

トロールできるという点です。

この点から考えると、メソスケールの気象現象は、例え同じ監視・予報が行われたとしても、現象そのものに影響を及ぼす因子を制御することが実現するかどうか難しいと考えられます。むしろ、先ほどの新野先生のご講演の中で述べられていたように、いろいろな観測網ができて常時観測し、それを皆に伝えるシステムを積極的に整備して、防災という視点から気象学が貢献できるようにすることが望ましいのではないかと考えます。

もち論、中小規模の気象を人工的に制御できないか、という長年の問題も21世紀の気象学の重要な目標だと思います。個人的見解を述べますと、集中豪雨が起るような潜在不安定な状態がある時、人工的なトリガーによって都合の良い場所で雨を降らせることができないうか研究する必要があると思います。都市の水害を防ぎ、貯水池の水量を増やせば一石二鳥というわけで、これは温暖化により降雨が不安定になると予測される21世紀の大きな問題ではないかと思っています。

201 (大気化学)

## 7. コメント 2

秋元 肇\*

最近、21世紀の学問を考えるということがあちらこちらで行われているのではないかと思われませんが、気象学の21世紀を考える上で、参考になることも多いかと思しますので、私自身の出身でもある化学の分野において昨年開かれた、「21世紀の化学のグランドデザインを考える」と言うシンポジウムの内容を最初にご紹介します。

今日のシンポジウムの若い方の話を伺っていると、化学より気象学の方が、20世紀の学問から21世紀の学問に脱皮するのが比較的うまくいくのではないかという印象を持ちました。脱皮に脱皮を重ねることによりうまくソフトランディング出来そうに思われました。それに比べて化学の方はもっと深刻な状況です。それは、化学の世界では20世紀において、物理化学、有機化学、無機化学などの各分野において、これこそ純粋な化学だという非常にがっかりとしたものがあつたからです。

物理化学では量子力学をベースとした分子化学(モレキュラーサイエンス)、有機化学では、有機合成化学という具合に、これこそが化学の神髄であるという部分がありました。その上で、その周辺に生物化学、生命化学、材料科学、宇宙科学、地球化学、大気化学、海洋科学、環境化学が配置されていた訳ですが(第1図)、こういうものはすべて純粋化学のアプリケーションに過ぎないという見方がずつとなされてきました。

ところが今21世紀になってみると、どうも今まで20世紀にやってきた化学の核になると思われていた部分はもう終わりではないかということが、非常な実感として多くの人に感じられるようになってきました。そういう意味で化学の中には今、学問的閉塞感とか、若い人の未来喪失感とか、極端な事を言うともそういう気分がかなり漂っているように思われます。

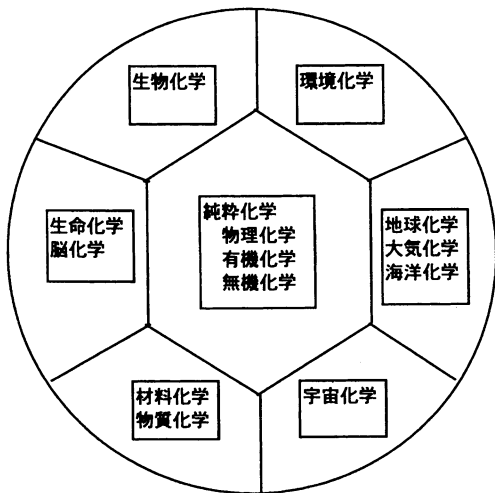
それを抜け出すにはどうしたらいいかを討論しようということで、21世紀の化学のグランドデザインを考えるというシンポジウムが開催された訳です。その中で、これからの化学は材料化学や物質化学の基礎としての“メゾスコピックの化学”(メゾとは気象学で言うメソで、マイクロとマクロの間という意味)、自己組織化、生命・生物の化学、それから物質循環化学(環境化学、大気・海洋化学)、こういったものがむしろ化学の中心を担うことになるのではないかということが話題となりました。それらと伝統的な化学とが一緒にせめぎあう中で21世紀の化学ができていくのではないかというような議論がなされ、討論が行われました。

そして、それらをまとめて1つの“システム科学”と呼ぶべきではないか、という視点が出てきています。“システム”という言葉は、気象学の分野では例えば気候システムというように、これまで普通に使われてきているのですが、化学の分野では、この“システム”というのは非常に新しい概念です。

では、このシステムとは何かということですが、システムとはいくつかの要素からなり、その間に相互作用とフィードバックが存在する世界です。その対象と

\* 地球フロンティア研究システム。

© 2002 日本気象学会

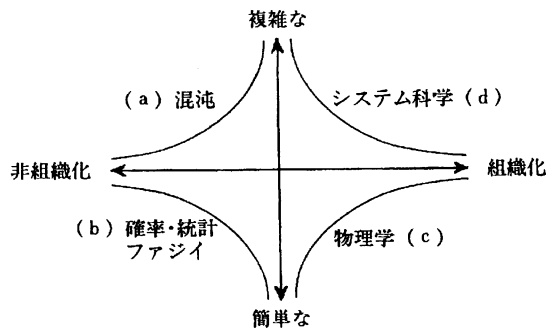


第1図 20世紀の化学の構造.

する世界は非常に複雑かつ組織化されたものであるとも言われます。これを非常にわかりやすく説明してくれたのが、元国立環境研究所所長の市川先生で、「世界認識するシステム科学」という著書の中で、第2図のような概念図を示されています。縦軸が複雑なもの、簡単なものの軸、横軸が組織化、非組織化の軸で、そのような分け方で物事を考えるというのです。そうすると、システム科学というのは、複雑なもの組織化を結ぶ次元にある物事を対象とする世界として位置付けられます。また、複雑なもの非組織化を結ぶもの、この世界は“混沌の世界”、“カオスの世界”です。それから非組織化と簡単な次元にあるものはいわゆる“確率・統計ファジイ”というような分野となります。簡単なものと組織化とを結ぶと、これが従来の“物理学”です。そして、複雑で組織化されたものを扱うのが“システム科学”であると言う訳です。

気象学というのは、物理学の分野の中ではもともとかなりシステム的なものの捉え方をしていたと言えます。21世紀に新たに問題になってきているのは、本日、中根さん、伊藤さん、山中さんがお話されたような地球システム科学としての気象学の分野だと思われま。気象学というのは、もともとシステムとして物事を捉える学問分野の1つとして存在しており、要素を少しずつ広げながら発展してきた、そういう性格を持っているのではないかという印象を持っています。

最初は物理学の中だけでのフィードバックが考えられていたところへ化学が入ってきました。例えば、温室効果ということを見ると、気候変化という物理的



第2図 システム科学の位置づけ(市川淳信, 1990: 世界認識するシステム科学, 三田出版社より).

変化を生ずる原因として、物質の化学的性質の1つである赤外線吸収というもの重要な意味を持っています。また、オゾン層破壊というのは、大気力学という物理と光化学反応という化学とを結ぶ軸のあたりにある、システムとしての科学です。

そこにさらに大きく加わってきたのが、生物というコンポーネントです。例えば、気候が変動すれば生物の生態系が変わりますし、水循環に対しては植物が非常に大きな働きをしています。また、対流圏のオゾン、酸性雨は大気汚染、大気質変化として直接生物に影響を与えます。CO<sub>2</sub>、メタン、N<sub>2</sub>Oなど問題も、こうした相互作用が重要となる世界です。伊藤さんの話にあったような、化学種の生物と大気とのやりとり、山中さんの話にあったような海の中での栄養塩や鉄、DMSなどの生物とのやりとり、こういった研究分野が段々広がってきているのだと思います。

ここで生物まで含めたすべてを気象学と考えるかどうかで、この学問の懐の深さが試されていると言って良いのだと思います。気象学会でこういうものを含めた発表がどんどんなされているということは、気象学にとっては非常にプラスであり、将来に対して明るい材料であると思います。一方、化学の世界でこういうものを含めたものを持っていても、なかなか相手にしてもらえない、というところがあります。そういう意味では21世紀といっても、これらが本当に一体になった学問ができるまでにはまだ20年、30年かかるのではないかと思います。しかし、そのころになると、現在先導的、試行的になされているこうした考え方が、1つの学問の流れに沿っていたんだということがはっきり認識されるようになるのではないかと私は確信しております。