

# 将来の化学技術を考えるための5つの規準



Makoto MISONO 御園生 誠 独立行政法人製品評価技術基盤機構

## はじめに 規準の必要性

化学こそセントラルサイエンスだとの主張がある一方、化学の存在感が薄くなったと懸念する人もいる。オランダ化学会は2030年の化学を予測したが(2003)、それによると化学の領域は広がるけれども薄まって、「化学」は次第に見えなくなるという。カリキュラムにおいても化学という科目はなくなるとある。このように、いろいろな見方があるが、「化学」の存在意義は、どれだけ独自の原理と方法論を有し、社会にとってどれだけ有益であるかによって、決まるであろう。

本論では、化学技術の将来を考察する場合に不可欠な前提と規準(併せて規準という)を資源、エネルギー関連を中心に提案したい。当たり前ともいえる規準を提案する理由は、科学技術の果たす役割も社会が科学技術に寄せる期待も大きいのに、科学技術政策を論議する場で、規準を軽視した不健全な技術評価や利益誘導型のご都合主義が横行していて技術の行方に不安を覚えるからである。「不確実性の大きい中でいかに定量的な論議をして合理的な結論を出すか」がポイント。資源、食糧、環境、安全等が問題となっている今、化学技術の出番は多いはず。その際、規準に沿った適切かつ柔軟な選択をすれば、これらの問題の解決に貢献する化学技術として大切な役割を果たせるものと考えられる。そうでないと社会の信頼を失うであろう。

## 5つの規準

### 1. 地球システムの熱力学。循環、持続、定常

孤立系のエントロピーは増加するという熱力学の法則が変化の方向を規定する。地球が概ね秩序を保っているのは、太陽から質の高いエネルギー(低エントロピー)を得て、劣化したエネルギー(高エントロピー)を宇宙に放出する非孤立定常系だからである。地球には同様の多くのサブシステムがある。人間が食糧等を摂取し排泄しながら定常状態を維持しているのもその

一つである。二酸化炭素の排出量の増加は、人間活動に必須なエネルギー消費が大本にあるので悩ましい。

持続とは不変のことではない。地球は長い間に大きな変化をし、人間も自然を加工してきた。問題とすべきは、どう変えるのが良いかである。社会にとっての目的は、「快適な生活」の持続であり、資源循環(再利用)はそのための一手段である。自然に存在する多くの循環は太陽エネルギーが駆動力だが、循環型社会という廃棄物の強制循環は当分化石系エネルギーが駆動力にならざるを得ない。技術評価にとってエネルギー、物質収支がとりわけ問題となる理由である。

### 2. 時間軸と空間軸。リスクシナリオと南北問題

地球の気候が比較的安定してからすでに約1万年。未来の技術のあり方を考察する場合、いつ頃のことを考えるか、つまり、時間軸を明確に規定しないと議論が発散してしまう。人口の動向を含め、各種リスクの大きさと緊急度の判断(リスクシナリオ)は、技術開発の優先順位と時間軸(ロードマップ)を決める上で欠かせない。リスクシナリオとは、地球温暖化よりもエネルギー・資源供給のリスクが先に問題になるとか、それより前に肥大した技術の安全性が問題になるなどである。いずれも大事な技術課題だが、時間軸を考えて順序よく対策を進めるべきである。

地域格差は空間軸にかかわる例である。国内でも問題だが、所得格差がいまだに拡大し続けている地球規模の南北問題は大きな問題である。先進国では、食糧が余って捨てたり燃料に変えたりするが、食糧不足で飢えている人々が途上国には大勢いる。他の資源も似た状況にある。生活水準の向上と環境負荷の増加を分離できるか否かを問う「環境クズネッツ曲線」の視点に立つと、南北問題は看過できない先進国と途上国の共同作業を要する課題であり、その解消は時間軸にかかわる。

### 3. 部分と全体。総合的評価の必要性

「全ライフサイクルを考えるとどうなるか」と「全体

に占める割合がどの程度か」という二つの意味がある。都合のいい例だけで話を作って評価するご都合主義を排除するには、定量的なLCA（ライフサイクルアセスメント）に頼らねばならない。ところが、LCAも条件やデータの選び方で結論が簡単にひっくり返ることがある。したがって、実データに基づいた信頼性の高いLCAを実施するしかない。新エネルギーや廃棄物リサイクルの評価には、せめて国家プロジェクトの実験データはすべて公開し、それらを基礎に質の高い（そして、仮定や不確かさの所在を明示した）LCAを実施したい。グリーンケミストリーも同様である。

第2の意味の「部分と全体」に関連する例だが、我が国で普及している太陽光発電が全エネルギーに占める割合は0.1%程度であり、コストはまだまだ高い。新自然エネルギーにはいずれも同様の問題がある。量の質への転化、つまり、0.1%か10%かで意味が全く違うこと、を認識しておく必要がある。次項の規準を考えると、これらは時間をかけて開発し、少なくとも21世紀前半はもっと早くエネルギー技術に注力する方が賢明である。

#### 4. エネルギー・資源技術の判断規準

新旧エネルギー・資源技術（省エネ・省資源も含む）は、不確か性の中でもしっかりした定量的論議をすべきである。まず、時期、量、経済性の三つの尺度で評価せねばならない。いつ頃、どの位の量を供給できるかを推定せねば話は始まらない。コスト評価（その将来予測）も不可欠で、ある程度のコスト高は許容するにしてもコストがかかり過ぎては社会が負担しきれない。また、労働力は当面コストで評価するしかない。さらに、使いやすさ、環境調和性、安全性が問われる。これらを検証しつつ、時間軸を誤らずに適切な技術を開発することが肝要である。

海水中ウラン、生活廃棄物、廃材のように大量だが希薄な資源の利用は大量のエネルギーを要する。また、一次エネルギー需給予測は不確か性の高い例だが、21世紀中盤までは化石燃料と原子力が主力というのが大方の見方。なお、原油は、価格>>採掘コストであり、価格高騰の原因は、投機>需給>>資源供給限界である。

以上の観点からすると、バイオや新自然エネルギー技術は取捨選択しつつ時間をかけて育て、化石燃料の開発・利用技術、安全な原子力技術の開発をより急いで進めるべきであろう。

#### 5. 安全と環境

技術にとって、有用性と安全性は車の両輪である。

「化学物質」〈広義〉は生活の隅々まで普及し役立っているが、使い方を誤ると健康や環境に危害を生じる。「化学」の専門家にとって、化学リスクの考え方を正しく理解し、技術評価にあたってリスクの評価と軽減の努力をすること、そして、適切な知識を社会に発信していくことが責務である。この意味で、生命科学、安全工学に関する「化学」の重要性が増すであろう。

また、多くの事象が錯綜し、互いに干渉している現代では、多面的な考察が必要で、トレードオフ関係を忘れて短絡的に結論を出すとか（局所的な改善・代替策がかえって悪影響をもたらすことがある）、あるいは、ケースバイケース問題をなおざりにして不用意な一般化をするとか（ある場合に良くても類似した別のものは悪いことがある）は避けねばならない。

#### おわりに

以上のほかに、社会、経済、政治との関連、さらに倫理性の問題がある。倫理については、日本化学会、日本学会会議の行動規範や行動指針を参照していただきたいが、上に述べた規準を無視して技術を語ることは倫理にもとることになる。

いうまでもなく、多くの問題は先・中進国の大量消費に起因する。大量消費からの脱却のため、効率向上、リサイクル、節約が試みられ、ライフスタイルや価値観の転換、さらに、そのための教育も叫ばれるが、全体を見ると、高速化、大量化が一層進み、総消費量は増え続ける。例えば、省エネ家電が普及しても家庭の消費電力が、IT化が進んでも紙消費量が急増している。どうしたら破綻する前に方向を転換できるのか真面目に考え続けたい。元素・化学結合の個性を活かす物質科学・技術である化学・化学技術が、以上の規準に沿って健全に発展し、時代の要請（方向転換）に応える学術として輝き続けることを期待する。

御園生誠、化学と日本化学会の責任、化学と工業、57 (3), 171 (2004).  
御園生誠、環境・健康・安全と化学の課題、化学と教育、53 (11), 588 (2005).

©2007 The Chemical Society of Japan

ここに載せた論説は、日本化学会の論説委員の執筆によるもので、文責は、基本的には執筆者にあります。日本化学会では、この内容が当会にとって重要な意見として認め掲載するものです。ご意見、ご感想を下記へお寄せ下さい。  
論説委員会 E-mail: ronsetsu@chemistry.or.jp