

# 温暖化への疑問??にお答えします!

## Q1 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?

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<sup>\*</sup>等、他の人為要因や、太陽活動、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。

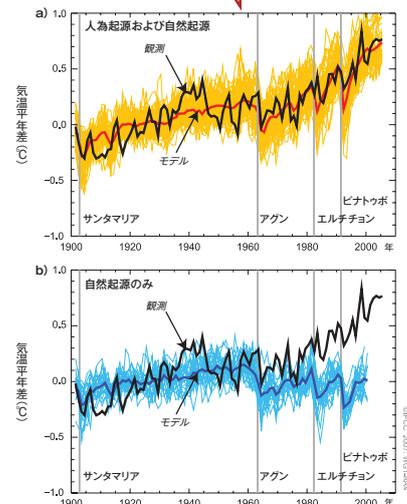
20世紀中頃には、大気中の温室効果ガス濃度が増加していたにも関わらず、他の要因との相殺で世界平均気温が横ばいとなった時期がありました。しかし、IPCC AR4では、1900年から1999年の気候のシミュレーションを行った結果、**人為的な温室効果ガスの増加を考慮しないと、実際の観測結果を再現できない**ことを結論づけています。

<sup>\*</sup>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、海洋のデータも考慮されています。その際、陸上のデータについては、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。

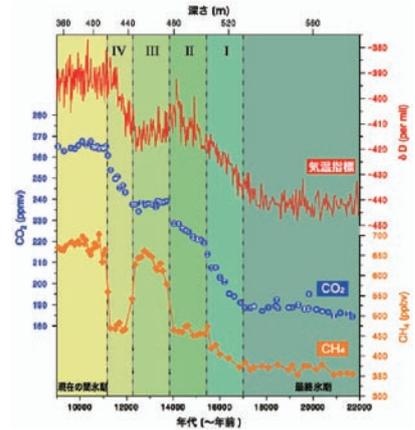


世界平均気温年差の観測値とシミュレーション結果 (出典1より)

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

## Q2 二酸化炭素の増加によって温暖化しているのではなく、温暖化しているから二酸化炭素が増えているのでは?

過去においては、氷期から間氷期の間に、二酸化炭素濃度が数千年をかけて180ppmから280ppmへと増加したことが知られています。この場合のゆっくりとした二酸化炭素濃度の変化は、気候変動により、大気、海洋、陸域生物圏の内部やその間の炭素の循環が変化した結果と考えられています。一方、19世紀以降の短い間に、二酸化炭素濃度は280ppmから380ppmへと増加しました。ここ100年程度の温度上昇は0.7度という大きさですが、**この温度上昇分では自然界から二酸化炭素の放出が起るほどには至りません**。ここ最近の急激な濃度増加を引き起こしたのは、人間が化石燃料を燃やして二酸化炭素を大気中に放出した結果です。化石燃料の使用量はかなり正確に推算されています。その大きさから推定すると、人間の放出した二酸化炭素の約半分が海洋や陸の植物に吸収されますが、残り半分が大気中に残った結果、現在の100ppmの濃度増加が起こっていると考えられています。



22,000～9,000年前の、南極の気温の指標である氷を形成している水分子の水素同位体比、二酸化炭素濃度およびメタン濃度の変遷 (出典21より作成)

(American Association for the Advancement of Scienceより許可を得て転載) <<http://www.sciencemag.org>>

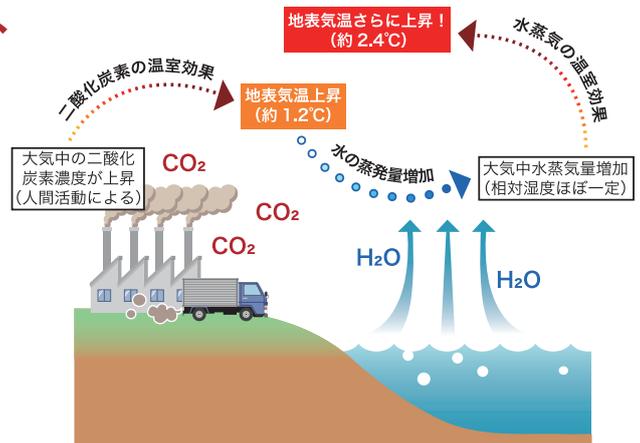
図中、I～IVは、二酸化炭素とメタンの推移から区分された期間。

## Q3 温室効果が一番大きいのは水蒸気であり、二酸化炭素が少し増えるくらいでは影響はないのでは?

現在の大气において、水蒸気が最も大きな温室効果を有する(約6割)のは事実ですが、二酸化炭素もその寄与分は約3割と重要な役割を果たしています。

大気中の水蒸気量は、大気と海洋・陸面との間の交換(蒸発・降水)によって決まります。直接的に人間活動の有り様によってその増減をコントロールすることはできません。また、水蒸気は、気温が上昇すると、大気中でその量が増加し、ますます温暖化を促進すると考えられていますが、その気温上昇の最初のきっかけは、人間活動による二酸化炭素の排出に拠るところが大きいのです。

つまり、水蒸気は現状において温室効果ガスとして大きく寄与しており、将来、温暖化を増幅させる可能性をもつという点において、確かに注視しなければなりません。その増加をもたらさないために私たちができることは、**二酸化炭素の排出を抑えること**なのです。



二酸化炭素の増加による温暖化と、それに伴う大気中の水蒸気量増加がもたらす効果(気温上昇量はCO<sub>2</sub>倍増時の値)

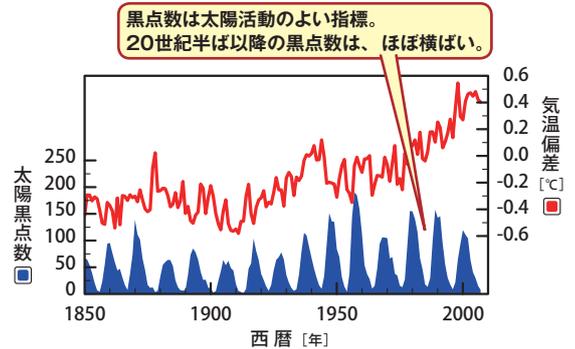
(出典22より)

## Q4 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？

地球の平均気温を変化させる要因には、Q1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<sup>\*1</sup>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<sup>\*2</sup>は雲を形成するといわれ、太陽活動が活発な時はこの宇宙線が減少し、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 AR4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(出典23より)  
 (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。

## Q5 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？

IPCC AR4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。

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。

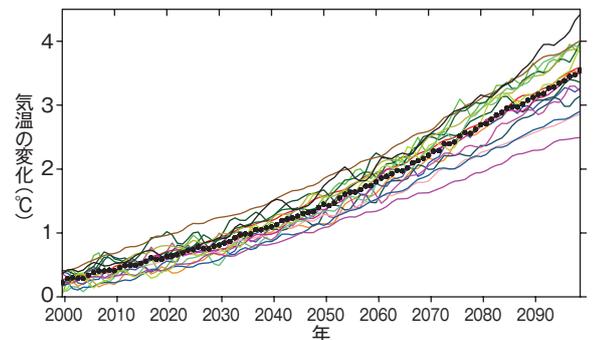
温暖化の影響は、「暖かくなること」だけでなく、降水量の変化や異常気象の増加などの可能性もある。

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

## Q6 将来の気候変動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？

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を集めてその予測結果を比べると、ある程度の幅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(右図)。IPCC AR4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。



世界平均地表面気温の上昇幅のシミュレーション結果(出典1より作成)  
 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。