

展望

21世紀の日本鉄鋼業

第5回 鉄鋼技術政策の現状と展望

林 明夫
Akio Hayashi

通商産業省 環境立地局 環境指導課長

Japanese Iron and Steel Industry in the 21st Century (5)

1 はじめに

前回の「日本鉄鋼業の将来展望」では、日本鉄鋼が現在取り組んでいる課題として、①ユーザーニーズを先取りした新規需要の創設・開拓、②グローバル化に対応したコスト削減とアジア鉄鋼業との連携強化、③地球環境問題に対応した省エネルギー製造プロセスや環境調和型鋼材の開発、④独創的、効率的な多角技術開発を目指した産学官の連携強化を挙げ、日本鉄鋼業の今後の方向として、次の3点を挙げた。

- ①グローバル時代の「競争」と「協力」の戦略的展開
- ②国際競争力を維持・強化していくための「人材及び企業内システムの高度化と技術開発力の強化」
- ③素材のライフサイクルを通じた「トータル・コストミニマム」と「トータル・環境負荷ミニマム」を目指した「統合素材産業」としての発展

本シリーズの最終回である今回は、21世紀の日本鉄鋼業の新しい発展に向けて、どのような技術関連施策が実施され、どのように産業社会基盤が整備されようとしているか述べることにしたい。

2 「新規産業の創出」と 「魅力ある事業環境の創出」

：経済構造の変革と創造のための行動計画の策定

グローバル化が進展する中で、日本鉄鋼業は厳しい国際競争に直面することとなったが、「企業が国を選ぶ時代」といわれる中で、日本自身も産業立地を巡る厳しい国家・地域間競争に曝されている。産業の空洞化を防止し、将来の発展を確かなものとしていくため、日本の経済社会基盤を諸外国に較べ魅力的なものとしていくことが日本政府に求められている。

その方策として、「経済構造の変革と創造のためのプログラム」が昨年12月に決定され、本プログラムを具現化する

ための「行動計画」が本年5月に決定された。本行動計画の目標の第一は「新規産業の創出」であり、第二は、「魅力ある事業環境の創出」である。

第一の「新規産業創出」は、①規制緩和によるオープンで魅力的な市場のもとでの「競争」の推進、②産学官連携、知的基盤の整備による人材育成・技術開発の推進、③商取引、物流等を効率化するための情報通信の高度化によって、その実現を図ろうとしている。「新規産業創出」分野として、住宅関連、都市環境、海洋開発、新製造技術等の15分野が挙げられているが、その中で日本鉄鋼業が新規需要開拓を進めているスチールハウス、長期耐用型集合住宅、メガフロートや革新的鉄鋼材料の開発を目指したスーパーメタル等が位置付けられ、その実現に向けて総合的計画がつくられている。(参考資料1参照)

行動計画の第二の目標である「国際的に魅力のある事業環境の創出」は、日本に立地する産業がグローバルな競争に対応できるよう、物流、エネルギー、金融等の分野の高コスト構造の是正、企業税制等企業関連制度の改革によって、その実現を図ろうとしている。高コスト構造の是正を目指す規制緩和の中で、鉄鋼メーカーは、独立電気事業者として発電事業への参入が可能となり、広大な原料ヤード、岸壁、敷地を活かしたエネルギー産業への展開が可能になりつつある。

このように経済構造改革プログラムは、限られた領域の中で経済的安定と社会的秩序の維持を図るシステムから、オープンな市場における「競争」、「連携協力」、「マーケットメカニズム」によって、広い領域の効率化と発展を図っていくシステムへの方向転換を目指しているといえる。これは「極所最適化」から「社会全体としての最適化」への移行を目指した、経済社会制度の枠組みの変革であると考えられる。

3 「開かれた研究環境の構築」と「産学官の連携強化」

3.1 科学技術基本計画の策定

グローバル化が進む中での新規需要創出や産業立地環境の整備に関するマクロ政策の方向は上述のとおりであるが、日本鉄鋼業が目指している独創的、効率的技術開発の分野についても、マクロ政策を方向付ける「科学技術基本計画」が昨年策定されている。

本基本計画は、地球環境問題等内外の諸課題の解決に向けて、科学技術が果たすべき役割が益々重要になる中で、①科学技術を巡る環境を柔軟かつ競争的で開かれたものに改善し、②産学官全体の研究開発能力の引き上げと最大限の発揮を目指し、③研究成果を円滑に国民や社会、経済に還元することを目標に、平成8年度から12年度までの科学技術政策を策定したものである。

科学技術基本計画の概要は、参考資料2のとおりであるが、我が国の有する技術開発ポテンシャルを100%発揮させるため、①産学官の連携強化、②技術開発基盤の整備、③開発成果の普及と利用、④技術開発成果に対する評価の徹底に重点が置かれている。

第一の産官学連携の強化については、①従前の国立大学構内に限定されていた国立大学と企業の共同研究を、企業内においても可能とし、企業の有する大型の試験設備、研究施設がより有効に活用しやすくするとともに、②週当たり兼業時間制限をなくすことにより、国立大学、国立研究所の研究者が研究・指導等のための時間外兼業を行いやすくした。

第二の技術開発基盤の整備については、任期付き任用制度の導入による研究者の流動化を図るとともに、計量標準・試験評価情報等の知的基盤を国が整備し、内外の研究者に提供することとしている。

第三の研究成果の移転による経済・社会への貢献については、研究者の特許出願のインセンティブを高め成果の普及を促進するため、特許等の知的財産権の一部を研究者個人に付与できるよう規定を整備することとしている。

第四の研究に対する厳正な評価の実施と競争原理の導入については、国立研究所、国家プロジェクトについて外部評価を導入するとともに、評価結果と研究費に反映させることとしている。

3.2 科学技術関連予算の概要

本計画が反映された平成9年度の科学技術関連予算の概要は参考資料3のとおりで、政府全体で3兆円を超え、厳しい財政状況にも拘わらず前年比6.8%の高い伸びとなっ

ている。主な予算をみると、競争的資金の拡充として、文部省の科学研究費補助金（1,100億円）、科学技術庁の科学技術振興調整費（250億円）、特殊法人への出資金を活用した基礎研究（570億円）を合わせて1,900億円近い予算が充当されている。また、産学からの幅広い研究開発テーマの提案に応えるため、「提案公募型研究開発」として、新規産業創造技術開発支援制度（43億円）の拡充、地域コンソーシアム研究開発（20億円）の新設が図られている。フェローシップの大幅拡充、いわゆるポストドクター等への支援については、平成9年度で350億円、7,800人分の予算が手当され、目標の平成12年度を待たずに1万人支援計画が達成できる見通しとなっている。

4 鉄鋼業に係る技術関連施策

我が国の経済構造改革と科学技術政策の基本的方向は上述のとおりであるが、このようなマクロ政策の下で21世紀における日本鉄鋼業の発展に係る①新規需要の創出、開拓支援、②発展のための産業基盤の整備、③アジア鉄鋼業に対する技術協力の推進、④地球温暖化に対応した省エネルギー型製鉄プロセスの開発、⑤強靱でリサイクル性に優れた鋼材の開発といった分野で、どのような具体的施策が進められているか述べることにしたい。（参考資料4参照）

4.1 「新規需要創出」の支援：ユーザ官庁との連携強化

新規需要の創出に関しては、建設省、鉄鋼メーカーが参加している通商産業省主催のアーバンスティール研究会でスティールハウスの普及についての意見交換が行われており、メガフロートの利用については、メガフロート技術研究組合による実証試験に加え、海上飛行場や発電プラントを搭載した防災基地としての利用等が検討されている。また、長期耐用型集合住宅については、防災性に優れ、環境に優しい21世紀の街づくりのための「次世代街区構想」が、鉄鋼メーカー、建設・住宅メーカー、建築設計事務所、住都公団、建設省、通産省の参加を得て、日本鉄鋼協会で検討されている。

これらの研究会に共通していることは、利用に関する安全基準や技術基準を所掌している建設省や運輸省が参加しており、ユーザーの視点に立った新規需要の創出や開拓が進められようとしている点である。このような省庁間の連携は、生活・社会ニーズに対応し、雇用を生み出す新規産業を創出していく上で極めて重要であり、「経済構造の変革と創造のための行動計画」でもこの点が強調されている。

4.2 グローバル化に対応したアジア鉄鋼業との連携支援

アジア鉄鋼業との連携強化については、環境、省エネルギー、標準化、メンテナンス技術を中心とした技術協力・交流のあり方についての検討が通商産業省の協力のもと日本鉄鋼連盟で行われた。

本研究会では、アジア鉄鋼業がかかえる問題として、公害防止・省エネルギー対策の遅れ、メンテナンス・築炉等の基盤技術分野の人材不足が挙げられるとともに、アジア鉄鋼業の発展と国際マーケットへの参入を容易にする国際品質管理規格 ISO9000や国際環境規格14000シリーズの普及をはじめとする国際的標準化推進の必要性が指摘されている。これらの課題の解決のためには、アジア鉄鋼業のニーズに応えた技術協力・交流が不可欠であるとの認識に立ち、①新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の実施しているグリーンエイドプランを活用した環境保全技術や省エネルギー技術のアジア諸国への移転促進、②アジア鉄鋼協会と連携した標準化の推進、③安全対策やメンテナンス技術を効率的に多くのワーカーに研修・訓練させるための設備運転シュミレーターの開発等が提言されている。通産省としては、これら提言を踏まえつつ、環境問題を中心に途上国への協力に関する施策の拡充を検討しているところである。

4.3 産業発展に必要な基盤の整備

：情報システム、知的基盤、産学官の連携強化

産業の発展に必要な基盤の整備については、CALS、EC等、情報化の推進、標準化を含む知的基盤の整備、産学官の連携強化等が挙げられるが、鉄鋼業に関連するプロジェクトは次のようなものがある。

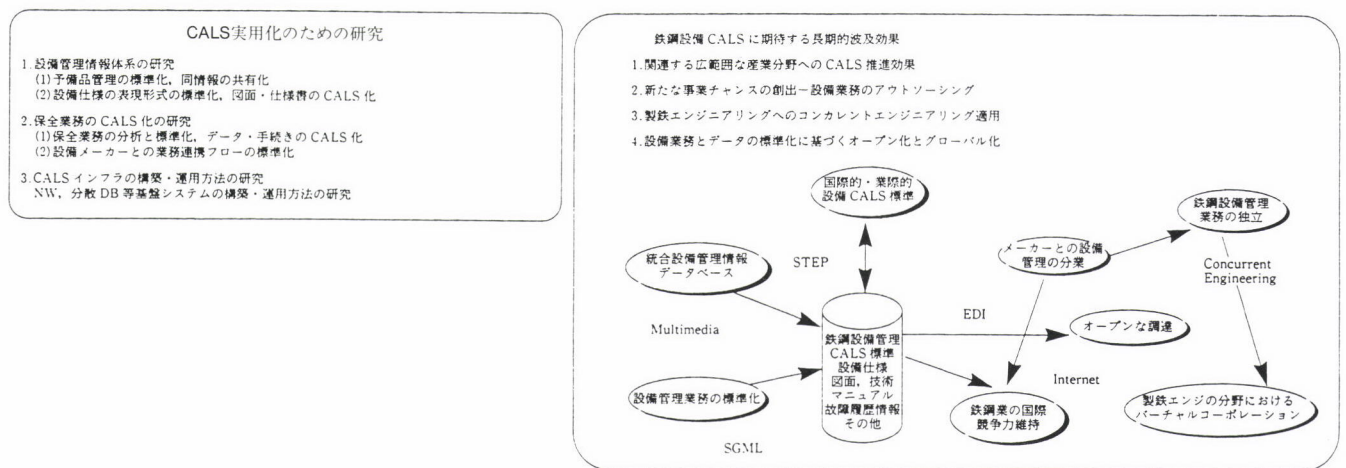
4.3.1 情報化と知的基盤の整備

(1)情報化の分野では、製鉄所の設備管理・保全をコンピュータによって効率的に行うための図61に示す鉄鋼設備 CALS（Computer-aided Acquisition and Logistics Support）や企業間取引の電子化を進めるための鉄鋼 EC（Electric Commerce）の実用化研究が情報処理振興協会からの委託によって実施されている。

(2)標準化の分野では、世界共通の公共財ともいえる国際規格原案作りを目指し、亜鉛メッキのメッキ量の定量分析に関する試験方法に関する調査研究が日本鉄鋼連盟標準化センターに委託されている。新しい発見・発明や利用・普及の基礎となる知的基盤の整備については、科学技術振興調整費を活用して、標準物質や試験・検査データの整備が進められようとしている。

4.3.2 産学官の連携強化と共通基盤技術開発の推進

産学官の連携強化については、「産学官金属材料フォーラム」が本年4月に編成されている。本フォーラムは、鉄鋼業界、アルミ業界、大学、科学技術庁、通産省、建設省、運輸省、金属材料研究所、融合技術研究所等の国立試験所が参加し、関係者が進めている金属関係技術開発プロジェクトや試験・評価研究に関する意見、情報交換を行うことを目的としたものである。新鉄鋼材料の開発については、鉄鋼材料の使用に係る安全基準や技術基準を所掌している建設省、運輸省との連携が深まり、新しい鉄鋼材料の開発から実用化、規格化、普及までのリードタイムが短縮されることが期待されている。公共事業の実施官庁である建設省、運輸省も、品質性能に優れ、事業費の削減にも資する可能性のある鉄鋼材料の開発プロジェクトに当初から参画



出所：(社)日本鉄鋼協会調査検討部会

「大競争時代に向けた鉄鋼業の新たな挑戦」1996年8月（p.166）

図61 鉄鋼設備CALSの概念図

し、ユーザとしての意見を反映できる機会が広がっていくと考えられる。新しい鉄鋼材料が経済社会に役立つためには、社会ニーズに応える鋼材の開発は不可欠であるが、それと同様、又はそれ以上に実用化され普及することが重要である。その意味でユーザ官庁との連携は益々重要になっているといえる。

日本のシステムは、従前からの縦の繋がりが重視され、ユーザ業界との関係も個々の企業間では緊密な関係があっても、学界間、産業界間といった開かれた場では組織的な連携が必ずしも充分でない面が見られる。グローバル化、ネットワーク化、アウトソーシング化が世界的に進行し、よりオープンな対応がビジネスチャンスを生み、チャンスが多い場所に企業や産業の集積が進むという傾向が、米国のシリコンバレー等に生まれている。日本には、優秀な人材に加え、大学、国立研究所の有する高い学問的知見、産業界の有する高度な技術・製造能力、商品に対し厳正な評価眼を持つ消費者が存在しており、産業界、学界間、省庁間の連携及びそれぞれの内部での連携が進めば、21世紀の発展につながる有効な場を形成すると考えられる。具体的には、大学や国立研究所の研究者が、企業内の設備や施設を使って企業共同研究を行うことが可能になっており、その研究のための費用もNEDOの提案公募型委託費、地域コンソーシアム研究開発事業等によって、手当できる仕組みが実現されている。このような制度が適切に活用されていけば、全国に広がる製鉄所、工場と地元の大学、国公立試験所等の密接な連携が生まれることが期待される。また、これらの活動の中で生まれたアイデアや制度上の改革案が、新たな施策に反映されていくと考えられる。国の技術開発施策も個別分野の研究開発から、業際・学際的、または共通基盤的技術開発にその重点が移されていくと考えられる。

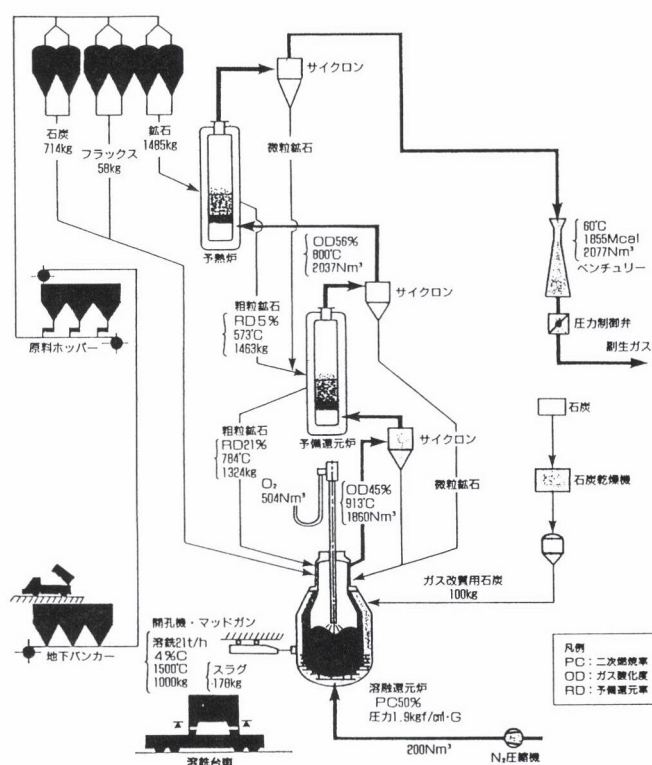
4.4 地球温暖化に対応した新技術開発の支援

地球環境問題は、21世紀において解決を迫られている最大の課題の一つであるが、そのためには我々の生活に不可欠な素材を如何に環境負荷を少なく製造・使用・再生するかが重要な鍵となる。次世代の「環境調和型」鉄鋼業を担う技術を目指して、各企業、大学、研究所等で研究開発が進められているが、省エネルギー、環境保全の分野で、開発リスクが高い先導的テーマや素材に関する共通基盤的テーマについては、官民が共同または連携してプロジェクトを推進していくことが効率的であり成果も普及しやすい。

このような観点から、地球温暖化対策に資する鉄鋼分野の主な技術開発として、次のようなプロジェクトが、通産省の支援を得て開発が進められている。

4.4.1 溶融還元製鉄法（DIOS）の開発

鉄鋼の大量生産を支えてきた高炉は、コークス炉、焼結機といった設備によって、高炉操業に適した形に高品位の原料を処理することで成立っている。第2回で述べた溶融還元法は、一般炭、粉鉱石といった幅広い原料を予備処理なしに利用し、溶鉄を製造するコンパクトな新規鉄プロセスであり、炭酸ガスの全発生量も高炉に較べ数パーセント削減できると考えられている。本製鉄プロセスは、通産産業省の支援のもと昭和63年から平成7年までの8年間かけて日本鉄鋼連盟によって開発され、本年5月に耐火物の寿命を調査するための再実験が行われている。（図62参照）



出所：図61同（p.159）

図62 溶融還元製鉄法の設備基本構造

4.4.2 次世代コークス炉の開発

溶融還元法によればコークス炉は不要となるが、競争力のある既存の高炉設備を有効に活かしていくためには、コークスが不可欠である。21世紀初頭には、既存のコークス炉が老朽化する中で、コークス不足が発生すると予想され、環境調和型コークス製造プロセスが開発中である。本プロセスは石炭を急速加熱すると粘結性が増すという性質を利用したもので一般炭を50%程度配合することが可能となるとともに、20%以上の使用エネルギーの削減が期待されている。（図63参照）

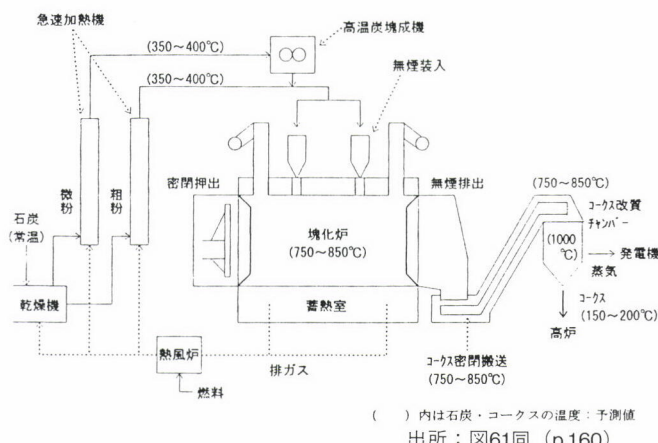
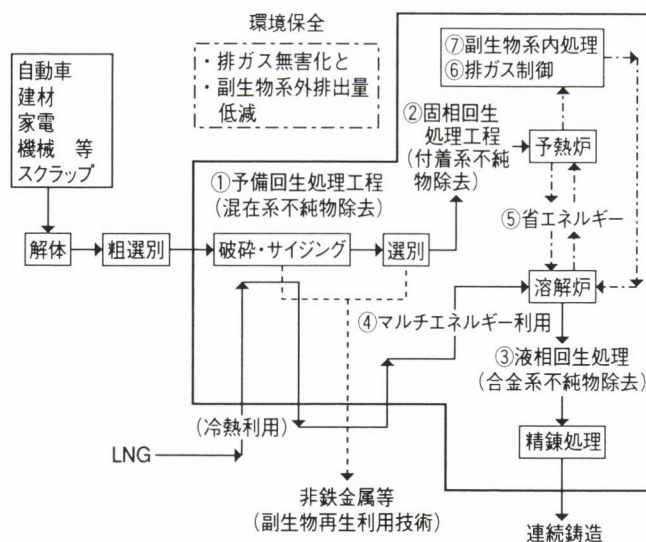


図63 石炭高度転換コークス製造プロセスの開発概念図

4.4.3 環境調和型金属素材再生利用基盤技術の開発 (新製鋼プロセス)

鉄鋼はリサイクル性の高い材料であり、自動車、建材、家電、機械等での使用の終わった鉄は解体、選別された後、再度溶解されて鉱石から鉄鋼を製造する3分の1のエネルギーで新しい鉄に再生される。しかしながら、鉄中に含まれ又は付着してくるCu、Zn、Sn等の不純物は、製鋼プロセスの精錬段階でも除去されず、スクラップの循環が繰り返されると濃化され、鋼材の品質が劣化することが懸念される。炭酸ガスを削減するため、今後さらに増大が予想される老廃スクラップの利用拡大とスクラップの再生に要するエネルギーの25%以上削減を目指して、新製鋼プロセスの研究が、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）と（財）金属系材料研究開発センターによって平成3年から9年計画で推進されている。（図64参照）



出所：図61同（p.161）

図64 新製鋼プロセス研究の全体スコープ

4.4.4 スーパーメタルの開発：エコマテリアルの追求

現在の鉄鋼材料の結晶粒径は、10~100umであるが、図65に示すように1um以下になれば、強度が著しく上昇することが、理論的に予想され、極細鉄線の開発等で実証されている。そこで、微細な結晶粒の構造（メゾスコピック組織）を制御する加工プロセスを開発することで、合金元素を多量に添加せずに、従来の鋼材を大幅に上回る強度（1000MP級）、靱性、耐食性を有する新しい材料が生まれる可能性がある。合金元素を多量に含まないことからリサイクルも容易になり、より環境に調和した鋼材の利用が可能になると期待されている。本研究は産業科学技術研究開発制度に基づき、本年度から5年間で研究開発を進める予定である。（図66参照）

4.4.5 リサイクル対応生産システム（インバース・マニファクチャリング）の確立

環境問題に対応して、設計段階から素材、製品のリサイクル性を考慮した生産システムを確立するため、部品・素材に関するリサイクル情報システムの構築、リサイクル関連技術開発に対する支援等の施策を推進することが「経済構造の変革と創造に関する行動計画」において定められている。

（財）製造科学技術センター内に設置された「インバース・マニファクチャリング・フォーラム」において機械製品、電気機器、素材産業等の企業、大学、国研等が連携し、リサイクル生産システムへの移行に向けた技術面、社会インフラの整備に関する具体的活動が開始されている。部品・素材の履歴、成分、分解手法等を提供するリサイクル情報システムのプロトタイプが構築が図られ、中長期的な推進策についての検討がなされる予定である。

5 「統合素材産業」へ向けて ：地球環境問題への対応

最後に、21世紀最大の課題の一つと考えられる地球環境問題への対応に係る今後の方向について、私見を述べることにしたい。

今世紀における世界経済の発展は、安価なエネルギーとオートメーションに支えられた大量生産、コスト引き下げ、大量消費がもたらした継続的拡大再生産の結果と考えられるが、戦後日本経済の高度経済成長も、この拡大と発展の流れの中で、個別産業、個別企業の努力が日本経済社会全体としての最適化につながることによって、達成されたと考えることができる。

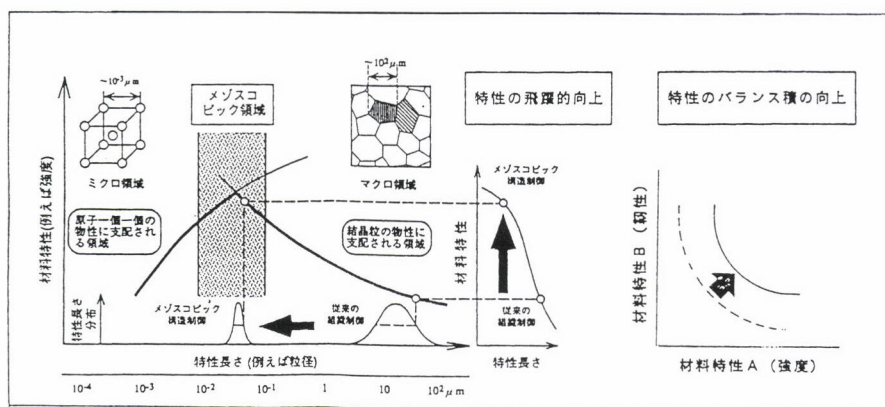
しかしながら、このマーケットメカニズムに委ねられた

開放系（オープンエンド）経済社会システムは、産業革命以降の大気中炭酸ガス濃度の上昇（250ppmから380ppm）に現れているような地球温暖化問題を惹起しつつあり、エネルギー多消費を前提とした大量生産、大量消費、大量廃棄システムが、21世紀に向けて変更を迫られている。

ところで、地球温暖化問題は、その主原因となる炭酸ガスの発生がエネルギー消費によることから、経済成長、エネルギー需給と密接な関連を有する問題であり、「環境」、「エネルギー」、「経済」のバランスを図りながら、「持続可能な発展」をどのように達成するかが重要な課題となる。そのためには、前回でも述べたように「作る、使う、再生する」という全体ライフサイクルを通じて、①トータル環境負荷ミニмум、②トータル・エネルギー消費ミニмум、③トータルライフ・コストミニмумを同時達成することが必要である。しかしながら、「作る」、「使う」、「再生する」

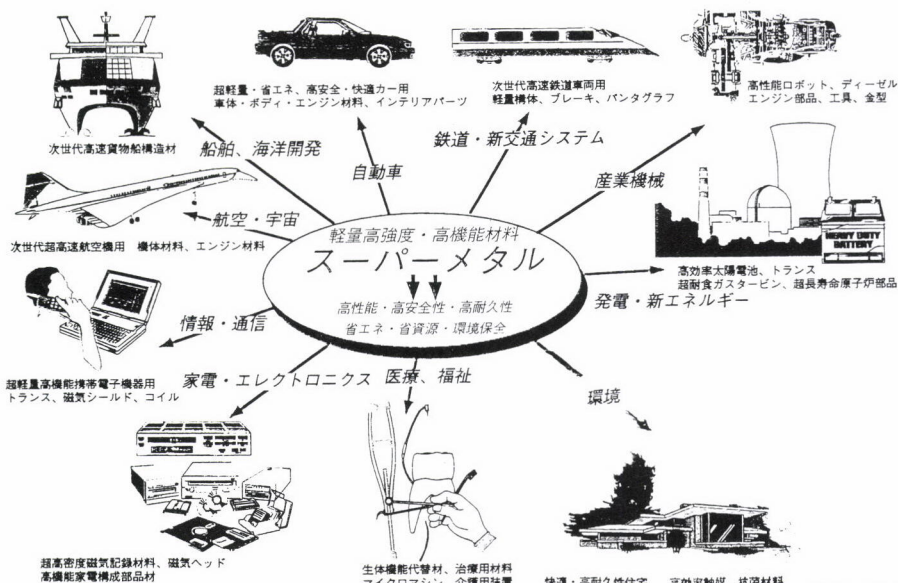
ことが、異なる主体によって営まれている時に、トータルな最適化を図ることは容易ではなく、更に、「環境負荷ミニмум」、「エネルギーミニмум」、「コストミニмум」を同時達成することは、一層困難である。例えば、製造時の省エネルギーやコスト引き下げが使用時の省エネルギーに優先される可能性があり、リサイクルしやすい製品より価格の安い製品が選択される可能性が高い。また、古紙をリサイクルする方がヴァージン紙を生産するより環境負荷が小さくなると言われている¹⁾が、再生紙のコストがヴァージン紙の生産コストを上回る時には、「環境ミニмум」が「コストミニмум」とはならなくなる。

「自然資源を有効な人工物に変換することによって豊かさを達成するという、あたかも自前と考えてきた命題は、多くの矛盾をはらむようになってきたと言わざるを得ない²⁾」という指摘に多くの人は賛同するであろう。また、



出所：通商産業省基礎産業局製鉄課
鉄鋼界 1996年12月(社)日本鉄鋼連盟 (p.21)

図65 メゾスコピック構造制御による金属の極限性能の発揮



出所：同65同 (p.20)

図66 スーパーメタルの利用が期待される分野

クローズド化という境界条件を設定することが、トータルな環境負荷やエネルギー消費を極小化させるための有効な手段になることから、「資源は存在するものではなく、循環するものであり、人間活動とその結果としての人工物は物質循環においてそれ自身で閉じなければならない」²⁾という考えに共感する人々も少なくないであろう。

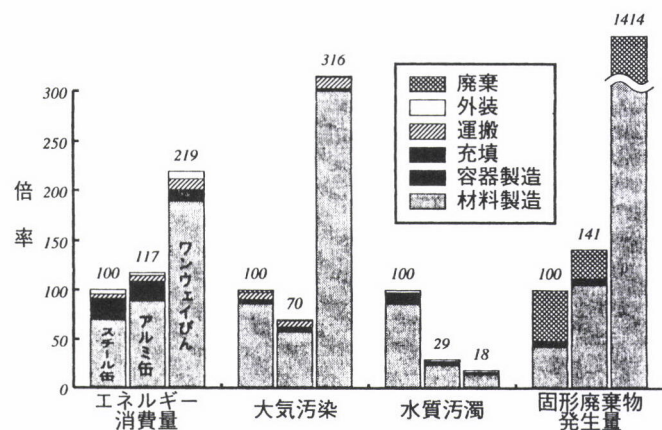
したがって、マーケットメカニズムの中でどのような仕組みを用意すれば、このような選択が経済性と国民の支持を得られるようになるかということが重要な問題となり、このための条件を産学官で検討していくことが求められているといえる。金属資源を例に考えると、第一に、鉱石から作られるバージンな素材とリサイクルによって得られる素材との最適な役割分担が達成されるための試験・評価データの整備・提供という課題があり、第二にリサイクルを効率的に進めるための回収等の社会システム機能をどのように向上させるかという制度的な課題があり、第三にリサイクル品の製造コスト引き下げ、品質向上をどのように実現していくかという技術的課題がある。これら3つの課題の達成が、少なくとも必要であると考えられる。そのためには、設計、材料選定、製造、回収・分別、リユース・リサイクル工程において、素材産業、製品製造業、ユーザ、国・自治体、リサイクル産業が有機的に連携することによって、環境負荷データの整備や効率的なリサイクルシステムの導入を促進し、品質向上のための技術開発を推進していくことが重要である。

このような連携が適切に機能すれば、鉄、アルミ、コンクリート、プラスチック、セラミックス等の各素材産業が、クローズド化という境界条件の中で、環境負荷が少なく、かつ、コスト競争力のある優れた品質・特性を有する材料の開発を目指して、努力していくことになろう。自動車、家電、事務機器に見られるように、環境負荷が少ないということが、消費財製造メーカーにとって大切なコンセプトになりつつあるが、このような対応やPRが、消費者の共感を得て、商品選択に重要な影響を与えるようになると、材料の環境負荷特性が材料選択における重要な要素となってくる。前述の知的基盤の整備が進み、図67に示すような各素材の製造・再生に係る原料・エネルギー消費、副生品の発生、汚染物質等の環境への放出に関するデータ（インベントリー）ベースが整備されれば、環境負荷の小さい製品製造への指針となり、環境負荷が、コスト競争力と並んで素材間、素材製造メーカー間の重要な競争因子となると考えられる。

この素材間競争が、ライフサイクル全体を通して環境負荷引き下げの大きな駆動力となり、同一素材産業内の技術情報のオープン化を促進することになると予想される。即

ち、代替材との競合が同一素材間の連携・協力を強め、いわゆるネットワーク効果や集積効果が生まれると考えられる。更に、シリコンバレーのようにオープン化が進むと産業立地点の魅力と競争力が増し、新しい技術・ノウハウを求めて世界の企業が集まり、その中で新しい発見や技術が生まれやすい環境が形成されていく可能性がある。このような産業環境の中で、「トータル環境負荷ミニмум」、「トータル・エネルギー消費ミニмум」、「トータルライフ・コストミニмум」を同時に達成できるシステムや技術の開発が進み、日本に立地している鉄鋼業等の素材産業が国際的リーダーシップをとりながら、競争力を強化していくことが期待される。このような方向に素材産業が発展していけば、この産業こそ、素材の生産から使用、再生産までをトータルに管理し、「経済」、「エネルギー」、「環境」のそれぞれの分野でバランスのとれた最適の産業活動を営む「統合素材産業（トータル・マテリアル・インダストリー）」となる可能性を有しているといえる。この「統合素材産業」は、前述の「経済構造の変革と創造のための行動計画」に定められた新規成長15分野の中の「新製造技術関連分野」、「環境関連分野」、「新エネルギー・省エネルギー関連分野」の3分野を「素材」というタームで「産業」に変換した「新規成長産業」の一つになると考えられる。

先に述べたように、安価で強靱なことから素材消費の40%を占める鉄鋼材料は、リサイクル性も高く、現状でもマーケットメカニズムのもとで、再生が行われている環境に調和した材料である。通産省としては、品質劣化を防ぎながら、再生に要するコストやエネルギー消費を引き下げることのできる「新製鋼システム」の開発支援や、合金元素を多量に添加することなく強度・靱性とリサイクル性を向上できるスーパーメタルの開発委託を行い、鉄鋼材料が更に「環境適応材料」として発展し、地球温暖化問題の解決に貢献できるよう施策を講じているところである。この



出所：山本良一編著：「エコマテリアルのすべて」
日本実業出版社 p.80

図67 炭酸飲料用容器の相互比較

ような技術開発とインヴァース・マニュファクチャリングに見られるリサイクルを念頭に置いた製品の設計・製造・回収システム構築により、素材の製造から使用、再生までの「トータル環境負荷ミニマム」、「トータル・エネルギー消費ミニマム」、「トータルライフコストミニマム」を達成できる新規成長産業としての「統合素材産業（トータル・マテリアル・インダストリー）」が生まれ、発展していくことが期待される。

6 おわりに

5回に亘った本シリーズを終るに当たり、「未来は鉄にあり」という北欧の製鉄メーカーの社是をもって、しめくくすることとしたい。

21世紀における日本鉄鋼業の一つの将来展望として、「統合素材産業」を掲げたが、果して循環型社会システムが構築され、このような産業へ日本鉄鋼業が発展するか否かは必ずしも明らかでない。

しかしながら、地球環境問題解決の鍵の一つは素材であり、「鋼材」を含め大量に使用されている伝統的素材が、「スーパースティール」や「スーパー素材」に進化し、利用されるか否かが地球環境問題解釈の重要な要素であることは、間違いのないであろう。その意味で素材の40%を占め、リサイクル率の高い鋼材の利用状況を考えると、「未来は鉄にあり」という言葉もあながち誇張表現でもないと考えら

れる。

「予言の自己実現」という考え方があるが、鉄鋼業に従事する者が悲観的将来を予測し、「予測が適中した」と言っても余り意味がない。

鉄鋼業を含め素材産業に従事する可能性のある学生、若手技術者・研究者の方々には、是非、社会ニーズに応え世界に貢献する日本鉄鋼業や素材産業の将来像を描き、その将来像を共有していただきたいと願っている。本拙文が、そのために何らかの参考になれば幸である。

引用及び参考文献

- 1) 山本良一編著：「エコマテリアルのすべて」日本実業出版社、p.100
- 2) Nipponn Steel Monthly、「循環パラダイムにおける製造業の姿—吉川弘之氏が提唱するインバース・マニュファクチャリング」、1997年5月、新日本製鉄㈱、p.1
- 3) 化学技術見本計画、1996年7月、閣議決定
- 4) 経済構造の変革と創造のための行動計画、1997年5月、閣議決定
- 5) 今後の物質・材料系科学技術の重点研究開発領域について、1996年4月、物質・材料系重点研究領域懇談会、（事務局：科学技術庁研究開発局）
- 6) エコマテリアル、(社)未踏科学技術協会、1991年3月
- 7) エコマテリアル(II)、(社)未踏科学技術協会、1992年3月
(1997年6月13日受付)

〔参考資料1〕「経済構造の変革と創造のための行動計画」の中の新製造技術関連分野における総合的な施策パッケージ（素材関係抜粋）

＜知的基盤の整備＞

新製造技術分野における技術開発を効率的に進めるための基盤として、幅広い技術情報を提供する科学技術関連オンラインデータベースの整備、技術開発と標準化形成を並行して推進していくための共通基盤（プラットフォーム）提供型技術開発制度の創設、計量標準の整備等の知的基盤整備を推進する。また、熟練技術者の技や知識をデータ化、機械化し、高度で効率的な製造システムの実現を図るとともに新製品の開発を活性化するための基盤を整備する。

○行動計画

- ・新素材・材料分野については、高真空、超高温、超精密など特殊条件の計測・評価技術の開発・標準化に向けた技術開発を推進する。例えば、21世紀初頭におけるファインセラミックスの利用拡大のため、その機械的・熱的特性、粉体及び製造プロセス等の新試験評価方法の開発、規格化を推進する。併せて、社会資本材料の耐候性・耐食性等の信頼性向上のため、新材料、新技術の試験評価方法の開発・標準化を図る。さらに、建材の高温域における熱伝導率測定技術の開発を推進する。

＜独創的な研究開発の推進＞

限られた政策資源を有効に活用するため、環境保全や省エネルギーの観点も含めた、次世代を担う新製造技術の開発につながる独創的な研究開発を重点的に推進する。

○行動計画

- ・新素材・新材料分野については、光・熱・電磁気・強度特性、生体・環境適合性などに優れた高機能新素材について21世紀初頭までに諸機能の向上を図るための研究開発を推進する。例えば、履歴、欠陥、ひずみなどの情報を保有・発信する材料・構造に関し、温度や振動を保つ機能の向上に向けた技術開発を推進する。また、金属材料の組織構造を微細化するなどにより、強度等の諸特性の向上を目指す。

- ・多量のエネルギーを消費する化学物質、素材の製造におけるエネルギー消費を革新的に削減するとともに、省エネルギー効果のある素材・材料に関する研究開発を推進する。例えば、エネルギー消費を大幅に削減することが可能な次世代窯業製品生産プロセス技術の研究開発、多段階の反応プロセスを大幅に削減する化学プロセス技術の研究は開発、物性や破壊メカニズム等を解明しこれを利用した省エネルギー型の複合材料製造プロセス技術の研究開発を推進する。また、モーターのエネルギー消費を改善する高機能鋼材等の研究開発を推進する。
- ・高機能、高密度、高効率な特性を有する機能性分子や有機分子等に関する技術の向上を目指し、原子・分子操作技術及びその特性評価技術に関する研究開発を推進する。

＜リサイクル対応生産システム（インパース・マニファクチャリング）の確立＞

環境問題に対応して、設計時から素材、製品のリサイクル性を考慮した生産システムを確立するため、部品・素材に関するリサイクル情報システムの構築、リサイクル関連技術開発に対する支援の充実等総合的な施策を推進する。

○行動計画

- ・平成10年度を目途にリサイクル対応生産システムの確立に向けた中長期的な推進の方策について検討を行う。
- ・民間における素材のリサイクル技術の研究開発などを推進するとともに、これらを民間企業の製造システムに導入するための支援を引き続き推進していく。
- ・部品・素材の再利用を促進するため、平成9年度までに部品・素材の履歴、成分、分解手法等を提供するリサイクル情報システムのプロトタイプの構築を図る。

＜社会システムの整備＞

リサイクル対応の製造技術を生かすためには、使用済みの材料や製品、生産活動や建設において生じる副産物を回収し利用する社会的なシステムの整備が必要である。このためには、リサイクル関連情報の公開の促進、回収・リサイクルの責任と役割、費用負担ルールの明確化、生活環境保全に留意しつつ廃棄物処理業・施設に関する許認可の見直しの検討が必要であり、リサイクルを受け入れる社会システムを整備するための検討を進める。

○行動計画

- ・社会インフラ面においては、製造業者が製品の解体、部品、材料などのリサイクルに関する情報を公開する情報システムの開発に着手しており、今後は、本システムに各企業がリサイクル関連情報を積極的に入れていくことを促進する。

＜人材育成＞

高度な生産技術者・技能者の確保・維持を図るため、現場の知識に通曉し、かつ、理論的バックボーンを有した国際的にも通用する技術者・技能者を養成する必要がある。このため、生産プロセスエンジニアなど技術者・技能者を養成する教育訓練機関等における教育訓練の充実、学協会による工学教育の一層の質の向上を目指した取組みに対する支援等、技能労働者の社会的地位の向上を目指した技能の振興、職業能力評価制度に関する検討、高度熟練技能者の活用促進、地域における技能人材育成のための支援を推進する。

○行動計画

- ・工学教育について、技術革新の進展の早さ、国際的な工学教育の動向を踏まえ、学協会による標準的な教育カリキュラムの研究開発等の取組を支援するとともに、それらを踏まえた学協会と各大学における工学教育の一層の質の向上を目指した自主的な取組を促す。併せてより実務的な高等教育を行うため、インターンシップ(学生が在学中に自らの専攻、将来のキャリアに関連した就業体験を行うこと)、社会人教員の活用等の推進を行う。また、公共職業能力開発施設等においては、産業構造の変化に対応した実践的な教育訓練を可能とする施設・設備、カリキュラムの整備を図りつつ、必要な教育訓練を積極的に実施する。

＜国際的相互承認を踏まえた国内規制体系等の見直し＞

国際的な相互承認の動きを踏まえ、製造技術に関する安全規制、能力認定、資格制度等についても見直しが必要である。また、相互承認に必要な計量標準、標準物質等の知的基盤整備を一層推進する。

○行動計画

- ・国際的な相互承認の動きを考慮した知的基盤整備として、高精度・微細・形状標準、高真空標準、高圧力標準などの計量標準、超格子、高分子材料等の標準物質を整備する。また、海外諸国の新標準、新規制に係る情報収集を行う。

＜標準化の推進＞

機械と情報ネットワークの融合化や省エネルギー、リサイクルの推進などの観点から、新規市場の立ち上げを支援するため、テファクトスタンダード(事実上の標準)を視野に入れた標準化プロセスを加速する新たな標準化手法の導入を推進する。また、国際規格の策定についても、我が国が先導的な役割を果たすためには、国際標準化活動に対する戦略的支援を行う。

○行動計画

- ・新材料、新技術に関する試験評価技術及び特殊条件の計測・評価技術等について、技術開発と標準化を一体的に推進する。

出所「経済構造の変革と創造のための行動計画」1997年5月閣議決定

〈参考資料2〉科学技術基本計画の概要

1. 産学連携の強化等

(1) 産学共同研究の強化

国立大学と企業が共同研究を行う場合、共同研究場所を国立大学構内に限定されているが、今後、企業内においても共同研究を行えるように規程を見直し拡大する。

(産学共同研究に対する税制インセンティブの強化等を基本計画とは別途税制改正要望。)

(2) 大学研究者の民間への研究休職出向

国立大学等の研究者が休職出向する際、研究組合等の公的機関のみならず、純粋民間企業にも休職出向することが可能であることを明確化した。

(3) 大学研究者の民間での研究兼業

国立大学、国立研究所の研究者は、最低限度の場合を除き、研究、指導等のために時間外兼業を原則許可できることを明確化し、過当たり兼業時間数制限をなくす。

※なお、国立研究所においても同様の制度改善により産官連携を強化する。

2. 研究成果の移転による経済、社会への貢献

○産官学連携を行う研究実施者の研究インセンティブを高めるため、国等との共同研究、委託研究を行う企業等研究実施者に対して、特許等研究成果の優先実施権を付与する。

○研究者の研究インセンティブを高めるため、特許、プログラム著作権等の知的財産権を研究者個人に付与できるように規程を整備する。

※研究者の流動化を促進することと相まって、個人帰属分の知的財産権がマーケットベースで実施許諾、売買され、産業化につながる可能性が向上。

3. 研究者の流動化

○研究者同士の交流・触発を促すため、大学及び国立研究所において、任期付任用制度の導入、フェローシップの拡充、派遣研究者の導入を図る。

○研究者、研究支援者を民間事業者（人材派遣業）とのサービス契約により研究費を用いて登用できるように労働者派遣を可能とする。

4. 研究への厳正な評価と競争原理の導入

○大学、国研、国家プロジェクトについて、課題、機関、研究者に対する評価を導入するとともに、これに対応して研究費などのリソースの配分を優秀な研究に対して重点化する。

5. 民間研究開発への支援

○技術シーズを社会、経済に還元し、新たな産業を創出するため、事業家意欲の高い民間企業がリスクの高い研究開発を行うことに對して、補助金等による支援を行う。

○ベンチャー企業における資金調達環境を高めるため、株式店頭市場における流通を高めるとともに、事業化前段階における資金調達手段を拡げる。

6. 知的基盤の整備

○研究開発と生産活動を行う上で必要不可欠な軽量標準・試験評価、生物資源情報等の知的基盤を国が整備し、内外の研究実施者に対してあまねく提供する。

出所：通商産業省資料 1996年12月

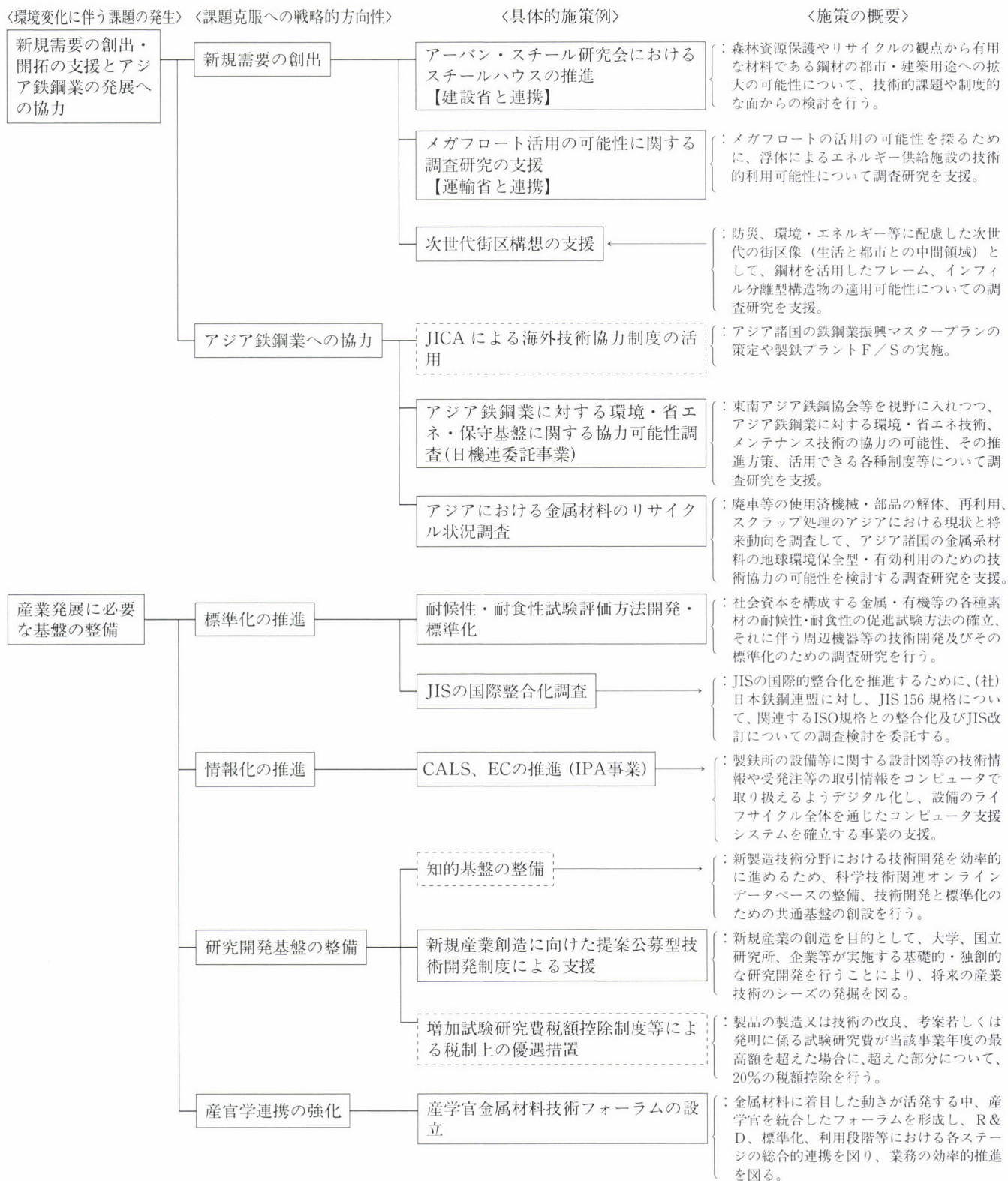
〈参考資料3〉科学技術関係経費の概要

	平成8年度	平成9年度	対前年比伸率	○補助金、地域産学官研究開発の推進
通商産業省	4,213億円	4,724億円	12.1%	・新規産業創造技術開発支援制度 [通商産業省]
(1) 科学技術関係経費の概要				42.5億円 (2.5億円)
	平成8年度	平成9年度	対前年比伸率	・創造技術研究開発費補助 [通商産業省]
全 政 府	2兆8,105億円	3兆28億円	6.8%	49.5億円 (40.8億円)
文 部 省	1兆2,412億円	1兆2,890億円	3.8%	・地域コンソーシアム研究開発 [通商産業省]
科学技術庁	6,928億円	7,345億円	6.0%	20.4億円 (新規)
(2) 科学技術関係経費の例				○知的基盤の整備
○競争的資金の拡充				[通商産業省] 14.0億円 (8年度9.3億円)
・国立研究所における競争的研究開発制度 [通商産業省]				[科学技術庁] 科学技術振興調整費のうち30.0億円 (新規)
22.2億円 (新規)				○フェローシップの大幅拡充(ポストドクター等1万人支援計画の推進)
・特殊法人への出資金を活用した基盤研究				[科学技術庁、文部省、通商産業省等]
[7省庁(通産、科技、文部、厚生、農水、郵政、運輸)] 計569億円				計 351億円 7,812人
[通商産業省] 47.0億円 (8年度26.5億円)				
・科学研究費補助金 [文部省] 1,122億円 (8年度1,018億円)				
・科学技術振興調整費 [科学技術庁] 250億円 (8年度215億円)				

出所：通商産業省資料 1997年2月

〈参考資料4〉

環境変化に対応した施策課題と具体的施策



＜環境変化に対応した施策課題＞

