

「元素戦略」の推進を

Shinji MURAI **村井眞二** 科学技術振興機構 大阪大学名誉教授



はじめに：元素危機が近づいている

「石油危機」と同じように、やがて「元素危機」がやってくる。高度化社会のあらゆる場面で材料の中に用いられている種々の元素について、元素資源供給限界の兆しが見え始めている。世界規模での希少元素の争奪戦の愚を行ってはならないが、すでに石油メジャーと同様の資源メジャーがこれを制しつつあり、我が国はもはや歯がたため状況に近い。有限の物資の販売が売手市場になるのは当然の成り行きである。我が国をはじめ世界はかじを切らねばならない。希少元素材料には大きく依存しない形の社会を、時間がかかっても構築する必要がある。ここでは科学技術の新しい展開にこそ局面打開への期待が寄せられる。我が国が世界を先導する形で新しい科学技術のビジョン「元素戦略」を確立したいものである。

種々の重要元素の供給不足の兆しが

2006年日本金属学会秋期大会（於新潟大学）で疑問点の多い発表があった。「インジウムはあと5~7年しか保たない」というものである（奥村ら，講演番号247，248）。当然、会場では推計法の当否や発表内容のセンセーショナルリズムについて議論があった。いうまでもなくインジウムは液晶テレビやプラズマテレビの透明電極として不可欠の元素である。議論の行方はさておき、この5~7年という限度はやはり極端にすぎよう。インジウムは地球上広く存在し極度に不足する恐れはまずない。亜鉛鉱山で副生するが、インジウムを採取していない鉱山や、インジウム含有量の調べられていない鉱山すら存在するほどである。ただ、インジウム採取には大量の亜鉛鉱の採鉱を必要とし、しかもカドミウムも副生するというやっかいな問題を抱えている。我が国では2003年に札幌郊外の豊羽鉱山を採算悪化などの理由で閉鎖し、現在は主として中国からの輸入に依存している。価格はここ2~3年で約10倍上昇しているものの、製品価格全体からみたコストとしては小さい。ただし、今後も価格上昇と短期的な供給不安定が繰り返されるものと予想される。液晶表示パネル製造工場内でのインジウムのリサイクル使用技術は確立されつつあるが、市場に出たあとのリサイクルは手つかずである。なんとといっても、インジウムを用いない透明電極の開発が待望される

である。

白金族元素（白金、パラジウムなど）については、産出国の偏りが深刻な問題である。自動車排ガス触媒に使用されている白金族元素は現在世界で約200トン/年である。今後10年で中国での自動車台数の増加数は約1,000万台と予想され、1台当り触媒用白金が5グラム必要とすると、中国だけで10年もすれば約50トン/年の白金増加量が必要となる。まして、将来の燃料電池車に至っては予想はもっと悪い。現行技術で1台当り約200グラムという大量の触媒用白金が必要とされる。埋蔵量は十分だと推定されているが、経済的な安定供給の確保が課題である。加えて、白金族元素の産出は、白金は91%を、パラジウムは86%を南アフリカとロシアに依存している。長期安定供給へのリスクは大きいといわざるを得ない。ここでも代替技術の開発が必須である。

他の多くの元素についても大なり小なり問題を抱えている。携帯電話の着信振動用モーターやハイブリッド自動車の駆動モーター用高機能磁石に使われているネオジムや特にジスプロシウムなどの希土類元素にも供給障害が起り得る。高強度工具鋼へ添加されるタングステンも供給不足気味である。しかもこれら元素の大半は中国で産出されている。さらに留意すべきは、おおかたの予想に反して、これらの希少元素資源の入手困難のリスクは比較的小さく、むしろ銅や亜鉛といった汎用金属（ベースメタル）不足がより早く顕在化する（極端な推計では銅は25年、亜鉛は21年）という予測である（西山孝）。ただし、ここで指摘しておかねばならない点は、一見奇妙であるがここ20年ほど、諸元素の推定埋蔵量はあまり変わっていないという点である。経済原理に基づき年々、先々の需要に見合う程度の埋蔵量が新たな探査により確認されているということである（USBM, WBMSより西山孝）。とはいえ、元素資源の有限性にはいささかの変わりもない。

提言：「元素戦略」という視点で将来への具えを

中国、インド、ブラジル、ロシア等の発展と世界的な人口増加により、地球上の元素資源の供給限界が加速度的に速まってきている。この問題に対処するために、新しい社会システムの構築とともに、科学技術の面での解決策の開発が強く求められている。元素資源の有限性、元素の環境

負荷へのリスク、新しい価値の創造、これらの諸課題への総合的な取組みを「元素戦略」と名付け（中村栄一、玉尾皓平、村井眞二、科学技術振興機構ワークショップ2004）、研究開発の1つの重要な指針とすることを提唱したい。元素戦略には2大ミッションが含まれる。1. 元素資源限界から起こる社会疲労を回避するため、元素に応じて必要な、代替手法、減量手法、リサイクル手法を開発し、使用を制限すべき元素については規制（元素規制戦略）を行うとともに対応手法を開発する。2. 元素の物性を活用し、単一元素や複数異種元素を用い、形状、構造、集積、反応等の制御を通じて夢の新機能物質を創り出す。これらの2つのミッションの達成に向けては、当然、用いる元素としては重元素から軽元素へ、貴金属元素から卑金属元素へ、希少元素からどこにでもある元素へ、金属使用から脱金属へなどがガイドラインとなる。調査型、漸進型の研究開発ではなく、飛躍型、ハイリスク型の研究開発が主となろう。研究の進め方も、成果で評価するのではなく、何を狙った研究か、目的に対し高い志が貫かれるかという観点で評価されることが望まれる。もとより、ハードルも高く、長期にわたる努力が求められる。10年、20年という長期にわたり、これらの研究を支援せねばならない。

幸い我が国では力強い「元素戦略」研究が行われている。液晶ディスプレイ用の透明電極インジウムスズ酸化物(ITO)に替わるインジウムを用いない透明導電体として、カルシウムアルミニウム酸化物（東京工業大学）やニオブ添加二酸化チタン（神奈川科学技術アカデミー、東京大学）などの画期的な新材料が開発され、今後の展開が期待されている。世界に目を向けると燃料電池用白金代替触媒としてコバルトピロール複合材料（米、ロスアラモス国立研、2006年）や、自動車用白金代替排ガス触媒としてバリウムコバルト系触媒（米、デラウェア大学、2004年）など重要な成果が報告されている。これらの成果は人智の偉大さを示すものであり、「元素戦略」の将来の可能性の大きさに期待感がふくらむ。

ポジティブな規制も「元素戦略」の重要部分

環境負荷の観点からの元素の使用規制においても世界で先導的な立場をとりたいものだ。ところが現実ほど遠い。EU政府による規制、すなわち6種の有害物質の規制であるRoHS指令や3万種の有機物質の生物への安全性に関するREACH規制などは、我が国の輸出製品の成分を直接規制するものである。確かに我が国の産業にとっては大変厳しいものであるといえよう。ところがどうであろう。かつて1960年代に我が国の化学産業は環境保全への努力を求められ、マスメディアを先頭とする国民的糾弾を受けた。これでは企業の存続が危うくなると困惑した経営者も少なくなかった。それから30年、我が国は環境保全技術に関しては世界の先進国となり技術輸出での収入も多い。将来の持続可能社会のために、環境技術開発の先例に範を求め、元素戦略の一環として思いきった「規制戦略」を前向きの

国策としてはどうだろうか。高いハードルを自ら設定することを提案したい。困難を乗り越え、優れた技術を開発できれば技術輸出も可能となり、何よりも環境保全のイニシアチブをとることができ、世界からより尊敬されることになろう。戦略的な規制に向け、意識を高めよう。製品が割高になれば消費者も応分の負担が求められよう。パブリックアクセプタンスの形成に向けて学会も責任を持って行動する必要がある。

「元素戦略」の政策面での始動

「元素戦略」を重要な科学技術政策の1つと位置づけるための動きが最近、総合科学技術会議をはじめとして活発になってきた。この名称は元々、科学技術振興機構が2004年から重ねてきた物質科学の課題に関するワークショップに端を発している。同様な趣旨の活動は各方面で行われてきている。現在、経済産業省では「希少資源代替材料開発」として、タンゲステン、インジウム、希土類元素対策の19年度予算化を計画し、文部科学省では「元素戦略」として産学連携キーテクノロジーとしての19年度予算化をはかっている。2007年春に、日本化学会、日本金属学会、日本鉄鋼協会などの学会でも特別公開シンポジウムが予定されている。特に文科、経産両省が2007年2月に合同公開シンポジウムを開くなど、互いに政策を補完しながら共同歩調をとり始めたことは画期的なことといえる。将来は環境省、厚労省、外務省などに連携の輪が広がればと願うところである。付け加えるに、我が国では国家備蓄制度が1983年に始まり、7種の金属（Ni, Cr, W, Co, Mo, Mn, V）についてその60日分を備蓄している。しかし、これら7種の備蓄は特殊鋼の製造原料の安定確保を目的としたものであって、その目的そのものの、「元素戦略」的観点からの再検討が始まっている。持続可能な社会の実現に向けて、社会のニーズは変貌しつつある。

結び

これまでは、ある材料のある機能を実現するために最適の元素が選ばれた。これからは実際に使用されるであろう当該元素の現実的な生産可能性を念頭に置きつつ、持続的社会実現のために最適の元素を選ぶという視点が重要となってくる。志高く「元素戦略」を進めたいものである。

（関連する記事として、本誌2006年3月号OVERVIEW、古郡悦子「レアメタルは日本のアキレス腱」、4月号論説、中西準子「工業生産ナノ材料のリスク問題」）

©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