

# 「IPCC土地関係特別報告書」 ハンドブック

## 背景と今後の展望

# 「IPCC 土地関係特別報告書」ハンドブック

## 背景と今後の展望

### 目次

巻頭言にかえて

編集に当たって

第 1 章: イントロダクション

気候変動と土地に関する IPCC 特別報告書について

IPCC インベントリータスクフォース共同議長/IGES 上席研究員 田辺清人 ..... 2

第 2 章: ブリーフィング・ノート

IPCC 特別報告書「気候変動と土地」

IGES 自然資源・生態系サービス領域プログラムマネージャー 山ノ下麻木乃 ..... 7

第 3 章: 主執筆者・査読編集者インタビュー

「土地は有限である」

国立環境研究所(NIES)地球環境研究センター長 三枝信子 ..... 15

「空いている土地は、理由があって空いている」

国立環境研究所(NIES)地球環境研究センター主席研究員 山形与志樹 ..... 20

第 4 章: Frequently Asked Questions (FAQs)

報告書に関する質問集 日本語版 ..... 27

## 巻頭言にかえて

「IPCC 土地関係特別報告書」ハンドブック作成にあたり、この報告書を読み解くにあたって、どのような点に注目して読み進まれたのか、IGES 武内和彦理事長に伺いました。

－ 「気候変動と土地に関する IPCC 特別報告書」について、武内理事長がこの報告書を読んだ時に、自身の経歴や経験に即して、どのような点に注目されたのか教えて下さい。

武内：

この報告書に関連して三点、私なりに指摘したい点があります。

まず第一点は、今回、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が土地劣化の問題を重視してこの報告書を取りまとめたことは、非常に意義深いということです。

私は、研究者として、この報告書が取り扱う「土地劣化」の課題に以前から関心を持ってきました。地球環境問題で私が最初に関心を持ったのは、地球温暖化でも生物多様性でもなく、乾燥・半乾燥地域の土地劣化である砂漠化問題でした。以前は、砂漠化対処条約(UNCCD)の締約国会議(COP)にも出席していました。気候変動枠組条約、生物多様性条約、砂漠化対処条約は、1992年の国連環境開発会議(UNCED)、いわゆる地球サミットを契機に誕生した三兄弟です。しかし、その後はそれぞれが独自の条約事務局を持って、個別課題に対応してきており、それらの相互関係に関する議論は残念ながら深まってはいません。

砂漠化対処条約は正式には、「深刻な干ばつ又は砂漠化に直面する国(特にアフリカの国)において砂漠化に対処するための国際連合条約<sup>1</sup>」です。この、「特にアフリカの国」という地域の問題に焦点を当てた点に特徴があります。今まで IPCC は砂漠化・土地劣化を、必ずしも真正面から取り上げてはきませんでした。しかし、砂漠化対処には IPCC や、生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム(IPBES)に類する独自の政府間組織がありません。IPCC か IPBES に頼らざるを得ないところ、「気候変動と土地に関する特別報告書」が、アフリカをはじめ深刻化する砂漠化・土地劣化の科学的評価の進捗につながる契機を与えたものとして、大きな意義があると思います。

二点目は、持続可能な社会に向けた国際合意を、より統合的な観点から取り扱うべきであるという点です。

---

<sup>1</sup> 英文では「United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa」

2019年4月、コペンハーゲンで「気候行動とSDGsのシナジーに関する国際会議」が開催され、私も出席しました。この会議では、気候政策とSDGsの相乗効果や共便益を追求する会合の開催趣旨に大きな賛同が寄せられましたが、同時に、私を含む複数の参加者から、気候政策とSDGsのみならず、生物多様性や仙台防災枠組とのシナジーについても促進していくべきとの意見が表明されました。このように、持続可能な社会の実現に向けたさまざまな国際的取り組みの統合化を図っていくべきという点は、先日(2019年12月)、COP25のSDGパビリオンで開催されたサイドイベント「Climate and SDGs Synergy Approach - Achieving Decarbonized Society and Securing Human Well-being - (気候とSDGsへのシナジーアプローチ - 脱炭素社会の実現と人間の幸福の達成)」での基調講演でも強調致しました。

三点目は、多層な生態系を多層に活用する土地利用の展開こそが、持続可能な開発につながるという点です。

砂漠化対処への関心もあり、私は若い頃からアフリカをフィールドに研究を行ってきました。国連大学の副学長に就任してからは、ガーナにある国連大学アフリカ自然資源研究所(UNU-INRA)と連携して、「アフリカ半乾燥地域における気候・生態系変動の予測・影響評価と統合的レジリエンス強化戦略の構築」というテーマで北部ガーナを対象にSATREPSプロジェクトを実施しました。この、気候・生態系変動という言葉には、気候変動と生物多様性を相互に関連するものと捉えるべきとのメッセージを含めたのですが、実際に現場を経験し、森林が伐採されて農地に代わっている状況をつぶさに見てきました。そのような経験から、多投入・大規模化による収量の大幅増加で人々を飢えから救うという「緑の革命」の論理は破綻しているのではないかと感じました。それは、気候・生態系変動の影響を抑制する方向ではなく、大規模化によりますます土地と生態系の劣化をもたらしているのではないかと、との疑念を持つに至りました。

日本でも、土地改良により圃場を大規模化することで、繊細なランドスケープの構造を根本的に破壊してしまいます。こうした状況を考えると、土地の持つ繊細な構造を最大限利用しながら、伝統的な知識を活かしつつ、ITを駆使して多様な農業を展開し、トータルな生産性を高めていく方式こそがあるべき姿であると思います。

インドの緑の革命の父として有名なモンコンブ・スワミナサンは、後に、本当に必要なのは穀物収量の増産のみをもたらす「緑の革命」ではなく、「常緑の緑の革命」(エバーグリーン・レボリューション)であるべきだと述懐しています。彼が行きついたのは、多層な生態系を作って、さまざまな農産物を生産し、その結果トータルな増産が可能となって人々を飢えから救えるという、アグロフォレストリーにも通じる考え方でした。

アグロフォレストリーの一例として、雲南省のティー・フォレストの事例を紹介しましょう。中国・雲南省では、森林を皆伐するのではなく、森林の中で茶の木を栽培するティー・フォレストを展開しているところがあります。この方法では全く土壌侵食を起こさず、茶のほかにも作物を栽培し、林内放牧も行われています。雲南省政府は、かつては森林を伐採して、大規模な茶畑のプランテーションを拡大してきました。しかし、プランテーションは、洪水や干ばつに対して脆弱なので、今や茶畑に木を植えて森林に戻そうとしています。単に農地を森林に戻すと食料生産との両立が問題となりますが、森林のような農地を作るという方法によって、環境保全と食料増産との調和を目指すという問題解決の糸口が見えてきました。

私が強調したいのは、地球環境と地球資源に限界があるなかで、森林、農作物、バイオ燃料作物だけに限定した土地の使い方ではなく、一つの地域で複合的な土地利用を行って、トータルな生産性を高め、そのことを通じて持続可能な社会を追求することが望ましいのではないかとことです。それを実現するためには、生計の多様化、付加価値の向上、地域住民の能力向上を図ることが必要だと思います。

— ありがとうございます。報告書を読み進めるのに、よいガイドを頂きました。ところで、私たちは普段の暮らしの中で、なかなか土地に関する問題とのつながりを感じるができずにいるのですが、自然と人間との係わりについて理事長のお考えを聞かせて頂けますか。

武内：

自然と人間との係わりのあり方について、今一度問い直す必要があると考えます。日本には昔から、薪炭林を利用した炭焼きやたい肥作りなどを通じて、人の手を入れて自然を豊かにしていくという考え方がありました。こうした考えを世界にも発信したいと考え、生物多様性条約 COP10 の際に立ち上げたのが「SATOYAMA イニシアティブ」です。

他方、こうした伝統的な考えが日本にあったにもかかわらず、現在の日本は、大量の燃料や肥料を海外から持ち込んでいますが、それによって輸出する国の環境が破壊されていることにもっと思いを馳せるべきです。以前マレーシアで、伐採したマングローブ材を港に運び、港に設置された大窯で炭焼きをして、その炭を「南洋備長炭」と日本語で書かれた段ボールに梱包している現場を見て驚いたことがあります。私たちが気軽に口にする焼き鳥は、こうした「南洋備長炭」で焼かれたものかもしれません。知らず知らずの間に、私たちはマングローブの伐採に加担していたのかもしれない。そうしたことに、もっと敏感になるべきだと考えます。

— ありがとうございました。

## 編集に当たって

本ハンドブックは、IGES の研究活動ならびに関係機関からの協力をもとに、「気候変動と土地に関する IPCC 特別報告書」に関する最新の知見を取りまとめたものです。様々な角度からの分析・関連資料を掲載しており、同報告書の総合的な理解に資する内容となっています。

具体的な構成内容は次の通りです。第 1 章(イントロダクション)では、IPCC が同報告書を作成するに至った背景を、国連気候変動枠組条約(UNFCCC)での議論や IPCC の足跡とともに振り返ります。第 2 章(ブリーフィング・ノート)では、IGES 研究員が専門的知見をベースに、同報告書の概要を解説しています。第 3 章(主執筆者・査読編集者インタビュー)では、実際に同報告書の作成に携わった 2 名の IPCC 関係者へのインタビューを収録しています。第 4 章(Frequently Asked Questions: FAQs)では、IPCC が発表した同報告書に関する FAQs(よくある質問と回答集)の日本語翻訳版を通じて、同報告書の意義や主要メッセージ、今後の地球温暖化対策への影響等を明らかにしています。

本ハンドブックの作成にあたり、関係機関から多くの協力を頂きました。環境省からは、「平成 31 年度国際低炭素社会推進研究調査等委託業務」の一環として、主執筆者・査読編集者へのインタビューを行う機会を頂きました。国立環境研究所には、実際に主執筆者・査読編集者インタビューを設定させて頂きました。また、IPCC 第 3 作業部会事務局からは、FAQs の翻訳への許可を頂きました。

IGES では、武内和彦(巻頭言)、田辺清人(第 1 章)、山ノ下麻木乃(第 2 章)、甲斐沼美紀子、山ノ下麻木乃(第 3 章)、山ノ下麻木乃、甲斐沼美紀子(第 4 章)の各氏に執筆・翻訳・協力頂きました。また、本ハンドブックの編集を北村恵以子が、表紙デザインを青木正人が担当しました。加えて、国外からも同報告書への理解を深めたいとの要望が多数寄せられたことを踏まえ、第 2 章(ブリーフィング・ノート)、第 3 章(主執筆者・査読編集者インタビュー)について、和文英訳を行って IGES ホームページにて公開しています(<https://iges.or.jp/en/projects/ipcc>)。翻訳・監訳を、河津恵鈴、アンドレ・デレク・マダー、伏見エマが担当しました。

このハンドブックが、これを手に取って下さる皆様の理解の一助となれば幸甚です。改めまして、関係機関の皆様、そして作成に尽力頂いた IGES 関係者に深く御礼申し上げます。

総合監修  
IGES 戦略マネージメントオフィス  
石川智子

# 第 1 章

## イントロダクション

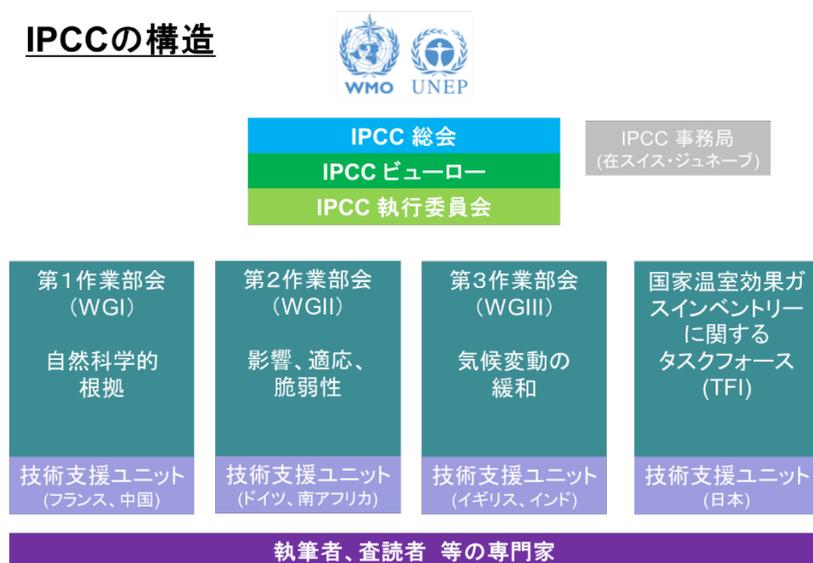
# 気候変動と土地に関する IPCC 特別報告書について

IPCC インベントリータスクフォース共同議長／IGES 上席研究員 田辺清人

1994 年 11 月に完成した「放射強制力と IPCC IS92 排出シナリオの評価」を嚆矢として、2019 年 9 月に完成した「変化する気候下での海洋・雪氷圏」まで、気候変動に関する政府間パネル (IPCC) は 13 の特別報告書を作成してきた。そのうち 12 番目にあたるのが、2019 年 8 月に完成した「気候変動と土地」に関する特別報告書である。この報告書の正式タイトルは、副題まで含めれば「気候変動と土地：気候変動、砂漠化、土地の劣化、持続可能な土地管理、食料安全保障及び陸域生態系における温室効果ガスフラックスに関する IPCC 特別報告書 (Climate Change and Land. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems)」。

これは、過去 13 の IPCC 特別報告書の中で、1.5°C 特別報告書<sup>1</sup>を除けば最も長いタイトルである。ことほどさように、気候変動と土地に関連して考慮すべき問題は多岐にわたる。このため、作成にあたっては、3 つの作業部会 (Working Group I, II, III) の密接な連携が必要とされ、一部にはインベントリータスクフォース (Task Force on National Greenhouse Gas Inventories) の協力も求められた。まさしく IPCC 総がかりで、この特別報告書は作成されたのである。この稿では、IPCC が同報告書を作成することになった背景を振り返る。

## IPCC の構造



<sup>1</sup> 「1.5°Cの地球温暖化：気候変動の脅威への世界的な対応の強化、持続可能な開発及び貧困撲滅への努力の文脈における、工業化以前の水準から 1.5°Cの地球温暖化による影響及び関連する地球全体での温室効果ガス (GHG) 排出経路に関する IPCC 特別報告書 (Global Warming of 1.5°C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty)」

## **IPCC 報告書の種類**

IPCC が作成する報告書(IPCC Report)には、大別して以下の 3 種類がある。

### **(1) 評価報告書(Assessment Report)**

気候変動に関する科学的・技術的評価を総合的にまとめる報告書。通常、各作業部会(Working Group I, II, III)が作る報告書 3 巻とそれらをまとめる統合報告書から成る。

### **(2) 特別報告書(Special Report)**

気候変動に関わる特定の問題に関して評価を行う報告書。通常、取り上げる問題の内容に応じて、作業部会のいずれかが単独あるいは共同で作成を担当する。

### **(3) 方法論報告書(Methodology Report)**

温室効果ガスインベントリー作成のための方法論(温室効果ガス排出量・吸収量の算定方法)を提示する報告書。インベントリータスクフォースが作成を担当する。

## **AR6 サイクルにおける特別報告書のテーマ選定**

IPCC 第 5 次評価報告書(AR5)の統合報告書が承認され AR5 に関わる作業のすべてが完了してから 4 カ月後の 2015 年 2 月、ケニアのナイロビで開催された IPCC 第 41 回総会は、IPCC の将来の方針等を議論した。同総会は、AR5 と同様に第 6 次評価報告書(AR6)も 5~7 年かけてじっくりと作成すること、そしてその間、いくつかの特別報告書を作成することにより AR6 作成プロセスを補強することを決定した。これを受けて、IPCC 事務局は IPCC 加盟国政府やオブザーバー国際機関に対して、AR6 作成期間(第 6 次評価期間:AR6 サイクル)において IPCC が作成すべき特別報告書のテーマについて提案するよう要請した。

それから約 1 年後、2016 年 4 月に再びケニアのナイロビで開催された IPCC 第 43 回総会には、各国政府や国際機関から提案されたおよそ 30 の様々なテーマが提示された。

IPCC による報告書の作成は、スコーピング(報告書の概要・構成の検討)から、各国政府などからの推薦に基づく執筆者の選定、世界中の専門家や政府によるレビュー、各作業部会や IPCC 総会による最終承認に至るまで、厳密に定められた手続きに従って実施される。1 つの報告書を作成するためには、膨大な労力と時間が必要である。このため、5~7 年の間に作成できる報告書の数には限りがある。基幹報告書である第 6 次評価報告書や、インベントリータスクフォースによる方法論報告書を除けば、AR6 サイクルの間に特別報告書として作成できる報告書は 3 つが限度である。

およそ 30 の様々な提案のすべてを受け入れるのは不可能ながら、なるべく幅広く提案を受け入

れるため、内容の近いテーマをまとめる努力がなされた。その結果、「気候変動と砂漠化」「気候変動、食料と農業」「砂漠化と地域的側面」「食料安全保障と気候変動」「農業、林業とその他の土地利用(AFOLU)」「気候変動と土地の劣化」「気候変動と山岳地帯」の7つの提案は、それぞれの内容のすべてあるいは一部を「気候変動と土地(Land)」というテーマに包摂でき、1つの特別報告書でカバーできるという案が支持された。そして、このテーマは、特別報告書作成の妥当性を検討する上でいくつかの基準を満たしていることも確認され、AR6 サイクルにおいて作成すべき特別報告書の1つと決定された。

### **IPCC の過去の報告書や他機関の報告書との違い**

IPCC が気候変動と土地に関する科学的知見の評価をするのは、もちろん、この特別報告書が初めてではない。気候変動による森林やその他生態系への影響や、気候変動について森林管理や土地管理が果たす役割などは、第2次評価報告書(1995年)以降たびたび言及されており、特に2000年に発表された「土地利用、土地利用変化及び林業(LULUCF)」に関する特別報告書では、それらが詳しく議論されている。また、2012年に出版された「気候変動への適応を進めるための、極端現象や災害のリスク管理」についての特別報告書では、現在及び将来の気候問題への対処に有益な、持続可能な土地管理について議論している。

しかし、今回新たに作成された気候変動と土地に関する特別報告書は、食料・水資源・エネルギー安全保障に深く関わる天然資源管理を直接的・間接的に促す様々な要因に注目しながら、気候変動と土地の問題についてのより統合的な分析をより深く行っており、過去の IPCC 報告書とは一線を画するものと言える。また、気候変動枠組条約(UNFCCC、1992年採択)、砂漠化対処条約(UNCCD、1994年採択)や生物多様性条約(1992年採択)のみならず、パリ協定(2015年採択)、仙台防災枠組(2015年採択)、持続可能な開発目標(SDGs)を記載した持続可能な開発のための2030アジェンダ(2015年採択)など、近年になって生まれた国際社会の新たな枠組をも視野に入れて作成されたという点でも、この特別報告書は過去の IPCC 報告書とは異なっている。

似たテーマを扱う IPCC 以外の報告書としては、国連食糧農業機関(FAO)や生物多様性及び生態系サービスに関する政府間科学-政策プラットフォーム(IPBES)によるものがある。しかし、IPCCによるこの気候変動と土地に関する特別報告書は、IPCC特有の「気候」を中心とする観点から土地に視線をあて、気候変動への適応や緩和策推進におけるリスク評価や持続可能な発展との関係を議論しており、他機関の報告書とも一線を画している。

### **今後**

この特別報告書は、2019年8月にスイスのジュネーブで開催された IPCC 第50回総会(第2回第1,2,3作業部会共同セッション)において、加盟国政府による最後の厳しい吟味を経て、承

認められた。同総会の冒頭、IPCC の Lee 議長は、この特別報告書の意義に触れながらこう述べた。「すべての人々にとって、この報告書は、『私の暮らす土地』、『私の農地』、『私の食料』について語るものだと言える。」誰も土地なしには生きられないことを考えれば、これは真実であろう。

なお、もちろん、気候変動と土地に関する科学的な考察がこの特別報告書をもって終了したわけではない。関連研究・論文の不足から、十分な評価をすることができなかった問題については、AR6 など今後作成される IPCC 報告書の中で、さらに考察が進められていくはずである。

<参考：IPCC 第 6 次評価期間に作成される報告書>

- IPCC1.5°C 特別報告書 (SR15)： 2018 年 10 月完成
- GHG インベントリー方法論に関する 2019 年改良版報告書： 2019 年 5 月完成
- 気候変動と土地に関する特別報告書 (SRCCL)： 2019 年 8 月完成
- 変化する気候下での海洋・雪氷圏に関する特別報告書 (SROCC)： 2019 年 9 月完成
- 第 6 次評価報告書 (AR6) WG1 報告書： 2021 年 4 月完成予定
- 第 6 次評価報告書 (AR6) WG3 報告書： 2021 年 9 月完成予定
- 第 6 次評価報告書 (AR6) WG2 報告書： 2021 年 10 月完成予定
- 第 6 次評価報告書 (AR6) 統合報告書： 2022 年 4 月完成予定

## 第 2 章

### ブリーフィング・ノート

## IPCC 特別報告書

### 「気候変動と土地(Climatic Change and Land)」

山ノ下麻木乃

IGES 自然資源・生態系サービス領域プログラムマネージャー

2019年8月、気候変動と人間の土地利用の関係について、これまでの科学的知見をまとめた IPCC<sup>1</sup>特別報告書「気候変動と土地(Climatic Change and Land)<sup>2</sup>」(以下、報告書)が公表された。土地利用というと、私たちの日々の暮らしとはかけ離れた話に聞こえるが、食料や水、木材、繊維、鉱物など様々な資源は、その場所に生息する動植物や土壌、地下資源を含め、「土地」に由来しており、人間の生存に密接に関係している。もしかすると、英語の「land」を「土地」と訳すよりは、「大地」と訳した方が日本語の感覚には合うかもしれない。私たちの暮らしは「大地の恵み」によって成り立っており、私たちは人間の生活に役立つように自然を開発し土地を利用してきた。報告書は、人間による大規模な自然の改変は、温室効果ガス(GHG)の排出・吸収、大気と陸地の熱交換、水循環等を変化させ、気候システムに大きな影響を与えていること、逆に気候変動によって生じる大雨、干ばつ、熱波による土壌の流亡や劣化、森林火災等が土地に影響し、私たちが受けてきた大地からの恩恵、特に食料生産がこれまで通りではなくなることに焦点を当て、その対応策についてこれまでの科学的な知見をとりまとめている。

#### 1. 気候変動の土地に対する影響と人間社会のシステムへのリスク

2015年時点で、陸地面積の約3/4は居住地、牧草地、農地などとして利用されており、手つかずの自然として残っているのはわずか28%(そのうち12%は利用が困難な荒野)である [SPM Figure SPM.1]<sup>3</sup>。2006～2015年の陸域の平均気温は1881～1990年に比べて1.53℃上昇しており[SPM A.2]、地球温暖化の人間社会への影響はすでに表れ始めている。温暖化は、砂漠化(乾燥地の水不足)、土地の劣化(土壌侵食、植生の損失、山林火災、永久凍土の融解)

<sup>1</sup> IPCC: 気候変動に関する政府間パネル(Intergovernmental Panel on Climate Change)

<sup>2</sup> サブタイトルは、気候変動、砂漠化、土地の劣化、持続可能な土地管理、食料安全保障及び陸域生態系における温室効果ガスフラックスに関する IPCC 特別報告書(IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystems)

<sup>3</sup> []内は IPCC 特別報告書「気候変動と土地(Climatic Change and Land)」からの引用箇所を記載した。SPM は政策決定者向けサマリー(Summary for Policy Makers)からの引用であることを示す。報告書は IPCC のウェブサイトからダウンロードできる(<https://www.ipcc.ch/srccl-report-download-page/>)。

や食料安全保障<sup>4</sup>(熱帯の作物の収量と食料供給の不安定化)のプロセスに影響する。そしてこれらのプロセスの変化は、食料システム、生計手段、土地の価値、人間と生態系の健康、インフラストラクチャーといった人間社会のシステムへのリスクとなる(図1)[SPM Figure SPM.2]。最近の気温上昇で、これらすべてに影響が出始めていることが示されており、特に永久凍土の融解と熱帯の作物収量減少はそれより低い気温上昇でも影響が生じるとされている。気温上昇を1.5°Cに抑えたとしても、食料供給が不安定になり世界の食料システムに問題が生じる可能性がある。

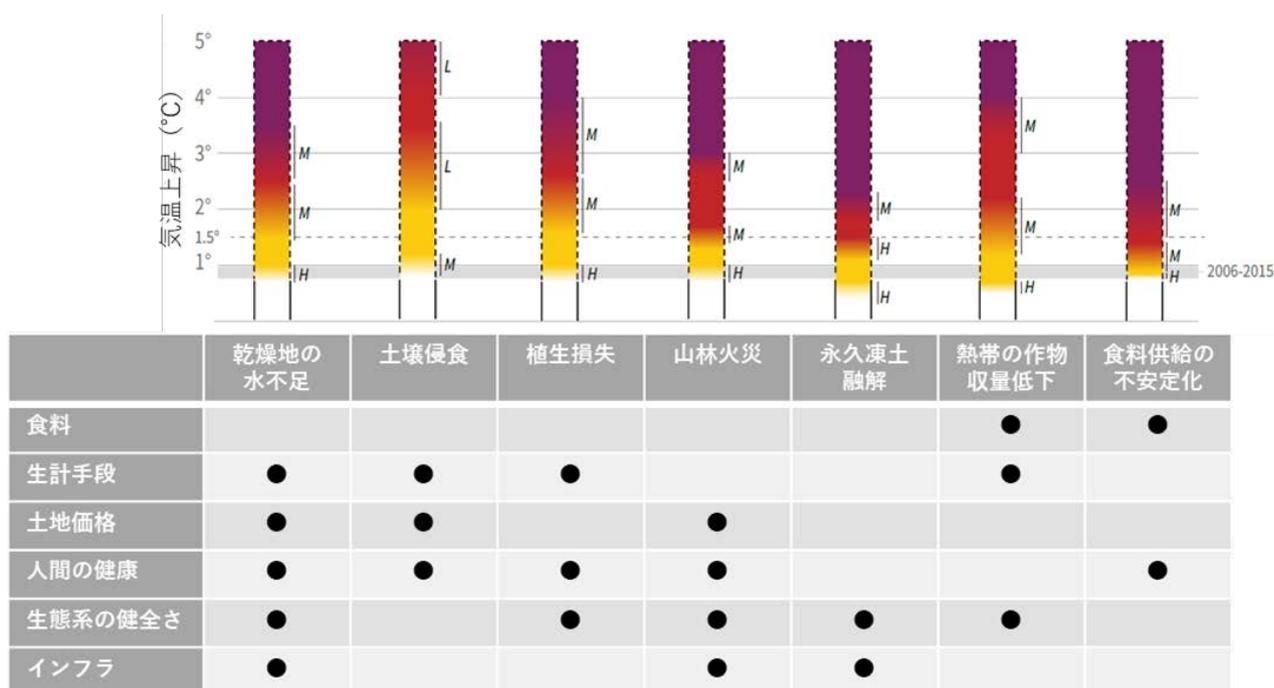


図1: 気候変動による土地関連のプロセス変化とそれによる人間・自然システムのリスク

気温上昇は砂漠化(乾燥地の水不足)、土地劣化(土壌侵食、植生損失、山林火災、永久凍土融解)、食料安全保障(作物収量と食料供給の不安定化)に関するプロセスに影響する(上図、色の濃さは影響の強度を表す)。このようなプロセスの変化は、食料システム、生計、インフラ、土地価格、人間と生態系の健全性のリスクを引き起こす(下表、プロセスと関係するものに●が示されている)。(Figure SPM.2 を基に作成)

## 2. 土地に関連する気候変動によるリスクへの対応策

土地に関係する気候変動による人間社会システムのリスクへの対応策としては、気候変動を最小限に抑える気候変動緩和策と適応策に加え、図1で示された食料、健康などの人間社会シ

<sup>4</sup> 食料安全保障: 全ての人々が、活動的・健康的生活を営むために必要な十分かつ安全で栄養価に富む食料を得ることが出来る状態を維持すること。

システムに影響を及ぼす砂漠化・土地劣化防止、食料安全保障に関する対策が必要である。

## 2-1. 土地に関連する気候変動緩和策

農業、林業、その他の土地利用(AFOLU)からの人為的な GHG の排出量は約 12.0Gt CO<sub>2</sub>e/年(2007～2016 年の CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> を含めた値)で、世界の総排出量の約 22%に相当し、運輸セクター、産業セクターからの排出に匹敵する大きな排出源となっている[SPM Table SPM.1]。それと同時に、主に森林によって約 11.2tCO<sub>2</sub>/年を大気中から吸収している。報告書では、従来の AFOLU に加えて「食料システム」としての排出量についても言及している。食料の生産に直接関連する排出(農業と農業に由来する土地利用変化)に加え、加工、流通を経て最終的に消費されるまでのプロセス全体を考慮した食料システムからの排出は約 14.8GtCO<sub>2</sub>eq/年で、世界の総 GHG 排出量の 21～37%を占める[Table 5.4]。フードロス(生産から消費までのプロセスにおける損失やまだ食べられる食品の廃棄など)による GHG 排出量は約 3.3Gt CO<sub>2</sub>eq/年と推定され、これは食料システム全体の排出の 8%に相当する[5.5.2.5]。フードロスや食生活の変更(肉の摂取を減らす)は、食料システムの排出を抑制するだけでなく、農地や放牧地の拡大も抑制する[SPM B6.2]。食料システムという視点が入り入れられたのは、農業(食料生産・供給)は食料の需要と密接に関連しており、生産側だけではなく、消費側の取り組みが重要であるからであると考えられる。また、食料システムはグローバル化し、一国の中で完結していないため、世界的なサプライチェーン(バリューチェーン)での排出削減の取り組みが重要となると考えられる。

## 2-2. 土地関連セクターの対策のコベネフィットとトレードオフ

土地に関連する気候変動リスクへの対応策の特徴は、多くの対策が食料問題と土地劣化・砂漠化防止、さらにはその他の環境・社会問題に対しても同時に貢献できる(コベネフィットをもたらす)ことであり、貧困削減など社会のレジリエンス強化を通じて持続可能な発展にもつながることを、報告書は強調している(図 2)[SPM Figure SPM.3]。例えば、農業において生産性の向上に取り組むことは、気候変動の緩和、適応、砂漠化防止、土地劣化防止、食料安全保障のすべてに良い影響を大きなスケールで及ぼすことができると評価している。一方で、より多くの土地を必要とするような対策は、食料生産との間で土地の競合を引き起こし、食料安全保障にマイナスの影響を与える可能性がある。例えば、バイオマスエネルギーの推進や植林の拡大は有効な気候変動緩和策であるが、食料のバイオマスエネルギーへの転用や、バイオマスエネルギー作物生産や植林を実施する新たな土地の確保といった、食料安全保障を不安定化させる要素がある。土地に関連する対策を大規模に実施するためには、トレードオフ(例えば、気候変動緩和策として有効であるが、食料生産を減少させる可能性がある)を十分に検討し、マイナスの影響を防止する対策が必要である。報告書は、このような複雑な問題に対処するためには、単純な 1 つの政策を実施するのではなく(例えば、バイオマスエネルギーの推進政策のみを実施する)、そこから派生する可能性のあるマイナスの影響に対応する政策(例えば、食料安全保障に関連する政策)を複合的に実施する必要がある、それによって持続可能で気候変動への脆弱性を克

服した(レジリエントな)社会システムの発展に寄与することができると主張している[SPM C1.4]。

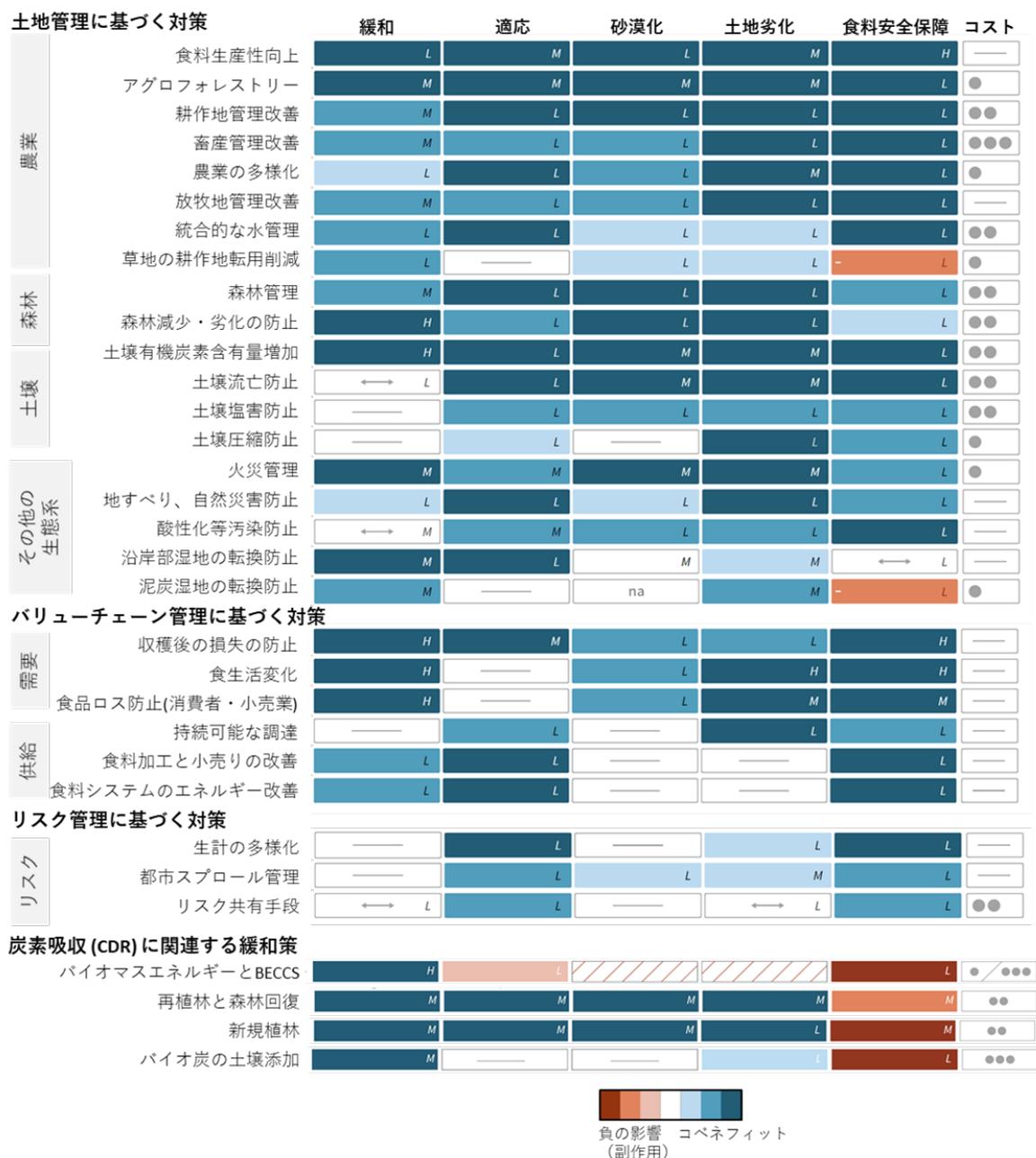


図2: 気候変動緩和・適応、砂漠化・土地劣化防止、食料安全保障強化のための土地関連の対策のコベネフィットと副作用

ほとんどの対策はコベネフィットをもたらすが、土地の競争を引き起こす潜在性のある対策には副作用がある可能性がある。(Figure SPM.3 を基に作成)

### 3. 温暖化を 1.5°Cに抑えるための将来の土地利用

#### 3-1. 1.5°C報告書で示された土地セクターの重要性

報告書のハイライトは、地球温暖化を 1.5°Cに抑制するための気候変動緩和策を実施した場合の将来の土地利用の予測を示したことである。昨年発表された IPCC 特別報告書「1.5°Cの地球温暖化(Global Warming of 1.5°C)<sup>5)</sup>(以下、1.5°C報告書)では、温暖化を 1.5°C以下に抑制するための GHG 排出削減の 2100 年までの道筋が、社会の発展の仕方(共通社会経済経路: SSP<sup>6)</sup>)によって異なることが示され、さらに土地セクターの貢献度合いも異なることが示された(図 3 上)。図示された 3 つの社会発展経路のいずれにおいても、温暖化抑制のために化石燃料消費に関連するあらゆる産業において大規模な排出削減を実施する必要があるが、それだけでは足りず、二酸化炭素除去(CDR, carbon dioxide removal)技術を使用して大気中から CO<sub>2</sub> を大量に取り除いていく必要もある。つまり、土地関連セクター(AFOLU)において大幅な排出削減を行うと同時に、森林の炭素固定能力を最大限活用し、CDR として機能することが求められる。それに加えて、BECCS<sup>7)</sup>(CO<sub>2</sub> 回収・貯留を付随したバイオマスエネルギー)という技術を活用し、大気中の CO<sub>2</sub> を除去する必要があることが示された。世界が持続可能性(サステナビリティ)を重視した社会へと移行した場合(SSP1)でも、森林と BECCS によって大気中の炭素を回収・固定する必要があるが、これまで以上に化石燃料を消費し続ける社会へと移行した場合(SSP5)、森林と BECCS への依存度は非常に大きくなる。

#### 3-2. 温暖化を 1.5°Cに抑えるための将来の土地利用

報告書では、社会経済発展の経路に対応した温暖化を 1.5°Cに抑制するための緩和策をそれぞれ実施した場合、将来の土地利用がどのように変化するかを示した(図 3 下)[SPM Figure SPM.3]。その結果、図示された 3 つの社会経済発展経路すべてにおいて温暖化を 1.5°Cに抑制しようとするならば、森林とバイオマスエネルギー原料生産のための土地を現在よりもそれぞれ 400 万~700 万 km<sup>2</sup> 増加させる必要がある(参考:オーストラリアの面積は 770 万 km<sup>2</sup>)。そして、その土地を確保するためには、農耕地と牧草地(家畜飼料を生産するために使用される土地)を大幅に減少させる必要がある。ただ、その過程にはシナリオによって違いがあり、社会が

<sup>5</sup> <https://www.ipcc.ch/sr15/>

<sup>6</sup> SSP (Shared Socioeconomic Pathways): 2100 年までの異なる社会経済発展シナリオで構成された 5 つの経路で、IPCC 報告書をはじめ様々な分野の将来予測で使用されている。図 3 で使用されている SSP は以下の 3 経路である—SSP1:2100 年の人口は 70 億人、収入が向上し格差は縮小、自由貿易、環境に配慮した社会を想定する／SSP2:2100 年の人口は 90 億人、中程度の収入で、技術開発、生産、消費パターンはこれまでのトレンドを想定する／SSP5:2100 年の人口は 70 億人、収入が向上し格差は縮小、自由貿易、資源集約的な生産、消費とライフスタイルを想定する。

<sup>7</sup> BECCS(Bioenergy with Carbon Capture and Storage): バイオマスエネルギーは、植物由来のバイオマス原料は成長時に大気中の CO<sub>2</sub> を吸収しているため、エネルギー使用の際の CO<sub>2</sub> 排出量は実質ゼロ(ゼロエミッション)とみなすことができる。バイオマスエネルギー使用時に、CO<sub>2</sub> を回収し貯留する(CCS)技術を合わせて用いることで、実質的に大気中の CO<sub>2</sub> を吸収する(ネガティブエミッション)とみなすことができる。

循環型へと移行し、化石燃料使用による排出を十分に削減した上で、土地管理、農業の集約化、生産と消費においても持続可能性を重視すれば(SSP1)、世界の人口と一人当たりの食物消費量が増加したとしても、必要となる農地と牧草地の面積がおのずと減少するので、それによって空いた土地の森林とバイオマスエネルギー原料生産への活用が可能になるとしている。一方で、資源集約型で化石燃料を消費する社会(SSP5)で気温上昇を 1.5°Cに抑えるためには、2030 年頃から急速に BECCS を導入しなければならないが、それにともないバイオマスエネルギー作物栽培地を拡大しなければならない一方で、食料を確保するための農地・牧草地も引き続き必要であるという状況が生み出される。その結果、すでに残り少ない自然植生がさらに失われ、気候変動対策のための土地と食料のための農地・牧草地の間で「土地を巡る競合」が生じ、土地価格、食料価格の高騰などにつながる可能性があるとしている。

#### 4. おわりに

気候変動を緩和し地球温暖化を 1.5°Cに抑えることのみを焦点を当てて考えてしまうと、将来の土地利用の決定において、気候変動の緩和か食料安全保障かという選択を迫られることになると思ってしまう。しかし、人間社会は大地の恵みによって成り立っており、社会の持続可能な発展を考える上で食料安全保障を犠牲にするのは現実的に不可能であり、このような土地利用選択を迫るような状況は回避しなければならない。そのためには、まず、すべてのセクターにおいて大規模な GHG 排出削減に取り組む必要があると報告書は強調している[SPM D.3]。そうすることで、気候変動の食料システムへの影響、さらには社会の持続可能な発展へのマイナスの影響を小さくすることができる。その上でさらに、土地関連の対応策を実施する必要があるが、それを検討する際には、社会の持続可能な発展に対するコベネフィットを生み、貧困の削減などに貢献することも考慮する必要がある[SPM D.2]。つまり、短期的な GHG 削減という気候変動緩和のための効果だけではなく、長期的な視野で SDGs<sup>8</sup>に掲げられている貧困削減、食料問題、健康、教育など人間社会の持続可能な発展に関わる他の分野への影響(コベネフィットとトレードオフ)を考慮し、それらの対策と合わせて対応策を検討し、実施していくことが重要であると考えられる。

---

<sup>8</sup> SDGs(Sustainable Development Goals): 持続可能な開発目標

### SSP1 (持続可能性重視型経路)

持続的に健康な消費パターン、低炭素技術革新、管理された土地システムによって、エネルギー集約性と人間開発、経済格差縮小、国際協力において持続可能性重視のシナリオ。BECCSの社会的な需要は限定的。

### SSP2 (中庸型経路)

社会と技術の発展は歴史的パターンに従う中庸シナリオ。排出削減はエネルギーと製品の生産方法変化によって達成されるが、必要とされる削減量には達しない。

### SSP5 (資源集約型経路)

輸送燃料と家畜生産の需要が高く、経済成長とグローバル化によってGHG集約的なライフスタイルが普及。資源とエネルギー集約的シナリオ。排出削減は技術的な方策で達成され、BECCSによるCO2除去を大規模に行う。

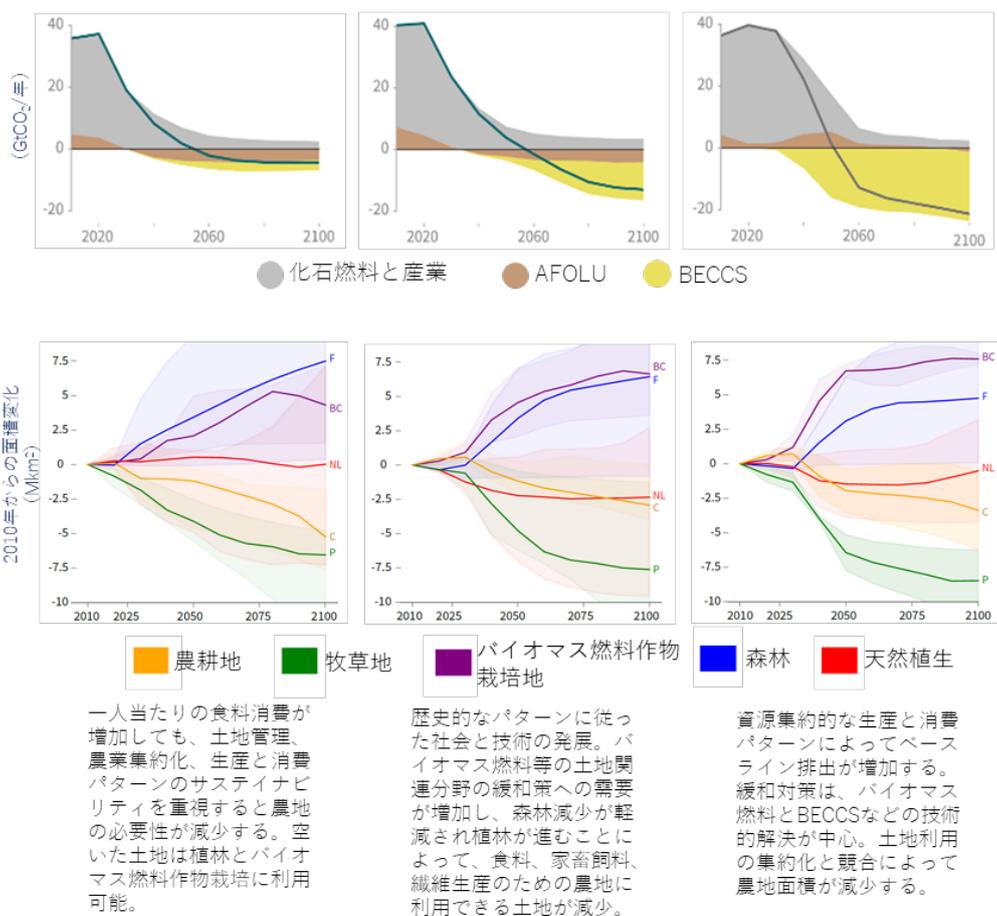


図 3: 上: 温暖化を 1.5°C に抑制するための排出削減経路

SSP によって異なる温暖化を 1.5°C に抑えるための排出削減の道筋を示している。AFOLU と BECCS に期待される排出削減と CO<sub>2</sub> 吸収が示されている。(IPCC 特別報告書「1.5°C の地球温暖化」政策決定者向けサマリー Figure SPM.3b を改編)

### 下: 社会経済発展と気候変動緩和策実施による将来の土地利用変化

異なる SSP において、図 3 上で示されたような温暖化を 1.5°C に抑えるための緩和策を実施した結果としての将来の土地利用変化が示されている。CO<sub>2</sub> 吸収のための土地利用(森林とバイオマスエネルギー作物栽培地)の大幅な拡大が必要になる。(IPCC 特別報告書「気候変動と土地」政策決定者向けサマリー Figure SPM.4 を改編)

## 第 3 章

### 主執筆者・査読編集者インタビュー

「IPCC 土地関係特別報告書」第 6 章の主執筆者である三枝信子国立環境研究所(NIES)地球環境研究センター長と、第 6 章の査読編集者を務められた山形与志樹同センター主席研究員に、同報告書の背景や主要メッセージについて伺いました。

(聞き手: 甲斐沼美紀子 IGES 研究顧問)

## 「土地は有限である」

三枝信子 国立環境研究所(NIES) 地球環境研究センター センター長  
IPCC 土地関係特別報告書 第6章主執筆者

**甲斐沼:** まず、この特別報告書で三枝先生が特に伝えたかったことを教えてください。

**三枝:** 第一に、土地は有限であるということです。気候変動対策として、大規模な植林やバイオマス燃料作物増産による吸収源の増加を行うことは、食料供給、水の確保、生態系保全などと競合する可能性があります。土地は有限であることを再認識し、適切な行動を取ることが必要です。

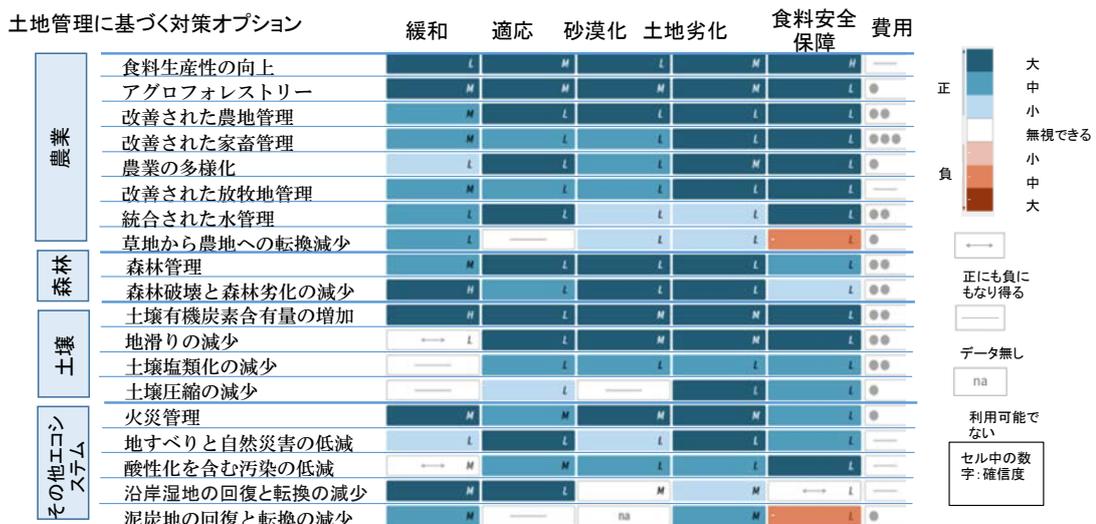
次に、社会のさまざまな部門において、人為起源温室効果ガスの排出を大幅に削減する野心的な対策を実施することが不可欠です。それが陸域生態系と食料システムに対する気候変動の負の影響を抑制することにつながります。

第三に、パリ協定の長期目標を実現するためには、人為的な温室効果ガス排出の削減の早急な実現に加え、森林減少の防止と新規植林、バイオマスエネルギーやネガティブエミッションの活用がどうしても必要です。さらに、食料安全保障への悪影響を避けるためには、土地劣化防止による農業生産性の向上と、食習慣の見直しを含む食料システム低炭素化等を同時に遂行する、という困難な課題を達成する必要があるということです。

これらの点については、NIES の地球環境研究センター(CGER)ニュース 10月号(「土地は有限—食料・水・生態系と調和する気候変動対策とは?—」)にも書かせて頂きました。

**甲斐沼:** 持続可能な土地管理が必要とのことですが、どのようなオプションがあるのか具体的に教えてくださいませんか？

**三枝:** 政策決定者向け要約(SPM)に掲載されている図 SPM3 に代表的な土地管理に基づく対策オプションがまとめられています。それぞれの対策オプションについて、有効性や競合の度合いが、緩和、適応、砂漠化、土地劣化、食料安全保障の5項目との関係について評価されています。青色で色分けされている項目がプラスの効果がある対策、赤色で色分けされている項目がマイナスの効果がある対策です。次の図は、図 SPM3 に記載されている「土地管理に基づく対策オプション」です。



出典：IPCC土地関連報告書SPM 図3を和訳

図 1：土地をめぐる競争を伴わない、または競争があっても限られている場合の  
土地利用管理に基づく対策オプション

土地管理に基づく対策オプションの多くは、食料安全保障などに良い効果をもたらします。例えば、食料生産性の向上とか、アグロフォレストリーの導入などはいろいろな面で期待される対策です。

甲斐沼： 対策オプションで土地をめぐる競争が大きい対策にはどのようなものがありますか？

三枝： 新規植林、再植林、バイオ燃料 CO<sub>2</sub>回収貯留(BECCS)とバイオ炭の土壌への投入の4つのオプションは、大規模に適用された場合、食料生産に必要な土地をめぐる競争を大幅に増加させる可能性があります。特に、BECCS は気候安定化のためには必要な対策とされていますが、食料安全保障に悪影響を与える可能性が大きいとの指摘があります。バイオエネルギーと食料安全保障の関係を調べた研究では、大規模なバイオエネルギーを導入すると、最大1億5,000万人の飢餓人口のリスクがあると推定しています。

甲斐沼： バイオエネルギー用の土地はどの程度必要なのでしょうか？

三枝： 1.5°C特別報告書で検討された SSP(共通社会経済経路: Shared Socioeconomic Pathways)シナリオを用いた 1.5°Cの気温上昇を抑える経路を用いて、追加的に必要な土地が推計されています。推計結果は図 SPM4に掲載されています。

甲斐沼： ここでの図の読み方ですが、IGES では、1.5°C特別報告書の排出経路と、今回土地

関係特別報告書で言及している将来の気温上昇を 1.5°Cまでに抑える場合に必要な土地利用変化を上下に整合させてみました。こうすると、少しわかりやすくなると思います。

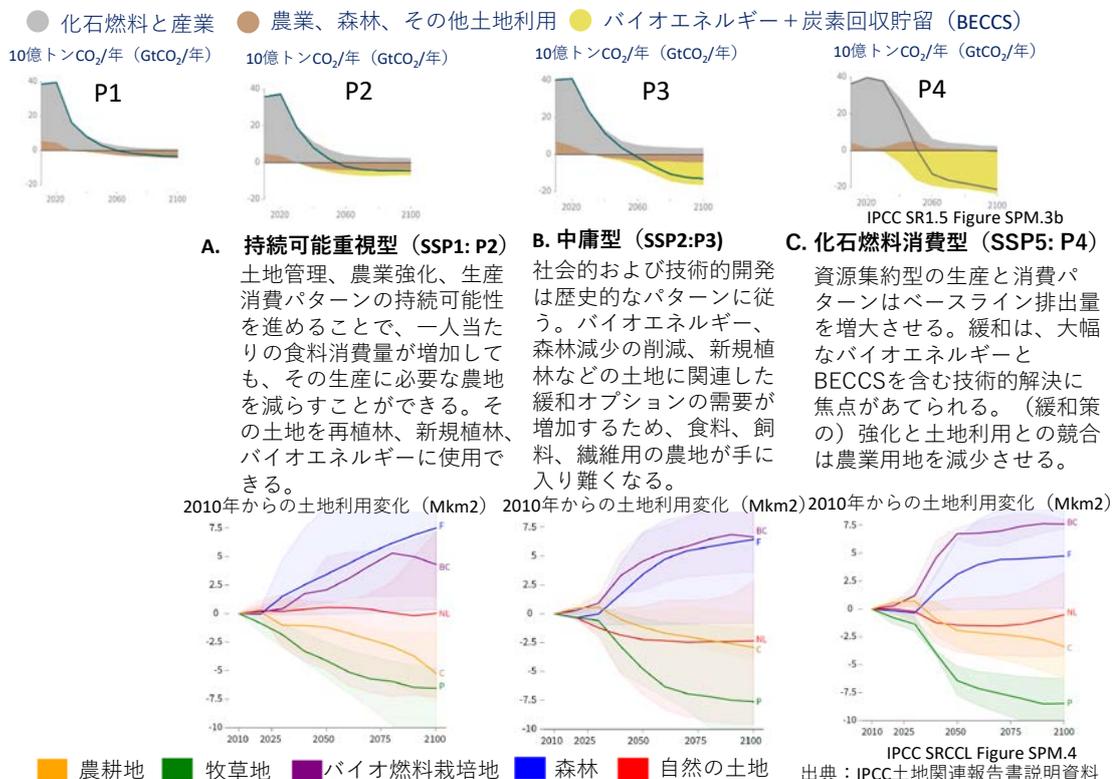


図 2: 4 つの例示的なモデル経路における世界正味 CO<sub>2</sub> 排出量への寄与の内訳

三枝： 図は、持続可能性を重視した社会的・技術低開発を高度に進める社会(SSP1)と中程度に進める社会(SSP2)、逆に化石燃料資源の消費に頼る社会(SSP5)において、将来の気温上昇を 1.5°Cまでに抑える場合に必要な土地利用変化です。農耕地、牧草地、バイオ燃料栽培地、森林、自然の土地がどのように変化しているかが示されています。

図 2 の A(SSP1)は持続可能性重視型で、持続可能な土地管理を進め、農業システム(食料生産と消費のパターンを含む)の持続可能性も高めることで、将来、一人当たりの食物消費量が増加してもその生産に必要な農耕地・牧草地の面積を減らすことができ、その土地を再植林・新規植林・バイオ燃料作物の栽培に回し、緩和策を進める余地を生むとしています。一方、中庸型の B(SSP2)や、特に化石燃料消費型の C(SSP5)では、温室効果ガス排出量が高いレベルで続いたため、バイオ燃料作物の増産と BECCS による緩和策を、2050 年より前に極めて迅速に拡大する必要があるとしています。このため、土地をめぐる競合は農耕地・牧草地・自然の土地の減少をもたらし、食料安全保障と生態系に悪影響を及ぼすリスクが増大することが予想されるとしています。

**甲斐沼:** SSP5 では、2100 年に 7.6Mkm<sup>2</sup>もの追加的バイオ燃料栽培地が必要とされています。SSP1 でも 2100 年に 4.3Mkm<sup>2</sup>の追加的バイオ燃料栽培地が必要です。世界の陸地面積が 148Mkm<sup>2</sup>、インドの面積が 3.28Mkm<sup>2</sup>であることを考えると、7.6Mkm<sup>2</sup>もの陸地を新たにバイオ燃料用に確保するのは難しいように思いますが、どうでしょうか？

**三枝:** 確かに難しいです。また、SSP5 の場合は、2030 年から 2050 年にかけて急速にバイオ燃料栽培地を増加させなければなりません。1 年間に約 0.2Mkm<sup>2</sup>のペースです。これは、北海道、東北地方、関東地方に長野県と新潟県を足した面積に相当します。草原をバイオ燃料栽培地に変換できる可能性があるとはいえ、かなり広大な面積です。

**甲斐沼:** 耕作地は減っていますね。2100 年の人口が 100 億人を超えるシナリオもありますが、食料は十分に確保できるのでしょうか？

**三枝:** 本報告書では、気候変動対策の一つとして食品ロスと食品廃棄の削減を含む食料システムの改善が有効であると述べています。例えば、2010～2016 年に世界で生産された食料の 25～30%は廃棄され、その量は世界全体の人為起源温室効果ガス総排出量の 8～10%に相当すると推定されています。さらに、動物起源の食品に比べて生産に要する土地・水・エネルギー消費の少ない植物起源の食品(穀類や豆類等)を多く摂る食生活に変えることで、2050 年までに 0.7～8 Gt CO<sub>2e</sub> yr<sup>-1</sup>の削減ポテンシャルを期待できると述べています。

**甲斐沼:** 現実には、土地が絡んだ対策を進めるのは難しいかと推察します。障壁としてどのようなことが検討されたのでしょうか？

**三枝:** 確かに、土地利用を改変していくことは非常に難しいです。社会的、経済的、文化的障壁により、具体的な政策の実行が阻まれていることが多くあります。例えば、社会的不平等や政情不安に基づく不安定な土地所有権の問題や、技術の普及や社会的学習の機会不足は、政策の普及と市場の変化を困難にしています。

しかし、台風、洪水、熱波などの自然災害が増えており、温暖化対策は不可欠です。BECCS にできるだけ頼らないためには、温暖化対策を早急に進めることが急務です。

**甲斐沼:** そろそろラップアップをさせて頂きたいと思いますが、何か言い足りないこと、改めて強調されたいことがあればお願いできますか。

**三枝:** 報告書のメッセージとして、「食料価格が上昇する」「牛肉食を控えるべき」などのセンセーショナルな部分がクローズアップされがちですが、まず 1.5°Cの温度上昇にとどめるためにできることはすべてやるべきで、さらに限られた土地をどう使うのかを早急に考えていく必要があると

思います。BECCS に過度に期待することはできないと考えます。また、この報告書では個々の気候変動対策のコストについてはまだ十分な検討がなされていないのですが、今後食料との競合を考えれば、コストの詳細な検討は不可欠です。将来食料の価格が高騰するような事態になったときに、世界の貧困問題にどのように影響するか、ということも大きな課題であると考えます。

ところで、この報告書の正式名称は、日本語では「気候変動と土地：気候変動、砂漠化、土地の劣化、持続可能な土地管理、食料安全保障及び陸域生態系における温室効果ガスフラックスに関する IPCC 特別報告書」と訳されています。正式名称が長いので略称があり、英語では Special Report on Climate Change and Land、日本語では「土地関係特別報告書」と呼ばれています。「土地」というと所有する地所という印象があるためか、日本語の略称を一見しただけでは、一体何に関する報告書なのかわかりにくいですね。一方、英語の Land には、海に対する陸という意味もあるし、土という意味もあります。気候変動が陸域の自然生態系や農耕地にどのような影響を及ぼし、私達は持続可能な土地管理を行うことでどのように土地の劣化を防ぎ、食料安全保障と気候変動対策を両立させていく必要があるかという、報告書の本来の意義について、わかりやすくアピールしていく必要があると思っています。

日本との関連では、日本からも積極的にアピールできることがあるのではないかと思ったことがあります。例えば、日本は国土の約 3 分の 2 が森林に覆われ、先進国の中では世界有数の高い森林率をもちます。温暖で湿潤な夏があり、木もよく成長します。木質バイオマスの高効率利用をはじめ、地域の特徴を活かした対策を推進する余地は大きいはずであると考えます。食料システムの改善についても、食品ロス・食料廃棄の大幅削減と同時に、地産地消の和食文化を再評価することも気候変動対策に共便益のあるアプローチの一つかもしれません。

**甲斐沼：** お忙しい中インタビューさせて頂き、大変ありがとうございます。生活の基盤である土地政策は非常に難しいことが良くわかりました。温暖化対策の必要性や、どのように進めていったら良いかといった情報について、是非これからも分かりやすい形で伝えて頂ければと思います。

インタビュー実施日：2019 年 9 月 17 日／場所：国立環境研究所

## 「空いている土地は、理由があって空いている」

山形与志樹 国立環境研究所(NIES) 地球環境研究センター 主席研究員  
IPCC 土地関係特別報告書<sup>1</sup> 第6章レビュー・エディター(査読編集者)

**甲斐沼:** ネガティブエミッションは最終的にどのように評価されたのでしょうか？

**山形:** 私なりに簡単にまとめますと、パリ協定を実現するためには、植林をしたりバイオマスエネルギーを活用して地中に炭素を貯留したりして、CO<sub>2</sub>を大気中から吸収固定するネガティブエミッションを実施する必要があります。今後、温室効果ガス排出部門における削減対策をできるだけ早急に進めつつ、同時に、農業生産性を向上、食の低炭素化、土地劣化の防止を実現しない限り、食の安全保障に影響を与えずには、大規模な土地利用を前提とするネガティブエミッションの実現は簡単ではないことが明らかにされました。特に、大規模なバイオ燃料 CO<sub>2</sub>回収貯留(Bio-Energy with Carbon Capture and Storage: BECCS)を活用するネガティブエミッションの実施は、生態系サービスに大きな影響を与えることが予想されています。

余談になりますが、ネガティブエミッションに関する研究に関しては、私が代表を務めているグローバルカーボンプロジェクト(Global Carbon Project: GCP)つくば国際オフィスが中心になって国際的に共同研究を推進してきました。<http://www.cger.nies.go.jp/gcp/magnet.html>

このプロジェクトをスタートした7~8年前には、ネガティブエミッションという言葉はまだほとんど知られていませんでしたが、2°C目標の達成のためには、今後重要な研究課題になると考えて、国際応用システム分析研究所(IIASA)の研究者らとともに「地球規模のネガティブエミッション技術マネジメント」というプロジェクトを立ち上げました。

**甲斐沼:** では、ネガティブエミッションのアイデアは、その頃に出てきたのですか？

**山形:** そのままの議論の発端は、20年前に「サイエンス」に気候変動リスク管理の観点から書いた論文にあります。<https://science.sciencemag.org/content/294/5543/786b/tab-article-info>

それまでも、我々はずっと森林などの炭素吸収源による温暖化対策と京都議定書の関係などについて研究してきました。そこで、今後の長期的な低炭素化の国際合意の実現のために、この大規模な吸収をどのように実現することができるのか、あるいはできないのかをきちんと研究し、政治的な議論に科学的な知見を提供する必要があると考えました。

そのうち、この論文で概念を提案した BECCS が、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)や

---

<sup>1</sup> 正式名称は「気候変動と土地：気候変動、砂漠化、土地の劣化、持続可能な土地管理、食料安全保障及び陸域生態系における温室効果ガスフラックスに関する IPCC 特別報告書」

COP でも大きく取り上げられるようになりました。

**甲斐沼:** 共通社会経済経路(SSP; Shared Socioeconomic Pathways)のうち、どの SSP シナリオでも 1.5°Cに世界平均気温の上昇を抑えるためには、大量のバイオ燃料用の土地が必要とあります。このように大量のバイオ燃料用地の確保は可能なのでしょうか。

**山形:** IPCC の第 5 次評価報告書(AR5)が取りまとめられていた時点では、主要な統合評価モデル研究者らは、BECCS には 2100 年時点で世界の農地のおよそ 4 分の 1 が必要との計算結果を示しました。その後、4 分の 1 よりも、もっと必要になるとの計算結果も出てきましたが、ネガティブエミッションの「ネガティブな」面、つまり BECCS が必要とする大規模な土地を巡って、持続可能性に与える影響の大きさが認識されつつあります。他方で、各種の温暖化対策を早急に実現すれば、BECCS は不要であるという研究者もいます。今回の特別報告書は、その点で、パリ協定の実現のためには、スケールは異なるものの、BECCS などのネガティブエミッションは不可欠である、また、その実現可能性は農業や食の問題とも関係しており、今後それぞれの地域の現実的な土地利用状況を踏まえて、実現可能性をきちんと評価する必要があるという明確なメッセージが出されました。

IPCC での議論のベースともなりましたが、より定量的なネガティブエミッションの技術とその評価については、私がレビュー・エディターとして一緒に連携をした第 6 章の調整役代表執筆者(CLA)のピート・スミス(Pete Smith)氏らと執筆した論文<sup>2</sup>で、ネガティブエミッションの各種技術の影響を、土地、水、エネルギー、コストなどとの関係で総括的にまとめています。

**甲斐沼:** CO<sub>2</sub>直接回収技術(Direct Air Capture: DAC)はいかがでしょうか？

**山形:** 私は専門ではありませんが、DAC には今後の技術開発と資金やエネルギーが必要であり、実現は現時点ではそう簡単ではないように思えます。CO<sub>2</sub>を煙突から吸収する技術開発は進んでいます、大気中から回収する技術はかなり難しいのではないのでしょうか。十数年後にはそのような技術ができているかもしれませんが、パリ協定の実現には、近い将来からのネガティブエミッションの実現が必要であり、その技術開発の実現を待っている時間はありません。BECCS やネガティブエミッションなしでパリ協定を実現するシナリオでは、来年あたりからグローバルな温室効果ガスの大幅削減を実現する必要があります。

**甲斐沼:** 温室効果ガスを来年から減らし始めないと、というのは、正直なかなか難しいのではと思います。1.5°C特別報告書の低エネルギー需要型シナリオ(CCS 付きの化石燃料発電や

---

<sup>2</sup> Pete Smith et al. (2015): Biophysical and economic limits to negative CO<sub>2</sub> emissions

BECCS を使わないで 1.5°Cの温度上昇にとどめるシナリオ)も、実際にはかなり厳しいとの意見があります。

**山形:** 大変に残念ですが、現実的にはそのような可能性は少なからずあり、これから 2030 年にかけてグローバルな GHG 排出量が 2°Cシナリオをオーバーシュートしてしまう場合に、パリ協定を実現するためには、どのようなシナリオでネガティブエミッションを実現する必要があるか、あるいはそのようなことはすでにできないのかの検討が喫緊の研究課題です。

IPCC 報告書から少しずれて、私達の研究の話になって恐縮ですが、2100 年時点でバイオ燃料用にどのくらいの土地が必要となるか、私たちのチームでシナリオを作って評価した研究について紹介させていただきます。この図に示したのは三つの BECCS に必要となる土地利用シナリオです。S1 シナリオでは、バイオ燃料用の土地を増やさずに、灌漑を導入してバイオ燃料の収穫を上げるシナリオ、S2 シナリオは食料用の土地をバイオ燃料用地に転換するシナリオ、S3 シナリオは森林をバイオ燃料用地に転換するシナリオです。S1 シナリオでは現在地上にある河川の流量では足りないことがわかりました。わかりやすく言いますと、川が干上がるか、食料が足りなくなるか、森がなくなるかのトレードオフが考えられるのですが、いずれにしてもあまり持続可能ではないことがわかります。

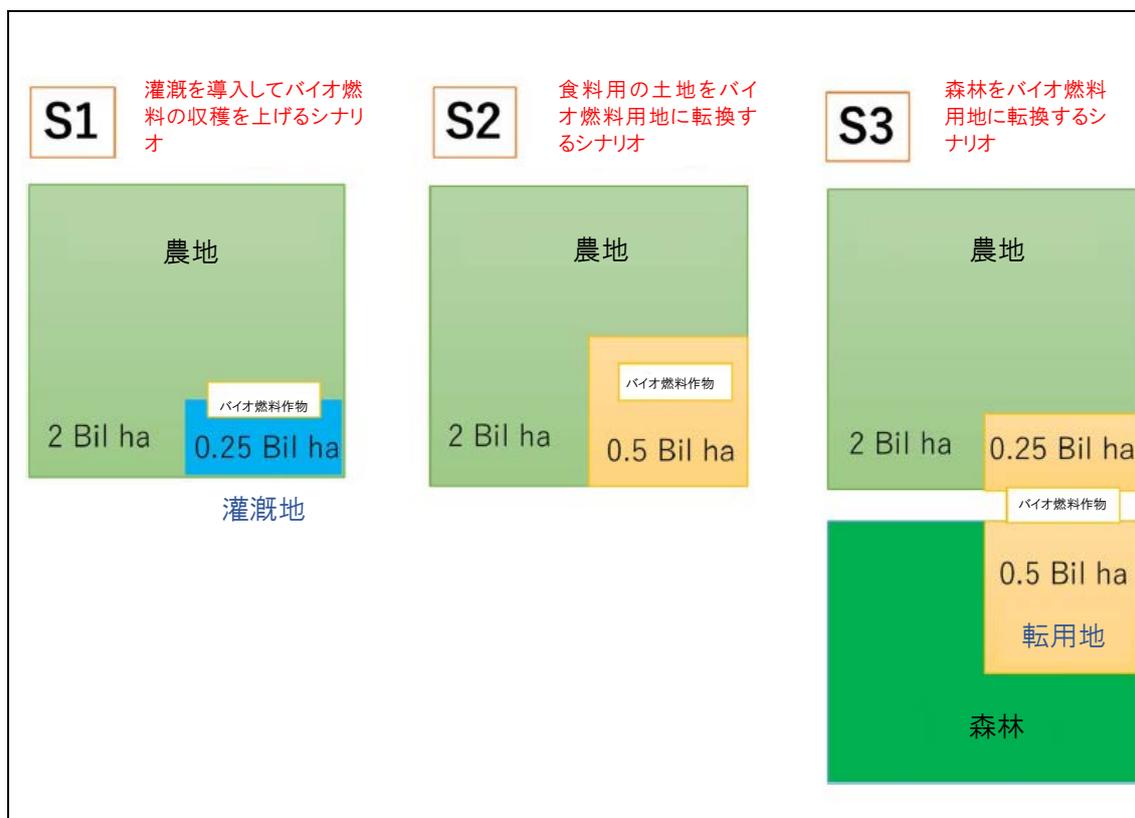


図: RCP2.6 の経路に向けた、2100 年のバイオ燃料作物栽培の土地利用シナリオ<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Yoshiki Yamagata et al. (2018): Estimating water-food-ecosystem trade-offs for the global negative emission

**甲斐沼:** 川が干上がったたり、森がなくなったりすれば、気候にも影響が出てくると思いますが、気候変動の影響は考えなくてもよいのでしょうか。

**山形:** 上記のシナリオを作成したときには気候変動を考慮に入れていなかったのですが、気候変動を考慮すると、より深刻な結果になると思います。

その場合、土地の生産性をより効率的にするか、或いは食料を変えるか、ということになります。食料の生産性を上げるには、水、機械化、肥料の投入が鍵となりますが、限界があります。そもそも生産力がないところに灌漑してもそうそう増産はできません。そうすると、食習慣を変えるという選択肢になりますが、では牛肉食をやめるかといわれると、それもなかなか難しいです。実際、BBC ではこのレポートに対して、地球温暖化問題の解決には食習慣の修正が必要ではないかということで、ベジハンバーガーの大きな写真とともに記事を書いていました。

**甲斐沼:** BECCS にはどの程度現実性があるのでしょうか？

**山形:** BECCS の現実性はスケールに依存します。小規模の BECCS は現実的で世界中ですぐに実施可能です。しかし、現時点で想定されている 3GtC の削減(ネガティブエミッション)に必要な大規模な BECCS になりますと、土地、水、生態系のいずれかの持続可能性を犠牲にしない限り実現は困難ということになるかと思えます。また、バイオエネルギープラントについては、ススキやヤナギなどが知られています。生態系に影響があるかは、その土地がもともとどのような植生であったかにもよるので一概には言えませんが、土壌劣化は早まるので、休耕させるなどの工夫が必要です。

**甲斐沼:** また、土地の所有権を考えると、日本ですらいろいろと複雑なのに、途上国のように権利関係が複雑なところで、単に温暖化対策というキャッチフレーズだけで進めることは難しそうですね。

**山形:** 以前、「空いている土地などない、空いている(ように見える)土地は、理由があって空いているのだ」ということを指摘されて、はっとした経験があります。空いているように見える土地は、何らかの要因があって、そこに手が付けられないのです。日本のように休耕田があって、そこに生やせばよいというのはむしろ例外です。現実にはできることは、思ったより少ないのです。

ところで、日本については、この「休耕田を活用する」というアイデアが、ひょっとして使えるのかもしれない。現在の日本の水田の 3 分の 1 が休耕田と言われていますが、ここにバイオ燃料を植える、というのは一つの考えです。すでに FIT で休耕田に太陽光発電パネルをつけるエネルギーシェアリングが進みつつありますが、これをバイオ燃料にまで広げる可能性はあるのではな

いでしょうか。

**甲斐沼:** 日本では、エネルギーの 92%を輸入に依存しており、また、食料自給率ではカロリーベースで 63%を海外に依存しています。こうした状況に一石を投じることになりますね。

**山形:** その通りですね。ブラジルでは、エタノールを混ぜたガソリンを使っていますが、日本でもできるとよいと思います。例えば農村部を走る軽トラックが、地元産の燃料で走っているというのは、良いアイデアだと思いませんか？ 休耕田を活用することは、日本の農村部を再び活性化することにつながるのではないかと思います。日本での持続可能なバイオマス利用、地域食の見直しなどについても、地域に根ざした研究を、本腰をいれて検討していく時期にきているものと考えています。SATOYAMA イニシアティブや、地域循環共生圏のコンセプトにも親和性がありますので、今後、国立環境研究所(NIES)と IGES との間で連携して研究を進めていくことができればと思います。

**甲斐沼:** 本日は貴重なお時間をありがとうございます。そろそろラップアップをしたいと思いますが、最後にこれだけは強調したい、という点をご教示ください。

**山形:** ありがとうございます。まず、平均気温で 2℃くらいの温度上昇であれば、全世界的に見れば、気温と CO<sub>2</sub>濃度の上昇によって、作物の生産性が上がる場合もあるものと考えられますが、これが 3℃の温度上昇となってしまうと、土壌からの CO<sub>2</sub>放出の方が急速に増えて自然生態系は炭素吸収源ではなくなってしまう、いわゆるポジティブフィードバックによって、さらに温暖化が加速するリスクが指摘されています。実際、最近のシベリアやブラジルでの大規模な森林火災を見ますと、このようなリスクはもっと早くに来るのかもしれませんが、私たちに残された温暖化対策に取り組むための時間はあまりないといえます。

持続可能性を重視した社会的・技術低開発を高度に進める社会(SSP1)のもとで RCP1.9 の経路<sup>4</sup>が可能となるにはどのような対策や手段がとれるのかを早急に考え、できることはすべてやるのが重要というメッセージになるかと思います。

温暖化の影響は実際に顕れています。対策が急務であるとは言えるものの、実際、BECCS などのネガティブエミッションは急にはできませんし、また、土地利用の制約を考えると大規模にはできません。できれば BECCS 無しが望ましいのですが、現実的にオーバーシュートしてしまう可能性も高まりつつあります。そうすると、如何にすれば BECCS を持続可能に実施できるか、ということになります。先ほども申し上げたとおり「空いている土地は、理由があって空いている」ので、もし BECCS をやるのであれば、途上国に過度な期待をするのではなく、まず先進国が範を示すべきかと思います。

実際、ヨーロッパでは、今後はその将来の必要性の大きさから考えて、ネガティブエミッション

---

<sup>4</sup> 1.5℃の気温上昇に相当する経路

が一つの産業になりうるということが意識されつつあることを日本の企業の方にも指摘したいと思います。現に、昨年スウェーデンがネガティブエミッション産業の関係者とともに第一回の国際会議を開催しています。

また特に、日本の休耕田活用のアイデアは、エネルギーや食料の自給率向上にもつながり、また、農村部の再活性化にもつながる潜在的な可能性を秘めています。まず日本が、できることを自らやる、という姿勢を見せていくことが大切ではないかと思います。

**甲斐沼：** 本日はありがとうございました。

インタビュー実施日：2019年9月17日／場所：国立環境研究所

## 第 4 章

Frequently Asked Questions (FAQs)

報告書に関する質問集 日本語版

## Frequently Asked Questions(FAQs) :

### 報告書に関する質問集 日本語版

#### FAQ 1.1

#### 土地と気候の間の相互作用を研究するにあたり、どのようなアプローチがあるのか？

気候変動は、土地が人類に提供できる食料や水の供給方法を形成する。同時に、地表は上空の大気と相互作用し、ゆえに人為的な土地利用、土地被覆、都市化は、地球規模、また地域、局所の気候に影響を与える。土地と気候の間の相互作用は複雑であり、そのため異なる空間的・時間的尺度を包摂する複数の研究アプローチが必要である。大気-陸域間の炭素、水、養分、エネルギーなど交換の観測は、葉レベルと土壌についてはガス交換システムを使用して、林冠スケールでは微小気象学的手法(渦共分散など)を利用して行われている。地域規模では、高層タワー、航空機、及び衛星による大気測定を大気輸送モデルと組み合わせて、関連する温室効果ガス(GHG)フラックスの空間的明示マップを作成することができる。10年より長い時間スケールでは、年輪年代法、衛星記録、個体群動態と植生動態、同位体研究などがより効果的である。モデルは、測定による情報をまとめ、知識を空間的、時間的に拡張するために重要であり、これには将来の気候と土地の相互作用のシナリオの作成が含まれる。

#### FAQ 1.2

#### それぞれの土地に根差した適応・緩和オプションは、どの程度地域固有のものなのか？

土地ベースの適応・緩和オプションは、地域固有の特徴に密接に関連しているが、それにはいくつかの理由がある。気候変動には明確な地域パターンがあり、すでに極端な気候変動の影響を受けている地域がある一方で、ほとんど影響を受けておらず、むしろ恩恵を受けている地域もある。そのため、地域の気候変動シナリオの信頼性を高めることは、適応と緩和オプションの実装に向けた重要な一歩となりつつある。気候変動の生物物理学的、また社会経済的影響は、自然生態系や経済セクターの組み入れの度合いに依存する。これらもまた、ガバナンスによる地域の感度を反映して、地域に固有のものである。

脆弱性を回避・軽減し、適応能力を高めるための適応・緩和能力に関する全体的な対応は、制度的取り決め、社会経済的条件、また政策の実施に依存しており、それらの多くは明確な地域の特徴を持っている。しかし、急速な社会の変容に伴う農産物需要、食料価格、食生活の変化(例:都市対農村、肉食対ベジタリアン)などの世界的要因は、地域固有の緩和・適応に関する政策に干渉する可能性があるため、世界規模での対応が必要である。

### FAQ 1.3

#### 砂漠化と土地の劣化との違いは何か？ また、それらはどこで起こっているのか？

土地の劣化と砂漠化の違いは地理的なものである。土地の劣化とは、直接または間接的な人為的なプロセス(人為的な気候変動を含む)によって引き起こされる、土地の状態のマイナスの傾向を表すために使われる一般的な用語である。劣化は、生物学的生産性、生態学的完全性、または人間にとっての価値の、長期的な減少または損失によって特定できる。砂漠化は、乾燥地、半乾燥地、乾燥半湿潤地で発生する土地の劣化である。一部の認識に反して、砂漠化は砂漠の拡大と同義ではなく、不可逆的な土地の劣化という限定的な意味もない。

### FAQ 2.1

#### 気候変動は土地利用と土地被覆にどのように影響しているのか？

現代の土地被覆と土地利用は、特定の温度及び／或いは降雨範囲内の現在の気候変動性に適応している(気候エンベロープ)。人為起源の GHG の排出は、天気や気候の変化を通じて、また GHG、特に二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の増加による大気組成の変化を通じて、土地に影響を与える。

気候の温暖化は、現在の地域での気候変動性を変化させ、その結果、地域的な気候エンベロープを極方向や、より高い標高へと移動させる。温暖な気候のエンベロープが高緯度地域に移動することは、当該地域での農業にとって、栽培期の延長、気温の上昇、光合成活性を高める大気中の CO<sub>2</sub> 濃度の増加などの潜在的な利点がある。しかしこの温暖化は、融雪の促進とアルベドの減少、永久凍土の融解をもたらし、凍土の分解によってさらなるメタン(CH<sub>4</sub>)と CO<sub>2</sub> の放出につながる。

これらの気候エンベロープの移動と同期して、熱帯に新たに高温気候が出現し、異常気象(熱波、大雨、干ばつなど)の頻度、強度、期間が増加する。このような高温気候は地球上の多くの場所で、作物の生産性の変化、灌漑の必要性、管理の実践を通じて土地利用に悪影響を与え、さらに、植生の生産性の喪失を通じて土地被覆に悪影響を与える。これは大気中の CO<sub>2</sub> 濃度の増加による土地利用や土地被覆への便益をしのぐものである。

### FAQ 2.2

#### 土地と土地利用は気候変動にどのように寄与しているのか？

土地と土地利用変化は、水、エネルギー、GHG(CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)など)、GHG 以外のガス(植物起源揮発性有機化合物—BVOCs など)とエアロゾル(鉱物、例えば埃、または炭

素質、例えばブラックカーボン)の、陸域と大気間の交換に影響を与える可能性がある。したがって、土地及び土地利用の変化は、大気の状態(例:化学組成、大気質、温度、湿度)及び大気のダイナミクス(例:水平及び垂直風の強さ)を変化させ、その結果、地域の気候変動を抑制または増幅する可能性がある。

エネルギー、水分、風力の土地に起因する変化は、近隣の、時にはより遠くの地域に影響を与える可能性がある。例えば、ブラジルの森林破壊は地球温暖化に加えて地表面を暖め、対流を促進することにより、陸と海の相対温度差を大きくし、海洋からの水分移流を促進し、結果的に内陸の降雨を促進する。植生は CO<sub>2</sub> を吸収して成長と維持に使用する。

森林は、農耕地よりもバイオマスと土壌に多くの炭素を含んでおり、例えば、森林から農耕地への転換は、大気への CO<sub>2</sub> の放出をもたらす、結果として GHG による地球温暖化を促進する。陸域の生態系は、窒素やオゾンなどの化学物質の発生源でもあり吸収源でもある。BVOCs は対流圏オゾンと二次エアロゾルの形成に寄与し、それぞれ地表の温暖化と雲の形成に影響する。半乾燥地域と乾燥地域は埃を放出し、収穫後の農耕地も同様である。大気中のエアロゾルの量を増やすと、粒子のサイズ、高度、及びその性質(例えば炭素質か、または鉱物かなど)により、温度を上げるようにも、また下げるようにも作用する。地球温暖化は土地の機能と状態に影響を与えるが(FAQ 2.1 を参照)、これは一方向への作用ではない。というのも、土地と土地利用の変化も気候に影響を及ぼし、気候変動を調整するためである。この双方向の相互作用を理解することは、適応と緩和の戦略を改善し、ランドスケープ(景観、地域環境)を管理することに貢献する。

### FAQ 2.3

#### 気候変動は水資源にどのように影響するのか？

淡水の水資源賦存量は、陸域及び水域の生態系の生存にも、農業、産業、また人間が生活を営んでいくにも不可欠である。大気が温まるにつれ水蒸気濃度が上がるため、気候変動により水循環が変化し、その結果地域の淡水資源が変化する。地域的な例外はあるものの、一般的に、湿潤地域はより湿度が高くなり、乾燥地域はより乾燥すると予測されている。また、その結果として生じる影響も地域によって異なる。降雨量が将来的に減ると予測されている地域(乾燥した亜熱帯地域の多くと地中海性気候の地域)では、水資源の減少が予想される。ここでは、気温の上昇と降雨量の減少により、地表水と地下水の賦存量が減少し、植物の蒸発散量が増加し、オープンウォーター(河川、湖、湿地)や給水インフラ(運河、貯水池)からの蒸発率が増加する。

降雨量が将来的に増えると予測される地域(高緯度地域の多くと湿潤熱帯地域)では、水資源賦存量の増加が陸域生態系及び淡水生態系と、農業及び家庭での水利用に便益をもたらすと予想されるが、これらの恩恵は、温度の上昇により限定的なものとなる可能性がある。極端な降

雨の増加も予想され、地表流出、地域の洪水、養分の喪失をもたらし、多くの場所で、土壌水分や地下水涵養の減少につながる。

人為的な土地利用の変化は、水資源賦存量に対する気候変動の影響を増幅または緩和する可能性があるため、情報に基づいた土地管理戦略を開発する必要がある。温暖化する気候は、地球上の水ストレスがある地域での淡水資源賦存量に関する既存の圧力を悪化させ、その結果、人間と自然のシステムの間での水を巡る競争を激化させる。

### **FAQ 3.1**

#### **気候変動は砂漠化にどのように影響するのか？**

砂漠化とは乾燥地の土地劣化である。気候変動と砂漠化には強い相互作用がある。砂漠化は、肥沃な土壌と植生の喪失を通じて気候変動に影響を与える。土壌には大量の炭素が含まれており、その一部は砂漠化によって大気中に放出される可能性があり、全球の気候システムに重大な影響を及ぼす可能性がある。気候変動が砂漠化に与える影響は複雑であり、このテーマに関する知識はまだ不十分である。一部の乾燥地では降水量が減少し気温が上昇すると、土壌水分が減少し、植物の成長に悪影響を及ぼすと考えられる。一方、大気中の CO<sub>2</sub> の増加は、利用可能な水と土壌の栄養素が十分にある場合には植物の成長を促進すると考えられている。

### **FAQ 3.2**

#### **気候変動によって引き起こされる砂漠化をどのようにして回避、軽減、または回復させることができるのか？**

土地を持続可能な方法で管理することにより、砂漠化を回避、軽減、回復させ、気候変動の緩和と適応に貢献することができる。こうした持続可能な土地管理には、耕起を減らすこと、植物残渣を残して土壌が覆われた状態を維持すること、劣化した土地に植林すること、多様な作物を栽培すること、効率的な灌漑方法を適用すること、家畜などによる放牧地での放牧方法を改善することなどが含まれる。

### **FAQ 3.3**

#### **持続可能な土地管理の実施は、生態系サービスと生物多様性にどのように影響するのか？**

持続可能な土地管理を行っていくことで、生態系サービスの改善と生物多様性の保護に役立つ。例えば、環境保全型農業とより良い放牧地管理は、食料と繊維の生産を増やすことができる。劣化した土地に木を植えることで、土壌の肥沃度を改善し、土壌中の炭素を固定することができる。

る。持続可能な土地管理を行うことは、生息地保護を通じて生物多様性に寄与する。生物多様性の保護により、貴重な遺伝資源を保護できるため、人類の福祉にも貢献する。

#### FAQ 4.1

##### 気候変動と土地の劣化は土地利用とどのように相互作用するのか？

気候変動、土地の劣化、土地利用は、因果関係で複雑に絡み合っている。土地の劣化に関する重大な気候変動影響(例:洪水や干ばつなど)の一つに、地球の気温の上昇が水循環を強化し、その結果より激しい降雨が起こり、土壌浸食の重要な要因となることが挙げられる。これは、気候変動が進むにつれて、持続可能な土地管理(SLM)がさらに重要になることを意味する。放牧地や耕作地のために森林を皆伐したり(例:バイオ燃料の供給のため)、泥炭地を農地に転換したりするといった形での土地利用の変化は、バイオマス及び土壌の双方から大量のGHGを排出する。多くのSLMプラクティス(例:アグロフォレストリー、多年生作物への移行、森林の回復など)は、土壌の炭素含有量と植生による土地の被覆を増加させ、様々な社会的及び経済的な共便益を提供するのみならず、地域的で迅速な適応便益と、地球規模で長期的な緩和便益の双方を提供する。土地の劣化を防止、軽減し、さらに回復させることは、気候変動を緩和し、コミュニティが気候変動に適応することに貢献する大きな可能性を秘めている。

#### FAQ 4.2

##### 気候変動は土地関連の生態系サービスと生物多様性にどのように影響するのか？

気候変動は、直接及び間接的に、土地に関連する生態系サービス(例:花粉媒介、異常気象に対する回復力(レジリエンス)、水源涵養、土壌保全、炭素貯留など)及び生物多様性に影響を与える。直接的な影響は、気温や降水量の変化と変動幅に起因する生物学的生産性のような特定の生態系サービスのわずかな減少或いは増加から、生態系サービスの崩壊、或いは消滅まで多岐に渡る。気候変動があるバイオーム(生物群系)から別のバイオームへと移行する原因となる場合(例:水バランスの変化や自然かく乱レジームの変化により森林が草地に変わるなど)、生態系サービスの崩壊が起こりうる。気候変動により生息域が移動し、場合によっては種が絶滅することもありえる。気候変動は、地下水涵養、浄水、洪水防止などの土地関連の一連の生態系サービスを変える可能性もある。正味の影響は生態系のタイプ、生態系サービス、及び時間で固有であっても、気候変動の全体的な影響は生態系サービスを減少するというリスクの非対称性が指摘されている。土地関連の生態系サービスへの気候変動の間接的な影響には、今後想定される大規模な人間の移住、植林、再植林、その他の土地利用の変更など、人間の行動の変化に起因するものが含まれる。

## FAQ 5.1

### 気候変動は食料安全保障にどのように影響するのか？

気候変動は、食料安全保障の 4 つの柱(入手可能性・アクセス・利用・安定性)すべてに悪影響を及ぼす。気候変動が作物、家畜、魚の生産性に与えるマイナスの影響(例:気温の上昇や降雨パターンの変化など)により、食料の入手可能性が低下する可能性がある。生産性は、気候変動の影響による病虫害の増加や花粉媒介者の分布の変化によって悪影響を受ける。食料へのアクセスと安定性は、市場、価格、インフラ、輸送、製造、小売の混乱や、低所得者の収入と食料購買力の直接的及び間接的な変化によって影響を受ける可能性がある。気温の上昇と異常気象の頻度の増加に伴って増加する食品及び飼料に含まれるマイコトキシン(かび毒)の増加によって、食料の利用は気候変動の直接の影響を受け、さらに健康影響という間接的な影響も受ける可能性がある。大気中の CO2 濃度の上昇は、多少の温度上昇であれば、収量を増加させる可能性があるが、多くの作物でタンパク質含有量が減少し、栄養価を下げる傾向がある。洪水などの異常気象は輸送や市場の混乱をもたらし、食料供給の安定性に直接的な影響を与える。

## FAQ 5.2

### 食生活を変えることは気候変動への対応にどのように貢献できるのか？

農業活動は相当量の GHG を排出している。食料生産現場(農場)を出た後も、食品サプライチェーンの活動(輸送、保管、包装など)の過程で、例えばエネルギーの消費により GHG を排出する。食料生産からの GHG 排出量は、食料の種類によって異なる。動物由来の食物(肉や乳製品など)の生産は、特に集約型の産業的畜産システムにおいて、作物の栽培よりも大量の GHG を排出する。これは主として腸内発酵プロセスにより CH<sub>4</sub>などを大量に排出する、牛などの反すう動物由来の商品に当てはまる。

動物由来の食物の占める割合の低い食生活の変化が大規模に実施されれば、家畜生産の需要が減少し、家畜飼料生産を人間のための食料生産に変えることができる。これにより、現在よりも農地の需要が減少するため、食料システムに変化を生じさせる。これは、食料生産の現場から消費者まで、全体的に GHG 排出量を削減し得る。食生活の変化だけにとどまらず、消費者行動の変化は、食料システム全体の GHG 排出量の削減に大きな影響を及ぼす可能性がある。地産の、また旬の食料を消費することは、食料が効率的に栽培されていれば、GHG 排出量を削減することができる。

## FAQ 6.1

### どのような土地ベースのオプションが気候変動の緩和と適応に役立つのか？

気候変動の緩和に役立つ土地ベースのオプションは様々であり、緩和ポテンシャルは大きく異なる。中規模から大規模の緩和ポテンシャルを伴い、かつ他に悪影響を及ぼすような副作用がないオプションには、土地への圧力を減らすもの（例：食料生産に必要な土地面積を減らすこと）や、地上部（例：森林関連の対策、アグロフォレストリー、山林火災管理）と地下部（例：土壌有機物の増加または減少抑制、耕作地及び放牧地の管理、都市の土地管理、森林減少及び劣化の防止）の炭素貯留を維持もしくは増加させるのに貢献するものがある。これらのオプションは健康の改善、収量増加、洪水の緩和、都市のヒートアイランド効果抑制などの適応との共便益をもたらす。また、家畜管理や窒素施肥管理などの GHG 排出源を減らす取り組みもある。

気候変動適応に効果的な土地ベースのオプションには、構造的なもの（例：灌漑や排水システム、洪水や地滑り制御など）、技術的なもの（例：新たな環境に適した作物品種、気候予測を利用した作付け地帯や時期の変更）、あるいは、社会経済的及び制度的なもの（例：土地利用の規制、営農者間の連携）がある。いくつかの適応オプション（例：新たな作付け地帯、灌漑など）は、生物多様性と水資源に悪影響を与える可能性がある。適応オプションには、地域、国または市町村レベルで実装される計画（トップダウンアプローチ）もあれば、営農者や地元住民によって技術的決定が行われるような自主的なものもある。どちらにしても、その有効性は、洪水、干ばつ、熱波などの異常気象に対してどれだけレジリエンスを獲得できるかに大きく依存する。

## FAQ 6.2

### 砂漠化、土地劣化または食料安全保障に影響を与えうる土地ベースの緩和策にはどのようなものがあるのか？

いくつかの気候変動緩和オプションは、地上部と地下部双方で炭素貯留を増加させることに基づいているため、土壌中の有機物含有量の増加や多年生植物による土地被覆を増やすことに関連している。これらは、砂漠化と土地劣化の防止や回復と食料安全保障の達成に直接的に関連しているが、悪影響はほとんど、あるいは全くない。なぜなら、砂漠化と土地劣化は両方とも、土壌有機物の喪失と土地の裸地化に密接に関連しているためである。食料安全保障は、長年にわたって作物を健康な状態で育て、高く安定した収量を確保できるかにかかっているが、これは有機物が少ない貧栄養の土壌では実現困難である。

### FAQ 6.3

#### 気候変動の緩和におけるバイオエネルギーの役割とその課題は何か？

植物は成長するにつれて炭素を吸収する。植物由来の原料(バイオマス)がエネルギーに使用されると、大気から吸収された炭素が再度放出される。調理と暖房のための伝統的なバイオエネルギーの使用は、世界中でまだ広く行われている。バイオマスを電気、熱、ガス、液体燃料へ転換する近代的な技術は、化石燃料を燃やす必要性を減らすことで GHG の排出削減が可能で、気候変動の緩和に貢献する。ただし、トータルの排出削減量は、バイオマスの種類、その栽培地、エネルギーへの変換方法、及びどのようなエネルギー源を代替したかによって異なる。

一部タイプのバイオエネルギーには、専用の土地が必要だが(例:バイオディーゼル用のキャノーラ、多年生草、短伐期の植林木)、副産物を使用したり、農業または工業残渣を使うものもある(例:砂糖及び澱粉の製造過程の残渣から作られるエタノールや家畜ふん尿から作られるバイオガス)。バイオエネルギー作物をどこで、どのように、どれだけ作るかにより、バイオエネルギー作物栽培専用土地を使用することが食料生産や他の緩和オプションと競合する可能性が生じる。また、土地の劣化、森林減少、生物多様性の損失を引き起こす可能性もある。しかし一方で、土壌中の有機炭素を増加させるなど土地に良い作用をもたらす場合もある。

バイオエネルギーのための副産物や残渣の使用は食料生産との間の土地の競合を防ぐことができるが、本来、土地に戻されていた炭素や養分を奪うことになると、その土地の劣化を引き起こす可能性がある。一方、一部のバイオエネルギー変換プロセスの副産物は肥料として土地に戻すことができ、別の共便益となり得る(例:家畜ふん尿スラリーに起因する汚染を減らすなど)。

### FAQ 7.1

#### 先住民の知識や地域に根差した知識は、土地ベースの緩和・適応オプションにどのように活用できるのか？

先住民の知識(IK)とは、自然環境との長いやり取りの歴史を持つ社会によって形成された理解、スキル、哲学である。地域に根差した知識(LK)とは、個人や集団によって形成された理解やスキルであり、居住している場所に固有のものである。これらの知識体系は彼らの置かれている状況に大きく依存し当該地域の制度に組み込まれていることが多く、生物学や生態系に関する知識や地域の土地利用(景観、ランドスケープ)に関する情報を提供する。つまり、これらの知識が、効果的な土地管理、自然災害の予測、長期的な気候変動の特定などに貢献しうることを意味する。また、IK は環境条件に関する正式なデータの集積が少ない場合に特に役立つ。IK と LK は動的で、地域に根差した知識と科学とを組み合わせるアプローチが試みられていることが多い。水管理、土壌改良、放牧システム、森林の回復と持続可能な収穫、自然を利用した適応など

の多くの土地管理方法は IK や LK に基づいている。

気候適応対策の検討を開始する際に、過去の経験と新たに生じた問題への対処方法の両方を考慮することで LK を活用できる。効果的に活用するためには、異なる種類の知識体系を持つ人々の間における力関係を考慮する必要がある。例えば、気候変動適応を進めていくには、環境保全、学校教育、土地管理計画、土地所有権の明確化などに関連するプログラムに先住民や地域の人々を巻き込んでいくことが非常に重要となる。学校教育は IK と LK の適応能力を高めるために必要である。というのも、一部の研究者によれば、急速な環境の変化が起こっていたり、世代間で IK と LK の伝達が弱くなっていたりする地域では、IK と LK といった知識体系とそれが根差している地域との関連が薄くなりうるからである。

## FAQ 7.2

### 土地ベースの気候変動対策の主な障壁と機会は何か？

土地ベースの気候変動対策には、緩和策（例：再生可能エネルギー、バイオ燃料となる植物の栽培と収穫、再植林など）、適応策（例：作付けパターンの変化、水不足対策としてより少ない水分でも育つ作物の栽培など）、または緩和の共便益を伴った適応策（例：食生活の変化、外来侵入樹種の新しい用途開発、土地劣化の激しい場所でのソーラーファームの設置など）がある。生産性の高い土地は、気候変動下でますます不足する資源である。土地を集約的に必要としないエネルギー部門での緩和策を適切かつ十分に実施しない限り、緩和策とその他の対策（食料安全保障、生態系サービス、生物多様性保全）が土地を巡って競合せざるを得なくなり、これが土地ベースの気候変動対策の障壁となるとともに、紛争の原因となってしまう可能性がある。

土地を緩和策のために使うのか、或いは食料安全保障や生態系サービスのためか、という現実的に起こりうるトレードオフが、土地ベースの緩和への障壁になっている。このようなトレードオフは、土地所有権や水利権が明確でない場合に発生する可能性がある。大規模な緩和策を進めていくためには、廃棄物や残渣の利用に加えて、緩和策のために使うことができる土地が必要である。そのためには、他の緩和オプションと比較して土地をより集約的に利用する必要があり、ガバナンスが要求される。そのような懸念に応じて、特にこの 10 年の間に新たに出現した主要なガバナンスメカニズムは、スタンダードや認証システムである。これらは参加型アプローチを重視し、土地とバイオマスの持続可能な利用に関連する一般的な基準や指標に加えて、食料安全保障と土地と水に関する権利についても考慮している。他のガバナンスの対応には、土地ベースの緩和策（林業など）とリンクした、地域住民の土地に関する権利の確保と生計向上支援などが含まれる。土地ベースの緩和策に対する障壁の一つに、開発経路の選択がある。私たちが障壁に直面するか、またはそれを土地ベースの緩和策の機会とするかは、社会経済的な選択（つまり開発経路の選択）にかかっている。人口が大きく増加し資源集約型消費の開発経路を選択すれ

ば(SSP3 など)、より多くの障壁に直面する。人口が多く土地利用に関する規制が弱ければ、土地ベースの緩和策のために利用できる面積が少なくなる。しかし、それとは逆の傾向の経路を選択すれば(SSP1)、より多くの機会を得ることができる。

その他に生じる障壁として、短期的に気候ストレスへ適応したものの(例:干ばつ時に地下水への依存をより高めること)、長期的には持続的ではなく、不適応になってしまう場合がある。複数の生態系サービスの相乗効果を促し、トレードオフを削減する土地管理を実現する政策やアプローチは、より受け入れられ易く、より大きな成功につながる。

土地ベースの緩和策と適応策から利益や相乗効果を得る機会は、利用できる土地の確保やそのような対策の需要が農村部にあるかということと関連して生じる(農村部にはインフラや生計、制度的能力への投資のインセンティブがそもそも存在していない)。この数十年間、都市インフラ、中央集約型のエネルギーや農業システムへの大きな投資によって世界中の都市化がけん引されてきたが、農村地域の営農者は、都市部に欠くことのできない重要な食料や原料を提供してきたにもかかわらず軽視されてきた。土地やバイオマスがより価値のあるものとなれば、営農者、森林所有者や、それに関連するサービスを提供する人々の利益にもつながる。なぜなら、食料の提供だけでなく、バイオエネルギーや付加価値のある製品、生物多様性や炭素蓄積の保全など様々な方法で経済活動を支えることになるからである。

関連する恩恵の機会としては、農村部と都市周辺地域のランドスケープを潜在的に良い方向へ変えていくことである。これは、これまで環境・生態学的価値に比べて経済的に低く評価されてきた、生態系サービス、水、エネルギー、養分、その他の資源を、より効果的に管理、保全することを優先した投資によって実現することができる。食物、飼料、繊維、燃料を地域と都市のコミュニティに供給している多面的機能を持つランドスケープは、廃棄物の削減やより健康的な食生活への改善の取り組みを同時に実施することで、農村部の生産者の役割は、可能な限り安価に食物を提供することではなく、資源を管理することであると再認識させることができる。このようなランドスケープの変化は、付加価値のあるバイオベースの製品を提供することでレジリエンスを高め、緩和策であると同時に適応策として機能することができる。

政府は、様々な規制や経済的施策を導入し、市民、コミュニティ、社会が、緩和だけではなく、さらなるベネフィットを享受しながら持続可能な土地管理を実施するよう促すことができる。緩和策と適応策を再設計し実装する機会は、大災害または異常気象が起こった後に生じる可能性がある。そのような機会は、トップダウンによる政策の支援を受けて、協働的な活動や市民科学が、ライフスタイルの自発的な変化を後押しすることでもたらされる。

\* 本版は、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)による Frequently Asked Questions(©IPCC)の IGES 仮訳である。IGES は、翻訳の正確性について万全を期しているが、日本語版と原典の英語版との間に矛盾がある場合には、英語版の記述・記載が優先する。

「IPCC 土地関係特別報告書」ハンドブック  
背景と今後の展望

2019年12月発行

公益財団法人 地球環境戦略研究機関(IGES)  
〒240-0115 神奈川県三浦郡葉山町上山口 2108-11  
Tel: 046-855-3700 / Fax: 046-855-3709  
E-mail: [iges@iges.or.jp](mailto:iges@iges.or.jp)  
URL: <http://www.iges.or.jp/>

IGES は、アジア太平洋地域における持続可能な開発の実現を目指し、実践的かつ革新的な政策研究を行う国際研究機関です。

Copyright © 2019 Institute for Global Environmental Strategies. All rights reserved.

