

グローバル化時代の資源戦略

Resource Strategies for the Globalization Age

グローバル化の進展により、新興国の資源消費が増大している。資源開発が急がれているものの、この急速な需要増大には追いついていない。また、投機資金の流入が国際価格の押し上げに影響している。資源小国であるわが国は、「ものづくり」に必要なエネルギーや金属などをほぼ全量輸入に依存していることから、資源価格の高騰や供給の不安定化など、資源制約の顕在化による企業経営への悪影響が懸念される。

わが国の製造業は、海外から調達した原材料に高い付加価値を加えることで利益を確保してきたが、今日の資源制約は得られる利益を縮小させつつある。一部レアメタルの供給途絶は、生産制限につながる可能性がある。このまま資源価格の高騰や供給不安が続けば、素材産業の空洞化や技術流出、国内研究の衰退、温室効果ガスの排出量増加にもつながるおそれがある。

わが国政府は、エネルギー分野およびレアメタル分野で供給安定化に向けた方針を示したところであるが、さまざまな資源を対象にした総合的資源戦略の策定までには至っていない。また、世界動向に関する分析機能の不足、国内から供給できる資源開発技術者の不足、国際競争力のある資源開発体制の不足などへの対応は必ずしも十分ではない。

本論では、当座求められる対応方針と中長期的な視野に基づく対応方針を整理しつつ、わが国経済に大きな影響を与える「クリティカルメタル」の定点観測、世界に通用する資源開発技術者の育成、国際競争力のある資源開発体制の確立、わが国「ものづくり」における環境競争力の向上を目指した資源戦略のあり方を示した。



The progress of globalization is seriously increasing the consumption of resources in emerging countries. Even though the development of resources is being accelerated, it is not keeping pace with the rapid increase of demand. In addition, the inflow of speculative funds is also contributing to the rise in international prices. As a 'resources-poor' nation, Japan relies on nearly all the energy and mineral resources required for its manufacturing activities on imports. This raises concern for the negative impact on corporate businesses due to resource constraints, such as a surge in resource prices and the destabilization of supply.

Japan's manufacturing industry has secured profits by adding high added-value to raw materials obtained from abroad. However, the recent resource constraint is gradually reducing the profits to be potentially earned. As a result, the disruption of supply in some rare metals has a possibility of leading to production constraints. If resource prices and supply concerns continue to surge, it could even lead to the hollowing out of the materials processing industry, technology drain, and a decline in domestic research, as well as an increase in emission of green house effect gases.

The Japanese government has announced its policies for the stabilization of supplies in energy and rare metals. However, the government has yet to establish a comprehensive resource strategy covering various resources. In addition, the lack of functions to analyze global developments, the shortage of resource development engineers that can be provided from Japan, and the absence of internationally competitive resource development companies, are not necessarily being fully addressed.

This paper clarifies the action policies which are immediately called for and the action policies that should be based on a mid-to-long-term perspective. Along with this, the paper sets forth the future direction for Japan's resource strategy that aims to achieve: the stationary measurement of "critical materials" having a significant impact on Japan's economy, the training of "world-class" resource development engineers, the establishment of internationally competitive resource development companies, and the improvement of Japan's competitive standing in the environmental aspects of its manufacturing activities.

1 | はじめに

本論の目的は、わが国が直面している資源制約の特徴を整理した上で、資源の安定供給に向けた現在の対応を検証し、不足がある場合、わが国における資源戦略のあり方を示すことにある。

ベルリンの壁崩壊や中国のWTO加盟による自由貿易圏の拡大、またインターネットなどの通信技術の発達により、世界経済のグローバル化が進んでいる。従来、世界の資源は先進国を中心に消費されてきたが、世界市場に組み込まれた中国などの目覚ましい経済発展に伴い、先進国以外における資源消費が急増している。

資源消費の急増は、国民生活や「ものづくり」に必要な資源のほぼ全量を輸入に頼るわが国に対し、資源価格の高騰や供給の不安定化といった問題を突きつけている。資源価格の高騰や一部のレアメタルに関する供給不安は、ものづくり国家を目指すわが国において、企業利潤の減少、国際競争力を有する製品の生産制限にもつながりかねない点で極めて深刻な問題である。資源を安定的に確保することは、わが国における産業競争力を維持、強化する上で必須の前提条件である。

有望な国内資源を大方掘り尽くしてしまったわが国は、開発困難な海底資源などを除き、顕在化する資源制約に対して国内資源の開発という手段を講じることができない。そのため、海外における資源開発、二次的資源とも言えるスクラップ資源の再資源化、省資源化・代替技術の開発などといった対策を講じる必要がある。しかし、対策を講じるためには、資源開発に必要な人材や体制の不足、スクラップ資源の国外流出、省資源化や代替を可能にする技術原理の解明などといった課題を一つずつ解決していかなばならない。旧植民地の資源国に強い影響力を有する欧州や、国内資源が豊富な中国、ロシア、米国などと異なり、わが国はより厳しい立場におかれていることを認識した上で、資源の安定供給を考える必要がある。

資源制約の顕在化に伴い、政府はエネルギーやレアメ

タルについて、安定供給を目指す対応方針を定めたところである。しかし、使用量が大きく、価格高騰の著しい鉄や銅などは、まだ特に対応方針が示されていない。また、細かく見れば資源制約の背景も鉱種ごとに異なるのに対して、資源供給の安定化に向けた鉱種ごとの具体的な対策や共通的対策の整理などもあまり行われていない。さらに人材育成や技術開発などを対策として取り上げても、効果を発揮するまでに数年から十数年近い年月が必要であることを考えれば、当座の短期的対応を充実させる必要がある。資源制約の顕在化を問題視する意識は高いものの、国としての資源戦略はまだ十分に整っていない状況である。

これまで、レアメタルに焦点を絞った供給安定化対策や未利用スクラップの再資源化推進、また省資源化・代替技術の開発などに関し、個別の検討はなされているものの、わが国の現状を踏まえた総合的な資源戦略は特に検討されていない。また、レアメタルについては、おおよその対応方針が示されているが、これも鉱種それぞれの特性を踏まえた具体的対策や鉱種横断的な対策の必要性は十分に検討されていない状況である。そこで、本論では、資源制約の背景要因を整理しつつ、わが国が抱えている課題も踏まえながら、総合的な資源戦略のあり方について検討する。特にこれまで海外動向のみを念頭において検討されることが多かったが、本論ではわが国自身が抱える課題についての分析も試みる。さらに資源供給の安定化だけでなく、わが国製造業の競争力強化や環境配慮の促進にも寄与できる資源戦略のあり方を検討する。

なお、資源とは一般的にわれわれ人間が日々の生活や、産業活動を維持継続させるために利用できるもの全般を指す概念として整理されており、極めて広範な概念である。本論では、依然としてわが国の重要な外貨獲得手段である製造業の「ものづくり」に焦点をあて、製造業で消費される金属等の鉱物資源を中心に議論を行う。

2 顕在化する資源制約とわが国における資源戦略の意義

(1) 資源を安定供給することの意義

現在のところ、各種資源の輸入が完全に途絶してしまうことは現実的に考えにくい。輸入価格の高騰や資源国における輸出制限などは、少なからずわが国経済に影響を与えている。

第一に、原材料価格の高騰は、製造業における投入コストの増大を招いている。わが国製造業は、世界的な好況を受けた売上増により、原材料高によるコストの増加分を吸収することに成功している（図表1）。そのため、内需や製品輸出の減少が仮に起これば、売上の減少を招き、最終的には企業利益も減少する可能性がある。わが国の経済成長は、少子高齢化等による人口の伸び悩みや海外における旺盛な製品需要などにより、近年は外需主導の傾向にある¹。新興国の技術力向上によるわが国製品の相対的な競争力低下、またサブプライムローン問題や資源価格の高騰などによる外需減少が起きれば、輸出は縮小する可能性がある。わが国製品の輸出が鈍化し、資

源高だけが続くような状況になれば、わが国製造業は極めて苦しい経営状況に置かれてしまう。

第二に、資源国の輸出制限は、わが国が強みを有する部品やそれを使用する最終製品の生産制限につながる可能性がある。一部のレアメタルやレアアースは、資源国の輸出抑制政策により、年々輸出量が減少している。これらのレアメタルは、消費量は少ないものの、特定機能の発現には必要不可欠な素材であり（図表2）、供給量の制限により、生産を制限せざるを得ない部品や製品が一部に存在する。特にレアアースは、自動車や家電類における省エネルギー性やコンパクト性を実現するために用いられる高性能磁石のほか、薄型テレビのバックライトや発光ダイオードに不可欠な蛍光体として極めて重要度が高い。いずれもわが国が国際的な強みを有する最終製品と関係が深いこと、また十分に代替できる材料の開発は容易ではないことから、こうした機能素材の供給障害は極めて深刻な問題である。

レアアースを使用する希土類磁石を例にした場合、ハイブリッド自動車の駆動用モーター、自動車におけるパ

図表1 わが国製造業における投入コストの増加と吸収要因

	1973～76年度	2003～06年度
(単位：兆円)		
(利益減少要因)		
投入コストの増加	51.6	85.1
(利益増加要因)		
売上数量増加による吸収	23.2	33.3
(うち輸出分)	(売上増) 5.0	(売上増) 9.2
固定費圧縮による吸収	-17.5	-0.5
(人件費)	-12.5	0.4
(利払い費)	-3.8	0.3
(減価償却費)	-1.2	-1.1
価格転嫁による吸収	53.1	36.5
	(販売価格上昇)	(販売価格上昇)
経常利益減少額	3.0	-10.6
	(利益減少)	(利益増加)

注1：2000年価格表示。在庫変動等や交絡項の影響により、経常利益の変動額と内訳の変動要因の合計は一致しない。

注2：売上高÷産出価格＝産出数量、売上原価÷投入価格＝投入数量、とした。

投入コスト増加の影響は、(最終年度の投入価格－初年度の投入価格)×(投入数量の期間平均)により計算。

売上数量増加による吸収は、(最終年度の産出数量－初年度の産出数量)×(産出価格の期間平均)により計算。

売上数量のうち輸出分は、売上数量増加による吸収×(輸出増加額/売上増加額)により計算。

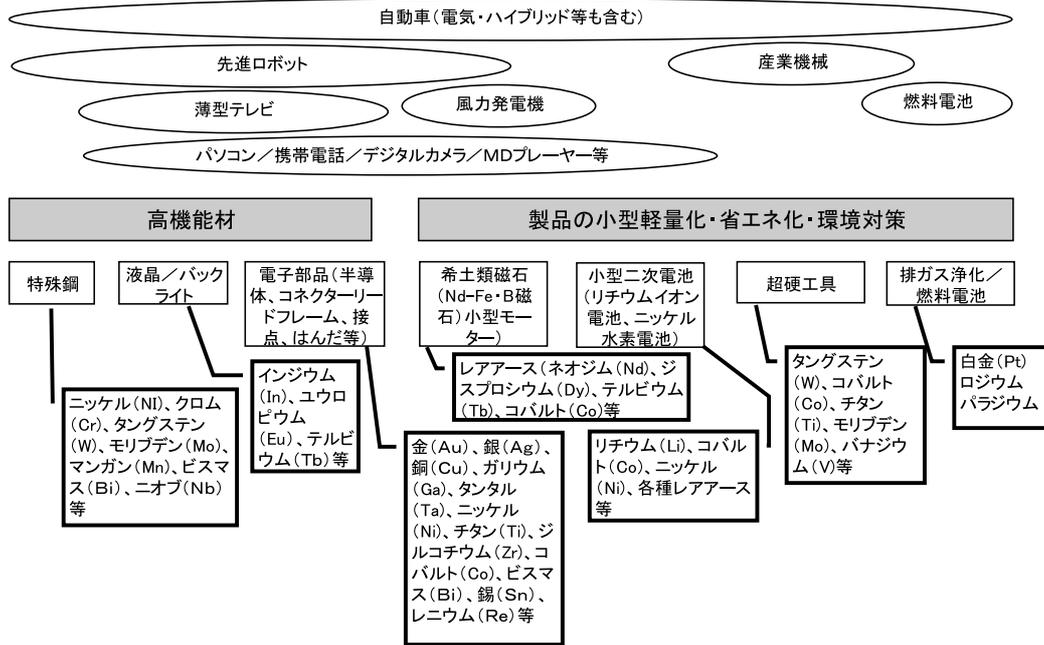
価格転嫁による吸収は、(最終年度の産出価格－初年度の産出価格)×(産出数量の期間平均)により計算。

資料：日本銀行「物価指数統計月報」、財務省「法人企業統計季報」

本論注：1973～76年度の数値は石油危機時におけるもの。本論で言及している資源制約については、2003～06年度を参照。

出典：芥田知至（2008）「石油にみる資源制約と経済成長」当社「政策・経営研究」2008,Vol.1

図表2 日本の産業競争力向上に不可欠なレアメタル



出典：工業材料8月号p26「経済産業省 資源エネルギー庁 資源・燃料部鉱物資源課」より

ワーウィンドウ用などの小型モーター、各種パソコンやオーディオ機器のボイスコイルモーター、またエアコンのコンプレッサー用モーターなどの界磁に用いられており、これを従来のフェライト磁石でそのまま代替しようとすると、発現磁力に原理的限界があることから、部品の大型化（設計変更が必要）、省エネルギー性の低下はほぼ避けられない²。希土類磁石を生産し続けることが難しくなれば、今後、自動車、各種家電、エアコンなどのエネルギー消費に起因する温室効果ガスの排出量を増大させてしまう可能性がある。民生部門や運輸部門のエネルギー消費量が増加することは、2008～2012年の第一約束期間³までに1990年比で実質10%以上も温室効果ガスの排出量を削減しなければいけないわが国にとって深刻な問題である。

第三に、一部の資源国が進める高度技術産業の誘致政策は、わが国製造業の資源国立地を加速させる可能性がある。現に一部のレアメタル製品に関しては、資源国の輸出規制により、わが国国内で原材料を安定的に調達することが難しくなりつつあるため、一部の工程を資源国に移転させている例がある⁴。企業側からみて原材料の

安定確保に資する合理的な判断ではあるが、わが国に還元される利益の減少や国内雇用の減少、さらには素材技術に関わる技術者の流出などにつながる点で社会的に著しい損失を招く可能性がある。

わが国が直面している資源制約は、製造業における原材料価格の高騰や国民生活における物価上昇などとして問題視されることが多いが、わが国企業が生み出す利潤の減少、またこれによる労働者所得の減少やリストラの拡大、わが国「ものづくり」における上・中流部門（鑄造、鍛造などの素形材産業・各種部品産業など）の空洞化、素形材技術の国外流出、素形材技術に関わる国内研究拠点の衰退、さらには温室効果ガスの排出増大などにもつながる可能性がある点で、経済安全保障上の最重要課題であることを認識する必要がある。

(2) わが国が直面する資源制約

① 輸入資源の高騰・供給の不安定化

資源価格の高騰や供給の不安定化により、わが国製造業は利益率の低下、一部製品における生産制限のおそれに直面している。

わが国製造業は、製品製造に必要な原材料、また素材

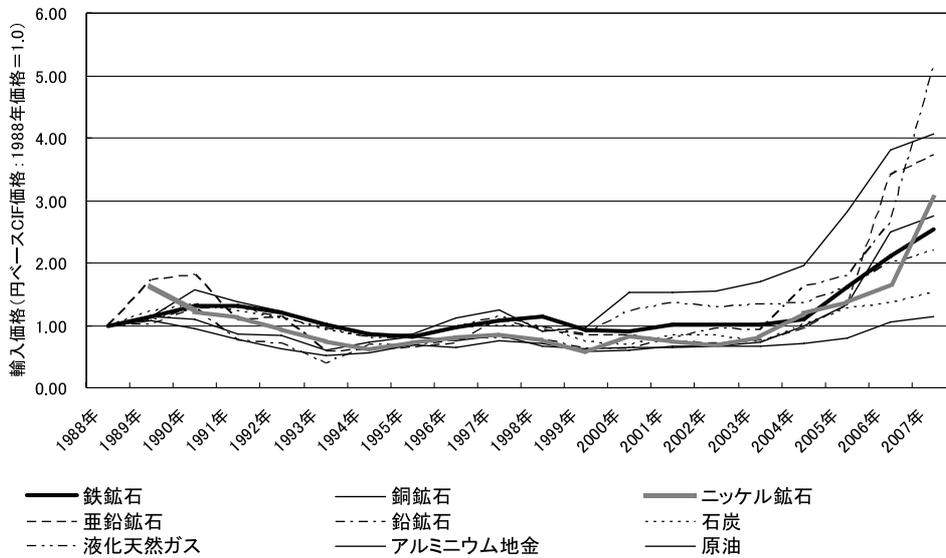
加工や部品組立に必要なエネルギーとして、大量の化石燃料や金属・非金属資源を輸入している。近年、これら一次製品の輸入価格が高騰しており、鉛鉱石は10年前（1997年）と比較して6.5倍、ニッケル鉱石は3.5倍、亜鉛鉱石は3.4倍、原油と銅鉱石は3.3倍、鉄鉱石は2.4倍、液化天然ガス（LNG）は1.9倍、アルミニウム地金および石炭は1.5倍となっている（図表3）。特に2003年以降の上昇が著しい。

こうした原燃料の高騰は、製造業における原材料費の

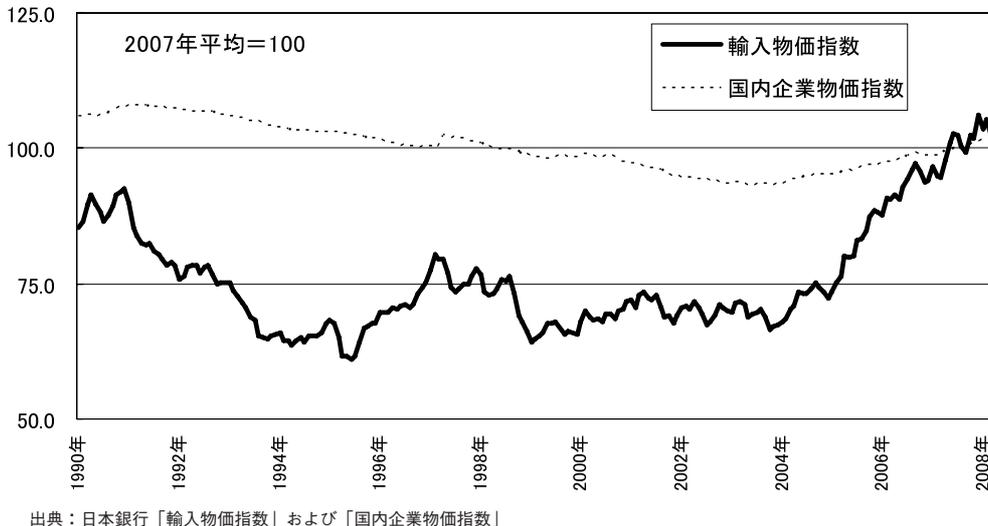
上昇をもたらしているが、製品への価格転嫁は市場動向をみながら実施されていると思われ、製造業における利益率の低下が懸念される。現に日本銀行の発表による輸入物価指数と国内企業物価指数を比較した場合、近年は輸入物価指数⁵の上昇が著しいが、製品価格に連動すると考えられる国内企業物価指数⁶はさほど上昇はしていないことがわかる（図表4）。

また、近年注目されることが多いレアメタルの例としてレアアース⁷を取り上げると、資源国の輸出抑制政策⁸

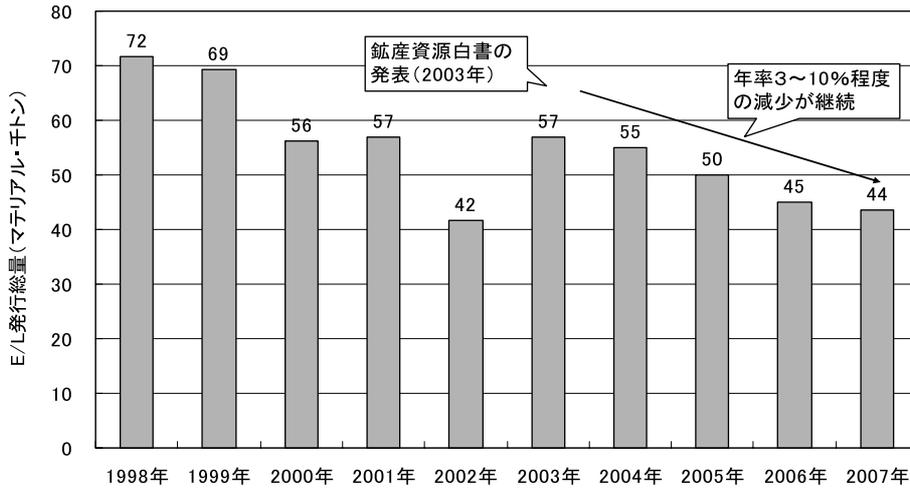
図表3 わが国における輸入資源価格の推移



図表4 わが国における輸入物価と国内企業物価の推移

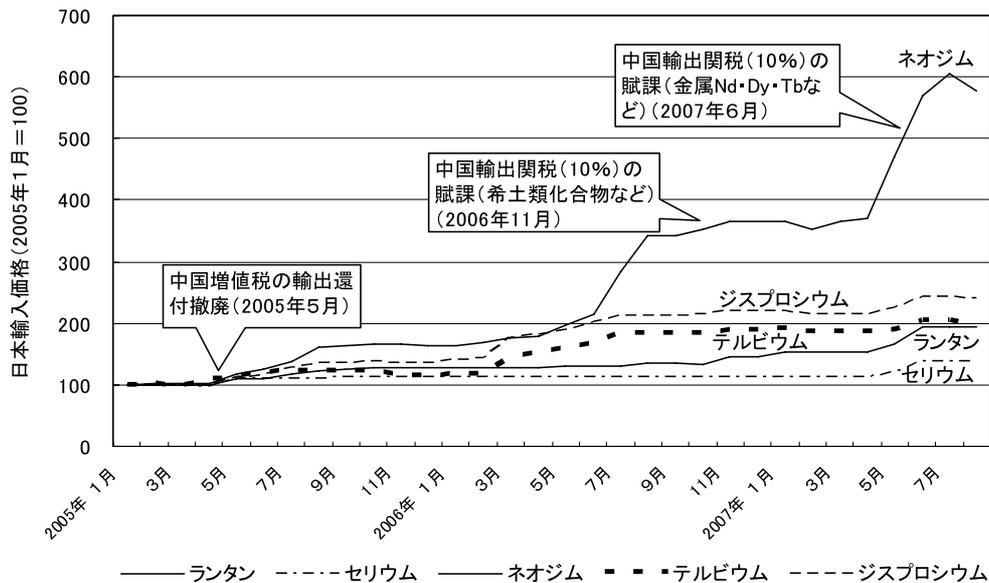


図表5 中国におけるレアアース輸出許可枠（E/L発行総量）の推移



出典：日本メタル経済研究所「レアアース資源と産業（太田辰夫著）」（2007年3月）および新金属協会「新金属工業（2007年秋）」より作成

図表6 レアアース日本輸入価格の推移



注1：2005年1月の輸入価格（CIF米ドル/kg）を100とした場合の比
 注2：ジブシロシウムは合金（Dy：Fe=8：2）価格をDy純分に換算、他は元素金属価格
 参考：2005年1月現在の輸入価格（CIF米ドル/kg）：ランタン=3.6、セリウム=5.8、ネオジウム=8.5、テルビウム=380.0、ジスプロシウム=51.3
 資料：アルム出版社「工業レアメタル」および「レアメタルニュース」より三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

により、年々その輸出許可量が減少している（図表5）。さらにこうした輸出量の制限に加え、資源国における国内付加価値税の還付撤廃⁹、さらなる輸出関税の賦課などを受け、わが国における輸入価格は著しく高騰している（図表6）。

これまでわが国が比較的安価に入手することのできた

資源の多くは、このように価格が高騰するかもしくは供給が不安定化している。

②資源制約の顕在化メカニズム

われわれの生活行動や産業活動は、価格や量の面で利用可能な資源量が限られていると、利用可能な資源量に依存して限定されてしまう。このように利用可能な資源

量に起因する一時的もしくは長期的な活動制限を資源制約と呼ぶ。鉱物資源を対象にした場合、資源制約が発生する要因として、枯渇、資源利用による環境悪化（利用制限による利用可能量の減少）、利害対立による流通停滞（流動性低下による利用可能量の減少）などを挙げることができる。志賀（2003）による鉱物資源問題の整理を図表7に示す。

資源の枯渇や資源消費に伴う環境の悪化は、鉱物資源の持続的な生産を目指した場合に資源制約を顕在化させる要因となる。

資源の枯渇については、対策手段としての技術が存在しない場合の新技術開発、またすでに存在する場合の技術移転、そのほか資源消費者に対する啓蒙活動などが資源制約への対応策となり得る。技術開発には、未開発資源の探査・開発に関する技術、採掘・製錬に関する技術、また二次的資源である金属スクラップの再資源化技術などがある。消費者への啓蒙には、資源利用の効率化、また有効利用などに関する広報活動、教育活動などがある。

資源消費に伴う環境悪化については、環境対策技術の開発を進めることが、資源制約への対応策となり得る。廃棄物や二酸化炭素の排出抑制に資する省資源化・省工

ネルギー技術のほか、資源開発や資源利用時に発生する有害物質処理技術などがこれに当てはまる。

また、供給国と需要国との間に発生する利害対立は、各地域に偏在することの多い鉱物資源を円滑に流通させようとした場合に資源制約を顕在化させる要因となる。各国の利益を最大化しようとする中で、資源の供給制限や資源需要の際限ない増加を招くことになる。供給設備等における突発的な事故を除き、過去に起きた資源制約の多くは、供給国と需要国との利害対立を根源的要因とするものである。多くの資源国が発展途上国であることを踏まえれば、地球温暖化対策における先進国と発展途上国の対立、また従来の南北問題の対立とも一致する構図である。

利害対立が招く資源の流通障害については、相互に依存し合っていることの理解が問題解決に向けた究極的な対策となる。資源国では、資源供給の恩恵に十分あずかるための方策として、利益還元促進（資源価格や鉱業税率の調整など）、受益者による開発投資などを促進させることなどが重要になると考えられる。また需要国では少ない資源で最大の価値を得ることができる産業構造へと調整（旧式技術・設備の廃止、省資源技術等の導入促

図表7 鉱物資源の確保に向けて開発すべき問題

理念： 鉱物資源の恒久的確保
 理想的目標：「持続的な生産と円滑な流通を図る。その中で世界が共に成長していく」
 解決すべき3大鉱物資源問題： 1 枯渇、 2 環境、 3 利害対立

理想的目標	3大 鉱物資源問題	5分野	8目標
鉱物資源の持続的な生産	1. 枯渇	分野1「技術開発」	目標1「未開発鉱物資源の探査・開発技術の開発」
			目標2「鉱業技術および周辺技術の開発」
			目標3「金属スクラップの再資源化技術の開発」
	2 環境	分野2「技術移転」	目標4「技術移転」
分野3「消費者啓蒙」		目標5「広報および教育活動の展開」	
鉱物資源の円滑な流通および世界の成長	3 利害対立	分野4「環境対策技術開発」	目標6「環境対策技術開発」
		分野5「相互依存の認識」	目標7「発展途上国開発」
			目標8「先進国の産業構造調整」

出典：志賀美英（2003）「鉱物資源論」244pより作成

進など) することなどが重要になると考えられる。しかし、過去の歴史を顧みれば、需要国と供給国とのパワーバランスを保つことで、問題の顕在化を避けてきたことが多い。需要国から供給国への軍事・経済的圧力、またOPECなどといった資源国カルテルの立ち上げは、パワーバランスの均衡点を調整するための手段であったと見ることができる。

③顕在化する資源制約の背景要因

今日、わが国が直面している資源制約は、世界における著しい資源需要の増加や資源ナショナリズムの勃興に起因する流通障害が原因であると考えられている¹⁰。

人口大国である中国やインドの人口増加および工業化がこのまま続く限り、資源需要は拡大し続けると見られることから、従来の一時的な資源制約とは異なり、すぐに解消される見込みは薄い。従来資源制約は、これまでに起きた石油危機や各種非鉄金属の価格高騰を例としても、資源国における政治的混乱、資源国と需要国の間における政治・軍事的対立、鉱山労働者の待遇改善を求めるストライキのほか、鉱業関連設備における事故などによるものが大半である¹¹。いずれも人口増加や工業化などとは異なり、解決の見込みが大きい点で今日の資源

制約とは異なる。

このほか、環境配慮の促進(地球温暖化対策、循環型社会の形成など)なども少なからず資源制約の顕在化に影響を与えつつある。なお、各種資源に関する可採年数¹²の少なさを懸念する向きがあるものの、現在のところ入手できなくなるまでに完全枯渇した資源は存在しない。そのため、資源制約の顕在化に直接的な影響を与えているのは、資源の枯渇などではなく、供給国と需要国の間における流通障害が主であると考えられる。

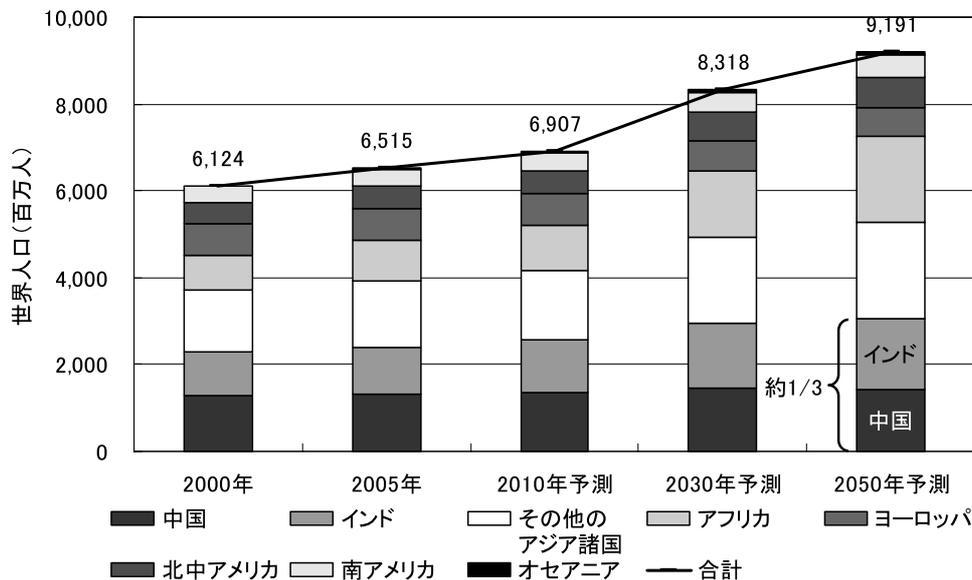
以下に資源の流通障害に影響を与えている社会要素を整理する。

【世界における資源需要の拡大】

中国やインドなどといった人口大国が、工業化を促進させることで1人当たりの資源消費量を増大させ、労働者所得や企業利潤の引き上げを目指すことになれば、人口増加による資源消費量の増加に加え、工業化による消費原単位の増加も見込まれる。

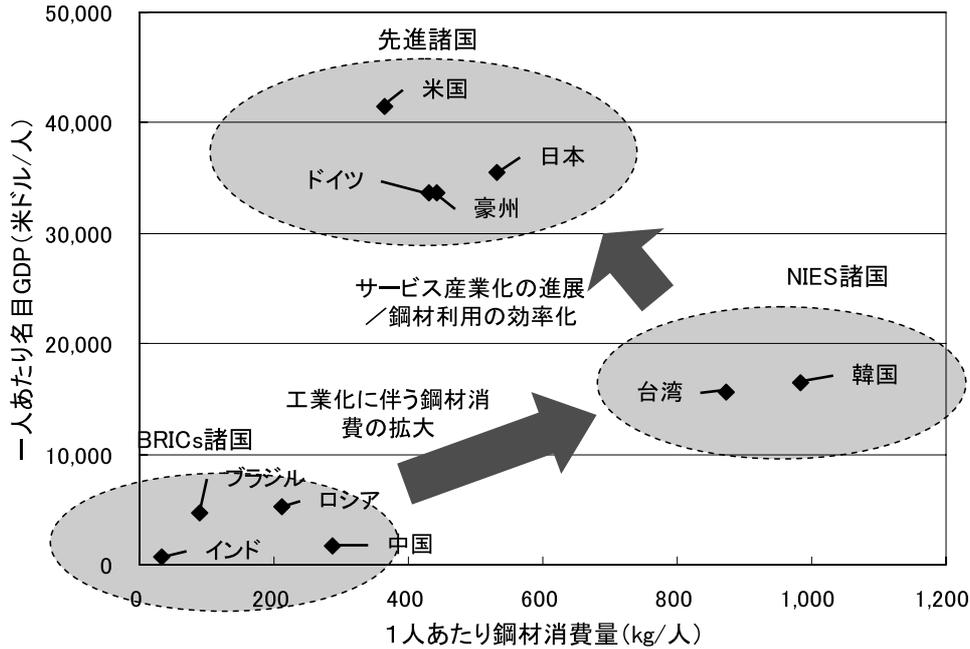
世界の人口は既に60億人を突破し、2050年には90億人を超えると見られているが(図表8)、このうち約3分の1は中国およびインド国民によって占められるとの予測である。また、産業の基盤材料である鉄鋼を例にし

図表8 世界人口の推移予測



出典：国連「World Population Prospects; The 2006 Revision」

図表9 経済成長に伴う1人当たり鉄鋼消費量の推移予測



出典：日本鉄鋼連盟統計などより筆者作成

た場合、先進諸国は少ない鉄鋼消費量で大きな付加価値を生み出しているが、現在のところ、これらの国々は1人当たりの鉄鋼消費量が少なく、また生み出している付加価値も小さいという特徴がある(図表9)。しかし、過去の経験則として、国民1人当たりの収入が少ない工業化の初期段階では、鉄や銅などの資源消費量も少ないが、次第に建築、工場、道路、自動車あるいは機械などに多量の資源が使われることで、1人当たりの付加価値も増大することが知られている¹³。社会における構造材料の蓄積が進むと、資源需要は一巡するため、消費嗜好はソフト的分野、つまりサービス業の分野に傾くと考えられている。したがって、中国やインドなどの工業化が進展し続ける限り、人口増加による資源消費量の増加に加え、1人当たり資源消費量も増加し続ける可能性は大きいと考えることができる。

なお、一部のレアメタルやレアアースなどの希少金属は、さまざまな製品で広範に使用される鉄や銅などとは異なり、必ずしもこの傾向とは一致しない。レアメタルを使用する特定製品の需要動向によって消費量は大きく変動するため、経済発展の程度を示すと考えられる1人

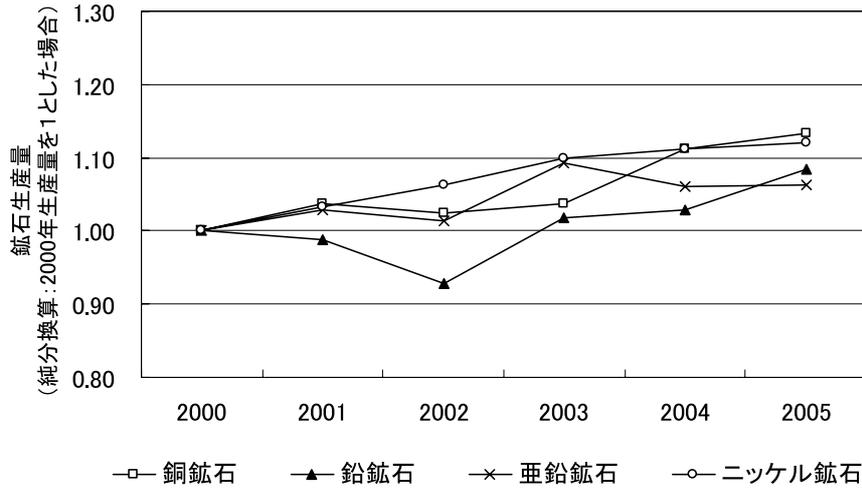
当たり付加価値の多寡よりは、各国の産業構造、またその製品需要動向に影響されるところが大きいと考えられる。

【資源供給における弾力性の低さ】

急速な資源需要の増加に対し、資源供給は必ずしも増大していない。主な非鉄金属を例にした場合、2000年から2005年で世界の鉱石生産量は1割程度しか増加していない(図表10)。鉱石生産の増加率が低い理由のひとつとして、探鉱から生産開始までに要する期間の長さがある。鉱物資源の開発は、探鉱から試掘、鉱業活動の認可取得、販売契約の締結を経た後により早く生産を開始することになるが、最終段階に至るまで概して10~20年程度の時間を要する。そのため、急速な需要増に即して探鉱を開始したとしても、生産開始は10年以上先になってしまう。当分の間、既存鉱山の余剰生産能力で需要増に対応せざるを得ないため、供給を十分に増やすことができないという事情がある。

また、探鉱開発は俗に「千三つ」と言われるほどにリスクの高い投資行為である。つまり、1本当たり数億~十億円もかかる試掘を1,000本近く行ってようやく3本

図表10 世界における主要非鉄金属の鉱石生産量推移



出典：World Metal Statisticsより三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

程度の成功が得られるというものである¹⁴。当然のことながら、有望鉱床に当たらなければ莫大な損失を生むことになる。したがって、投資リスクをカバーできるだけの資金的余裕があり、また資金回収が容易な有望鉱床と出会えなければ、探鉱開発を続けることはなかなか難しい。現在、この条件にあてはまるのは、潤沢な資金を保有し、世界各地の優良鉱区を押さえている一部の資源メジャー¹⁵のほか、「ハイリスク・ハイリターン」を前提に投資資金を集めているカナダや豪州の資源ジュニア¹⁶などに限定されてしまう。また、資源価格が高騰する以前は、長期間にわたって資源価格が低迷していたため（一時的な供給途絶などによる高騰時期を除く）、かなり高品位の鉱床でなければ開発着手が難しい事情もあった。そのため、資源メジャーといえども短期間のうちに生産を開始できる開発案件は少ない状況である。

今後の資源開発は、既存鉱山の拡張や鉱区権を押さえている隣接地域の開発などを除き、すでに初期段階の探査が終了し、資源の存在がある程度確認されている場所から優先的に行われる可能性が高い。しかし、この場合、これまでよりも採算性の低い鉱床を対象にせざるを得ない可能性がある。なぜならば、すでに資源の存在が確認されているにもかかわらず、開発されていない理由として、鉱石品位が低い、地層構造が複雑で採掘コストがかさむ、消費

地までの運搬コストがかさむなどの問題が想定されるからである。今日、資源価格の高騰によって資金回収が容易になりつつあるものの、資源開発から生産までの時間が長いこと、現在の資源価格が今後数十年程度にわたって高止まりするとの見込みがなければ、こうした新規案件の開発着手は進みにくいことが予想される。

このように資源需要の急速な増大に対し、概して資源供給側は弾力性に乏しいことから、市場価格の高騰が起こりやすい構造となっている。

【資源メジャーの寡占化・資源ナショナリズムの勃興】

資源メジャーによる資源権益の寡占化、また資源国における資源ナショナリズムの高まりなどは、資源価格の引き上げ、またわが国が入手できる資源量の減少（鉱山事業への外資参入規制、輸出量の制限など）につながっている。

資源価格の高騰により、資源採掘や精製などの分野で権益を押さえている資源メジャーの収益性が急速に向上している¹⁷。得られた資金で現状鉱山の拡張や新規探鉱案件への投資を活発化させつつあるが、即効性のある投資としてM&A（企業買収・合併）による生産拠点・取扱資源の多様化、経営規模の拡大が目立つ。こうしたM&Aによる資源権益の寡占化は、資源価格の上昇にさらなる拍車をかけつつある。鉄鉱石、石炭、各種の非鉄鉱石な

どを購入する際の価格交渉では、需要増を背景として、すでに資源メジャーによる強気の交渉が展開されており、寡占化で買い手側はさらに弱い立場におかれる可能性がある。最近の事例として、BHP BillitonとRio Tintoの合併交渉を挙げることができる。世界の鉄鉱石市場における両社シェアを合計すると4割近くなることから、寡占による鉄鉱石価格のさらなる高騰が懸念されている¹⁸。両社は鉄鉱石以外の石炭、各種非鉄金属でも世界的に高いシェアを有していることから、同様の影響が懸念される。

また、一部の資源国では、国内資源の開発・管理を強化し、自国の利益を最大化させようとする「資源ナショナリズム」の動きを活発化させている。最近注目を集めている一部のレアメタルやレアアースを例にすれば、これら資源が豊富な中国は、鉱石の生産・輸出を厳格に制御し、付加価値の低い原材料輸出から付加価値の高い製品輸出へと、資源の輸出構造を調整する動きを拡大させているところである。中国では、先述の輸出量制限、国内付加価値税の還付廃止、輸出関税の賦課などといった政策を近年続々と打ち出している。また、ロシア、インドネシア、ボリビア、モンゴル、エクアドルなどといった資源国でも国内資源の管理強化に向けた動きを活発化させている¹⁹。

世界における鉱物資源のほぼ全てが、鉱業法などを根拠に何らかの形で各国政府の管理下におかれているため、自国の利益を最大化しようとする政策が資源ナショナリズムと結びつきやすいという特徴がある。自国資源から得られる付加価値を最大化しようとするれば、採掘や製錬プロセスにおける国家管理の強化、ロイヤリティ徴収の強化、内需優先の政策となりやすい。

【投機資金の流入】

資源需給に直接的な影響を与えるものではないが、投機資金の流入による資源価格の高騰がある²⁰。原油をはじめ、コモディティ（品質などを標準化し、市場取引を容易にした普遍的な商品）として取引されるいくつかの非鉄金属は、世界各地の商品取引市場において先物取引の

対象とされている。将来の値上がりを予測し、安い価格で資源購入の予約（先物契約）を確保できれば、値上がりによる原材料費の上昇を抑えることができる。また、値上がり後に市場で売却すれば、値上がり分だけ利益を得ることもできる。先物取引は、もともと原材料の価格変動リスクを回避するための取引として始まったものであるが、このように投機手段としての側面があるため、年金基金などの新たな運用先として注目されている。

こうした投機資金が資源市場の先物買いに流れると、見かけ上の資源需要が高まり、価格を押し上げることになる。当然のことながら、これら買い注文は現物を必要としているわけではないので、限月（資源現物の受け渡しを行う約束期日）前に売り注文を入れて、差額だけを受け取ることになる²¹。売り注文で戻ってきた投機資金が再び先物買いに投入されれば、引き続き資源価格を押し上げ続けることになる。資源購入の長期契約などは、主要な先物市場における取引価格を指標としているため、このような投機的資金の流入は世界的な資源価格の高騰を引き起こすことになる。

資源市場へ投機的資金が流入することによる影響の大きさは、証券市場の規模と原油先物市場や非鉄金属先物市場の規模を比較するとわかりやすい。ニューヨーク株式市場の時価総額はおおよそ15兆米ドル規模、東京株式市場でも4兆米ドル規模ほどある。一方、世界を代表するニューヨーク・マーカンタイル取引所の原油先物市場（WTI先物）でも1,500億ドル規模に過ぎない²²。ロンドン金属取引所における銅先物市場やアルミニウム先物市場は、こうした原油先物市場よりは小さいとみられている²³。

3 わが国が置かれている立場と資源の安定供給に向けた課題

（1）資源制約に対するわが国の対応

資源制約が顕在化する中、政府は、エネルギー分野における資源戦略として2006年に「新・国家エネルギー戦略」を策定した。エネルギー利用効率の向上や供給源の多様化を目指したエネルギー需給構造の改善、資源国

との関係強化やアジアにおける省エネルギー協力を目指した資源外交、エネルギー環境協力の強化、備蓄機動性の強化などによる緊急時対応策の充実を主な視点としている。具体的には、省エネルギー技術の開発促進、運輸部門における省エネルギーの推進や石油依存度の低下、新エネルギーの導入促進、原子力発電の推進、油ガス田の権益確保、アジアにおける省エネルギー支援などが挙げられている。

また、2007年には「今後のレアメタルの安定供給対策について」として総合資源エネルギー調査会から政府に対して答申が出された。この答申に基づき、政府では重点的な海外探鉱開発の実施と資源外交の推進、工程くずの発生抑制とリサイクルの推進、代替材料の開発、レアメタルの備蓄見直し、関連統計の整備および人材育成などに取り組み始めている（図表11）。具体的には、経済産業大臣等による資源国との交渉、新たな鉱山権益の確保を目指した探鉱事業への支援、備蓄制度の見直し、「希少金属代替材料開発プロジェクト」の実施、スクラップリサイクルの支援などを実施しているところである。

現在、エネルギー全般およびレアメタルを対象にして政府方針が示されているところであるが、いずれにも共通する視点は、供給側対策として探鉱開発や共同出資などで海外の鉱業権益の確保を重視しつつ、需要側対策と

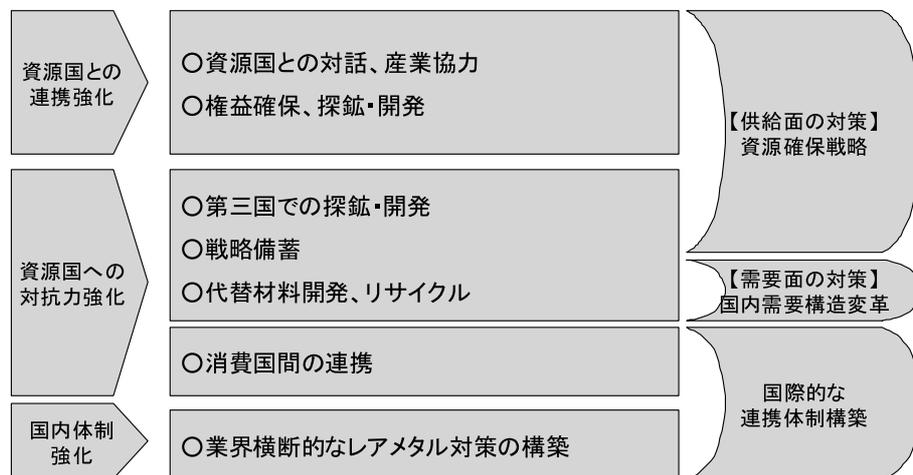
してリスクの少ない鉱物資源（ウラン、レアメタル代替材料など）への代替や省資源化・省エネルギー技術などの充実を図ろうとするものである。

厳しい状況下にあるわが国ではあるが、一部の企業でも資源開発に向けて動き出しつつある。少ないながらも資源開発技術者を社内に抱え、探鉱開発への投資を行っている一部の鉱山会社では、資源ジュニアと連携を模索しつつ、自ら海外の探鉱開発を強化させようとしている。また、総合商社の資源部門などでは、資源メジャーなどが実施する資源開発に探鉱開発段階から出資を行い、鉱山権益の獲得に向けた動きを活発化させつつある²⁴。

また、有識者団体による提言も行われている。科学技術に携わる産学官の有識者などから構成される技術同友会は、会員を対象にアンケート調査を実施し、「材料、素材としてなくてはならない必須金属（必要な機能、性能を持たせ、高める）」かつ「需要の伸びが大きく、資源量や回収・精製の困難性など供給上の不安がある金属」あるいは「価格が高騰し、ユーザーにとってコスト面から代替を臨みつつも出来ない金属」として、30種の「クリティカルメタル」を抽出している（図表12）。

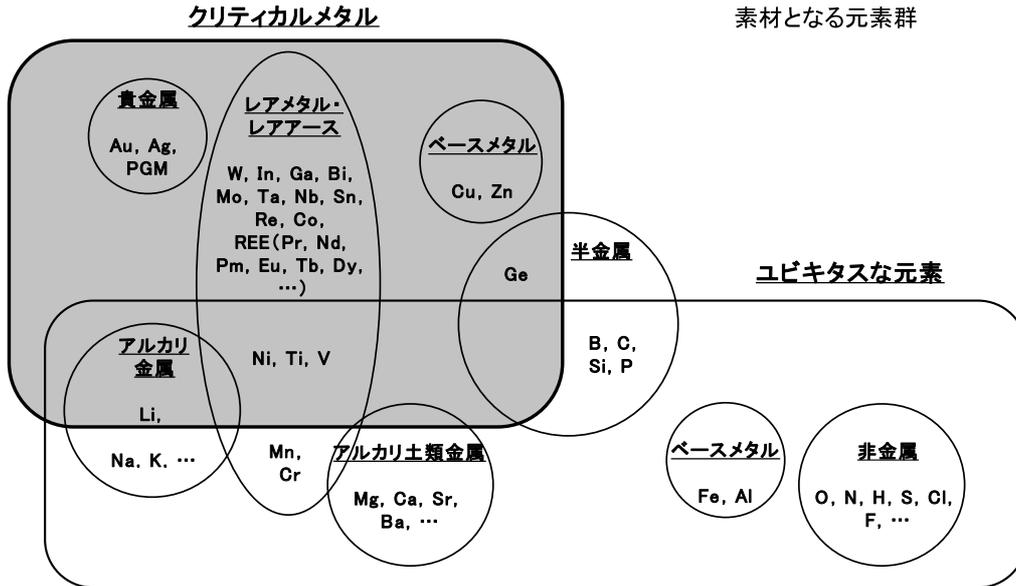
この提言では、クリティカルメタルに関して、政府による探鉱開発の支援、資源外交の展開、資源開発等に関わる人材育成、クリティカルメタルの効率的回収・リサ

図表11 わが国におけるレアメタル対策



出典：経済産業省 岩野宏「レアメタル政策の現状と展望（2008年2月）」

図表12 技術同友会により提唱されたわが国の「クリティカルメタル」



出典：技術同友会「クリティカルメタル対策に関する提言」

イクルシステムの構築、ユビキタスな元素（地殻中の存在量が多い元素）を活用した新機能材の開発、クリティカルメタルの総合対策管理体制の構築を挙げている。今後は、国内外における製品需要動向や技術開発動向、また資源国における政策動向を定期的に観測しながら、わが国にとっての「クリティカルメタル」を早い段階で予測し、鉱種ごとに必要な対策を早期に打ち出すことの重要性が増している。

（2）資源の安定的確保に向けた課題

①国内から供給できる資源開発人材の不足・国際競争力のある開発体制の不足

国内鉱業の衰退は、わが国を資源開発の現場から長く遠ざからせることとなり、自力で海外探鉱を拡大させようにも、必要な資源開発技術者を国内から十分に供給できないという問題を生み出している。また、これまでわが国の鉱山会社は、国内における中小規模鉱山を中心に運営してきたこと、また付加価値の増大を目指した中・下流域への投資を優先させてきたことなどにより、資源開発企業として必ずしも国際的な競争力を有するには至っていないという問題もある。

わが国の資源需要は、大戦後の著しい経済復興に合わ

せて拡大し、これを補うべく、かつて国内各地で金属鉱山等の資源開発が活発化した。政府は「三段階方式²⁵」と呼ばれる資源政策を確立し、国内における探鉱開発活動を積極的に支援した。その結果、国内のほぼ全域で地質調査が実施され、また国内の金属鉱山は一時期数百カ所を数えるまでに増大した。しかし、1970年代以降、石油危機による燃料価格の高騰、公害・環境問題に対する意識の高まり、プラザ合意による急激な円高などにより、国内鉱山の多くは経営困難な状況に追い込まれた。現在も稼働している国内の金属鉱山は、鹿児島県の菱刈金山ただ1カ所のみである²⁶。

国内鉱山の衰退に伴い、わが国は必要な資源を海外からの輸入に頼らざるを得なくなり、カスタムスマルター²⁷の増加、海外における探鉱開発の増加を促すこととなった。しかし、先述のとおり、資源開発は極めてリスクの高い投資活動であること、長期間にわたり金属等の資源価格が低迷していたこと（資源開発の投資回収が容易ではない）、世界的に供給過多気味であった（資源価格の低迷にも影響）ために買鉱が比較的容易であったことなどから、自ら海外の探鉱開発に乗り出す国内の鉱山企業や商社は限られていた。多くの企業は、利益が薄くリスク

の高い上流部門（資源開発事業など）よりも、より高い付加価値を期待でき、また国内需要を確実に見込める中・下流部門（製錬・素材生産事業、部品生産事業など）への投資を優先させてきた。

必要な鉱物資源のほぼ全量を海外からの輸入に頼らざるをなくなったわが国ではあるが、自ら探鉱開発を行わずとも資源メジャーなどから比較的容易に鉱石等を購入できる状況におかれていた結果²⁸、わが国企業による資源開発の機会がごく限られるようになってしまった。そのため、国内における資源開発技術者への雇用ニーズが減少し、MINETEC（財団法人国際資源大学校）が実施する研修活動などを除けば、現在はこうした技術者の育成もあまり行われなくなっている。わが国の大学には、かつて鉱山学や地質学の名前を冠した学部や講座が多数存在したが、多くが「地球科学」や「地球環境」などといった別の名称に変更されてしまっていることから長らく技術者の育成ニーズは低下していたことがわかる²⁹。

わが国としては海外の探鉱開発を活発化させたいところであるが、このように資源開発に必要な技術者が国内に不足しているため、わが国企業が新規の資源開発に着手することは容易ではない³⁰。世界的に資源開発が活発化しているところ、こうした技術者の争奪も起きていることから、良い雇用条件を提示しない限り、海外技術者の採用や技術者を擁する開発企業（資源ジュニアなど）との連携も難しい状況にある³¹。

現在、資源開発に必要な人材を改めて育成しようとする動き³²があるものの、必要な教育プログラムや教授陣を揃えるまでに時間を要すること、言語が異なる環境で現地国の法制度や慣習を踏まえながら開発する経験（オペレーターシップを握っての開発など）を積む機会が限られていること、そもそも開発現場で活躍できるような熟練技術者が育つまでには十数年近い時間を要することなどから、必要とされる技術者をすぐに供給することは難しい状況である。

また、資源開発分野におけるわが国鉱山会社の国際競争力が不足している問題は、開発リスクの高い資源開発

よりも高い付加価値を確実に見込める素材加工や部品生産などといった中・下流部門への投資を優先させてきたことに起因している。

代表的な非鉄金属である銅を例にすると、国内鉱業が最盛期を迎えた1960年代後半、銅純分換算で10万トン／年近い鉱石を国内鉱山で生産していた。当時わが国を代表する銅山であった別子銅山（愛媛県）や足尾銅山（栃木県）などの生産量は3～5千トン（銅純分換算）／年であった。これに対して世界の主要銅鉱山は、今日30～50万トン（銅純分換算）／年近い生産量を誇る。世界最大の銅鉱山であるペルーのエスコンディダ（Escondida）銅山では、100万トン（銅純分換算）／年以上の銅を生産している。時代を跨いだ単純比較は難しいものの、1960年代後半の国内鉱山と現在の世界主要鉱山とでは、銅生産量でほぼ100倍の差が存在する。

国内鉱山が1970年代以降に衰退の一途を辿り、その後、わが国鉱山企業による海外の資源開発も大幅な拡大が見られなかったことを考えると、わが国の鉱山企業は資源メジャーに伍して資源開発を展開するだけの競争力を得る機会がなかったと言える。国内に世界有数の製造業集積地を抱え、また資源調達や資源開発への出資が比較的容易であった当時の状況を踏まえるならば、より大きな付加価値が望める素形材加工や各種部品製造などへの進出は、むしろ合理的な判断であったと言える。しかし、今日のように自主的な資源開発が急務とされる時代においては、現在以上に資源開発分野における競争力を備えることが必要である。技術者の確保に加え、リスクの高い資源開発への投資を十分に実施できるだけの資本力を持つ必要がある。

②わが国経済への影響が甚大かつ供給リスクの高い資源の特定・動向が不明確

わが国は、エネルギーおよびレアメタルを対象にした供給安定化の方針を打ち出したところであるが、わが国経済への影響が大きくまた供給リスクの高い資源を特定し、その供給安定化を図るための対策を具体化させる段階には至っていない。資源ごとに主な供給国や需要国、

首位を占める資源メジャー、また製品需要などが異なることを考えるならば、資源ごとに供給安定対策を具体化させる必要がある。しかし、資源ごとに世界の需給バランス、主要供給国の政策動向、資源メジャーの寡占度など総合的かつ資源ごとに細分化して分析する取組みはわが国においてまだ行われていない。

わが国が直面する今日の資源制約は、中国やインドなどの新興国における人口増加、また工業化の進展による需要増が主要因であると考えられる。この需要増を背景として、さらに資源国における資源ナショナリズムの勃興、資源メジャーによる資源市場の寡占化、嗜好の変化や環境対策などによる特定需要の増加などが複雑に絡みあっている。また、新たな資金運用先として資源市場に流入する投機的資金の存在も無視できない。

例として消費量が極めて大きい「鉄」、代表的な非鉄金属である「銅」、レアメタルである「レアアース」を例にした場合、いずれも新興国の需要増を背景に資源制約が強まりつつあるが、直接的な背景はそれぞれ少しずつ異なっている。また、影響の及ぶ需要先の範囲も異なる。

鉄の場合、社会インフラの形成に必要な普遍的素材ということもあり、直接的にも間接的にも新興国の需要増が資源制約を顕在化させる最大要因と考えられる。しかし、世界の鉄鉱石生産量で50%以上のシェアを占める上位3位メジャー（BHP Billiton（英豪）、Rio Tinto（英豪）、Vale（伯））の影響も無視できない。将来にわたって旺盛な需要増を見込めることや、まとまった量の鉄鉱石を販売できる事業者があまり他に存在しないことなどから、どの資源メジャーも強気の価格交渉を展開している。鉄鉱石の国際価格は、これらメジャーと主要鉄鋼メーカーとの間で合意された価格を指標としているため、資源メジャーによる強気の価格交渉が鉄鉱石価格の高騰要因となっている。鉄鉱石価格の高騰は、鉄鋼製品の高騰につながり、鉄鋼製品を消費するわが国の製造業や建設業など、広範な範囲にわたって影響を及ぼす。

非鉄金属の代表格である銅の場合、鉄と同様に新興国の需要増や資源メジャーによる市場の寡占が資源制約の

顕在化要因であると考えられる。しかし、銅先物市場における投機資金の流入も無視できない。銅鉱石の価格は、ロンドン金属取引所における先物価格などを国際的な価格指標として、そのうち一定の割合を製錬事業者（鉱石購入者）の取り分（TC/RC：熔錬費および精錬費）、残りを鉱山事業者（鉱石販売者）の取り分（精鉱価格）とする契約方法で決定される。したがって、銅地金の先物取引に投機資金が流入し続けられれば、銅鉱石の国際価格を押し上げることになる。銅鉱石や銅地金の価格高騰は、送電用電線や電気・電子製品を生産する際の原材料費上昇を招く。また、資源メジャーによる銅鉱石市場の寡占化は、買鉱交渉における製錬事業者の取り分を圧縮する方向に働き、わが国カスタムスメルター³³の経営を圧迫する。

高性能モーターや各種電子製品に必要な不可欠なレアアースの場合、将来的な需要増を見据えた主要供給国の管理強化が資源制約の主要因であると考えられる。世界で生産されるレアアースの9割以上は中国産であり、外資企業によるレアアース資源の開発禁止、レアアース輸出の抑制や輸出関税の賦課は、レアアース価格の高騰および供給不安を引き起こしている。仮にレアアースの供給量が現在以上に大きく減少すれば、高性能磁石を必要とするハイブリッド自動車用の駆動モーターやエアコン向けコンプレッサーのモーター、パソコンやオーディオ機器向けのVCM（ボイスコイルモーター）や発光ダイオードや液晶テレビ用バックライト（蛍光灯）などの生産制限を実施せざるを得なくなる可能性がある。

わが国は、エネルギー分野およびレアメタル分野について、供給安定化のための政府方針を示したところである。共通的な方針として探鉱開発や資源外交の促進、供給リスクの小さい資源への代替や省資源化の促進などを掲げている。資源ごとに直接的な制約要因が異なることを踏まえれば、具体的な供給安定対策も資源ごとに検討する必要がある。鉄であれば、三大資源メジャーにおける価格決定力を弱める対策、銅であれば投機資金の影響を弱める対策、レアアースであれば資源国の生産、輸出

管理を緩和させる対策が求められる。また、各種資源に共通した供給安定対策としては、先述の海外における探鉱開発の強化などを挙げることができる。

このように資源の供給安定化対策を具体化させる際には、資源ごとに需給バランスの動向、主要資源国の政策動向、資源メジャーの寡占動向を把握する必要がある。さらに代替手段の成熟度、スクラップ資源の再資源化容易性（回収容易性、再資源化技術の成熟度）などについても把握する必要がある。資源開発の強化を対策として取り入れる場合には、探鉱開発から生産開始までの時間を織り込んだ長期予測が必要不可欠である。投入できる資金や人材が有限であることも考えれば、こうした情報分析を踏まえて、わが国経済への影響度が大きい資源を割り出し、優先順位の高い対策を検討することも重要である。

現在のところ、JOGMEC（独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構）が、資源需給動向、主要資源国における政策動向、資源メジャーの動向などを情報収集している。しかし、資源開発に必要な時間も織り込んだ長期的な需給予測などは特に行っていない。また、わが国で講じることができる代替手段の成熟度やスクラップ資源の再資源化可能性、資源価格の高騰や輸入途絶によってわが国経済が蒙る影響などについても十分明らかにされていない。

③時間軸を有する総合的な資源戦略の欠如

わが国はエネルギーおよびレアメタルを対象として、供給安定化のための政府方針を示したところである。検討の対象がエネルギーとレアメタルに限られていること、また資源開発に要する時間や現状を踏まえた当座の対応方針、中長期的視野に基づく対応方針の整理などが十分ではないことを考えれば、今後、時間軸を備えた総合的な資源戦略を検討する必要がある。

政府は、2006年に「新・国家エネルギー戦略」を策定し、2007年には「今後のレアメタルの安定供給対策について」という審議会答申を受けたところである。資源メジャーの台頭が懸念される「鉄」、投機資金の流入に

よる高騰が懸念される「銅」などの金属資源については、わが国経済における重要度も高いにも関わらず、供給安定化の方針はまだ定まっていない。わが国が、あらゆる資源を海外からの輸入に頼っている事実を踏まえれば、資源全般について供給安定化を考慮する必要がある。

現在のところ、資源の供給安定化に向けた共通の方針として、探鉱開発や共同出資による鉱業権益の確保（以上、供給側の対応）、リスクの少ない鉱物資源への代替や省資源・省エネルギー技術の開発（以上、需要側の対応）が挙げられている。しかし、探鉱から開発までには十数年近い年月を要すること、またわが国主導による海外の探鉱開発を促進させるためには、国内から供給できる資源開発技術者の数が十分ではなく、技術者を育成するための体制も整っていないという問題がある。代替技術や省資源・省エネルギー技術の開発は、単純な工程改善などを除いて、研究開始から実用化までに少なくとも数年～十数年近い年月を要するという問題もある。いずれも当座の短期的な対応方針として位置づけることは難しく、中長期的な視野に基づく対応方針として位置づけることが求められる。同時に当座有効な短期的対応方針の充実も求められる。

4 わが国における資源戦略のあり方

(1) 総合的な資源戦略の全体像

わが国が抱える課題として、資源開発技術者の不足、国際競争力のある資源開発体制の不足、わが国経済への影響が甚大かつ供給リスクの高い資源に関する情勢把握の不足、そして時間軸を有する総合的な資源戦略の欠如を指摘した。これまでに示された対応方針を拡大、具体化し、価格高騰や供給不安が顕在化している資源全般についての対応を加速させるためには、これら課題の解決が不可欠である。

今日の資源制約は、新興国の人口増および工業化による著しい需要増、資源供給における弾力性の低さ、資源国による供給管理の強化、資源メジャーによる資源市場の寡占化、資源市場における投機資金の流入に起因する

ものである。したがって、資源制約への対応方針は、世界の需給動向や資源国の政策動向、また資源メジャーや投機資金の影響を受けにくくすることが基本になる。この場合、国内における資源開発が最も優れた対応方針となり得るが、有望な国内資源をほぼ掘りつくしてしまったわが国がこの対策を取ることはできない。国内の資源開発という手段を用いず、価格高騰および供給不安の原因となる要素を排除、もしくは影響力を漸減させることが求められる。

国内資源の開発に次ぐ対応方針として、わが国企業の主導による海外資源の開発がある。合理的な範囲であれば、オペレーターシップ³⁴を握ることで鉱石の処分方法や販売先を自ら決定することができるため、資源の供給安定化に大きく貢献する。また、わが国企業の影響力が及ぶ資源権益を保有することで、資源メジャーとの価格交渉を有利に展開できる可能性もある。ただし、オペレーターシップを握るためには、自ら資源開発技術者や探鉱開発に必要な巨額の資金を確保する必要がある。わが国の場合、国内から供給できる資源開発技術者の不足、技術者を育成できる教育体制の衰退、資源開発分野における資金力の不足が大きな問題である。そのため、技術者を確保しやすくするためのしくみや、金融機関や市場を通じて必要な資金を確保できるようにするためのしくみづくりを併せて実施する必要がある。

海外資源の大半が何らかの形で資源国政府の管理下に置かれていることを考慮すれば、資源開発に悪影響を与える管理政策などを未然に回避、緩和するための外交活動も併せて不断に実施する必要がある。わが国企業が資源開発を行わず、専ら資源の輸入だけを行っている場合であっても、輸出規制などの政策を回避、緩和するための対応として重要である。わが国へ資源を供給することで、資源国の利益享受にもつながる関係を構築することが大切である。

資源の供給源を多様化させる対応方針として、二次資源であるスクラップの再資源化がある。パーゼル条約の特定有害廃棄物に該当する金属の輸入や、スクラップの

国外流出を規制する一部政府からの輸入を除き、国際競争力のある回収および再資源化体制を構築できれば、供給安定に貢献する有望な対応となり得る。しかし、使用済み製品に含まれる量が微量であり、また廉価である金属などは、回収および分解、再資源化に要する費用を十分に引き上げないと採算性を確保できない。また、再生素材に含まれる不純物を十分に除去、もしくは管理できなければ、バージン素材³⁵と同様に流通させることができない。さらに再資源化プロセスで環境対策への投資が十分に行われていない国々と競争することになれば、環境保全が厳しく求められるわが国での再資源化がコスト的な不利を招く可能性もある。このようにスクラップの再資源化に際しては、国内外で効率的にスクラップを回収できるシステムの構築、また高品質かつ低コストである再資源化技術を併せて確立する必要がある。

資源制約の影響を受けにくくする対応方針として、代替技術や省資源化技術の開発がある。海外の資源開発や資源外交、また二次資源であるスクラップの再資源化が供給側の対応であるのに対し、代替技術や省資源化技術の開発は、需要構造の改善に資する需要側の対応となる。供給リスクの高い資源を消費せずに同様の機能を得ることができれば、資源制約の影響を回避することができる。また、完全に代替できずとも1製品当たりの消費量を減らすことができれば、入手可能な資源量の減少や価格高騰の影響を緩和することができる。素材が持つ理論的機能と実際機能との乖離要因を解明する研究、機能発現メカニズムの解明研究、またこの研究に基づく代替素材の開発や代替機構の開発、素材の複合化に関する研究などを実施する必要がある。

代替技術は、供給リスクが高い資源の消費量をゼロにできる点で、資源制約の回避に貢献する代替技術ではある。しかし、省資源化技術の開発と比べて容易ではないことから、中長期的な視座で取り組む必要がある。現在採用されている素材の多くは、機能面や価格面でさまざまな試行錯誤を経た上での最適解であることを考えれば、製品開発を一から始めるのと同様の開発努力が求められる

る。また、仮に代替することができても従来以下の機能しか得られない場合、製品の国際競争力を低下させるだけにもなりかねないおそれがある。さらにわが国製品の品質低下により、資源確保に成功している他国に市場を奪われる可能性もあることから、従来と同等もしくはそれ以上の代替技術を開発しなければ意味がないことに注意を要する。

短期的な供給障害に対しては、すぐに利用できる形状や組成で鉱石や半製品を必要量だけ国内で備蓄することが供給の安定化に貢献する。しかし、今日の資源制約が新興国の人口増加や工業化に根ざしたものであることを考えると、あくまで一時的な資源制約への対応としてのみ有効であって、根本的な対策とはなり得ないことに留意する必要がある。

直接的な資源制約の背景は資源ごとに異なることから、上記に示す対応方針の具体化には、各資源の需給バランス、主要資源国の政策、資源メジャーの寡占状況、代替技術や省資源化技術の成熟状況、スクラップ再資源化に関するわが国の国際競争力などについて、現状および将来動向を把握できるようにする必要がある。さらに重要度の高い資源から優先的に対策を講じるため、各資源の価格高騰や供給途絶が最終需要先に与える影響の大きさを予め把握する必要もある。政府および関連団体が実施している現状の情報収集に加え、上記事項についても収集、分析できる体制を整えることが求められる。

上記を整理すると、わが国における資源戦略の基本方針として、①海外探鉱開発の促進、②（資源ナショナリズムの緩和に資する）資源外交の推進、③国内外から回収されるスクラップ再資源化の促進、④省資源化・代替技術の開発、⑤資源ごとにこれらの対策を効率的に実施するための情報収集・分析体制の構築を挙げることができる。

このうち、現状の体制で比較的速やかに着手することが可能であり、また数年後に一定の成果を期待できるものには、②（資源ナショナリズムの緩和に資する）資源外交の推進、③国内外から回収されるスクラップ再資源

化の促進、⑤資源ごとにこれらの対策を効率的に実施するための情報収集・分析体制の構築がある。一方、資源開発技術者の育成や資金力を有する資源開発体制の構築が必要とされる①海外探鉱開発の促進、機能発現メカニズムに関する研究などが必要とされる④省資源化・代替技術の開発については、中長期的な視座に基づく取り組みが求められる。

当座は⑤の対応方針を強化しつつ、資源国の管理強化が著しい資源、また回収および再資源化の余地が大きい資源について、②および③の対応方針を強化していくことが重要である。また、わが国経済への影響度が大きい資源については、①および④の対応方針を中長期的な視座から強化していくことが重要である。このほか、一時的な供給障害に引き続き備えるため、現状の備蓄制度を機能的に見直し続けることも重要である。

レアメタル資源の場合、総合資源エネルギー調査会の答申（今後のレアメタルの安定供給対策について）が、上記①～④の対応方針とほぼ一致するため、総合的な資源戦略の一部として再定義することができる。これまでに示されている政府の対応方針を拡大、具体化しつつ、総合的な資源戦略を策定することが望まれる。

（２）総合的資源戦略が目指すわが国の姿

①将来的な「クリティカルメタル」を予測できる分析機能の具備

わが国における総合的資源戦略の対応方針として、資源ごとに情報収集、分析を実施する機能の必要性を指摘した。このような機能の必要性については、すでに技術同友会からも「クリティカルメタル対策に関する提言」として出されているところである。今後、わが国経済への影響が大きく、また供給リスクの高い資源を抽出し、世界の需給動向や資源国の政策動向、資源メジャーの動向、代替・省資源化技術の開発動向、スクラップ再資源化の可能性などを定点観測する機能が必要である。

技術同友会の提言は、米国ナショナルアカデミー（NSA）による政府への提言を参考にしたものである。米国は、国家緊急時に海外供給源への依存を低減し、可

能であればこれを排除するため「戦略・重要物資備蓄法」を制定している。近年は、備蓄ニーズの変化（基礎原料から加工度の高い原料ニーズへ、米国内における産業構造の変化など）、政府財政負担の軽減などを背景として、議会承認のもと、国防総省は1995年より備蓄の大幅な取り崩しが行われてきたところである。

しかし、各種資源の価格高騰などを受け、国防備蓄のあり方について疑問が呈されていることから、米国議会は2006年に国防総省へ備蓄物資処分政策の見直し、現状の世界市場を考慮した国防備蓄のあり方を決定するように指示した。米国ナショナルアカデミーは、国防総省の依頼を受けて「米国経済にとりクリティカルな鉱物資源」および「国防上必要な備蓄制度」を特定する審議会を発足させ、2007年に「クリティカル・ミネラルが米国に与える影響（Minerals, Critical Minerals, and the U. S. Economy）」および「21世紀の軍事のための物資管理（Managing Materials for a 21st Century Military）」を報告した。

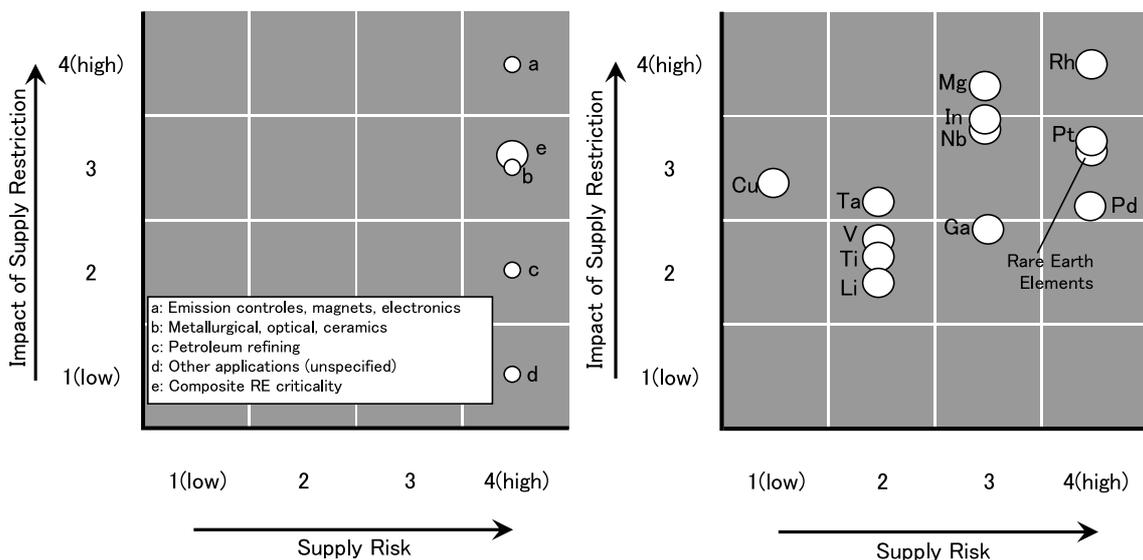
前者では、「Criticality」は資源国や需要構造などによって変化する可能性があること、供給途絶によるインパ

クトと供給途絶の可能性をそれぞれ軸にとった「Criticality Matrix」によってクリティカル・ミネラルの抽出が可能であること、クリティカル・ミネラルとして、白金族元素、レアアース、インジウム、マンガン、ニオブなどがあること（図表13）、連邦政府は資源データの収集・分析機能を十分に果たすべきこと、民間企業と情報交換を行うための公式制度を創設すべきことなどに触れている。

また、後者では、現状の国防物資備蓄に制度は効果的ではないこと、国防総省は特殊原料の需給動向への理解が不十分であること、国内外における情報・データの不足、国防用物質の新たな管理システムの必要性、連邦政府はデータの質および収集体制を改善すべきことなどに触れている。

これら米国における対策のうち、供給リスクと供給途絶時の影響度をそれぞれ軸にとり、各種資源の備蓄重要性を検討する手法は、わが国でも参考にできる内容である。わが国が優先的に対策を講ずべき資源をこの手法を参考にして抽出することができる。なお、資源ごとに価格高騰や供給不安の直接的要因は異なることから、供給

図表13 「クリティカルメタル・マトリックス」



注1： 図中右上ほど、「Mineral Criticality」が大きい。
 注2： 左図はレアアースに関する「クリティカル・マトリックス」。右図はレアメタル13種（レアアース含む）に関する「クリティカル・マトリックス」。
 注3： 原典では色違いによる表現となっているが、本稿では見易さを考慮してアルファベット（左図）、元素記号（右図）を代わりに挿入している。
 出典： The National Academy of Sciences (2007) “Minerals, Critical Minerals, and the U.S. Economy”

リスクの評価はより具体的に実施する必要がある。採掘段階、製錬段階、加工段階のそれぞれにおいて、供給量や販売価格の決定に影響力を有する当事者（資源国政府や資源メジャーなど）を確定し、当事者の動向を分析することでわが国企業に対する供給リスクを具体化することができる（図表14）。

②世界に通用する資源開発技術者を育成できる教育サービスの確立

資源開発のオペレーターシップを握ることで、鉱石の処分方法や販売先を自ら決定することができるため、わが国における資源供給の安定化に大きく貢献することを指摘した。資源開発のオペレーターシップを握るためには、自ら資源開発技術者を確保する必要がある。しかし、国内から供給できる資源開発技術者の数はごく限られている。特に資源開発部門を有する商社などでは、技術者の不足が新たな資源開発の制約になっている一面がある。そこで、海外技術者の受入態勢が整っている企業などに対しては、積極的にこれを支援し、また将来的にはわが国より資源開発技術者を輩出できるようにすべきである。

海外技術者の雇用に関しては、高給による人材争奪が起きているところであり、政府支援によってわが国の企業がより良い雇用条件を示すことができるのであれば、積極的にこれを支援することも一案である。

また、資源開発技術者の育成については、平成20年度から資源エネルギー庁による「国際資源開発人材育成事業」が開始されたところである。海外の教育プログラムを調査しながら、わが国に相応しい教育プログラムを作り上げるものであるが、教育プログラムを実際に担うことができる教師陣も併せて整える必要がある。地質学や鉱山学の基礎的内容を教授できる国内大学の教授に加え、実際の資源開発に従事した経験のある日本人技師OBを招聘することで、実務的な内容を教授できる陣容を整えることができる。また今日の資源開発は、多くの場合、複数社の連合によって行われることを考えれば、海外鉱山学校³⁶の教師、また現役を引退した資源メジャーや資源ジュニアの技師OBを積極的に招聘するなどして、グロー

バル化した資源開発に対応できる技術者を育成すべきである。また、資源メジャーや資源ジュニアに多数の卒業生を送り出している鉱山学校への留学制度を充実させることも重要である。所定の大学教育を修めた社会人に対しては、すでにMINETEC（財団法人国際資源大学校）による研修事業が行われているところであるが、今後は裾野の広い大学教育の充実が必要である。

資源開発の業務は、人里離れた荒野や奥地における踏査や試掘、また各種の探査装置から得られるデータの現場解析など、いずれも現場経験が重視されるものである。したがって、技術者の育成では、野外踏査に関するノウハウや現場を見ながら探査データを解析できるノウハウを身につけさせることが重要である。わが国企業による探鉱開発の機会が限られていることを考えれば、必要に応じて代わりとなる開発現場を確保しなければならない。海外の鉱山学校と連携しながら、学生向けに開発現場での合宿プログラムやインターンシップ制度などを実施することも一案である。また、海外の資源開発では、現地政府との折衝や現地住民との交渉などが必須の業務であるため、語学教育に加え、こうした交渉業務の重要性にも触れられるようにすることも必要である。

③国際競争力のある資源開発体制の確立

資源開発のオペレーターシップを握ることが、資源供給の安定性に大きく貢献することを先に指摘した。自ら資源開発を主導するためには、資源開発技術者の確保だけでなく、リスクの高い資源開発に投資可能な資金も確保する必要がある。わが国の鉱山会社などでは、投資できる資金量の少なさが積極的な資源開発を展開する上での障害になっている一面もある。

資源開発におけるリスク対策として、JBIC（国際協力銀行）による融資事業、NEXI（独立行政法人 日本貿易保険）による資源開発分野の海外投資保険などが整備されている。前者は融資形態による資金調達手段であり、後者は保険価額および投資対象国に応じて保険料が変化する保険手段である。リスクの高い資源開発案件に関して出資額が制限される可能性や、投資額が巨額になれば

保険料も高額になる可能性もある。また、保険をかけることはできるが、事業運営や資金借り入れの責任は基本的に資源開発を担う鉱山会社の責任である。したがって、自社で責任を負うことができる範囲（事業に失敗した場合の融資元金および金利の返済、保険の支払いが一部しか認められない場合の負担など）で資源開発を進める可能性が大きい。

欧米の資源メジャーや中国版の国営資源メジャーは、潤沢な自社資金を元手に積極的な資源開発を展開している。人口に対する国内資源量が不十分と認識している中国の場合、「走出去（Zou-chu-qu）」と呼ばれる積極的な海外進出、対外投資を実施している。ここでは国際競争力のある鉱山企業グループを育成するため、既存企業の集約化や合理化を進めている。2003年に発表された「鉱産資源白書」からもこの方針を確認できる（図表15）。

これに対し、これまで資源開発部門への投資が十分ではなかったわが国の鉱山会社は、欧米の資源メジャーや中国版の国営資源メジャーに伍して資源開発を展開するだけの資金力に恵まれていない。国内鉱業の衰退に続き、

より高い付加価値が見込める素材加工や部品製造部門などへの投資などが続いた結果、わが国の鉱山会社は資源開発部門を強化する機会を得ることがなかった。したがって、資源開発分野における国際競争力を早急に強化する必要がある。

わが国の鉱山会社が国際競争力を高めるためには、積極的な資源開発を展開できるだけの自社資本を形成することが重要である。ハイリスク・ハイリターン資源開発事業について、鉱山会社などが市場から資金を調達できるようなしくみが求められている。この場合、投資リスクは高いものの、実際に鉱山開発に成功した際には莫大な利益受け取りを期待できる「カジノ効果」を活かすことで、新たな直接金融市場を形成できる可能性がある。

資源開発分野のベンチャー企業である資源ジュニアは、カナダや豪州に多数存在するが、これはカナダや豪州にこうしたハイリスク・ハイリターンの事業会社が市場から資金を調達できるしくみが存在するためである。日本版資源ジュニアの市場を立ち上げるには、こうした直接金融の手法が発達しているカナダや豪州のしくみを詳細

図表15 「中国の鉱産資源政策」白書のポイント

<p>中国国務院が2003年12月23日に発表した中国初の鉱物資源政策に関する白書。</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○国内における鉱物資源供給能力の向上 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 西部地域や海域における探査・開発の強化 ➢ 国際的競争力を持った鉱山企業グループの育成（集約化、合理化など） ➢ 低品位鉱やスクラップの利用促進、省エネの促進、備蓄制度の確立 ○鉱物資源探査・開発の対外開放と協力を拡大 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 未開発資源に対する外資企業の投資促進 ➢ 中国が強みを有する資源の輸出構造の調整（付加価値向上など） <ul style="list-style-type: none"> ✦ タングステン、蛍石、アンチモン、錫、レアアース、重晶石など ➢ 国外における鉱物資源の探査・開発の促進 ○鉱物資源開発と環境保全の協調発展 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 採掘・製錬時における環境保全強化（汚染防止、モニタリング等） ➢ 生態環境に大きな影響を及ぼす鉱物資源の開発制限 ➢ 環境保全に関する投資メカニズムの確立 ○鉱物資源の管理強化 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 鉱物資源の管理に関する法律・制度の確立、計画的管理の強化 ➢ 探鉱権、採鉱権の管理制度改革（市場ルールを導入した権利譲渡等） ➢ 鉱業ロイヤリティの設定および新たな探鉱・開発への振り向け

資料：国務院「鉱産資源政策白書」および同白書のJOGMEC仮訳より三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

に分析する必要がある。

探鉱開発から生産開始まで十数年近い年月を要することから、開発資金の調達に際しては、世界の需給動向を中長期的に予測する必要がある。わが国における将来的な「クリティカルメタル」の分析機能は、こうした需給動向の中長期的予測に活用することができる。

このほか、資本力以外に技術力でも資源開発の国際競争力を高めることが可能である。長年の資源開発により、各地鉱山で鉱石品位の低下が問題視されているが、低品位鉱石から効率的に製錬できれば、採算面や技術面で他国が開発できずにいる鉱床でもわが国が開発できるようになる。効率的な選鉱技術のほか、製錬に要する薬剤やエネルギーの節約技術が求められる。

④わが国の「ものづくり」における環境競争力の向上

わが国が直面している資源制約は、温室効果ガスの排出増大にもつながる可能性があること、また地球規模で進む環境配慮の促進が一要因になっていることを考えれば、環境問題との関わりを抜きに今後の資源戦略を議論することはできない。わが国の資源戦略は、必要な資源の安定供給に資するものであると同時に、わが国の製品製造や製品使用時の環境配慮にも資するものでなければならない。資源の供給安定に貢献し、製造時や使用時の環境負荷を低くすることができるDfE（Design for Environment：環境配慮設計）の積極的導入は、欧米先進国市場などでの市場評価を高めることにもつながる。

資源制約の影響を受けにくくし、製品製造時の環境負荷を低減する対策として、省資源化技術の開発を先に指摘した。省資源化技術の開発は、わが国における素材技術や加工技術の強みを活かした方向性と言えるが、そもそも人材難で資源開発などの供給側対策を積極的に展開することが難しいことを考えれば、重視せざるを得ない需要側の対策であるとも言える。省資源化技術の導入で1製品当たりの資源消費量を減らすことができれば、資源価格の高騰や供給途絶の影響を緩和することができるだけでなく、資源生産に必要なエネルギーも節約することができる。資源生産に必要なエネルギーを節約する

ことで、1製品当たりの温室効果ガス発生量を減らすことができれば、「カーボンフットプリント³⁷」の指標値も小さくすることができる。そのため、商品購入時の判断基準として「カーボンフットプリント」の導入が試みられている先進諸国市場では、将来的に高い市場評価を期待できる。

資源の供給源を多様化し、製品製造時の環境負荷を低減する対策として、スクラップの再資源化がある。バージン素材の生産よりも再生素材の生産で消費するエネルギー量を少なくすることができれば、原燃料費の削減だけでなく、1製品当たりの温室効果ガス発生量を減らすことができる。1製品当たりの温室効果ガス発生量を減らすことができれば、先述同様、「カーボンフットプリント」による高い市場評価を期待できる。

スクラップの再資源化をスクラップという原材料をもとに高品質素材を生産する事業として捉えれば、効率的なスクラップ回収システムを構築し、低コストで高品質の再生素材を生産できる再資源化技術の確立が極めて重要である。特に環境対策への投資が十分ではない発展途上国のリサイクル事業と競争せざるを得ない状況を考えれば、国内外から効率的にスクラップを回収するシステムの構築、高品質かつ低コストの再資源化技術を確立することが重要である。バージン素材の品質管理が厳しいことを考えれば、再生素材の生産および流通でも同様の品質管理が求められる。スクラップの選別や洗浄に関する技術、また製錬段階における不純物除去技術を高度化する必要がある。また、使用済み製品に含まれる量が微量であるレアメタルなどについては、他の有用金属の回収と併せて回収できるようにするなど、使用済み製品から効率的にレアメタルを抽出できる技術の確立も重要である。

5 | まとめ

本論では、今日の資源制約が中国など新興国における人口増加および工業化によって引き起こされているものであり、わが国製造業の経営を圧迫するだけでなく、

図表16 わが国の資源戦略のあり方

日本		参考	
資源調達 現状	今後のあり方(本論)	米国	中国
資源調達の現状	海外からの輸入(主に長期契約)	国内鉱山からの供給および海外からの輸入(主に長期契約)	国内鉱山からの供給および海外からの輸入(主にスポット取引)
目標	<ul style="list-style-type: none"> 国内製造業への影響だけでなく、雇用、技術開発、地球温暖化問題も視野に入れた資源全般に関する安定的供給 (当座の成果目標)海外からの輸入を基盤としつつ、世界動向の分析を踏まえて資源ごとの対応を具体化できる体制、積極的な資源外交及びスクラップ再資源化を展開できる体制の構築 (中長期的な成果目標)わが国企業の主導による海外資源開発、わが国製造業における環境競争力の向上 	<ul style="list-style-type: none"> 国防・経済安全保障の面から重要度の高い資源を数年間他国に依存せず供給できる体制の構築 	<ul style="list-style-type: none"> 国内における急速な資源需要増を見込んだ、国内資源の有効活用、海外における調達能力の強化
対応方針	<ul style="list-style-type: none"> (当座の対応方針) <ul style="list-style-type: none"> 世界の需給動向、資源国動向、資源メジャー動向などの情報収集・分析を資源ごとに実施する体制構築 海外技術者の雇用促進 	<ul style="list-style-type: none"> 供給リスクが高い重要軍需物資の整理 データ収集・整理および民間企業との意見交換促進 	
人材育成	海外技術者の雇用促進	<ul style="list-style-type: none"> 供給リスクが高い重要軍需物資の整理 データ収集・整理および民間企業との意見交換促進 	
国内開発・管理強化	<ul style="list-style-type: none"> 海外技術者の雇用促進 	<ul style="list-style-type: none"> 資源開発に関わる人材の育成 	<ul style="list-style-type: none"> 国内未開発地域の開発促進 未開発資源に対する外資投資促進 鉱物資源の管理法制度の確立 鉱業税の設定 探掘・製錬時の環境保全強化・開発制限 中国が強みを有する資源の輸出構造の調整
リサイクル	<ul style="list-style-type: none"> 国内外から回収されるスクラップ再資源化の促進 	<ul style="list-style-type: none"> スクラップ回収・リサイクルの促進 (国内スクラップトレーダーなどによる自発的開発) 	<ul style="list-style-type: none"> 低品位鉱およびスクラップ利用の促進
資源外交・海外開発	<ul style="list-style-type: none"> (資源ナショナリズムの緩和に資する)資源外交の推進 	<ul style="list-style-type: none"> 資源国と友好的関係の構築 日系企業による探鉱開発の支援 	<ul style="list-style-type: none"> 鉱山企業グループの国際競争力強化(集約化など) 国外探査・開発の促進(走出去政策)
産業構造の調整	<ul style="list-style-type: none"> 単純な工程改善など 	<ul style="list-style-type: none"> 代替材料技術・省資源化(工程くずの発生抑制)技術の開発 	
備蓄	<ul style="list-style-type: none"> 一時的な供給障害に引き続き備えるための機能的な備蓄制度の見直し 	<ul style="list-style-type: none"> 備蓄ニーズを踏まえた現状備蓄制度の見直し 	<ul style="list-style-type: none"> 備蓄制度の確立

わが国企業の主導による資源開発能力の強化

他国との差別化

省資源化技術・代替技術の開発

出典：各種資料より筆者作成

雇用状況の悪化、素形材技術の流出、国内における応用研究の衰退、温室効果ガスの排出量増加にもつなげる可能性がある点で経済安全保障上の最重要課題であることを整理した。

これまでに示されているわが国の資源戦略は、エネルギーやレアメタルに限定されたものであり、またわが国鉱業の衰退や資源開発技術者の不足などといった現状を十分に踏まえた方針とは必ずしもなっていないため、わが国における総合的資源戦略のあり方として、①海外探鉱開発の促進、②（資源ナショナリズムの緩和に資する）資源外交の推進、③国内外から回収されるスクラップ再資源化の促進、④省資源化・代替技術の開発、⑤資源ごとにこれらの対策を効率的に実施するための情報収集・分析体制の構築を挙げた。

これらのうち、現状の体制で比較的速やかに着手することが可能であり、また数年後には一定の成果を期待できるものとして②（資源ナショナリズムの緩和に資する）資源外交の推進、③国内外から回収されるスクラップ再資源化の促進、⑤資源ごとにこれらの対策を効率的に実施するための情報収集・分析体制の構築を挙げ、当座の対応方針として位置づけた。一方、資源開発技術者の育成や資金力を有する資源開発体制の構築が必要とされる①海外探鉱開発の促進、機能発現メカニズムに関する研

究などが必要とされる④省資源化・代替技術の開発については、中長期的な視座に基づく対応方針として位置づけた。このほか、一時的な供給障害に引き続き備えるため、現在の備蓄制度を機能的に見直し続けることの必要性を指摘した。

総合的資源戦略が目指すわが国の姿として、将来的な「クリティカルメタル」を予測できる分析機能の具備、世界に通用する資源開発技術者の育成、国際競争力のある資源開発体制の確立、わが国の「ものづくり」における環境競争力の向上を挙げている。

有望な国内資源を大方掘り尽くしてしまったわが国は、開発困難な海底資源などを除き、顕在化する資源制約に対して国内資源の開発という手段を講じることができない。旧植民地の資源国に強い影響力を有する欧州や、国内資源が豊富な中国、ロシア、米国などと異なり、わが国はより厳しい立場におかれていることを認識した上で、わが国独自の資源戦略を策定する必要がある。世界における多くの資源が何らかの形で各国政府の管理下におかれている事実を考慮すれば、民間企業で解決できる範囲には限界があり、わが国政府による積極的な関与が求められる問題であることを認識する必要がある。これまでに示されている政府の方針や審議会答申を改めて見直し、今後、総合的資源戦略として再定義することが望まれる。

【注】

¹ 経済産業省（2008）「2008年版ものづくり白書」など

² 各種メーカーに対する筆者インタビューから。

³ 京都議定書で定められている第一段階の目標期間。2008年から2012年までの5年間を指す。わが国の場合、第一約束期間における温室効果ガスの平均排出量を基準年の排出量から少なくとも6%削減しなければならない。

⁴ タングステンを主原料とする超硬工具、レアアースを主原料とする希土類磁石の一部製造プロセスに関する中国進出など。

⁵ 2005年段階における「石油・石炭・天然ガス」の占める割合は27.6%、「金属・同製品」が占める割合は9.5%である。

⁶ 2005年段階における工業製品の占める割合は91.9%である。

⁷ 元素周期表の第3族に属する原子番号21番（スカンジウム）と39番（イットリウム）の2元素に、原子番号57番（ランタン）から71番（ルテチウム）までの15元素を加えた17元素の総称。レアメタルのひとつとして整理されることが多い。

⁸ 中国政府は2003年に「鉱産資源白書」を発表し、その中で「中国が強みを有する資源の輸出構造の調整（付加価値向上など）」を掲げている。このような資源には、レアアースのほかにもタングステン、蛍石、アンチモン、錫、重晶石などがある。

⁹ 中国国内の付加価値税として「増徴税」がある。従来、輸出促進策の一つとして、輸出品の増徴税還付が行われていたが、いくつかの輸出品目に関しては還付率の引き下げもしくは撤廃が順次行われた。

¹⁰ 資源エネルギー庁（2008）「エネルギー白書2008」、谷口正次（2008）「メタル・ウォーズ」、総合資源エネルギー調査会鉱業分科会レアメタル対策部会（2007）「今後のレアメタルの安定供給対策について」、柴田明夫（2006）「資源インフレ」、資源エネルギー庁（2006）「新・国家エネルギー戦略」など。なお、原油については巨大コモディティ市場としての側面もあり、投機的資金の流入による市場価格の高騰が問題視されている。

- ¹¹ 総合資源エネルギー調査会鉱業分科会レアメタル対策部会（2007）「今後のレアメタルの安定供給対策について」、資源エネルギー庁（2006）「新・国家エネルギー戦略」など
- ¹² 可採埋蔵量を年間消費量で除した値。探鉱開発による可採埋蔵量の増加、製品需要による年間消費量の増加などにより値は変動する。
- ¹³ 西山孝（1993）「資源経済学のすすめ」では、国内総生産1ドル当たりの資源消費量（同書では鉄および銅を例に説明）と1人当たりの国内総生産の関係を見ると、発展途上国では1人当たりの国内総生産が増加するにしたがって1人当たりの資源消費量は急激に増えるが、OECD諸国のいわゆる先進国では1人当たりの国内総生産が増加しても必ずしも資源消費量は増えていないことを指摘している。
- ¹⁴ JOGMEC（http://www.jogmec.go.jp/mric_web/kogyojoho/2003-07/2003-07-03.pdf）が紹介する英豪系資源メジャー「Rio Tinto社」の資料によれば、地域選定からターゲット識別へ移行する段階で10%に絞られ、さらにターゲットの調査へ進むのは0.3%、資源の推定/評価に進むものはわずかに0.03%となっている。また、探鉱の成功率については「当社（Rio Tinto社）の統計によれば、ボーリングを実施した350の鉱区のうちわずかに1鉱区のみが当グループの鉱山になった。」としている。
- ¹⁵ 各種資源の探掘、製錬および製品化の権益を有する大企業のこと。石油分野における「オイルメジャー」が有名。鉱物資源分野では、BHP Billiton（英豪系）、RioTinto（英豪系）、などが有名。
- ¹⁶ 資源開発を専門とするベンチャー企業。資源探査、開発に関する高度な技術者を有する。株式市場からの資金調達により開発資金を得る。開発に成功した場合、他社への売却や自らの探鉱により利益を得る。カナダ、豪州に多いとされる。
- ¹⁷ 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（2008）「資源メジャーの動向2007」
- ¹⁸ わが国の製鉄業界は、製鉄原料である鉄鉱石および原料炭の寡占化が進むことを懸念し、これら資源についておおきな市場シェアを占めるBHP BillitonとRio Tinto両メジャーの合併に反対をしている。
- ¹⁹ インドネシアでは、環境保全への配慮や外資による利益還元への不満を背景にした鉱業法の見直しで2008年2月現在も続けられている。エクアドルでは、2008年4月に休眠鉱区の権利取消や鉱業権取得件数の制限などを含む鉱業指令を発している。
- ²⁰ 資源エネルギー庁（2008）「エネルギー白書2008」をはじめとして、原油相場の高騰は投機的資金の流入による影響だとする考えが一般的である。非鉄金属資源などについても投機的資金の流入による相場高騰の影響を指摘する意見が一部にある。
- ²¹ 先物取引では、このような期日前の反対売買による差金決済が可能である。
- ²² 野村資本市場研究所資料「主要取引所の時価総額推移（<http://www.nicmr.com/nicmr/data/market/>）」および日本経済新聞「経済ゼミナール（2008年5月29日）」を参考。時々の出来高、相場によって市場規模は大きく変化することに注意。
- ²³ 佐野慶一（2006）「金融商品化する原油市場」JOGEMC石油・天然ガスレビュー2006.9,Vol.40,No.5,p77-92
- ²⁴ 資源価格が高騰して鉱山事業の魅力が高まったことから、資源メジャーの多くが既存鉱山の権益をなかなか手放さなくなっており、投資リスクを伴う探鉱開発段階から参入せざるを得なくなったとも言える（豪州における筆者インタビューなどから）。
- ²⁵ 鉱床賦存有望地域全体の地質状況を明らかにするための「広域地質構造調査」（第1段階）、優秀な鉱床が存在する可能性のある特定地域について高精度の調査を行う「精密地質構造調査」（第2段階）、企業による探鉱を支援する「探鉱資金融資」（第3段階）のこと。いずれも「金属鉱物鉱業事業団（現JOGMEC）」による事業として実施された。
- ²⁶ 亜鉛鉱石の副産物として世界有数のインジウムの産出量を誇った北海道の豊羽鉱山は、坑内温度の上昇による探掘困難から平成18年に閉山している。
- ²⁷ 国内の自鉱山から産出した鉱石ではなく、海外から輸入した鉱石などを持ち込んで処理する製錬事業者のこと。鉱石輸入に都合の良い臨海部などに立地することが多い。
- ²⁸ 資源メジャーと共同出資による資源開発を行う事例も商社などに多数存在するが、多くは販売先の確保を期待された低い出資率（マイナーシェア）によるものである。オペレーターシップ（資源開発を実施するにあたっての幹事会社）を取って資源開発を行っている日系企業（商社や鉱山会社など）は少ない。
- ²⁹ 筆者経験から。
- ³⁰ 豪州で資源開発を行っている商社や鉱山会社などへの筆者インタビューから。
- ³¹ 同上。資格制度等を有する豪州では、新卒技術者であっても10万米ドル（1米ドル=100円として1,000万円）以上の年俸を得ることができると話もある（筆者インタビューから）。
- ³² 資源エネルギー庁は平成20年度事業として「国際資源開発人材育成事業」を実施している。
- ³³ 脚注27を参照。
- ³⁴ 自社が筆頭出資者となって操業すること。現地政府や現地住民との折衝、技術者の確保などについて責任を負い、得られた鉱石などの処分方法、販売先などについて最大の決定権を有する。
- ³⁵ スクラップなどから再資源化して得られる素材（二次資源）に対して、鉱石などを製錬して得られる素材（一次資源）のこと。
- ³⁶ たとえば米国のColorado School of Mines、西豪州のCurtin University of Technologyなど。
- ³⁷ 製品製造や製品使用などの人間活動が地球温暖化に及ぼす影響を二酸化炭素の排出量として換算した指標のこと。