

寄稿

# ービジネスとしての地球環境問題と資源制約 循環型社会の構築に向けて



足立 芳寛 (あだち よしひろ)  
東京大学大学院  
工学系研究科教授

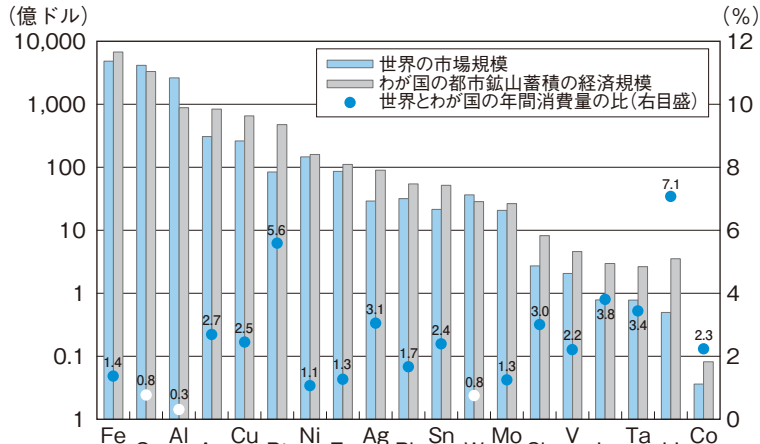
## 1. はじめに

今年2008年から2012年までの5年間は、京都議定書の第1約束期間であり、この間に温室効果ガスを1990年比6%削減することが国際公約となっている。この制約の中、社会では今まで以上に温室効果ガス削減に向けた取り組みが必要となっている。一方、資源に目を向けると、IPCCが気候変動を対象に議論してきたように、資源マネジメントを対象にしたパネル (Resource Panel : International Panel for Sustainable Resource Management) が2007年に設置された。資源の有効利用は、温室効果ガスの削減にも有効であり、資源枯渇問題として対応が迫られているものである。さらに、近年の鉱物資源価格の高騰もあり、国内でも元素戦略という観点から、抜本的な資源の有効利用策が検討されてきている。本稿では、この地球環境問題としての資源制約に焦点をあてて、今後の社会ならびにビジネスチャンスとして取り組むべき視点について概説する。

## 2. 第3の鉱脈としての都市鉱山

現在は、有限な資源を、大量消費・大量廃棄するシステムのうえに、産業が成り立っており、最終処分量の削減は末端 (end of pipe) での対策に終わっている。しかしながら、リサイクルを促進すること、地球資源の生産性向上を図ることは、資源価格高騰から不可避となっている。このリサイクルの原料ともなる社会に存在する物質ストックは、自然界に存する鉱山と対比して、都市鉱山とも呼ばれ、わが国にとっては、国内鉱脈、海外鉱脈に次ぐ第3の鉱脈ともいえるものである。ここで、世界における年間消費の市場規模に対し、わが国の都市鉱山の規模が、どの程度の重要性を占めるか

図1 経済規模で見る世界年間消費に対する都市鉱山のポテンシャル

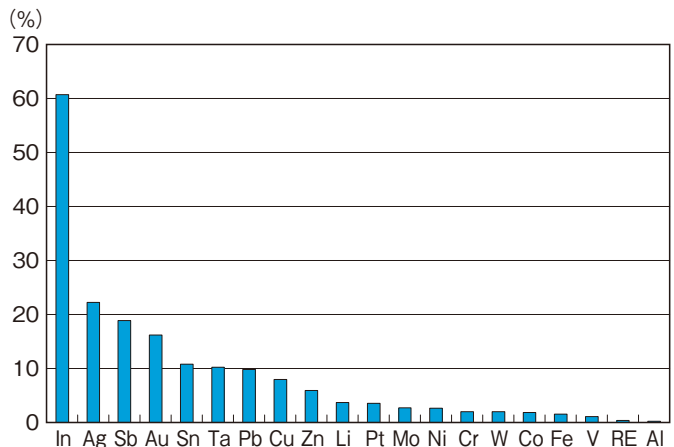


(出所) 産業構造審議会環境部会第4回産業と環境小委員会資料2 (2008.4.16)  
 /原典：原田幸明NIMS News平成20年1月11日 /西山孝：資源と素材  
 121 (2005) 474-483より東京大学 足立・松野研究室にて作成

を図1に示した。年間消費の市場規模がフロー量であるのに対し、都市鉱山はストック量であるので、一概には比較できないものの、Li (リチウム)、Pt (白金)、Au (金)、Ag (銀)、Cu (銅) などのいくつかの元素においては、市場規模に対する都市鉱山の規模が十分に大きいことがうかがえる。さらに、世界の埋蔵量に対するわが国の都市鉱山のストック量の割合を、図2に示した。液晶の透明電極に使われているIn (インジウム)、写真感光材や接点として使われているAgが上位にあり、世界の埋蔵量に対し、無視できない量のストックが日本国内にあることが分かる。わが国は、Inの世界埋蔵量の半分近くをすでに消費しており、世界鉱山に残されている量には危機感が生じている。他にも、図2に示していない元素だが、

Ru (ルテニウム) という近年ハードディスクドライブの記憶層に用いられている金属がある。Ruは、記憶容量を飛躍的に向上させたが、今後の資源的<sup>ひっばく</sup>逼迫が予想されており、電子・電気産業や自動車産業に打撃を与えかねない。このような元素は、早期に回収技術が開発され、リサイクルのシステムが確立されることが望ま

図2 埋蔵量に対する都市鉱山のポテンシャル



(注) 世界の埋蔵量に対するわが国の都市鉱山の比率  
 (出所) 原田幸明 NIMS News 2008年1月11日より東京大学 足立・松野研究室にて作成

れる。

つまり、わが国は、過去からの資源消費により、大きな都市鉱山を形成するに至っていると見えよう。ただし、この都市鉱山がすべてリサイクル資源として回収できるものではないことは、もちろんである。それは、回収が経済的に見合わなかったり、摩耗や腐食によりすでに物理的にロスしているためである。その回収率を上げるためには、後で詳述するが、社会制度、製品設計技術、再利用技術の3つの方策がある。それらを総合して、都市鉱山から資源を採掘（回収）する新しいビジネスモデルの構築が期待される。

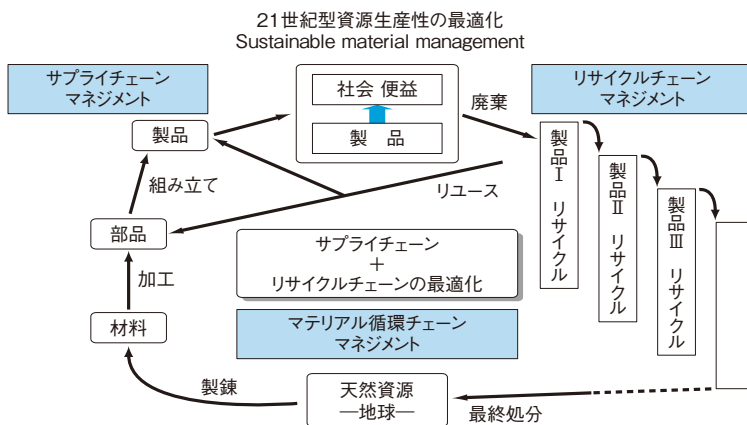
### 3. デュアルチェーンマネジメント

従来の資源循環では、製造者は製品のサプライチェーンを最適化する一方、使用済み製品の処理は自治体による末端での処理が基本であった。しかし、廃棄物となった製品の構造や製品に含まれる素材の情報は、製造者から処理主体に伝わることはなく、処理コストが過剰に高くなっている現実がある。そこで、われわれは図3に示すデュアルチェーンマネジメントという概念

を提唱している。類似の概念に、拡大生産者責任（EPR：Extended Producer Responsibility）がある。

デュアルチェーンマネジメントは、21世紀に必要な資源循環を達成するため、サプライ側とともにリサイクル側の物質フロー（リサイクルチェーン）を調和させて、最適化するツールともいえよう。つまり、設計段階から、廃棄段階の環境性や経済性を考慮することにより、製品のライフサイクルにわたる環境影響を、経済性に合った形で最小化しようというものである。そのためのEPRの導入は、環境負荷が従来は外部経済にあったのに対し、政策的に外部性の内部化が適切に行われ、環境負荷低減へのインセンティブがサプライ側に働く仕組みであると評価できる。つまり、デュアルチェーンマネジメントでは、サプライチェーンにおける環境配慮型設計、素材の使用原単位の低減、生産性の向上と、リサイクルチェーンにおける分離・解体技術の向上、使用済み製品回収システムの整備、リサイクル原料からの精錬技術の向上をハーモナイズすることをめざし、地球資源の生産性向上を最大化しようというものである。

図3 デュアルチェーンマネジメント概念図



このデュアルチェーンマネジメントにおける方策を整理すると、以下の3つのアプローチとしてまとめることができる。1つには、社会制度の整備であり、EPRを基礎とした現行のリサイクル法が具体例であるが、使用済み製品回収システムの整備や、デポジットなどの価格圧力も考え得る方策となる。2つ目は、製品設計によるアプローチであり、易解体設計（DfD：Design for Disassembly）の導入で、より解体性の高い製品を販売することにより、使用済み製品のリサイクル性を向上させることが考えられる。最後に、3つ目は、再利用技術の開発によるアプローチであり、使用済み製品からの分離・解体技術、多様な素材の混在物からのより効率的な抽出・精練技術などを開発することである。われわれの研究室では、現行の物質フローを定量的に把握し、モデル化することにより、それぞれの方策による影響をパラメータとして外生的に変化させることで、各方策の貢献度を合理的に評価するツール開発を行っている。

#### 4. おわりに

現在、途上国を中心に鉱山資源の需要は増加傾向にあり、今後の国際的な資源の争奪戦はさらに激化するものと予想される。この潮流は、海外における鉱山の獲得競争を惹起し、その結果、さらなる資源価格の高騰を招くであろう。それに対し、わが国が社会に蓄積してきた膨大な量からなる都市鉱山に目を向け、新しい資源リソースと位置付け、その利用を模索すること

は、資源の争奪戦における大きなバーゲニングパワーになると期待される。

国際的な資源価格の高騰によるリサイクルビジネスの経済性の向上は、今後、有望な新ビジネス領域になると予想される。わが国が新たな技術革新の成果を応用した「環境力」を武器として、新しい持続型の生産、消費、リサイクルモデルを世界経済に発信することが求められている。

さらには、これからの都市鉱山の開発に合わせ、製品のサプライチェーンからリサイクルチェーンまでのライフサイクル全体を事業領域ととらえ、そのためのビジネスモデルを構築できる企業が、持続的な成長が求められる世界市場における成長企業となるだろう。

天然資源が乏しいことを成長のバネにし、国内統計体系の整備からリサイクル法まで国内の法整備も進んでいる日本は、そのモデルを構築するのに適した大きな可能性を有している。このチャンスを活かせる企業群として、わが国の戦後経済の発展を常に世界市場への売り込みによって支えてきた日本の商社各社への期待は多大なものがある。

21世紀の世界経済が循環型の経済体系によってのみ存続できるという認識の第一歩が今回の洞爺湖サミットで歩み出す。この世界の潮流の変化を好機として、世界経済界のマネジメント役を担ってきたわが国の商社各社が、新たなビジネスモデルを世界に向けて発信していく絶好の機会と期待される。

JF  
TC