

## 2. 地球温暖化とそれをめぐる懐疑論

北大地球環境科学研究所 渡邊 豊

### 1. はじめに

CO<sub>2</sub>は赤外線を吸収する特性を持っています(図1)。このため、地表面から放出される赤外線を吸収し、そのエネルギーの一部を地表面に再分配するため、温室効果ガスとしての役割を果たしています。地球上にCO<sub>2</sub>などの温室効果ガスがない状態に比べると、33°Cも地球の温度を高め、平均気温15°Cの住みやすい地球の環境を作り上げています。

このCO<sub>2</sub>の大気中濃度が、産業革命以降のここ200年の間に、280ppm-vから400ppm-v(ppm-v:体積百万分率)に迫る上昇を続けています(図2)。過去65万年のCO<sub>2</sub>の大気中濃度の変動を上回り、急激に上昇していることがわかってきました(図3)。

Schematic diagram of CO<sub>2</sub> structure

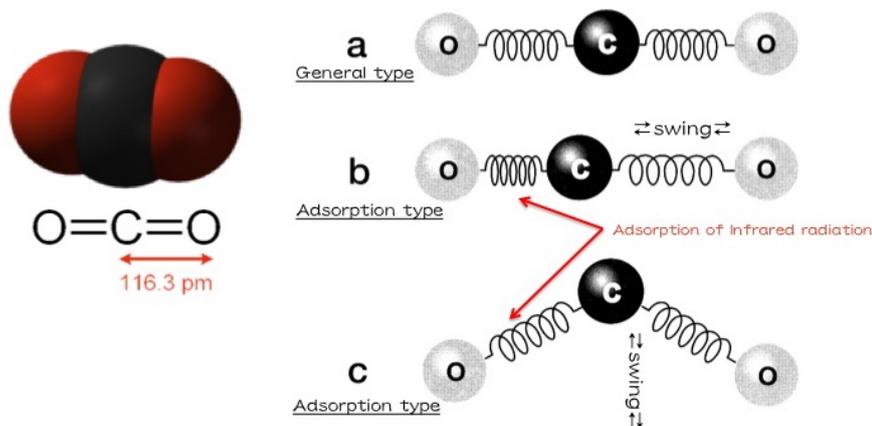


図1: CO<sub>2</sub>の構造と赤外線吸収のパターン構造

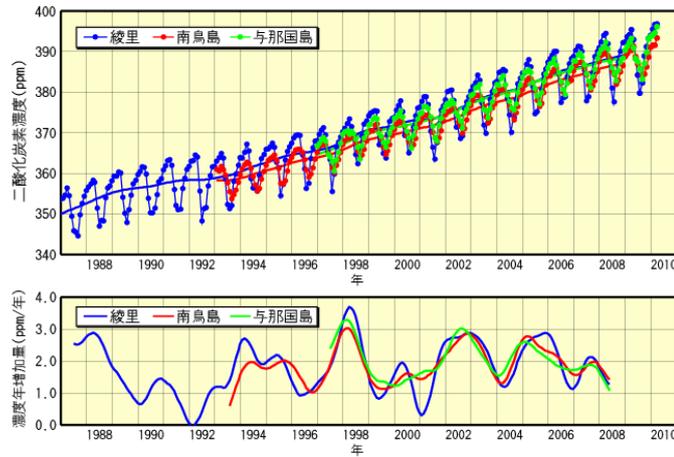


図 2: 気象庁観測点での大気中CO<sub>2</sub>濃度(月平均)(上段の図)と濃度年増加量(下段の図)の経年変化[気象庁HPより]

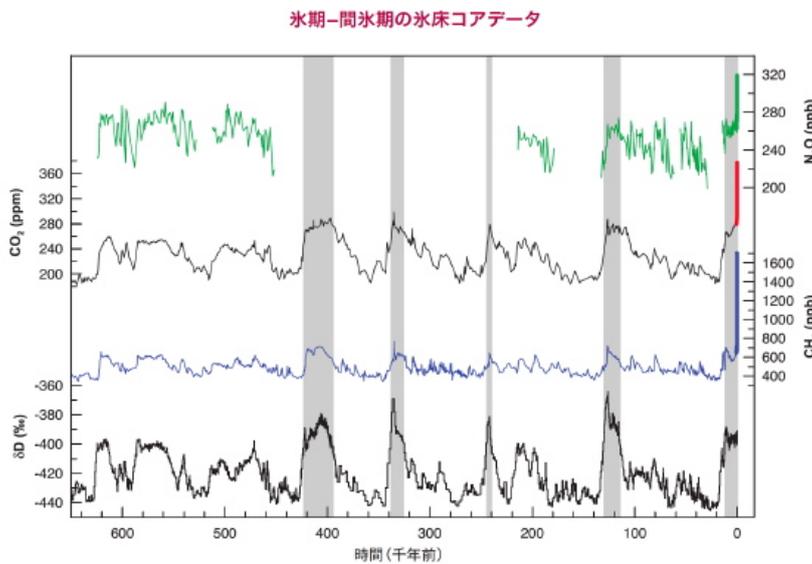


図 3: 南極の氷中の重水素変動(δD、最下段)と、氷床コア内の空気中および最近の大気測定によるメタン(CH<sub>4</sub>、下から2番目)、CO<sub>2</sub>(上から2番目)および、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)の大気中濃度の復元図。データは過去65万年間を示している。灰色の帯は過去の間氷期を示す [IPCC Climate Change 2007]

一方、全球の年平均気温を 1850 年から 2005 年まで並べて比較すると、過去 100 年では  $0.74 \pm 0.19^{\circ}\text{C}$  上昇していることがわかってきています(図 4)。地球が過去に経験してきた気候変動以上にその温度上昇が見られています。この気温上昇の傾向と大気中の CO<sub>2</sub> 濃度の増加傾向は非常に似ています。そこで、世界中の数百名に及ぶ気候科学者が組織する IPCC (International Panel on Climate Change、気候変動に関する政府間パネル) は、世界中の気候変動に関する研究論文を精査した結果、この気温上昇の主な原因が、大気中の CO<sub>2</sub> 増加による可能性が非常に高いと報告してきました。この報告書は世界の経済活動までに影響を与える重要な報告書として取り扱われてきています。これまでに IPCC は 1990 年、1995 年、2001 年、2007 年に、第 1 次から第 4 次までの報告書を 4 度にわたり世に発表し、これらの業績により、2007 年度ノーベル平和賞を受賞するに到りました。

これらの報告書については、科学的に不確実性を多く含んでいることや、関連する調査研究がまだ十分なデータを揃っていないことなどから、その当初からいろいろな懐疑の聲が上がっていました。

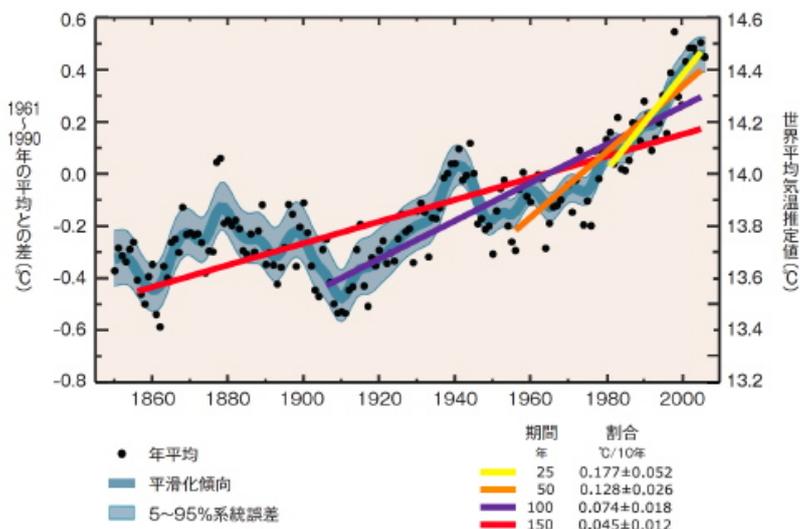


図 4: 年世界平均気温(黒点)とデータの単純な近似。左側の軸は1961~1990年平均からの偏差を示し、右側の縦軸は実際の気温の推定値を示す。単位は℃。滑らかな青色の曲線は10年変動を示し、線の周りの薄色の帯は10年データの90%誤差範囲を示す。1850~1899年の期間から2001~2005年の期間にかけての昇温量は $0.76 \pm 0.19^\circ\text{C}$ である [IPCC Climate Change 2007]

## 2. IPCCの結論を揺るがす「ホッケースティック曲線」

その最たるものが、IPCCの第3次報告書(IPCC, Climate Change 2001)の中で、人間活動による地球温暖化の証拠のひとつとして採用された古気候に基づき見積もられた気温データに対する懐疑の声です。過去の気候変動を過小評価するためにデータが改竄されていたのではないかという声があり論争を巻き起こしました。古気候学者のマイケル・マン博士らは、木の年輪から過去1000年以上の気温変化を見積もった結果を発表しました(例えば、Mann et al., 1998)(図5)。

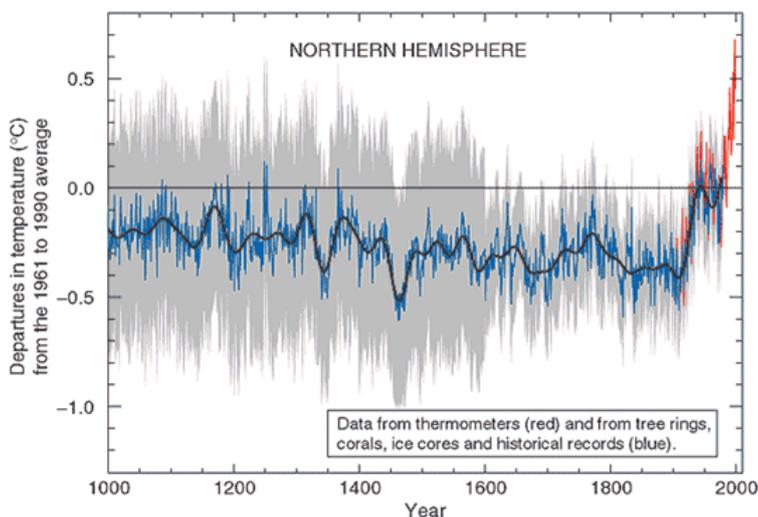


図 5: 過去1000年間の北半球における1961-1990年を基準とした地表面温度の偏差。1900年代から始まる部分は、温度計による実測値。それ以前の部分は、木の年輪、サンゴ、氷柱、史料からの推測値。曲線は、50年移動平均。周辺トーン部分は信頼度95%の推定区間 [IPCC Climate Change 2001]

彼らの気温変化は、19 世紀以前ではほぼ一定なのに、19 世紀以降に気温上昇の異常さを示す急激な上昇を示していました。まるで、横にしたホッケースティックと似ていることから、その気温変化の曲線は「ホッケースティック曲線」と呼ばれるようになりました。彼らは、「この急カーブは 19 世紀以降の地球温暖化を物語っているもので、このままでは地球は悲劇的な事態に陥るかもしれない。ただちに化石燃料の使用を減らして CO<sub>2</sub> の排出を抑えるべきである」という衝撃的な主張をしたのです。この主張と「ホッケースティック曲線」という独特の命名が相まって、彼らの研究結果は、20 世紀における気温上昇の異常さを強調する図として、今世紀の気温上昇が人為的であることを示す有力な証拠の一つともなり、IPCC をはじめ様々な分野で何度も引用されることになりました。

しかし、その後、マン博士らのこの気温変化は、小氷期や中世の温暖期などによる気温変動を過小評価しているのではないかなどと多くの批判や異論が論文として発表されました。ついには、その見積りに用いられたデータが恣意的に操作された可能性があることが発覚し、古気候復元の妥当性・信頼性に関する大議論までに発展し、IPCC の結果に対する信頼の失墜をもたらすとともに、多くの懐疑論者を台頭させる結果となり、スキャンダルとなってしまったのです。

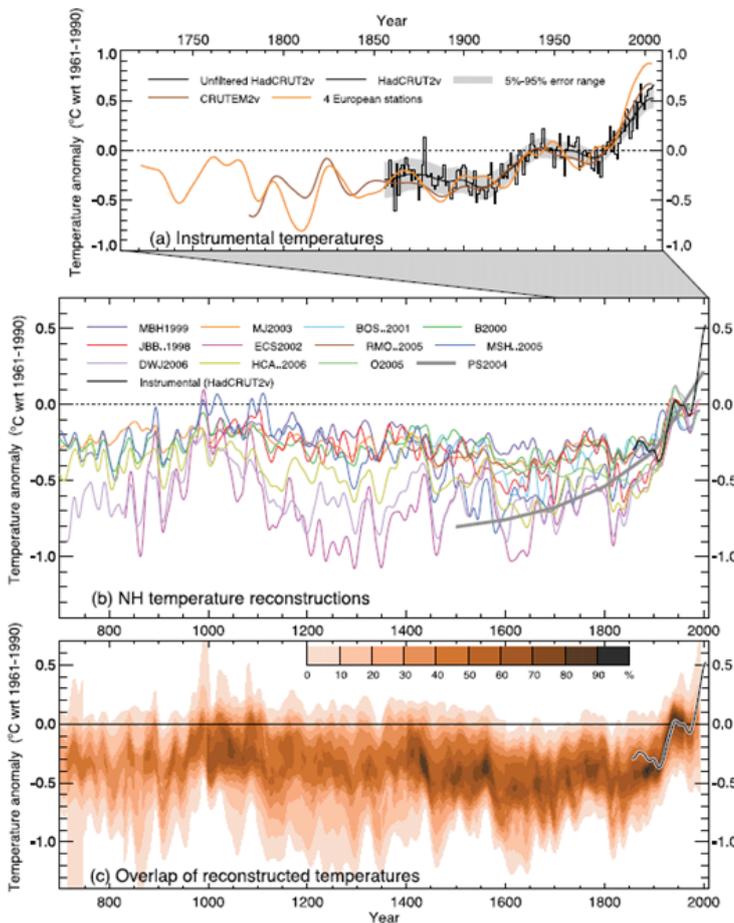


図 6: 過去 1300 年間の北半球における 1961-1990 年を基準とした地表温度の偏差。(a) 過去三世紀の実測値。(b) 12 個の様々なプロキシデータを用いた各種の推測値の併記。(c) 各推定値を重ね合わせ、スコアごとに濃淡の差をつけたグラフ。黒線は実測値。[IPCC Climate Change 2007]

このため、2007年に発表されたIPCCの第4次報告書（Climate Change 2007）では、問題となったマン博士らのホッケースティック曲線は掲載されず、代わりに、マン博士らによるものの他に、12グループの曲線を重ねてあわせた図が掲載されました（図6b）。やはり、19世紀以降に気温上昇の異常さを示す急激な上昇は見いだすことができます。図5と図6(b)と見比べてみると、中世から産業革命までの間の復元結果が大きく異なるものもありますが、マン博士らの結果と比べて上下各0.5℃の大きな誤差範囲が付けられているため、いずれもマン博士らの復元結果の範囲内と結論されました。もちろん、これだけを証拠にIPCCは19世紀以降の地球温暖化を結論しているわけではありませんが、この気温上昇の主要な原因が大気中のCO<sub>2</sub>増加にある可能性が非常に高いと第4次報告書で再度報告することに到りました。功名心に取り憑かれた心なき科学者のために、多いにその権威を傷つけられたIPCCは、この報告書によって、一時期の地球温暖化懐疑論に対して沈静化を促し、2007年にはノーベル平和賞を受賞したのです。

日本国内でも、同様に地球温暖化に対する懐疑論が出されてきました。これに対して、2009年、明日香博士らがこれらの地球温暖化懐疑論を個々に論破するため、「地球温暖化懐疑論批判」（2009）（IR3S/TIGS叢書No.1）を発表しました。この報告書から一部引用しますと、「地球温暖化問題に関しては、多くの不確実性が残っている。しかし、温暖化の人為的要因や対策の必要性に関して、これまでの知見や実状を無視するかのような議論も散見される。したがって、様々な論点を整理し、新たな知見や現在の状況などを紹介することによって、温暖化問題に関する建設的な議論を推進することの重要性は高いと思われる。そのため、本稿では、現在起きている温暖化の要因として、産業革命以降の人為的な二酸化炭素の排出を主な要因とする考え方や温暖化対策の重要性などに対して、懐疑的あるいは否定的な温暖化に関する主な議論への反論を行う」と述べています。そして、「IPCC報告書には、様々な対立する意見が検討され、その上で現時点での最も状況をよく説明できる仮説を定量的議論とともに扱うことで、現在までの蓄積された科学的知見に基づくよりよく理解するための科学の営みがある」と力説しています。彼らが、IPCC報告に異を唱えるものすべてを懐疑論として扱っておらず、中立な立場で地球温暖化の議論を進めている点はこれまでにない姿勢であり評価できるものです。このような国内外の建設的な努力の積み重ねの結果、IPCCの結果の信頼は回復し、懐疑論はなりを潜めようとしていました。

### 3. 最後に：地球温暖化をめぐる果てしなき論争

2009年末、デンマークのコペンハーゲンで開かれる国連気候変動枠組み条約締約国会議（COP15）直前に、ホッケースティック曲線にまつわるデータ捏造と恐喝まがいの行為が行われていたことが、インターネットを通じて世界に広く報じられ、マスメディアを通じて

再度、IPCC に対する懐疑論が再燃する勢いとなりました。地球温暖化をめぐる論争は果てしなくどこまでも続くものなのでしょうか。

功名心に取り憑かれた心なきマン博士らなどの科学者の良心の問題は看過できませんが、だからと言って IPCC の結果すべてを否定して済む問題ではありません。マン博士ら以降、多くの最新の研究論文が報告されており、ホッケースティック曲線の捏造は今や問題ではありません。IPCC を構成する科学者、また IPCC に精査された論文を報告した科学者、そのほぼ 100%の科学者は真摯な研究活動を行っている科学者です。IPCC は様々な対立する意見も検討した結果、現在までの蓄積された科学的知見に基づき、「19 世紀以降の対流圏の気温上昇の主要な原因が大気中の CO<sub>2</sub> 増加にある可能性が非常に高い」と結論しているところが重要です。

科学が、あることに対して 100%確実であると言うことは、科学の能力の限界を超えています。確かに、「地球温暖化問題」に関しては、数人の科学者の不実と、多くの不確実性が残っています。改善すべき点はあるにしても、最新の知見を有する IPCC 報告書に基づき、建設的議論を阻害するべきではなく、迫りつつあるかもしれない「緊急の問題」を推進することこそが重要であることは間違いないでしょう。講演では、地球温暖化に対する懐疑論をいくつか紹介し、その妥当性についても議論してみたいと考えています。

#### 参考文献：

IPCC (2007), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, 996 pp., Cambridge University Press, Cambridge, UK and NY, NY, USA.

M. Mann et al. (1998): Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries, *Nature*, 392, 779-787.

IPCC (2001), *Climate Change 2001: The Physical Science Basis*, 881 pp., Cambridge University Press, Cambridge, UK and NY, NY, USA.

明日香ら (2009) : 地球温暖化懐疑論批判 (IR3S/TIGS 叢書 No.1)  
<http://www.ir3s.u-tokyo.ac.jp/sosho>