

## 読者の皆様へ

21世紀において環境問題とエネルギー問題は人類に突きつけられた最も重要な課題であり、物理学研究者もそれらに対して決して無関心でいるわけにはいきません。今回、本『話題』欄で地球温暖化に関する2つの記事を取り上げさせていただいたのは、そのような意味もありますが、実際は主に以下に述べる理由によっております。

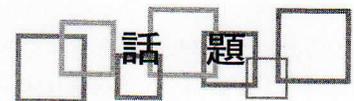
本誌2007年2月号に、榎田敦氏による『CO<sub>2</sub>を削減すれば温暖化は防げるのか』と題する記事を掲載いたしました。これは、人為的なCO<sub>2</sub>の排出が地球温暖化の原因ではない、といういわゆる「温暖化懐疑論・否定論」の1つであります。記事の掲載後、いくつかの反論が編集委員会に寄せられ、『会員の声』欄と『談話室』欄に掲載いたしました(阿部修治氏:本誌62(2007)563。一丸節夫氏:本誌62(2007)631など)。それらの反論に対して、榎田氏から回答が届けられましたが、編集委員会では次に述べます内規により掲載を見合わせました。編集委員会における『会員の声』欄に関する内規には、「議論が平行状態或いはかみ合わない場合には、相互に知らせ、互いの意見が収斂してからまとめて掲載する」ということが決められております。今回は残念ながら意見の収斂を得ることはできませんでしたが、編集委員会では両方のご意見を同時に掲載する

ことで論争の收拾を図らせていただくことを提案し、一応の了解を得ることができました。そのような経緯によりまして、今回、お二人の記事を『話題』欄の記事として同時掲載させていただくことになりました。

気象現象はいわゆる複雑系の最も典型的な例だと考えられます。そのために地球温暖化に関しても、様々な解釈が提案されております。「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)からの報告は世界中の多くの研究者によって吟味された権威あるものと考えられており、阿部氏の主張はそれによって立つものです。それに対して「温暖化懐疑論・否定論」にもいくつかの提案があり、その1つが榎田氏の主張であります。

編集委員会はどちらの側に立つものではなく、多くの読者が高い関心を持っておられるとの判断でこれらの記事を掲載することにいたしました。それ故、本掲載により日本物理学会がそれらの主張に対して敢えて否定・肯定の判断をするものではないことを改めて明記しておきたいと思っております。

第65期編集委員長 栗原 進  
第64期編集委員長 住吉孝行



## 地球温暖化の科学—遅れて来た懐疑論の虚妄と罪

阿部修治 (産業技術総合研究所 305-8568 つくば市梅園 1-1-1 e-mail: s.abe@aist.go.jp)

### 1. はじめに

化石燃料に依存した現代文明の繁栄が地球の炭素循環を変化させ、気候システムにまで影響を与えつつあることが確実にようになってきた。<sup>1,2)</sup> 50年前には単なる可能性にすぎなかった「温暖化」が、多方面にわたる地球科学者たちの努力と協力によって、今や世界中の人々の共有認識にまでなったのである。<sup>3,4)</sup>

もちろん、地球の気候システムはきわめて複雑に入り組んだもので、その理解は常に不確実性を伴わざるをえない。それゆえに地球温暖化の科学は絶えず「懐疑論者」による批判に曝されてきたが、過去50年間の研究の着実な進展によって「懐疑論」は次第に圧倒されてきた。<sup>3,5,6)</sup> それにもかかわらず、「温暖化はまだ何もわかっていない」とか「そもそもそういう問題は存在しない」といった言説を、科学の舞台ではなく、大衆向けの出版物やインターネットで流す人たちが今でもいる。<sup>7)</sup> こうした言説は、温暖化と

いう困難な現実から目をそらしたい人々の深層心理に迎合し、一定の読者層を獲得している。

これら「通俗的懐疑論者」の中でも特に「科学者」の肩書きを使い「科学」の装いを凝らした主張を展開している者たちは、一般の人々の科学者への信頼と敬意を悪用しているだけに、むしろ罪は重いと一言ねばならない。<sup>\*1</sup> 「物理学者」の肩書きで数年前から「大気中の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)濃度上昇は人為的な排出が原因ではない」というとんでもない主張を行っている榎田敦氏もその一人である。<sup>8-10)</sup>

本稿の目的は、地球温暖化の科学の現在の到達点をわかりやすく解説し、「遅れてきた懐疑論者」である榎田敦氏の主張の虚構を暴くことである。誤解のないように強調するが、ここに科学的論争はない。あえて言えば科学と虚妄

<sup>\*1</sup> ジャーナリストの村松秀氏が本誌<sup>11)</sup>でも指摘しているように、こうした営為は「科学者自身が、科学的に正しいことを言うのが科学者である」というイメージを巧みに利用した、科学をなめた例である。

の対立である。

## 2. 誰にでも分かること

そもそも「大気中の  $\text{CO}_2$  濃度上昇は人為的な排出が原因ではない」などという突飛な主張は科学的に成立するのだろうか？ まずは単純素朴に考えてみよう。

地球の炭素循環過程は複雑なものであるが、全体の収支だけに着目すれば理解しやすい。そのため、地球の炭素を存在場所により次の3つのカテゴリーに分ける(図1)。

- A: 大気圏の炭素 ( $\text{CO}_2$  等)
- B: 生物圏・水圏の炭素 (有機物, 水に溶けた  $\text{CO}_2$  等)
- C: 地下資源の炭素 (化石燃料, 石灰岩等)

A と B は自然に循環しており、産業革命以前は図1(a)のように、AB間の平衡によって両者の炭素量がほぼ一定水準に保たれていた。単純化して言えば、 $A \rightarrow B$  と  $B \rightarrow A$  の速度定数の比によってBとAの存在量比が決まる。(実際には速度定数には大小さまざまなものが含まれ、それらはすべて環境条件に左右されて変動している。)

一方、化石燃料(C)は数億~数百万年前から地下深く蓄えられていたが、産業革命以降、図1(b)に示すように、人為的に取りだされ、 $A \rightleftharpoons B$  の循環過程に加わり、AとBがともに増加する結果となった。大気中  $\text{CO}_2$  濃度が上昇するのは当然である。(なお、この人為的移動は比較的急激に起きているためAB間ではまだ平衡に達していない。)以上はごく単純化した説明であるが、この全体的描像は子供でも理解できるものであろう。

このように俯瞰してみると、樋田氏の「大気中の  $\text{CO}_2$  濃度上昇は人為的な排出が原因ではない」という主張は何を意味するのだろうか。まず、人為的原因によるAの増加を打ち消すような  $A \rightarrow B$  の移動がなければならない。次に、別の(人為的でない)原因によって  $B \rightarrow A$  の移動が起きていると主張しているわけである。こんな回りくどい理屈を構築しなければならないところに、樋田氏の主張の「無理っばさ」を感じることができよう。その虚構を暴くのは4節に回し、次節では地球温暖化に関する現在の科学的理解について、物理学者のためにできるだけ定量的な説明を行う。

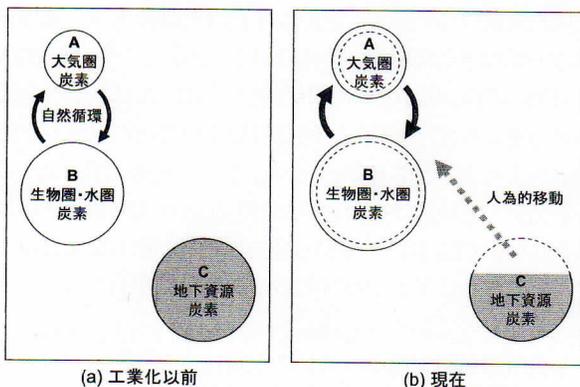


図1 地球の炭素循環は(a)工業化以前(18世紀まで)と(b)現在でどう変わったか。

## 3. 地球温暖化はどこまで解明されたか

### 3.1 気候変動問題に取り組む科学者たち

1980年代以降、地球温暖化問題の重大性が多くのの人々によって認識されるようになり、1988年に国際気象学機構と国際連合環境プログラムによって「気候変動に関する政府間パネル」(Intergovernmental Panel for Climate Change, IPCC)が設立された。IPCCは政府間組織であると同時に、世界中の気候変化研究者のネットワークでもある。その役割は気候変化に関する研究文献を調査し、政策立案のため

### CHANGES IN GREENHOUSE GASES FROM ICE CORE AND MODERN DATA

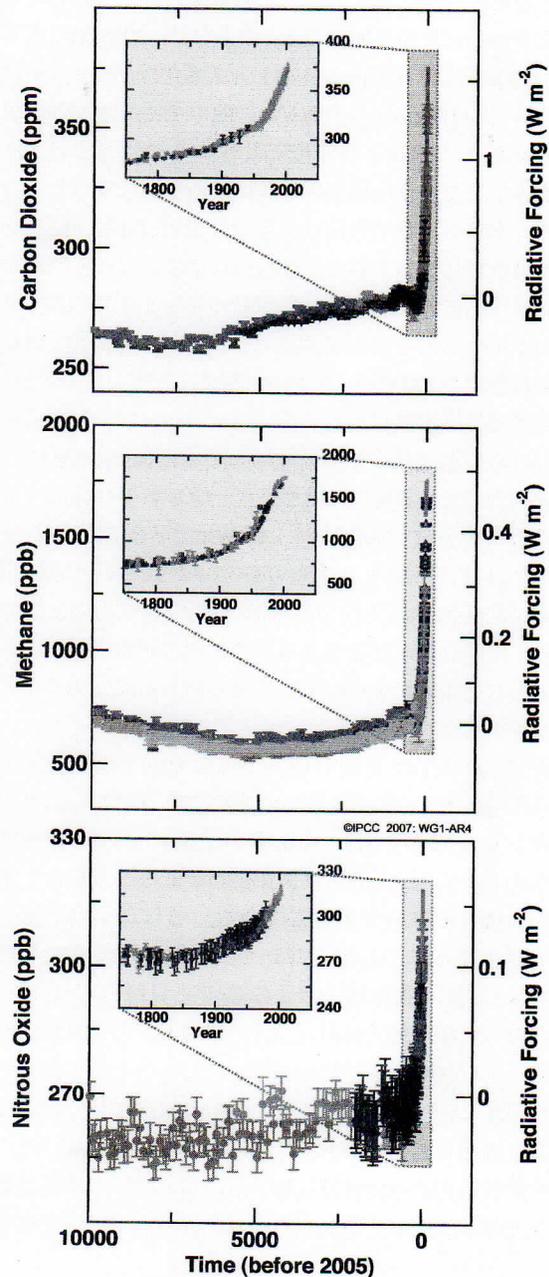


図2 (上から順に)二酸化炭素  $\text{CO}_2$ 、メタン  $\text{CH}_4$ 、亜酸化窒素  $\text{N}_2\text{O}$  の過去1万年、および1750年以降(挿入図)の大気中濃度。氷床コアと大気サンプルからの測定結果を総合したもの。右側の軸にはそれぞれの濃度に対応する放射強制力 ( $\text{W m}^{-2}$ ) が示されている。(文献1, Fig. SPM. 1)

の科学的評価を行うことである。IPCCは2007年に第4次評価報告書(The Fourth Assessment Report, AR4)をまとめたが、その中心となっているのが第1作業部会(WG1)による“Climate Change 2007: The Physical Science Basis”(WG1-AR4)<sup>1)</sup>である。これは約1,000ページにも及ぶ大作であり、30か国以上からの152名の責任著者によって執筆され、600名以上の専門家のレビューを受け、時間をかけた議論の末にまとめあげられたものである。

### 3.2 人類は大気中の二酸化炭素を増やし続けている

キーリング(C. D. Keeling)が1958年に観測を開始して以来、<sup>3, 12)</sup> 大気中CO<sub>2</sub>濃度のモニタリングを続けているハワイ・マウナロア観測所のデータ<sup>1, 13)</sup>は、CO<sub>2</sub>濃度が現在もとどまることなく上昇している厳然たる事実をわれわれに突きつけている。WG1-AR4によれば、2005年時点で大気中CO<sub>2</sub>濃度は379 ppmに達し、工業化以前の約280 ppmに比べて約100 ppmも増加した。他の主要な温室効果気体であるメタンCH<sub>4</sub>と亜酸化窒素N<sub>2</sub>Oもやはりこの200年間で急増しており、過去何万年にもわたって安定していた自然の水準からみて異常な上昇である<sup>14)</sup>(図2)。CO<sub>2</sub>の増え方は近年加速しており、1.9 ppm/年にもなっている。これを直線的に外挿すれば、21世紀末には工業化以前の2倍の560 ppmに達する計算になる。なお、1.9 ppmのCO<sub>2</sub>は炭素の量では4.2 GtC(十億トン炭素)に相当する。以下、CO<sub>2</sub>の量は炭素換算重量で表す。

これらの温室効果気体が地球を温暖化させる傾向は「放射強制力」という量で表現される。CO<sub>2</sub>が100 ppm増加したことによる放射強制力は1.66 Wm<sup>-2</sup>と見積もられている。<sup>15)</sup>(1平方メートルあたりのワット数というこの単位は実に実感的である。)このほかに他の温室効果気体の影響や、エアロゾルなどによる負の放射強制力を合算すると、全体として1.6 Wm<sup>-2</sup>の放射強制力が人為的に加わっていると見積もられている。

過去200年間の大気中CO<sub>2</sub>急増の原因は人類の工業活動にある。今日、人類は1日に約8,100万バレルの石油を消費しており、<sup>16)</sup>これは炭素換算で1年間に約3.4 GtCに相当する。<sup>\*2</sup>石炭と天然ガスを合わせると、人類は1年間に約8 GtCの炭素を消費している。これがすべて燃やされてCO<sub>2</sub>になるわけではないが、セメント生産<sup>\*3</sup>なども含めたCO<sub>2</sub>の総排出量は7.2 GtC/年と見積もられており、その他に土地利用の変化により1.6 GtC/年のCO<sub>2</sub>放出があるとみられている。<sup>14)</sup>

1年間で8.8 GtCのCO<sub>2</sub>が大気中に放出されているのに対し、実際に大気中で増加しているのは4.2 GtCである。この差が生ずるのは大気と陸・海の間で炭素の循環があるからである。ここで陸や海の炭素とは、おもに生物とその

地球上炭素の自然循環と人為的影響

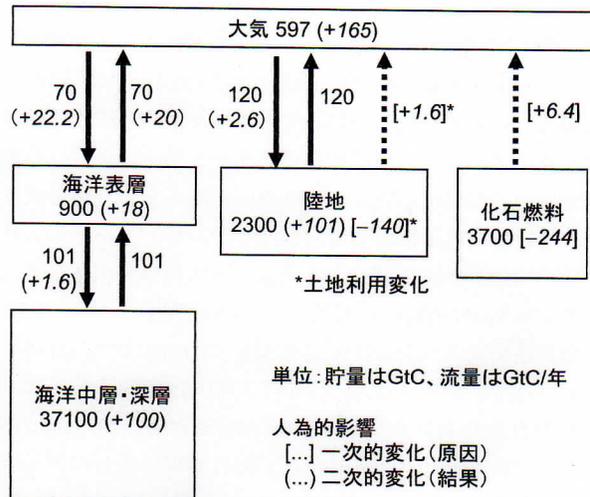


図3 地球の炭素循環の概要。貯量(箱枠)と流量(矢印)の数字は1990年代に対する評価値で、ゴチックは自然状態、イタリックは人為的影響によるものを表す。後者は化石燃料と土地利用変化による一次的原因と、それが炭素循環に組み込まれた結果としての二次的变化を表示。(文献1のFig. 7.3をもとに作成。)

死骸に由来する有機物のほか、水に溶けたCO<sub>2</sub>やCO<sub>3</sub><sup>-</sup>などである。

現在理解されている地球の炭素循環<sup>17)</sup>の主要過程を図3に示す。(これは1990年代に対するものなので、上記の数値と少し異なる。)基本的には閉じたサイクルとして安定していた自然の炭素循環系に、人間が化石燃料を燃やし、さらに土地利用の変化も加わって、CO<sub>2</sub>を放出し続けているので、循環炭素総量が増えている。(これを大づかみに示したのが図1であった。)結果として、人類が工業化以降に放出したCO<sub>2</sub>総量のうち、およそ半分は大気中の増加、残り半分は海と陸における増加になっている。

増加した大気中のCO<sub>2</sub>が、短期的な循環だけでなく、長期的にどのように吸収されてゆくかということについての現在の理解は次のようなものである。<sup>18)</sup>人為的に増加したCO<sub>2</sub>のうち、およそ半分が30年ほどで陸地と海洋表層に吸収され、さらに約3割が海洋における表層と深層の混合により200~300年かかって取り去られ、残り約2割は数千年間大気中に残留し、炭酸塩や有機物の深海底への堆積によって減少してゆくと考えられている。

大気中CO<sub>2</sub>の増加が人間活動によるものであることを示す証拠として、WG1-AR4には以下のことが挙げられている。

- ①南極の水床コアによる過去65万年の大気データによれば、CO<sub>2</sub>の自然変動は180~300 ppmの範囲に収まっており、最近100年間の増加が自然変動を外れた異常なものであることを示している。<sup>15)</sup>
- ②大気中の酸素濃度の高精度測定により、酸素がわずかず減少しており、その減少量はCO<sub>2</sub>の増加量にほぼ対応していることが見出された。これはCO<sub>2</sub>の増

<sup>\*2</sup> 1バレル=0.137 tなので、1バレル/日は約50 t/年に相当する。原油はさまざまな成分を含むが、その重量の約85%が炭素である。

<sup>\*3</sup> 炭酸カルシウムCaCO<sub>3</sub>を主成分とする石灰岩からのセメント製造工程で大量のCO<sub>2</sub>が放出されている。

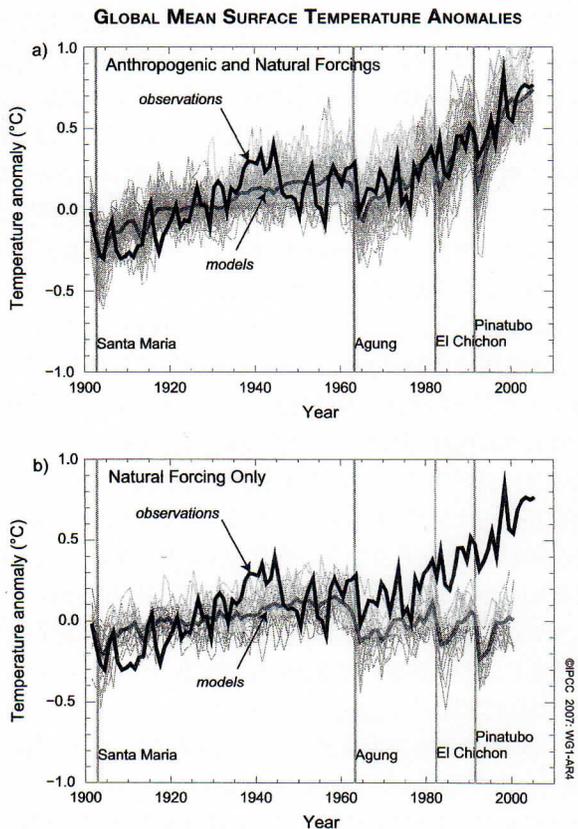


図4 世界平均地表温度の偏差(1901-1950年の平均を基準)の観測値((a), (b)に共通の黒の太線)をシミュレーション(灰色の線)と比較したもの。(a)は自然的強制力と人為的強制力を両方取り入れたシミュレーション、(b)は自然的強制力のみを取り入れたシミュレーション。灰色の細線は個々のシミュレーション結果、灰色の太線は多数のモデルの統計平均。(文献1, Fig. TS. 23)

加が炭素の燃焼(酸化)によって発生したものであることを示している。<sup>19)</sup>

- ③大気中CO<sub>2</sub>の炭素同位元素<sup>13</sup>Cの割合が減少している。植物や化石燃料に含まれる<sup>13</sup>Cは海洋や火山起源のものに比べて比率が小さいため<sup>\*4</sup>、増加したCO<sub>2</sub>が植物や化石燃料起源であることを示している。<sup>19)</sup>

### 3.3 温暖化は人為的起源による可能性が非常に高い

気温は日変動や季節変動の大きい量であり、その中で平均気温のわずかな変化を捉えることは容易ではなく、膨大な観測データの慎重な分析によってはじめて可能になる。WG1-AR4によれば、地球表面の温度は過去100年間(1905-2005)に0.74度上昇した。第3次報告では20世紀(1900-2000)を通じて0.6度上昇したとされていたので、この5年間で観測精度が上がったばかりでなく、上昇傾向はさらに確からしくなったのである<sup>1,20)</sup>(図4)。

このような地球気候の変化を説明するため、「大気-海洋

<sup>\*4</sup> 植物の光合成反応における同位体効果により、<sup>13</sup>Cは<sup>12</sup>Cに比べて炭素固定化効率が小さい。(光合成反応回路にはC3回路とC4回路という2つの型があるが、特にC3回路をもつ植物で同位体効果が顕著である。)なお、自然の定常的な炭素循環においては、吸収後に再び放出されるので、大気中の<sup>13</sup>Cと<sup>12</sup>Cの比を変える効果はもたないことに注意されたい。

一般循環モデル」を使ったシミュレーションが行われてきた。図4に示されているように、太陽活動や火山噴火などの自然起源の履歴だけを入力に与えたシミュレーションによって20世紀前半までの気温変化はほぼ再現できるが、20世紀後半以降の温暖化は説明することができず、CO<sub>2</sub>やエアロゾルなどの人為的影響を入れたシミュレーションによってはじめてよく再現できる。<sup>21,22)</sup>

「大気-海洋一般循環モデル」は年々進歩しており、大気と海洋の循環だけでなく、大陸表面、海水、エアロゾル、炭素循環、化学過程など、より多くの過程をモデルに取り込み、空間解像度も細かくなっている。研究の数も増え、WG1-AR4では世界中の研究グループによる23のシミュレーション結果を比較し評価している。こうした進歩の上に立って、2001年の第3次報告で「温暖化は人為的起源による可能性が高い」<sup>\*5</sup>とされていたものが、第4次報告では「可能性が非常に高い」<sup>\*5</sup>と格上げされたことをわれわれは重く受け止めなければならない。<sup>23)</sup>

ここであらためて確認しておきたいのは、地球温暖化とは温室効果という性質上、当然ながら、ゆっくりとわずかなずつ進むものであるということである。温室効果気体による温暖化が起こる時間スケールは10年から100年のオーダーの長期的なものであり、CO<sub>2</sub>の増加100ppmに対して気温上昇1度というおおまかな数字を頭に入れておこう。

## 4. 樋田敦氏の非科学的言説のからくり

さて、以上述べてきたような科学的知見に対して、樋田氏は「大気中CO<sub>2</sub>濃度の増加は地球温暖化の原因ではなく結果である」という前代未聞の突飛な主張を行った。これに対しては、気象学者の河宮未知生氏による批判が日本気象学会機関誌に、<sup>24)</sup>私および一丸節夫氏からの批判が日本物理学会誌に掲載されている。<sup>25,26)</sup>一部は繰り返しになるが、ここであらためて徹底的な批判を行う。

### 4.1 CO<sub>2</sub>を消す数字のトリック

樋田氏は、大気中のCO<sub>2</sub>濃度の年ごとの変化が必ずしも化石燃料によるCO<sub>2</sub>排出量の変化と完全に一致していないことを捉えて、「人間の排出するCO<sub>2</sub>と大気中のCO<sub>2</sub>濃度は関係がなかった」と決めつけているが、<sup>9)</sup>もともと大気中CO<sub>2</sub>濃度は季節変動していることから明らかなように、自然的原因でも変動するのである。図3に示した炭素の自然循環はあくまで平均的な数値で、毎年気候や海洋、生態系などの条件によって変動するのは当たり前である。「CO<sub>2</sub>濃度は人為的起源だけで変動している」などと誰も主張していないのに、そのような架空の説に反論してみせることで、「CO<sub>2</sub>濃度は自然的起源だけで変動している」という正反対の結論に導くのは、典型的な詭弁の手法である。

そして、樋田氏は人為的起源のCO<sub>2</sub>の行方について奇

<sup>\*5</sup> IPCCでは「可能性が高い(likely)」は確率66%以上、「可能性が非常に高い(very likely)」は確率90%以上を表す。

妙なレトリックを展開している。<sup>9)</sup>簡単に言えば、人為的に大気中に放出されたCO<sub>2</sub>は毎年30%吸収され、短期間に指数関数的に減少するので、大気中に残る人為的CO<sub>2</sub>はわずかであるというのである。この30%というのは、図3の自然循環において、大気中の量597 GtCに対して陸地と海洋表層に毎年190 GtC吸収されることを指しているであろう(人為的起源を含めた場合、663 GtCに対して210 GtC/年)。しかし、何度も言うように、大気と海・陸の間でCO<sub>2</sub>は循環しているのであって、一方的に吸収だけが進行しているわけではない。吸収されてもまたすぐに戻ってくるのである。このような基本的事実さえ歪めて、数字の魔術で読者を幻惑することは、少なくとも科学者の作法ではない。<sup>25)</sup>

#### 4.2 グラフを使ったトリック

植田氏はキーリングらの論文<sup>27)</sup>にある多くの図の中から一つだけ取り出して利用している。それが図5の気温変化とCO<sub>2</sub>濃度変化を重ねたグラフである。植田氏は、このグラフは「気温の変化がCO<sub>2</sub>濃度の変化に1年ほど先行する」ことを示しているのだから、「気温が原因でCO<sub>2</sub>濃度が結果である」というのである。<sup>9)</sup>

しかし、このグラフの解釈に関しては河宮氏がすでに回答していた。<sup>24)</sup>主な点は次の3つである。

- ①この図ではCO<sub>2</sub>濃度の長期的上昇傾向は除かれており、短期的変動のみが抽出されている。
- ②短期的変動において、CO<sub>2</sub>濃度は気温や降水といった環境条件の変動の影響を受けそれらより位相の遅れた変動を示す。
- ③そのような自然起源によるCO<sub>2</sub>濃度変動振幅は0.5 ppm程度で小さい。

つまり、図5に書き入れたように、時間スケールにおいても、変化の大きさにおいても、この短期的変動は3.3節で述べた温室効果とは次元の違う話であって、このグラフがCO<sub>2</sub>温暖化説を否定する証拠であるかのように言うこと自体が間違っている。

植田氏はこのグラフだけから「気温が原因でCO<sub>2</sub>濃度が

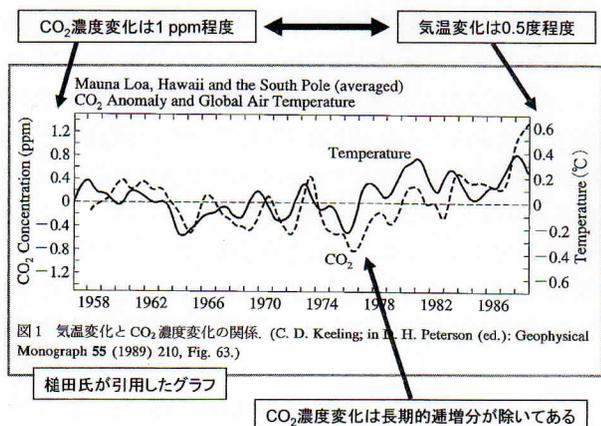


図5 キーリングらの論文<sup>27)</sup>から植田氏が引用したグラフ(文献9より)と、それに対する注意点。

結果である」と断定し(実際には気温だけが原因ではなからう)、そこから論理を飛躍させて、(このグラフでは除かれている)CO<sub>2</sub>濃度の長期的増加も温度変化の結果に違いないと勝手に想像するのである。<sup>9)</sup>しかし、気温の長期的増加は100年でようやく0.74度であるから、このグラフから推定した「相関関係」に基づいて説明できるCO<sub>2</sub>濃度変化は100年で高々1.5 ppmでしかない。<sup>25)</sup>桁がまるで違う話をもっともらしく結びつけて説明するのはまさに詭弁でしかない。

このグラフでは除かれているCO<sub>2</sub>濃度の長期的上昇傾向も含めて気温変化とCO<sub>2</sub>濃度変化の「相関関係」を解析した近藤邦明氏によるグラフを植田氏は引用したが、<sup>9)</sup>ここでは気温変化のゼロ点がCO<sub>2</sub>濃度変化の1.5 ppm/年(これが長期的上昇分)に対応している。以前に指摘したように、「気温が変化しないという原因により、CO<sub>2</sub>が増加するという結果がもたらされた」となどという因果関係はありえないから、1.5 ppm/年の定常的CO<sub>2</sub>増加は気温上昇以外の原因によると解釈しなければならない。<sup>25)</sup>

#### 4.3 空理空論

この批判に対して、植田氏はさらに常軌を逸した理屈を繰り出す。「現在の気温の平均は陸海とCO<sub>2</sub>の出入りのない基準温度よりも0.3°C程度高温の状態にあり、陸海からCO<sub>2</sub>が放出され続けていると推論できる」というのである。<sup>10)</sup>しかし、その根拠となる科学的事実が存在しないのだから、これは「推論」などではなくサイエンス・フィクションでしかない。仮にそのような空想的「基準温度」でしかバランスが成り立たないとすれば、地球の気候システムは暴走し数百年も安定を維持できないであろう。実際には地球は現在まで何億年にもわたって大気を含む循環システムを維持し、その間には大きな温度変化もあった。過去数百万年に限れば、10万年程度の周期で氷期が起り、10度くらい平均気温が上下しているが、その間でもCO<sub>2</sub>濃度は200~300 ppmの範囲に収まっているのである。

過去65万年間になかったほど高いCO<sub>2</sub>濃度を自然現象の結果として説明しようとするならば、過去65万年間になかったような異常な気候条件が自然の原因によって生じていることを示さなければならない。「基準温度」からの0.3度のずれがそのようなものだと誰も信じないだろう。

3.2節で大気中CO<sub>2</sub>増加が人為的起源であることを示す他の観測事実について述べたが、植田氏の「温度が高くなって海水がCO<sub>2</sub>を放出している」<sup>9)</sup>という仮説によっては、観測された大気中の<sup>13</sup>Cの減少も説明できないし、酸素濃度の減少も説明できない。この批判に対して植田氏は、CO<sub>2</sub>放出の起源は土壌や深海の生物由来の炭素であると説明を変えているようだが、温度が「基準温度」より高くなったためにそれらの有機物が大量に腐敗し発酵し始めたとしてもいかなる理由があるか、これもやはりサイエンス・フィクションとしては面白いと言うしかない。

以上、植田氏の言説がいかに詭弁に満ちているかを明ら

かにしてきた。一つの突飛な考え(それは虚妄なのだが)に凝り固まった榎田氏はありとあらゆる理屈を動員してそれを論証したように見せることしか念頭にないようである。だが、その考えを科学的に証明しようと思うなら、実際に研究を行い、証拠となるデータを集め、科学の場で議論すべきである。書齋で空理空論をこねまわすだけで温暖化の科学は進展しない。

## 5. 地球温暖化のこれから

いうまでもなく、地球温暖化問題が深刻になるのはこれから先のことである。21世紀中の社会経済発展についてのいくつかのシナリオに基づいて将来気候のシミュレーションが行われている。持続的発展重視のB1シナリオ、経済競争重視のA2シナリオなどがある。21世紀末のCO<sub>2</sub>濃度はB1シナリオでは工業化以前の2倍程度、A2シナリオでは3倍程度と想定される。WG1-AR4によれば、B1シナリオでは21世紀の間に気温が1.8度(1.1~2.9度)上昇し、A2シナリオでは3.4度(2.0~5.4度)上昇すると予測されている。<sup>28,29)</sup> この予測値には気候変化による炭素循環へのフィードバック効果は入っていないが、それを取り入れたシミュレーションも行われるようになっており、まだ予測の不確実性が大きいものの、さらに昇温が増す可能性が示されている。

IPCCの第2作業部会(WG2)は5度までの気温上昇がもたらすさまざまな影響を予測している。<sup>30,31)</sup> 人間にとっては、地域ごとの気候環境が変わることによる水資源、食料、健康などへの影響が大きく、生物にとっては、生態系の復元力が気候変化に追いつかなくなり、多くの種の絶滅リスクが増大するという。

1992年に採択された「気候変動に関する国際連合枠組条約」はその目的を第2条で「気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極的な目的とする」と規定している。これは実に的確な考え方であると思う。だが、その水準をどこに設定するのか。CO<sub>2</sub>排出をどのようにどれだけ抑制していけば濃度は安定化するのか。<sup>32)</sup> 科学者は今後こうした社会からの問いかけに答えてゆく必要があり、「警告から対応への転換点に立っている」<sup>4)</sup>のである。

今、世界はようやく温暖化の抑制に向けて大きく動き出しつつある。しかし、温暖化対策とされているものの中には科学的根拠が明確でないものもあり、本当のCO<sub>2</sub>排出削減効果を定量的に予測することは容易ではない。原子力のように別の意味で将来の世代に「負の遺産」を押しつけることになる技術もある。温室効果ガスに関する規制によって国家間の技術格差が固定化される恐れもある。温暖化のリスクばかりを強調しすぎることで他のリスクや価値を見失うことがないように、バランスの取れた議論をすることも大事である。

## 6. 結語

地球温暖化問題は現代文明(=石油文明)が直面している未曾有の難問である。<sup>33)</sup> それは、過去1世紀の人類の科学技術に基づく産業活動の集積の結果が、地球という巨大なシステムにも影響を及ぼすようになったことを意味している。しかも、その影響はわれわれの目の前の環境破壊としてではなく、地球全体として、それも1世紀先以降の将来の世代において最も深刻に現れるのである。つまり、われわれは過去の結果と未来への原因のちょうど中間地点に立っている。科学技術の発展が引き起こした結果を科学的に分析し、未来を科学的に予測し対処しなければならないという何重もの意味で、現在の科学者・技術者の責任はきわめて重いのである。

## 参考文献

- 1) IPCC: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis* (Cambridge Univ. Press, 2007). なお、IPCCの報告書はすべてweb上で公開されている(<http://www.ipcc.ch/>).
- 2) IPCC: *Climate Change 2001: The Scientific Basis* (Cambridge Univ. Press, 2001).
- 3) スペンサー・R・ワート『温暖化の“発見”とは何か』(みすず書房, 2005).
- 4) 松野太郎: 科学 77 (2007) 730.
- 5) たとえば、日経サイエンス 2002年7月号 pp. 92-105.
- 6) 明日香壽川, 神保哲生: 科学 77 (2007) 737.
- 7) 日本ではたとえば
  - a) 池田清彦氏: 『暴走する「地球温暖化」論—洗脳・扇動・歪曲の数々』(文藝春秋, 2007).
  - b) 武田邦彦: 『環境問題はなぜウソがまかり通るのか3』(洋泉社, 2008).
  - c) 丸山茂徳: 『「地球温暖化」論に騙されるな!』(講談社, 2008).
- 8) 榎田 敦: 『CO<sub>2</sub>温暖化説は間違っている』(ほたる出版, 2006).
- 9) 榎田 敦: 日本物理学会誌 62 (2007) 115.
- 10) 榎田 敦: 季刊 at (あっと) 11号 (2008) 65.
- 11) 村松 秀: 日本物理学会誌 62 (2007) 531.
- 12) C. D. Keeling: *Tellus* 12 (1960) 200.
- 13) CO<sub>2</sub>濃度の観測データは米国海洋大気庁(NOAA)が公表している。  
<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>
- 14) 文献 1, Summary for Policymakers, p. 2.
- 15) 文献 1, Summary for Policymakers, pp. 3-4.
- 16) 資源エネルギー庁: 『平成 19 年度エネルギーに関する年次報告書(エネルギー白書)』(2008).
- 17) 文献 1, 7.3 節 (p. 511).
- 18) 文献 1, 7.3.1 節, p. 514, 及び文献 2, 3.2.3 節, p. 199.
- 19) 文献 2, 2.3.1 節 (p. 137).
- 20) 江守正多: 科学 77 (2007) 702.
- 21) 文献 1, Summary for Policymakers, pp. 10-12, および 8 章 (p. 589).
- 22) 河宮未知生: 科学 77 (2007) 723.
- 23) 文献 1, Summary for Policymakers, p. 10.
- 24) 河宮未知生: 日本気象学会機関誌「天気」52 (2005) 507.
- 25) 阿部修治: 日本物理学会誌 62 (2007) 563.
- 26) 一丸節夫: 日本物理学会誌 62 (2007) 631.
- 27) C. D. Keeling, et al.: *Geophysical Monograph* 55 (1989) 165.
- 28) 文献 1, Summary for Policymakers, pp. 13-18.
- 29) 木本昌秀: 科学 77 (2007) 696.
- 30) IPCC: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (2007), Summary for Policymakers.
- 31) 原沢英雄: 科学 77 (2007) 717.
- 32) 一丸節夫: 日本物理学会誌 63 (2008) 63.
- 33) ソニア・シャー: 『「石油の呪縛」と人類』(集英社, 2007).

(2009年2月13日原稿受付)