

表3-1 世界の一次エネルギー消費量の見通し

単位：百万toe（石油換算トン）

	1980	2004	2010	2015	2030	'30/'04
石炭	1785	2773	3354	3666	4441	60%
石油	3107	3940	4366	4750	5575	41%
ガス	1237	2302	2686	3017	3869	68%
原子力	186	714	775	810	861	21%
水力	148	242	280	317	408	69%
バイオマス・廃棄物	765	1176	1283	1375	1645	40%
その他再生可能エネルギー	33	57	99	136	296	419%
合計	7261	11204	12843	14071	17095	53%

出典：IEA(2006)

また、自動車用のバイオ燃料の消費量については、世界全体で現状の 1550 万 toe(石油換算トン)から 2030 年には 9240~1 億 4670 万 toe まで上昇すると予測している。その供給のために必要な土地は世界全体で 3450~5250 万 ha で、耕地面積の 2.5~3.8%に相当するとしている。

米国エネルギー情報管理局(US EIA 2004)では、採掘可能な石油資源を 2.2~3.9 兆バレルとする米国地質調査所(USGS)の推計と、世界の石油需要は年率 2%で増加しつづけるといふ EIA の予測から石油生産量のピークは 2026~2047 年の間に起こるとしている。また、国際エネルギー機関(IEA 2004)においても同様の推計を行っており、2030 年代あるいはそれ以前に石油生産のピークを迎えるとの推計結果となっている(表 3-2)。

表 3-2 石油生産量のピークに関する検討結果

	標準シナリオ	低資源量ケース	高資源量ケース
在来型石油の残存究極可採埋蔵量 (10 億バレル：1996 年 1 月時点)	2626	1700	3200
在来型石油生産量のピーク (年)	2028-2032	2013-2017	2033-2037
在来型石油のピーク時の世界的需要 (億バレル/日)	121	96	142
2030 年の非在来型石油生産量 (億バレル/日)	10	37	8

出典：IEA (2004)、経済産業省(2006)より作成

また、原油の価格については、資源の枯渇以外の様々な要因が関連することから、その動向を見通すことは極めて困難である。米国エネルギー情報管理局(US EIA 2007)では、2030 年における原油価格を、レファレンスケースで 1 バレル 59\$ (2005 年価格)、高位ケースで 100\$ (2005 年価格)、低位ケースで 36\$ (2005 年価格)と見積もっている。国際エネルギー機関(IEA 2006)においても、レファレンスシナリオにおいて 1 バレル 55\$ (2005 年価格)としてい

る。

国際エネルギー機関 (IEA 2006) では、2030 年までに建設されると想定される原子力発電所におけるウランの累積需要量を推計し、ウランの資源量と比較している (図 3-4)。その結果、2030 年までにウラン資源が枯渇する可能性は低いとする一方で、これらの原子力発電所が 2030 年以降も寿命 (60 年間) を全うするまで消費するウランの需要量は 42~51 億トンに及ぶことを指摘しており、これは現在の確認埋蔵量を越える量となっている。

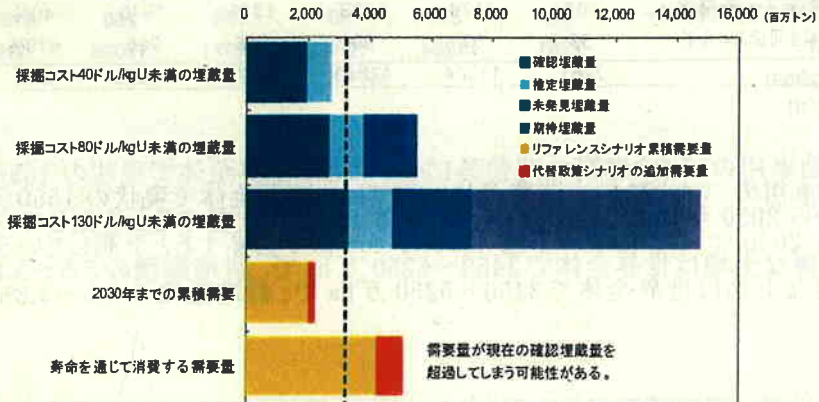


図 3-4 ウランの資源量と需要量の比較

出典：IEA(2006)より作成

3.2 物質循環に関する問題

(1) 物質資源の減少・枯渇の問題

銅、鉛、亜鉛、金、銀、錫、ニッケル、マンガン、アンチモン、リチウム、インジウム、ガリウムは2050年までの累積使用量が現有埋蔵量の数倍に達すると予想される(図3-5)。銅、鉛、亜鉛、金、銀、錫、ニッケル、アンチモン、インジウムは、埋蔵量ベースと呼ばれる技術的には採掘可能だが経済的理由などで採掘対象とされていない資源の量までも超過してしまう(原田幸明 2007a)。

非鉄金属資源の多くは、自動車・IT関連製品などの製造に不可欠な原材料で、特にレアメタルは、我が国製造業の国際競争力の源であるハイテク製品(ハイブリッド車・太陽電池など)の原材料としても必須である。レアメタルの多くは、中国、南アフリカなど、特定の資源国に偏在している。また、資源が比較的豊富とみなされている鉄や白金についても、2050年までには、白金は現有埋蔵量を超過し、鉄も現有埋蔵量に匹敵する量の消費が予想される(原田幸明 2007a)。

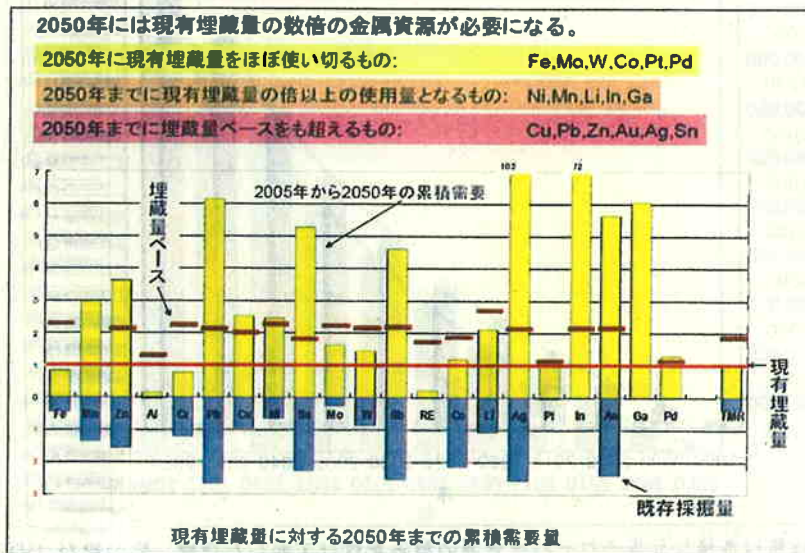


図3-5 既存資源の需要と埋蔵量の見通し

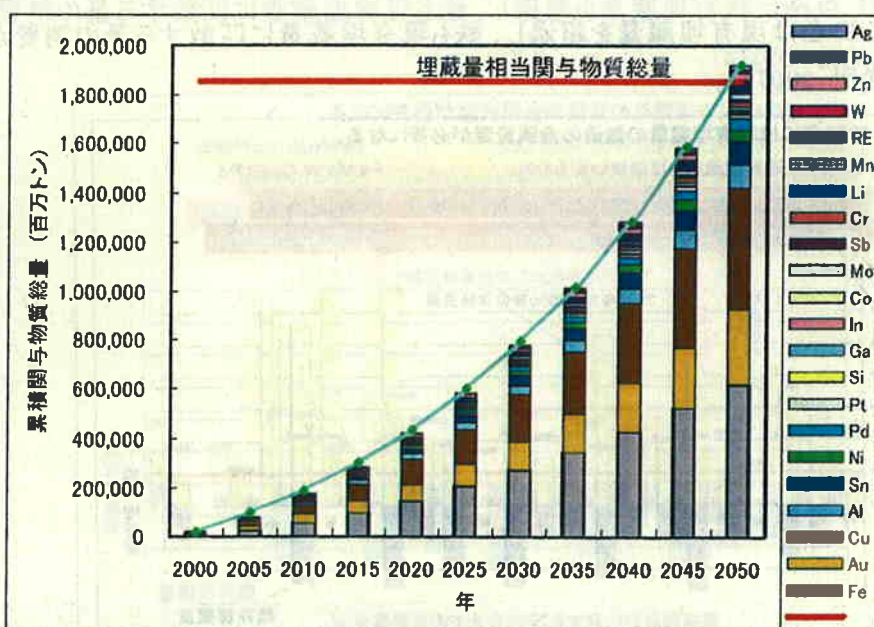
出典：原田幸明，(独)物質・材料研究機構(2007a)

上記のような資源リスクの増大に対して、資源の探索などの取組とともに材料技術的にも、使用量を必要不可欠な部分に限定しつつ性能をアップさせる「減量」、希少性や枯渇性の高い金属元素からより普遍的に存在する元素への「代替」、さらにリサイクルによる「循環」などの取組が必須である。しかし、それらの目標をどこまで設定すればよいのかということが曖昧であり、改善の対象や速度が資源リスクに効果的なものかの判断が難しかった。

目標設定の曖昧さの原因には、1)元素は多種多様でありその違いを無視して「代替」などの目標を数的に表すことは難しい、一方で 2)元素は単独ではなく複数の組み合わせで材料や部材、製品として使用されるため社会全体の資源利用を考えるには異なる元素を足し合

わせて数値化しなければ意味がない、という相矛盾する側面があった。

そこで、原田幸明(2007b)は、多様な元素それぞれを資源の重みを付けて表せる指数として、関与物質総量(TMR: Total Material Requirement)もしくはエコロジカル・リュックサックと呼ばれる数値に着目し、包括的な金属元素利用全体の消費増大予測と、その枯渇への接近度を表せるようにすると共に、資源リスク低減のためにその数値をどの程度までに抑える必要があるのかを検討し、さらに、危惧されている将来の金属資源の利用に対して、これまでの金属の使用量と経済成長の関連の解析をもとに、持続可能な資源利用が可能になるための資源の使用量のレベルを推定した。その結果、持続可能な資源利用には、環境から採掘されている一人当たりの物質総量を、現在の日本のレベルの1/8にしていく必要があることを示した(図 3-6)。この関与物質総量(TMR)は資源循環の長期的目標の設定に用いるための有力な指標であり、1/8 という数値は持続可能性の目標水準の参考となるものである。



関与物質総量は多様な元素それぞれを資源の重みを付けて表した指標。緑の線が GDP との関係より算定した累積関与物質総量。棒グラフは金属毎の積み上げ、赤の線は現有埋蔵量に相当する関与物質総量の値であり、2050年にはそれを突破することが予想される。

図 3-6 累積関与物質総量

出典：原田幸明，(独)物質・材料研究機構(2007b)

(2) 物質の大量消費・非循環的消費に伴う廃棄物処理、リサイクルに関する問題

① 物質フロー

我が国の物質フローには年間 19 億トンの総物質投入量があり、その半分程度の 8 億トンが建物や社会インフラなどの形で蓄積されている。天然資源等投入量とは、国内・輸入天然

資源及び輸入製品の量を指し、2004年度は16億97百万トン程度であった。天然資源は有限であること、採取に伴う環境負荷が生じること、また、それらが最終的には廃棄物や温室効果ガスなどになることから、現在の採取水準をさらに削減していく必要がある。天然資源等投入量を削減するためには、循環利用量を増加させる必要があるが、この量は総物質投入量の19億44百万トンに対して2億47百万トンに過ぎない(図3-7)。

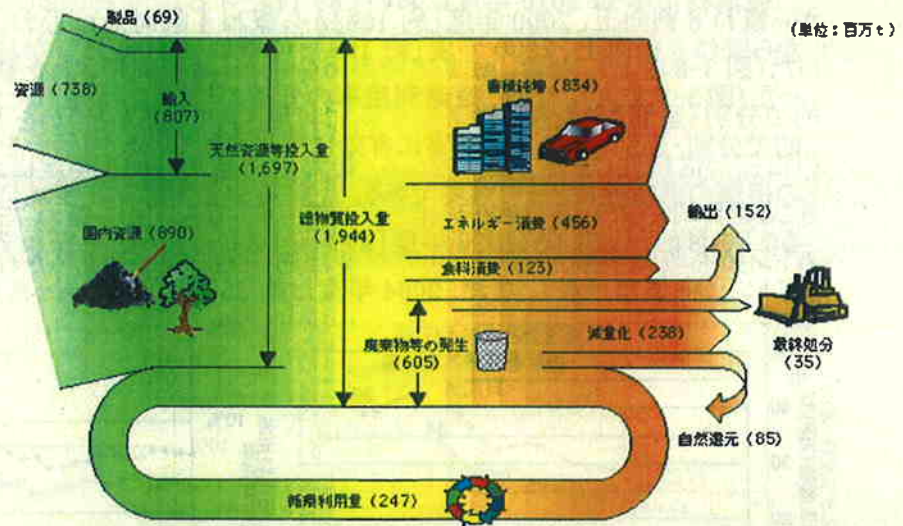


図3-7 我が国における物質フロー (2004年度)

出典: 環境省 (2007a)

②資源生産性・循環利用率・最終処分量

「資源生産性」、「循環利用率」、「最終処分量」は、「循環型社会形成推進基本計画」(閣議決定 2003)において、循環型社会の形成のために経済社会におけるものの流れ全体を把握する「物質フロー(マテリアル・フロー)指標」として設定された数値目標である。物質フローの3つの断面、入口、循環、出口、それぞれを代表する3つの指標についてそれぞれ目標を設定している。

資源生産性⁴は2010年度において約39万円/トンとすることを目標としている(1990年度から概ね倍増、2000年度から概ね4割向上)。なお、2004年度は約34万円/トンであった(図3-8左上)。

現行の資源生産性指標は、「大量生産・大量消費・大量廃棄」から脱却し、より少ない資源で大きな豊かさを得る、というメッセージ性を重視しているが、「資源の価値」を十分に反映しているとはいえない。現在の算定法では、質量は大きい但価格は安い建設用鉄物の消費

⁴ 「資源生産性(GDP÷天然資源等投入量)」は、産業や人々の生活がいかにものを有効に利用しているかを総合的に表す指標である。天然資源はその有限性や採取に伴う環境負荷が生じること、また、それらが最終的には廃棄物などとなることから、より少ない投入量で効率的にGDPを生み出すよう、増加が望まれる。