



10

New Insights in

Climate Science

2020

気候変動について今伝えたい、
10の重要なメッセージ2020

futureearth
Research, Innovation, Sustainability.



WCRP
World Climate Research Programme



タイトル:「気候変動について今伝えたい、10の重要なメッセージ」

制作:フューチャー・アース、アース・リーグ、世界気候研究計画

レイアウト・グラフィック:Cultivate Communications

翻訳協力:フューチャー・アース国際事務局日本ハブならびにアジア地域センター、地球環境戦略研究機関(IGES)、
国立環境研究所、一般財団法人 リモート・センシング技術センター

引用方法(原文):Future Earth, The Earth League, WCRP (2021). 10 New Insights in Climate Science 2020. Stockholm <https://futureearth.org/10-insights-2020>

目次

気候科学に関する1年を振り返って

..... 5

1 パリ協定達成のためには野心的な排出削減が必要だが、モデルの改良によって強調された

..... 7

2 融解する永久凍土からの排出量が、これまでの予想よりも多くなるおそれがある

..... 10



3 森林伐採が熱帯の炭素吸収源を劣化させている

..... 13



4 気候変動は水の危機を著しく悪化させる

..... 16

5 気候変動はメンタルヘルスに著しく影響を与える

..... 19

6 政府はCOVID-19からのグリーンリカバリーの機会を活かせていない

..... 22

7 COVID-19と気候変動は、新しい社会契約が必要なことを証明した

..... 25

8 成長に焦点を当てた景気刺激策は、パリ協定を危機に陥れる

..... 28

9 公正で持続可能な社会への転換には、都市の電化が極めて重要である

..... 31



10 気候訴訟は人権擁護のための重要な気候行動である

..... 34



文献

..... 37

謝辞

..... 38

気候科学に関する 1 年を振り返って

フューチャー・アースでは、毎年、気候変動に関する最新の情報と最も重要な新たな分野について研究者と協働し、幅広い調査を実施しています。その内容を 10 項目の重要な科学的メッセージにまとめていますが、そこにはいつも政策と社会全体にとって有益な科学的な情報が豊富に含まれています。これは地球の気候システムに関する我々の知識が絶えず拡大して改善されていること、またそれが人類と相互に作用していることを表しています。

今年は、科学的進歩に関しては例年と変わりなかったものの、世界が COVID-19 パンデミックに揺さぶれる異常な 1 年となりました。パンデミックを制御するために政府が実施した規制によってもたらされた急速な変化を、研究者たちは急ぎ分析し解明してきました。気候に影響を及ぼす汚染物質の排出量を分析するいくつかの新しい方法も驚くべきスピードで開発されました。これらの方法は、以前よりも高い時間分解能で排出量を追跡することを目的としたものです。その結果、世界の二酸化炭素排出量は、今年前半には 8.8% 減り、経済が最大限に封鎖された日には 17% 減ったと推定されています。このような減少の規模は前例がありません。興味深いことに、パンデミックによって生じた世界の排出量の減少規模は、次の 30 年間の科学的に定義された年間削減義務(1 年に 6% から 8% の排出削減)と同等です。これは、地球温暖化を 1.5°C に抑える目標を達成可能とする世界全体の炭素収支の範囲に収まります。とはいえ、人類活動による温室効果ガスが何世紀もの間蓄積しており、現在も蓄積し続けているため、人類が気候システムに与える総合的な影響に対して、2020 年の排出量の変化が影響することはほとんどありません。

この一年はさまざまな意味で不運で悲劇的でしたが、我々がパンデミックから得た経験を活かして、どのようにグローバルなシステムリスクを緩和し備えることができるか、深く理解することは重要です。パンデミックは、政府及び国際機関が国境を超えるリスクへの対応がいかに不十分であるかということを露呈した「負荷テスト」となっています。気候変動の影響は、COVID-19 パンデミックと同じぐらい急激に広範囲に生じる可能性があります。本報告書に記載している最新の調査では、清潔な水へのアクセスや良好なメンタルヘルスなどに必要な人間の幸福(ウェルビーイング)の基本要件に悪影響が及ぶ可能性があるとしています。

今後も最新の研究によって求められているのは、サステナブルでレジリエントな人類社会を構築するために、革新的で創意に富んだ斬新なアプローチです。例えば、世界的な協力枠組みを強化して、ボトムアップのコミュニティ・イニシアチブを含める新しいガバナンスの仕組みを構築することが求められます。短期的には、パンデミック後の景気回復に必要な支出を環境に優しい投資に向け、正しい軌道に乗せるために、私たちに一度限りのチャンスしかありません。それをつかまずに経済成長に重点をおいて、サステナビリティ(持続可能性)を後回しにするなら、パリ協定を達成するための私たちの能力を削ぐことになります。憂慮すべきことに、政府は、低炭素でより健康的でレジリエントな社会へ転換するチャンスをまだつかまおうとしていないように見えません。

本報告書は、永久凍土の溶解や陸域炭素吸収源の弱体化の可能性により予想よりも二酸化炭素排出量が高いことなど、環境への影響が増大し続けていることを裏づけるとともに、気候変動に関する経済とガバナンスにおける新たな洞察から得られるチャンスと、気候変動に関する訴訟の可能性を指摘しています。まだチャンスはありますが、世界がパリ協定の目標を達成するならば、2021 年は行動すべき重要な年になるでしょう。

この報告書は、論文 Pihl et al., (2021) 、10 New Insights in Climate Science 2020 - a Horizon Scan, Global Sustainability, 4. <https://doi.org/10.1017/sus.2021.2> の概要です。この報告書の記述は、特定の出典から引用するものを除き、すべてこの論文に基づくものです。

1 パリ協定達成のためには、野心的な排出削減が必要なことが、モデルの改良によって強調された

二酸化炭素に対する気候感度、つまり排出量の一定増加による気温の上昇量は、以前よりもよく理解されています。この新しい知識から、中程度の排出削減ではパリ協定の気候変動目標を満たす可能性が、以前の予想よりも低いことが指摘されています。

<この章の要点>

- 大気中の二酸化炭素濃度を 2 倍にした場合の地球温度の応答は、以前よりもよく理解されています。これまでの IPCC 評価では 1.5~4.5℃という推定範囲を使用している一方で、最近の研究ではより狭い範囲の 2.3~4.5℃を提案しています。
- このことは、中程度の排出削減シナリオではパリ協定の気温目標を達成する可能性が、以前の予想よりも低いことを意味しています。
- 改良された地域規模モデルから、豪雨現象と、極端な高温・低温に関するより良い情報が得られ、水資源管理に関する新たな機会が提示されています。
- 現在の地域的な気候予測は、従来想定されていたよりも高い精度により、最高で 10 年先まで予測することができます。

国際的な気候変動に関する交渉の中心となっているのは、大気中の二酸化炭素濃度の上昇に対する懸念です。二酸化炭素は、人為的に大気中に放出される最も重要な温室効果ガスです。それは宇宙へ放出される地面放射を減少させることにより、地球の温度上昇を引き起こします。このことは 20 世紀以前から理解されていましたが、二酸化炭素濃度と全世界の温暖化の定量的な関係が何十年も明らかにならなかったことが、将来のリスクを理解して変化に対処する計画を立てる取り組みの障害となってきました。

新たに示唆された平衡気候感度の範囲

気候変動に与える二酸化炭素の影響は、一般的に平衡気候感度によって表されます。それは大気中二酸化炭素濃度が倍増した場合に予想される地球全体の大気温度の長期的な上昇量です。平衡気候感度の「可能性が高い範囲(likely range)」(この範囲内にある可能性が 66%以上)は、IPCC の第 5 次評価報告書(AR5)において、1.5~4.5℃と推定されました。この数値は、1979 年の Charney 報告書以降、変わっていません。

さらに広範な証拠に関する新たな包括的分析により、現在、可能性が高い範囲が 2.3~4.5℃ と狭まっています。この分析から、2.3℃ 以下の低い気候感度は可能性が低く(可能性 33% 未満)、IPCC AR5 は下方範囲を考慮に入れていません。こうした結論は、中程度の排出削減シナリオではパリ協定の温度目標を達成する可能性が以前の予想よりも低いことを示しています。

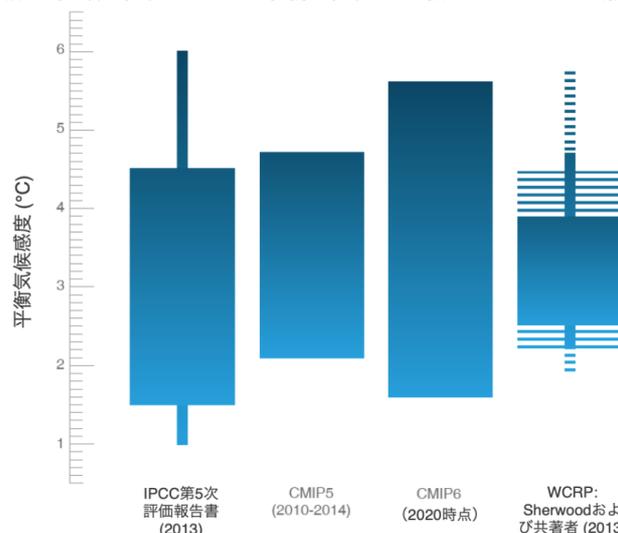
その範囲の反対の端で、より大きな気候感度は、結合モデル相互比較プロジェクト第 6 期(CMIP6、IPCC AR6 の基盤となるモデルを比較するために設定された)の下で調整された、最近の地球規模の気候変動実験により提案されたものです。それに含まれている地球システムモデルから、1.8~5.6℃ の範囲の感度値が示されました。このうち 10 のモデルの値は 4.5℃ を超えていました。しかし、これらの高感度モデルの多くは最近の温暖化傾向を過大評価しており、それらの結果を注意して扱わなければならないことを示唆しています。

高感度を否定する証拠は、3 つの情報源から示されています。それは、気候フィードバックプロセス、歴史的な記録、及び古気候(有史以前の気候)記録であり、モデルの高気候感度に逆らうものです。特に、4.5℃ を超える感度は、古気候の証拠と一致させるのが難しいことがわかりました。

地域的な気候変動のより良い予測が可能に

地域スケールでは、気候モデルは現在、豪雨や、高温及び低温の両極端事象の強さを含む気温及び水文の極端な事象をより上手にシミュレーション出来るようになってきています。モデルは現在、降雨不足による干ばつを、特に季節的なスケールで上手にシミュレーションし、地域の平均雨量の変化が依然として不確実である場合であっても、干ばつの期間と頻度の予測が多く地域でより整合するようになってきています。このような改善は、国と地域の水資源管理の新たな機会を提示しています。

複数の種類の証拠に基づく最新の証拠と比較したモデルの気候感度



(図1) 知識が発展するにつれて、気候感度の推定値は時間とともに変化しました。ここではIPCCの第5次評価報告書以降の最近の情報源における推定範囲を見ています。太い棒線と細い棒線はそれぞれ66%と90%の確率範囲を示します。CMIPデータが気候モデルのみからである一方で、他の情報源は複数の種類の証拠からのものです。Sherwoodと共同執筆者(2020)¹は、気候フィードバックプロセス、歴史的および有史以前のデータを含む最新の既知の証拠をまとめた最近の広範囲な研究です。

気候モデルは現在、特に大西洋海盆の近い将来の地域気候の観測推移について、これまで考えられていたよりも上手に予測することができます。大気の流れ、地域の気温及び降水量の10年単位の予測は、現在有望な技術レベルにあり、地域の気候変動予測の有用性に関して大きな期待が寄せられています。

より優れた地域気候予測が価値を生む分野

- さまざまなエネルギー・ミックスにおける脆弱性を理解するため、将来の風力発電所を計画するため、あるいは資源管理戦略を策定するためのエネルギー分野に関する計画立案が必要です。
- 計画立案のために、10年の時間スケールを用いて、気候情報を改良する必要性を認識した水道公益企業。10年単位の予測は、インドや中国のように水資源が偏在している国で、農業分野からの需要の増加に直面している場合に特に重要です。

2 融解する永久凍土からの排出量が、これまでの予想よりも多くなるおそれがある

気候モデルは、永久に凍結した地面である永久凍土が融解されるにつれて、二酸化炭素及び他の温室効果ガスが放出されると予想しています。しかし、これは従来定量化するのが困難であったため、計算には地盤が急激に崩壊して永久凍土の深層が露出するプロセスがまだ含まれていません。最近の進歩により、これらのプロセスが排出量に及ぼす影響をより理解できるようになり、気候変動の交渉に影響を与えるほど重要なものとなっています。

<この章の要点>

- 永久凍土からの温室効果ガスの排出は、突然の融解プロセスにより、以前の予測より大きくなると想定され、これらは全球気候モデルにまだ含まれていません。
- 突然の融解の影響により、中程度と高程度の排出シナリオでは永久凍土の融解による排出量が2倍となる可能性があります。
- 永久凍土の融解による排出は、土壌呼吸を高める植物の根の活動に影響するため、さらに増加する可能性があります。

北極の永久凍土の融解により、気候変動の交渉において検討する必要があるほどの莫大な量の温室効果ガスが今後数十年にわたって放出されることが予想されています。最近の研究では、それが永久凍土の突然の融解プロセスによって、以前の予測より大きくなることが示されています。

永久凍土とは、季節的に融解される地表面層の下にある永久に凍結した地層です。それは北半球の1,800万平方キロメートルを覆い、世界の土壌中炭素の3分の1である、1,460-1,600PgC (PgCは炭素10億トン)を貯蔵しています。北極は気候変動に急速に反応しており、その大気温度は世界平均の二倍以上急速に暖かくなっています。例えばシベリアとスバルバルでの2020年の記録破りの熱波のように異常に暖かい夏が以前より頻繁に起こっています。この熱波は一部の最北地域において、北極の永久凍土を、一部の気候モデルが予測したよりも約1世紀早く融解させています。

地勢を変化させるような融解が増加へ

永久凍土の突然の融解は、融解した地面の氷が、その上の地表面の崩壊を引き起こすときに起こります。この融解により以前に凍結された土壌炭素が解放され、高地エリアに「サーモカルスト」と呼ばれるスランプ及び溝地勢を形成し、また水はけの悪い地域に崩壊したスカー(傷跡)湿地・湖沼を形成します。これらの地勢規模の変化の衛星観察により、このプロセスが過去20年にわたり加速していること

が示されています。それらは、気候の温暖化につれて、今世紀には大幅に増加すると予測されています。このプロセスは、表面層により遮断されているはずの深層領域の永久凍土を夏の暖かい大気にさらすことにより、融解速度を早めます。

気候モデルには段階的な永久凍土の融解が含まれていますが、より複雑なサーモカルスト誘発プロセスは含まれていません。サーモカルストが含まれると、代表的濃度経路（Representative Concentration Pathway、RCP）4.5 で中程度の将来の温暖化を仮定した場合、2100 年までに最大で 3 倍の炭素が露出され、RCP 8.5 の高温暖化シナリオの下では最大 12 倍の炭素が露出されます。

また、永久凍土の突然の融解により、メタンをはじめとする強力な温室効果ガスが発生しやすい状態へ生態系の変化を引き起こします。これらのプロセスを考慮すると、永久凍土の融解による 2100 年の予測される温室効果ガスの年間排出量はほぼ 2 倍になります（高温暖化 RCP8.5 シナリオ）。

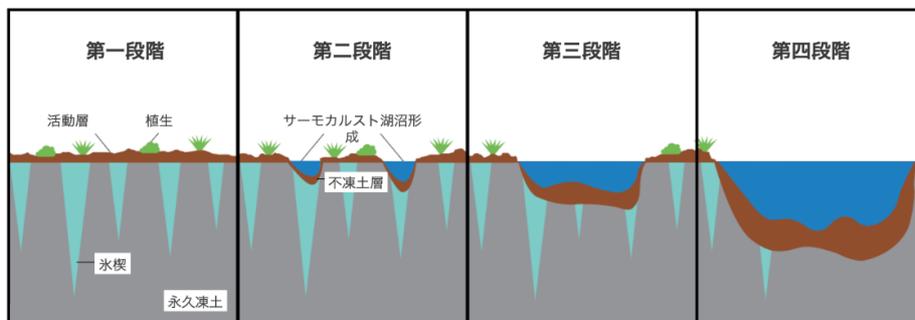


北極圏カナダ沿岸の永久凍土層（尺度基準のために人を配置）。出典：G. Hugelius

泥炭地と土壌呼吸の増加による、排出量のさらなる増大

泥炭地は、植物分解を遅らせる浸水状態に一年中あり、陸域で最大の自然炭素貯蔵庫の一つである泥炭の蓄積を可能にしています。北半球の泥炭地のほぼ半分には、永久凍土が下にあります。融解が突然生じると、北半球の泥炭地の炭素吸収源の全てをメタンが支配的な地球温暖化の正味排出源に転換する可能性があり、それが数世紀続くかもしれません。

地球全体の気候モデルにまだ含まれていない永久凍土の融解に関連した生態学的なフィードバックは、根の活動が活発になって生じる土壤呼吸におけるプライミング効果です。これは、土壤炭素の消失を増幅し、RCP8.5において、2100年までに北極の永久凍土から40 Pgの追加的炭素消失(14.7 Gtonの二酸化炭素相当)が予測されています。



(図2) サーモカルスト形成工程は、いくつかの段階で進行します。最も初期の段階では、より深い層は完全に凍結していて、解凍は段階的な解凍を通して下向きに進行します。解凍が地中の巨大な氷体(例えば氷楔)に影響を及ぼすとき、氷が溶けてなくなるにつれて失われる体積が地面に崩壊を引き起こして、サーモカルスト湖沼、湿地または融解地の沈み込みが生じ始めます。これらのサーモカルストが一旦成長し始めると、水の運動を通して熱が融解している前線へ輸送されることによって、融解プロセスが速まります。すなわち、同じ深度の周囲の永久凍土層より急速に融解するようになります。Zandtおよび共同執筆者(2020)²を基に改編

1.5°Cに関する特別報告書において、IPCCは、永久凍土の融解が2100年まで累積100 Gtonの二酸化炭素相当量を放出すると仮定しました。突然の融解プロセスは、中程度から高程度の排出シナリオの下で、段階的な融解のみと比較して、炭素の累積排出量がほぼ2倍になる可能性があります。これはまた、1.5°Cまたは2°Cの温暖化目標と整合した排出シナリオにも適用される可能性があり、残存する人為的な炭素排出収支において、より厳しい規制が必要になります。

3 森林伐採が熱帯の炭素吸収源を劣化させている

大気中の二酸化炭素は肥料として働くため、「陸域炭素吸収源」と呼ばれる陸域生態系による炭素の取り込みが大きくなっています。この効果は、特に熱帯地方では、人間主導の土地利用の変化によって、ますます打ち消されつつあります。他の栄養分の不足、水ストレス、永久凍土層の融解など、他の要因が、陸域炭素吸収源をさらに阻害する可能性があります。陸域炭素吸収源の将来は、全体として不明瞭です。

<この章の要点>

- 陸域生態系は現在、人間の二酸化炭素排出量の 30% を植物の二酸化炭素施肥効果によって吸収しています。
- 世界の熱帯雨林の伐採により、その炭素吸収源としての規模は減少していますが、これは北半球の最近の炭素の取り込みの増加によりバランスが取れています。
- 二酸化炭素施肥による全世界の植物バイオマスの炭素の取り込みは、窒素及びリンによって将来制限される可能性があります。
- 土地利用の変化による二酸化炭素排出は 21 世紀も引き続き高い水準で推移しており、陸域炭素吸収源への大きな脅威であることに変わりはありません。

現在の大气中の二酸化炭素濃度は、地球の生物圏による二酸化炭素の取り込みと貯蔵がなかったとしたら、著しく高くなっていたでしょう。世界中の陸域生態系は、化石燃料の燃焼と、人類による土地利用及び土地被覆の変化を通して放出される二酸化炭素の約 30% を取り除き、重要な生態系サービスを提供しています(図 1 参照)。土地利用の変化 (Land-use change, LUC) は人間が土地で行う活動と土地の利用方法の変化のことであり、土地被覆は地表面の物理的な被覆のことです。この生態系サービスは、一般に自然の陸域炭素吸収源と呼ばれ、大气中の二酸化炭素の増加率を遅らせ、気候変動の速度を抑制しています。しかし、自然の陸域炭素吸収源は、自然起源及び人為起源の両方の環境変化に直接反応するため一定ではなく、大气から二酸化炭素を吸収する収納力も影響を受けます。1960 年以降、陸地が吸収する二酸化炭素の量はほぼ 2 倍になりましたが、それは主に二酸化炭素施肥として知られる現象のためです。これは、大气中の二酸化炭素が増加し、植物の光合成や資源利用の効率が上がり、植物がより多くの炭素を取り込んで貯蔵するようになる現象です。

熱帯地域の陸域炭素吸収源の減少

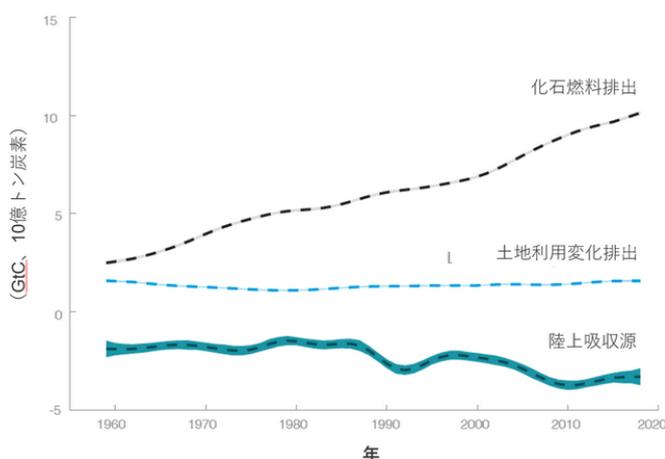
森林破壊や自然地域の劣化など、人間による生態系の大規模なかく乱が増加したにもかかわらず、これまでのところ自然の陸域炭素吸収源の増加が生じてきましたが、今後はそれを当前のことと見なすこ

とはできません。現在、地球上で最も大きな二酸化炭素吸収源のいくつかは、特に熱帯の生態系において、さまざまな理由によってすでに飽和したという証拠があります。まず、いずれは吸収源を制限する可能性があるプロセスがあります。特に、窒素やリンなど特定の栄養分の利用可能性が低いと、光合成の増加をバイオマスの増加へ変換する地球規模の生態系の能力が弱まり、ひいては炭素貯蔵量が減少します。これらと水の制約などの他の相殺要因の結果、二酸化炭素施肥効果が植生光合成に及ぼす効果が世界的に減少していることが、最近の研究では強調されています。第二に、自然の陸域炭素吸収源と正味の土地利用の変化の流れの正味のバランスを決定する地域固有のプロセスがあります。ある熱帯地域が炭素吸収源の飽和状態にあるか飽和状態に近いように見える一方で、亜寒帯や温帯など他の地域では、炭素吸収源の収容力が増加し続けることがあります。熱帯地方の正味の吸収源の減少は、森林破壊など人間の土地利用の変化(LUC)が主な原因ですが、亜寒帯林では、生育期の延長や過去の攪乱からの森林の再生長など、いくつかの要因が増加を促しています。いくつかの地域においては、極端な気象現象の頻度の変化による森林枯死率の増加も見られます。

森林火災や永久凍土の融解による排出量の増加

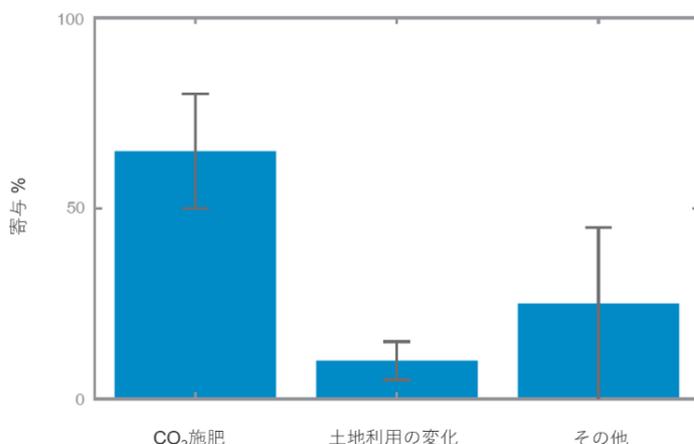
先例のない二酸化炭素の排出が、オーストラリア、カリフォルニア、アマゾン及び北極圏の森林火災により発生しています。2020年の森林火災は、世界的に244メガトンの炭素(二酸化炭素の895メガトンに相当)の消失を引き起こしたと推定され、人為起源の気候変動の結果としてその影響は悪化すると予測されます。炭素を吸収して貯蔵する陸地の能力もまた、土壌の温度上昇(分解率を上昇させる)や永久凍土層の融解によって、悪影響を受けます。メッセージ2において説明したように、永久凍土の融解による炭素の放出は、以前の予想よりも悪い可能性があります。寒冷地域のこの「悪い知らせ」は、より暖かい地域の「良い知らせ」によって、ある程度バランスをとっています。つまり最近の研究によれば、乾燥度の長期的変化の推定に用いられた以前のモデルでは、二酸化炭素の植物への水節減効果を考慮していなかったもので、乾燥地の乾燥化を過大評価していたということです。このことは、一部の乾燥地域では、土地からの炭素放出が、恐れられているほど悪くはない可能性があることを意味します。

過去の二酸化炭素排出と陸域炭素吸収源による吸収



(図3) 化石燃料燃焼および土地利用からの排出と、陸域炭素吸収源の長期的変化。Tharammalおよび共同執筆者(2019)³からのデータ。

陸域炭素吸収源の長期的変化の原因(相対的寄与)



(図4) 陸上吸収源の長期変化に対するCO₂施肥、土地利用変化、及び他の要因(例えば窒素沈着、オゾン、生物季節)の相対的な寄与。Tharammalおよび共同執筆者(2019)³からのデータ。

土地をどのように管理するかで未来が決まる

自然の陸域炭素吸収源の将来の可能性に関しては、いくつかの知識のギャップが存在しており、二酸化炭素が地球規模の生態系の生産性に影響を及ぼすことは現在では広く認識されているものの、それがどの程度までかは正確にはわかっていません。したがって、土地使用の変化の流れをより定量化することは、自然の陸域炭素吸収源をよりよく理解する鍵となります。土地の管理は依然として未知の重要なものですが、脱炭素化に重点を置きつつ、食糧保障、土地の劣化や砂漠化に対処する取り組みが、緊急に必要であることは明白です。現在のところ、自然に基づく解決案に裏付けられたさまざまな気候戦略——例えば、生態系の保護と持続可能な管理や、生態系に基づくアプローチや土壌炭素隔離（soil carbon sequestration、SCS）の適用——があります。上手く実行されれば、これらの戦略は、2℃より十分低くとどめる目標に貢献できるかもしれません。しかしながら、世界的な植林に基づく手法は、木を植えることによる負の影響とトレードオフを考慮する必要があります。これらの知識のギャップに注目することは、さまざまな社会経済的な経路の下で陸域炭素吸収源の予想される軌跡を絞り込む手助けとなり、効果的な政策設計により良い情報を与えることとなります。

4 気候変動は水の危機を著しく悪化させる

水質・水量の危機は気候変動と密接に関係しています。この影響は、主に洪水及び干ばつという極端な事象によるもので、既存の不平等からさらに悪化しています。気候の影響を受けた水関連の極端事象はすでに数百万人もの移住と退去を生じさせ、世界的な移住の危機を進める可能性があります。

<この章の要点>

- 水質・水量の危機は、気候変動や極端事象の増加に密接に関連しています。
- 新しい実証研究から、気候変動によって極端な降水事象(洪水及び干ばつ)が既に発生していることがわかっており、これらの極端事象は水の危機につながります。
- このような水の危機の影響は非常に不平等です。その影響は性別、収入及び社会政治的不平等により生じ、またこれらを悪化させます。
- 気候変動は社会経済的要因と相まって、良質な水へのアクセスに影響を与えます。
- 水関連の気候の極端事象は、数百万人もの人々の移住と移動の原因となっています。国際政策コミュニティでは、移住は適応戦略として取り扱われています。

気候変動はすでに多くの水流域において極端事象を引き起こし、地域社会に影響を与えています。UNFCCC Climate Action and Support Trends 2019 (UNFCCC 気候変動の対策と支援の動向 2019)の報告書では、最も脆弱な分野の1つとして水を取り上げ、特定された他の分野と比較して最も多くの国に影響を与える状態にあるとしました。極端な降水量の変化は、平均降水量の変化よりも大きい可能性が高いです。極端事象の強さと頻度は増加し続けて行くでしょう。極端な降水量はすべての気候地域で増加するでしょう。ただし、半乾燥地域と比較すると、湿潤及び半湿潤地域でより強さが増すでしょう。これは、大部分の地域において洪水の激しさが増すと予測されていることと一致しています。

降雨量の季節的変動が増大

降雨量の変化は、地理的にも時間的にも水の分布と利用可能性に影響を与えます。この変化が大きくなると、季節的に変動のある降雨レジームはさらに変動が大きくなることが予想されます。その一方で、季節変動が小さいレジームでは、モンスーンでより多くの降雨となるでしょう。乾燥化に関しては、地球上の陸域の72%は、より乾燥(乾燥度の上昇)する可能性があります。二酸化炭素濃度の増加に対する植生反応(より高い二酸化炭素濃度は植物が水を節約するのを助けることができる)を考慮して

も、乾燥化は生態系及び生命を維持する能力に悪影響を及ぼすことが予想されます。乾燥化は特に、中東、北アフリカ、南部ヨーロッパ、及びオーストラリアに影響を及ぼすでしょう。都市化は、地域の気候パターンの変動の一部として、降雨量を更に変化させています。例えば、これは中国の大きな市街化区域で一層明らかであり、そこでは極端な降水事象の規模及び再発が増加しています。干ばつや洪水が増えると、物理的な不足または定期的な供給を確保するための制度の不備、あるいは適切なインフラの欠如によって、水不足を引き起こすことになるでしょう。

研究が進んでいない極端な降雨事象

大循環モデル (General Circulation Model, GCM) は、気候に関連する意思決定に不可欠なツールです。しかし、現在の研究では、GCM を用いた現在の手法では、極端事象のリスクを含む水循環の著しい変化の可能性を過小評価している可能性が指摘されています。これらのモデルを使用する際には、平均値とその分散に焦点を当てるため、極端な降雨事象への注意が薄れてしまいます。極端な気象事象は、水の危機の非常に重要な要因であり、水の質と量の劣化という点で水の安全保障に影響を与えるため、これは問題です。世界的に熱帯と亜熱帯地域の不確実性が高いのは、対流性暴風雨をモデル化することの困難さと、モデルの検証と改良のための気象観測網の希薄さなどが組み合わさっているからです。極端事象は、気候モデルや予測研究において、より大きな注意を払われるべきです。

水の危機の影響に見られる不公平さ

気候変動は、水質にも影響を与えます。例えば、モンスーン時期の変動は、窒素、リン、及び他の汚染物質の希釈または濃縮につながる可能性があります。水の危機及び気候変動リスクの影響は、社会的不平等を反映し、非常に不平等です。不十分な水、衛生及びトイレの資源は、女性と少女に偏って大きな影響を及ぼし、健康上、社会上の悪い結果につながります。汚染はまた、繊細な生態系(例えば珊瑚礁)が極端気象事象から回復する能力を損ないます。

2018年のケープタウンでの水の危機に関する最近の調査は、極端な気象事象によって一部に拍車がかかり、更に悪化する将来の水の不安定事象の重要な事例であることを明らかにしました。数年に及ぶ干ばつが、2018年にケープタウンで厳しい水の危機を引き起こし、複雑な政治的及び社会的影響を招きました。既存の不平等が強化され、水利用者間の競争が激化した一方で、団結と集団行動の新たな機会が生まれました。節水の努力、特に住民と企業の需要を減らすための市の創造的なキャンペーンにより、水不足の厳しさが軽減しました。

水の危機が移民を誘発する

水関連の極端事象が数百万人もの移住と退去の原因にもなっているという政策的認識が高まっています。国連世界水開発報告書 2020「水と気候変動」は、これらの事例を記述するとともに、気候変動に起因する移住を防ぎ、持続可能な開発目標の達成を支援するよりも、国際政策のコミュニティーは、潜在的な適応戦略として移住を検討し始めるべきであると提案しています。移住、都市開発の道筋及び気候変動は、水の利用と管理に関する価値観の変化を引き起こすかく乱要因です。水の重要性を認識し

た気候変動へのアプローチは、気候変動の原因と影響の両方に対処することができます。水に基づいた気候変動への適応戦略と緩和戦略を組み合わせれば、災害リスクの軽減を含む水資源管理に利益をもたらす、水の供給を改善することができます。

5 気候変動はメンタルヘルスに著しく影響を与える

気候の変化と変動性がメンタルヘルスに与える影響を理解し管理することは、近年研究が進みつつある分野で、ストレスや心的外傷、うつ病及び自殺などの影響があることがわかってきています。極端な気候事象や上昇する海洋水位、高い気温はメンタルヘルスに悪影響を及ぼし、また将来の気候変動へのストレスも間接的な影響を与えます。気候変動は誰にでも影響を及ぼしますが、特に脆弱な状態に置かれた人々に大きな影響を及ぼします。これらのメンタルヘルス上の影響は、それらを保健制度、都市計画、生態系及び生物多様性の保全と保護に明確に定めることによって、あるいは、自然環境にふれるよう促進するなど、社会正義及び環境正義に取り組むことによって対処されます。

<この章の要点>

- 気候変動は、短期的及び、より長期的な時間スケールで、メンタルヘルスに直接的または間接的な悪影響を及ぼします。気候の変動性がメンタルヘルスに与える影響の負担は大きく、それが気候変動のさらなる影響によって増加することを示唆する証拠が多く挙がってきています。
- 連鎖的、複合的リスクが、悩みや不安の原因になっています。
- すべての人が気候の変化と変動性によるメンタルヘルスへの影響を受ける可能性がありますが、保健上の不公平に苦しんでいる人々が特に影響を受けやすいとされています。
- 自然環境の生態系と生物多様性の保護だけではなく、都市計画政策の中で水辺と緑地を増やして保全に力を入れれば、健康も促進され、レジリエンスが得られます。

気候変動は直接的、間接的にメンタルヘルスに悪影響

気候変動は、気候に影響されやすい負傷、疾患や死亡の増加に直接関係しており、温度、降水量や他の要因が変化し続けることにより、健康上のリスクは増加することが予測されています。気象の変化がストレスと臨床的障害(心的外傷や不安症、PTSD、うつ病)のリスクの増加など、メンタルヘルスに悪影響を及ぼし、自殺のリスクまで増加するおそれがあることを示唆する証拠が増えてきています。メンタルヘルスへの影響は、極端な出来事の後も長期間持続し、世代を超えて影響を及ぼすおそれもあります。

精神障害及び薬物乱用疾患は、各国政府の疾病負担額の5~10%を占めており、女性が精神病を患う可能性は男性のほぼ2倍となっています。精神疾患や依存性疾患は、世界で10億人以上に影響を及ぼしています。変化する気候や気象パターンの現在の影響また将来的なリスクについての一般の認知度が高まることで、気象災害の直接的な影響を受けていない人々、特に将来に対する不安を抱える若者の間で、気づかぬうちにメンタルヘルスが蝕まれているかもしれません。間接的なメンタルヘルス上の影響の例としては、エコ不安症(環境問題心配性)、エコロジカル・グリーフ(生態学的な悲嘆)、生

物圏に関する懸念、そして、環境の変化を経験することによる生じる悩みである「ソラスタルジア」というものがあります。

連鎖的かつ複合的なリスクが引き起こす、不安症及び苦悩

空間的、時間的なスケールを超えた連鎖的・複合的なリスクは、そのようなリスクの原因となる出来事の影響を増幅させ、メンタルヘルスに悪影響を及ぼしています。森林火災、上昇する海洋水位、沿岸の浸食、森林破壊、そして永久凍土層の融解は、人々がそれらの影響を受けやすい場所から離れた場所への移転、退去及び移住に繋がります。住民の退去は、地域社会のネットワークや、暮らし、土地への愛着などのつながり絶たれてしまうため、社会心理的リスクが高まります。

各国政府の間でもメンタルヘルスへの影響の負担の大きさを認める動きがあります。太平洋諸島諸国では、気候に影響を受けやすい健康リスクのうち、優先順位の高いものとして、極端な気候事象による心的外傷と、今発生しつつあるまたはこれから発生すると予想される気候変動の影響に関連した社会心理的な影響の2つを挙げています。例えば、ツバルにおける気候変動と心理的苦痛に関する研究では、同国のフナフティ環礁の多くの住民の間で、気候変動とそれがもたらす将来への脅威が、精神的苦痛につながる要因であることがわかっています。カナダでは、2013年のアルバータ州南部の洪水が、メンタルヘルスに長期的な影響を及ぼしました。

積極的なメンタルヘルス対策が、健康と気候レジリエンスの強化につながる

保健制度においては、気候関連の災害の影響を受ける人々へのメンタルヘルス上の支援を積極的に計画に含めることが必要です。その達成のためには、影響を受ける住民、移住の途上にある人々、及び「取り残された」人々に対するメンタルヘルス支援に関する国際合意を結ぶことが必要です。さらに、気候に係るメンタルヘルスの専門家が、精神的苦痛の治療のためのトラウマインフォームドケアを施すことができるように研修を受けさせることもできます。一例としては、住む場所が破壊もしくは大きな損傷を受けたことで、長期間に渡って一時的な避難所(そもそもそうした避難場所があったとして)に滞在する人々に対する支援が挙げられます。

気候変動及びそれによる災害がメンタルヘルスに及ぼす影響との因果関係とその要因、さらにその最も有効な解決策についての理解を深めるためのより一層の研究が必要です。社会的・環境的な正義に対する関心にも対応する必要があります。具体的には、コミュニケーションとアウトリーチ活動の改善、メンタルヘルスリテラシーの向上、文化的な資源を豊かにすることが挙げられます。極端な事象や災害が発生した際には、特により大きな影響を受けやすいグループに対する支援に集中することで、メンタルヘルスや福祉、さらに情動の安定を改善することができます。

生態系、生物多様性、水辺と緑地の促進と保全は人々の健康にも利点がある

アクセス可能なオープンウォーターや緑地、とりわけ豊富な生態系と生物多様性をもつ水辺と緑地を促進し保護する措置は重要です。その理由は、これらが短期的にも長期的にも良好なメンタルヘルスと健康に関連しているからです。これらの空間は、気候関連の災害や極端な事象リスク要因を減らし、人々

の生活の質を向上させます。そのような措置は、気候変動に対してレジリエントな開発の基本的な構成要素であり、人類の健康と自然環境の健康のための利点という複数の利点があります。

6 政府は COVID-19 からのグリーンリカバリーの機会を活かせていない

コロナ禍に対する様々な世界の対応は、その副作用として、前例のない規模での温室効果ガスと汚染物質の排出削減につながりました。二酸化炭素の排出は、2020 年の前半にほぼ 9%、行動規制がピークの時には最大 17%減少しました。これは気候変動の観点からは良い兆候かもしれませんが、その長期的な見通しは景気刺激策の内容に依存します。多くの政府は何兆ドルもの規模の刺激策を発表しましたが、排出の多い経路にロックインする可能性のある活動に資金を提供し続ける一方、低炭素投資には未だ十分な資金を投入できていません。

<この章の要点>

- COVID-19 による一時的なロックダウンは、世界的に前例のない温室効果ガス排出削減や都市の目に見える大気質の改善につながりました。
- COVID-19 対応のロックダウン期間中の大幅な温室効果ガス排出量の低下は、長期的には、世界の排出経路に大きな影響を与える可能性は低いです。
- 世界の多くの政府は、コロナ禍からの回復のため、12 兆米ドル以上の投入を表明しました。これと比較して、パリ協定の目標を満たす排出経路を達成するのに必要な年間の投資額は 1.4 兆米ドルとされています。
- 経済先進国の刺激策によって、農業・工業・廃棄物・エネルギー・運輸に割り当てられた資金は 3.7 兆米ドルに達します。これにより当該分野からの排出を大きく低減させる可能性があります。政府はこの機会を十分に活かしていないと考えられます。
- 政府の景気刺激策は、善かれ悪しかれ、今後数十年の温室効果ガスの排出経路を作り上げていくこととなります。これを気候対策に適切に活用できれば、気候を守る取り組みの転換点となる可能性があります。

一時的ではあるが、2020 年の排出量は急激に減少

COVID-19 の拡散を抑制するため、世界の多くの政府は人の移動に関しこれまでにない制限を課しました。その結果、エネルギー使用や交通、不要不急の消費に急激な変化が生じました。ビジネスが閉鎖され、経済活動は停止し、多くの人々が自宅勤務となったことで、付随する温室効果ガスの排出は急減しました。2020 年の最初の 6 カ月の二酸化炭素の排出は 2019 年の同期間と比較して 8.8% 低下したと推定されています。世界中の多くの地域で最大の行動制限が行われた 2020 年 4 月には、二

酸化炭素の排出は 17% 低減したとされ、複数の国の低減率はさらに大きなものでした。また、特に都市圏で大気汚染が著しく低減しました。これは、車の利用や工場生産、建築活動が削減されたことに起因しています。しかし、これらの低減は一時的で、行動規制が緩和され経済活動が再開した後、例えば交通関連の排出は 2019 年のレベルに再上昇しました。ただし、航空関連の排出は例外で、依然としてほぼ半分のレベルにとどまっています。これらの数字が意味するところは、パンデミック時に採用された対応戦略や、世界の GDP が 3~5%減少した一時的な景気後退では、長期的な気候目標は達成できないということです。

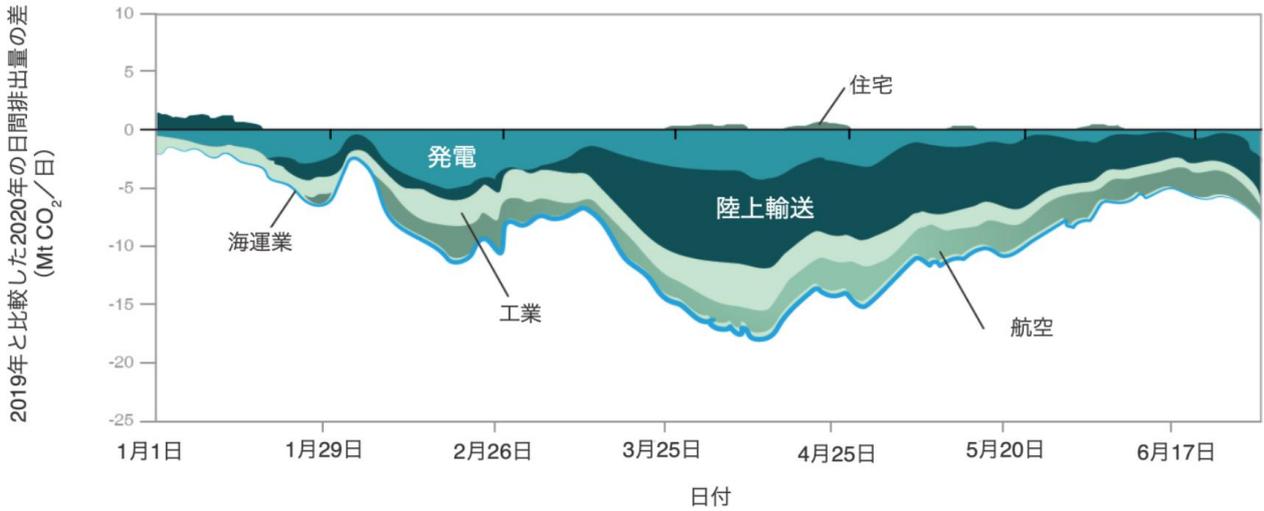
グリーンな景気を刺激する機会

2020 年を転換点とするには、生産と消費の構造を変える必要があります。多くの国が景気回復のための刺激策として資金投入を計画しているため、そのような機会は実際に存在します。コロナ禍からの景気回復のため、政府は現在莫大な額の資金を投入しています。再エネ・エネルギー効率・交通の電化・アクティブモビリティ(徒歩、自転車等での移動)・クリーン技術の研究開発・建物の省エネ効率の改善などのグリーンな低炭素対策に資金を充当すれば、低炭素社会への移行を加速できます。これらはマルチのコ・ベネフィットをもたらす、健康の改善や大気汚染の削減など、2030 年が目標年次の持続可能な開発目標(SDGs)との相乗効果があります。クリーンエネルギーへの投資は、雇用やイノベーションの主要な原動力となり、座礁資産となる可能性を削減し、投資家にとって魅力的なリスクプロファイルを作り出すことができます。

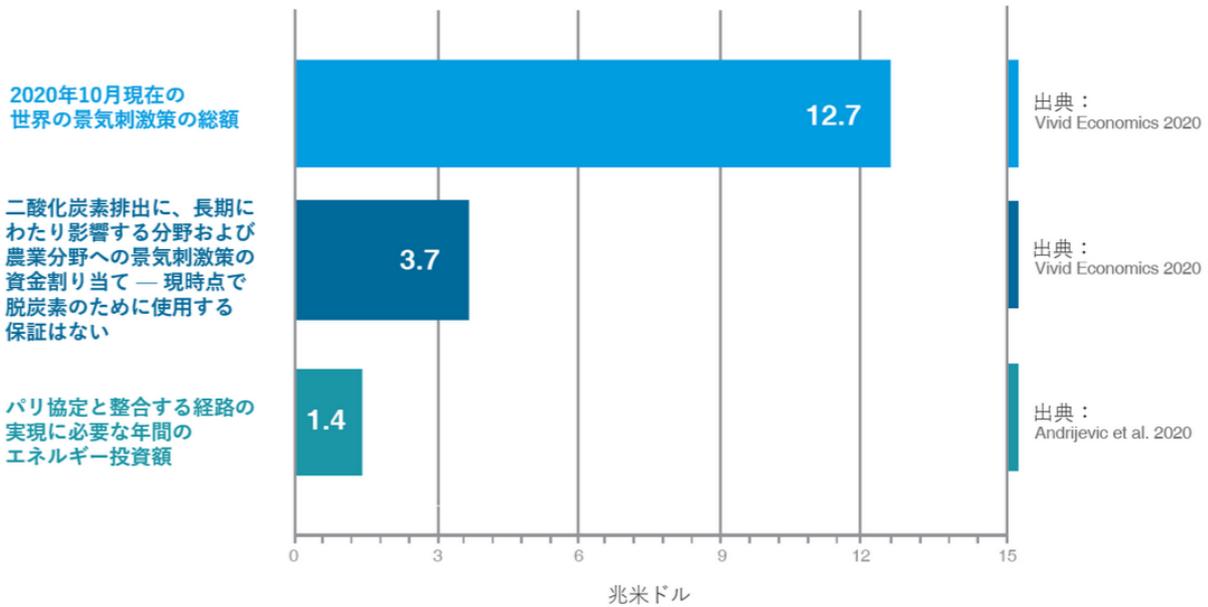
依然として復興策の中心にあるブラウン投資

この文書の執筆時点で、世界中の政府は、12 兆米ドルを超える資金を、経済刺激のために投入しようとしています。長期的な目標の達成には、この資金の約半分が 5 年間で必要となります。今世紀半ばまでにゼロエミッションを達成するには、2020 年から 2024 年の間に世界で年間約 1.4 兆米ドルの投資が行われる必要があるためです。ちなみに、2020 年 10 月現在、経済刺激を目的とした資金のうち約 3.7 兆米ドルが、二酸化炭素の排出や自然の持続性に影響を与える農業・工業・廃棄物・エネルギー・交通のような分野に充当されています。しかし、政府はこれらの分野をグリーン化する可能性を逃してしまっています。実際、景気回復のための資金は、主に化石燃料ベースのブラウンな活動に充当されているためです。G20 の政府は 2020 年 11 月現在、2,330 億米ドルを化石燃料ベースの生産・消費にコミットしている一方で、クリーンな対策には 1,460 億米ドルしかコミットしていません。このような資金の使い方は、炭素集約型の活動を数年あるいは数十年にわたってロックインし、世界経済システムにおける化石燃料関連の企業の役割を強化してしまいます。一方で、このレベルのグリーン景気刺激策では、パリ協定の目標と整合する経路の達成に必要な投資を確保できなくなります。

政府の政策や人の行動は、十分な緊急性と必要性があり、意思決定者がそれ以外の選択肢を有しない場合、劇的かつ急激に変化する可能性があります。コロナ禍に対する対応はこのことを明らかにしました。つまり、政府や投資家が経済を再建するために今日行う選択、特にこの先数カ月の救済など危機的対応から抜け出す時に行う選択は、今後、数十年の排出経路を決定づけるものになりうるということです。



(図5) 2020年の世界全体のCO₂排出に対するCOVID-19を抑制するための規制の影響（分野毎）。Liuおよび共同執筆者(2020)⁴を基に改編。



(図6) COVID-19の景気刺激策、脱炭素のために使われる保証のない関連の資金、パリ協定と整合させるのに必要な投資(出典：Vivid Economics, 2020; Andrijevic他, 2020)。⁵

7 COVID-19 と気候変動は、新しい社会契約が必要なことを証明した

コロナ禍は、システム全体の危機に対し現代社会が脆弱であることを露呈させました。気候変動は少なくとも同程度に破壊的なものであり、その影響が悪化するにつれて、現在の社会システムが順次適応して行くのは当然とは考えられなくなりました。国を越えた協働を実現する能力や迅速な行動に必要な公衆の支援を強化するために、新しいガバナンスの仕組みとグローバルな合意が直ちに必要となっています。

<この章の要点>

- COVID-19 と気候変動は、人類の福祉と経済の安定を損なう国境を越えるリスクであり、特に最も脆弱な者により深刻な影響を及ぼします。
- このパンデミックは、政府や国際的機関が国を越えるリスクに適切に対処できないことを明白にしました。
- 加速度的に増大する気候変動のリスクに対処するためには、ガバナンスの革新的変革が必要です。
- COVID-19 のリスクは地方・国・国際レベルの革新的な対応により対処できること、そして、より強力な地球規模の対応が必要であることを、地域社会や政府が実証したいくつかの例もあります。
- NGO や地域社会、ユースなど多くのグループによる社会運動は、気候変動による地球規模のリスクに対する国を越えた対応が可能であることを明らかにしました。気候変動に対し確固たる行動をとる必要があるという政府に対する圧力は高まってきています。新しい社会契約により、安定した気候の下で、人道的かつ公正(just)な世界を構築する見通しが強化できます。

持続可能でレジリエントな人間社会を構築するため、革新的で想像的かつ変革を恐れないアプローチを、世界は、今、緊急に必要としています。地方・国・国際スケールでの COVID-19 への対応は、気候関連の災害や世界的なパンデミックのようなシステム全体に及ぶ危機のかじ取りをするには、現在の組織の能力が如何に不十分であるか、地球上のいたるところで明らかにしました。COVID-19 と気候変動は、両方とも、人の健康と環境を脅かすだけでなく、人種的及び社会的な不平等を広げます。政府による決定的な対応がないと、世代内及び世代間の不公平を悪化させる可能性があります。

科学者は、気候変動の影響は COVID-19 の様に、短時間に広範囲に及び、破壊的なニューノーマルを生む可能性があると考えています。システム全体に及ぶリスクは徐々に起こり、今の社会や生態系はそ

のような世界的な環境変化にうまく適応することができるという神話がありますが、昨年起こった多くの事象はそれを明確に否定しています。パンデミック・極端な気象現象・増大する不平等・財政危機などの世界的かつシステム全体に及ぶ衝撃は、食料・水・エネルギー・データ・製品・製造システム・輸送システムなどから成る 21 世紀の人間社会そのものから生じたものであり、また、今やそれを本質的に脅かすものとして立ち現れています。このようなシステムそのものやそれに付随する不安定性によって、人間や生態系は破壊的な影響を受けており、公正で平等な社会関係を構築する障害となっています。まさに、地球規模での新たな対応が必要とされています。

リスクと脆弱なガバナンスについての認識の高まり

COVID-19 による地球規模の災禍は、世界のガバナンスが不適切かつ脆弱であり、グローバルな共通のリスクに世界が集団として協調的に対応できる枠組みを作る必要があることを、世界中の人間社会に気付かせ、その認識を高めました。確かに COVID-19 と拡大する気候変動による影響は破壊的ではありますが、一方で気候の脆弱性や社会的不平等、システム全体のリスクを生み出す現在の経済社会システムから転換する重要な機会を提供しています。

それらがもたらす課題を認識して、世界は今、パンデミックや気候変動のような地球規模のリスクと衝撃に対して効果的に対応できる新しいガバナンスシステムを構築すべき時にきています。イノベーションは、地域レベルで起こる可能性があります。例えば、台湾の地域社会における市民発の新しい取り組みでは、市民と技術の共同体がオンラインでそれぞれの活動を調整し、政府のデータを最大限に活用して、COVID-19 にうまく対処するためのオンラインの地図やツールを開発しました。また、ニュージーランド政府が COVID-19 を成功裏に排除したように、同様のことが国レベルで起こることもあります。さらに、現在は公平というには程遠い状況にあるものの、COVID-19 ワクチンへの公正なアクセスや分配に関し多くの国が調整を開始した例のように、イノベーションは国際的にも起こりえます。

新しい社会契約

現在必要なことは、地球規模のリスクに体系的に取り組むことであり、それには新しい社会契約や行動のための地球規模の合意⁶が必要となります。この社会契約には、気候ジャスティス、地球資源に関する公平なアクセスと分配、健康・福祉関連の人権の公平性などに関する新しいナラティブ(語り口)と倫理的論拠が必要となります。⁷ 現在の消費・生産モデルとは異なる持続可能なライフスタイルを基礎とした持続可能な未来と循環経済を新しく構想することが、政府のすべてのレベルにおいて新しい政策に指針を与えます。重要なことは、新しく、住み易く、持続可能で、レジリエントな将来を構想し創造することのような試みに、世界のユースを深く引き込むことです。

人類は、組織を改善し公正でシステム全体に及ぶ変革を推進するため、改めて国家間に新たな重点活動や誓約活動を展開することができます。すでに、気候にやさしい地球規模の活動が増加している兆しがあります。まず、欧州連合で勢いを増しているグリーンニューディール、94 都市による気候変動に関する協力を推進する C40(世界大都市気候先導グループ)、ユースや先住民による気候変動に関する急進的運動などがあります。また、国連気候変動枠組条約の 73 締約国、世界 14 地域、398 都市、786 企業、16 投資機関などが次々と 2050 年までのネットゼロ達成を誓約しています。

昨今のシステム全体にわたるグローバル社会の混乱は、より人道的で持続可能な社会生態システムを、地方から地球レベルまでのスケールで構想し構築する、いわば地球規模の協働を実現する社会的基盤を作る最後のチャンスを提供しているのかもしれない。⁸



Fridays For Future の抗議集会(2020年9月27日、台北)。海面上昇によって拡大する災害リスクを強調するためにゴーグルを着用している若者。Taiwan Youth Climate Coalition からの画像。

8 成長に焦点を当てた景気刺激策は、パリ協定を危機に陥れる

多くの研究は、気候変動対策には相当のコ・ベネフィットがあり、2℃ またはそれ以下の温暖化を追求することが経済的に最適であるという確かな証拠を示しています。これは、低炭素型技術のコストが大幅に減少したことに加え、モデルが改善され気候影響や汚染の社会コストを完全に捉えることが可能になったことによります。時間は無くなりつつありますが、それだからこそ今すぐにグリーン投資と社会変革を進める必要があります。ただし、成長に焦点を当てた景気刺激策はパリ協定を危うくし、長期的な社会・経済的繁栄をも脅かします。

<この章の要点>

- 2℃ よりも十分に低く 1.5℃ にとどめる戦略の経済効果に焦点を当てた研究の数はますます増加しています。
- 再エネやバッテリーによる電気自動車など、低炭素な解決策のコストは劇的に低下しました。
- 「成長が第一、持続性は第二」とする COVID-19 からの景気回復戦略は、パリ協定を失敗させる可能性があります。
- システムの移行に必要な投資は、すべてパリ協定に沿って正味のエネルギーや二酸化炭素の削減に寄与する必要があります。

持続性と経済発展の間にトレードオフは存在しません。繁栄している経済は、生産的な生態系に依存しているからです。コロナ禍の対応で提案される経済刺激策は、パリ協定を達成し、持続可能な経済に移行するために必要な投資を増加させる重要な機会となります。

グリーンな移行で増大する経済効果

ますます多くの研究は、気候変動対策には、短期・長期にわたり相当の経済効果があるとの確かな証拠を提示しています。いくつかの気候・経済統合モデルは、以前、温暖化を 2℃ 以下に制限する強力な緩和策は経済的に有益でないとしていましたが、これらのモデルを最新のデータを使って改めて解析すると、パリ協定の目標は 1.5℃ または 2℃ よりかなり低いレベルで、コスト的に最適であることを示唆しています。また、最近の研究は、石炭の段階的廃止は、健康や地域環境などの社会的効果と直接かつ十分なコ・ベネフィットがあり、気候変動による将来の損害の軽減を含めなくても、費用対効果が高いと示しています。

経済分析がこのようにシフトした一つの理由は、再エネや様々な電化オプションに関する技術開発が、当初多くのシナリオで仮定したよりも非常に急速に展開し、コストが急減したことにあります。例えば、

ソーラーパネルによる電気の世界の平均コストは、2010年から2019年の間に82%低下しました。新規稼働した商業スケールの再エネ事業については、その56%が最も安価な新しい化石燃料ベースの発電よりもコストが低くなりました。また、電池のコストもこの10年でほぼ1桁下落しました。結果として、脱炭素戦略は多くの分野でその実現可能性が向上しました。

「グリーン成長」は見かけほど良くない

こうした経済分析のシフトにより気候緩和対策の見通しが改善しましたが、パリ協定の目標達成までの時間はますます短くなり、炭素バジェットは縮小し続けています。同時に、コロナ禍の影響を受けて、経済の活性化が急務となっています。まさに、気候や環境への影響と経済成長をデカップルした「グリーン成長」政策を提唱する絶好のタイミングのように見えます。

確かに、短期的には、一方で現在の経済を刺激し、同時に炭素バジェットの範囲内で排出を低減させる低炭素技術投資を組合せることが、科学的にも支持されます。しかし、パリ協定の目標と長期的な持続性を達成する確実な方法として、国内総生産(GDP)の成長と排出のデカップリングを基本とした戦略を支持する科学的な証拠はありません。それは、歴史的にみると、技術進歩による資源効率の改善や排出量の低減よりも、経済の成長と消費の増加がより速いペースで進むためです。最近の研究では、排出量と経済産出との間の絶対的かつ世界的なデカップリングを支持する証拠は極めて限られていることが明らかとなりました。一般に、高所得国は高排出国でもあります。海外からのモノやサービスに付随する排出量を加味しても、絶対的デカップリングを実現し、排出量を実際に削減した国は、確かにいくつかはあります。しかし、それらは、当初は極めて高い排出量があった低成長の国であり、しかも明確な政策目標を導入していた場合に限定されています。

新しい経済戦略が必要である

気候と経済成長をデカップリングできる歴史的な証拠が欠如していることは、異なる戦略あるいは補完的な戦略が必要であることを意味しています。地球の気温がパリ協定に沿うレベルに保たれながらも適度の成長が達成できる、それが実現可能な経路を提示するモデルが複数あります。それらは、リバウンド効果を回避するために、技術の向上に加えて、劇的な行動変容を必要としています。問題は時間が切迫してきていることです。技術革新と行動変容を、前例のない規模で迅速に実現させる必要があります。

最近の科学的な証拠によれば、時間が切迫していることを考慮すると、COVID-19後の景気回復が経済成長を主眼とし、持続性や気候緩和を二次的なものにすれば、パリ協定を達成し、人々の健康や福祉、そして豊かな経済発展を確保する最後の機会を失うこととなります。一方で、サステナブル投資によりグリーン経済を推進する際の要点は、経済活動の刺激だけでなくコ・ベネフィットの推進にあります。したがって、例えば、バイオ燃料の大規模生産、地球工学的なオプションの実施、紛争鉱物の確保などを通じて気候変動と経済発展のデカップリングを行う場合には、環境や社会への悪影響を避けるよう十分な注意を払う必要があります。残りの炭素バジェットは限られています。したがって、正味で大きな二酸化炭素節減につながる投資、すなわち二酸化炭素排出削減の観点から高い投資収益率のある投

資に、残りのバジェットを充当することが不可欠です。これは普遍的な原則ですが、特にグリーンな解決策に投資する資金を有する高所得国に適切に適用する必要があります。

9 公正で持続可能な社会への転換には、都市の電化が極めて重要である

電化は脱炭素化の実現を可能にする主要な要因ですが、このプロセスを加速させる都市部の役割がようやく明らかになったばかりです。都市の電化は、10億人以上の人々に近代的なエネルギーを提供することによって、貧困を削減させる持続可能な方法であると同時に、気候変動と有害な地域汚染を引き起こす既存のサービスを、クリーンエネルギーで代替する方法としても理解することが出来ます。電力会社や投資家などの商業関係者は、電化をますます成長する市場として見ています。現在の移行は、自給率の増進、不平等の軽減、及び中小企業の条件を改善する機会です。そのためには、エネルギーシステム、デザイン思考、及び民主的な意思決定について再考する必要があります。

<この章の要点>

- 都市の電化は、公正なエネルギー移行への強力な道筋です。
- 現在、電気を利用する機会がない10億人以上の人々は、より強力な電化に向けた取り組みにより恩恵を受けます。
- 地域の大気汚染の削減と健康及び生活の質の向上は、都市電化の具体的なコ・ベネフィットです。
- アクター指向で公平性に基づく移行アプローチは、都市電化のメリットを最大化し、新たな電力格差の発生などのリスクを軽減します。
- 移行を成功させるための重要な要素として、建築環境の制約、公平性、ガバナンス、電力技術が建築設計、都市計画、移動計画、人々の都市空間の利用とどのように相互作用するか考慮することが挙げられます。

都市の電化は、効率的で低炭素の持続可能なエネルギーシステムに向けて一足飛びに進み、都市環境の広範で公正な変化を助長する強力な戦略です。このアプローチは、大気質の改善とそれに伴う健康状態の改善といった具体的なコ・ベネフィットを得られることから、適応と緩和を持続可能な開発目標と一致させるものです。都市の電化には二重の意味があります。一つは、都市部、特に急速に発展している都市部で、電気へのアクセスを確保することです。もう一つは、都市部における代替燃料としての電気の拡大利用で、建築環境の設計とクリーン電力提供システムの開発を結びつけることです。

最前線にある“都市”

政府、コミュニティ、及び民間企業体を含む都市は、イノベーションの最前線にあります。都市は加速した公正なエネルギー移行の中心になることが可能です。適応策は、人口密度だけでなく、非公式な居住地、環境的不平等、及びエネルギーの貧困などを考慮すると、エネルギー需要を増加させる可能性があります。都市の電化は、適応するために、再生可能な供給源からのクリーンで手ごろな値段のエネルギーへのアクセスを提供する機会をもたらします。都市を電化する取り組みは、電気へのアクセスが欠如している世界の10億人以上に恩恵をもたらします。その多くは、急速に都市化が進む地域や、電気へのアクセスが非常に不均一な都市化された地域に住んでいます。農村地帯では、電力需要がまだ低いため、収入を得て貧困を緩和する恩恵を与えるミニグリッドの可能性は限られています。ただし、都市部の電化がエネルギー貧困に与える影響は完全に理解されていません。

市場の新たな成長の源としての電化

現在、都市の電化は、都市の建物と路上移動、特に電池式電気自動車、熱ポンプ及び料理用コンロによって発展しています。電力会社と投資家は、電力ネットワークへの世界的な投資傾向から分かるように、このような変化を新たな成長源として見えています。炭素強度は、都市においてまた自治体が所有する電力会社において、より急速に低下すると予測されます。それは、それらの再生可能エネルギー目標、独自の規制構造、及び地域、州及び国の経済において重要な役割を担っていることによります。

都市電化の可能性は、分散型エネルギーシステムの多面的な価値提案を認識するシステム的な観点から、電力供給を根本的に再考して、強力な集中型高炭素電力システムを崩壊させることにあります。都市電化は、投資と技術に関する意思決定へのアクセスに多大な不平等があるため、リスクを伴います。そのリスクは、軽減されなければ低炭素システムから恩恵を受けて、それを利用する金銭的余裕がある人々とそうでない人々、あるいは負の影響を負う人々との間の分断を深めるかもしれません。公正なイノベーションプロセスを確保し、電化プロジェクトが脆弱な人々に意図しない負の影響を与えないようにするためには、移行を通して、多様なステークホルダーを巻き込んだ公平性と正義を重視したアプローチが不可欠です。都市電化の恩恵を最大限活用するには、ガバナンスの制約、建築環境、電力技術がどのように建物設計、都市計画及び移動計画と人々の都市空間の利用と相互作用するかを考慮する必要があります。

市民発(ボトムアップ)の移行

多くの行動により都市電化の可能性を実現することができます。コミュニティ、地方自治体及び電力会社は、分散型エネルギー発電、マイクログリッド、及びスマートグリッドのような分散型電力システムを導入しています。市の当局は、自らの政府が所有する施設において、再生可能エネルギーの利用を促進し、それらを建築規則に組み込み、電力、建物及び輸送分野の再生可能エネルギーを促進しています。多くの場合、若い気候変動活動家、コミュニティ関係者、及び国を越えたネットワークなどの草の根運動が移行を進めています。その取り組みには、都市計画、環境に配慮した輸送及び電力網の統合に加え、現在のエネルギー体制とそれを維持する参加者や政治的権威を取り巻く既存の力関係に挑戦する

ことも含まれています。建築環境、組織上の制約、エネルギー源の炭素強度などの要求に、システム移行への公平なアプローチで対処することで、都市電化の恩恵を受けることができます。

10 気候訴訟は人権擁護のための重要な気候行動である

気候変動を抑えようとしている人々にとって法廷は前線となりました。気候変動を第一の関心事として争われてきた裁判では、誰が何をもって法廷で法的地位を有するか、未来の世代などの利益を代表するのは誰なのか、ということまで問います。これらの新しい種類の裁判では、裁判所が互いに学び合い、影響し合うことがあります。例えば、国内裁判所がどのようにケースを処理したかによって国際法廷に影響を与える場合や、その逆に国内裁判が国際法廷から影響を受ける場合があります。気候変動へ緊急に対応することが必要であるため、裁判官が「立法者」としての役割を取り入れて措置を強制する可能性があるということになります。

<この章の要点>

- 権利に基づく訴訟は、気候変動に対処するための新しいツールになっています。
- このような気候訴訟を通じて、「権利者とは誰か、何か」という法的な理解は、未来の世代、まだ生まれていない世代、自然の要素、さらにそれらを法廷で代表することができる人にまで拡大しています。
- 気候訴訟は、国内判例法が国際法廷の対応に影響するなど、様々な法廷の結論の間の相互作用を示しています。
- 気候訴訟に関するケースは、国境を越えた人々に対する危害にも対処します。
- 他では十分な気候行動がとられていないことを考えると、裁判所は気候変動に対処するための「法律家」として貢献することができます。

訴訟は気候変動を回避し、パリ協定の目標を支援する措置を求めるための重要なツールとなっています。気候に関連したほとんどの訴訟は、例えば 2015 年に Urgenda 財団がオランダ国家を相手に提訴した訴訟のように、政府に対する公的な訴訟です。石油会社のような民間の当事者が相手になることもあります(例えば、Friends of the Earth オランダ支部を含む環境 NGO グループが、2019 年に Royal Dutch Shell を訴えた一件)。そのような訴訟は国内法廷と国際法廷、審判機関や人権条約機関、または不遵守メカニズム(non-compliance mechanisms)で争われます。気候訴訟では人権侵害に関する主張が大前提となっています。特にラテンアメリカなどの低開発国における訴訟の数が増え、社会に大いに影響を与えており、ヨーロッパ及び米国においても訴訟例があります。

人権を気候変動の文脈に適用

気候訴訟は、生存権や清潔で健康な環境への人権など、気候変動による影響を受けている既存の人権の内容とその範囲を明らかにしています。権利に基づく訴訟は、可能な限り最大限の目標を反映するために国家の気候変動に関する計画、政策、及び法律の要件を改善することによって、気候変動に関するより集中した議論及び、国家による行動の義務(すなわちデューデリジェンス)の改善に繋がっています。これらの進歩を通して、科学的な証拠と審決の間に重要な相関関係をみることができます。

法廷が「立法者」としての役割を果たす

気候変動に関する行動の緊急性と適切な措置や施行の欠如により、いくつかの訴訟法廷は立法者として介入することがあります。これは、従来の勢力の均衡の解釈に挑戦するものです。その理由は、気候変動関連の政策を作成することは通常、国の立法府の領域だからです。

訴訟は国境を越えた問題に対処する

影響と原因の両方において国境を越える気候変動の性質から、訴訟は気候変動に関連した人権に国際的に対処する際の重要なツールとなります。気候訴訟が判断する上で有用であるという論議を呼んでいる問題は、「輸入された排出量」(他所で生成されてその過程で排出されるが、国内で消費されるもの)、または「輸出された排出量」(海外で精製されて燃焼された輸出石油及びガスの結果)に対して国家が責任を負うか否かという点です。これは治外法権と呼ばれます。また法廷、遵守手順、及び人権条約機関は、環境移民のようにその国でもはや生活できないために国を去る人々の地位及び権利を認識するよう求められ始めています。2020年1月に国連人権委員会により裁決された Ioane Teitiota 対ニュージーランドの訴訟は、国が気候変動による悪影響から、誰かの生活を危険にさらするかもしれない場所に戻ることを強制することは生存権の侵害である(市民的及び政治的権利に関する国際規約第6条に基づき)と判定する初めての裁決でした。

拡大する法的地位と代表権

気候変動に関連した被害を主張する最近のいくつかの注目される国際的な裁定請求は、誰がもしくは何が、裁判所の目から見て法的地位を有しているか、また、誰がもしくは何が、健全な環境に関する将来世代の権利と利益を代表する資格があるのかについて、新たな概念を提供してくれるかもしれません。気候訴訟を代表するアクターの範囲は、NGO、行政監査官、受託者、団体、政府機関、または個人のグループが含まれるように拡大しています。国際的な舞台において、正当なアクターとして特別に位置付けられている子どもたちが、子どもたち自身及びある程度までの将来世代の代表として、訴訟や類似の手続きを開始しています。原告は、将来の有害性または将来の世代が受ける害に関わる被害者であるということを確認するよう努めます。例えば、12の国籍を代表する16人の子どもたちが、2019年に国連・子どもの権利委員会の前に5つの国に対して不服申立を提出し、また、6人のポルトガルの若者グループが、33の国に対してより野心的な気候変動に対する措置を講じさせるために、2020年にヨーロッパ人権裁判所で申請を申し出ました。

自然の法的権利

気候訴訟の他の重要な革新は、自然の法的権利への発展です。例えば、環境機関である Asociación Civil por la Justicia Ambiental(「環境正義のための市民団体」)が 2020 年にアルゼンチンで、湿地生態系を「権利の対象」と認めるための訴訟を起こしました。また 2018 年には、コロンビアの最高裁判所がアマゾンを中心に気候変動緩和のための保護に関する権利を有する正当な対象であると認めました。

地域スケールを越えた相互作用

国際法廷と審判機関は気候変動に関する裁決と勧告について、さらに強力な場となり得ると認められてきています。この数十年、国家は国際法廷及び審判機関を国際的な環境に関する法的論争の調停のための適切な法廷であると見なしてきました。国内、地域、及び国際的なレベルにおける裁判官、法廷及び審判機関の間で見られた影響と相互作用は、気候訴訟による新たな影響をより一般的に示しています。

References

Except when specifically stated otherwise, all statements in this report refer to the article:

Pihl et al., (2021). 10 New Insights in Climate Science 2020 – a Horizon Scan, *Global Sustainability*, 4. <https://doi.org/10.1017/sus.2021.2>

Other references

1. Sherwood, S. C., et al. (2020). An Assessment of Earth's Climate Sensitivity Using Multiple Lines of Evidence. *Reviews of Geophysics*, 58(4). <https://doi.org/10.1029/2019RG000678>
2. Zandt, M. H. in 't, Liebner, S., Welte, C. U., (2020). Roles of Thermokarst Lakes in a Warming World, *Trends in Microbiology*, 28(9), 769–779. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2020.04.002>
3. Tharammal, T., et al. (2019). A review of the major drivers of the terrestrial carbon uptake: model-based assessments, consensus, and uncertainties. *Environmental Research Letters*, 14(9). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab3012>
4. Liu, Z., et al. (2020). Near-real-time monitoring of global CO₂ emissions reveals the effects of the COVID-19 pandemic. *Nature Communications*, 11(1), 5172. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-18922-7>
5. Andrijevic, M., et al. (2020). COVID-19 recovery funds dwarf clean energy investment needs. *Science*, 370(6514), 298–300. <https://doi.org/10.1126/science.abc9697>
6. Guterres, A. (2020). Tackling the Inequality Pandemic: A New Social Compact for a New Era. United Nations Address for Nelson Mandela International Day, 18 July 2020. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/a-new-social-contract-for-a-new-era/>
7. Leach, M., et al. (2018). Equity and sustainability in the Anthropocene: a social-ecological systems perspective on their intertwined futures. *Global Sustainability*, 1, 1–13. <https://doi.org/10.1017/sus.2018.12>
8. Francis, P. (2015). Encyclical letter *Laudato si'* of the Holy Father Francis: On care for our common home / [Pope Francis] Catholic Church Vatican City.
9. Vivid Economics. (2020). Greenness of stimulus Index— An assessment of COVID-19 stimulus by G20 countries in relation to climate action and biodiversity goals. Accessed from https://www.vivideconomics.com/wp-content/uploads/2020/11/201028-GSI-report_October-release.pdf

Acknowledgements

The making of this report has been led by Future Earth, The Earth League and the World Climate Research Programme (WCRP). We also gratefully acknowledge the support from Arizona State University (ASU), Earth System Governance Project (ESG Project), Integrated Land Ecosystem-Atmosphere Processes Study (iLEAPS), Global Carbon Project (GCP), Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK) and Future Earth's Knowledge-Action Networks for a) Health, b) Systems of Sustainable Consumption and Production, and c) Urban.

We acknowledge the work of the following individuals in their respective capacities:

Editorial Board

Helen Cleugh, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australia

Eleanor Fisher, The Nordic Africa Institute, Uppsala, Sweden

Thomas Hickmann, Copernicus Institute of Sustainable Development, Utrecht University, Netherlands

Sebastian Leuzinger, Auckland University of Technology, School of Science, Auckland, New Zealand

Harini Nagendra, Center for Climate Change and Sustainability, Azim Premji University, India

Johan Rockström, Institute for Climate Impact Research, University of Potsdam, Germany

Patricia Romero-Lankao, Center for Integrated Mobility Sciences, National Renewable Energy Laboratory, USA and Mansueto Institute for Urban Innovation, University of Chicago, USA

Peter Schlosser, Julie Ann Wrigley Global Futures Laboratory, Global Institute of Sustainability and Innovation, Arizona State University, USA

Leena Srivastava, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Austria

Detlef B. Stammer, Centrum für Erdsystemforschung und Nachhaltigkeit (CEN), University of Hamburg, Germany

Editor and coordinator

Erik Pihl, Future Earth Global Secretariat, Sweden

Chapter lead authors

Insight 1:

Steve Sherwood, Climate Change Research Centre, UNSW Sydney, Australia

Insight 2:

Gustaf Hugelius, Department of Physical Geography, Bolin Centre for Climate Research, Stockholm University, Sweden

Edward Schuur, Center for Ecosystem Science and Society, Northern Arizona University, USA and Department of Biological Sciences, Northern Arizona University, USA

Insight 3:

Trevor F. Keenan, Department of Environmental Science, Policy and Management, UC Berkeley, USA and Earth and Environmental Science Area, Lawrence Berkeley National Lab., USA

Insight 4:

Robert I. McDonald, Center for Sustainability Science, The Nature Conservancy, USA

Nidhi Nagabhatla, United Nations University, Institute for Water, Environment and Health (UNU INWEH), Canada and McMaster University, Canada

Insight 5:

Kristie Ebi, Department of Global Health, Center for Health and the Global Environment, University of Washington, USA

Katie Hayes, Health Canada, Canada

Insight 6:

Joyashree Roy, Department of Energy, Environment and Climate Change, Asian Institute of Technology, Thailand and Department of Economics, Jadavpur University, India

Insight 7:

Michelle Scobie, Institute of International Relations, The University of the West Indies, Trinidad & Tobago

Insight 8:

Eva Alfredsson, Division of Sustainable Development and Environmental Science and Engineering, KTH Royal Institute of Technology, Sweden

Insight 9:

Vanessa Castan Broto, Urban Institute, University of Sheffield, England

Insight 10:

Otto Spijkers, China Institute of Boundary and Ocean Studies (CIBOS), Research Institute of Environmental Law (RIEL) and International Water Law Academy (IWLA), Wuhan University, China

Contributing authors

Magnus Bengtsson, Hot or Cool Institute, Germany

Kathryn J. Bowen, Climate Change Institute, Australian National University, Australia

Kuei Tien Chou, Risk Society and Policy Research Center, National Taiwan University, Taiwan

Clea M. Edwards, Arizona State University, Global Futures Laboratory, USA

Pierre Friedlingstein, College of Engineering, Mathematics and Physical Sciences, University of Exeter, UK

Alex Godoy-Faúndez, Sustainability Research Centre, Universidad del Desarrollo, Chile

Mukesh Gupta, Department of Environmental Sciences, Asian University for Women, Bangladesh

Alexandra R. Harrington, Center for International Sustainable Development Law, Canada and Fulbright Canada Foundation, Canada and Albany Law School, USA

Bronwyn M. Hayward, Department of Political Science, University of Canterbury, New Zealand and The Centre for the Understanding of Sustainable Prosperity, University of Surrey, UK

Sophie R. Hebden, Future Earth Global Secretariat, Sweden, seconded to ESA Climate Office, ECSAT, Harwell Campus, UK

Tatiana Ilyina, Max Planck Institute for Meteorology, Germany

Robert B. Jackson, Earth System Science Department, Woods Institute for the Environment, Stanford University, USA and Precourt Institute for Energy, Stanford University, USA

Ria A. Lambino, Future Earth Asia Regional Center, Research Institute for Humanity and Nature, Japan

Mikael Malmaeus, IVL Swedish Environmental Research Institute, Sweden

Maria Martin, Institute for Climate Impact Research, University of Potsdam, Germany

Celia McMichael, School of Geography, University of Melbourne, Australia

Clark A. Miller, College of Global Futures, Arizona State University, USA

Matteo Muratori, National Renewable Energy Laboratory, USA

Roy Yi Ling Ngerng, Risk Society and Policy Research Center, National Taiwan University

Cristian Passarelo, Future Earth Global Secretariat, France

Josep Penuelas, Global Ecology Unit CREAM-CSIC-UAB, CSIC and CREAM, Spain

Julia Pongratz, Department of Geography, Ludwig-Maximilians-Universität Munich, Germany and Max Planck Institute for Meteorology, Germany

Adam A. Scaife, Met Office Hadley Centre, UK and Department of Mathematics, University of Exeter, UK

Giles B. Sioen, Future Earth Global Secretariat, Japan and National Institute for Environmental Studies, Japan

Jakob Skovgaard, Department of Political Science, Lund University, Sweden

Edgardo A. Sobenes Obregon, Independent Consultant in Public International Law, Netherlands

Sebastian Sonntag, Climate Service Center Germany (GERICS), Helmholtz-Zentrum Geesthacht, Germany

Joachim H. Spangenberg, SERI Germany, Sustainable Europe Research Institute, Germany

Pedro H.C. Torres, Institute of Energy and Environment, University of São Paulo, Brazil

Merritt R. Turetsky, Ecology and Evolutionary Biology Department, Institute of Arctic and Alpine Research, University of Colorado Boulder, USA

Anna M. Ukkola, ARC Centre of Excellence for Climate Extremes and Research School of Earth Sciences, Australian National University, Australia

Detlef P. van Vuuren, Department of Climate, Air and Energy, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency and Copernicus Institute of Sustainable Development, Utrecht University, Netherlands

Christina Voigt, Department of Public and International Law, University of Oslo, Norway

Chadia Wannous, Towards A Safer World Network (TASW), Sweden and Future-Earth Health Knowledge-Action Network, Sweden

Mark D. Zelinka, Lawrence Livermore National Laboratory, USA

We further acknowledge support from Clara Burgard at Helmholtz-Zentrum Geesthacht and The Earth League.

Sponsors



International
Science Council



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



UNITED NATIONS
UNIVERSITY



WORLD
METEOROLOGICAL
ORGANIZATION



Sponsors



POTSDAM INSTITUTE FOR
CLIMATE IMPACT RESEARCH



Stockholm Resilience Centre
Sustainability Science for Biosphere Stewardship



清华大学地球系统科学系
Department of Earth System Science, Tsinghua University



Sponsors



WORLD
METEOROLOGICAL
ORGANIZATION



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization



Intergovernmental
Oceanographic
Commission



International
Science Council

