

# 原発コストの謬説<sup>1</sup>

—資源エネルギー庁「原発のコストを考える」批判—

田中 史郎

## はじめに

原発に対するいわゆる「神話」に、「クリーン神話」、「安全神話」、そして「経済神話」があげられる。すなわち、原発は、たとえば火力発電と比べてCO<sub>2</sub>を排出せずクリーンであり、むろん「5重の安全の壁」に守られ安全であり<sup>2</sup>、そして資源の少ない日本にとってはとりわけ経済的だと言うわけである。

しかし、あの2011年の「3.11」以降、多くの人々にとって、それらは全て、文字通り「神話」であったことが思い知らされた。原発は、クリーンでも、安全でも、経済性に富んでいる訳でもない。何よりも福島原発は取り返しのつかない事故を起こし、大量の放射能を拡散させた<sup>3</sup>。そして、その事故処理には予想のつかない費用を要することは<sup>4</sup>、何よりも事実そのものである。そもそも本当の意味で事故処理は可能なのか、つまりグリーンフィールドに戻すことは可能なのか<sup>5</sup>、そうした疑問もつきない。

それにも拘わらず、資源エネルギー庁のサイトでは、いまだに「神話」を振りかざしている。それは、「原発のコストを考える」と題したページで、2017以来現在でも公開されている<sup>6</sup>。このページの内容は以下のようである。

1. 発電効率を比べてみよう
2. 発電コストを比べてみよう
3. 原発のコストはもっと高いはず？

みられるように、原発の特質を他の発電方法と比較して、原発のコストは低いことを導く構成になっていることがわかる。

だが、その内容に立ち入ってみると、①原発の燃料の重量、②原発の立地面積、③原発の設備利用率、④原発とCO<sub>2</sub>、の4つの問題の検討になっている。

以下、一つずつ吟味しよう。

<sup>1</sup> 本報告は、『フラタニティ』（ロゴス社、第15号、2019年8月、第16号、2019年11月）掲載論文「今になっても、原発コスト」（上、下）に基づき、加筆修正したものである。

<sup>2</sup> 「5重の安全の壁」とは、「燃料ペレット」、「燃料被覆管」、「原子炉圧力容器」、「原子炉格納容器」、「原子炉建屋」を指す。しかし、「3.11」でその全てが崩壊したことは言うまでもない。

<sup>3</sup> 福島原発事故により放出された放射性物質は多岐にわたる。国連科学委員会によると、例えば、セシウム137（半減期、30年）は、広島に投下された原爆によるセシウム137の量と比較すると、168.5倍に達したという。（「原発事故の放出セシウム、原爆の168倍 保安院公表」『朝日新聞』2011年8月27日）

<sup>4</sup> 政府・東電は事故処理費用を過小に報じている。日本経済研究センターの調査（2019年）によれば、その費用は、事故処理の完了が40年として、「40年で35～80兆円」に達すると試算している。同センターは、2年前には「50兆～70兆円」になる恐れがあるとしていたが、それに不確定な要素を含めるとともに修正した形だ。しかし、40年で事故処理が完了するとは考えにくい。そうだとすれば、費用はさらに拡大するだろう。<https://www.jcer.or.jp/policy-proposals/2019037.html>

<sup>5</sup> 小出裕章「福島第一原発「デブリ取り出しは不可能」と専門家 廃炉できないなら「『石棺』で封じ込めるしかない」（AERA dot、2022年3月7日）

<sup>6</sup> 資源エネルギー庁 <http://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/nuclear/nuclearcost.html>

## 1. 原発の燃料は少量で済む？

第1は、各燃料の**重量**に関してである。先の「原発のコストを考える」には以下のような文言がある。

「たとえば、100万kWの電力をつくりだしたいと考えたとします。原発を使った場合、100万kWの電力を生み出す原発を1年間運転したとすると、そのために**必要な燃料は21トン**です<sup>7</sup>。原発で使われる燃料はウランですが、天然ウランでは濃度が足りないため、濃縮させたウラン（濃縮ウラン）を使用します。／では、同じ規模（100万kW）の出力（電力量）の火力発電を、同じように1年間運転した場合にはどうなるでしょう。火力発電を動かすために**天然ガスを使った場合には95万トン、石油を使った場合には155万トン、石炭を使った場合には235万トン必要となります**」。

すなわち、同様な発電量を得るために、核燃料は、天然ガスや石油、石炭よりも少なく済むという。従って、原発では必要な燃料の重量が小さいため、経済的だというわけである。

しかし、このような重量の比較にどういう意味があるのか、呆れてしまう。石炭は採掘したままでかなりの部分は燃料として使用できるが、石油の場合にはそうはいかない。原油を井戸から汲み上げてもそのまま使用できる訳ではなく精製が必要であり、原油がすべてディーゼルやタービン用の重油になるわけではない。当然にも火力発電に使用される燃料は、原油の量よりも少ないことは言うまでもない。単純な比較には意味が無い。

だが、核燃料の場合には問題があまりに違いすぎる。自然界に存在する天然ウランは核燃料とはいわば別物である。採掘された天然ウランには、**ウラン238**が約99.3%、**ウラン235**が約0.7%含まれているが、核分裂を起こすウランは後者のウラン235である。天然ウランを原発燃料にするには幾多の行程を経て<sup>8</sup>、ウラン235の割合が3～5%程度になるまで濃縮して（**濃縮ウラン**）ペレットにし、さらに**核燃料棒**に加工することが必要である。

このような核燃料を製造する過程において、じつは完成した核燃料の**8万5000倍から9万倍**の放射性物質を含んだ**残土**や**不純物**そして**劣化ウラン**など「負の副産物」が発生する<sup>9</sup>。先の21トンの核燃料を得るには、なんとその重量は**190万トン**に達する（仮に、先の「30トン」説に従えば、負の副産物は**270万トン**となる）。最も非効率の例としてあげられた石炭とほぼ同様だ。ただ石炭とは異なり、放射性物質を含んだ負の副産物が生じるため、その扱いはきわめて厄介なものになる。21トンの核燃料と235万トンの石炭を比較するというのは、全くのナンセンスである。

こうしたことは、知られていることである。しかし、それにも拘わらず、あたかもウラン燃料がもっとも軽量で、したがってメリットをもつような説明は、あまりに酷いものである。

<sup>7</sup> 資源エネルギー庁や電力会社では、「21トン」（100万kW当りの使用核燃料）が公式見解のようだが、これまでは「30トン」といわれてきた。

<sup>8</sup> その行程とは、「採掘」、「精錬」、「転換」、「濃縮」、「再転換」、「成型加工」を指す。

<sup>9</sup> 日本唯一のウラン鉱山であった**人形峠**のその後も問題を抱えたまま。未だに「残土（ドラム缶で数百万本分）」は野ざらしのままである。（「使い捨て」にされたウラン鉱床跡 人形峠から福島見れば 『毎日新聞』2011年7月8日）

## 2. 原発は狭い面積で立地できる？

第2は、発電設備の敷地面積の問題である。「原発のコストを考える」には、以下のよう記述がある。

「**太陽光発電**でこれだけ（100万kW）の量の電力をつくるためには、**約58km<sup>2</sup>**の敷地に太陽光パネルを敷き詰める必要があります。...だいたい山手線の内側いっぱいの広さだと考えればわかりやすいでしょう。風力発電でつくる場合には、さらに214km<sup>2</sup>の敷地が必要となります。...どうしても敷地面積が広がってしまいます。／いっぽう、...**原発では、約0.6km<sup>2</sup>の敷地が必要です**」。

つまり、ソーラー発電や風力発電と比較すると、原発は立地面積が狭くて済み、面積の狭い日本では適格的だと言いたいのだろう。

しかし、この説も酷いものだ。確かに、ソーラー発電や風力発電ではかなりの面積を要するだろう。しかし、ソーラー発電の場合は、都市であったならばそのパネルをビルや家屋の屋根に設置することもできる。また、風力発電では、風車を海上に設置することも行なわれている<sup>10</sup>。このように、工夫の余地は多々ある。単なる面積の問題ではない。

また、なぜかここには**火力発電**との比較がない。火力発電と比べると、原発の方が広い面積を必要とするのだ。JERA(ジェラ)の**鹿島火力発電所**は、出力566万kWで敷地面積は1km<sup>2</sup>である。先の100万kWの原発と比較すると、火力発電の場合には、出力は5.7倍だが、面積は1.7倍で済む<sup>11</sup>。

さらにいえば、原発の場合、その立地の**半径30キロ圏**も避難訓練をしなければならない地域である。その避難訓練の対象とされる面積は、2,830km<sup>2</sup>に及ぶ。原発においては、**風力発電の13倍の面積が必要**だともいえよう。原発の立地面積が他の発電方式と比較して最も狭くて済むなどということは間違いである。どう考えてもこじつけとしか言いようがない。

## 3. 原発の設備利用率は高い？

第3は、発電設備の「設備利用率」に関してである。以下のように述べられている。

「たとえば**太陽光発電**は、夜間や雨・曇りの日などには発電できません。**風力発電**も、風が止んでいる時はもちろん、台風のような強風の時にも設備故障のリスクがあるため運転しません。**原発の平均設備利用率が80%**ほどになるいっぽうで<sup>12</sup>、再エネを使った発電では、**太陽光発電の場合は15%**ほど、日本の**陸上にある風力発電で20%**ほど、風況の良い**欧州の海上風力発電でも40%**ほどです」。

つまり、ソーラー発電や風力発電は「設備利用率」、すなわち効率性が低いというわけであろう。

---

<sup>10</sup> 巨大風力発電プラントは、陸上であれ海洋であれ、環境負荷の点からみて問題が無いわけではない。これまでのプロペラ型とは異なった小型の風力発電はすでに開発が進んでいる。

<sup>11</sup> <https://www.jera.co.jp/business/thermal-power/list/kashima>

<sup>12</sup> 日本の原発の設備利用率は、1975年から2010年までの平均で71.8%である（高度情報科学技術研究機構のデータ）。

ここでまず、「設備利用率」とは何かを簡単に整理しておこう。設備利用率は以下の式で定義されている。

$$\text{設備利用率} = \text{総発電量 (kWh)} / (\text{経過時間} \times \text{設備の出力 (kW)}) \times 100$$

たとえば、最大出力が 7000kW の太陽光発電設備があったとして、1 年間の実際の総発電量が 1000 万 kWh だったとする。その場合の設備利用率は以下のようになる。

$$\begin{aligned} \text{設備利用率} &= 1000 \text{ 万 kWh} / (24 \text{ 時間} \times 365 \text{ 日} \times 7000 \text{ kW}) \times 100 \\ &= \text{約 } 16 \text{ パーセント} \end{aligned}$$

「太陽光発電の場合は 15%ほど」というのはこの式に基づいている。確かに、ソーラー発電では、少なくとも夜間には発電が不可能であり設備利用率は下がる。また、風力発電では、風の状況によって発電量も変化することは言うまでもない。

ところで、日本では、水力発電と火力発電の設備利用率は、それぞれ約 25%と約 44%ときわめて低い<sup>13</sup>。水力発電や火力発電でも、定期的な点検のほか故障などによって、発電は停止することがある。こうしたことはほぼ全ての設備と同様である。しかし、それを除けば、ほぼ定格出力で運転が可能であり、設備利用率は理論的には原発よりも高くなる。というのも原発では、電気事業法に基づいて約 1 年に 1 回、原子炉を止めて定期検査を行うことが規定されており、長期の点検が行われているからである<sup>14</sup>。

だが、それにも拘わらず、水力発電と火力発電の設備利用率がきわめて低いのは何故か。水力発電や火力発電が長期にわたって点検や故障をしている訳ではない。そこには、当然の理由が存在する。

知られているように電力は需要に応じて供給を調整しなければならない。水力発電や火力発電では、供給電力の出力を調整するために運転を控えているのである。「3.11」前では、発電所の設備量（定格出力）で見ると、原発は全体の 18%しかないが、その原発が発電量では 3 割を超えていた。それは、原発の稼働率だけを優先的に上げ<sup>15</sup>、火力発電所のほとんどを停止させていたために他ならない。

「3.11」後、一旦は全ての原発が停止し、最近では数基の炉だけが再稼働した。その結果、火力発電の設備利用率は、2012 年度には 62%まで上昇したが、需要側のエネルギー効率化の進展と自然エネルギーの増加に伴い、それ以降は下降に転じ、2016 年度には 53%まで下がっている<sup>16</sup>。要するに、発電能力は余っているのであって、火力発電の設備利用率の低位での変動は、供給電力の調整によるものである。水力発電や火力発電の設備利用率の低さは、それらの技術によるものではない。

<sup>13</sup> 小出裕章[2010]「過剰な発電所と無力な原子力」 (<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/kouen/dent-05.pdf>)

<sup>14</sup> たとえば、東北電力のホームページよれば、定期点検期間は以下のものであった。2007 年は 151 日、2008 年は 145 日、2009 年は 118 日（実際の作業に期間はこれよりも短いようであるが...）。いずれにしても毎年 100～150 日以上は点検に費やされている。これを前提とすれば、設備稼働率は、最高でも 59～73%と言うことになる。先の「原発の平均設備利用率が 80%」というのは、かなり「盛った」値であろう。[http://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/higashi/data/4\\_d.html](http://www.tohoku-epco.co.jp/electr/genshi/higashi/data/4_d.html)

<sup>15</sup> 周知のように、原発は出力調整が難しく、変動する需要に対応することができないので、そのようにせざるを得なくなっている。その意味でも原発は厄介者である。

<sup>16</sup> 自然エネルギー財団[2017]「日本における石炭火力新增設のビジネスリスク」

#### 4. 原発は地球温暖化防止に寄与する？

第4は、CO<sub>2</sub>ないし地球温暖化の問題に関してである。以下のような文言が「原発のコストを考える」にある。

「(火力発電では) 原発ではかからないコストである **CO<sub>2</sub>対策費が、社会的費用としてかかっている**」。

つまり、原発はCO<sub>2</sub>を排出しないので、クリーンであると共にCO<sub>2</sub>対策コストも低くて済むと言いたいのだろう。いわゆる原発のクリーン神話の類いに他ならない。

しかし、この論理も2つの点で成立しない。というのは、その1つとして、確かに原発の場合、発電には酸素を必要とせず二酸化炭素も排出しないが、問題はそれで済まない点にある。原発が完成し稼働する際には、「燃焼」ではなく「核分裂」によるものなので、二酸化炭素を放出しないものの、核燃料や原子炉、そして建屋を作るに当たって、また、使用済み核燃料を処理し長期にわたって保管する際に、莫大なエネルギーが消費される。そのそれぞれの過程において、大量の二酸化炭素が生成されることは知られている<sup>17</sup>。原発は、核分裂のみで完結するわけではないのである。

そして、その2つめは、原発は直接的な**廃熱**を放出している点で、大きな環境負荷を与えている点である。日本では原発は全てが海に面して立地しているが<sup>18</sup>、それは冷却水の確保のためである。日本原子力研究開発機構の資料によれば、温排水は100万kWの原子力発電所の場合、**1秒間に70トンの海水の温度を「7℃上昇」させる**という<sup>19</sup>。というのは、原発の熱効率は30%弱であり、40~60%の熱効率を達成している火力発電と比較すると<sup>20</sup>、「廃熱」の量があまりに多い<sup>21</sup>。これらは全て外部の環境に放出される。したがって、原発は地球の温暖化に対して環境負荷が少ないということは到底できない。原発がクリーンであるというのは神話に過ぎない。

#### 5. まとめ

資源エネルギー庁は、以上のような4つの理由をあげ、それらを前提として原発の発電コストは安価であると結論的として主張している。そしてさらに、「3.11」の事故の処理費用を含めても安価だという。事故処理費用が「**1兆円増加した場合には1kWhあたり0.01円~0.03円**」の増加となり、やはり他の発電方式と比較すると最も安価だということは変わらないという。そして原発によるエネルギーコストを1kWhあたり10.1円であるとしている。この値は、甚だ恣意的なもので、1kWhあたり11.98円というデータもすでに示され

<sup>17</sup> もっとも、原発の一生（プラントの建設から廃炉まで、そして、ウラン鉱の試掘から燃料棒の製造および使用済み燃料の最終処理まで）において、どの程度のエネルギーが使用されCO<sub>2</sub>が排出されるかの定量的な資料は発表されていない。

<sup>18</sup> 海から遠い場合には、大きな川の畔が立地場所となる。いずれにしても冷却用の水は不可欠である。

<sup>19</sup> 日本原子力研究開発機構「原子力百科事典」 <https://atomica.jaea.go.jp/list.html>

<sup>20</sup> 未だ実験段階だが、「トリプルコンバインドサイクル」では、熱効率75%が可能だという。三菱重工[2011]「究極の高効率火力発電、トリプルコンバインドサイクルシステム」  
<https://www.mhi.co.jp/technology/review/pdf/483/483016.pdf>

<sup>21</sup> 先の「原子力百科事典」には、「原子力発電所からの温排水の利用」という項目がある。原発は、一方で地球温暖化に加担しないのでクリーンと言いながら、他方でその温排水の利用を宣伝するのは、不可思議なことであろう。

ている<sup>22</sup>。1kWhあたりの値なので、大差が無いように見えるものの、率からいけば19%程度の増加であり、無視し得ない。

ここで、エネルギーコスト計算の内容を吟味することは控えるが、吉岡斉の次のような指摘は的を射ている。「政府・電力会社は原子力発電が火力発電・水力発電などと比べて経済性に優れていると主張しているが、この主張は曲芸的である。もし、原子力発電の経済性が優れているならば、政府が支援する根拠がなくなる…。この主張は政府支援の正当性を自ら否定するものである<sup>23</sup>」。この論理は明確だ。

もし、原発が本当に経済的ならば政府が電力会社に税金を投入する必要はないし、反対に、電力会社に資金が必要だということは原発が経済的ではないことを示している。一方で原発に税金を投入しつつ、他方で原発はコストに優れているというのは「曲芸的」というほかない。

以上、資源エネルギー庁の掲げる「原発のコストを考える」を批判的に検討してきた。見られるように資源エネルギー庁は自ら問題を設定したにも拘わらずその回答が嘘と誤魔化しに終始している。言い換えれば、回答が出鱈目であるとともに、設定された問題自身も恣意的である。いずれにしても謬説に他ならない。

それにしても、今になっても、原発コストが安価だと主張する厚顔無恥ぶりには憤りを乗り越して呆れかえるほかない。とはいえ、謬説が喧伝される限りこのような批判は絶えず行われるべきだが、より前に進まなければならない。原発神話を粉碎するとともに、原発後の社会やそのあり方を模索することが不可欠であろう。

### 【補注1】 原発と二酸化炭素

すでに見たように、原発はCO<sub>2</sub>を輩出しないので地球温暖化防止にも寄与する、というような議論がある。いわゆる原発のクリーン神話（低環境負荷性）である。

しかし、この原発の低環境負荷性にかんしては3つの点で疑問である。

まず、第1に大前提として、CO<sub>2</sub>と放射能では毒性が異なる点である。前者、CO<sub>2</sub>は動植物にとって無害であるうえ、緑色植物にとっては必要不可欠である一方、後者、放射能はあらゆる生物の遺伝子を傷つける猛毒である。環境負荷性を考える場合には、この点をまず考えなければならない。

その上で第2に、確かに原発の場合、発電には酸素を必要とせずCO<sub>2</sub>も排出しないが、問題はそれで済まない点にある。原発が完成し稼働する際には、「燃焼」ではなく「核分裂」によるものなのでCO<sub>2</sub>を放出しないものの、①核燃料の採掘・加工や、②原子炉・建屋の建設に当たって、また、③使用済み核燃料を処理（例えばガラス固化体にする）し超長期（万年単位）にわたって保管する際に、さらに④放射性物質を含む原子炉・建屋の解体などに、莫大なエネルギーが消費される。そのそれぞれの過程において、大量のCO<sub>2</sub>が生成されることは知られている（ただ、原発の一生（全過程）で定量的にどの程度のCO<sub>2</sub>が排出されるかについての資料はない）。原発は、核分裂のみで完結するわけではないの

<sup>22</sup> 原子力資料情報室[2017]「電源別発電コスト試算－2015年発電コスト検証ワーキンググループの計算に基づく－」

<sup>23</sup> 吉岡斉[2011]『原発と日本の未来』岩波書店

である。

そして、第3は、原発は直接的な廃熱を放出しているので、大きな環境負荷を与えている点である。全ての原発は海（あるいは河川）に面して立地しているが、それは冷却水の確保のためである。再提示すれば、日本原子力研究開発機構の資料によれば、温排水は100万kWの原子力発電所の場合、1秒間に70トンの海水の温度を「7℃上昇」させる（『原子力百科事典』<https://atomica.jaea.go.jp/list.html>）。というのも、原発の熱効率は30%弱であり、40~60%の熱効率を達成している火力発電と比較すると、「廃熱」の量がきわめて多い。これらは全て外部の環境に放出される。

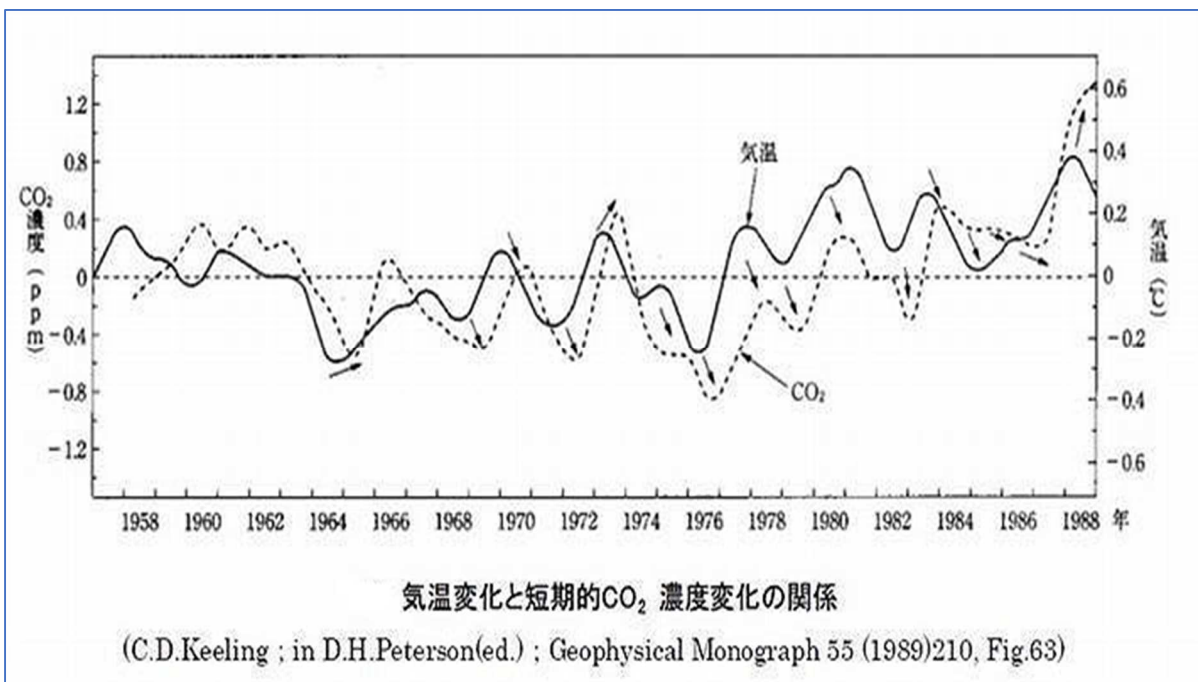
したがって、原発は地球の温暖化に対して環境負荷が少ないということは到底できない。なお、先の『原子力百科事典』では、「原子力発電所からの温排水の利用」という項目があり、そこでは温排水が魚類の養殖に利用されるとの説明がある。原発は、一方で地球温暖化に加担しないのでクリーンと言いながら、他方でその温排水の利用を宣伝するのは、不可思議なことである。

以上によって明らかなように、原発は地球温暖化防止に寄与するということは成立せず、原発がクリーンであるというのは神話に過ぎない。

## 【補注2】二酸化炭素と地球温暖化

ところで、地球温暖化とCO<sub>2</sub>の関係についても触れておこう。

言うまでもなく、一方では地球の温暖化は進み、他方ではCO<sub>2</sub>の濃度が上昇している。そうした状況において、通説では「人為的にCO<sub>2</sub>の濃度が増加したので、地球が温暖化した」（CO<sub>2</sub>先行温暖化説）と言われている。しかし、その反対の説もある。つまり、「何らかの理由で地球が温暖化したので、CO<sub>2</sub>の濃度が増加した」（地球温暖化先行説）というわけである。



その際の有力なデータが上のキーリングが示したグラフである<sup>24</sup>。注意深く見れば明らかのように、気温の上下の変化が先に起こり、その後、若干のタイムラグをもってCO<sub>2</sub>の濃度が増加している。つまり、これまでの通説であるCO<sub>2</sub>先行温暖化説とは因果関係が逆になる。海中に存在するCO<sub>2</sub>の量は、大気中のおよそ60倍に及ぶと言われるが、気温・海水の温度変化によって、CO<sub>2</sub>の濃度が増加したという説、つまり地球温暖化先行説が正しいものとなる。もっとも、気温と大気中のCO<sub>2</sub>濃度の関係は数年間の時間の中で生じるので、数年間の移動平均をとる必要があり、上のグラフでは不十分との指摘もある<sup>25</sup>。

しかし、こうした指摘一つをとっても、通説である「CO<sub>2</sub>先行温暖化説が正しいとは断定できない」ことは明らかである<sup>26</sup>。

そうだとしたら、われわれはどのように対処すべきだろうか。

地球温暖化のように環境に深刻な回復不能な被害を及ぼすおそれがある場合には、因果関係が科学的に十分に証明されていなくても、予防的な措置をとるべきであるとする考え方に立つべきではなかろうか。こうした考え方を一般的に**予防原則 (Precautionary Principle)**というが、化学物質や遺伝子組換えなどの新技術などに対しても同様である。

物理学的（科学的）に「科学的真理」に到達できず定説を支持できるかどうか保留するとしても、そのまま手をこまねいていても良いとは限らない。科学的真理やことの因果関係の研究に注力・注視しつつも、予防原則の観点に立ち通説の立場からの活動を支持することが必要であると考えられる。

---

<sup>24</sup> C.D.Keeling *et al.*:*Nature*375(1995)。本グラフは、エントロピー学会『えんとろびい』（60号、2007年7月）から転載した。

<sup>25</sup> 前掲、『えんとろびい』（60号）。

<sup>26</sup> 2007年3月に鹿児島で開かれた物理学会で、「温暖化現象を巡る諸説に関する物理学的な立場からの検討」というテーマでシンポジウムが開かれた。そこに参加した矢吹哲夫は以下のように述べている。「物理学会のシンポジウムでのパネルディスカッションから得た印象として、榎田氏が指摘するように、異説に譲（うなず）かせる論拠は、判断しかねるとは言えいくつも提出されているのに、定説を支持する測定データが提出されていない（少なくとも本著者が調べた限り、理論モデルを別にして測定データに立脚した論拠は見出していない）。現状では、物理学的な立場として定説を支持する確信をもつに至ることはできない。」（矢吹哲夫「地球温暖化を巡る議論に関する物理学的な立場からの考察」、前掲『えんとろびい』60号）