

提 言

鉱物資源の安定確保に関する課題と  
わが国が取り組むべき総合的対策



平成20年（2008年）7月24日

日 本 学 術 会 議

総合工学委員会

持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会

この提言は、日本学術会議 総合工学委員会 持続可能なグローバル資源利活用に  
係る検討分科会ならびに資源基礎調査小委員会の審議結果を取りまとめ公表する  
ものである。

日本学術会議 総合工学委員会  
持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会

委員長	前田 正史	(連携会員)	東京大学 生産技術研究所 所長・教授
副委員長	柏木 孝夫	(連携会員)	東京工業大学 統合研究院 教授
幹事	安達 毅	(特任連携会員)	東京大学 環境安全研究センター・生産技術研 究所 准教授
	中西 友子	(第二部会員)	東京大学 大学院農学生命科学研究科 教授
	須賀 唯知	(第三部会員)	東京大学 大学院工学系研究科 教授
	柘植 綾夫	(第三部会員)	芝浦工業大学 学長
	飯吉 厚夫	(連携会員)	中部大学 総長
	石田 寛人	(連携会員)	金沢学院大学 学長
	浦辺 徹郎	(特任連携会員)	東京大学 大学院理学系研究科 教授
	中村 崇	(連携会員)	東北大学 多元物質科学研究所 教授
	西尾 茂文	(連携会員)	東京大学 理事・副学長
	架谷 昌信	(連携会員)	愛知工業大学 工学部 教授
	船岡 正光	(連携会員)	三重大学 大学院生物資源学研究科 教授
	本島 修	(連携会員)	自然科学研究機構 核融合科学研究所 所長 理事・副機構長
	山富 二郎	(特任連携会員)	東京大学 大学院工学系研究科 教授

日本学術会議 総合工学委員会  
持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会  
資源基礎調査小委員会

委員長	前田 正史	(連携会員)	東京大学 生産技術研究所 所長・教授
幹事	安達 毅	(特任連携会員)	東京大学 環境安全研究センター・生産技術研 究所 准教授
	浦辺 徹郎	(特任連携会員)	東京大学 大学院理学系研究科 教授
	中村 崇	(連携会員)	東北大学 多元物質科学研究所 教授

山富 二郎	(特任連携会員)	東京大学 大学院工学系研究科 教授
岡部 徹		東京大学 生産技術研究所 准教授
柴山 敦		秋田大学 工学資源学部 准教授
所 千晴		早稲田大学 理工学術院 講師
西山 孝		京都大学名誉教授・東京大学 生産技術研究所 顧問研究員
村上 進亮		東京大学 大学院工学系研究科 講師
森田 一樹		東京大学 生産技術研究所 教授

報告書及び参考資料の作成にあたり、以下の方々に御協力いただきました。

朝日 弘	経済産業省 産業技術環境局 基準認証政策課 課長 前 経済産業省 資源エネルギー庁 鉱物資源課 課長
澤田 賢治	東京大学 生産技術研究所 客員教授・ (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 金属資源開発本部 企画調査部 担当審議役
成瀬 茂夫	資源エネルギー庁 燃料政策企画課 課長

# 要 旨

## 1 作成の背景

大きな変動期を迎えた世界の資源情勢にわが国が適切な対応をとるには、中長期的視点に立脚した資源問題の検討とビジョンの確立が急務の課題となっている。本提言は、鉱物資源の安定確保により、わが国の持続的発展を形成し、世界の安定に向けて強化すべき課題と今後の資源問題を担う資源・製錬分野の研究・教育の再構築に必要となる事項についてとりまとめたものである。

## 2 現状及び問題点

新興国の急速な工業化の進展と経済発展により、鉱物資源の需要は増加の一途をたどり、その持続的な供給に対する危機感が高まってきている。特に中国の需要急増を背景とした需給の逼迫は、2003年から現時点まで継続する資源価格の高騰を引き起こし、資源ナショナリズムの再興も相まって資源の供給構造は大きな変革期を迎えている。このため、消費国におけるさまざまな産業部門で資源の安定供給に対する不安が募ってきている。

一方で、高品質・高機能な金属素材の生産は、わが国の製造業の基礎を支え、高機能化が進む川下産業のさらなる発展に不可欠である。これまでレアメタルを始めとして鉱石から金属を生産する日本の技術力は世界でトップクラスであり、製造技術などの開発力で常に世界をリードしてきた。それにもかかわらず、最上流を支える資源確保までを考えると、ほとんどの資源を輸入に頼るわが国の産業がたいへん脆弱な構造の上に成り立っていることが危惧される。

今後とも世界的に膨大な量の資源・素材が消費されることから判断して、地球上の資源の質と開発条件が悪化することは避けられず、これに資源・金属生産時の環境制約が重なることは必須である。わが国のみならず世界的にも、鉱物資源の供給不足と価格高騰のリスクを回避するには、新たな技術的挑戦による資源確保無くしては成り立たない局面に差しかかっている。

このような情勢のなか、今後の世界の資源をめぐる状況の変化に対応するには、現状を見定め、わが国の資源問題とその戦略を検討することが急務の課題となる。直近の市況に左右されない中長期的な視点から総合的に判断するには、学術的な立場からの確かな現状把握をもとにした将来予測と資源・製錬分野の先端的研究を継続するための対策が求められる。

本提言では、非鉄金属を対象に、金属生産に沿った資源の地質・探査－鉱石の採掘－鉱物プロセッシング－金属化プロセス－リサイクルの各工程に

おける科学的・工学的限界を抽出することから始め、それぞれの項目を俯瞰的に考察することで、その限界の突破口となるわが国が取り組むべき総合的対策について、資源予測、技術開発、環境対策、人材育成の順に検討を行った。

### 3 提言の内容

#### (1) 鉱物資源の安定供給に必要な体制

人口の多い新興国の急激な経済発展が進んできており、この経済発展に必要なとされる資源量は膨大なものになる。もはやわが国の供給のみを考える時代は終わり、世界的な視野による需給バランスを考慮しなければならない。国、大学等、および鉱物資源関連企業が協力して科学技術と産業の将来動向をとらえ、個々の資源状況を常に把握することで、供給障害を事前に察知する対策が求められる。ものづくりを推進しようとするわが国の資源・製錬産業にとってまず整える必要があるのは、製造業、消費者のニーズまで含めた情報をもとに、行政、研究、関連企業間の情報ネットワークを整備して、関連分野全体で需要と供給の変化に対応できる柔軟な供給体制をつくることである。

#### (2) 金属生産の技術開発と環境対策の推進

今後も続く鉱物資源の大量生産によって、採掘条件や経済性の悪化、処理が困難な鉱石の増加傾向は避けられない。今後は、国、鉱物資源関連企業、大学等が連携して、これらの条件悪化の克服を目指した技術開発が不可欠であり、これがわが国と世界の資源確保を支える原動力となる。

環境面からは、資源・金属生産にかかわる環境負荷を最小限に抑える努力が求められる。他国の資源・金属生産においても環境を保全しつつ、技術力による新たな資源確保を可能とするためにも、高度な環境対策技術を有するわが国が、これらの技術開発を世界に先んじて行うべきである。

また、リサイクルの促進には単に技術開発のみならず、有害金属の回収と管理、回収システムなど社会的な観点からも検討されなければならない。

#### (3) 資源確保を支援する研究体制と人材育成

多くの難題をかかえる資源問題に対処するわが国の地質・資源・製錬・素材分野の人材の不足は著しく、その育成と資源確保を支援する研究体制の維持は重要課題である。そのためには、国、大学等、企業が連携して、日本全国を網羅する研究・教育体制を作り、全国に分散するわが国の資源・製錬関連の大学等の研究者や企業の実務経験者を集中的に結合するセンターとして、ネットワーク型の連携研究拠点を整備することが望まれる。

## 目 次

1	はじめに	1
2	鉱物資源の安定供給に必要な体制	3
	(1) 金属資源価格高騰の要因	3
	(2) 安定的な資源確保に求められること	5
	(3) 資源のポテンシャル	7
	① 精査が求められる資源とその対策（亜鉛、白金族、希土類）	7
	② 資源開発のフロンティアとしての海洋	8
3	金属生産技術に関する課題と展望	9
	(1) 資源の採掘条件の悪化	9
	① 採掘方法の対応と方向性	9
	② 鉱物中間処理技術の課題と方向性	10
	(2) 強まる資源の環境制約と求められる対策	12
	① 鉱山における環境対策 ～効率的な廃水処理への課題～	12
	② 環境負荷を低減する製錬技術	13
	③ リサイクルを支える技術と社会システム	14
4	資源確保を支援する研究体制と継続的な人材の育成	16
5	提言	17
<参考資料>		
	審議経過	19
	公開講演会「鉱物資源の持続可能性と資源問題への展望」	21

## 1 はじめに

中国・インドなど人口の多い新興国で急激な経済発展が進んできている。この経済発展に必要とされる資源量は膨大なものになると見積もられ、鉱物資源の持続的な供給に対する不安が高まってきている。地球に存在する資源量は限られており、さらに地理的に偏在して賦存することから、その供給は地政学的な情勢に大きな影響を受けることは避けられない。これに加えて、資源はグローバル化が進む世界経済のなかで国際商品として流通してきたため、しばしば価格の乱高下につながってきた。特に 2003 年から現時点まで継続する、中国の需要急増を背景とした資源需給の逼迫は、資源価格の高騰を引き起こし、さまざまな産業部門で鉱物資源の安定供給に対する不安が募ってきている。

過去よりわが国は国内に資源を持たず、消費の大半を海外からの輸入に依存してきたことは広く知られているが、1970 年代の円高と労働賃金の上昇、1990 年後半の資源価格の暴落を経て、現在操業している国内の金属鉱山は 1 カ所となり、その傾向はますます強まってきた。わが国の非鉄金属企業・商社は海外鉱山に活路を求めており、自ら探査または開発段階から投資する自主開発で確保された鉱石の割合は、銅では 39%と近年向上してきたが、亜鉛 13%、ニッケル 27%程度であり、その他のレアメタル<sup>1)</sup>ではほとんどなされていない。対照的に、世界では資源企業間の合併・買収が繰り返され、大企業の誕生とともに寡占化が進行している。加えて産出国における資源ナショナリズムの高揚が見られるように、世界の資源供給は大きな変動期を迎えている。

一方で、高品質・高機能な金属素材の生産は、わが国の製造業の基礎を支え、高機能化が進む川下産業のさらなる発展に必要な不可欠になってきている。これまでレアメタルを始めとして鉱石から金属を生産する日本の技術力は世界でトップクラスであり、製造技術などの開発力で常に世界をリードしてきた。それにもかかわらず、最上流を支える資源確保までを考えると、わが国の産業がたいへん脆弱な構造の上に成り立っていることが危惧される。資源の安定的な確保は、エネルギーだけでなく、鉱物資源についても国をあげての戦略なしには成り立たない。

今後の世界の資源をめぐる状況の変化に対応するには、現状を見定めたいうえで、わが国の資源問題とその戦略を検討することが急務の課題となる。その場合、より中長期的な視点から総合的に判断するには、学術的な立場からの確かな現状把握をもとにした将来予測が欠かせない。

---

1) ベースメタルとは非鉄金属のうち、銅・鉛・亜鉛といった利用の歴史が長く現代社会で大量に生産・消費されている金属を指し、レアメタルとは、資源的に希少な金属や豊富であっても鉱石中の品位が低い、分離・精製が困難な金属の総称である。

本分科会では、この現状把握を行う方法として、非鉄金属資源を対象に、資源生産の一連のフロー（図1）に沿った地質から製錬までの各分野を俯瞰し、資源の持続可能な開発にとりネックとなる科学的・工学的課題を抽出することが先決であると考えた。資源生産は、地質－探査－採鉱－選鉱－製錬－リサイクルおよび環境対策の各工程での多様な技術から成り立っており、それぞれの現状とその限界を網羅することから、次の段階への対策と将来の戦略が浮き彫りになる。

今後も続く資源の大量生産によって、より採掘が困難な場所に移り、また採掘される鉱石の処理もより困難になることは避けられない。また、環境の面からも、鉱山開発の環境負荷を最小限にするための努力や鉱石に付随する有害物質の環境対策が求められよう。これらを見越した技術開発を世界に先んじて行うことで、資源を保有しないわが国が技術力をもってして資源確保を進めることが可能となる。

また、資源の有効活用の視点からは、リサイクルにも目を向けなければならない。これには、リサイクル技術の開発、社会システムの整備はもちろんのこと、生産や消費の各過程で排出される種々の廃棄物からの回収も含め、幅広い角度からの検討が必要となってくる。

鉱物資源の確保のためには、資源・製錬・素材分野のこれら複雑化する技術とシステムを担う人材と研究体制を確保することが重要な課題となる。しかしながら、わが国の大学の資源・製錬・素材分野では、一つの大学で資源開発・製錬のすべてを網羅した研究教育を進めることが困難になってきている。今後、わが国と世界の資源セキュリティを高めるには、産官学が連携してネットワークを形成して優れた研究を行うことにより、様々なタイプの人材を育成し、資源・製錬に関する高度な技術研究を進める必要があるだろう。

以下では、鉱物資源を取り巻く情勢を踏まえたうえで、金属資源生産分野における科学・工学的課題と限界を提示し、その解決に向けて強化すべき技術・社会システム分野および研究・教育について検討した提言を述べる。

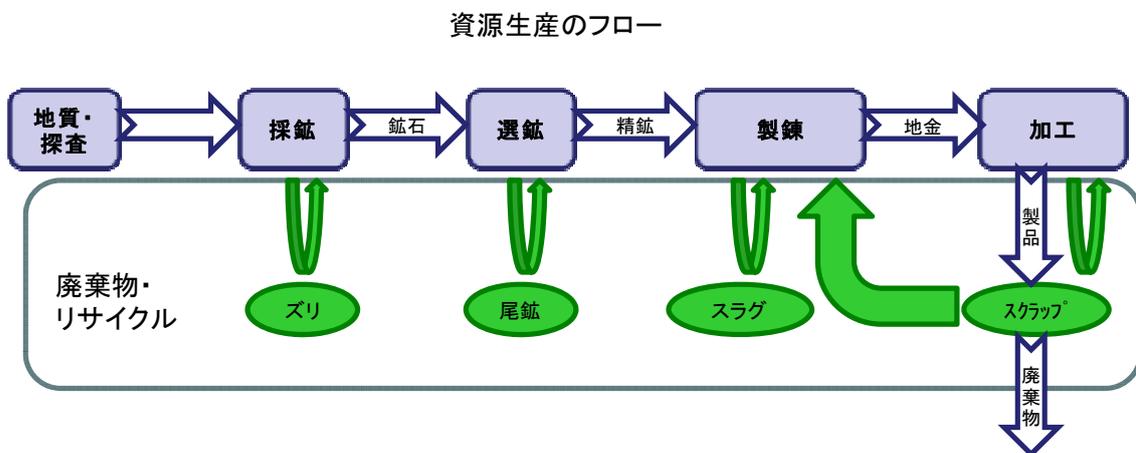


図1 資源生産と循環のフロー

## 2 鉱物資源の安定供給に必要な体制

### (1) 金属資源価格高騰の要因

2003年より続く資源価格の高騰によって、さまざまな産業部門で資源の供給不安が高まっている。2008年に入ると、原油の先物価格が1バレル(160L)あたり100US\$を超えることが珍しくなくなり、金属の価格も相まって上昇している。たとえば貴金属の代表である金は1,000 US\$/オンス(3,500円/g)、白金は2,500 US\$(8,000円/g)に届こうかとしており、これらはいずれも史上最高の高値となる水準である。銅・亜鉛・ニッケルといった大量に消費されている金属でも、2000年の価格水準の2～4倍に達し(図2)、今後もこの高価格が続くとの推測も出されている。

このような金属価格の上昇の第一の要因として、中国の需要の急増があげられる。例えば、中国の銅需要はこの10年で3倍にも達しており、2002年以降は多くの金属でアメリカを抜き世界最大の消費国となった。2007年の消費量では銅で世界の27%、亜鉛は世界の32%、ニッケルは世界の25%と圧倒的なシェアを占めている。また、中国は数多くのレアメタルをはじめとした資源生産大国でもあり、国策として資源確保を強く押し進める動きが見られる。

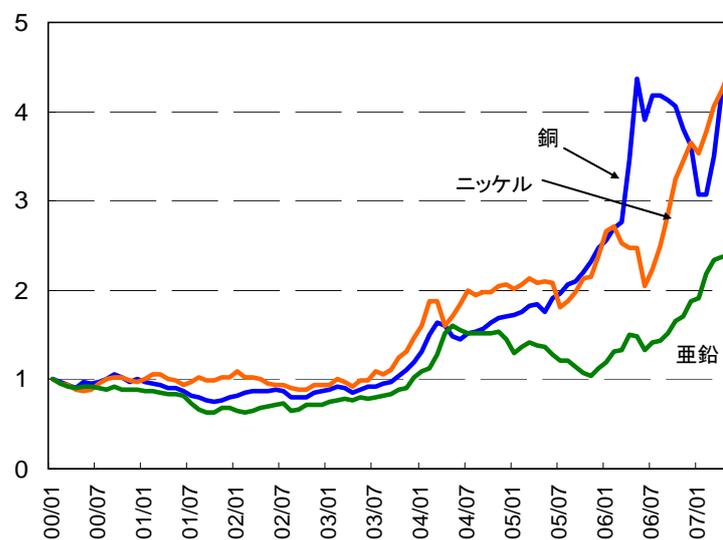


図2 2000年1月を1としたときの月平均金属価格の推移  
(ロンドン金属取引所(LME)価格)

供給側でも構造変化があったことは見逃せない。1990年代後半の金属価格が低迷していた時期から資源メジャーと呼ばれる世界的な資源企業の合併・買収が相次ぎ、市場の寡占化が進んだ。現在では、BHP ビリトン社

(豪・英系)、リオ・ティント社(英・豪系)、アングロ・アメリカン社(英系)の3社が3大資源メジャーと呼ばれ、多くの金属の資源生産でますますシェアを伸ばしてきている。さらに、エクストラータ社(スイス)やヴァレ社(ブラジル)などの新興資源メジャーが積極的なM&Aを繰り返し、強い販売力を保持するに至っている。この傾向は価格の上昇後も続いており、価格の硬直化の原因の一つとされている。新規の資源開発には通常10数年かかることから、需要の急増にすぐさま対応できないことも一因である。さらに、投機的な資金の流入による影響も大きい。経済のグローバル化の流れにあわせ、さまざまな金属までもが投機の対象となってきた。

一方で、鉱物資源は地理的分布が大きく偏っている。図3は、ベースメタルと代表的なレアメタルについて、埋蔵量の多い上位3カ国を記載したものである。同図から、レアメタルの多くが著しく偏在していることがわかる。特に、白金族金属やニオブ、タンタルは90%近くの量が一国に集中している。国別では、オーストラリア、アメリカ、カナダといった先進国だけでなく、中国、ロシア、南アフリカ、チリなどの新興国に世界の資源は大きく依存している。また、コバルトなどに見られるようにアフリカ諸国の政情不安定な地域にレアメタルが偏在することが、供給不安の一因と

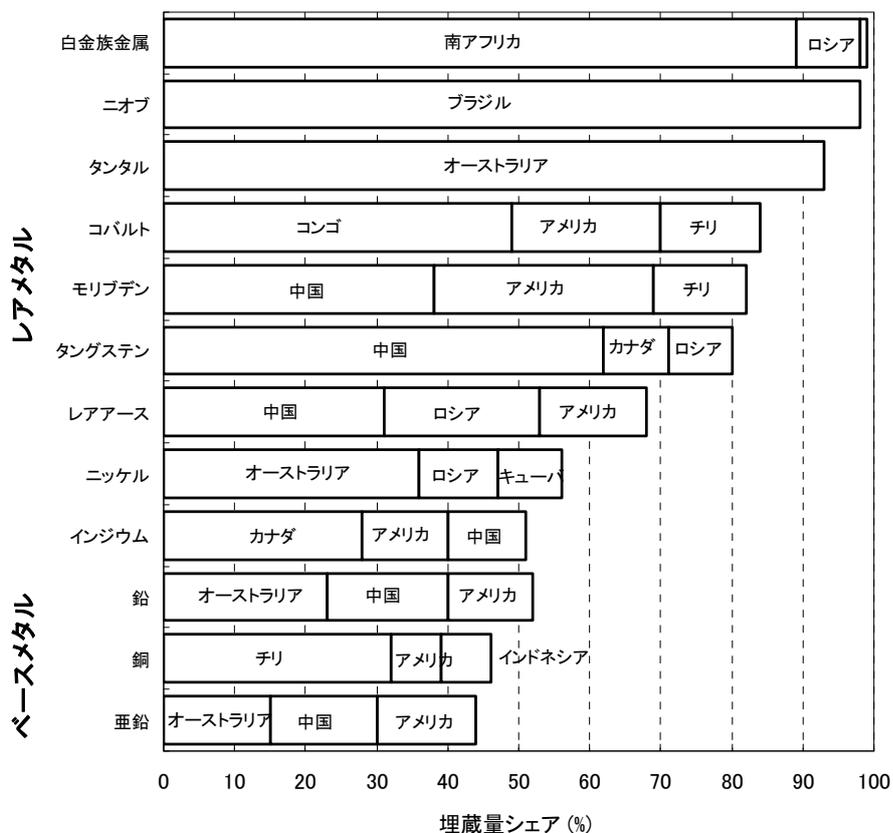


図3 各金属の埋蔵量上位3カ国のシェア

(出典: 西山孝(2005)持続可能な社会における資源供給, 資源と素材, Vol. 121, pp. 474-483 より抜粋)

なっている。さらに最近では、資源ナショナリズムの再燃から、外国企業の参入制限や鉱業に対する課税強化、鉱物の輸出に対する関税率の増加など自国の資源を囲い込み、国内への利益還元や内需を優先する政策を取る資源国が増加してきていることも、供給不安を一層増大させている。一方でベースメタルは、レアメタルにくらべると多くの国に分散し、政治的に安定した国もそのなかに含まれている違いがある。

レアメタルは一般的に生産量が少なく、鉄や銅などと比較すると市場規模が非常に小さいことに特徴がある。供給者や鉱床が限られており市場の規模が小さいことは、需要などの変動に対して脆弱であることと結びつく。情報関連機器などでこれまでにない新たな用途開発によって急速に市場が変化すると、物理的に量が不足することも容易に起こりうる。

これまでも古くは、1978年にザイール（現コンゴ民主共和国）の内戦によってコバルトの供給が滞ることで価格が高騰した経験や、2000年にはタングステンが、近年ではインジウムの急激な需要の増加によって価格の乱高下が引き起こされてきた。ベースメタルはロンドンに世界共通の取引市場があり、そこで値付けされる価格と量が市況を判断する重要なシグナルとなっている。しかし、レアメタルは相対（あいたい）取引が基本であり、価格や鉱山の状況を含め、公開される情報がたいへん少ないことが問題となる。このことは、将来的にも供給障害などの重大な危機への対応が遅れる可能性が潜在的に高く、予測できない先端科学技術の開発と高機能製品等の普及によってレアメタルの需要が急変し、対応が遅れる可能性があることを意味する。レアメタルの消費大国である日本が積極的に情報を集めなければ、他国での情報収集に期待することはできない。情報の開示を前提とした系統的な情報収集と分析を進めるべきであろう。

## (2) 安定的な資源確保に求められること

前述のように、供給側では、資源企業の寡占化の進行と資源ナショナリズムの高揚により、需要側では中国・インドの急速な経済発展により需給を逼迫してきたのが、昨今の状況である。今後、これらの国の経済発展に必要なとされる資源は膨大な量となろう。もはやわが国の供給のみを考えるだけでは対処できず、世界的な視野による需給バランスを常に考慮しなければならない時期が到来している。それには、巨大な金属消費圏に成長すると考えられるアジア地域で共同して、資源の安定供給にあたるべきである。

鉱物資源は多種多様な元素から成り立っており、それぞれに性質や賦存状況が異なるため、安定供給に対する考察は、各々の鉱物資源が持つ市場の規模と性格によって大きく異なってくることに留意しなければならない

い。ここでは、インフラストラクチャに多く用いられるベースメタルとハイテクに多用されるレアメタルに分けて解説する。

ベースメタルについては、わが国を含めた先進国の需要が今後大きく増加することはないと予測されるのに対して、開発途上国では経済発展による需要増加は、依然として続くと推察される。すなわち、資源供給側の視点からは、絶対量がすでに膨大になっている先進国の需要に加えて、開発途上国の拡大する需要を今後まかなう必要があり、世界全体として、ベースメタルの消費量の増大は継続するものと考えられる。一方で、ベースメタルの供給側では世界的なメジャー資源企業の大規模な再編が続いている。このため、市場の寡占化が強くなり進んできており、わが国の資源セキュリティを脅かす要因となってきたことにも注意を払う必要がある。

資源開発には通常 10 年以上のリードオフタイム（探査を始めてから開発を経て、生産が始まるまでの時間）が必要とされるため、急激な需要増加には対応が遅れる性質がある。この点を考慮すると常に将来を見越した計画的な探査開発が、資源セキュリティを高めるには必須である。また海外での鉱山開発だけでなく、国内でも一次（加工くず）ならびに二次（使用済み製品）リサイクルの両面での努力によって資源を確保することが重要となる。

一方、レアメタルに関してわが国は、多くのレアメタルの製造技術などの開発力で常に世界をリードしているだけでなく、わが国の消費量が世界一位のものも少なくない。そのため、資源産業や商社では、先端技術産業が必要とするレアメタル原料を安定的に供給することが重要な使命となっている。今後は、航空機用に加え、自動車、情報関連機器、原子力分野でのレアメタル利用が急伸すると予想され、それらに関連するレアメタルの資源確保、高効率生産、リサイクル技術の開発は、わが国の産業競争力を維持する上で不可欠な課題となる。

ものづくりを推進しようとするわが国の資源産業にとってまず整える必要があるのは、製造業、消費者のニーズまで含めた情報をもとに、柔軟な供給体制をつくることである。科学技術の発達と産業動向の将来をとらえたうえで、個々の金属について探査から生産に至る世界の資源動向を常に把握し、将来の供給障害を事前に察知する対策が求められる。そのためには技術的な開発のみならず、活発な資源開発投資を進めているわが国の商社と非鉄金属企業との連携による、輸送も含めたサプライチェーン全般を見通した体制づくりが、わが国の実質的な供給体制の基礎となる。

さらに、資源枯渇に関する誤った情報が一人歩きしないためにも、資源探査・開発から素材・製品製造、さらにはリサイクル・最終処分へとマテリアルフロー全般にわたる、アカデミアからの積極的な情報の整理と開示が求められる。これらの情報を含め、世界の資源情報を把握し分析するた

めには、産官学の有機的な共同作業が必要となろう。

### (3) 資源のポテンシャル

#### ① 精査が求められる資源とその対策（亜鉛、白金族、希土類）

将来の産業構造や主要産業の動向を見極めたうえで、需要が大幅に拡大すると予想される資源については、安定確保に向けた取り組みを需要増加に先んじて開始することが重要である。

鉱石を産出する鉱床の形態と地域の偏在性に注目すると、いくつかの金属で将来的な供給に注意を要することが見いだせる。つまり、希土類の一部、白金族金属、亜鉛および亜鉛の副産物として産出するレアメタルの地質的状況が厳しくなると予想されるため、これらの鉱床を精査し、ポテンシャルを把握する必要性は高い。

希土類はレアアースとも呼ばれ 17 元素の総称である。単純に現在の埋蔵量を生産量で割った可採年数は十分であるものの、ハイブリッドカーや情報関連機器の高性能磁石に用いられる中・重希土類を豊富に含むイオン吸着型鉱床は、中国の南方に極端に偏在している。昨今の中国の資源ナショナリズムの高まりを鑑みると、将来の需要を推測したうえで、これらの中・重希土類が中国以外の国のどのような地域から採掘可能かを調査する必要があるだろう。

自動車の排ガス浄化触媒として利用される白金族金属は、南アフリカ、ロシアに偏在している。現状では南アフリカでの資源量が豊富であるが、先進諸国だけでなく世界各国で排ガス規制が強化されるにしたがって極端に需要が増加した場合には、供給不足に陥る可能性がある。また、産出する鉱物の観点からは、3 元触媒で用いられる白金、パラジウム、ロジウムの比率が、鉱石に含まれる比率と異なることから、同じ白金族であっても不足する元素が出る可能性が高い。

ベースメタルでは、鋼板へのメッキ用途に多量に使われている亜鉛の長期的安定供給が危惧される。亜鉛は同じベースメタルの銅とは異なり、リサイクル可能な経路が限られている。さらに資源量の面からも、既存の比較的含有品位が高い鉱床形態に続く低品位鉱石を開発し利用する見込みが立っていないため、枯渇の危険性が高い金属といえる。それに伴って、亜鉛鉱石の副産物として生産されるレアメタル（例えば、インジウムなど）についても同様の注意が必要である。特に副産物として産出されるレアメタルの場合は、鉱山によって含有品位が大きく異なることから、目標とするレアメタルをねらった亜鉛鉱山の確保が重要となってくる。

さらに長期の資源問題を把握するには、今後人類が利用できる資源が

どの程度のポテンシャルを持っているのか、天然資源のみならず循環資源にも着目した資源量の情報が不可欠である。しかしながら、現状ではこのような情報が本質的に不足しており、将来の供給可能性を論じる際に非常に大きな問題となっている。天然資源については、現在の埋蔵量と地殻に存在する元素の全量との間に位置する、人類が利用可能な資源の総量（資源量）の推定が必要とされる。そのためには、数十年先の技術を見据えたうえで、現在開発の中心である大規模鉱床だけでなく、中小規模の鉱床にも目を向け、どの程度のポテンシャルを地球が持っているかを知ることは重要な情報となるだろう。

採掘対象となる鉱床は今後ますます深部にそして僻地に移行せざるをえず、探査費用あたりの発見量は減少する傾向になる。それを利用可能にするには探査技術と採鉱技術の向上がともなわなければならない。

## ② 資源開発のフロンティアとしての海洋

わが国の陸上部の鉱山は閉山を余儀なくされてきたなかで、国内資源として大きなポテンシャルを持つ海洋資源の可能性について言及する。数十年にわたる継続的な調査から、わが国の EEZ（排他的経済水域）には非常に大きい資源量が眠っていることが確認されている。現状では、実際に開発可能な埋蔵量と生産技術について、今後のさらなる調査が求められている。

深海底資源の中で開発の可能性が高いと考えられているのが、海底熱水鉱床である。わが国周辺には、鉱量・品位とも世界でも第 1 級のポテンシャルを持つ鉱床が確認されている。しかし、鉱量を推定する上で不可欠な厚さ方向の情報が未取得であること、熱水系生物群集の保護などの問題、採鉱、製錬法の技術開発が課題として残されている。

さらに他の賦存形態では、マンガングラスト（コバルトリッチ・クラスト）を挙げられる。これは、堆積物が少ないため環境影響が比較的少ないと考えられ、白金、希土類などのレアメタルを含む利点を有しているものの、薄く広く広がる賦存状況であるので、採鉱、製錬法の技術開発が海底熱水鉱床よりさらに困難であると考えられる。いずれにせよ、これらの深海底資源の開発に関して、他国に先がけてわが国が調査および技術開発に着手すべきであろう。

### 3 金属生産技術の課題と展望

#### (1) 資源の採掘条件の悪化

##### ① 採掘方法の対応と方向性

鉱石の採掘方法には大きく分けて、地表面をすり鉢状に採掘する露天掘採鉱法と地下で鉱体を採掘する坑内掘採鉱法がある。鉱床の位置や鉱種によって、採掘方法は選択されるが、一般的に露天掘が坑内掘に比べて経済的に非常に優位であるため、特に銅や金鉱山では大規模な露天掘が行われている。このとき金の露天掘鉱山は特に鉱石品位（鉱石に含まれる金属の割合）が低く、回収できる金の量の100万倍から数100万倍の岩石を採掘しなければならない。

しかし、近年その傾向に変化が見られるようになってきた。チリやインドネシアの、世界でも最大規模の銅鉱山では、生産が経過するにしたがって採掘する鉱床の深部化が進んできており、全体として露天掘の大規模化による経済性が失われつつある。加えて、鉱石品位の低下も著しく、現行の大規模な露天掘開発には限界が見られるようになってきた。

採掘深度が深くなりすぎた鉱山では、坑内掘採鉱法の中でコストが最も安価で、かつ大規模生産が期待できるブロックケービング法への移行が検討され始めている。ブロックケービング法とは、鉱体の下部を広く切り出すことで、地表におよぶまで鉱体全体を自然に崩落させ、その後、下部より鉱石を抜き出す採掘方法である。しかし、このブロックケービング法は、現時点で技術的に確立した採鉱法とは言えず、崩落の評価手法の開発をはじめ、鉱床のケーバビリティと大塊の発生を抑制するフラグメンテーションなどに関する技術開発の余地が大いに残されている。また、過去には急激な崩落による事故も発生していることから、採掘重機の自動化を目指した情報技術開発も望まれる。

これまで人類は経済性が高く、採掘の容易な鉱床から開発してきた。そのため今後開発対象となる鉱床は採掘がより困難な場所に移行していくことは避けられない。今まで未開発であった地域に進出するには、地域住民とのコミュニケーションや閉山後の環境にも配慮した対策がますます必要とされるであろう。

将来的に、採掘による環境負荷の低減がさらに求められるならば、地表の開削が伴わない坑内掘が見直される可能性がある。過去の国内鉱山開発の経験から、わが国に蓄積されてきた中小規模鉱床開発の知識とノウハウを有効活用することも視野に入れる必要がある。大型開発が持つリスクを回避するためにも、単一では開発が難しい小規模鉱体であっても、周囲にいくつかの小規模鉱体の存在が確認された場合、小型で高能

率の可搬型システムを構築することで、スケールデメリットを克服できる可能性が高まる。それを見越し、わが国の資源戦略として中小規模の坑内掘鉱山の開発を目指すことは一つの有効な方向性であり、そのための技術開発の必要性は高いと考えられる。

## ② 鉱物中間処理技術の課題と方向性

鉱石中の有用鉱物と不用鉱物を選別・分離し、有用鉱物を濃縮する操作を選鉱という。鉱山から採掘された鉱石は、そのままでは品位が低く製錬所で処理できる状態ではないため、選鉱技術によって品位を高め、製錬原料になるまで付加価値を高めなければならない。いわゆる鉱山と製錬所をつなぐ中継ぎ役（中間処理技術）であり、資源を安定的に供給する際の重要な架け橋となっている。

近年、この分野における大きな課題は、鉱物粒子が緻密に分布した低品位鉱石や、砒素あるいは硫黄等の不純物の多い鉱石（複雑鉱石）が増加するなど、生産性に課題のある鉱石が世界的に顕著化しはじめたことである。選鉱分野は資源生産に直結した役割を担うことから、これら鉱石群への処理技術の開発が世界的に求められている。特に銅資源を考えた場合、半世紀前は銅品位 1%以上の優良な銅鉱山が数多く存在していたにもかかわらず、世界的な傾向として低品位化が進み、現在では平均 0.6～0.7%程度の銅鉱石を処理している。加えて、鉱石に含まれる砒素の増加傾向は著しく、砒素の含有量がネックとなり開発できない鉱床があるなど、世界共通の課題として認識されている。

また、将来の鉱山開発を見据えると、中小規模鉱山向けのコンパクトで効率性に優れた選鉱技術の開発も期待される。既存鉱山の多くは、大規模かつ高品位鉱山を優先に開発を行ってきたが、20年、30年先の資源確保を考えると、効率の高い選鉱技術は未開発鉱床の開発など資源確保にとって有効な策となり得る。

その他、選鉱操作で発生する尾鉱（選鉱工程で不要物として分離された廃棄物、廃滓）からの有用鉱物の再回収、環境面で見れば尾鉱ダム（尾鉱を蓄積するダム）や選鉱用水、廃水処理への対応など、選鉱分野が果たすべき技術的責任と役割は大きい。

一方、レアメタルに関しては、多くの場合ベースメタルとは異なる鉱質・鉱量への選鉱プロセスが必要であり、レアメタルの特殊性を加味した選鉱技術が要求される。亜鉛等に随伴してくるレアメタル鉱種の大半は、あくまで亜鉛の濃縮過程に伴って回収されるため、単独の鉱山があるわけではない。これら極めて微量のレアメタルに特化した選鉱技術は未解決に近い状態であり、今後対策が必要である。

また希土類金属に関しては、豊富な埋蔵量として漂砂鉱床が知られて

いるが、この漂砂鉱物には古くから比重選鉱、磁力選鉱、静電選鉱法等を用いた分離プロセスが知られているにも関わらず、選鉱段階で発生する放射性残留物が大きな問題となるため、希土類資源としての新規開発の難しさが大きな課題になっている。

技術的課題では、省エネルギー化と効率の良い粉砕プロセスの開発のほか、鉱物粒子の分離では、誕生から1世紀を超えた浮遊選鉱法（浮選）の改善と高度化が期待される。さらに、20世紀に開発された資源生産技術の中で最も重要な方法の一つである SX-EW 法（Solvent Extraction-Electrowinning 法：溶媒抽出・電解採取法、酸化銅鉱を山元で浸出処理し、有機溶媒抽出と電解採取との組み合わせによって電気銅を得る湿式製錬法の一つ）を高度化・革新し、銅資源でありながらこの方法では処理できなかった黄銅鉱や他のベースメタル鉱石を処理可能にするなど、技術的なレベルを引き上げる必要がある。これらの処理法は、レアメタル鉱種における技術要素にも援用でき、また鉱山開発における環境負荷低減や深部・低品位・僻地といった未開発鉱床への開発の可能性を高めるなど、次世代型の鉱山開発技術として多いに期待される。

## (2) 強まる資源の環境制約と求められる対策

### ① 鉱山における環境対策 ～効率的な廃水処理への課題～

資源開発は、探査から採掘、製錬にいたるまで、大量の気体・液体・固体廃棄物が発生するため、それぞれの段階で適正な「鉱害」防止対策を講じなければ、環境への負荷が非常に大きい活動である。

こうした資源開発と環境が関連する問題に対して、わが国のこれまでの経験と環境対策技術を活かし、世界に向けて提供していくことは非常に重要である。大量の資源を消費している国の責務として、より環境負荷が少ない開発による資源確保が望まれる。資源開発の環境問題に対してわが国が主導的な立場をとり、環境対策技術を世界に向けてアピールすることによって、世界的な資源確保にもつながる。

わが国は過去の苦い鉱害経験から、高度な環境対策技術を有し、現在では厳格に各種の環境・排出基準を遵守している。これらの技術は、現在でも酸性坑廃水（坑廃水：鉱山の坑道、坑口等より排出する廃水）を排出し続けている国内の休・廃止鉱山に適用されている。鉱山の性質からこの対策は半永久的に必要となるため、より省エネルギーで環境負荷の少ない対策技術を求め続けなければならない。

現状の酸性坑廃水処理では、含有する有害成分を沈殿させ、固液分離し、沈殿物を処分場で保管する方法がとられているが、国内における処分場の逼迫は深刻な問題となっている。今後は、沈殿物の減容化および有害成分の固定化技術が不可欠となると考えられる。坑廃水中の沈殿生成は種々の非平衡反応（時間や経路に依存する反応）を含むものであり、これらの反応メカニズムを詳細に研究することによって、省エネルギー化および沈殿物の減容化、有害成分の固定化につながる対策技術の高度化が可能となる。

また、近年、諸外国で注目を集めつつある「パッシブトリートメント」は、各鉱山の地の利を生かし、地中への反応性透過壁の建設などによって受動的な酸性坑廃水処理を意図するものである。国内では例がないため、今後の研究および検討が期待される技術である。さらに、これまでの対策は、坑廃水をいかに処理し、無害化するかに目的があったが、今後は坑廃水そのものを出さないようにする技術開発が必要とされよう。

一方、近年では、従来からの廃棄物・廃水による直接的な汚染問題や開発・操業の際の騒音・振動・地盤沈下問題に加え、景観破壊や土地利用価値の減少等に関する問題も、広義の「環境問題」として捉えられようとしている。開発途上国においても、資源開発計画の中にこのような環境問題への対策を、計画当初から組み込むことが義務付けられつつある。例えば、開発の段階から終掘後の土地のリクラメーション（荒廃地の再生）にいたるまでを、環境アセスメントの結果とともに管理計画や審査計画書として政府に提出する

必要がある。

さらに、鉱山開発が行われる現地との良好な関係を維持することも重要な課題である。近年の鉱山開発では、現地の人材を優先的に雇用することや、電気や道路といったインフラや学校の整備、閉山後の地域産業の維持など、開発地域とのコミュニケーションが重要視されるようになってきた。企業の社会的責任（CSR）に基づいた活動が明文化されることで、持続可能な鉱山開発を目指した宣言が世界の資源企業から発信され、実際に行動に移されつつある。しかし、いまだに一部の鉱山では無理な開発を進めるあまり、有害物質や尾鉱が放流されている地域や、作業者の安全確保が十分でないなどの現状も報告されている。国内では鉱害問題は解決されつつあるものの、日本を初めとする先進国が、鉱物資源の多くを発展途上国に依存していくことを考えれば、これらの環境対策と地域との良好な関係についてわが国が主導的に対策を講じていく姿勢が求められる。

## ② 環境負荷を低減する製錬技術

今後採掘される鉱石は、不純物が多く生産効率が悪い鉱石の増加が予想されるため、非鉄製錬では経済合理性と環境の両面を考え合わせ、湿式製錬を含めた新しい処理技術が必要となってくる。今後の環境規制の強化により、製錬の過程で発生する砒素、カドミウム、水銀などの有害物質や硫黄を含めた副産物の処分方法を総合的に検討しなければならない。加えて、わが国の場合、製錬段階で発生するスラグ（製錬工程で岩石や溶剤成分から生成する副産物、からみ）をどのように有効利用するかという点も大きな課題である。製錬工程で発生する有害物あるいは副産物は、技術的に分離可能であっても製品として価値のない元素もあるため、鉱山での処理を含めた環境適応性と残渣の安定性、長期保管の可能性を検討しなければならない。

例えば、非鉄製錬で発生する砒素は、銅の精鉱中（銅製錬の原料）に約0.5%から高い場合には数%以上存在し、ニッケル、金、ウラン鉱石などにも含有することが知られている。砒素の一部はスラグに移行するが、通常の操業では精鉱に含まれる量の半分程度までであるため、鉱石中の砒素を経済合理的かつ安定的に処理・保管する方法として、砒酸鉄法（スコロダイト生成）によって二次鉱物化する新しい処理が注目されている。この技術によって、鉱山で採掘できずに残されてきた砒素濃度の高い鉱石を処理できる可能性が生まれ、資源量の増加、資源確保への期待も高まる。不純物の多い鉱石を処理できる先進型製錬技術がわが国で培われるなら、製錬技術力をもって新たな資源確保に乗り出せる可能性が出てくる。

また別の側面からは、わが国で稼働する非鉄製錬所は鉱石から金属地金を生産するだけでなく、貴金属・レアメタルを含む各種金属のリサイクルや廃

棄物処理といった静脈型産業の最終工程の多くを担っている。わが国のリサイクルシステムを維持し発展させるには、再編が進む国内の製錬所が欠かせない存在である。

鉱物資源や使用済み製品に含まれる有用な金属と有害物質を効率的に分離回収するには、銅・亜鉛・鉛の各製錬所間の連携強化と、リサイクルループの構築によって副産物・廃棄物等の分担処理と有効利用が効果的に連動することを再認識すべきである（図4）。この関係は、鉱物資源からの金属生産に留まらず、リサイクルや廃棄物処理における日本の強みを表現したものであり、経済性・環境影響を考慮してもわが国の資源生産において最も重要なプロセス間リンクを示している。

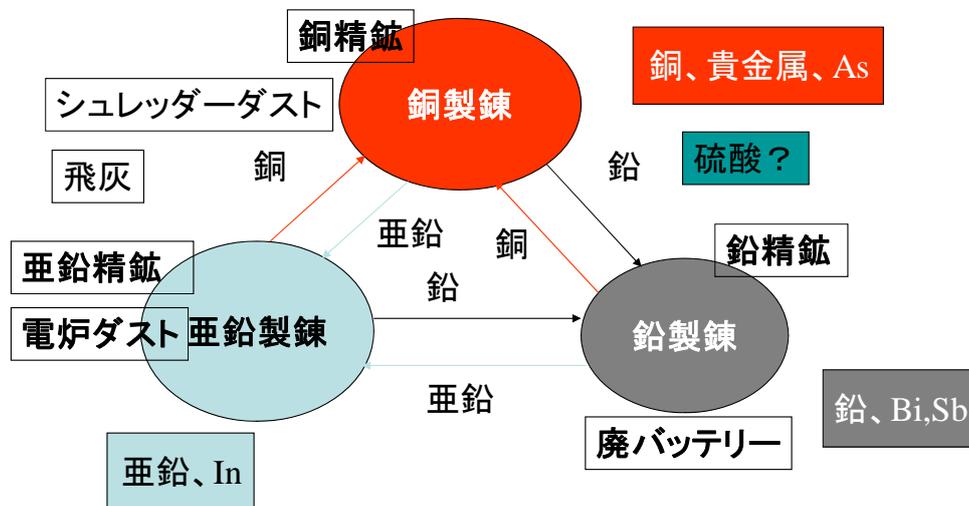


図4 銅、亜鉛、鉛製錬における原料と各元素の流れ

### ③ リサイクルを支える技術と社会システム

社会的な取り組みが進展しつつあるリサイクルを考えると、リサイクル率の改善は、単に技術促進だけでなく、有害金属の回収や管理、埋立地・処分場の減少、回収システムなど種々の社会的な観点からも検討されねばならない。

金属リサイクルとして、ベースメタル、貴金属、レアメタルを対象にあげれば、リサイクルシステムがさまざまな分野で整ってきているものの、経済性の有無によってリサイクルの進展に大きな差がある。近年注目されている希土類金属を含む磁石やモーター類などの高機能素材・部品でさえ、資源的価値が重要視されているものの、国内では明確なリサイクルループが形成されていない。特に、使用済み製品に含まれる金属量が少ない場合、あるいは合金化した部品が多数含まれる場合などは、回収システムの不備もあり、採算性が悪いことから積極的なリサイクルが行われていない。このような場合、

リサイクルは技術だけでなく社会システムや制度上の対策からの協力が欠かせない。また、リサイクル率の高い金属においては、カスケード型リサイクル（品質要求の低い他用途へのリサイクル）から脱却し、水平もしくはアップグレード型リサイクル（同製品もしくはより高品質なものへのリサイクル）の実現を目指した微量成分の管理・除去技術の確立が望まれる。

わが国はレアメタルの大量消費国であることから、国内には製品やスクラップの形で膨大な量のレアメタルが蓄積されている。これらの社会蓄積は、貴重な循環資源であることは間違いない。しかしながら、蓄積されたレアメタルが広く薄く拡散しているために、逆にリサイクルの弊害として働く場合もある。

このような状況を鑑みて今後の技術的課題を挙げると、多種多様かつ性状の不安定な廃棄物の成分分離を達成するための選別・製錬技術の高度化が重要となる。その際、有害物質管理、最終処分場の逼迫などといった喫緊の環境問題が、これらの技術開発の促進力となるだろう。また、現時点での経済性のみならず、デポジット制やストックの考えを取り入れるなど、時間軸を考慮したリサイクルの評価が求められる。さらに、解体性やリサイクル性に配慮した製品設計も選別・製錬技術への負荷を低減するために重要な技術といえる。これらは環境保全のみならず、国内の資源セキュリティの側面からも重要となる。

リサイクルの対象となる二次資源（スクラップや使用済み製品）については、これまでの経済性に見あうものからリサイクルするという意識だけではなく、幅広い角度からの検討が必要である。使用済み製品だけでなく、鉱山においてストックされている廃棄物、加工工程内のスクラップなど、生産や消費の各過程で排出される種々の廃棄物も循環可能な資源の一つであり、リサイクルの必要性と技術開発レベル、将来性（時間軸）を考慮した統一的な方向性の確立と、そのためのロードマップの作成が求められる。

ロードマップの作成に際して、潜在的にリサイクル可能な量を測ることは、天然資源における資源量の推計と同様に重要である。物質の移動量をとらえるマテリアルフロー分析を通して社会に蓄積されている物質の量が推計されつつあるものの、このような循環資源量に関する情報は極めて不足しているのが現状である。さらに調査を進めるには、資源・材料の専門家から川下の製造や廃棄物処理・リサイクルの専門家にいたる知見を横断的に統合することで、これまでの統計に表れない情報を整備することが重要となる。

#### 4 資源確保を支援する研究体制と継続的な人材の育成

このような数々の難題をかかえる資源問題には、絶えず中長期的な資源ビジョンを取り入れ、資源の市況に左右されない戦略と資源確保のための継続的な研究開発を充実させることが重要である。しかしながら、これに対処するわが国の組織は極めて脆弱であり、今日の資源価格の高騰と需給が逼迫した状況下で、日々拡大する資源問題に対処できる十分な人材が確保されないことは、大きな損失となっている。

特に、昨今の資源・製錬・素材分野の研究体制とそれに携わる人材の不足は著しく、かつ機関ごとに分散しているのが現状である。大学の資源・製錬分野においても、教育すべき分野が拡大、専門化する一方で、教育現場自体が縮小傾向にあり、一つの大学で資源開発や製錬工学のすべてを網羅的に教育することは、事実上、不可能になってきている。そのため、産業界、行政、大学が連携して優れた研究を行いつつ、様々なタイプの人材の育成につとめ、地質・資源・製錬・素材に関する高度な技術開発の継続と科学的知見を創造する研究・教育体制を早急に再構築する必要にせまられている。

このような背景のもと、現状の人材を活用し最大限の効果を発揮するためには、研究者ならびに実務経験者間での連携を促進し、ネットワーク化をはかったシステムの構築が有効である。今日のわが国がとりうる本分野の研究・教育に関する最適なシステムとしては、全国に分散する資源・製錬関連の大学等の研究者や企業等の実務経験者から構成された研究・教育センターの存在が必要であると考えられる。このセンターでは、先端的な研究体制を核として、オールジャパンでの研究体制の確保と教育・人材育成のシステムを整備し、国内の研究・教育の連携ネットワークの拠点を形成することを目指す。考慮すべき研究・教育項目では、従来から必要とされている資源・素材開発に関連する分野に加え、地政学への理解、プロジェクトのリスク評価や環境管理、マネジメント能力の養成などをつうじて、総合力を持つ人材の育成が望まれる。

## 5 提言

### (1) 鉱物資源の安定供給に必要な体制

人口の多い大国で、新興国の優位性を生かした急激な経済発展が進んできており、この経済発展に必要とされる資源量は膨大なものになると見積もられる。そのため、もはやわが国のみの供給を考える時代は終わり、世界的な視野による需給バランスを考慮しなければならない。

国、大学および鉱物資源関連企業が協力して、世界的な需要増加が今後も継続すると予想されるベースメタルについて、科学技術と産業の将来動向をとらえ、個々の資源の状況を常に把握することで、供給障害を事前に察知する対策が求められる。ハイテク製品などで利用が急伸すると予想されるレアメタルについては、資源確保、高効率生産、リサイクル技術の開発が、わが国の産業競争力を維持する上で極めて重要となってくる。

ものづくりを推進しようとするわが国の資源・製錬産業にとってまず整える必要があるのは、製造業、消費者のニーズまで含めた情報をもとに、行政、研究、関連企業間の情報ネットワークを整備して、関連分野全体で需要と供給の変化に対応できる柔軟な供給体制をつくることである。

### (2) 金属生産の技術開発と環境対策の推進

今後も続く資源の大量生産によって、採掘条件と経済性の悪化ならびに処理が困難な鉱石が増加することは避けられない。鉱石の採掘深度の深部化と質の低下がみられるため、新たな採掘方法の導入や、中小規模鉱山の開発を検討する必要がある。同時に、品位が低く不純物を多く含む鉱石を処理する技術開発が求められる。今後は、これらの条件の悪化を克服し、資源の安定供給を可能とするような技術開発を、国、鉱物資源関連企業、大学等が連携して推進することが不可欠であり、これがわが国と世界の資源確保を支える原動力となる。

環境面からも、資源・金属生産にかかわる環境負荷を最小限に抑える努力が求められる。他国の資源・金属生産においても環境を保全しつつ、技術力による新たな資源確保を可能とするためにも、高度な環境対策技術を有するわが国が、これらの技術開発を世界に先んじて行うべきである。

また、リサイクルを促進するには、単に技術開発のみならず、有害金属の回収と管理、処分場の減少、回収システムなど社会的な観点からも検討されなければならない。

### (3) 資源確保を支援する研究体制と人材育成

このように多くの難題をかかえる資源問題に対処するわが国の組織は極めて脆弱である。特に、昨今の資源・製錬・素材分野の人材は著しく不

足しており、資源確保を支援する研究体制の維持とそのための人材育成は重要課題であるが、分散化と縮小が進むわが国大学の資源・製錬・素材系学科・専攻の現状からは、一つの大学で資源開発・製錬のすべてを網羅した研究・教育を進めることが困難になってきている。

しかし、今後、資源セキュリティを高めるには、環境や情報技術の素養を有する地質、資源、製錬、素材分野の人材の育成につとめ、それらの分野に関する高度な研究開発を維持させる必要がある。そのためには、国、大学、企業等が連携して、日本全国を網羅する研究・教育体制を作り、全国に分散するわが国の資源・製錬関連の大学等の研究者や企業の実務経験者を集中的に結合するネットワーク型の連携研究拠点（センター）を整備することが望まれる。

(参考資料1)

総合工学委員会 持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会  
ならびに資源基礎調査小委員会 審議経過

平成 18 年

- 12 月 21 日 日本学術会議幹事会(第 30 回)  
持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会設置

平成 19 年

- 1 月 25 日 日本学術会議幹事会(第 32 回)  
持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会委員の決定
- 3 月 26 日 持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会(第 1 回)  
(1) 総合工学会の活動と分科会設置の経緯と委員長等の選出  
(2) 分科会の活動・運営について  
(3) 資源に係わる問題抽出と検討範囲の設定についての討議
- 5 月 7 日 持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会(第 2 回)  
(1) 鉱物・エネルギー資源の現状と課題の検討と講演  
(2) 今後の分科会の活動について  
(3) 基礎的資料の収集と作成のための小委員会立ち上げ
- 6 月 21 日 日本学術会議幹事会(第 39 回)  
資源基礎調査小委員会の設置および委員の決定
- 8 月 2 日 資源基礎調査小委員会(第 1 回)  
(1) 小委員会設置の経緯と活動の概要  
(2) 資源技術の現状と限界についての作業報告
- 10 月 10 日 資源基礎調査小委員会(第 2 回)  
(1) 鉱物・エネルギー資源の現状と課題の検討と講演  
(2) 鉱物資源開発の技術的課題、人材育成の検討  
(3) 公開講演会プログラム案の検討
- 12 月 26 日 資源基礎調査小委員会(第 3 回)  
(1) 鉱物・エネルギー資源の現状と課題の検討  
(2) 日本学術会議主催の公開講演会の打ち合わせ  
(3) 小委員会提案文の内容の検討

平成 20 年

- 1 月 25 日 日本学術会議主催 公開講演会の開催  
「鉱物資源の持続可能性と資源問題への展望」
  
- 3 月 21 日 持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会（メール審議）
  
- 5 月 20 日 持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会（メール審議）
  
- 7 月 24 日 日本学術会議幹事会（第 60 回）  
持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会 提言「鉱物資源の  
安定確保に関する課題とわが国が取り組むべき総合的対策」について承認

(参考資料2)

日本学術会議主催公開講演会  
「鉱物資源の持続可能性と資源問題への展望」

- **主催** 日本学術会議
- **後援** 資源・素材学会、日本 LCA 学会、廃棄物学会、環境資源工学会、日本鉱業協会、エコマテリアル・フォーラム、石油天然ガス・金属鉱物資源機構、産業技術総合研究所、東北大学多元物質科学研究所、東京大学生産技術研究所
- **日時** 平成 20 年 1 月 25 日 (金) 13:00~18:00
- **会場** 東京大学 本郷キャンパス 理学部 1 号館 小柴ホール  
(東京都文京区本郷 7-3-1)
- **参加費** 無料

■ **開催趣旨**

資源の大量消費に支えられてきた現代社会は、今後も続く世界人口の増加、発展途上国の経済発展にともない、ますます膨大な量の資源を必要とするであろう。特に 2003 年から現時点まで続いている資源価格の高騰は、さまざまな産業や消費者に大きな影響を与え、安定供給に対する不安を駆り立てている。このような現代の資源問題に対して確かな見解を持つためには、中長期的視点に立ち、まず資源生産の一連のフローに沿った各分野での課題を丹念に拾い上げたうえで、資源の上流から下流に至るまでを総合的に俯瞰したパースペクティブを得ることが不可欠である。

シンポジウムでは、鉱物資源を対象にこれまで持続可能なグローバル資源利活用に係る検討分科会で議論を重ねてきた資源の利用可能性についての地球科学的・工学的展望と限界を広く一般に公開し、様々な分野からの参加者と討論することで、限界を超えるために取り組むべき科学技術開発の方向性ならびにわが国の資源戦略について討議する。

■ **プログラム**

- 13:00~13:10 開会挨拶  
前田 正史 (日本学術会議連携会員、東京大学 生産技術研究所 所長・教授)
- 13:10~13:40 「資源問題の課題と展望」  
西山 孝 (京都大学名誉教授・東京大学 生産技術研究所 顧問研究員)
- 13:40~14:20 「資源地質と探査の課題と展望 ～ 陸上探査と深海底探査 ～」  
浦辺 徹郎 (日本学術会議連携会員、東京大学 大学院理学系研究科 教授)
- 14:20~15:00 「資源開発技術の課題と展望  
～採鉱技術のチャレンジ - マス・マイニング & コンパクト・マイニング  
～」

山富 二郎（日本学術会議連携会員、東京大学 大学院工学系研究科 教授）

15:00～15:40 「資源開発における環境対策の課題と展望  
～坑廃水処理の技術～」

所 千晴（早稲田大学 理工学術院 講師）

（15:40～16:00 休 憩）

16:00～16:40 「鉱物処理技術の課題と展望  
～資源の持続的供給に向けたミネラルプロセッシングの方向性～」

柴山 敦（秋田大学 工学資源学部 准教授）

16:40～17:20 「非鉄製錬技術の課題と展望」

中村 崇（日本学術会議連携会員、東北大学 多元物質科学研究所 教授）

17:20～18:00 総合討論

「資源問題への展望 ～わが国の資源戦略に何が必要か～」

討論司会：山富 二郎

討論者：西山 孝、中村 崇、浦辺 徹郎、柴山 敦、所 千晴

18:00 閉会

司会：安達 毅（日本学術会議連携会員、東京大学 生産技術研究所・環境安全研究センター 准教授）