

# エネルギー消費の面から生活と環境を考えるために

—CO<sub>2</sub>の温室効果に与える影響を体感する—

山本 健治

倉敷芸術科学大学産業科学技術学部

(2000年9月30日 受理)

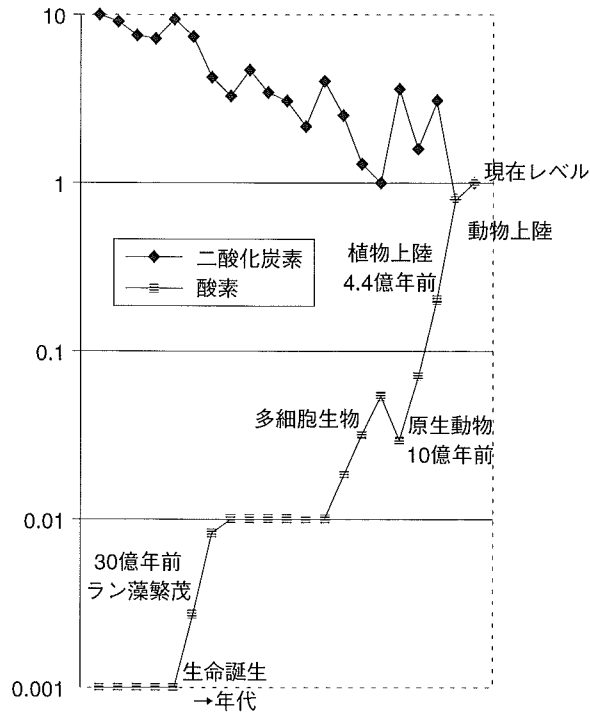
## § 1 はじめに

エネルギー消費と必然的に結びつくと考えられている環境問題は、温室効果ガスすなわち地球温暖化の問題である<sup>1)</sup>。それは、ふつうにエネルギー消費というとき、大抵は炭素化合物の燃焼すなわち二酸化炭素の生成を意味するからである。電力を利用する場合でも、火力発電を通じて、間接的にはあるが相当量が化石燃料と関係している。二酸化炭素など大気中の温室効果ガスのもたらす地球温暖化の現象は、世界の人々の生活に大きな影響を及ぼしかねない問題であるといわれてきた。わが国においても1990年代以降、製造業種を中心に、環境への負荷に対する産業界からの配慮が積極的にアピールされる場合が目立つようになってきている。地球温暖化問題のことは、その他の環境問題やエネルギー資源の問題とともに、1997年の温暖化防止京都会議（COP3）の1年前ごろからマスコミでも頻繁に取り上げられるようになり、一般の関心も引いた。この種の問題の取り扱い方は、かつてはどちらかといえば日本という国の省資源または省エネルギーとリサイクルに軸足があったが、そのころから地球の環境問題に比重が移行したような印象を受ける<sup>2)</sup>。

さて、ブラックホールなどの研究で知名度の高い英国の物理学者スティーブン・ホーキングは、人類が今後1,000年以内に災害か地球温暖化のために滅亡すると述べた。温暖化の一途をたどる地球に見切りをつけて地球以外の惑星へ逃げ出す時期を少しでも先へ引き伸ばすために、ありとあらゆる地球規模での取り組み、国内外における政策、個人の努力、環境教育の効果、国と国との相互理解などを頼みとするしかない。予測の不可能な災害はともかくとしても、やってくるのが明らかなことであるなら、人類はその対策を立てられるはずである。地球の長い歴史から見れば、大気環境は大きく変動している。しかし、人類がわずかな歳月で自然を元のものとは違ったものに変えて、環境を悪くして行っているのではないかといった気遣いは、いまもって国や個人のレベルで大変あまい認識にとどまっている（もちろん個人差はあるが）。こういった問題は一環境問題の多くがそうであるように一えてしてわが身に実際に関係のある問題として体験する機会が少ないために、なかなか真剣に受け止められない。大学の環境教育科目としても、とかく専門的価値観に照らしてマイナーなグループの中に位置付けて捉えられがちである。しかし、いま地

地球上で起きている現象に目を向けることは、人類にとって決して価値の低いことではない。とくに高等教育機関においては、環境教育は専門課程の教育との関係を生かしながら、従来の専門教育にはない持ち味を出すことの出来る可能性がある。この辺の事情については、興味深い記述が昨年度の紀要報告の中にある<sup>3)</sup>。また、こと環境問題に関しては人々の知識と実際の行動との間に、大きな差異の見られることも報告されている<sup>4)</sup>。

こういった背景をふまえ、実験・実習科目の授業やゼミにおいて「二酸化炭素の温室効果を身近に知る実験」を提供すべく、1998年度から99年度まで教室または実験室での実践と検討を繰り返してきた。その結果、手身近な簡易実験のできることがわかったので報告しようと思う。機会をとらえ学生諸君に何度か実験を試してもらったところ、たしかに体験学習としての効果は十分大きなものがあると思われた。その経験は、“科学好き”はもちろんのこと、高等学校で理科を熱心に勉強しなかった、あるいは理科離れを起こしていたと自称する大学生たちにとっても役立つものであった。注目すべきことに、受講者がこの実験を体験したときに見せる目の輝きの強さは、それまでの成績とはほとんど関係しないようであった。もとより児童、生徒を対象としてもよいし、一般家庭で実験することも可能なものである。昨年はインターネットの体験と合わせ、教育実践の一環としてこの



大気中の酸素・二酸化炭素と生物の変遷

図1 データは上山弘著「地球」(裳華房)資料による<sup>10)</sup>

テーマにも少し触れたのであったが<sup>9)</sup>、ここに簡潔に整理しておきたい。

## § 2 実験から体感できる温室効果

二酸化炭素が赤外線を吸収しやすい気体であることを体感する実験はいたって簡単である。ここでは教室（実験室）内における実践を検討したものを紹介する。確実に安価な実験のために必要なものを挙げると、二酸化炭素、容器、温度計、赤外線ランプ（または電気ストーブ）、そして表計算機能のあるパソコンがあればなおよい。二酸化炭素は常温・1気圧下で30リットル程度の分量を用意する。容器は紙箱でも何でもかまわないが、赤外線の透過しやすい透明な窓のあるものがよい。この窓で赤外線を受け止めるために、やや扁平な形で10～30リットルの容積が手ごろである。0.1℃程度の精度で容器内の温度を読みとる必要があるので、温度計はデジタル式のほうがアナログ式よりも便利である。

次に実験の方法について説明しよう。外気と同じ空気を入れ、温度計を挿入し密閉した容器の透明窓の部分に赤外線を照射する。容器内の温度が室温よりも5～10Kほど高くなったところで照射を止め、容器内の気体が冷めていく過程において、一定時間ごとに温度を計り記録する。空気の次には、二酸化炭素を容器に入れて同様な測定をする。あとで、パソコンに入力した温度変化のデータをグラフ化して、空気と二酸化炭素とを比較する。3人以上一組でやれば、温度測定と記録のグラフ化が並行してできるだろう。図2はこれらの測定記録例を表す。図の実験は夏日の室温約29℃のもとで行われ、30秒ごとに（横軸）、温度（縦軸）が測定されている。なお、できれば箱と赤外線ランプと温度計は同一のものを2つずつ取り揃え、空気と二酸化炭素とで別々に同じ条件で実験をやるのがよいが、1つずつでも実験できないわけではない。1つの容器で実験する場合は、空気と二酸化炭素の実験の順序を変えてやってみることも忘れないようにする。どちらを先にす

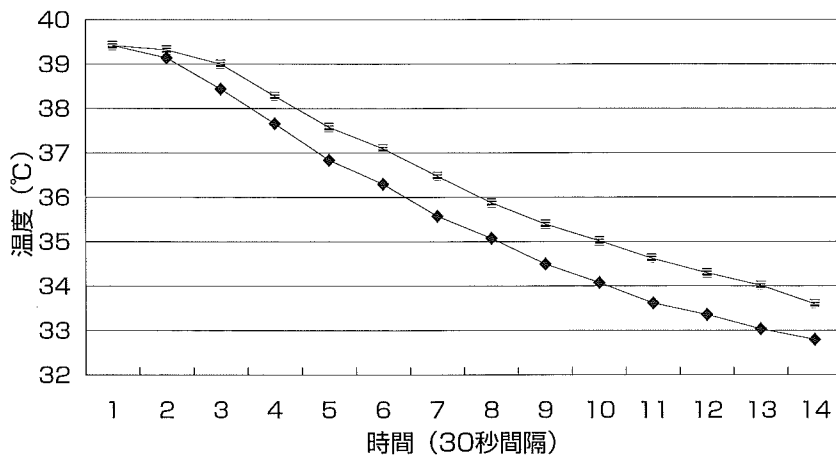


図2 赤外線照射後の温度降下に見られる空気と二酸化炭素の違い

るかで、箱にできた余熱の影響などから図2の温度差に違いが出てくる。このような実験では、空気と二酸化炭素とで容器による蓄熱の程度や室内環境に違いが出るのは致し方ないと考えて、ことさらに精度を極めるのはあきらめる。しかし体感または体験学習としての効果は十分達成される。似たような実験が他の場所でも行われているようである<sup>6)</sup>。なお二酸化炭素の教材ポンペなどが手元にない場合は、密閉した容器の中でろうそくを燃やしてから実験することもできる。

### § 3 エネルギー消費の動向

豊かさやゆとりを求める人々の意識は、ライフスタイルの価値観を多様化させるとともに、いきおいエネルギー多消費型社会へと向かわせる危険をはらんでいる<sup>7)</sup>。実際、経済成長の著しい国々でのエネルギー需要は、今後ますます増大する方向にあるといえる。好景気の真っ直中にある米国はもちろんのこと、新しく経済成長を達成しつつあるアジアの各国でも同様の懸念が感じられるのである。国内での最終エネルギー消費の内訳は、産業部門が約50%で、残りを民生部門と運輸部門とで折半している。現在のところ、エネルギー消費量に比例して二酸化炭素が排出されると考えて大きな間違いはない。環境庁の資料によれば(図3)、わが国の年間CO<sub>2</sub>排出量は約12億トンになる。その半分近くを運輸と民生(家庭・業務)部門が占め、その割合は年々増加傾向にある。

わが国は1991年(平成3年)の政府決定「エネルギー研究開発基本計画」の中で、次の4つの柱を掲げている。

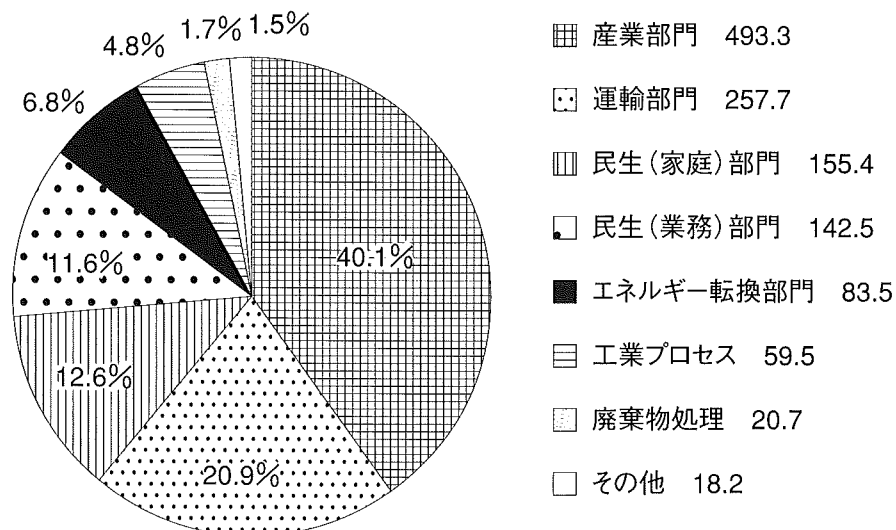


図3 わが国の年間CO<sub>2</sub>排出量(資料:環境庁)、平成9年度の合計1,230.8CO<sub>2</sub>百万tで、凡例ごとの排出量の単位も同じ

- エネルギー源の多様化
- エネルギー利用の効率化
- 環境に対する負荷の低減
- 国際的な対応

どれをとって見ても、地球温暖化対策となんらかの関係がある。わが国の経済成長の傾向が大きく変わったバブル崩壊の衝撃のなかで、はからずも国政が地球環境問題への取り組みに深く関与し始めたのであった。その後のエネルギー政策においては、何らかの方法で二酸化炭素の排出を抑制する方向が配慮された。原子力発電の推進もその線に沿ったものであったが、いまはもっと多様なエネルギー源に目を向けるような方向が強まりつつある。その一つはバイオマス発電、風力発電、太陽光発電、波力発電などの方法による自然エネルギーの活用である。また、皮肉にも大量のごみを前提とする“ごみ発電”などを含めた何らかの廃棄物の有効利用もあげられる。第二には、中規模発電施設として実用化が進み、次世代の自動車動力源とも目される燃料電池の効率化の研究がある。自動車、飛行機、船から出る二酸化炭素の量をみると、なかでも自家用車の普及にともなう増加傾向が著しい。自動車からのCO<sub>2</sub>排出を抑制するためにも、燃費のよいエンジンの普及、とりわけ天然ガス車、ハイブリッド車などの普及、そして高性能な燃料電池自動車の生産ライン確立が望まれている。もちろん、これらが環境破壊をどの程度おさえることができるかの判断は、実用化の経費にかかるそろばん勘定と合わせて、大所高所から慎重に検討する必要があるだろう。まだ実用化のめどは立っていないが、光合成科学などの高度な光エネルギー活用の研究、太陽の恵みを地上でつくる核融合炉の研究開発などがあることも頭のなかに入れておきたい。身近なところでは身のまわりの緑を守ったり、生活ごみを出さないくふうを凝らしたりすることも、二酸化炭素の排出抑制にとって重要なことである。

ところで日本では、職業人としての第一線を退く年齢になってから人々は環境のこと、循環型社会実現のことを真剣に考え始めているのが実情だといえは嘘になるだろうか。でもそれは前向きに評価されるべきことではある。かつて現在のようなエネルギー資源がなくても、山の木の葉や枯れ木や炭を燃料に生活することの出来る時代があった。あれから半世紀も経っていない。いま日本人のエネルギー消費動向を占ってみることに意味はないのだろうか。そしてリタイアする前の日常活動も含め、生涯の生活を通じて学齢期に知った事柄を実践する、そんなのは理想論というべきなのだろうか。そう思いたくはないが、ここに世論の動向を示す資料があり、多少は勇気づけられるので紹介しておく。1997年6月に実施された新聞社の全国世論調査によれば、「日本は地球温暖化を防ぐため、経済成長や景気に多少影響が出ても、二酸化炭素の排出量を減らすべきだ」に84%が賛成であったとされる。しかし同時に「実際の心構えや身近な行動面では、地球環境の悪化を防ぐため生活が今より不便になることについて『かまわない』50%、『困る』44%と分かれた」とも報じられている<sup>2)</sup>。

#### § 4 かけがえのない地球の認識へ

ギリシャの哲学者デモクリトスは、100年昔のタレスから受けつがれた『物質の本質は何か』という問いについて指導者のレウキッポスと激論を交わした。彼はあいまいな疑問点を洗いなおした末に『物質を永遠に分割し続けることはできるか』どうかという明確な問いにたどり着く。そして“原子の存在”を確信したのだった。もちろん、“原子の存在”が証明されるには近世以降の科学による実証が不可欠であったし、究極的な証明がなされたのはさらに後の1905年、アインシュタインによるブラウン運動の正しい解釈をきっかけとしてであった。ただし紀元前5世紀ごろの哲人による思索が結実するのに費やされた年月には、偉大な重みを感じさせられる。20世紀中に人類は原子を分解し、改変したばかりか、内部を構成する原子核のそのまた内部の構成粒子である素粒子の構造さえをも明らかにした。自然の神秘を解き明かす第1の舞台は、すでに17世紀の産業革命において用意されていた。産業革命以後の歴史は、燃焼という名の原子と原子の結びつきをべつの新しい方法で起こし続けた歴史であった。しかし200年にわたって燃え続ける化石燃料の焔は、火を点けたご主人様の息の根を止めるかもしれない。巨大隕石との衝突によって地球が埃舞う日を待つまでもなく、また核の火が踊り狂う世界を見るまでもなく、平穏な日常の活動から立ち上るガスの蓄積が人類滅亡の元凶となる可能性は小さくない。

このような科学の開花の揺籃期からたいした年月も経っていないというのに、人類はエネルギー消費と地球温暖化の呪縛から逃れることができないのだろうか。かけがえのない地球上の多様な生命をいとおしく思うなら、出来ることは何でも実行していかなくてはならないだろう。二酸化炭素は化学変化させることによって炭素化合物の燃料に変えられる、つまり資源に変えうるのであるが、そうしないで大気中に廃棄されると地球温暖化に影響を及ぼす。だが、金銭的採算やエネルギー効率を度外視して環境保護を第一目標におくのでなければ、現在のところそのような再生利用が事業として成り立つめではない。もちろん地球温暖化だけが環境問題ではない。話を地球温暖化問題に限ったとしても、問題は二酸化炭素のことだけではすまない。温室効果ガスの流れについては、余りにも多くの未だ解明されていない問題がある。二酸化炭素に関しては大変荒っぽい表現にはなるが、植物や海洋等への吸収速度は化石燃料の燃焼等による排出速度にはとても追いつかないのが現実だ。地球規模での気候変化の将来予測は大変重要である<sup>8)</sup>。本稿は環境問題のごく一部に注目したにすぎないし、たしかに問題のスケールはとてつもなく大きいですが、環境教育は人々が身近な問題に目を向けるところから始まるのである<sup>9)</sup>。

#### 参考文献など

- 1) 環境庁編：平成12年版「環境白書（総説）」P.35, ぎょうせい（2000）などを参照；「気候変動枠組条約第3回締約国会議」COP3で採択された「京都議定書」には、対象ガスを(a)二酸化炭素, メタン, 一酸化二窒素, (b)HFC, PFC, SF6 とすること, 基準年を(a)では1990年とし, (b)では1995年としうること, 目標期間を2008年~2012年とすることなどが盛り込まれた。

- 2) 朝日新聞社社論調査室：「五輪招致・地球環境・ペットブーム」, 朝日総研リポートNo127, PP.114-130 (1997) に収録。“これからの世界で一番不安なことは『地球環境の悪化』と回答した43%が他を引き離してトップ” などの報告がある。
- 3) 浅川富美雪, 實成文彦：「環境問題に対する新入女子学生の意識と行動」, 倉敷芸術科学大学紀要第5号, PP.43-52 (2000)
- 4) 山本健治, 狩野勉, 溝内正義, 保持洋俊：「大学生の意識調査から見た『環境・エネルギー教育』の今日的課題」, 倉敷芸術科学大学紀要第4号, PP.113-124 (1999)
- 5) 狩野勉, 山本健治, 溝内正義：「環境問題は教養教育のテーマとなりうるだろうかーインターネットの利用と体験を授業に盛り込もうー」, 倉敷芸術科学大学紀要第5号, PP.91-98 (2000)
- 6) 川村康文：『温室効果実験』講談社ブルーバックス「ふしぎ体感, 科学実験」(檀上慎二ほか著) の PP.140-143 (1999) では, ペットボトルに入れた気体を日光にさらして, その温度上昇を読みとらせている。
- 7) 山本健治：「生活とエネルギー」, あいちエネルギー環境, 地球温暖化と省エネルギー特集号vol.32, PP.1-6 (2000)
- 8) 原田晃ほか：研究報告書「北太平洋の海洋表層過程による二酸化炭素の吸収と生物生産に関する研究(2)海洋表層二酸化炭素分圧と海洋パラメーターの定量化に関する研究」(平成8~10年度)；世界各地でのモニタリングによって, 大気中の二酸化炭素濃度の上昇速度ははっきりしている。これに海洋の吸収速度に関するデータが加われば, 事態はいつそう明らかになるだろう。通産省工業技術院資源環境技術総合研究所と名古屋大学大気水圏科学研究所による上記の調査研究では, 区分された海域ごとに, 塩分と硝酸塩濃度から全炭酸濃度と炭酸アルカリ度を推定したものに化学平衡定数を加味して,  $\pm 5\%$  の精度で海洋表層における二酸化炭素の分圧が推定されている。
- 9) 山本健治：「風車とトロミロの木」, 倉敷芸術科学大学紀要第2号, PP.53-62 (1997)
- 10) 上山 弘：「地球ーその誕生と現在ー」, P.55, 裳華房 (1995)

## In Order to Consider Our Lives in Respect to Energy Consumption with Environmental Problems

Kenji YAMAMOTO

*College of Science and Industrial Technology,*

*Kurashiki University of Science and the Arts,*

*2640 Nishinoura, Tsurajima-cho, Kurashiki-shi, Okayama 712-8505, Japan*

(Received September 30, 2000)

Abstract : It is discussed how to instruct the knowledge indoors about an effect of carbon dioxide on global warming in students, or people in general. It is explained that our experimental way with the instrument is a simple and splendid one, and also the educational effect of the experiment is promising. Consideration is made about our lives in respect to the energy consumption with global warming and some other environmental problems.