

レアアースのバイオ技術を活用した回収法に関する調査研究

(社)新技術協会 田村 亘弘

1. 調査研究の背景と目的

2010年9月の尖閣沖衝突事件後、中国から日本へのレアアースの輸出が停止し、日本の誇るハイテク産業に激震が走った。以前より予想されていたとはいえ、産業を支える資源供給ルートがほぼ中国一国に依存してきた構造・体質に変換をせまられることとなった。

中国では自国の産業の高度化を図るため、レアアースの国内需要を喚起しつつあり、輸出制限（価格高騰）が恒常的になりつつある。このため我が国では中国ルート一色の見直しと新供給源の確保、使用量の低減、廃棄物の再資源化に向けた取り組みを加速している。

このような背景からレアアースの再資源化が求められるようになってきたが、他の元素や化合物・材料とはちがって、量的にも質的にも種々の問題がある。

まず量的には、レアアースは産業のビタミンといわれ、特殊な効果を発揮することで無くてはならないものが多いが、製品に占める割合は少なく、したがってレアアースのみを回収するには周りの材料をどう扱うか、環境負荷を常に念頭において取り組む必要がある。また質的には、ひと口にレアアースと言っても周期律表のランタナイド15元素と同族である2元素(Sc、Y)計17元素をさす。これらは同族という言葉でわかるように、電子配列は違うものの、化学的性質が似ている。したがって通常のケミカル手法でそれぞれを単体として分離・回収するには多大のエネルギーやコストが必要になる。

このような問題、すなわち微量で多様な物質を回収する問題をブレイクスルーする方法として、微生物、菌、細胞膜等のバイオ技術の適用が考えられる。バイオ技術が工学的に成り立てば低濃度の排水や廃棄物からレアアースを選択的に回収できるものと期待できる。

以上のような背景のもと、本調査研究では次の4項目（①レアアースの資源、利用状況価格変動等社会状況と資源調達に関する国の施策等、②レアアースの分離回収状況、③バイオ技術の適用例、④バイオ技術を有用にするための条件、システム等）について文献調査、現地調査、更には有識者との討論を実施し、バイオ技術を活用したレアアース回収の現状を把握するとともに、回収システムの在り方を提案することで今後のレアアースの再資源化の施策に資することを目的とする。

2. 調査研究の実施内容および方法

(1) レアアースの状況調査

レアアースの状況の全体像を把握し、その中で回収法の意義を確認する。

ひと口にレアアースの全体像といっても、材料が非常に多岐にわたる。そこで本調査では全体像にせまるため、東北大学・多元研の中村 崇教授のお仕事（先生のコンセプト、政府の省資源関連委員会での経験、など）を拝聴し、調査の下敷きとさせてもらった。ま

た東京大学・生産研の岡部 徹教授は「レアメタル資源の物質フローに関する中長期展望」という論文で、リサイクルに関する価値尺度の提案から 見た目の経済バランスでは困難なリサイクル事業を後押しされた。

調査を進めていく過程で、本テーマは単なる技術課題ではなく、対中国を意識した国の戦略課題であることが認識できたので、国の方針や産業界の動静に関する情報調査や有識者との面談等も数多く行った。

(2) バイオ技術を活用した回収法の現状調査

レアアースの回収に関しては、特定物質の回収のため周囲に新たな環境負荷を作ることには許されない。そこで関西大学・環境工学科の芝田隼次教授を私どもの委員に委嘱し、資源環境工学の立場でアドバイスをいただいた。先生が 2010.11 に日米レアアースラウンドテーブルでされた「レアアースの分離・精製技術」をベースに、ニーズの状況や具体的な課題を整理した。その中で大阪大学・工学部の池 道彦教授らが提唱された {メタルバイオテクノロジー} を取り上げ、その調査結果から 4 人の有識研究者をお呼びしてのミニワークショップを開催した。この会合は内部委員の相互研鑽にもなったので、レアアースに関して多面的に知ることが出来たとともに、バイオ技術の有用性についても認識が深まった。

調査研究会としてはこの時の話題やその後の討論をもとに、調査報告書の作成に移った。

3. 調査研究の結果と提案

1) レアアースの全体状況、特に国の戦略に関して

①レアアースは 15+2 計 17 元素からなり、レアアース鉱床毎に構成が異なりかつそれぞれの利用用途が全体としてバランスしていない。したがって資源調達には売れ残りの元素をどう考えるか常に難題がある。とくに今需要が増大しているジスプロシウム（重希土）の調達問題と、鉱山により放射性元素（ウラン、トリウム）を含む資源の後処理問題を抱えている。

②レアアースの高度利用は日本のお家芸であり、1 次産品（磁石など）、2 次産品（たとえばモーター類など）は世界のシェアを握ってきた。ただし、資源の供給はここ 10 年以上 中国に一国依存してきた。そのため中国の政策動向によって価格はもちろん、量・質が大きく影響を受ける。とくに最近中国もハイテク産業が勃興期にあり、そのための資源の取り合いが起こってきた。レアアース関連事業を日本でどのように維持するか、国の資源外交・調達戦略が欠かせない。

③レアアースに限らず希少鉱物資源の安定供給確保については、国として 2009 年前から取り組んでいる。その計画の骨子は次の 4 項目である。

- (1) 探鉱開発の推進
- (2) リサイクルの推進
- (3) 代替材料の開発
- (4) レアメタル備蓄

現在では上記の計画を官民一体で推進する体制が生まれ、いくつかの成果が出ている。それらの成果は、中国の剛腕政策にブレーキ役を果たすことに成功している。

<レアアースの回収について>

- ④レアアースの回収、リサイクルに関しては、もともと鉱山からの分離抽出技術は日本のものであり、その方法を用いて現在の中国では生産をしているわけだが肝心の日本国内では技術の継承がされていない。最近、磁性材料からのレアアース回収に関しては効率的な方法が開発されてきたが、これをいわゆる都市鉱山（レアアースからみると不純物の塊）のなかで適用することは困難である。そこにバイオ技術が役立つのではと現状を調査した。

<バイオ技術を用いるレアアースの回収について>

- ⑤微生物の作用により、特定のメタルを吸着、抽出を行う方法はメタルバイオテクノロジーと総称される。本調査では、細菌、酵母、カビ類、キノコ類、藻類等を用いての選択吸着を検討している研究者からのヒアリングをおこなったが、そのメカニズムをクリアする段階に至っていない。ただし 非常に希薄なものから特定のメタルをキャッチする方法は、今後の鉱山からの資源取得、海洋資源探査、さらには放射性元素の選択分離等へも応用が出来る。
- ⑥バイオ技術はどれも日本が先行しているが、実業の世界にすすむには課題が多い。とくに環境とエネルギーについて詰めを間違えると、20世紀の技術と同じく問題の先送りとなる。優れたバイオ技術であっても常に環境エンジニアリングの立場からチェックを受ける——というコラボレーションが必須である。
- ⑦バイオソープションの中で、細胞全体でメタルをキャッチするのではなく、細胞表面をデザインして、表面でメタルの吸着・脱着を行う方法が考案されている。この方法[細胞表面工学]だとメタルの吸・脱着にともなう細胞へのダメージが少なく、結果的に高効率な回収法になる。この方法は20世紀後半に起こったバイオ技術、とくに遺伝子工学とコンビナトリアル技術、それと蛍光発光表示法の成果によるところが大きい。このような進化したバイオ技術は、単なる回収にとどまらず、金属精製にも応用ができるし、また表面に固定化された特種メタルを用いることで、その触媒作用を励起することも可能になる。従来まで難反応と言われていた反応系がブレイクスルーできれば、それはまたメタルバイオテクノロジーの成果である。

< 総括的に >

- ⑧レアアースとバイオ技術、というテーマで調査してきたが、このテーマは『資源を持たない国で貿易立国、技術立国をどのように進めるか』という大きな命題のモデルになるのでは、と考えられる。日本の得意とする技術を資源国に提供することで友好を積み上げ、また付加価値製品を輸出することで相手国の生活レベルを引き上げる—そのような一体政策が今こそ必要とされる時期である。