

本当に深刻?ここが気になる温暖化Q&A

Q 温暖化の原因が人為的な温室効果ガスであることの証拠は十分なのか?

A 温室効果ガスが増加しても気温が低下した時期もあったのでは?

世界平均気温を変化させる要因には、温室効果ガスの排出だけでなく、人間活動に伴い排出されるエアロゾル※等の他の人為要因や、太陽活動の変化、火山噴火によって排出されるエアロゾル等の自然要因も含まれ、これら様々な要因が組み合わさって気温の上昇や低下をもたらされます。

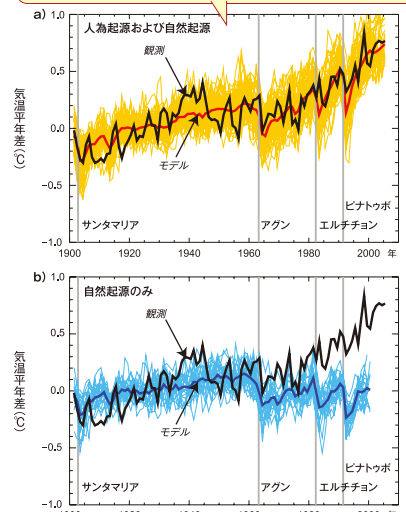
20世紀中頃には、大気中の温室効果ガス濃度が増加していたにも関わらず、他の要因との相殺で世界平均気温が横ばいとなった時期がありました。しかし、IPCC 第4次評価報告書では、1900年から1999年の気候のシミュレーションを解析した結果、**人為的な温室効果ガスの増加を考慮しないと、実際に観測された気温上昇を再現できないことから、20世紀後半の温暖化の主因は、温室効果ガス濃度の人為的な増加である可能性が非常に高いと結論づけています。**

※エアロゾルとは大気中の微粒子を指し、主に太陽光の反射を通じて地球の気温低下に寄与する。

気温上昇は、都市化による影響では?

世界平均気温の算出には、陸上のデータだけでなく、都市から遠く離れた海洋のデータも考慮されています。また、陸上のデータについても、都市化等の観測点周辺環境の変化による影響を除くため、周辺の観測点との気温差が年々増大している地点を除くなどの対応がとられています。また、平均気温に対する都市化影響の有無を評価する研究等も行われており、それらの研究の結果、大規模な空間スケールで平均した気温については、都市化の影響はほぼ無視できることが示されています。

自然起源だけでなく「人為起源」も考慮しないと、実際の観測結果を再現できない。



世界平均気温年差の観測値とシミュレーション結果
赤・青の太線：複数モデルのアンサンブル平均
黄・薄青の細線：個々のシミュレーション結果
灰色の縦線：大きな火山現象の時期

(出典5より)

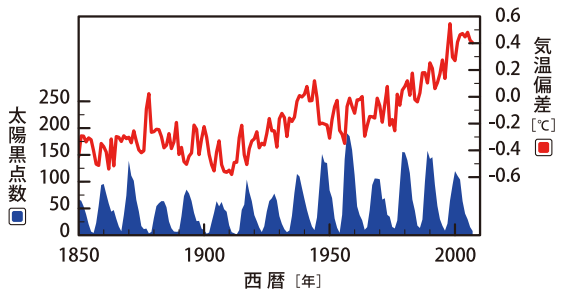
Q 温暖化の主な原因は、温室効果ガス濃度の増加ではなく、太陽活動の活発化などにあるのでは?

地球の平均気温を上昇させる要因には、上のQで示したとおり、温室効果ガス濃度の増加だけでなく、太陽活動の活発化(太陽の放射エネルギーの増加)なども挙げられます。

しかし、太陽活動のよい指標である太陽黒点数^{※1}の最新の観測データを見ると、20世紀半ば以降はほぼ横ばいか減少傾向で、**太陽活動が活発化しているとは考えられません。**また、地球に到達する宇宙線^{※2}は雲を形成するといわれ、太陽活動が活発な時は地球に到達する宇宙線が減少し、これに伴い雲量が減って気温が上昇する、との説がありますが、現段階では**宇宙線と雲量の相関については明瞭な対応が見られていません。**IPCC 第4次評価報告書では、このような太陽活動や宇宙線等の自然要因に関する科学的議論もふまえて評価した上で、20世紀後半の気温上昇の主要因は人為起源の温室効果ガスの増加であると結論づけています。

※1：黒点数が多いほど太陽の明るさが増加、つまり太陽活動が活発であることを示す。

※2：宇宙空間を漂っている電気を帯びた原子核。



太陽黒点数と地球の平均気温の経年変化

(Solar Influences Data Analysis Center[http://sidc.oma.be/]の太陽黒点数のデータおよび、Climatic Research Unit [http://www.cru.uea.ac.uk/]の地球の平均気温のデータを元に作成) 地球の平均気温は1961～1990年の30年平均値からの偏差を示している。

(出典26より)

Q 海洋上や陸上奥地など観測点がないのに、地球全体の平均気温はどうやって求めるのか?

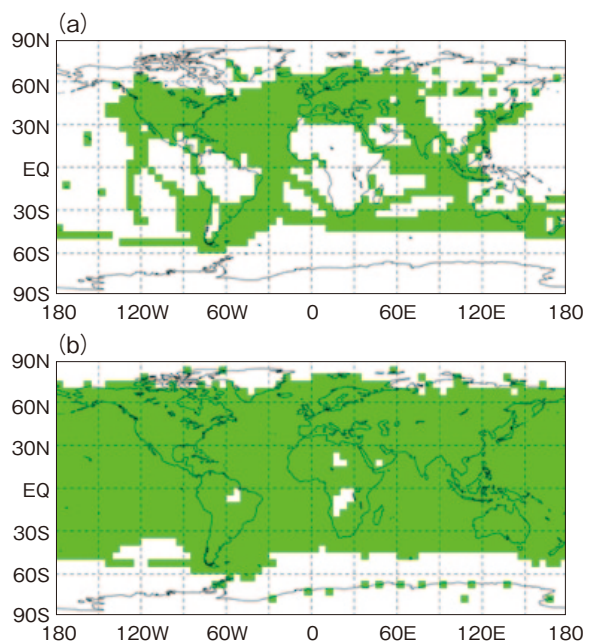
現在一般的に算出されている地球の平均気温には、**陸上のデータだけでなく、海洋のデータも考慮されています。**また、観測機器や観測場所、周辺環境などの変化の影響もできるだけ取り除く努力が行われています。地球上に不均一に分布する観測データは、まず緯度5度×経度5度に格子点化され、さらに面積の重みを付けて平均することで、全球平均気温が算出されています。

陸上の気温データは、現在までに、世界の7,000前後の地点で観測されています。観測地点の分布には地域的なばらつきがあり、欧米などでは非常に密に存在している一方で、サハラ砂漠やシベリア北部、アマゾン奥地などでは観測地点が少ないです。ただし、観測地点が少ない地域でも、数百kmに1点程度の割合で観測地点が存在します。観測の空白域は面積的にもそれほど大きくはなく、平均気温の算出には大きな影響はないと考えられます。

海洋上の気温データには、さまざまな船舶により観測された海洋表層の海水温度が代用されています。これまでの研究成果により、1ヶ月以上の時間スケールを考えると、海洋上の大気温度として、海洋表面の海水温度を代用することに、大きな問題はないことが分かっています。

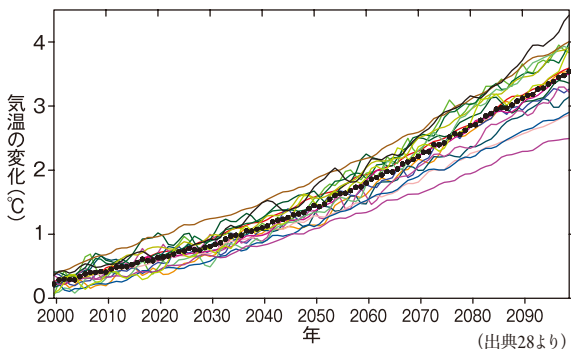
月平均気温のデータが50%以上存在する格子点

(a)は1881～1910年、(b)は1971～2000年。観測地点が増えているのがわかる。



(出典27より)

Q 将来の気候変動の予測に使用されているモデルはどの程度、信頼できるのか?



世界平均地表気温の上昇幅のシミュレーション結果

1980～1999年の平均値をゼロとし、年平均値を表示する。ここでは、社会経済シナリオとしてA2(地域ごとの特徴を活かした多様な発展を想定した社会)を使用し、17のシミュレーション結果を表示している。
実線：世界各国で開発された気候モデルによる計算結果 点線：各モデルの結果の平均値。
(出典28より)



気候変動予測に使われるシミュレーションモデル(以下、モデル)で用いられている数式等は、基本的な物理法則に基づくか、様々な理論的考察や観測データに基づくものです。その妥当性は、モデルを開発する研究者はもちろんのこと、計算結果を論文などの形で評価する世界中の研究者から検証を受けたものといえます。現在のモデルは、長年の改良を経て、現在の平均的な気候の特性や、過去の様々な時間スケールの気候変動を再現するシミュレーション能力があることが確かめられています。気候モデルの能力は、気候に対する現在の科学的理解のレベルを反映しています。現在の科学が気候のすべてを理解したとはいえませんが、現在のモデルが現実を再現する能力の高さを考えると、本質的な過程が見落とされていることは考えにくいでしょう。

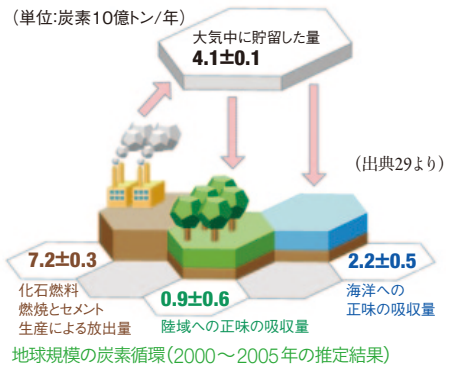
一方で、モデルにはまだ不確実性のある部分もあります。例えば、雲の挙動や熱帯地域の降水量等です。しかし、そのような不確実性があることを前提としても、世界各国の研究機関で開発されたモデルの予測結果を比べると、ある程度の違いを持ちながらもおよそ同じ程度の温暖化の傾向を示しています(左図)。IPCC第4次評価報告書では、このような不確実性についても定量的に評価した上で結論を出しています。

Q 世界で森林破壊が進んでいるのに、植物による二酸化炭素の吸収量は増えていると聞いたが本当か?

「世界森林資源調査」によると、現在の森林面積は陸地の約30%にあたる40億ヘクタール程度であり、2000年から2005年の間に、1年間あたりおよそ730万ヘクタールの速さで世界の森林面積が減少したと推定されています。世界の森林面積が減少すると、樹木の葉や幹などに蓄えられていた炭素が、燃焼や分解により大気へ放出されます。また、それまで二酸化炭素を吸収していた森林が失われるのですから、単純に考えると、世界の森林による二酸化炭素吸収量も減少しそうですが、必ずしもそうとは限りません。

植物の葉は昼間に太陽の光を利用して光合成を行い、二酸化炭素を吸収します。一方、植物の葉や幹などは昼も夜も呼吸を行い、二酸化炭素を放出します。また、土壌中の微生物は、落ち葉などの有機物を分解することにより、昼も夜も二酸化炭素を放出します。森林は二酸化炭素をたくさん吸収すると同時にたくさん放出しているため、それらの差し引きである正味の二酸化炭素吸収量を正確に求めるのは大変難しいことです。気象条件や大気中の二酸化炭素濃度、樹木の種類や年齢などによって増えたり減ったりする量なので、世界の森林面積が減ったからといって、世界の植物による二酸化炭素吸収量も単純に減るとは限らないのです。

植物の二酸化炭素吸収量が地球規模で本当に増加しているかどうかについてはまだ正確な答えがありません。現在、植物生態学・林学・気象学といったさまざまな分野で研究が進められています。



地球規模の炭素循環(2000～2005年の推定結果)

化石燃料の消費などによって放出された二酸化炭素のおよそ半分の量が大気中に蓄積され、残りが海洋または陸上植物に吸収されていると推定されている。
(出典29より)

Q 温暖化すると、むしろ食料生産が増えて良いので、対策は必要ないのでは?

約2～3℃以上上昇の場合は、すべての地域で便益の減少、あるいはコストの増加が生じる。

温暖化すると…

わずかな気温上昇でも、地域・分野によっては悪影響を被る。

温暖化の影響は、「暖かくなること」だけでなく、降水量の変化や異常気象の増加などの可能性もある。

地域による違い等もふまえてトータルの影響を考えて、今から早急な緩和が不可欠。

(出典16より)



IPCC第4次評価報告書では、例えば食料生産について、中緯度から高緯度の地域では、地域の平均気温が1～3℃までの上昇の場合、作物によっては生産性がわずかに増加するなど、温暖化による便益についても評価しています。一方で、気温上昇がより大きくなると、これらの地域の中でも生産性が減少に転じる地域が現れ、また、より低緯度の地域では、1～2℃の上昇でも生産性が減少し、飢餓リスクが高まることなどを予測しています。つまり、影響の現れ方には地域差があり、しわ寄せが特定の地域に偏ることもあり得るため、一部の地域に便益があるからといって対策を怠ることは適切ではありません。

農業を含む様々な分野の影響を総計して見ると、世界平均気温が3℃を超えてさらに上昇する場合には、世界のあらゆる地域で気温上昇につれて状況が悪化に向かうものと見込まれています。特に、脆弱な途上国が多く存在する低緯度地域や極域等は、わずかな気温上昇でも悪影響を被ると予測され、既に熱帯地域での干ばつの増加など、深刻な影響が生じている地域もあります。さらに、温暖化は、平均気温の変化として現れるだけでなく、異常気象の頻度の変化のような形でも現れ、特に大雨や高温日等は頻度の増加が予想されており、洪水・熱波・干ばつ等の気象災害の増加が懸念されます。上昇を続ける気温を急に“適温”で止めるようなことは不可能であることも考え合わせれば、早急に、可能な限り、温暖化を緩和していかなければならないのです。

出典

- 1 気象庁ホームページ「全球異常気象監視速報」(<http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/monitor/weekly/>)
- 2 NASAホームページ(http://www.nasa.gov/vision/earth/lookingatearth/h2005_katrina.html)
- 3 Field, W.O., 1941: Muir Glacier: From the Online glacier photograph database. Boulder, Colorado USA: National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology. Digital media(http://nsidc.org/data/glacier_photo/special_high_res_muir.html)
- 4 Molnia, B.F., 2004: Muir Glacier: From the Online glacier photograph database. Boulder, Colorado USA: National Snow and Ice Data Center/World Data Center for Glaciology. Digital media(http://nsidc.org/data/glacier_photo/special_high_res_muir.html)
- 5 IPCC, 2007: IPCC第4次評価報告書第1作業部会報告書
- 6 環境省提供資料
- 7 Riebesell, U. et al., 2000: Reduced calcification of marine plankton in response to increased atmospheric CO₂, Nature, 407, 364-367 (<http://www.nature.com>)
- 8 全国地球温暖化防止活動推進センターホームページ(http://www.jccca.org/photogallery/coral_reef/)
- 9 山野博哉:「ココが知りたい温暖化」国立環境研究所ホームページ(http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/18/18-1/qa_18-1-j.html)
- 10 IPCC, 2007: IPCC第4次評価報告書統合報告書
- 11 Velicogna, I. and Wahr, J., 2006: Acceleration of Greenland ice mass loss in spring 2004, Nature, 443, 329-331. (<http://www.nature.com>)
- 12 「Global Forest Resources Assessment 2010」(<http://foris.fao.org/static/data/fra2010/KeyFindings-en.pdf>)
- 13 WWFホームページ(http://www.wwf.org.uk/what_we_do/tackling_climate_change/results.cfm)
- 14 Comiso, J., 2002: A rapidly declining perennial sea ice cover in the Arctic. Geophysical Research Letter 29, 1956-1959. Copyright 2002. American Geophysical Union. Reproduced by permission of American Geophysical Union.
- 15 IPCC, 2007: IPCC第4次評価報告書第2作業部会報告書
- 16 増富祐司:「ココが知りたい温暖化」国立環境研究所ホームページ(http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/12/12-2/qa_12-2-j.html)
- 17 ABARE Innovation in Economic Research, 2000-2008: Australian crop report, no116, 120, 124, 128, 132, 136, 140, 144, 145.
- 18 竹下信雄, 1997:鳥に何が起きるか. 堂本暁子・岩槻邦雄編:『温暖化に追われる生き物たち』, 築地書館, 336-349.
- 19 松井哲哉, 田中信行, 八木橋勉, 小南裕志, 津山幾太郎, 高橋潔, 2009:温暖化にともなうブナ林の分布適域の変化予測と影響評価. 地球環境 14: 165-174の図を一部改変
- 20 国際食糧政策研究所ホームページ(<http://www.ifpri.org/publication/climate-change-impact-agriculture-and-costs-adaptation>)
- 21 Holland et al., 2006: Future abrupt reductions in the summer Arctic sea ice, Geophysical Research Letters 33, L23503, doi:10.1029/2006GL028024.
- 22 環境省 環境研究総合推進費 S-6-1 提供資料
- 23 GOSATプロジェクトホームページ(<http://www.gosat.nies.go.jp/>)
- 24 文部科学省提供資料
- 25 東京電力ホームページ(<http://www.tepco.co.jp/setsuden/pdf/index03-j.pdf>)
- 26 野沢徹:「ココが知りたい温暖化」国立環境研究所ホームページ(http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/17/17-1/qa_17-1-j.html)
- 27 野沢徹:「ココが知りたい温暖化」国立環境研究所ホームページ(http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/2/2-1/qa_2-1-j.html)
- 28 小倉知夫:「ココが知りたい温暖化」国立環境研究所ホームページ(http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/25/25-1/qa_25-1-j.html)
- 29 三枝信子:「ココが知りたい温暖化」国立環境研究所ホームページ(http://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/24/24-1/qa_24-1-j.html)
- 30 National Snow and Ice Data Centerホームページ (http://nsidc.org/news/press/20080325_Wilkins.html)
- 31 Oouchi K., Yoshimura J., Yoshimura H., Mizuta R., Kusunoki S. and Noda A.,2006:Tropical Cyclone Climatology in a Global-Warming Climate as Simulated in a 20 km-Mesh Global Atmospheric Model: Frequency and Wind Intensity Analyses, Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol. 84, No. 2, 259-276(http://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj/84/2/259/_pdf)
- 32 外務省ホームページ(<http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/bunyabetsu/juuten/pdf/kikou.pdf>)

STOP THE
温暖化 2012

STOP THE 温暖化 2012

企画 環境省 地球環境局

監修 独立行政法人国立環境研究所 地球環境研究センター・社会環境システム研究センター

編集 日経BP クリーンテック研究所