

日本鉄鋼業と研究開発

細 木 繁 郎*

R & D and Japanese Steel Industry

Shigeo Hosoki

本日は渡辺義介賞をいただき、光栄これに過ぎるものはございません。これもひとえに各方面の先輩の方々のご指導、あるいは友人、多くの方々のご支援の賜物でございます。肝に銘じているところでございます。

私は、40 数年鉄鋼業界に関わっているわけですが、始めの半分は鋼板の圧延の製造現場におりました。あとの半分は技術の管理部門、それから研究開発管理を経験しております。

私はその折々の職場にありまして、研究開発の重要性、あるいは鉄鋼業の進歩に対する役割、といったようなことをその時々感じてまいりました。

従いまして本日は、私なりの研究開発に関わることを中心にお話ししてみたいと思います。

1. 研究開発の現況

研究開発の重要性が、企業の経営と直接に結びついて議論されるようになりましたのは、それほど遠い昔のことではありません。戦後、私も鉄鋼業は技術導入から始まったわけですが、この頃はもちろん、最近まで研究開発は企業経営をサポートする立場でございました。しかし昨今では企業経営を引張る牽引者の役目に変わってきているのではないかと、思っております。

研究開発の重要性は、日本全体についても同じことであります。まず始めに国全体として研究開発がどのような変化をたどってきたか、ということを発表されたものの中からいくつかのデータを見たいと思います。

図1は経済成長に及ぼす技術進歩の寄与の度合いを示すもので経済白書のデータから作成したものであります。

まず国の経済成長率をみますと、1968年から73年の経済成長は約10%と非常に大きな数値となっております。1979年から84年はそのあとの反動で停滞したともいえる時期で、経済成長率は4.4%と半分以下に下がっております。この分析では経済成長に寄与するファク

ターとして、資本と労働と技術進歩をとっているわけですが、1968年から73年の時期には資本と技術進歩の比率はおおよそ半々でありました。この時期には設備投資も盛んでありまして、設備の稼働率も高かったということだと思います。1979年から84年の経済の停滞したこの時期には、資本の寄与が非常に少なくなりまして、技術進歩が約7割近くを占めております。しかし、絶対値を比較してみますと、9.7%の約半分と4.4%の7割ですから、絶対値は、むしろ79~84年のほうが68~73年よりも少ないということが言えるわけです。これから考えますと79~84年の時期には経済を引張るだけの大きな技術があまり出てこなかったというように解すべきかもしれません。

いずれにいたしましても、5割といい、7割といい、技術進歩の占める割合は非常に大きい値でありまして、国の経済成長率にそれだけ寄与しているわけで、技術進歩というものがわが国の経済を引張る大きなファクターとなっております。

この技術進歩は要するに知的なストックから出てくるわけですから、研究開発というものがこの知的ストックの源泉、ないしバックグラウンドとして極めて重要な位置を占めているのであります。

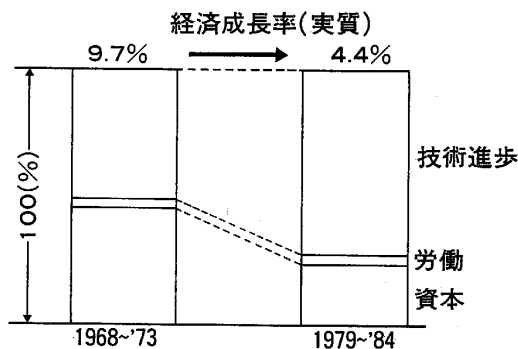


図1 経済成長に及ぼす技術進歩の寄与 (昭和60年経済白書より作成)

平成元年4月本会講演大会における渡辺義介賞受賞記念特別講演 平成元年5月12日受付 (Received May 12, 1989)

* 新日本製鉄(株)常任顧問 (Executive Advisor, Nippon Steel Corp., 2-6-3 Otemachi Chiyoda-ku, Tokyo 100-71)

Key words: Japanese steel industry; Research and Development (R & D); technical problem; process research; product research; metallurgical research; fusion of science and technology; personnel development.

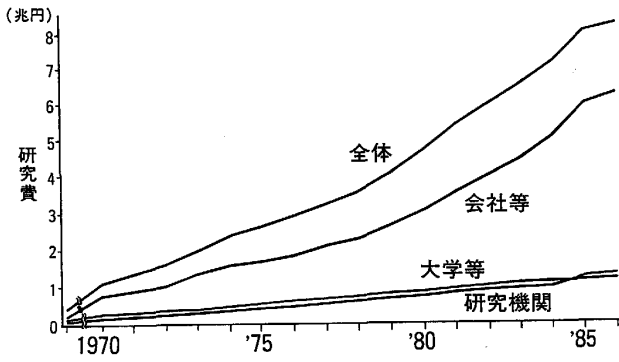


図 2 我が国の研究費の推移 (昭和 63 年度科学技術白書)

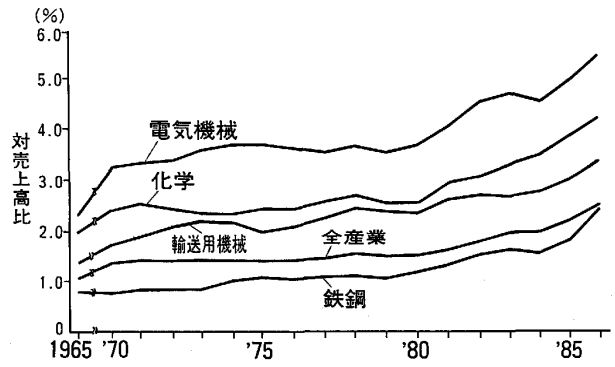


図 3 主要業種における研究費の対売上高比の推移 (昭和 63 年度科学技術白書)

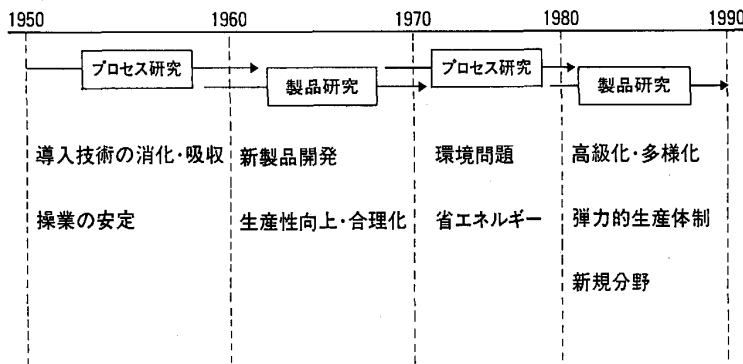


図 4 日本鉄鋼業の技術課題の変遷

図 2 はわが国の研究費の推移を示してありまして、研究開発の趨勢を表しております。

ご承知のように最近では国全体の研究開発費用総額は 8 兆円を超えております。この中には人文科学に関する研究費もいくらか含んでおります。図 2 で下から見ますと、研究機関、大学等では 1 兆円を少し超えております。会社等では 6 兆円を超すところでありまして、ここ数年、少しカーブが上がっているように思われます。

それでは会社等の中で、製造業がどうなのかということをお次に図 3 で見たいと思います。この図では研究開発費を売上高比で示しております。これを見ると、上から電機、化学、自動車等の輸送機器、いちばん下に鉄鋼を示しております。

図 3 によりますと、80 年ぐらいまでは各産業ともあまり伸びていないのですが、ここ数年間、急激な伸びが見られます。鉄鋼も全産業の平均値ぐらいまで上がってきておりまして、約 2.5% を少し超すぐらいのところまで上がっております。

このような研究開発費の急激な伸びは、多角化のための先行投資という意味もあるかもしれませんが、いずれにいたしましても、製造業全体のここ数年間の伸びは非常に大きいということが、おわかりいただけると思います。

以上のいくつかのデータで明確なように、日本全体として研究開発の伸びが著しいという現状にあることを申

上げたいと思います。

2. 鉄鋼業における技術課題の変遷

本来の鉄鋼業の歴史からまず入ってみたいと思います。

図 4 は日本鉄鋼業における技術開発課題の変遷を見たもので、大きなもののみを書き出しております。この図では一応の整理として 10 年ごとに区切っております。50 年代、60 年代、70 年代、現在の 80 年代と区切ってみますと、どうも研究開発の目から見ますと、それぞれの年代ごとに特徴がありそうに思われるわけです。

始めの 50 年代、これは技術の導入時代であり、下工程の圧延技術の導入から始まって、この時期の終わり頃は転炉の導入まで至っているわけでありまして。この時期は新しい製鉄所も二つ三つでき上がった、という時代でもあります。この時期までの研究開発の体制などがどのような状況だったかを少し振り返ってみますと、鉄鋼に関する国公立の研究機関というのは、ご承知のように大正時代にすでに東北大学に鉄鋼研究所（現金属材料研究所）ができてまして、昭和に入りましては選鉱製錬研究所ができております。1950 年代の中頃には科学技術庁金属材料技術研究所等もでき、現在の大学・国の研究機関の基本的なところは整備されております。企業関係でも、当時は官営でありましたが大正時代の八幡の研究所、それから昭和に入りましてからは、各企業が研究所、ある

いは研究部といったような体制を整えておりました、1950年代それが続いておりました。

この時期は、導入技術の消化・吸収が主たる任務でありましたので、企業内の研究も現場の技術者と一体になったバックアップというようなことが主体であったかと思えます。

当時の研究テーマの具体的な例を挙げてみますと、これは導入技術というわけではありませんが、原料事情を反映してラテライト鉱石の利用といったようなことが研究されました。これは大量に存在するけれども利用のむずかしい鉄鉱石の研究で、各企業、あるいは大学、国の研究機関等で研究がなされ、最後の方は少し60年代に入りますけれども、日本鉄鋼協会の場でも共同研究がなされております。

このような当時の状況を考えますと、このときは明らかにプロセス研究が主体であったということが言えようかと思えます。

1960年前後に生産量はちょうど2000万tぐらいあったわけですが、60年代は一気に駆け上がり70年までの10年間で1億t近くにまでなりました。

この時期の特徴は、導入技術をベースにして、その改善・改良、あるいは若干の自主技術を加えることにより開発がなされた時代でした。この時には新しい設備技術、計測技術、あるいはコンピューターが多く採用され、これを利用したいろいろのシステムができあがりました。また新鋭の製鉄所がたくさんできたわけですが、土木とか建築を含めた各方面の設備に関する技術陣の努力によりまして、大型化とか高速化ということが達せられた時期であります。この意味では、この時期の開発は設備開発という、プロセス開発であったかもわからないのですが、研究面から考えると別の見方もあるのではないかと考えております。

60年代には、各企業で研究体制がどんどん整備されてきて、中央研究所設立ブームもこのときに起こりました。

いわばこの時は、冶金学とか物理学とか科学という基礎に立ち返って、自主技術を育てていこうという芽が出始めた時期ではないかと、こう思うわけです。60年代にはこの芽が育ち、自主研究のアウトプットとして自前の製品ができ上がった、ということで研究上はたいへん意味のある時代であったと思えます。高張力鋼板とか、超深絞り薄鋼板がその実例と言えましょう。こういう意味で、図4にありますように、私はこの時代の特徴を「製品研究」とあえて位置づけてみました。

次の70年代にはご承知のとおり、60年代の終わりから起こってきた環境問題が顕在化してまいりましたが、大気だとか水質だとかいうものの汚染防止に懸命になり、プロセスの改善に取り組んだ時期であります。

また石油危機に端を発した省エネルギー問題によりま

しても、自分の製造過程における省エネルギーに努力したわけです。この時にはユーザーの省エネルギーに役立つような新製品も多く開発されたわけですが、総じて言えば、この時代はやはり「プロセス」研究の時代であると考えます。

60年代には自主技術によってアウトプットとしての製品が出てきたと述べましたが、製品を出すためにプロセスを改善しないと新しい製品が出てこないということから、70年代には、自前のプロセスというものが、ぼつぼつでき上がってきているわけで、その中には一部省エネルギーのプロセスも含んでおります。このような自主的な研究によるプロセスの出現という点から見ても、この70年代は「プロセス」研究の時代ということでもあります。自主研究・技術から60年代アウトプットとして製品が出、70年代にプロセスが出てきた例は、後で述べたいと思えます。

80年代は言うまでもなく、生産量は伸びないどころか低下するような状況となり、また為替レートの急激な変動があり、産業構造の変化ということが言われております。80年代はまた製品の高級化、多様化がユーザーから強く求められております。特に自動車用表面処理鋼板は数多くの製品が開発されました。更に80年代は、ユーザーからの納期の短縮というような要求に必ずとともに、それに耐えるようなフレキシブルな生産体制(FMS)というものが考えられ始められました。これも、少量・多品種の製品の製造を指向するものであり、この時代の大きな流れを総じて概観するなら「製品」研究の時代であると言えるのではないかと思います。

3. プロセス研究と製品研究のサイクル

先ほどから各時代の研究の特徴について述べてきたわけですが、製品とプロセスの開発について、例を挙げて考えてみたいと思えます。

図5は高張力鋼厚板の例であります。この図ではメタラジーを中心にして、上に製品、下にプロセスを整理してみました。

先に50年代は導入技術の消化の時期であった、と述べましたが、高張力鋼の分野においても、このときはまだプロセスでは導入技術が主体で、焼準(Norma.)あるいは後には焼入れ・焼もどし(QT)の技術が使われました。この時期のメタラジー研究の主眼は合金化とか細粒化により強度・靱性を上げるということでありました。その成果としての製品は圧力容器などに多く使用されたわけですが、それらの製品の適用を通じて更に良い品質を持つ製品、すなわち更に高い強度・靱性に加えて溶接性のもっと良いものという要求がユーザーから出てきたわけです。この要求をメタラジー的に解決すべくオフライン組織制御の研究に精力が注がれました。

50年代の焼準技術に基づいて開発された高張力鋼は

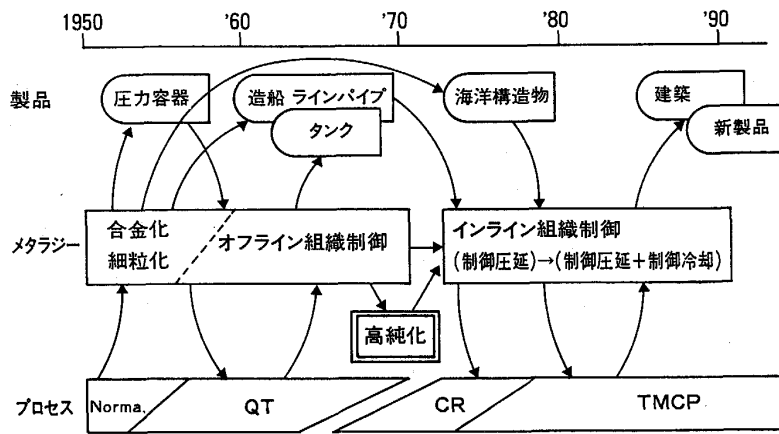


図5 メタラジーを中心としたプロセスと製品開発の関係（高張力鋼厚板の例）

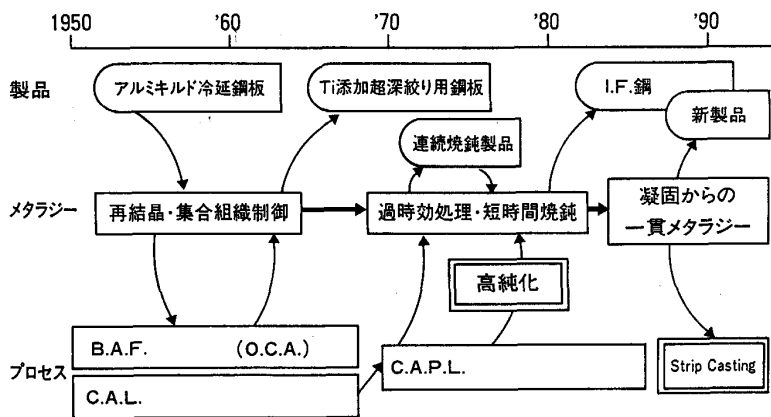


図6 メタラジーを中心としたプロセスと製品開発の関係（軟質系深絞り用鋼板の例）

また、60年代に造船、ラインパイプ材として、更に70年代には海洋構造物に使われました。これらそれぞれの時期においては一応ユーザーの要求に応える製品を出してきたわけですが、70年代に入りまして、さらに高い溶接性、靱性が求められるようになりました。この要求に応えるべくオフライン組織制御をベースとしてインライン組織制御の研究がなされました。またこれを実現するプロセスとしての制御圧延(CR)が発達いたしました。この頃はいわゆる石油ショックの頃であり、プロセス上の省エネルギーもプロセスの発展のきっかけとなっております。

この制御圧延技術は、焼準技術で不十分であった析出強化、細粒化を同時に達成したものでありましたが、組織制御という意味では完全なものではなく、この点を克服したのがTMCP(Thermo Mechanical Control Process)であります。TMCPは制御圧延に加えて制御冷却を同時に行い、組織制御・析出強化・細粒化のすべてのファクターを満足させたものであります。

現在のTMCPプロセスも簡単にできたわけではなく、先に述べたように設備技術者がこのニーズを受け止め、時間をかけながら、現在の設備ができてきたわけですが、この成果が更にメタラジーの発展を促し、現在(80年代)の例えば新しい建築用材料等新製品の開

発に結びついているわけです。

このような厚板技術の発展、特にメタラジーの進歩にとって、製鋼段階における高純化技術の進歩が極めて大きな役割を果たしていることは申し上げるまでもございません。

図5で申し上げたいことは、ユーザーからの要請に応えるためメタラジー研究を経て新製品を生み出していったけれども、更によりよい製品を出すためには、どうしてもプロセスまでいじらないと、ユーザーの満足を得られないという大きな流れがあったということでもあります。先に60年代を製品開発、70年代をプロセス開発の時代と申ししたのは、このような大きな流れに沿ったものである、という意味であります。

もう一つの例として薄板(軟質系深絞り用鋼板)の場合を見たいと思います。図6は、図5と同様年代順に製品、メタラジー、プロセスを並べております。50年代はやはり導入技術が主体でありまして、プロセスとしては箱焼鈍(BAF)、オープンコイル焼鈍(OCA)、ぶりきの連続焼鈍(CAL)などがありました。製品としては、アルミキルドの冷延鋼板というのが主流であります。50年から60年にかけては、メタラジー的には再結晶とか、集合組織制御の研究がなされ、チタン添加の深絞り鋼板ができてまいりました。この時にも製鋼段階でのRH、

DH 等真空脱ガス法による脱炭，脱窒が大きな役割を果たしております。

先の厚板の場合にはユーザーからの要請に応じてでありましたが，この軟質系深絞り用鋼板の場合，連続焼鈍技術を造りあげた背景としては，自らのコストダウンということが大きなドライビングフォースになっていたように思います。この場合にはメタラジー的には過時効処理，短時間焼鈍という視点で研究がなされたわけですが，その成果をいかに設備的に実現するかが問題であったと思います。この時にもやはり設備技術陣が長い期間かけてこれを完成させていったということではありますが，その発展の過程においてもユーザーとの関係は研究の進展にとって大きな促進効果があったように考えております。

薄板の場合にも製鋼段階での高純化が同じく非常に大きな力を発揮しまして，この連続焼鈍処理プロセス（C. A. P. L.）によっても深絞り性が非常に良い IF（Interstitial-Free）鋼等が開発されてきております。

このように発展してきたメタラジーは，現在一貫メタラジーなどと呼ばれるような総合的な視点で研究が行われておりまして，次の時代へのプロセス，製品への発展が期待されております。

ここで申し上げたいのは，先ほども言いましたように，ただある程度の製品は現在の設備でもできるけれども，よりよくするために，あるいはよりコストダウンするためには，どうしてもプロセスをいじらないとできない。こういうことを申し上げたかったわけです。

図5の場合にも述べましたが，要するに50年代に基礎となる自主技術ができ上がり，60年代には主として製品が出てきた。70年代は，さらにその製品をよりよくするため，あるいはコストを削減するために，自主技術でもってプロセスを改革していかなければならなかった時期ではなかったかと，考えております。

60年代という時期を「製品研究の時代」と述べましたが，本来製品を開発してゆくためには，始めからプロセスを考えておかなければいけない。製品とプロセスというのは車の両輪というような関係にありますから，図5，あるいは図6では製品，プロセスが周期的に出てきているわけですが，これから先は製品研究とプロセス研究は同時に走っていかねばならない，と思っております。

図6に示しました80年代の後，すなわち1990年以降どうなるかということは，はっきりとは言えませんが，現在言われております製品の高級化，多様化というのは，将来ともユーザーの要求としてはますますその方向に向かうであろうと思います。それを実現するためには，やはりプロセスをいじらなければいけないということになります。

新規分野についても同じことで，しだいに新規分野の焦点が定まっていりますと，ただ単に新製品という製

品だけではなくて，必ずそれはプロセスと結びついておかなければいけないということでもあります。

それからもう一つの重要なポイントであるフレキシブルな生産体制については，溶融還元等も含めてやはり弾力性のある生産体制にしておかなければいけないということで，今後，固定費の少ない製鉄のプロセスを別に確立しておくことが，非常に重要になってくると思います。

図4に「弾力的生産体制」と書いたのは，上述の意味と，それから現在の生産プロセスの造り込みの柔軟性という意味も含めたつもりでおります。

いずれにしても図4を見ますと，プロセスと製品研究の時代が交互にきているような感じがします，事実交互にきたのかもしれませんが，今後はこの周期をできるだけ短くしていかなければならない，更に言えばこの両者が同時に来なくてはいけない，と思うわけでもあります。

4. 今後の研究開発

今後の研究開発の方向ということに関して，極めて常識的なことではありますが図7に示しました。我々の関わる技術領域が拡大していることは，よく認識されているとおりであります。製鉄業には非常に多くの異なる分野の技術者がいるわけですが，それぞれの分野・領域でそれぞれ活動が拡大し，またそれぞれ深まっております。例えば前述のフレキシブルな生産体制（FMS）に関係するところでは，AI（人工知能）あるいは，最近ではファジーの研究所もでき，その技術・研究領域がどんどん拡大しております。

更に技術相互の関連性拡大はということでは，一つの研究あるいは開発を行うために従来以上に広く技術の総合化が必要，ということの意味しております。深く広い視野，知見がないと今後の研究は進めたいということでもあります。また先に述べたプロセスと製品との関連性ということで考えてみますと，製品を開発する場合は，始めから製法プロセスを頭に置いておかなければいけないということでもあります。研究の成果はできるだけ早く出してゆかねばなりませんので，研究ができた，それからゆっくりプロセス開発というのでは間に合いません。今後はその時間差をどれだけ縮めるかというのが勝負になってくるのではないかと，思うわけです。特に鉄

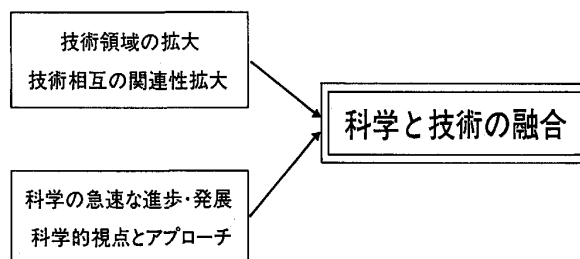


図7 研究開発の方向

の場合は体質が重いので、これが致命的な意味を持つことになると思います。

近年科学の進歩・発展が急激であります。分子・原子の問題が工学的な問題に直接結びつくような話も多く聞いております。そのような科学の進歩を遅れることなく絶えずを取り入れながら、完璧なアプローチをしなければいけない。これは当然のことではありますが、それによって研究成果が普遍化できますし、着実な進歩ができるわけです。

今年日本鉄鋼協会第 74 回の総会ではありますが、今日の表彰名に掲げられている名前、例えば野呂、香村、服部、俵という学者や経営者が、70 数年前にこの鉄鋼協会をつくった時の設立目的を読みますと、既に「学術と技術の融合」ということがうたわれているわけで、「その時からあまり変わっていないな」という気がいたします。

それでは現在の研究開発の状況を図 8 に沿って考え、将来のことも少し考えてみたいと思います。

まず最初の「経営上の位置づけ」ということですが、冒頭にも述べましたように、研究開発は企業にとりまして、企業をサポートする役から企業を引張る役になりつつあります。このことは、経営がいかに関係開発を重視しているかということでもあります。従って研究開発に従事する者の責任は非常に重くなってきましたし、それだけやりがいがあるという客観的な位置づけが急速にでき上がってきているということが言えると思います。

次に「研究体制」がどうかということですが、第一の「経営上の位置づけ」が明確になるに従って、各企業は研究体制をどんどん充実させております。企業によってはある分野、ある機能別の研究所を持っているところもあるようですし、研究体制もかなり充実してきていると思います。

それに加えて研究を効率的に進めるための統括部門というか、中央部門というか、会社全体としての研究開発戦略を考える部門も体制が大きく整ってきているということが言えると思います。また国家プロジェクトというものも経験をしながら、どうやって効率的に体制を持っていくかということも、現在学びつつあるところではな

いかと思うわけです。

研究設備も同様でありまして、私どもの研究の、たとえば建物を一つ例にとっても、欧米並みの極めて快適な環境だとは言えないにしろ、最近ではインテリジェント情報を取り入れたハイテクの研究所もかなりできて、相当の水準に達しつつあるのではないかと感じております。それから研究の機器ですが、これは自ら開発したものや、世の中にあるもの、これらをたくさん自分で持つようになりまして、一企業で持てないものについては、外部の設備が利用可能であります。

例えば最近急激に発達している計算科学のためのスーパーコンピュータを保有する企業もたくさんあるようですし、持てないとすれば外部のコンピュータも利用可能な状況になっております。また現在国の施策として研究のインフラ整備を進めておりますが、いろんな研究設備を共同利用しよう、というようなことも考えられているようで、予算もつき始めているようです。

このような状況を見ますと、道具だけではかなりそろったとっていい状態にきていると思うわけですが、そうしますと、知恵の出せる人間をどのように育てるか、知恵を出してもらうにはどうすれば良いか、という命題に帰着せざるを得ないわけでありまして。

企業としましては、基礎のできた学生をいただいた上で、入ってきた人にどうやれば思う存分自主的に働いてもらえるか、あるいは成果をあげてもらえるか、を考えねばなりません。あるいは知識が古くなってきた場合にどうやってリフレッシュしてもらうか、を考えねばなりません。研究マネジメントはいまのままでいいのかどうか、考えねばならないいろいろの問題があります。

特に最近では、学生の製造業離れということも言われておりますので、私どもは研究の活性化のみならず、若いひとの来たる魅力的な研究現場にしなければならないと強く感じるわけです。

一方人材を送り出す大学側では、いまこれだけ世の中が変わってきていることを背景として、この人材養成、教育の問題については、文部省を始めといたしまして各機関、各方面で議論がなされているようでもあります。

大学も少しずつ体制が変わっていているということは、よく承知しておりますが、このような変化の急激な時代にあっては、今まで以上に企業である私どもと大学側がより対話に努めるという必要があるのではないかと考えます。もともと鉄鋼業というのは伝統的に対話が他産業に比べて決して劣っているほうではありませんが、まだまだその努力をする必要があるのではないかと考えております。

この鉄鋼協会はまさにその対話の場でありまして、先ほど言いました産・官・学の三者による「学術と技術の融合」を目的とし、いままで多くの技術開発を行ってまいりましたし、それを通じて多くの人材が輩出したわけで

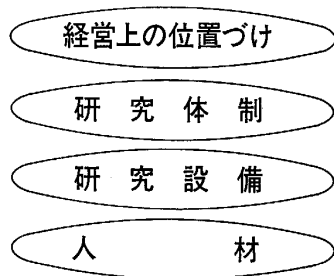


図 8 研究開発に対する「視点」

あります。今後とも私どもはこの協会のメンバーとして、
どうやって人材を育て上げていくのかということも勉強
してみたいと思っているわけであります。

雑駁な話になってしまいました。研究についての感想

みたいなことを申し上げましたが、結局のところは、古
くて新しい問題である「人材の育成」という結論になり
ましたことを申し上げて、私の話を終わらせていただき
ます。