

書名	今後の課題を抱える素材の代替技術に関する調査研究 －代替材料技術に関する調査専門部会報告書（Ⅲ）－				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会				
発行年月日	2011年3月	頁数	55頁	識別	22研究交流

[目次]

- I 序
- II はしがき
- III 代替材料技術に関する調査専門部会 委員名簿
- IV 平成22年度の活動概況
- V 目次
- VI 本論
 - 1. 緒言
 - 2. 世界経済と資源
世界経済と資源市場の動向
 - 3. 資源リサイクル・再資源化
 - 3-1. 非鉄製錬業における廃棄物処理と金属資源リサイクル
 - 3-2. 大平洋金属（株）
 - 3-3. 東京鉄鋼（株）八戸工場
 - 4. 資源制約下とグローバル展開の中での新しい材料戦略
 - 4-1. 資源制約を打ち破る、内需-外需-海外のバランスのとれた事業展開における代替材料戦略
 - 4-2. 材料分野における産業界戦略と人材育成
- VII 提言

[概要]

レアメタルなど重要資源の価格高騰や産地偏在による入手難が懸念される中で、これらの代替素材、より優れた素材の探求、実用化が進められている。これら素材の代替技術に関し現状を調査（例えばステンレス、特殊鋼、工具、溶接材等とレアメタル代替技術など）し、ニーズに沿った研究の推進と新素材、代替素材の早期実用化を図ること目的に「代替材料技術に関する調査専門部会」（部会長・長井 寿独立行政法人物質・材料研究機構ナノ材料科学環境拠点マネージャー）を設置し、調査を実施した。調査に当たっては、以下の点に主眼を置いた。

- (1) 資源『枯渇性』は自然条件よりはむしろ需要に左右されるので、資源需要を左右する、資源探索・採掘・精錬技術開発、およびリサイクルを含む再資源化技術開発などの現状と問題点の把握
- (2) 偏在性の高い資源の本格的な代替材料技術開発の現状と問題点の把握
- (3) 少数資本による寡占性に対応する技術開発戦略の可能性の検討

初年度（20年度）から2か年で、まず著名な分野専門家から、レアメタルに関する資源、精錬、素材技術の現状と将来性に関する概論的な理解を得て、調査研究俯瞰マップを作成し、それに基づき具体的な調査研修を進めた。

今年度（22年度）は、専門部会の成果を『提言』としてまとめることを目指した活動を進めた。

<調査期間中の検討課題マップ>

代替材料専門部会調査研究俯瞰マップ

-エンジニアリングマテリアル確保戦略を考えるために-



【1】今後の日本の製造業における社会変化と問題意識（緒言から）

21世紀を通じて製造業にどのような社会変化が日本で起こるかという問題意識について、バックデータに基づき以下に纏めた。

- 1) 製造業の企業活動は、海外生産のあるなしにかかわらずグローバルな影響を敏感に受ける。現状では、国内生産比率が平均で8割、海外生産比率が平均で2割、海外が今後比率的には伸びる。国内生産の内、輸出>輸入となっている。内需の拡大が見込めない状況ではこの構成比は、海外依存を高める方向に推移すると見て置いた方が良い。
- 2) ベースメタル、レアメタル、レアアース如何にかかわらずほとんどが資源メジャー戦略、資源国戦略等により、寡占化が際立っており、日本製造業の今後の大きな危惧要因となっている。資源獲得の多様性を根本から追究する必要性に迫られている。
- 3) 製造業の国際競争力の源泉は、素材とものづくり技術にあると言って過言でなく、この分野の技術は世界的に見て高いし、素材生産量から見て大きなシェアを占めているが、特に後継人材育成の面から、将来が危惧されている。強い素材分野は、ベースメタル、レアメタル、レアアース全域に亘っているが、これらを総合的に利用する機械工業会から見ると総合力を十分に活かせるネットワーク形成という意味では不十分さを感じる。
- 4) 素材先進国として、国内ストック量も大きい。都市鉱山といわれる鉱脈が形成されつつあるのは間違いない。しかし、これを有効活用するためには、再資源化技術と社会システム、ユーザーによる再利用促進システム等の開発が期待されている。この課題は、内需の新たな源泉、新しい国際競争力としても最近関心が高まっている。
- 5) 内需、外需、海外生産のそれぞれにバランスの取れた代替材料技術戦略を提案する。そこでは、ベースメタル、レアメタル、レアアースを総合的に、基礎から応用まで研究開発するオールジャパンのプラットフォームを構築することが鍵になる。

【2】非鉄製錬業における廃棄物処理と金属資源リサイクル

今後、国内の産業を維持して空洞化を防ぐためには、電子・電気機器に必要な不可欠なベースメタルやその他の有価金属を国内で製錬して供給する必要がある。

非鉄製錬業（銅、鉛、亜鉛）では廃電子・電気機器などのリサイクル原料が重要な位置を占めるに至っており、国内で非鉄製錬業を活発な状態に維持していくためには図2に示すように、銅、鉛、亜鉛の各ベースメタル製錬がそれぞれ、原料や中間生成物のやり取りなど有機的にリンクして操業続けていく必要がある。

銅、鉛、亜鉛製錬の各製錬所間で中間生成物をやり取りすることにより効率的な有価金属の回収がなされる。しかし、一社で銅、鉛、亜鉛製錬の各プロセスを維持することが難しくなっており、国内での非鉄製錬システムの再構成を模索する必要がある。

銅、鉛、亜鉛製錬所は少なくとも国内に一所づつは必要であり、また、各製錬所から排出される中間生成物から有価金属を回収する製錬所を国内に一つは必要である（図1参照）。各ベースメタル製錬所と中間生成物処理の製錬所のリンクが経済的に成り立つようなシステムの構築が必要と考えられる。

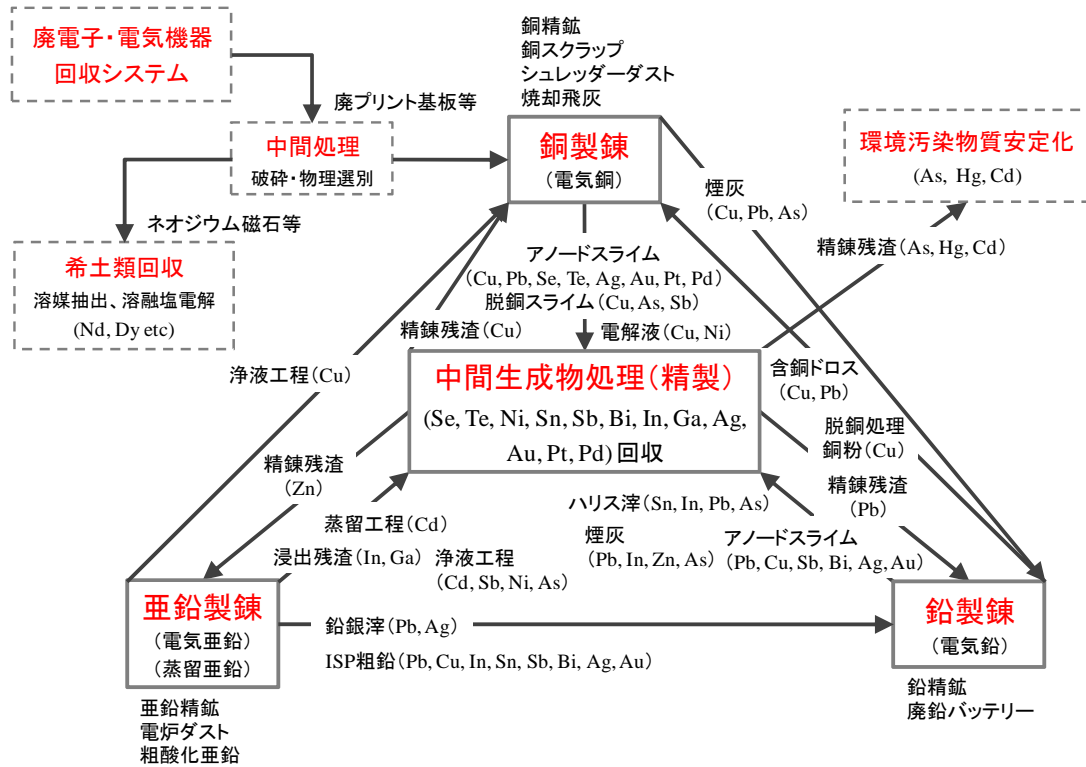


図1 各製錬所間ならびに中間生成物処理施設のリンクによる有価金属の回収例

【3】資源制約を打ち破る、内需-外需-海外のバランスのとれた事業展開における代替材料戦略

資源制約の問題は、2008年にピークであった資源価格の乱高下や、中国によるレアメタルの輸出量制限などによって、現実的に近い将来の重大問題として認識されてきている。一方で、各社の海外売上比率が近年著しく大きくなってきており、海外生産比率も増加傾向にある。グローバル化の中で内需-外需-海外のバランスのとれた事業展開が必要となってきた。

1) 資源制約への対応策

資源制約の問題とは、需要に対する供給のひっ迫により、価格が上昇し、当該資源がコストに見合って使えなくなることを意味している。これに対する方策には、大別して需要側と供給側の2つの方策が考えられる。需要側の方策には、元素代替技術による需要の回避、少量の使用量で同程度の機能を発現する脱物質化、長寿命化による新規需要量の削減などがある。一方、供給側の方策には、鉱床の採掘権の確保などによる資源確保、リサイクル原料の使用量を増やすことなどがある(図2参照)。

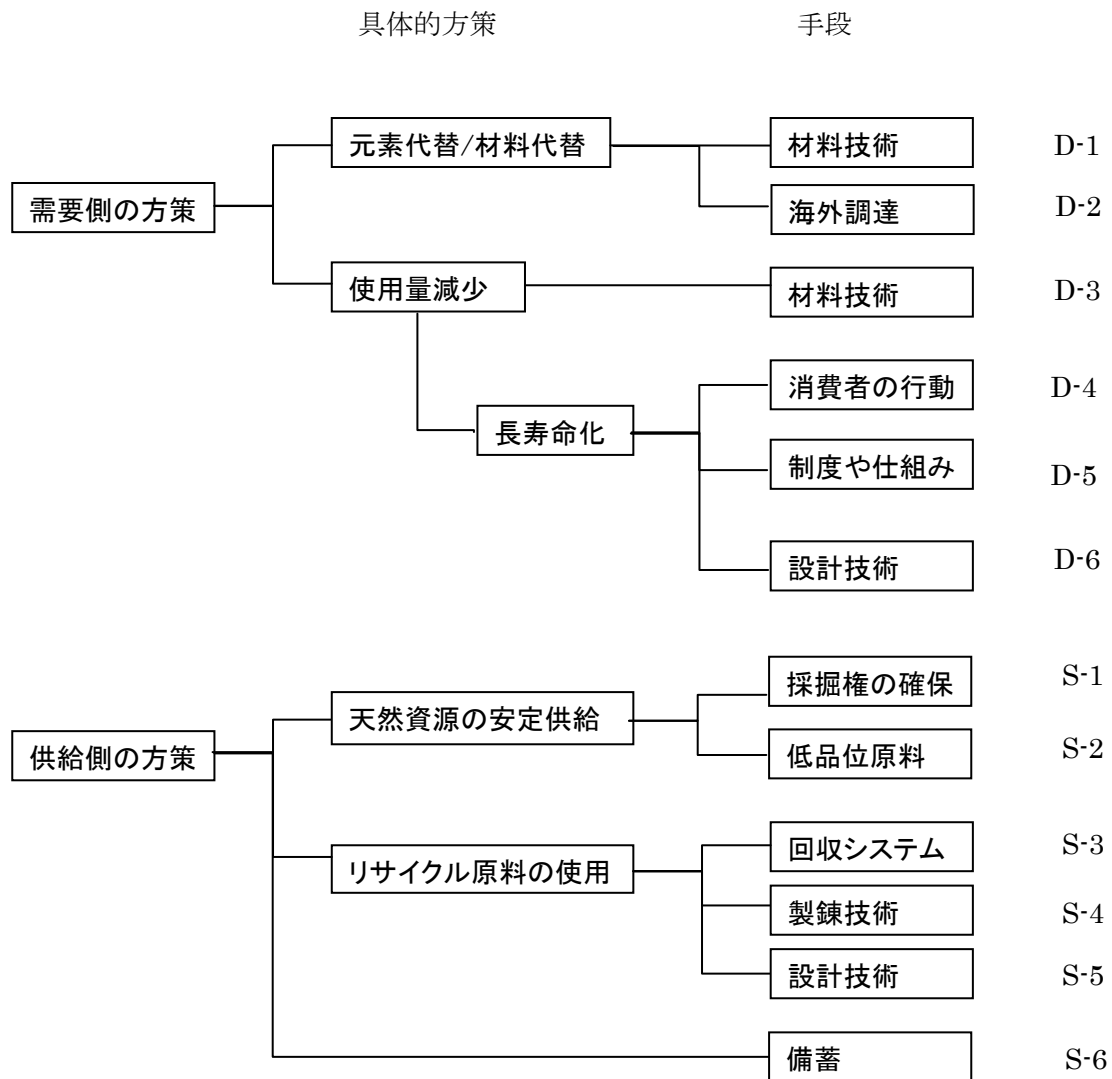


図2 資源問題に対する方策の概要

本専門部会の委員の意見を手段別に分類し、大きく4つの論点を抽出した。

- ①製品設計と密に連携した材料技術開発が望まれる。
- ②資源獲得の多様性を根本から追求する必要性に迫られているのに対して、政府の役割が大きい。
- ③新たな原料へ対応するための製錬技術の開発など、研究開発ならびに人材戦略に乏しい。
- ④リサイクルを促進するための技術やシステムを整備する必要がある。

2) 内需－外需－海外のバランス

製造業の企業活動は、さらに海外依存を高める方向に推移すると見込まれる。内需の拡大が見込めない状況で、更新が必要なインフラなどで実情に合わせたスペック変更や延命処置(更生・補修)など、インフラの更新に対する哲学の変更が必要である。外需に対しては需

要のある地での現地生産が必要となることから、日本に残して置いて輸出するモノならびに関連技術と、海外に移転してしまうモノならびに関連技術とに戦略的に区分する必要がある。さらにリサイクル拠点の形成あるいはリサイクルメジャーの育成は、内需の新たな源泉、新しい国際競争力としても最近関心が高まっている。特に有害物質の安全な処理も含めたリサイクル拠点の形成が、新たな内需として成り立つのではないか。

【4】材料分野における産業界戦略と人材育成

1) 産業界戦略について

材料分野における産業界戦略のうち、鉄鋼材料を中心として原料・資源確保、リサイクル、成長戦略の観点で述べる。

①原料確保戦略

鉄鉱石そのものの資源制約は少ないと考えられるが、添加元素等の他種金属の資源供給に不安定性がある。添加元素はバージン原料の確保が必要となり、山権益の確保など、山元からの対策が重要となる。鉄鉱石と原料炭供給に関しては資源メジャーに完全に抑えられていることから、国内鉄鋼業向けに資源一括供給会社を鉄鋼業の共同出資で設立し、資源メジャーと交渉する手段も考えられる。

②リサイクル戦略

鉄鋼生産においては、スクラップも極めて重要な資源である。日本のスクラップは隣国中国に大量に輸出されているのが現状であり、日本の電気炉メーカーはスクラップの安定入手に奔走している。スクラップ資源の一括管理と大きな交渉力保持が必要である。

鉄鋼に限らず国内資源を活用するためには国内のリサイクルシステム・リサイクルプロセスが必要であり、金属元素資源・無機物資源・有機物資源・エネルギー資源のそれぞれについて検討しなければならない。特に生産量の少ない一部の非鉄金属元素資源の場合はマテリアルリースのシステム構築による材料の拡散防止と有効回収、リサイクルの推進も有効手段であると思われる。

天然資源の遍在性は本質的に改善不可能であるため、リサイクルで賄う、低品位鉱石の活用、遍在資源を使わない、などの戦略を大局的に構築する必要である。

③資源戦略

日本の資源戦略として、リサイクル戦略に加えて資源外交による原料確保が挙げられる。資源外交を進めるためには交渉担当として政府トップクラスの人材が日本の産業界の現状を正しく理解している必要がある。そのために直近としては資源・エネルギー情勢に詳しい理系人材の活用が必須である。

④日本の成長戦略

今後の日本の成長戦略を検討するにあたっては、材料分野のエンジニア・研究者の議論だけでは前に進まないと思われる。材料の観点では需要家と供給者、さらに根本的には製造業・サービス業・公的機関・研究機関を含む日本全体での問題点の発掘、現状の共通認識、問題解決へのロードマップ制定が必要であろう。

2) 人材育成について

工学系分野における人材育成の現状の問題点として以下が挙げられる。

- ・優れた素養を持つ人材の確保
- ・工学を極める喜び
- ・工学系人材の社会での活用

これらの問題点を克服するために、資源・材料分野では以下の観点からの教育が必要である。

・リベラルアーツ・教養教育制度の復活：総合的知識として地政学や国際社会の枠組み等を理解する必要がある、一方で世界におけるエネルギー・資源の需給関係についても当然ながら理解する必要がある。大学一般教養課程での専門に囚われない幅広い教育が必要である。

・専門家育成：上記一般教養課程教育を経たうえで、専門的知識として地政学・世界経済等（現状の区分けで言えば「文系」知識）、またはエネルギー・素材受給に関連する学問等（同「理系」知識）を持つ専門家育成が必要であり、大学専門課程教育がその役割を担う。

上記カリキュラムを組み立てて教育できる人材が急激に少なくなりつつある。このような状況の克服には企業や業界の支援による寄付講座の設置や大学への講師の派遣などが挙げられる。寄付講座設置の場合、業界団体や学術団体を經由して寄付講座を設置することにより、金銭面の問題を克服し、さらに公平性を担保することが可能であろう。

また、設置された寄付講座をベースとして社会人教育カリキュラムを開設し、社会人教育の一手段としてその社会人コースに業界各社から有望な若手を派遣することで、社会人の再教育やステップアップを目指し、さらに社内教育を担うことのできる人材を育成することも可能である。

【5】提言

調査研究のまとめとして、以下の重要点、補足事項を加えて提言として纏めた。

1) 「代替材料技術」を広く概念定義

この専門部会での検討で到達したひとつの重要な結論は、一言で「代替材料技術」と言っても奥は深く、ゆりかごから墓場までの総合的な視点がない限り、難局を切り開くことはできない、逆に言えば、そこに将来の展望が見えるということである。

そこで、代替材料技術を広く概念定義し、その構成要素を以下のようにすることを提案している。

①新鉱脈の開拓

外交、通商などと一体となった、迅速な調達源の複数化。

②低品位鉱石対応技術

より長期的課題として、他国が手を出せない原料を利用する技術開発。

③リサイクル対応技術

中長期的な課題として、「自給自足」度を向上する技術開発。

④新素材開発

狭義の「代替材料技術」。ありふれたもしくは安価な元素で機能代替。

⑤海外調達

複数調達のより現実的対応。安価な海外素材を使いこむ。

以上の定義に基づき、総合的な提言を行う。

2) 海外調達について

海外調達は、優れた素材を海外で調達するというよりは、最高品質ではなくても安心して使いこめる安価な素材を海外で調達する、もしくは海外から調達することを言う。それをどう見極めるか、見極めることができるかが議論の中心となる。

その準備として、世界最高性能を素材を対象にした『プレミア規格』を設定するという考え方もあるが、一般には賛同が少ない。これは競争マージンを十分に確保しておくという戦略性を背景に持っている。近年、中国産品も国際規格を数値的には満たすが、実際の質にはバラつきがあり、同じ規格合格素材であっても最終製品の性能、信頼性が違ってくるといふ難しい問題が生じている。

本専門部会では十分に検討する余裕はなかったが、H8年から数年間、日本機械工業連合会による「機械工業振興のための広報活動等補助事業」の一環として日本産業機械工業会が受託した「材料等海外調達促進を図るための各国規格格差克服に関する調査研究委員会」が、主に圧力容器材料を対象にした、調査を行っている。ここではその提言等から本調査に関係が深いと思われる以下の事項を紹介し、補足とした。

- 産業界主導の規格委員会の設置
- 規格技術者の育成
- アジアへの日本の指導性

提言

資源制約を打ち破るためには、内需—外需—海外のバランスのとれた産業展開が不可欠である。また、グローバルな視点で勇躍する人材の育成が急務である。

I 有価金属の総合的回収のための新産業技術開発の提案

新しい技術発展のきっかけは、金属元素間と言うに及ばず、有機物を構成する非金属元素を含む、複数の元素の合理的な組み合わせ全体のライフサイクルを総合的に分析し、制御することから生まれる可能性が高い。

その際のキーワードは、

- ① 複数の元素間の相関を俯瞰的に把握、
- ② 金属と化学の学術融合となる。

その最も代表的なアイデアは、

銅—鉛—亜鉛製錬の産業リンク構築

である。

三ベースメタル元素製錬を効率的にリンクさせる中で、各種のレアメタルやレアアースの有価金属を廃棄製品から有効に効率的回収する中間生成物処理を組み込む。

同様のリンクシステムを拠点として、国内に適当数を配置していく。その際には、有害物質の安全処理技術も適切に組み込むことが求められる。

これは新しい産業技術として、国内で確立できるポテンシャルが十分にあり、将来的には海外にも輸出できるシステムと期待できる。

II グローバルに勇躍する工学系人材の育成

上記の産業リンクを支える広範な工学系人材の育成はもちろん必要だが、最も根本的には狭義の専門家だけでなく、日本社会に責任を持ち、かつグローバルに指導的な活躍ができる工学系人材が必要である。そのような人材は、外交・通商分野に通暁し、広範な国民に新しい産業技術の有用性、必要性についての理解を広めることができる力量と熱意を持ち、企業や国政のリーダーに就ける能力が求められる。

社会に責任と影響力を持つ高度工学系人材こそが、上記の新産業技術を日本の国際的な新しい力に主導的に高めていくと期待できる。

その際のキーワードは、

- ① グローバルなリベラルアーツの修得、
- ② 文理の学術融合となる。

その最も代表的なアイデアは、

政経・外交に通じた資源・材料専門家育成

である。

利害関係をともしする産業界が共同出資して、大学院生を対象とした成長戦略講座を設け、そこで、産学が一体となって、実習的なP D C Aサイクルでの分科会活動の中で、比較的短期間に、対象事業の成長戦略を練り上げるような育成事業を提案する。

より本質的には、主要な大学に、以下のような総合コースを設計していくことが期待される。

1) 大学前期における新しいリベラルアーツ課程

ー工学系学生を対象に、高校普通科の理科講義と工学とのギャップを埋める工学基礎教育と地政学、世界経済、国際関係など含む、総合的なリベラルアーツ

2) 大学後期における実学を座学とバランスよく経験させ修得させる専門教育課程
—日本の優秀な大学生の優秀な素質がエンジニアリングから意識面で離れていくのではなく、のめり込んでいくように誘導するために、海外鉱山見学、工場実習などを組み込んだ実学教育を強化する。

3) 成長戦略大学院講座

社会人も再挑戦できる大学院講座を作る。ここでは、新しい戦略構築を修士論文や博士論文のテーマとする。資源・材料専門知識の高度化を土台にした、実践的な技術事業戦略を学び、試行し、提案するコースを設置する。産業界の関与を明確することが大事で、資金的な援助も行う。

III まとめ

Made in Japanから訣別し、**Made by Japanese**への日本ブランドイメージの転換が必要である。

日本機械工業のグローバルな新しい力が、

『素材における金属・化学融合と

素材人材における文理学術融合を達成し、

日本が中核となる国際ネットワーク構築する』

ことから導くことができる、というのが結論である。

大震災からの復興に目を移す時に、震動への日本技術の強さはある程度実証したが、津波への脆弱さが「想定外」として現れ、その結果、技術思想の根元を問い直されている。技術思想が抜本的見直され新しい基盤に関する国民的合意がどのようなものになっても、本専門部会で指摘した境界条件の変化はなく、むしろ激化すると予想される。また、基本的には戦後構築した社会インフラは老朽化しており更新が必要である。長寿命化、メンテナンス低減、リサイクル材の有効利用なども「代替材料技術」の枠内で取り

組まれるべきである。

最後に、今後の前向きな検討が冷静にしかも活発に進められ、やはり海外からの期待の声に応え、新しい日本の力を具現化できる時を早期に迎えるように努力することを誓い、未曾有の犠牲者の無念さや被災された方々の悔しさ、苦しさに報いたい。