

大気環境について考える

A View of Atmospheric Environment

田 中 郁 三*

Ikuzo Tanaka



資源、エネルギー、環境とこれらの課題は地球に生息している我々にとってもっとも重要なものであろう。

エネルギー・資源学会が、この分野の基礎的研究から始まって、生産開発、環境保全等の技術的な面からの解決、社会・経済の面からの考察、政策的な判断など種々の意見を述べてきた。

最近ではエネルギーを消費するとき石油、石炭、天然ガスの燃焼によっても、また原子力を用いても、環境に対する影響を第一義的に考えるようになった。そこで大気環境を中心に若干考えてみたい。

大気環境が強く叫ばれるようになったのは、四半世紀前の光化学スモッグである。自然的要因よりも人為的要因が大気環境を悪化させる一つの典型的な実例であった。夏に都会でスモッグの発生からまたオゾンの臭いも各所でみられた。光化学スモッグの発生の因果関係を解明しようと世界的に研究が始まった。光化学者がもっとこの分野で活躍すべきだと叫ばれたものである。

幸いこの因果関係を解明するのに適した強力なツールを科学者はもつこととなる。他の分野で発明されたレーザーの出現である。対流圏や成層圏で室温程度の温度で反応が進行するにはラジカルと分子との反応が主体となっている。ラジカル測定にはレーザー分光によって可能となったとあってよい。例えばOHラジカルがレーザー分光によって検出・測定され、OHが大気中の反応において重要な役割をしていることが判明した。

レーザー技術の発展等により、観測方法—モニタリング—が飛躍的に向上した。光化学スモッグの因果関係の解明から、オゾン層の形成と減少現象についての研究が開始された。またそれと平行して地球の温暖化問題がにわかに地球の危機として注目をあび、二酸化

炭素を中心としてメタン、オゾン、亜酸化窒素等の長期的濃度変動が測定されるようになった。

大気環境について、それに関与している一つ一つの反応系をくわしく解析しただけでは、全体を理解することはできない。それは一つ一つの反応系が複雑にからみあっているからである。丁度バイオサイエンスとテクノロジーの研究と似ている。

そこで将来に向かって、大気環境についてどう研究を進めていくかを現状から考えてみよう。

昨年度の環境白書にうたわれたように、環境と共に生きるための新しい理念、新しい責任として、持続可能な発展という原則にたつ必要がある。その基本的なところは人間の活動の環境への影響が大きくなり、地球の空間的な広がり、将来の世代にわたる時間的な広がりのおかげで、将来の環境保全への新たな枠組みを目指さなければならない。

この立場を大気環境に対してとるとすると、地球大気環境を常に監視する必要がある。いわゆるモニタリングである。モニタリングは地上においてばかりでなく、最近では衛星などによる遠隔計測によって、大気を形成している大気成分の測定を行っている。計測に関しては、その進歩はいちじるしく、マイクロ波吸収、赤外吸収をはじめレーザー分光による種々の測定法が用いられている。

現在例えばClOラジカルの衛星観測ではミリ波分光が用いられ、航空機観測では $\text{ClO} + \text{NO} \rightarrow \text{Cl} + \text{NO}_2$ の反応を利用してCl原子の共鳴発光で測定を行っている。低濃度のNOの測定は二光子吸収によるLIF法(レーザー誘導蛍光法)で行われており、OHの測定もLIF法で、 HO_2 は $\text{HO}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{OH} + \text{NO}_2$ の反応を用いてHOのLIF法で測定されている

これらの測定値によって、起っている反応系のモデリングをつくり、モデルが正しいかどうか、また将来どのような大気成分になっていくかの予測をたてることができる。モデリングとして流体力学や気象に關す

* 学位授与機構 機構長

〒226 横浜市緑区長津田町4259

る物理課程および光化学、ラジカルの反応の化学過程を含んでつくられる。

モデリングをつくるのに、モデルに合致する多くの反応式によって構成される。反応式の相当部分はラジカル反応であって、このモデリングが正しいかどうかはラジカルの定量的な計測とラジカル反応の正確な反応速度の値を正確に与えているかどうかによる。勿論基本的にはとりあげた反応式が適切であったかによるわけである。前述したように大気環境を与えている反応系は複雑に入り込んでいるので、これを全体として解明した或いは理解したとなるには、将来の研究の発展にまたねばならない。

ここに一つの実例としてオゾン層についての生成・消失の問題をとりあげてみよう。

オゾン O_3 が酸素のみの系中にあれば、生成・消失は O_2 の光分解で生じた酸素原子 O が O_2 と反応して O_3 が生成する。また $O_3 + O \rightarrow 2O_2$ の反応は O_3 の消失となる。しかし成層圏において酸素以外にオゾンを壊す反応は主として次のようなものがある。

OH-HO系、NO-NO₂系、Cl-ClO系（及びBr-BrO系）の反応系である。

これらにもとづいてモデリングがつけられ、Cl-ClO系の源を与えるクロロフルオロカーボン（CFCと略されている。日本では簡単にフロンと呼んでいる。）の生産を規制することになったのはよく知られている。

これらの系が成層圏でどのような役割をしているかをさらに正確にきめるためにはどうすればよいだろうか。上記の6つのラジカルは幸い全部直接測定ができるようになった。そこで同時にラジカル濃度の時間的変化を測定して、モデリングの正しさを確かめることができる。

OH, HO₂, NO, NO₂, ClO, BrOの6つの同時測定によって、 O_3 の消失にこれらのラジカル同志は互いに関係をもちながら働いていることが判る。またHO₂と O_3 との反応が消失にもっともきいていること

(~50%)も判明した。

また他の実例として地球温暖化について考えてみよう。よく知られているように太陽からの放射が地表に到達し、逆に地表から放出される赤外部の放射は大気中に存在する微量成分により一部吸収する。その微量成分のうち主として人間活動により、長期的に増え続けていることが観測されたのは二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、オゾン、フロン類である。

温暖化に大きく影響すると考えられる水蒸気はローカルには人間活動に僅かに影響を受けたとしても、地球規模で考えてみれば、その濃度は気候システムによって支配されている。それに反し上記の気体は人間活動と共に18世紀から現在にかけて大きく増加した。

二酸化炭素については化石燃料の燃焼や森林破壊によって大量に放出され、その大気中での増加は確実に起っている。しかし定量的には明確になっていない部分があり、大気に放出された二酸化炭素の半分程度はどこに蓄積されたかははっきりしていない。事実1991年から1993年の間では大気中の二酸化炭素の増加はゆるやかとなっており、1993年から又、増加速度が高くなっている。

メタンの増加は人為的要因が大きいと考えられている。ただ二酸化炭素と異なる点は、二酸化炭素が化石燃料の燃焼など直接的な人間活動に対して、水田、家畜など人間活動にかかる嫌気性発酵によるものである。

温暖化にかかわる他の気体に関しても、その正しいモデリングを与えるためには、今後多くの研究がなされなければならない。化学に限っても、氷などの表面での反応、エアロゾル中の反応など、多相系のもとの反応の研究を進める必要がある。さらに化学、地球物理、生物などの総合的な学問領域の研究者の協力が必要である。最後にこの大気を含めて地球環境に対処するための努力が、基礎的研究の飛躍的な発展を促していくと信じている。