

安全神話の崩壊と分析化学の役割

四ツ柳 隆夫

1 はじめに

限りあるこの地球上で暮らす人類にとって、安全の確保こそが多様な生き方を可能とし、その結果生み出される生きがいの創造の基盤をなすものであって、最も大きな価値を持つものとなってきた。

生物としての人の危機管理は、五感による情報取得と脳による判断に依存している。情報と知識に基づく予知 (prediction) と統御 (control) によって、生活環境の安全を確保している。すなわち、“prediction and control”こそが、現代社会の安全の基盤である。「日本は世界一安全な社会を築いた」という思い込みを「神話」と表現すると、神話の正体とその崩壊に該当するものは如何なるものであろうか。

2 神話の正体

気が付いてみれば、現代人は極めて人工的な空間に住んでいる。そして、それを支配している基盤は、もはや自然科学ではなく、人工科学というべき論理体系の基盤の上で生活し、人工物を製造して生活している。

そのような目で見ると、地震等の自然の力への対応の油断 (社会資本、コンクリート構造物など)、国際社会への対応の油断 (貧富の格差の拡大がもたらす歪のエネルギーのはらむ危険と、戦争からテロリズムに至る、核兵器の拡散から化学兵器や生物兵器に至る危険)、商習慣・社会習慣を含む職業倫理にかかわる問題 (医療の安全、食品の安全、製造物責任の問題、構造体の劣化や老化による破壊など) など、多種多様な危険要因とともに暮らしている。

さらに、物質が複雑に相互作用をしながら混在している状態の安全性を予測する手段を我々は持っているであろうか。その昔、カール・セーガンが「複合汚染」として指摘した以上のことが起こりつつある。これらは「化学システム論」ないし「複雑系の科学」の対象であるが、これらはまだ予測能力を十分に持っている段階にはない。

このように見てくると、そもそも「安全神話」なるものが思考停止的な日常生活の感性が生み出した思い込みの産物であったと考えざるを得ない。

そうはいつでも、物質の安全に関する責任は、物質を扱うプロフェッショナルとしての「化学」の専門家集団が担うべき部分を持っている。さらに、緊急な事態で真っ先に対応を要請されるのは化学分析の技術であり、その専門家である。本稿では物質 (報道用語としての「化学物質」という言葉をあえて使用しない) の安全性を新しい観点、分子システム論、から論じてみたい。

3 危機管理と分析技術

物質の安全性に関する“prediction and control”の重責を担っているのが、人工科学の極致の一つである「化学分析」技術であり、計測技術であろう。いくつかの事例に基づいて概観してみよう。

危険の発生を予測することは多くの場合困難であるから、その危険に対して一般的な計測法を用意しておくことが困難になりつつある。いわゆる「複雑なサンプル」で、かつ対応するための多くの制約条件を負っていることが多い。従って、その対象と状況に応じたテーラーメイドの手法を仕立てて立ち向かわなければならないという困難さを負っている。

このような危機管理という視点で化学分析技術を評価するとき、多くの場合に、

- 1 「その場で、ただちに、いつでも、だれでも」という簡易迅速計測法のような機動的な特性が重要な意味を持つ。同時に、
- 2 時系列的な常時監視データに基づいて警報や制御システムと連携する技術も重要である。また、
- 3 労働環境や工事現場、例えば青函トンネルの掘削時に突然起こった出水が、現在の海水であるか化石水であるかの判断のための主成分 (多くの桁数を必要とする) に関する高度の正確さを要求される計測など、簡易とは対極にある手法もまた迅速性を要求される。

このように、時と場合によって、安全管理のための計測にも多様な機能が要求される。このようなことがとっさにできる分析技術者の養成は、今後の「持続可能な社会」の安全を支える基盤として、大きな社会的ニーズになっていくものと予測している。

4 化学システム論から見た安全について

化学システム論は、次のようなモデルで表現される。

化学システムの機能創造・機能創発¹⁾²⁾

- 「物質」は、それが置かれた「場」においてその機能を発揮する。
- 「場」は、そこで働くべき「物質」を求めている。
- 「物質」と「場」がマッチしたとき、そこに新しい機能が発現する (これを創発するという)。

化学は、伝統的に新しい物質を創造して新しい機能を生み出してきた。これに対して、物質を組み合わせるシステムを作ることにより、または物質をその働くべき「場」に連れて行くことにより、新たな機能を生み出すことができる。さらに、発見

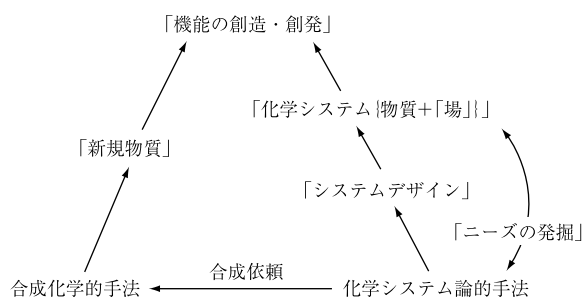


図1 機能の創造・創発と化学システム

された「場」が、新たな物質を得てより高度の機能を発揮することがある。このような予測が立ったときには、「システム論」側から「合成のプロフェッショナル」に、予測される構造を持つ物質の発注がなされることもある。技術は、常に明確なニーズを持つものが主導して発展していく。図1を参照されたい。

これが、筆者らが展開してきた分析法構築における化学（分子）システム論の骨子である。これらに基づいて、速度論的識別モード HPLC³⁾や高性能簡易計測法⁴⁾が提案されてきた。これらの手法が生み出したシステムは、これを要素成分に分解すると消滅する機能を持つ複雑系の一つである。

以下に事例を持って説明を深めていきたい。ここで「創発」とは、物質と場の組み合わせから、予測されない機能が発生することを言う。生命現象はその典型的な事例である。簡単な分子の事例では、

- エチレンが植物の成長点（場）で成長ホルモンとして機能する
- 酸化窒素が血管壁（場）で血管拡張機能を発揮する、などが有名である。エチレンや酸化窒素をいくら調べても、成長ホルモンや血管拡張などの機能は予測できない。また、
- フロンが成層圏という「場」でオゾンホールを作り出す働きも、フロンの行き先が無限に存在することを考えると、予測不可能な性質である。

このように、「物質」と「場」の組み合わせ、または「物質」と「物質」の組み合わせによる機能の発現は、その基盤に「組み合わせ問題」という予測不可能な課題が含まれている点に注目する必要がある。

これを反対側から見るとき、すなわち「この物質は安全か」というアセスメントを実行しようとするとき、経験的に調べた範囲で既知の現象については問題がないが、新規物質についてはその安全性はアセスメント不可能であることを理解できるであろう。いったん、人間の手を逃れてしまった物質が、どのような場所でどのような物性を発揮するかは予測不可能であるからである。場所は無限にある。地上での優等生であったフロンの事例はこれを物語っている。

ついでながら、このような観点に立つとき、分析技術が対象とするサンプルのほとんどが複雑な構成要素からなる複雑系であり、分析法自体の多くも複雑系を含む分子システムからなることは、自明であろう。

5 事例の中から

5.1 乳製品の安全の事例

牛乳の安全は、加熱滅菌処理で確保されてきた。腐敗菌の生物学的分析法は結果が出るまでに2日間かかる。これでは生産から消費間での時間が短い食品の安全は確保できない。問題はどこにあったか。

太古から安全に利用されてきた食品である牛乳が、何故突然に危険になったのか。我々は、食品としての牛乳の安全性を長年の経験と滅菌技術に依存して保証されてきた。従って、その限りにおいては、検査や分析による確認を行うまでもない対象であった。この永年の経験の範囲を逸脱する人工的な改良を加えたときに、安全を検証すべき新製品が生まれ、そこに新しい計測法をもって安全性を担保すべき製品が生れていてことを認識すべきであった。

通常の生物学的分析法では結果が出るまでに2日かかると聞いて、事故当時、本会の会長という立場から、「これに対応できる方法があるか」という問題に直面した。適当な方法がなかったとしたらと慄然として、日本分析化学会としての緊急課題への取り組みを提言するところであった。幸い、数年前に化学発光を利用する迅速な計測法が開発されていた。

この事例は、自然を相手にして暮らしてきた人類が、人工空間、人工環境を相手にしたときに、もはや過去の試行錯誤の積み重ねから得られていた経験の世界を離れてしまったことを常に考えて、「安全」を考慮しなければならないことを示している。

5.2 鉛中毒の緊急手配

例えば、今もって解決されていない有名な事例を紹介する。低所得者層の幼児が、水道配管などの白色塗料（鉛白：酸化鉛が主成分）が甘いので舐めて中毒になった。アメリカ医学会が、多発するこの鉛中毒の問題に直面したとき、次のようなWANTED! を発信した事例がある。

- 1 医師が、
- 2 自分の医務室で、
- 3 3回以内の操作で、
- 4 被検者が正常か、要精密検査かを、
- 5 1時間以内に判定する方法を開発してくれ!

というものであった。

「小児から採取するサンプルを何にするか」がまず問題となるが、「医務室に常備できる程度の道具立て」で対処するには、相手は高度の「複雑系」である。この事例は、ローカルな問題のように見えて実は深い問題を抱えている。そこには「複雑系」の問題と「限定された条件」の問題とが重畳されており、高度の難問となっている。アプローチの方法論としては、「システム論的な対処」が必要であろう。

筆者らもチャレンジしたが、容易ではなかった。大環状化合物と色素の組み合わせを利用する迅速簡便な分離と検出という分子システム論的な手法を用いて、今年になってやっと飲料水レベルのテスト法ができた程度である。簡易迅速法は、高性能物質とアイデアを動員して始めて可能となる高度に知識集約型のシステムである。

5.3 狂牛病関連の場合はどうであろうか

狂牛病関連の場合はどうであろうか。まったく新しいタイプの危険の発生であった。発生の当初は前全頭検査が必要になり、対応処置が取られた。さてここからが問題である。これから迅速なプリオンの計測法を開発して事業化しようとする企画が提案された。

この問題を評価していただきたい。牛が狂牛病になったのは、牛の骨粉を餌として与えたことに端を発している。人間の健康食品として販売された形跡さえある。通常の草食動物が食しない同族の骨粉という不自然な餌の与え方さえ止めれば、この病気は防止できる。

そうであれば、危機管理の手法として、緊急時対応用にプリオンの計測機器の開発は必要であろうか。当面の短期間必要であっても、いずれ不要になるのが本来の姿であろう。異常プリオン問題は、物質観に新しい概念を加えた意味で興味深い事例である。しかし、計測担当のサイドとしては、ニーズの本質を見極めて対応するセンスも必要であろう。

6 おわりに

その後も、環境ホルモンに関連する有害物質、健康食品に関する死亡事件、冷凍食品の残留農薬事件など、連日のように事故が発生している。

「人類の生き残りを掛けて」というニーズに対応するためには、分析技術は、人工環境の安全を守るキーテクノロジーとして、ますます重要になっていく。その際の分析技術は、知識集約型のテーラメード的なシステムを構築して対処していくことになる。従って、このような技術を持った専門家の養成は喫緊の課題である。緊急ニーズに対応できる化学(分子)システム論的な分析化学の展開もまた広大なフロンティアであろう。

文 献

- 1) 四ツ柳隆夫：ぶんせき，1993 957.
- 2) 四ツ柳隆夫：分析化学，48 1037 (1999).
- 3) 四ツ柳隆夫，星野 仁：“化学総説9”，日本化学会編，p. 73 (1990).
- 4) 四ツ柳隆夫，星野 仁，金野恵美子：まてりあ，33 336 (1994).



四ツ柳隆夫 (Takao YOTSUYANAGI)
宮城工業高等専門学校 (〒981-1239 宮城県名取市愛島塩手字野田山 48)。国立高専協会会長。北海道大学大学院工学研究科応用化学専攻博士課程修了。工学博士。現在の研究テーマ 金属錯体を用いる創発的機能の化学。主な著書 “分析化学反応の基礎：演習と実験”(編著)(培風館)。

新刊紹介

はかってなんぼ

環境編

日本分析化学会近畿支部 編

本書は、『はかってなんぼ 分析化学入門』(2000年2月刊)の続編第2弾として『はかってなんぼ 学校編』に続く刊行となった。環境編の名にふさわしく実際の環境研究のトピックスが多数取り上げられ、本書の大半を占める。すなわち、3章ではその影響がグローバルな問題となっている、二酸化炭素・エアロゾル・海中微量元素と気候の3テーマ、4章ではダイオキシン・トリハロメタン・ごみ処分場からの漏出物・農薬・排ガスなど毎日の生活と直結するテーマが取り上げられている。分析法の解説、貴重な分析データの紹介、データから何が分かるか、などを述べるとともに各テーマについて問題点の所在を浮き彫りにしている点が興味深い。一方、これらの章に先立つ1章、2章は、本書が外ならぬ日本分析化学会(近畿支部)の編集によるものであることを如実に示し、また全体に比べれば少ないページ数ながらここに本書の価値が凝縮していると言

える。環境に関連する場合はとりわけ「はかることの意味とその落とし穴」を知ったうえで分析しなくてはならないことがよく理解できる。分析の専門家以外の読者への熱いメッセージになっている。締めくくりの5章では、ありのままの環境をそこでそのまま、そしてそこにあるものはみんな、はかってしまおうという未来の環境分析を展望している。

(ISBN 4-621-07071-1・A5判・170ページ・1,800円+税・2002年刊・丸善)

立体化学入門

三次元の有機化学

M. J. T. ロビンソン 著，豊田真司 訳

本書は、化学を学ぶ学部学生に簡潔な入門書を提供するために書かれており、8~10回分の講義に合わせて編集されている。有機化学の基礎的な原理を理解し、活用できるようにするためには、分子の性質や反応を三次元的に思考する能力が不可欠であり、学部の有機化学のコースで、立体化学は基本的なトピックスとして重要な役割を果たしている。本書では、立体化学の基礎的な概念を容易に理解できるように論理的に述べている。

(ISBN 4-7598-0910-4・B5変形判・154ページ・2,400円+税・2002年刊・化学同人)