

## 都市鉱山の開発は持続可能な社会への一歩

### 【ポイント】

1. 今後レアメタルに対する需要の増大が予想されるが、埋蔵量や資源の偏在など安定供給に不安がある。レアメタルは将来リサイクルが必須となろう。
2. 使用済み電子製品から金の回収が行われているのに対し、レアメタルの回収は一部を除き殆ど行われていない。製品に使用されている量がごく微量である点と貴金属よりも単価が安く回収コストに見合わない点がネックになっており、効率的な回収技術の開発が待たれる。

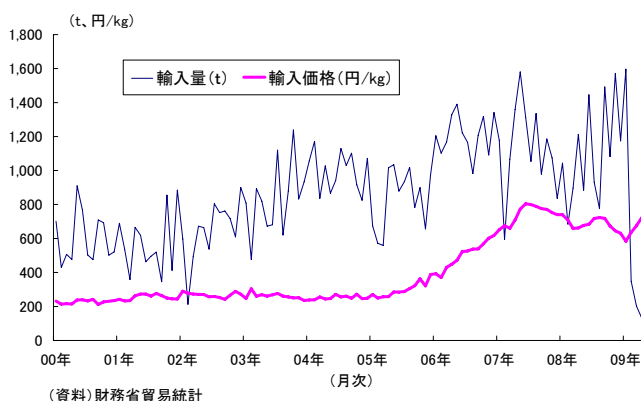
### 1. 増大するレアメタル需要

ハイブリッドカーが売れている。エコカー減税やガソリン価格の高騰といった後押しもあるが、環境問題を考えると従来型の自動車から次世代型エコカーへのシフトはもはや待ったなしである。確かに車が全てエコカーになれば石油の消費量は減少し、CO2の大幅削減も達成できるだろう。エネルギー問題と環境問題は共に大きな前進を見る事になる。では、大量のエコカーを生産するには何が必要だろうか？

エコカーに必須の部材は電池である。現在ハイブリッドカーに積まれている電池はニッケル水素電池だが、今後はリチウムイオン電池に置き換わって行く。また、電気自動車の実用化もあり、今後リチウムイオン電池が大量生産されるようになると思われる。リチウムイオン電池の陽極材にはリチウム及びコバルトが使用されているが、共にレアメタルと呼ばれる希少なものである。近年輸入量が増加傾向にあった炭酸リチウムの輸入価格は2005年頃から上昇し始め、金融危機の影響で需要が激減した後も他のコモディティと異なり大きく値崩れを起こす事は無かった(図表1)。今後のエコカー普及に伴い需要が逼迫するのが目に見えているからだ。また、電気自動車はモーターで動く為に磁石が使用される。最も強力な磁石はネオジム磁石と呼ばれるもので、ネオジムはレアアースの一種であり、これもまた希少なものである。次世代カーはレアメタルの塊であり、これから始まるエコ時代はレアメタル大量消費時代の幕開けでもある。

ところで、これらレアメタルは資源の分布が偏っており、特定の地域からしか産出されない。リチウムは南米に大部分が分布しており、日本は大半をチリに依存している。レアアースは世界の産出量の9割以上が中国産、コバルトはコンゴ民主共和国が主産地である。これらは今後安定して調達する事が出来るのだろうか？レアメタルは市場規模が小さくま

図表1. 炭酸リチウム輸入状況



た用途が限られる等、価格が乱高下する傾向がある。例えばコバルトは 2006 年初めに 1 ポンド当り 13\$ 程度だったものが 2008 年には 50\$ 以上に急騰、2009 年に入ってまた 12\$ にまで急落した。先程のリチウムは価格高騰リスクがある反面、海水中には無尽蔵に資源量があるとされている為、今後効率的な回収技術が発明されれば価格が暴落する事も有り得る。このような価格変動リスクは資源開発への投資意欲を萎縮させ、結局は今後の供給能力増加に懸念をもたらす。価格の問題だけではなく、産出国の資源囲い込みも警戒しなければならない。6 月にはレアメタルの輸出を制限しているとして米国・EU が中国を WTO (世界貿易機関) に提訴した。今後もこういった資源ナショナリズムの動きは続くだろう。

レアメタルが必要なのはエコカーだけに限らない。薄型テレビをはじめ FPD (フラット・パネル・ディスプレイ) にはインジウムが使用されており、鉄鋼生産時には脱酸・脱硫材としてマンガンが添加されている。このように、レアメタル無しに今の私たちの生活は考えられないが、レアメタルの中には既採掘量が確認埋蔵量を上回るものもあり、近い将来枯渇する恐れのあるものが出てきている。持続可能な社会を実現する為には、使用済みの製品から資源を取り出して再利用するリサイクルが今後必須となろう。

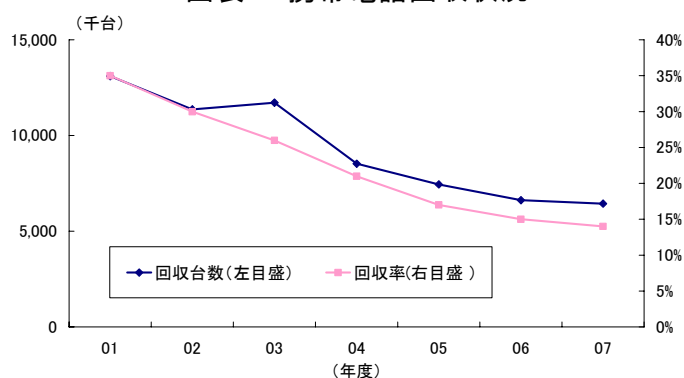
## 2. 待たれる“都市鉱山”の開発

都市鉱山という言葉がある。この概念は 80 年代に東北大選鉱製錬研究所の南條道夫教授らによって提唱された、ごみとして廃棄された製品等人間社会に蓄積された資源を指す。天然資源に恵まれない日本にとって、金をはじめとする貴金属やレアメタルをリサイクルを通じて自国内で産出できるというのは大きな意味があろう。2008 年 1 月、独立行政法人物質・材料研究機構は「わが国の都市鉱山は世界有数の資源国に匹敵」との発表を行い注目を浴びた。金は約 6,800t と世界の現有埋蔵量 42,000t に対し約 16%、銀 22%、インジウム 61%、錫 11%、タンタル 10% 等々大量の資源が日本に眠っているというのである。ただこの都市鉱山を活用して行く上での問題が大きく二点ある。

一点目は不要物回収ルートの問題である。不要になった電気製品等がごみとして埋め立てられればもはや回収は困難であり、不要物を廃棄物にしない為の工夫が求められる。日本に於いては、2000 年に制定された循環型社会形成推進基本法を基に、個別の廃棄物・リサイクル関係の法律が一体的に整備された。貴金属やレアメタル回収において重要な家電や電子機器についても一部は法制化が進んでいる。特定家庭用機器再商品化法 (家電リサイクル法) は、エアコン・テレビ・冷蔵庫・洗濯機を対象としており、今年度より薄型テレビと乾燥機が追加された。パソコンの回収に関しては資源の有効な利用の促進に関する法律 (資源有効利用促進法) によって回収方法が定められている。

携帯電話本体の廃棄に関しては特に回収に関する法律は無く、リサイクルを推進する為業界団体「モバイル・リサイクル・ネットワーク」が自主的に回収を行っているが、近年回収台数が減少傾向にある (図表 2)。これに付いては TCA (電子通信事業者協会) がアンケート調査を行っており、デジカメ機能やアラーム機能が付くなど携帯電話の高機能化から機種変更後も電話以外の用途でその

図表 2. 携帯電話回収状況



(資料) 回収台数はモバイル・リサイクル・ネットワーク、出荷台数は JEITA、契約数は TCA より  
(備考) 回収率 = 回収台数 ÷ (出荷台数 - 契約純増数)

まま端末を保有する傾向がある一方、「何となく」「処分の仕方が分からない」果ては「ごみとして捨てた」との回答も多くあり、回収率向上の余地は大きいと思われる。携帯電話には緻密に電子部品が詰め込まれており高濃度で貴金属・レアメタルが含まれる品位の高い“鉱石”である為、今後は法制化も含めた一層の取り組みが期待される。

携帯音楽プレーヤー・デジカメ・ゲーム機等小型家電は、現在回収ルートが無く廃棄物として処理されるケースが多い。これらも電子部品が多用されている為、貴金属やレアメタルを多く含んでいる。例えばデジタルカメラは2008年中に約1.2億台が出荷され、内1.1千万台が国内向けだった。1台当たりおよそ0.06gの金が含まれる為、これらが将来回収・リサイクルされる事無く廃棄されれば約660kg、1g当り3,000円として20億円分の金が無駄になる。金以外にもコバルトやモリブデンなどレアメタルを含んでおり（図表3）、早期の回収ルート確立が求められる。

二点目は経済合理性の問題である。工場から排出される不良品などのスクラップは品

位が安定しており回収コストも安価に抑えられる為、商業ベースでのリサイクルが行われている。半導体・電子部品業界から排出されるスクラップ部品には金が含まれており、リサイクル業者は有価金属の含有量を算定し対価を支払ってスクラップを調達している。また、自社工場内での再利用はレアメタルに関してもよく行われている。自工場内でのリサイクルであれば品質に問題が無いからである。

一方、使用済みの製品を広く一般市民から集めてリサイクルした場合、商業ベースにのせる事は工場排出スクラップのリサイクルと比べて遥かに難しい。特にレアメタルのリサイクルは未だ殆ど行われていない。レアメタルは製品に対して非常に微量が使用されており、コストに見合った抽出が難しい為である。ただ、金・銀やプラチナ等貴金属に関しては既に回収が行われている。半導体にはボンディングワイヤなど金を使用されており、単価の高い貴金属回収はレアメタル回収よりも商業ベースにのせやすい。今後レアメタルの回収を実現化する為には、こうした貴金属の回収で収益を出せるという点は非常に重要なものになるだろう。環境・循環型社会白書に拠ると携帯電話1t当り金400g・銀2,300g・銅17.2%・パラジウム100gが含まれるとされており、これは自然鉱石よりも遥かに高濃度である。電子回路が詰め込まれている携帯電話は貴金属回収において良い素材である。

低濃度からの回収という観点では、現在微生物を使ってレアメタルを回収する技術が開発中である。排水や海水中に微量に溶け込んでいる金属を効率的に回収できるようになれば、都市鉱山の裾野はさらに広がる事になる。低濃度からの回収はこれまで難しかったが、京都大学の研究チームはレアメタルのモリブデンやニッケルを遺伝子組み換え酵母を使って回収する基礎技術を開発しており、今後実用化が期待される。ところで、全くの自然の状態では微生物がレアメタルを回収している様子を見る事が出来る場所が日本にある。北海道足寄町、“オンネト一湯の滝”では微生物が温泉に微量に溶け込んでいるマンガンを取り込んで今もマンガン酸化物を生成している。その為岩肌には真っ黒にマンガンが堆積しており、地上でマンガン鉱床が成長を続ける世界唯一の場所である。都市鉱山を実用化する為の重要な鍵をこのような微生物が握っているのかもしれない。

（株式会社投資グループ 荻野 隆史）

図表3. 回収した「こでん」の基板中金属濃度  
（2007年度収集物の分析結果の例）（単位：mg/kg）

	コバルト	モリブデン	タングステン	プラチナ	クロム
携帯電話(06年製)	210	200	4,500	30	7,000
デジタルカメラ	130	67	290	0	5,400
ビデオカメラ	<10	29	160	4	580
ノートパソコン	120	36	11	1	1,000
HDD	90	35	23	0	1,200

（資料）石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC NEWS Vol.16）

（備考）こでん…小型電子・電気機器