 21 世紀中の気温上昇幅を大きめに予測する傾向があります。このため、気候予測の結果が幅を持つ仕組みを理解するには、まず気候感度の幅がどのように生じているか理解することが鍵となります。なお、気候予測の結果に幅が生じる要因としては、気候感度に加えて、海洋による熱の吸収や CO₂ 施肥効果の強さがモデル間で一致しないことも重要視されています。CO₂ 施肥効果とは光合成の原料である大気中の CO₂ が増えることにより光合成が促進される効果を指します。しかし本稿では、特に気候感度に注目して議論を進めます。

ここで、気候感度の値がどのように決まるかについて、基礎知識を整理したいと思います。まず、気候が温暖化も寒冷化もせず、安定している状態を考えます。このような状態では、宇宙から地球に入るエネルギー（太陽放射）と地球から宇宙へ出ていくエネルギー（赤外放射）の量が釣り合っているはずで、ここで仮に大気中の CO₂ 濃度が倍増したとすると、CO₂ の温室効果により、地球から宇宙へ出ていくエネルギーは少なくなります。すると、地球に

入るエネルギーよりも出ていくエネルギーが小さくなるため、正味では地球にエネルギーが入るようになります。この、正味で地球に入るエネルギーの大きさを放射強制力と呼びます。単位は J/m²/s、つまり 1 平方メートルあたり毎秒何ジュールのエネルギーが入るかを表します。放射強制力が地球に加わると、エネルギー保存則に従い地球の温度は上昇します。そして、地球の温度が上昇するにつれて宇宙へ出ていくエネルギーが増加するため、やがてエネルギーの釣り合いが回復して気候は再び安定します。ここで、CO₂ 濃度が倍増する前後で地表面気温を比べると、両者の差が気候感度に相当します。

地球の温度上昇がどのように起こるか、もう少し詳しく見てみましょう。CO₂ 倍増の温室効果により大気、海洋、陸面にエネルギーが加わるのですが、海洋は大気や陸面より熱容量が大きいので、初めの 1 年程度はなかなか暖まりません。このため大気と陸面が先行して暖まり、それに伴い、大気循環や水蒸気、雲の分布等が変化します。このような変化は「速い調節」と呼ばれます。速い調節の中で雲の変化は特に注目を集めます。何故なら、地表気温の上昇を抑制したり促進したりする働きがあるためです。雲は太陽放射を反射することで地表を冷やしたり、温室効果により地表を暖める効果があります。

その後、CO₂ 濃度が倍増して数年以上を経過すると海面温度の上昇が徐々に顕著になります。その影響は大気や陸面へ伝わり、地球のエネルギー収支に影響を及ぼすことで地表の温度上昇を促進したり抑制したりします。このような働きは「フィードバック」と呼ばれ、気候感度の値を決める上で重要な役割を果たします。フィードバックの例を以下に 4 つ挙げます。第一に、大気中の水蒸気量が増加することで水蒸気の温室効果が強まり、地表の温暖化が促進される水蒸気フィードバック、第二に、大気の鉛直方向の温度変化率（温度減率）が変わることで地表の温暖化が促進あるいは抑制される温度減率フィードバック、第三に、陸面や海面を覆う雪氷が減少することで太陽放射の反射率（アルベド）が減少し、地表の温暖化が促進される雪氷アルベドフィードバック、第四に、雲の面積や高さ、放射に関する性質が変化することで地表の温暖化が促進あるいは抑制される雲フィードバックです。

上で述べた(1)放射強制力、(2)速い調節、(3)フィードバックの大きさにより気候感度の値は決まります。本稿では、気候感度の値が複数のモデル間で幅を持つことが問題である、と説明しました。この幅に最も大きく寄与するのは、(1)-(3)の中では(3)のフィードバックです。さらに、フィードバックの中でモデル間の幅に最も寄与するのは雲フィードバック、特に、下層雲の面積減少に伴うフィードバックが重要であることが分かっています。

以上で述べたような理解を踏まえるならば、今後、気候感度の幅を低減するためにどういった研究が必要でしょうか。まず、気候モデルを改良することが有効です。具体的には空間的に解像できない現象、特に雲に関する近似的な計算方法(パラメータ化)の精度を高めることが重要となります。また、モデルの空間解像度を高めることで、モデルが解像できない現象の数を減らすことも大事です。そうすることにより、気候予測の結果がパラメータ化に依存す

る度合いを下げるができるはずですが、しかし、以上で述べたようなモデルの改良には時間がかかります。そこで、モデルの改良と並行して、既存の気候モデルや観測データを活用した研究を進めることが重要となります。具体的には、複数の気候モデルを相互に比較することにより、気候感度に幅が生じる仕組みについて理解を深めると共に、幅の低減に向けた方策が検討されています。

(おぐら ともお、地球環境研究センター

気候モデリング・解析研究室 主任研究員)

執筆者プロフィール：

気候モデルを用いた将来予測に携わっています。特に興味を持っているのは、気候感度に関する不確実性の理解と低減です。そのために、気候モデルの改良と、複数のモデル間の相互比較に取り組んでいます。



【研究ノート】

将来の気候変動と人間活動の変化を予測する

横 畠 徳 太

1. はじめに

気候変動問題は、自然環境と人間活動が密接に関係し合う問題です。図1に示すように、人間による石炭や石油などの化石燃料の燃焼や森林伐採などの土地利用によって、温室効果ガスが大気中に放出されます(A)。大気に放出された温室効果ガスは、その一部が陸域や海洋での生態系に吸収されますが、残りが赤外放射を吸収することで、地表気温上昇や降水量変化などの気候変動を引き起こします(B)。気候の変化は、世界各地で、自然生態系、社会、経済、人々の健康などに様々な影響を及ぼします(C)。このような、人間活動が引き起こす気候変動の悪影響を避けるため、2015年に「パリ協定」が採択されました。パリ協定では、世界平均気温の上昇を、産業化以前を基準に2℃よりも十分低く抑えるため、世界の温室効果ガス排出量を今世紀後半に正味でゼ

ロにする、という目標が掲げられました(3~5ページを参照)。

私たちの研究テーマは、パリ協定のような気候目標が、どのようにしたら達成可能なのか、達成しなかった場合の問題は何か、目標達成のために対策を行う場合の問題は何かについて調べることです。このため、私たちは自然環境と人間活動が関わる現象を表現する様々なモデルを結合させて、これらの現象を同時に解くことで将来を予測する、というアプローチを取っています。このような研究を行ってきた背景として、気候変動に関わる将来予測を行う研究では概して、温室効果ガス排出の予測を行うモデル(図1のA:統合評価モデル)の結果を利用して、気候変化の予測を行うモデル(B:気候モデルあるいは地球システムモデル)が計算を行い、この結果を利用して人間や生態系への影響に関して予測を行

特集 地球規模の気候変動リスクに関するモデル研究

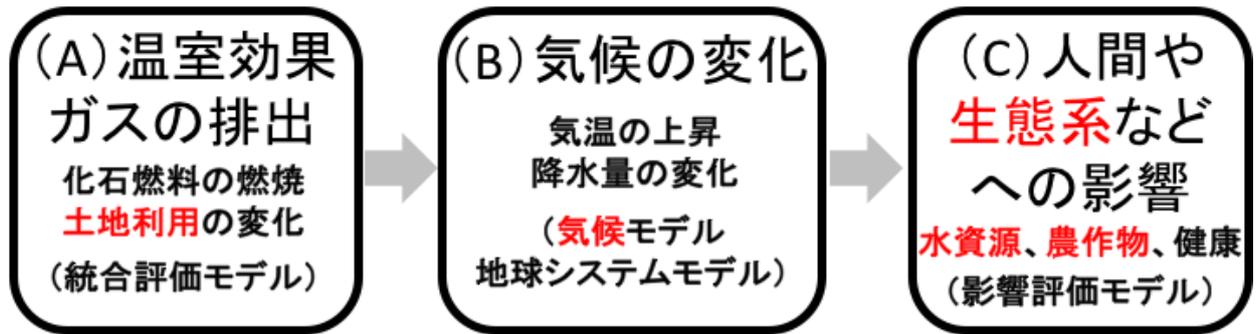


図1 気候変動問題における、人間活動と自然環境の関わり
私たちの「陸域統合モデル」(図2)に関わる要素を赤字で示します。

う (C: 影響評価モデル) という流れになっていることが挙げられます。それぞれの現象が非常に複雑であるため、最先端の研究では A・B・C の分野ごとにモデル予測を行っています。また本来 A・B・C の間にも相互作用があるはずですが、その相互作用に関しては十分に研究されてきませんでした。私たちのグループでは、特に次節で説明するように水資源・作物・土地利用に着目することで、様々な分野の研究者が協力して上記 A・B・C に関わる最先端のモデルを結合する (同時に計算させる) ことで、気候変動問題に関して新たな知見を得ることを目標としています。

2. 自然環境-人間活動を考慮した「陸域統合モデル」による将来予測

私たちが開発している自然環境-人間活動の将来を予測する「陸域統合モデル」の概念図を図2に示します。陸域統合モデルでは、将来における気候・陸域生態系・水資源・作物・土地利用の変化をそれぞれのモデルが計算し、結果をモデルの間でやり取りしながら予測を行うモデルです。現在は、陸域だけでなく大気・海洋も含めたモデルを開発していますが、その前段階のモデルとして、人間の主たる生活の場である陸面だけに着目したモデルを開発しました。陸域統合モデルで取り扱うこれらの要素は、お互いに影響を与えながら、気候変動問題において非常に重要な役割を果たします。これは、気候変動が、水資源、食料、エネルギーの問題と密接に関係するためです。陸域統合モデルを構成するそれぞれのモデル(図2)が表現するプロセスと果たす役割、

他のモデルとの関連は以下の通りです。

* 気候モデル

温室効果ガスの増加による気温の上昇や降水量の変化を計算します。温室効果ガスの増加によって気温が上昇すること自体は確かなことだと考えられますが、例えば、どの程度まで気温が上昇するか、またそれによってどのように降水量が変化するかを予測するには、非常に複雑な過程を考慮する必要があります(5~7 ページを参照)。陸域統合モデルでは、これらの過程を表現することのできる最先端の全球気候モデル MIROC (Watanabe et al. 2010, <https://journals.ametsoc.org/doi/10.1175/2010JCLI3679.1>) を利用した計算を行います。

* 陸域生態系モデル

植物の光合成などによって、どれだけ陸域生態系が二酸化炭素などの温室効果ガスを吸収するかを計算します。前述のように、陸域や海洋の自然生態系は温室効果ガスを吸収する役割があります。パリ協定では、「世界の温室効果ガス排出量を今世紀後半に正味でゼロにする」という目標が設定されましたが、このような目標の達成可能性を検討するためには、自然生態系による温室効果ガスの吸収量を評価することが非常に重要です。陸域統合モデルでは、これらの要素を予測可能な陸域生態系モデル VISIT (Ito and Inatomi 2012, <https://doi.org/10.1175/JHM-D-10-05034.1>) を利用した計算を行います。

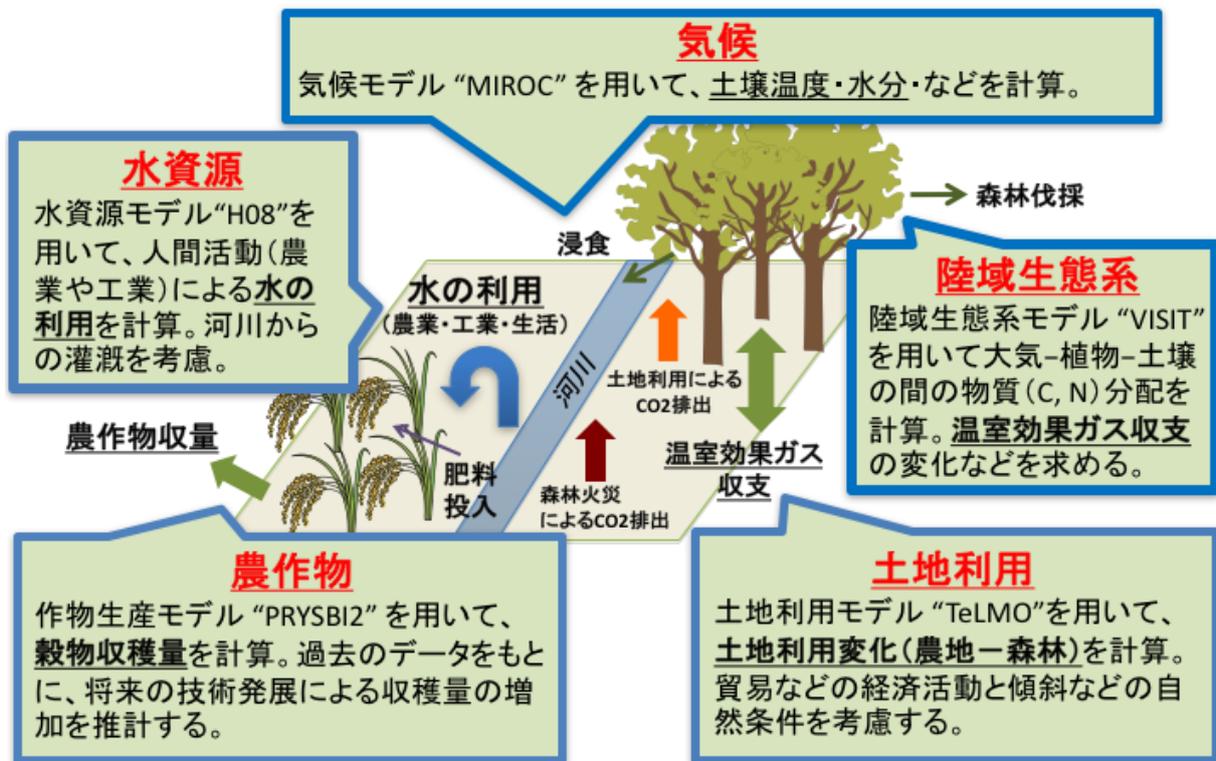


図2 陸域統合モデルの概念図

気候、陸域生態系、水資源、作物、土地利用を表現する最先端の数値モデルが結合されています。地球全体を緯度経度1度（100 km程度）の解像度で計算します。図では、モデルが陸上のある地点で計算するプロセスを表現しています。

* 水資源モデル

農業・工業用水のための河川からの取水など、人間による水利用を計算します。水は社会に欠かせない資源の一つであり、世界的に見ると現在でも水不足は大きな問題です。人口増加と経済の発展によって、水利用は増えていくと予想され、さらに気候変動によって降水量や河川流量などが変われば、水資源の分布は大きく変化することになります（国立環境研究所ニュース 34 巻 4 号）。また、地球上の農地の約 20 パーセントは灌漑農地であり、作物生産を行う上でも重要な役割を果たします。陸域統合モデルでは、これらの過程を計算することができる水資源モデル H08（国立環境研究所ニュース 29 巻 3 号）を利用した計算を行います。

* 作物モデル

水資源と同じように、人口増加と経済発展によって、将来の食料需要は増加すると予想されます。こ

の一方で、パリ協定での気候目標を達成するためには、大幅に化石燃料の利用を減らすため、バイオエネルギー作物の利用が重要だと考えられています（国立環境研究所ニュース 34 巻 4 号）。気候変動によって、穀物やバイオエネルギー作物などの収穫量がどのように変化するかは、非常に重要な問題です。陸域統合モデルでは、農研機構などで開発された作物モデル PRYSBI2（Sakurai et al. 2014, <https://www.nature.com/articles/srep04978>）を利用した計算を行います。

* 土地利用モデル

前述のように、人口増加と経済発展に伴って食料需要が増加すると、より多くの穀物農地が必要になると考えられます。また、気候目標達成に向けてバイオエネルギーを利用するためには、より多くのバイオエネルギー作物農地が必要になります（国立環境研究所ニュース 37 巻 1 号）。穀物やバイオエネ

特集 地球規模の気候変動リスクに関するモデル研究

ギー作物の農地がどこまで広がることができるかは、作物の価格などに加えて、気候変動が起こった時に収穫量がどれくらい変化するといった情報も必要です。陸域統合モデルでは、これらの要素を考慮した土地利用モデル TeLMO（茨城大学のグループが開発）を利用した計算を行います。

3. 今後の展望

現在私たちは陸域統合モデルによる分析を進めており、そこで注目していることは、気候変動による「影響の連鎖」に関わることです。例えば、これまでと同じようなペースで気温の上昇が進む場合、場所によっては穀物の収穫量が減少する可能性があります（図1のB→C）。穀物収穫量が減少すると、食料需要を満たすためにより多くの農地面積が必要となります（図1のC→A）。農地の拡大はさらなる温室効果ガスの放出を引き起こすため、温暖化を加速することになります（図1のA→B）。このように、これまでの図1のA→B→Cという一方通行の研究では評価することができなかった、気候変動や気候対策が様々な部門に及ぼす影響のつながりに着目した分析を進めています。

ここで紹介したような、自然環境と人間活動を計算するモデルを結合することによって、自然システムと

人間・社会システムの間をつながりを考慮して問題を分析することは、国立環境研究所が進めている「低炭素研究プログラム」の重要な研究課題の一つです（https://www.nies.go.jp/subjects/2017/23836_fy2017.html）。このように異なる分野のモデルを結合して統合的な研究を行うことは、国立環境研究所の強みを生かした研究テーマであり、長年重要なテーマだと考えられてきました（例えば国立環境研究所ニュース 20巻1号「地球温暖化研究プロジェクトの目指すもの」森田恒幸）。そしてようやく近年になって、統合的なモデル研究の成果が出ようとしています。世界が気候変動の問題に真剣に取り組もうという雰囲気ができつつある今、様々な分野の研究知見を結集して、この問題に貢献したいと思っています。

（よこはた とくた 地球環境研究センター

気候変動リスク評価研究室 主任研究員）

執筆者プロフィール：

好きなこと：自転車、筋トレ、サッカー。
先日、長男（小2）が漢字ドリルに苦戦したので、一緒にやってみました。漢字のなりたちを想像したり、新たな発見がありました。勉強を含めて、いろいろなことを楽しめるよう、手助けができればと思っています。



【行事報告】

国立研究開発法人国立環境研究所 公開シンポジウム 2018 「水から考える環境のこれから」開催報告

セミナー分科会事務局

国立環境研究所では、毎年6月の環境月間に合わせて公開シンポジウムを開催しています。

本年は、6月15日(金)神戸新聞 松方ホール(神戸市)において、また6月22日(金)にはメルパルクホール(東京都港区)において、公開シンポジウム2018「水から考える環境のこれから」を開催致しました。

神戸会場では224名、東京会場では698名の方々にお越し頂きました。スタッフ一同、心より御礼申し上げます。

今回のシンポジウムでは、大気・陸域・海洋・生態系など様々な要素から成り立つ環境において、最も重要な要素の一つである「水」についての5件の講演及び「水」を含んだ様々な環境分野のポスター発表を通して最新の研究の一端をご紹介しました。質疑の時間には会場からも活発な意見を頂いたほか、終了後のアンケートでも、「国立環境研究所のシンポジウムで海洋の話聞くのははじめてだったので興味深かった」「環境教育の重要性、必要性を考えさせられた」「研究に対する情熱を強く感じた」などのご意見をいただいております。

皆様からいただいた貴重なご意見は、今後の研究活動に大いに役立ててまいりたいと思っております。

【講演】

以下5件の講演を通して、当研究所の最新の研究動向や成果をご紹介致しました。

講演 1 地球温暖化と「水」

地球環境研究センター 塩竈 秀夫

講演 2 遥かな尾瀬の水環境史 -湿原環境モニタリングと将来-

生物・生態系環境研究センター 野原 精一

講演 3 うみは宝もの -海底鉱物資源開発と海洋環境保全の両立に向けた取り組み-

地域環境研究センター 越川 海

講演 4 バイオエコ技術を活用した流域水環境修復とその新しい展開

資源循環・廃棄物研究センター 徐 開欽

講演 5 生きものが棲める水を還そう -生物を用いた水環境評価・管理-

環境リスク・健康研究センター 渡部 春奈

【ポスターセッション】

当研究所の若手研究者らを中心に20件のポスター発表を行いました。最新の研究動向や成果をご紹介するとともに、来場者の皆様と直接意見交換を行いました。

【資料等の公開】

講演及びポスターセッションの発表資料については、当研究所のホームページにおいて公開していますので是非ご活用ください。<http://www.nies.go.jp/event/sympo/2018/>



【行事報告】

「夏の大公開」2018 開催報告

一般公開分科会事務局

国立環境研究所では、「夏の大公開」として、子供から大人まで幅広い年齢層の方々に向け、楽しみながら環境問題や環境研究について学んで頂けるイベントを開催しています。

今回は「キミの知っている環境問題は氷山の一角かもしれない。」をキャッチコピーとし、60を超える展示・講演会・サイエンスカフェ、体験イベント等を実施いたしました。

7月21日の開催当日は最高気温 35℃を超える猛暑のなか、5,320 名の方にお越し頂きました。

今回は過去に人気だった企画や展示施設がいくつかカムバックしました。2015年の公開以来となる「こでん屋」が再び開店。いかにもおでんが出てきそうなネーミングですが、使用済小型家電（小電（こでん））の中に含まれている金属の価値について、楽しく学ぶことができる企画です。2014年以來4年ぶりの公開となる生物環境調節実験施設（バイオトロン）では、施設の一部をリニューアルし、実験材料として使っているシロイヌナズナやマングローブ植物などの展示と研究紹介をしました。

そのほか、「サメやタコのタッチプール」や「ココが知りたい地球温暖化」など毎年好評を博している企画にも、たくさんの方にご参加いただきました。ご来場いただいた皆様に感謝申し上げます。



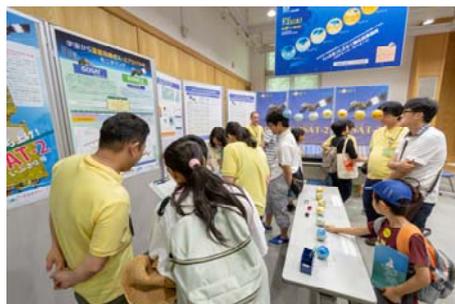
近未来の快適乗り物(G4v4)を体験しよう



PM2.5を測ってみよう



こでん屋



宇宙から温室効果ガスを測定する
～いぶき2号がいよいよ打上げへ！～



植物-地球を守る静かなガンバリ屋さん



潜入、最新実験施設(加速器質量分析装置)

人事異動

(平成30年7月13日付)

木村 正伸 採用 環境情報部長 (環境省地球環境局総務課研究調査室長)

(平成30年7月13日付)

福田 宏之 配置換 福島支部長 (環境情報部長)

木漏れ日便り

環境研構内にカエデの1種のイタヤカエデが何本か植えられています(写真1)。この木の樹液には糖分が多く含まれています。それを知ってか、夏の盛りにオオスズメバチが樹皮をかじっているのをよく見かけます(写真2)。かみ砕いた木の繊維を巣作りのために持ち帰るのがおもな目的なのか、それとも樹液が目的なのか分かりませんが、樹皮にあいた穴は虫の食事処になります。スズメバチ以外の昆虫も甘い香りに誘われてやってきます。小さなアリ(写真3はアミメアリ)も集まるし、カナブン(写真4)、シロテンハナムグリ(写真5)、ノコギリクワガタ(写真6)といった甲虫のなかまも常連です。

(竹中明夫)



新刊紹介

環境報告書 2018

本報告書は、2017 年度における国立環境研究所が取り組んだ環境配慮や環境負荷低減等の活動状況を取りまとめたものです。「地球温暖化の緩和」や「循環型社会形成」などの環境配慮の項目ごとに、図表や写真等を用いて取組結果や取組内容を紹介するとともに、今後に向けた取組の概要も記載しています。

また、“環境コミュニケーション”の重要な手段の一つである環境報告書をより多くの方に読んでいただけるよう、本報告書は環境配慮等の活動状況の紹介だけでなく、環境問題を研究している研究者等によるコラムや研究所構内の動植物の紹介など、研究所ならではの情報も広く紹介しており、読み物としても楽しんでいただけるような構成になっています。

ぜひご一読いただけますよう、お願い申し上げます。

○<http://www.nies.go.jp/kankyokanri/creport/2018.html>



災害環境研究の今 第1号 震災後の自然環境

国立環境研究所福島支部ではこの度、「災害環境研究の今」を刊行しました。

本冊子は、国立環境研究所が福島支部を中心に進めている災害環境研究の最新の成果を、災害等で生じた様々な課題の解決に向けて社会の最前線で取り組んでいる方々へお届けするための冊子です。現場の課題を私たちがどの様に捉えているのかを概説し、関連する研究成果とともに分かりやすくお伝えします。

今回は第1号で、「震災後の自然環境」がテーマです。東日本大震災と東京電力福島第一原子力発電所事故は自然環境に様々な影響を及ぼしました。その中から、本号では「動植物と生態系」に及ぼした影響を中心に取りあげています。

今後は1年に2回のペースでの刊行を予定しています。

○<http://www.nies.go.jp/fukushima/saigai-update.html>



編 集 後 記

平成 28 年の環境省在任中、温室効果ガスの排出量を 2030 年度に 2013 年度比 26.0%削減を目指すという目標に向け、地球温暖化対策推進法に基づく政府の実行計画の策定を進めていきました。この政府の実行計画については、第 34 回地球温暖化対策推進本部において、2030 年度の排出量を政府全体で 40%削減することを目標とし 2020 年度までに LED 照明を可能な限り率先導入することとしていることから、環境省内に設置した HEMS の実測により、LED と一体の調光システムによる省エネ

効果が 60%ということを実証し、環境省の照明器具の LED 化を図りました。温暖化対策の緩和策実現には時間がかかるとは思っていましたが、環境省の全ての照明器具が LED となったのは 2 年後の平成 30 年 2 月でした。今回の特集号を通して、気候変動に関連する影響やリスクを緩和や適応によってどのように低減管理できるか、学び考えていきたいと思ひます。

(I)

国立環境研究所ニュース Vol. 37 No. 3 (平成 30 年 8 月発行)

編 集 国立環境研究所 編集分科会
 ニュース編集小委員会
 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 番 2
 問合せ先 国立環境研究所情報企画室 pub@nies.go.jp

●バックナンバーは、ホームページからご覧になれます。
<http://www.nies.go.jp/kanko/news/>

無断転載を禁じます



この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。