

地球温暖化への懐疑論に関する考察

増田耕一, 明日香壽川, 吉村 純, 河宮未知生

人為起源の二酸化炭素が地球温暖化を起こすことについては、多くの科学者の中で合意が得られたと言える。しかし、少数ながら、それを否定したり強く疑ったりする議論もなん通りか聞かれる。ここでは、いくつかの懐疑論が人為起源温暖化論のどの部分を疑っているかを紹介し、それぞれについて簡単ながら批判を述べる。

1 人為起源温暖化論と温暖化懐疑論

地球温暖化と言われる問題は、次のように整理できると思う。(温暖化原因物質はCO₂だけではないが、ここでは便宜上CO₂以外の物質の寄与は省略して論じる。)

- (a) 人間活動、とくに化石燃料の燃焼によって二酸化炭素(CO₂)が大気中に排出されている。その約半分以上は百年以上の時間スケールで大気中に残る。
- (b) 大気中のCO₂は赤外線を吸収・射出するため、それが増加することは地上気温(地表に近い空気の温度)を上げようとする働きをする。
- (c) その結果として、全球平均地上気温の上昇を含む、しかしそれに限られない、気候の変化が起こる。
- (d) この気候変化には、生態系および人間社会にとって有害な影響がある。
- (e) 人類が健全に(大惨事を招かずに)生き続けるためには、気候変化への適応策と、CO₂排出を減らす策の両方が必要だと考えられる。このうち、ここでは(a)から(c)までの科

学的認識を中心に論じ、これを「人為起源温暖化論」と呼ぶことにする。IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の場合で言えば第1作業部会の課題である。

この科学的認識に関しては、2001年のIPCC第3次報告書¹⁾までに至る過程で気候に係する専門家の多くの合意が形成されてきたと言える。科学史家 Weart²⁾は、これによって、いわば地球温暖化という事実の発見が完成したと見ている。

また、Oreskes³⁾によると、1993年から2003年までに発表され、ISI社のデータベースに登録されている査読付きの論文のうち“Global Climate Change”というキーワードで検索されたものを分析したところ、該当する928論文の中で温暖化に対する人為的な貢献の存在を否定しているものは一つもなかった。

しかし、全員が合意しているわけではない。少数ではあるが、人為起源温暖化論を構成する科学的主張のいずれかに対して、対立する科学的主張をする人もいるし、また、それは根拠が弱いので確かな事実あるいは予測と言えないと論じる人もいる。本来は、前者を人為起源温暖化論への否定論、後者を懐疑論と呼ぶのが適切であろう。

キーワード：地球温暖化 (global warming), (いわゆる) 地球温暖化懐疑論 ((so-called) global warming skepticism), 二酸化炭素 (carbon dioxide), 温室効果 (greenhouse effect), IPCC (気候変動に関する政府間パネル) (Intergovernmental Panel on Climate Change)

温暖化問題の話題では、この両者を含め、さらに (d) あるいは (e) への否定論や懐疑論も含めて、「懐疑論」と呼ばれることが多い。それは、次の事情によると思われる。それらの説は、主張する本人の意図はともかく、(e) の対策（とくに CO₂ 排出抑制策）をとる政策決定を遅らせる効果をもつ。その効果をねらう人が根拠として利用することもある。とくに、アメリカ合衆国には、石油・石炭業界がスポンサーとなり「懐疑論者」の科学者が執筆している出版物やウェブサイトが多々ある⁴⁾。

「懐疑論」とひとくくりされる主張は、実は相互に一致していない。それぞれの論者の主張について系統的に論じることは限られた紙面では不可能である。ここでは先に述べた人為的温暖化論の構造にもとづいて、どの部分を疑う「懐疑論」が存在するかを述べ、それぞれに簡単な反論を試みることにする。

2 影響および対策に関する議論

先に、(d) あるいは (e) への否定論や懐疑論について簡単に論じておく。

温暖化はよいことだ、という議論がある。しかし、人間社会は現在の気候に適応しながら形成されてきたので、気候変化がどの方向であれ大振幅であれば、その影響は、人間社会に損失をもたらすものが多くなるはずである。小振幅の気候変化では、有益な影響もあることは確かだろう。しかし、被害者と受益者が違い、それを埋め合わせる現実的な方法はないことが多い。大きな被害をこうむる人が出ないようにするには、変化を小さくすべきだという議論には正当性がある。

人類社会には貧困などの重要な問題があり、温暖化問題の優先順位は低いという議論がある⁵⁾。確かに人類のもつ資源は有限であるが、温暖化対策に投入するふんを貧困対策にまわすような政策決定ができるか、またそれが有効かは疑問である。両方とも必要だというべきではないか。さらに、気候変化の影響は貧困な社会で大きく、貧困を強めると考えられるので、気候変化を小さくと

どめることは貧困対策の一環とも考えられる。

温暖化問題は、排出権市場や対策事業によって利益をあげようとしている人々によってつくられた問題ではないかという批判をする人もいる^{6,8)}。資本の行動に対する批判にはもっともなところもある。しかし彼らは温暖化の科学的認識に関して以下 5～7 節で論評するような「懐疑論」を重視しすぎているように思われる。

3 科学的認識の不確かさについて

科学的認識が確かになるまでは政策の根拠とすべきでないという議論があるが、不確かさを全くなくすることはできない。

科学的認識は、絶対的真理であることはまずない。数学の定理でさえ、いくつかの公理を前提としての条件付きの真理であり、公理を認めることによって論理的に論証できる。自然科学で正しい理論だと考えられているものは、論理的には仮説であり、それにもとづく未来の予測は、論理的には推測である。しかし、すべての仮説、すべての推測が同様に不確かであるわけではない。不確かさの度合いを客観的に示す絶対的な指標は残念ながらないが、相対的な大小を論じることはできる。きびしい検証にたえている説が相対的に確かであると言える。

社会的意思決定のための判断材料として科学を使う際には、科学の内的基準ではまだ決着がついていないことも使う必要が生じる。不確かさを認識したうえで使うのである⁷⁾。

温暖化については、IPCC などで科学者の知見を集約したことによって、当初は大きかった不確かさがだいぶ狭められた。残る不確かさを理由に対策をこれ以上遅らせるべきではないだろう。

4 科学者の態度に関する批判

広い意味の温暖化懐疑論のうちには、議論の内容よりも科学者の態度のほうに関する批判がある。

批判の第 1 は、科学には懐疑の態度が必要であり、合意を求めるのは科学者の考えを画一化する

まちがった方向だというものだ。

この批判にはもっともなところもある。ある説が定説となったとき、科学者の活動が、それを疑う証拠よりも、それを支持する証拠を集める方向に偏り、検証の効果がにぶる心配はある。

しかし、政策の議論をからまわりさせないためには、前提として事実認識に関するなんらかの合意が必要である。IPCCなどの合意形成はそのためのもので、細部まで考えを統一しようとはせず、専門家の意見の多くを内に含むように、幅の広い表現になっている。もちろんすべての説を含むわけではないので、排除された説の提唱者は不満だろう。しかし、合意の範囲内に含まれる考えをもつ人も、主張がほやかされたことに不満をもつことが多い。とくに IPCC 報告書の要約文の場合は、各国政府代表の承認を得る必要もあるので、表現が比較的無難なものになることはいなめない。

関連する批判の第 2 は、政府間組織である IPCC をはじめとする政治的組織に科学者がかかわるのは正しいか、ということだ。批判の立場のひとつは、科学は政治から距離をおくべきものだというものだ。政治に利用されることも、また政策に影響を与えようとして働くことも、科学者の任務をはみ出していると考ええる。もうひとつ⁹⁾は、科学は政治と無縁ではありえず、すなおに行動すると現体制あるいは強者の立場を支援するものになってしまうので、社会をよくするためには、科学者は意図的に反体制あるいは弱者の立場に立たなければいけないと考える。

これらの批判にもっともなところもある。少なくとも一部の科学者は、体制を批判できる立場にいないといけない。

しかし、体制を転覆できる見通しがあるのでなければ、体制の中で働く科学者がいないよりはいるほうがましではないか、とも考えられる。

また、政治がからむと科学の内容が偏るおそれが高まるとは言っても、政治がからんだ形で行なわれた科学の議論の内容が必ずまちがっているわけではない。

さらに、IPCC（とくにその第 1 部会）では、関連分野の研究者間で重視されている研究論文をもらさない努力がされており、科学者間の意見のばらつきをかなりよく反映している。したがって、たとえ編集者の政治的意図が働いたとしても、報告書の科学的内容は科学者全体の見解をあまり偏らずに反映していると考えられる。

5 大気中 CO₂の増加について

ここから人為起源温暖化説の内容に立ち入って、どんな懐疑論・否定論があるかをあげてみる。

(a) に関して、化石燃料を燃やすと CO₂が大気中に排出されることをまじめに疑う議論はないと言ってよいだろう。また、大気中の CO₂濃度の観測値に見られる増加傾向についても、最近の温暖化懐疑論者が疑いを向けている例は見かけない。

しかし、両者の間の因果関係への疑いはあることはある。槌田⁹⁾の議論がその例である。槌田は（他の一部の温暖化懐疑論者とは違って）1960年代以来の世界の海面水温の上昇傾向を事実として認めているが、大気中の CO₂濃度の増加はその結果であり原因ではないと見ている。確かに、年々変動の時間スケールでは、海面水温が原因となって CO₂濃度が変化しているように見えるが、それは数十年の変化傾向とは別の問題である¹⁰⁾。仮に同じしくみが働くとしても、大きめに見積もって過去数十年の CO₂濃度上昇傾向のうち 1%程度しか説明できない。また、化石燃料起源の CO₂がどこに行ってしまうかも槌田は説明していない。それが全部吸収されて、あらためてその約半分の量がどこから出てくるというのは、論理的にありえないとは言えないが、事実上非常に無理のある説である。

6 CO₂の温室効果について

(b) は、いわゆる温室効果の存在である。CO₂が温室効果をもつこと自体を否定する議論は最近是非常に少ない。（Lenoir⁹⁾は実質上否定しよう

としているようだ。その議論のうち、初歩的な説明で使われる「温室効果のない場合の平均地上気温」という概念のあいまいさの指摘はもっともなところもある。しかし気候モデル中の温室効果の計算はその概念に依存してはいない。¹¹⁾

しかし、「CO₂よりも強い温室効果をもつ水蒸気だけで（あるいは、水蒸気および現在の濃度のCO₂だけで）温室効果はすでに飽和しており、これ以上CO₂がふえても気候に影響を与えない」という趣旨の議論はいろいろある¹¹⁾。

これに対しては、大気中の放射（電磁波）伝達プロセスの基礎を理解する必要がある¹²⁾。

まず、温室効果は、地表面が上向きに出した赤外線が大気が吸収する（そして大気が下向きに赤外線を射出する）だけではない。大気が出した赤外線を大気が吸収する働きもあるのだ。地表面が出した赤外線が宇宙に出ていくまでに何度も吸収・射出をくりかえすことがありうる。赤外線を吸収・射出する物質がふえれば、このくりかえしの平均回数がふえることになる。1回の吸収について飽和したところで温室効果の強化が止まるわけではない。たとえば、金星の表面温度約460°CはCO₂を主成分とする厚い大気の温室効果で維持されているのである。（金星は地球よりも太陽に近いが、反射率が大きいので、受け取る太陽放射は地球の場合より多くはない。）

第二に、吸収の内わけを考える必要がある。水蒸気やCO₂などの分子が赤外線を吸収するしくみは、分子の振動や回転である。光や赤外線などの電磁波のもつエネルギーはその波長に反比例する一定量ごとのかたまり（光量子という）としてやりとりされる。分子の振動にはそれぞれ特定の量のエネルギーをもつ固有モードがある。振動は、ちょうど固有モードのエネルギーに対応する光量子を受け取ると励起され、逆に振動が止まるときに光量子が射出される。したがって、本来、分子による赤外線の吸収・射出には非常に強い波長選択性がある。現実の大気中では、この波長選択性は、分子間の衝突と、分子運動のドップラー効果によって、ゆるめられている。しかし依然と

して、すべての波長の赤外線が同等に吸収されるわけではなく、わずかな分子数で吸収が飽和してしまう波長もあれば、ほとんど吸収しない波長もあり、中間のところもある。この中間の領域で、分子数の増減が吸収の強さの増減にきくことになる。

水蒸気は確かに赤外線の多くの波長域に吸収帯をもっているが、それからはずれた「窓」と呼ばれる領域もある。CO₂、メタン、一酸化二窒素、フロンなどはその窓領域に吸収帯をもっており、その効果は水蒸気によってマスクされないのである。

7 温室効果と気温上昇の関連について

(b) を認めても、(c) の全球平均地上気温の上昇を認めない議論は、上昇があったとしても無視できるという意味であれば、可能である。これには、大きく違った2種類の議論が含まれる。第1の立場では、地球の気候は安定していると考えているが、第2の立場では、気候は人為的要因がなくても大きく変化しようと考えている。したがって、仮にこの後者の立場を認めるならば、(e) のうちCO₂排出抑制策は無意味だが、人類社会の気候変化への適応幅を広げる策は重要だということになる。

第1は、CO₂の温室効果が温度を上昇させようとする作用は認めるのだが、気候システムにはさまざまなフィードバックがあり、そのうちのなんらかの負のフィードバックによって温度変化は小さくとどめられる、というものである。

このような主張の典型はLindzenのもの¹³⁾であり、想定された負のフィードバックは、対流圏上端付近の水蒸気あるいは雲によるものである。それは理屈としてはありうることだが、現在の大気の観測事実に合わないことが指摘されている¹⁴⁾。

第2は、気候を変化させる要因はCO₂以外にもいろいろあり、他の要因の影響のほうが大きいので、CO₂による変化は相対的に無視できるというものである。他の要因のうちには、気候システ

ムの内部変動もある。また、気候システムにとって外部要因と言えるものとしては、太陽活動と火山活動がある。

これらの自然要因は IPCC の合意に寄与している研究でも無視されてはならず、太陽活動の効果のうち電磁波として来るエネルギーの変動の効果と、火山活動のうち成層圏に達する硫酸・硫酸塩エアロゾルの効果は20世紀の気候変化を再現するシミュレーションにすでに取りこまれている。その結果¹⁵⁾によれば、20世紀のとくに後半の温暖化傾向は、CO₂などの人為的温室効果物質の増加という要因を入れないとうまく再現できない。ただし、20世紀前半の温暖化傾向には、太陽などの自然要因も重要と考えられる。

太陽からの荷電粒子の変動あるいは太陽磁場によって影響を受ける宇宙線粒子の変動が、たとえば雲の変動を通じて、気候に影響するという議論がある。これについてはまだ評価が定まっているとは言えない。20世紀の100年間に見られる気温の変化傾向の主要原因は太陽であり CO₂は重要ではないだろうという議論¹⁶⁾はそこに根拠をもつ。しかし、これらの議論で使われた太陽活動から気候への影響の定量的見積もりはみな観測データの相関によるものであり、メカニズムから導かれたものではない。また、宇宙線の観測値からも他の指標からも、20世紀後半には太陽活動の活発化傾向は認められない¹⁷⁾。

謝辞

本稿を書くきっかけは、2005年度環境経済・政策学会での討論であった。そのときの明日香・吉村の討論者メモに、2006年2月の討論会のために加筆を行なった¹⁸⁾。多方面から関心が寄せられ、寄稿の依頼や勧めをいただいたので、論点を再構成して、「経済セミナー」(日本評論社)¹⁹⁾、この「日本の科学者」、および「天気」(日本気象学会)(投稿準備中)にそれぞれ発表することにした。趣旨は重なるが話題の選択や構成が異なるので、あわせてご参照いただきたい。

本稿を書くにあたっては、小倉正氏、江守正多

氏、伊藤幸喜氏、伊勢武史氏、高橋潔氏、野沢徹氏にご協力いただいた。ここに感謝の意を表する。

文献

- 1) Watson, R. ほか編, *Climate Change 2001: Synthesis Report*. Cambridge University Press, 2001年; 気象庁, 環境省, 経済産業省監訳, 「IPCC 地球温暖化第三次レポート: 気候変化2001」, 中央法規出版, 2002年。
この総合報告書の内容の根拠を知るには各部会報告書を見る必要がある。英語版が Cambridge University Press から出版されているほか、http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/ からオンライン公開もされている。
- 2) Weart, S. R., *The Discovery of Global Warming*. Harvard University Press, 2003年; 増田耕一, 熊井ひろ美訳, 「温暖化の〈発見〉とは何か」, みすず書房, 2005年。
- 3) Oreskes, N. The scientific consensus on climate change, *Science*, Vol. 306, 1686, 2004年。
- 4) 次の本の第2章の議論はほとんどこれらの団体のウェブサイト に依存しているようである。
渡辺正, 「これからの環境論」, 日本評論社, 2005年。
次の2冊の本はこれらの団体の行動を批判的に記述している。ただし温暖化の危険性を警告するほうに行き過ぎているかもしれない。
Gelbspan, R., *The Heat is On*, Addison-Wesley, 1997年; Perseus, 1998年。
同, *Boiling Point*. Basic Books, 2004年。
- 5) Lomborg, B. 編, *Global Crises, Global Solution*, Cambridge University Press, 2005年。
- 6) 江澤誠, 「欲望する環境市場」, 新評論, 2000年; 同, 「『京都議定書』再考」, 新評論, 2005年。
- 7) 藤垣裕子, 「専門知と公共性」, 東京大学出版会, 2003年。
- 8) Lenoir, Y., *Climat de panique*. Editions Favre (Lausanne), 2001年; 神尾賢二訳, 「気候パニック」, 緑風出版, 2006年。[日本語訳は赤外線を「紫外線」としているが原著にはその誤解はない。]
- 9) 植田敦, CO₂温暖化脅威説は世紀の暴論。環境経済・政策学会編, 「地球温暖化への挑戦」, 230-244, 東洋経済新報社, 1999年。
植田敦, 「CO₂温暖化説は間違っている」, ほたる出版, 2006年。
- 10) 河宮未知生, 気温の変化が二酸化炭素の変化に先行するのはなぜ? 「天気」(日本気象学会), Vol.52, 507-508, 2005年。
- 11) 植田(注9), 渡辺(注4), 次の本の第1章など。
池田清彦, 「環境問題のウソ」, ちくまプリマー新書, 2006年。
- 12) 会田勝, 「大気と放射過程」, 東京堂書店, 1982年。
柴田清孝, 「光の気象学」, 朝倉書店, 1999年。
Petty, G.W., *A First Course in Atmospheric Radiation*. Sundog Publishing (Madison WI USA), 2004年。
Hartmann, D.L., *Global Physical Climatology*. Academic Press, 1994年。

- 13) 次の論文は対流圏上端付近の雲による負のフィードバックを主張するものである。
Lindzen, R.S., Chou, M.D. and Hou, A.Y., Does the Earth have an adaptive infrared iris? *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, Vol. 82, 417-432, 2001年.
- 14) Hartmann D.L. and Michelsen, M.L., No evidence for iris. *Bull. Amer. Meteorol. Soc.*, Vol. 83, 249-254, 2002年.
- 15) IPCC 第3次報告書(注1)で議論されており(たとえば Question 2の段落2.11), 次の本の第7章にも紹介されている。
近藤洋輝, 「地球温暖化予測がわかる本」, 成山堂書店, 2003年。
その後もさらに不確かさを減らすための研究が行なわれている。
- 16) 日本語による好意的紹介として次のものをあげておく。原論文はそれらか(注17)の文献を参照。
伊藤公紀, 「地球温暖化」, 日本評論社, 2003年。
桜井邦明, 「気候温暖化の原因は何か」, 御茶の水書房, 2003年。
- 17) Benestad, R., *Solar Activity and Earth's Climate*. Springer-Praxis, 2002年。同, Recent warming but no trend in galactic cosmic rays. <http://www.realclimate.org/>への2004年12月6日の投稿。
- 18) 明日香壽川, 吉村純, 増田耕一, 河宮未知生, 地球温暖化問題懐疑論へのコメント(ver.2.2).
<http://www.cir.tohoku.ac.jp/omura-p/omuraCDM/asuka/comment%20of%20global%20warming.htm>. 2006年。
- 19) 明日香壽川, 吉村純, 増田耕一, 河宮未知生, 江守正多, 経済学者でもわかる地球温暖化問題懐疑論への反論。「経済セミナー」2006年8月号, 印刷中。
- (ますだ・こういち: 海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター, グローバル水文気候学)
- (あすか・じゅせん: 東北大学東北アジア研究センター, 環境エネルギー政策論)
- (よしむら・じゅん: 気象研究所, 気象学・気候モデリング)
- (かわみや・みちお: 海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター, 炭素循環モデリング・海洋物理学)

『日本の科学者』(JJS)へふるってご投稿ください

日本科学者会議(JSA)の会員は『日本の科学者』(JJS)に投稿する権利があります。ただし、原稿の内容上の責任は筆者が負うことになります。

JJSでは、現在、以下の欄の原稿を募集しています。各欄の内容・執筆要領についての詳細は編集委員会にお問い合わせください。()内は原稿の字数です。

レビュー(9,680字); フロンティア(6,160字); 談話室(2,900字); 研究室から(3,146字); オピニオン(1,825字); 読者のひろば(1,955字); 若手奨励論文(20,240字); 会員の最新紹介(最近1年間に刊行したものについて、著者名, 書名, 出版社, 発行年, および価格を記載)。なお、扉のことは、特集論文, レポート, 本などの欄の編集は編集委員会が行います。

原稿は、JJS編集委員会に到着順に受理されますが、掲載は必ずしもその順序に従うとは限りません。

投稿原稿については、論稿の内容・構成・叙述の適否などに関して複数の審査員により審査されます。著者は、通知された審査結果にたいして理由をのべて反論することができます。以上を経てJJS編集委員会は投稿原稿の掲載可否を決定することになっています。

会員の皆さまの積極的なご投稿をお待ちしております。