

# 国立国会図書館 調査及び立法考査局

## Research and Legislative Reference Bureau National Diet Library

論題 Title	なぜ脱炭素化が必要なのか？—気候変動の現状と将来見通し—
他言語論題 Title in other language	Why Is Decarbonization Necessary? Current State and Future Outlook for Climate Change
著者 / 所属 Author(s)	江守 正多 (EMORI Seita) / 国立環境研究所地球システム領域副領域長
書名 Title of Book	脱炭素社会の技術と諸課題 科学技術に関する調査プロジェクト報告書 (Technologies for Decarbonized Society and Related Issues)
シリーズ Series	調査資料 2021-5 (Research Materials 2021-5)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
刊行日 Issue Date	2022-03-29
ページ Pages	27-33
ISBN	978-4-87582-892-1
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
摘要 Abstract	気候変動に関する政府間パネル (IPCC) の第 1 作業部会第 6 次評価報告書 (2021 年 8 月公表) に基づき、気候変動の現状と将来見通しについて概観し、脱炭素化の必要性について論じる。

\* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰 (めいせき) 性等の観点からの審査を経たものです。

\* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

# なぜ脱炭素化が必要なのか？ —気候変動の現状と将来見通し—

国立環境研究所地球システム領域  
副領域長 江守 正多

## 目 次

はじめに

### I 気候変動の現状

- 1 世界平均気温の変化とその原因
- 2 極端現象の変化

### II 気候変動の将来見通し

- 1 世界平均気温の変化の見通し
- 2 極端現象の変化の見通し
- 3 可能性は低いが甚大な影響をもたらすリスク

おわりに

**【要旨】**

気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の第1作業部会第6次評価報告書に基づき、気候変動の現状と将来見通しについて概観する。人間活動により二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を始めとする大気中の温室効果ガスが増加しており、この影響で地球が温暖化していることは疑う余地がない。世界平均気温は産業革命前から既に1.1℃程度上昇しており、これを今後1.5℃前後で止めるためには、今世紀半ばの世界の脱炭素化が必要であるが、現在の世界の削減ペースはこれに及んでいない。熱波や大雨などの極端現象の頻度・強度は平均気温上昇に伴って増加しており、今後も気温上昇が続くならば更に増加する。南極氷床の不安定化により海面上昇が加速するなどの可能性は低いと排除できず発生すると甚大な被害をもたらすリスクの存在にも注意を要する。脱炭素化の必要性やその実現方法を議論する際には、自然科学的側面のみでなく、社会的な公正さなどの理解が重要であると考えられる。

**はじめに**

産業革命以降、人間活動により大気中の温室効果ガス濃度が増加し、地球から宇宙への赤外線放出が妨げられることにより、地球の平均気温が長期的に上昇している。これに伴い、雪氷の減少や海面上昇が生じるとともに、熱波、大雨、干ばつ、森林火災といった極端現象の頻度や強度が増加し、人間社会や自然生態系に様々な悪影響をもたらしつつある。これが地球温暖化あるいは気候変動と呼ばれる問題である。

人間活動による気候への影響の中で主要なのは化石燃料消費に伴う二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）の排出であるため、気候変動問題は化石燃料に依存してきたこれまでの現代文明の在り方に大きな見直しを迫っている。国際社会は1992年に国連気候変動枠組条約を採択し、30年にわたりこの問題に取り組んできた。その中で、2015年の同条約締約国会議（COP21）に採択されたパリ協定において、地球温暖化を止めるために世界がCO<sub>2</sub>排出量実質ゼロを目指す「脱炭素化」の流れが決定付けられた。

本稿では、主に気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第1作業部会第6次評価報告書<sup>(1)</sup>（2021年8月公表。以下「IPCC AR6」）の内容に基づいて、気候変動の現状と将来見通しについて概観する。

**I 気候変動の現状****1 世界平均気温の変化とその原因**

世界平均気温は、短期的には自然の変動を繰り返しながら、産業革命前（1850-1900年の平均で近似）から近年（2011-2020年の平均）までに1.09℃上昇した。この長期的な気温上昇傾向は陸上、海上を問わず地球上のほとんどの地域で認められる。また、この間に大気中のCO<sub>2</sub>濃度は産業革命前の280ppmから近年の410ppm程度まで、5割増増加している。

世界平均気温を変動させる外部的な要因は、人為起源のものとして主に温室効果ガス（CO<sub>2</sub>

\* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、令和4（2022）年1月26日である。

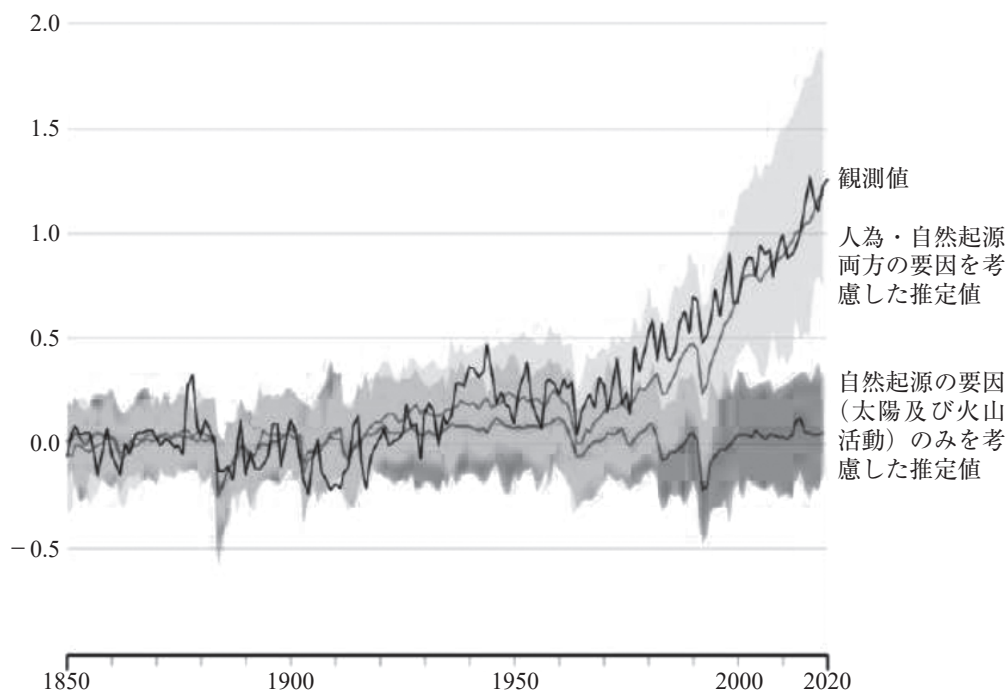
(1) Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC, 2021.8. <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>>

のほかにメタン、一酸化二窒素、ハロカーボン類など)の増加とエアロゾル(大気汚染物質などの大気中微粒子)の排出がある。エアロゾルの大部分は日射を遮ることで地球を冷却する効果があり、温室効果ガスの増加による加熱効果を一部打ち消す。一方、自然起源の要因としては太陽活動の変動と火山噴火が主である。

図1に示したように、自然起源要因のみを考慮して過去の気候のシミュレーションを行うと、観測された気温上昇が全く再現されないが、人為起源要因も考慮すると観測された気温上昇をよく説明することができる。これを主な根拠として、IPCC AR6は、「人間活動の影響により大気、海洋及び陸域が温暖化していることは疑う余地がない」と結論した。

ここで、シミュレーションとは、物理法則に基づきコンピュータ上で地球の気候を再現した「気候モデル」によるものであり、その科学的意義は、気候モデル研究の先駆者である米国プリンストン大学の真鍋淑郎博士が2021年のノーベル物理学賞を受賞されたことからもお分かりいただけるであろう。

図1 1850-1900年を基準とした世界平均気温の変化



(出典)「図SPM.1：世界の気温変化の歴史と近年の昇温の原因 b) 世界平均気温(年平均)の変化」[IPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書 気候変動2021：自然科学的根拠 政策決定者向け要約(SPM) 暫定訳(2021年9月1日版)] p.6. 気象庁ウェブサイト <[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC\\_AR6\\_WG1\\_SPM\\_JP\\_20210901.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WG1_SPM_JP_20210901.pdf)>より転載。

## 2 極端現象の変化

熱波や大雨などの極端現象は、もともと気候、天候の不規則な自然変動に伴い過去にも稀に発生してきた確率的現象として捉えられる。例えば、高温をもたらす高気圧の停滞やフェーン現象といった気象パターンは、大気と海洋が不規則に変動する中で稀に生じる。しかし、近年はそこに平均気温の長期的な上昇傾向が重なることにより、極端な高温の発生頻度と強度が増加している。同様に、大雨をもたらす低気圧や前線の通過・停滞は確率的に生じるが、そこに気温上昇に伴う大気中水蒸気量の増加傾向が重なることで、極端な大雨も頻度と強度が増加する。

IPCC AR6によれば、極端な高温の増加傾向は世界のほぼ全ての地域で確認されており、そ

こに人間活動の影響が寄与していることの確信度が高い。大雨については、自然変動が大きいために気温ほど明瞭ではないが、やはり多くの地域で増加傾向が確認されている。地域によっては、土壌からの蒸発量の増加等による干ばつの深刻化の傾向が見られる。また、高温と乾燥化の傾向により森林火災が深刻化している地域もある。

個々の極端現象イベントに対しても、人間活動による地球温暖化の寄与を評価する研究が発展してきた。地球温暖化がある（現実の）場合と、仮になかった（仮想的な）場合のそれぞれについてシミュレーションを繰り返し、注目する極端現象の発生する頻度を比較することで、地球温暖化によりその極端現象が何倍起きやすくなったかといった議論が可能になる。この手法により、例えば2018年の日本の猛暑は、人間活動による温暖化がなければ、ほぼ起き得なかったレベルであると評価されている<sup>(2)</sup>。

## II 気候変動の将来見通し

### 1 世界平均気温の変化の見通し

国際社会はパリ協定の長期目標として、世界平均気温の上昇を産業革命前に比べて2℃より十分低く抑え、さらに1.5℃を目指して努力を追求することに合意している。そして、2021年11月に英国のグラスゴーで開催された国連気候変動枠組条約のCOP26において、1.5℃を目指すことの更に強い決意が合意された。これらの目標との関係の中で、世界平均気温の変化の見通しを見ていきたい。

IPCC AR6によれば、もしも世界全体が今世紀半ばの脱炭素化に成功し、その後は大気中のCO<sub>2</sub>を技術的に除去していくことができるならば、世界平均気温は産業革命前から1.5℃前後の上昇で安定化する。それよりも遅れて、今世紀後半（2070年代頃）に脱炭素化した場合は、2℃前後の上昇で安定化する。もしも世界の脱炭素化が今世紀中に達成できなかった場合は、気温は上昇し続け、2℃上昇を超えて今世紀末には3℃上昇に近づく。さらに、もしも対策が後退し、排出量が今後も増加し続けた場合では、今世紀末の気温上昇は4℃や5℃になり得る。ちなみに、マンモスが闊歩していた2万年前の氷期の世界平均気温は現在よりも6℃程度低かっただけと考えられている。これと比較すると、4℃や5℃という気温上昇が気候にとってどれだけ大きな変化であるかが想像できよう。

では、現在の世界はどの場合に近いのであろうか。COP26の直前の段階で、世界各国が約束していた排出削減目標が全て達成できたとしても、その削減ペースは今世紀中に世界の脱炭素化が達成できない程度に相当し、世界平均気温は今世紀末に2.7℃前後上昇すると見積もられていた<sup>(3)</sup>。しかし、COP26期間中にインドが2070年の脱炭素化を目指すなど、新たな目標が宣言された。もしもこれらが全て実現した場合には、今世紀後半の脱炭素化に相当するペースとなり、1.8℃前後の上昇で温暖化を止められる可能性があるという評価が出てきている<sup>(4)</sup>。

なお、IPCC AR6によれば、最も急激な削減ペースを実現できたとしても、2021-2040年の

(2) Yukiko Imada et al., "The July 2018 high temperature event in Japan could not have happened without human-induced global warming," *SOLA*, vol.15A, 2019, pp.8-12.

(3) United Nations Environment Programme, *Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On: A world of climate promises not yet delivered*, UNEP, 2021. <<https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>>

(4) International Energy Agency, *World Energy Outlook 2021: Technical note on the emissions and temperature implications of COP26 pledges*, IEA, 2021. <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/aa17bd09-2ad0-4d0a-b5aa-ee418900c4af/Theimpactsofnewemissionspledgesonlongtermtemperatures.pdf>>

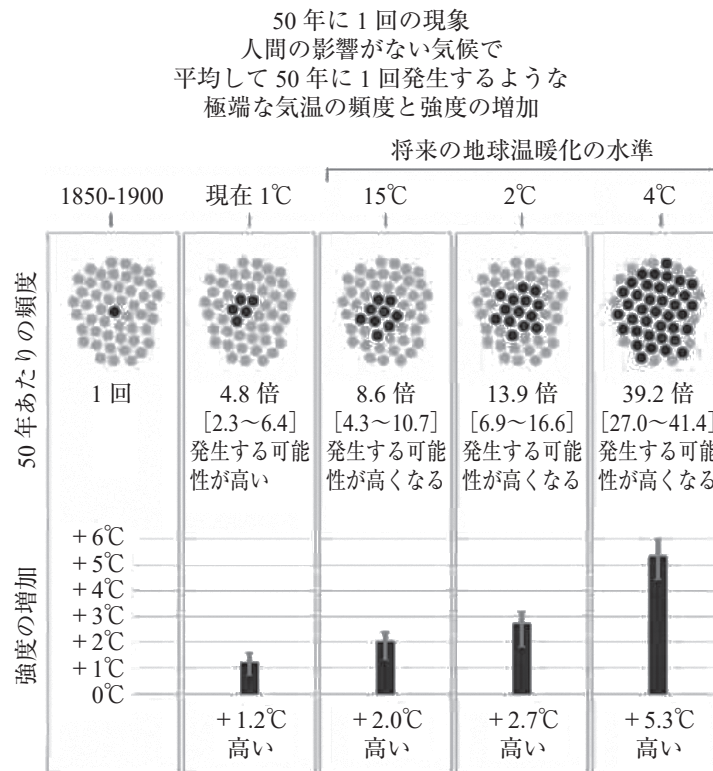
平均気温が産業革命前から 1.5℃に達してしまう可能性は 5 割程度である。つまり、人類は既に、1.5℃以内に高い確率でとどまり続けることは不可能である状態まで追い込まれていると言えよう。

## 2 極端現象の変化の見通し

前述した極端現象の変化の理解に基づけば、今後の更なる平均気温上昇によって、極端な高温や大雨の頻度や強度が増加することは明らかである。IPCC AR6 によれば、図 2 に示したように、産業革命前に 50 年に一度生じるレベルの極端な高温日は、既に世界平均気温が 1℃程度上昇した現在の気候において 4.8 倍起きやすくなっており、世界平均気温が 1.5℃上昇すれば 8.6 倍、2℃上昇すれば 13.9 倍、もしも 4℃上昇した場合は 39.2 倍起きやすくなると予測される（同じ強度の現象の頻度増加）。別の見方をすると、現在の気候において 50 年に一度生じる高温日は、産業革命前のそれよりも 1.2℃高く、世界平均気温が 1.5℃、2℃、4℃上昇した場合は、それぞれ 2.0℃、2.7℃、5.3℃高くなると予測されている（同じ頻度の現象の強度増加）。

同様に、10 年に一度の大雨は、同じ強度で見た場合、現在（1℃）、1.5℃、2℃、4℃の世界平均気温上昇に対して、産業革命前よりもそれぞれ 1.3 倍、1.5 倍、1.7 倍、2.7 倍起きやすくなり、同じ頻度で見た場合には、それぞれ 6.7%、10.5%、14.0%、30.2% 強度が増すと予測される。

図 2 陸域における極端な高温の予測される変化



(出典) 「図 SPM.6：陸域における極端な高温、陸域における極端な降水及び乾燥化地域における農業及び生態学的干ばつの予測される変化 陸域における極端な高温 50 年に 1 回の現象」 「IPCC 第 6 次評価報告書 第 1 作業部会報告書 気候変動 2021：自然科学的根拠 政策決定者向け要約 (SPM) 暫定訳 (2021 年 9 月 1 日版)」 p.21. 気象庁ウェブサイト <[https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC\\_AR6\\_WG1\\_SPM\\_JP\\_20210901.pdf](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC_AR6_WG1_SPM_JP_20210901.pdf)> より転載。

### 3 可能性は低いが大規模な影響をもたらすリスク

気候変動によりもたらされるリスクは、このように頻度や確率が定量的に評価できるものばかりではない。IPCC AR6では、可能性が低いあるいは不明であるが、起きる可能性を排除できず、もし起きた場合には大規模な被害をもたらすリスクの存在が強調されている。

世界平均の海面水位は、排出削減対策が後退した「最悪の」場合に、1900年を基準に2100年に最大1m程度上昇すると見通されているが、これは海水の熱膨張、氷河・氷床の融解など十分に理解されている物理プロセスのみを考慮した場合である。一方、西南極の氷床が不安定化し崩壊が止まらなくなるプロセスの存在が指摘されており、これは本当に起きるか不明であるが、起きる可能性を排除できない。もし起きた場合には海面上昇が加速し、2100年の海面上昇は2m近くに達すると考えられる。さらに、海面上昇はその後も数百年から数千年続き、西南極氷床の不安定化が起きていれば2300年には15mにも達するおそれがある。

他にも、アマゾンの熱帯雨林において地球温暖化に伴う乾燥化と森林伐採がある程度まで進むと枯死が止まらなくなり、アマゾン全体がサバンナに移行してしまう可能性を排除できない。また、北大西洋の北部で沈み込む（メキシコ湾の暖流を西ヨーロッパ近くまで運んでいる）暖流が現在弱まってきているが、これが完全に停止して世界の水温分布や雨の分布を変えてしまう可能性を排除できない。

現在の科学では、これらの現象が何℃の温暖化で引き起こされるかは分からない。しかし、気温上昇を低く抑えれば低く抑えるほど、これらの事態が生じる可能性を低くできることは間違いない。

## おわりに

本稿では、IPCCの第1作業部会第6次評価報告書に基づき、気候変動問題の自然科学的な側面を概観した。しかし、脱炭素化の必要性や実現方法を議論する上では、問題の社会的な側面の理解も極めて重要であるため、最後にそのことに少し触れておきたい。

一つには、気候変動の悪影響を最も深刻な形で被るのは、往々にして原因に最も責任がない人たちであるという不公正な構造を認識する必要がある。例えば、干ばつが増加する乾燥地域や、海面上昇・高潮の被害を受ける沿岸の低平地及び小島嶼などの地域において、発展途上国の人々あるいは同じ国の中でも特に低所得層などの社会的弱者は、自らの排出するCO<sub>2</sub>が非常に少ないにもかかわらず、極めて深刻な被害を受ける。彼らは言うてみれば、先進国や新興国が大量に排出するCO<sub>2</sub>の犠牲者である。また、地球温暖化が今後も進行するならば、将来世代の人々ほど、より深刻な悪影響を受けるが、その原因を作っているのは現在世代の出すCO<sub>2</sub>である。地球温暖化をできるだけ低く抑えるために世界の脱炭素化を急ぐ重要な理由の一つは、このような不公正な構造を是正することであると言えよう。

もう一つは、脱炭素化を実現する過程でも、社会の様々な側面における公正さに目を向ける必要がある。脱炭素化への投資に必要な経済的負担、脱炭素化のための技術の利用に伴うリスク、レアメタルなどの資源開発に伴う環境破壊や労働問題、産業の移行に伴い従来の仕事を失う労働者の困難など、脱炭素化に伴う様々な課題が社会的弱者に押し付けられることにならないよう、注意深い制度設計が重要となる。

一方で、脱炭素化は従来の化石燃料に依存した現代文明が「次の文明」に移行する、大きな

機会でもある。特に化石燃料から太陽光・風力を中心とする再生可能エネルギーへの主力エネルギーの移行は、燃料輸入の縮減、大気汚染の削減、地域のエネルギー自治、前述した発展途上国や将来世代との公正さの確保など、多くの機会をもたらすと考えられる。課題を賢明にかつ創造的にクリアしながら、前向きに次の文明への移行を目指していきたい。

(えもり せいた)