

特別講演

□渡辺義介賞受賞記念

鉄鋼技術の来し方、これから

—アジアの中の日本を念頭に—

The Future Prospects of Japanese Steel Technologies
—Relevance to Rapidly Growing Asian Countries—

王寺睦満 新日本製鐵(株) 顧問
Mutsumi Ohji



*脚注に略歴

1 はじめに

戦後高い成長率を示し急速に成長した日本鉄鋼業は、'70年代の始めに生産量のピークを迎えた後、二度にわたる石油ショックとその後の間断なき円高推移の下で長年に亘る苦闘を強いられた。この30年あまりの間に技術的にはどのような取り組みをしてこれに対処して来たかを振り返って評価し、今後の方向を占う、というやや欲張った課題設定をしてこの小論を起こしたところである。

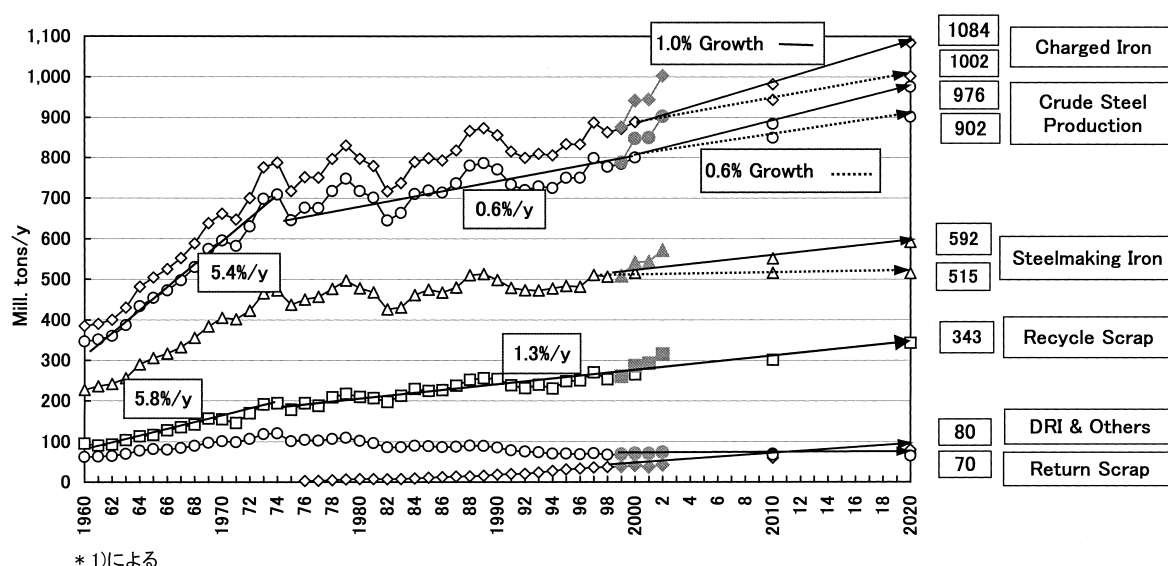
2 鉄源分析から見た世界の鉄鋼製造プロセス

筆者は前稿で¹⁾鉄源分析からみた世界の鉄鋼製造プロセス

の将来について論じた。将来を論ずるにあたって基本となる所なので、その後の3年間の実績を加えてもう一度触れてみたい。

図1、図2は前稿からそのまま転載し、その後3年間の実績およびそれから計算したデータの中実点で追加記入してある。詳細は前稿で詳述したので省略するが図1の焦点は粗鋼生産量、鉄鉄生産量など、確実なデータから、世界規模で市中から環流してくるScrapの総量を推定した所において、それが過去30年に亘って年率1.3%で直線的に伸びている事を示している。

2年前に予測したよりも足元の粗鋼生産の伸びは中国を中心として著しく高い。しかし過去30年くらい振り返っても平均傾向線から年産で上下に優に4千万トンくらいは変動しているの、伸び率は1%より大きな方向に動くと考えられ



* 1)による

図1 粗鋼及び製鋼用鉄鉄生産量に基づく回収スクラップの推定

* 昭和35年東大冶金学科卒業後直ちに八幡製鐵(株)に入社、八幡製鐵所、西独、本社での勤務の後、君津製鐵所製鋼部長、技術部長、副所長を経て平成3年取締役・技術開発本部設備技術センター所長、同7年常務取締役・君津製鐵所所長、同10年代表取締役副社長・技術開発本部長を歴任の後、同13年常任顧問、同15年から現職に至る。平成12～14年に鉄鋼協会会長。

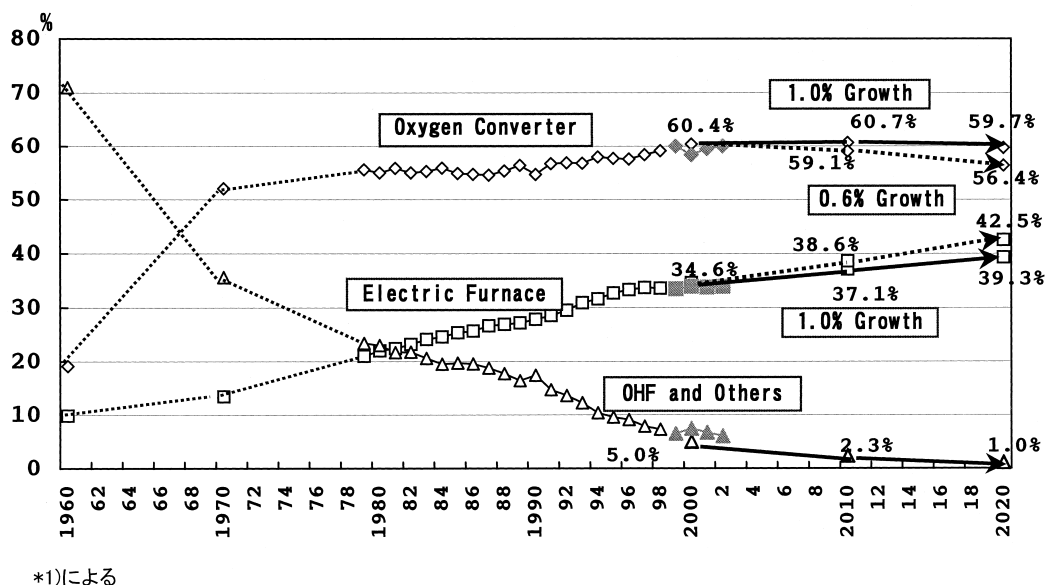


図2 製鋼法別粗鋼生産シェアの推移

るが、平均成長率からの上下のバラツキは将来も大きなものがありうるという事は勘定に入れておく必要があろう。

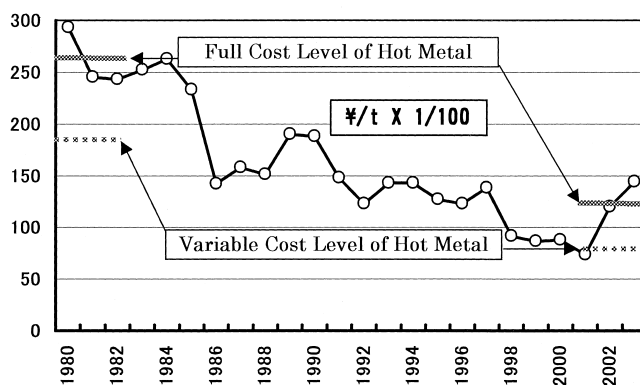
将来の粗鋼の成長率が図2で仮定した1%よりも上にずれると、この推定の仕方では転炉比率は高くなると考えられる。取り敢えずは高炉—転炉ルート的重要性は少なくとも現状維持かそれ以上になると考えておいて良からう。

図3はスクラップの電炉炉前価格の年平均値の20年間に亘る変化を示したものである。図中に'80年頃と2000年頃の一貫高炉メーカーの熔銑の全部原価、変動原価のレベルを記入してある。結果としてであるが、Scrapの炉前価格は見事に熔銑のコストと対応している。又、この20年の間に各企業の努力によって、後に述べるような高炉の生産性の向上があり、固定費すなわち（全部原価と変動原価の差額）の大幅な圧縮に成功している事が窺われる。

これを\$表示に直したのが図4である。景況その他によってプラスマイナス30\$/tという比較的大きな変動幅があるが、平均値的には100\$/t程度で余り変わっていない。ここでは示していないが、この変動は見事に米国のComposite priceの変動に対応している。また、こうして見ると熔銑の全部原価レベルは100\$/t近辺でありあまり変わっていない事になる。これはしかし、熔銑原価の中に20%を占める円払い部分がある中で良くコストを押し込んでいるという評価をするのが妥当であろう。

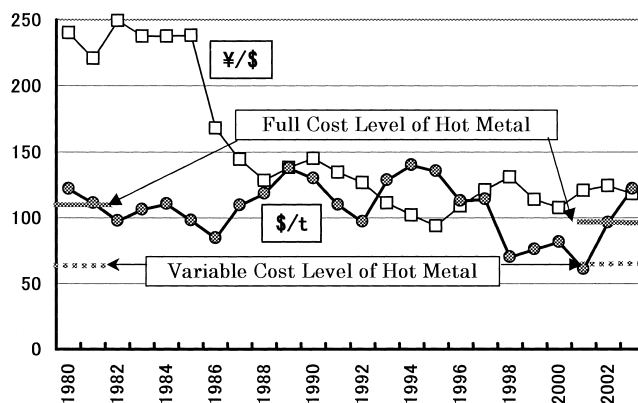
3 アジアにおける鉄鋼需給バランス

図5に主要な鉄鋼生産国の一人当たりGDPと一人当たり見掛け粗鋼消費量との関係を示す。一般的には直線的な関係



*(社)日本鉄源協会 鉄源年報第14号(2003)による

図3 ¥表示炉前Scrap価格の変遷と熔銑コストの対比



*(社)日本鉄源協会 鉄源年報第14号(2003)による

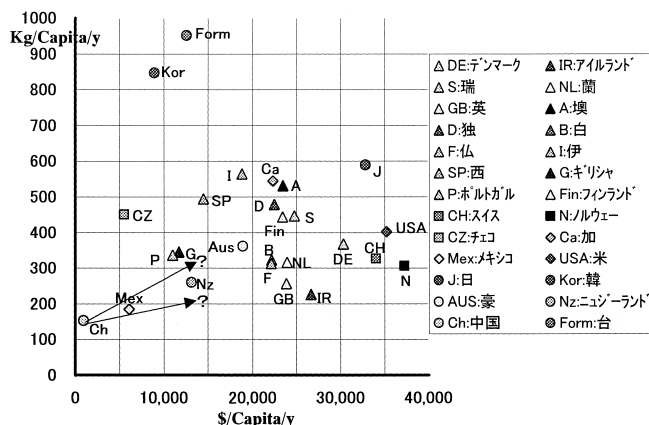
図4 \$表示炉前Scrap価格の変遷と熔銑コストの対比

があるように言われるが、欧米先進国の状況を見ると同じ程度のGDPで見掛け粗鋼消費量には200Kgから600Kg位までの非常に大きいバラツキがあり、その国の産業構造によっては、かなりばらつく事を示唆する。

この中で台湾、韓国は非常に高い粗鋼消費量を示している。日本も過去2度のバブルの時期には('71,'72及び'90,'91年)800Kgに達した事はあるが、ほかはなべて600Kg近辺を出入りしている。両国のこの数値は我々をはじめ他の工業国でも経験したようにこのあたりで飽和し安定期に入るものと思われる。

中国は既に粗鋼生産量首位の国になったが、この図のなかでは、まだ左下の隅に位置している。経済の活発な発展により、GDPも粗鋼消費も増えていくであろうが、粗鋼消費がどの程度のlevelまで達するかは、将来の中国の産業構造によるもので予想はつかない。

前報¹⁾でも'99年迄の東アジアにおける見掛け粗鋼消費と粗鋼生産の対比をして、東アジア全体としては世界粗鋼消費のほぼ40%を占める中で、その10%を超える量を入力している状況と、その中で実質日本だけが輸出余力を有している事を指摘した。表1に見るように、その後、中国の急速な経済伸張が加わって、この傾向は一層はっきりして来た。東ア



*1)一人当たり見掛け粗鋼消費: Steel Statistical Yearbook 2002
*2)一人当たりGDP: 国民経済計算年報(平成15年版)参考図表

図5 各国GDPと見掛け粗鋼消費の分布(2001)

ジアのマーケットは日本鉄鋼業にとって、主要なマーケットとなっており、そこにおけるこの需給状況は日本鉄鋼業にとって好環境を与えている。

この様な好環境のもとにあって日本鉄鋼業の最近の収益状況はどうなっているのだ? とは一般の素朴な疑問であろう。

図6に長期にわたる某社財務諸表から取った鋼材販売価格の推移を示した。もちろん、品種構成の変化などは一切考慮されていないが、大勢として長期にわたる販売価格の変動のあり方について示唆に富むデータとなっている。結果としてこの20年あまりの間に価格は間断無く下落し1/2のレベルにまで下降した。この間¥/\$ rateは大きく変化したので、これを\$/tに換算してみると、この長い間に400\$/tから出発して400\$/tに戻ってきたように見える。一方\$の価値がこの間不変ということは無い筈で、\$と\$にリンクした諸通貨の総合的なDeflaterをどう取るかは難しいところであるが、全くの山勘で年率2%とおいてみて、'80年の価格440\$/tから出発して価格のあるべき水準を示してみた。2002年で680\$/t程度になる。この直線と現実の販売価格との差を見てみると、国際的な景気の変動によって、この基準価格から、プラスマイナス100\$/tという大きな波動を示しているが、'97年までの変化はこれに沿ったものと見ることが出来る。しかし、'99年以降の水準はもはや理解しがたい水準である

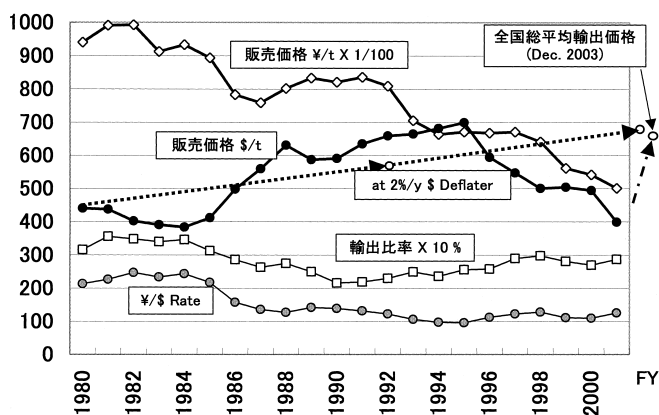


図6 長期販売価格推移

表1 アジアにおける粗鋼需給バランス

(Mill. T)	1999			2000			2001		
	Prod.	Consumpt.	Bal.	Prod.	Consumpt.	Bal.	Prod.	Consumpt.	Bal.
Japan	94.19	70.63	23.56	106.44	80.56	25.88	102.87	75.00	27.87
Korea	41.04	35.46	5.58	43.11	40.00	3.11	43.85	39.73	4.12
Formosa	15.44	24.47	-9.03	16.84	25.35	-8.51	17.26	21.22	-3.96
China	123.71	151.15	-27.44	127.24	163.24	-36.00	150.87	201.35	-50.48
India	24.30	29.70	-5.40	26.92	30.20	-3.28	27.29	31.20	-3.91
Others	9.55	34.29	-24.74	11.32	38.94	-27.62	11.66	42.71	-31.05
East Asia	308.23	345.70	-37.47	331.85	378.29	-46.44	353.80	411.21	-57.41

*IISI Steel Statistical Year Book 2003

ように見える。

ここでは、輸出価格と、国内価格の比較がないが、それぞれの会社の内部でどちらも\$表示をして推移を追って見られることをお勧める。海外の景気であろうが、¥/\$ rateの急変であろうが、変動する輸出価格、即ち国際市況に数年の内に国内向け価格が軌よせされている事を発見することになるであろう。

最近の報道によれば、月次の日本の総平均輸出価格ではあるが、幸いなことに欄外のPointで示したように650\$/tに向かっているようで、やっとあるべき線に向かっている水準調整が出来つつあるように感じられる。

¥/\$ rateの根本問題は残るとしても、今後も、国際的な価格に連動して推移してゆく以外の可能性はない。幸い我々の最大の輸出マーケットたる東アジアにおいて大幅な輸出余力を持つ鉄鋼業は日本以外にはない訳で、抑制の効いた販売、経営態度で対処しなければならぬまい。

4 日本鉄鋼業の技術開発のコンセプト

ここまでの議論を背景において、日本鉄鋼業のこれまでの、又将来の技術的な側面について多少の議論をしてみたい。ただ闇雲に新技術、新技術というのではなく、長い鉄鋼技術史の中で我々が今占めている技術的な立場を認識した上での議論にしたい。現代の鉄鋼製造法につながる基本的な技術は、表2に示すように、18世紀初頭のDerbyによるコークス高炉の発明から始まって、概ねこの八項目をいえば十分であろう。

いずれの技術もそれまでのProcessを完全に置き換えるだけのImpactをもっていた。19世紀の産業革命終盤に一つの山があるが、20世紀の半ばにいたって、次の山が出現し、丁度、戦後の日本鉄鋼業の興隆期に、我々はこの新技術を積極的に取り込み、更に海浜立地大規模製鉄所という新しいConceptを加えて世界に通用するStandardを形成した。

最後の連鑄法は正確に言えば、日本の鉄鋼業が安定期に入ってから本格的に普及した。これによって、品質、歩留まり

表2 鉄鋼業における歴史的技術革新

1.Derby: コークス高炉の実現	*****	1709
2.Bessemer: 転炉熔鋼法の発明	*****	1856
3.Siemens & Martin: 蓄熱炉(平炉)の発明	*****	1864
4.Thomas: 塩基性製鋼法	*****	1878
5.Heroult: 電気炉の工業化	*****	1906
6.ARMCO: 連続圧延法の工業化	*****	1926
7.VÖEST: 純酸素上吹き転炉の実機化	*****	1952
8.鋼の連続鑄造法の工業化	*****	1952

の向上を得られただけでなく、製鋼精錬プロセス自体の大転換の要請、新しい品種の開発など直接間接の波及効果の大きかったことは記憶に新しい。

これら時代を画した新技術に比べると、その後、現在に至るまで、色々な新しいプロセスの提案はあるものの、既存のプロセスを完全に置き換えるだけのImpactのある技術は残念ながら出現していないように思われる。これは一面では革新的な生産性の向上が期待薄という事であり、鉄鋼業全体にとって残念なことであるが、反面、我々が既に持っているProcessが基本的なところは陳腐化しないという結果としての有利さも我々にもたらしている。

結果として我々の技術開発の努力は次の二つの方向に絞られたと考えられる。

4.1 コスト競争力強化のためのプロセス技術開発

その第一は既存の設備、Processを前提として、その品質、生産性の向上のために新しい技術を開発し果敢に投資をして行くことである。

二、三の典型例を挙げながら、そのあたりの検証をしてみたい。先ほどの画期的な技術に比べれば、そのImpactはやや小さいかに見えるが、どうして営々として積み上げたこれらのいわば改善技術の総和は大変大きな変革を実現しているという実感がある。

図7にみるように日本の稼動高炉の基数は過去30年の間に65基から29基にまで減少し、総合的に見て2倍以上の設備、労働生産性の上昇をもたらした。この様な合理化を含めた固定費の削減に続いて、最近が高炉寿命の延長への取り組みが継続されている。1990年代に入るまでは高炉の寿命は最大10年であったが、現在改修される高炉では20年以上の寿命が狙われている。高炉寿命の延長は、耐火物等の材料技術、設備設計上の新しいConcept、高度の操業とMaintenance Know Howを含む、総合的な技術の上に立って初め

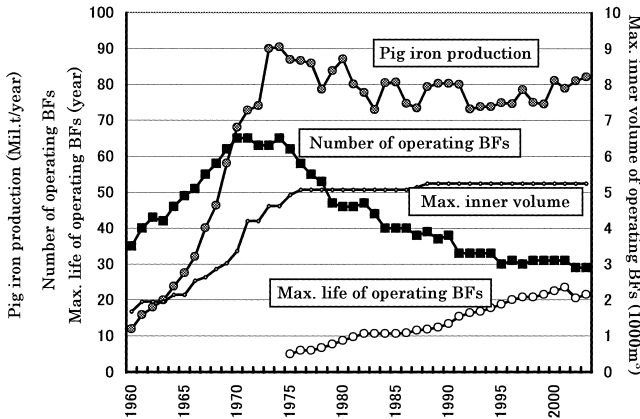


図7 日本の製鉄技術の変遷

て可能になると考えられる。更に褐鉄鉱を中心にした安価な鉄鉱石原料の配合技術、コークス炉装入原料炭の事前処理による非微粘結炭の多量配合や、PCIの普及、各種の廃エネルギー回収設備等、多方面の技術の開発、適用が行われた。

図8に各方面の最新の技術を適用してHot Strip Millの改造をした例を示すが、我々の基本的な取り組み方針を典型的に実現している点で興味深い。

新日本製鐵はもともと8基の熱延ラインを7つの製鐵所にもっていた。そのうちの3 Millは2つの新 Millでリプレースされ、2 Millは単純に休止されたので、結果として合計5 Millが5製鐵所で稼動していることになる。そのなかで、'63から'75年に設置された3 Millはその生産量は大きいものの陳腐化、老朽化が懸念された。

この図は典型例として君津の熱延ラインのRevampingの状況を示す。ここに見るように最先端の技術を導入してほとんどの重要な部分が置き換わっている。この目的のために350億円以上が'88年から2001年までの間に投入された。これによって、生産性、品質について同種の Millの中でも最も良い Millに生まれ変わった。他の2 Millもこれと同様のRevampingを行っている。特筆すべきは、この図の中で、7基の仕上げ圧延Standのうち2基だけをPair cross millに置き換えることで全段Pair crossと同等のCrown controlができること、Cycloconverterを使った交流 Mill motor driveがその高Responseを利して、新しいAGC Logicの開発とあいまって、Gauge controlの精度向上に大きな効果を発揮したことであろう。

プロセス技術の改善の方向を全体としてKeyword的に整理すれば、

第1に前後工程の統合、連続化であろう。Direct rolling、冷延、熱延の全連続化、CAPL等がこれに含まれる。

第2に各種処理のインライン化であろう。各種のTMCP、高強度Rail、DLP等、CC 鋳込中巾変更もこの範疇に含まれるかもしれない。

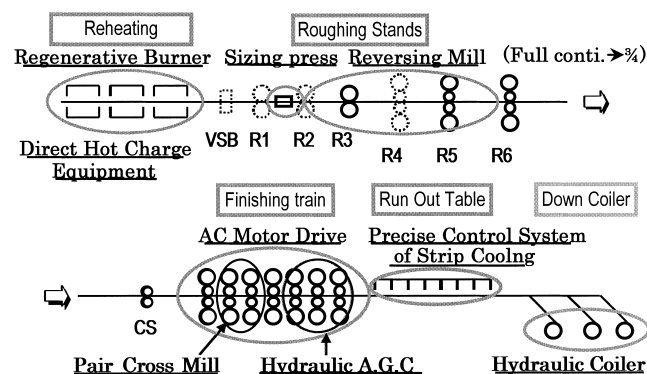


図8 Hot Strip Millの改造の1例（君津）

第3に新しい検出端と操作端の開発とその適用と総括出来る技術群がある。6Hi、Pair Cross、多様な二次精錬、画像処理、電磁力、Laser、Plasma等の各工程への適用が行われた。これらの技術は処理時間の短縮や、品質、生産性の向上に止まらず、新しい鋼材性能の発現をも、もたらしめているように感じている。

4.2 市場、需要家に向けた新製品開発

第二は需要業界に向けた高性能の鋼材の開発と供給である。我々は需要業界に対して最も適切な商品を提供出来るという意味で、商品技術において世界に誇れる地位を得ていると考えて良からう。次に述べるような需要業界との力関係、鉄鋼業のおかれた状況がそれを生ぜしめたと考えられる。

図9は日本の諸工業分野別の売上げ総額の\$換算値の推移を長期間に亘って見たものである。'80年代の始めまで日本鉄鋼業は国内の諸工業分野と比べて大差の無い売上高レベルを持っていた。その後日本経済全体の発展の中で、自動車、電機、機械産業に代表される組み立て産業は（これらは全て鉄鋼業にとって顧客となる産業分野であるが）高い成長率を維持し、鉄鋼業に比べて数倍の売上高を上げるに至った。図から見て取れるように鉄鋼業の売上げ総額は\$表示をしても過去20年の間、あまり伸びていない。従って、鉄鋼業の顧客産業に対するStatusが相対的に下がってきた事は否めない事実である。

加えて、鉄鋼の日本国内の大きな需給ギャップから、鉄鋼業の中での強い競争状態が生じた。この様な客観情勢は鉄鋼業をして、顧客の要請に真っ先に対応して顧客産業に都合の良い製品の提供を競うという状況を生じた。

顧客優先のPolicyは日本鉄鋼業にとって既に長い間の自然原則になっている。

この事はむしろpositiveに捉えるべきで、この状況が、日本鉄鋼業が世界に誇る製品技術を持つようになった素因をなすと考えるべきである。

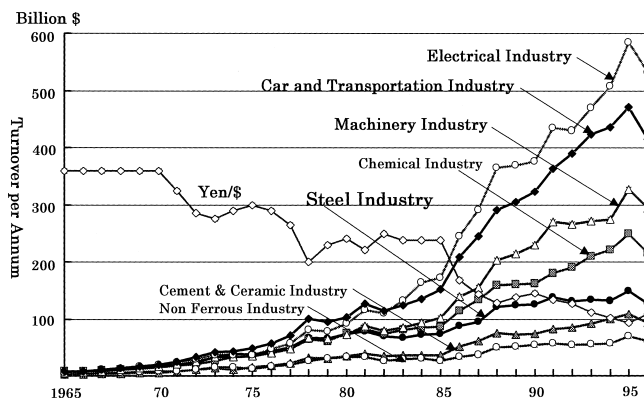


図9 日本の工業分野別売上げ高推移

結果として我々日本鉄鋼業は世界中でも最先端の商品技術を手にし、我々の顧客の諸工業は最高の品質を安い価格で入手することが出来るようになった。

一方我々の商品技術は良く考えてみると、今将に世界人類社会の大問題と化している環境問題に直接貢献する内容を含んでいる。

社会の環境問題に対する関心の高まりはそのまま、我々の得意分野たる商品技術の分野で新しいフロンテアを提供するものとなろう。この分野において、我々日本鉄鋼業は大いに世界に貢献することが出来ると信じている。例えば電磁鋼板の例を考えてみよう。高効率の鉄損の少ない電磁鋼板が省エネルギーに貢献することは自明である。将来どの時点で現実となるかは判らないが、更にこれが環境問題から自動車の主動力の世界に導入されるようになると材料として大化けする可能性がある。

材料の世界は鉄鋼材料に限らず、技術的に差別化の難しい世界である。特に鉄鋼材料はその使用について既に100年以上の歴史があって、およそ基本的な原理は既に判っている範囲も多く、顧客の細かなNeedsに対して細かい対応を重ねるような骨の折れる仕事の展開になる可能性も無しとしない。しかし、この様な仕事の積み重ねが結果としては諸外国に対して大きな差の生じた製品技術の総体を生んだのでないかと考えられる。

5 むすび

鉄源の供給の検討に基づく世界の鉄鋼生産Processの将来の予測、現在の東アジアにおける需給状況、新しい鉄鋼製造Processの諸提案についての評価などを勘案すると、戦後の日本鉄鋼業が営々として築き上げてきたParadigmは将来に亘って、又、世界に向かって、なおその存在意義は薄れていないように見える。これは将に、日本の鉄鋼業に携わる人達がこの間、倦む事無く新しい技術の開発に努め、それを実現する投資を積極的に行って、品質、生産性の向上に賭けてきた結果であろう。

この小論の中で、筆者は敢えてほとんどの指標について\$換算の数値で議論するように心がけた。中には\$換算する事によって、初めて真実の姿が見えてくる様な気がした部分もある。翻ってみれば、今に始まった事ではなく、¥/\$ rateが変動する事になった瞬間から、国内限りと思われる事象も世界の状況と密接に繋がった動きをするようになっていないか。

当面する、日本鉄鋼業の収益状況について、東アジアの需給状況に対応して、久しぶりに楽観的な見方が一般的になっているように思われる。しかしこの状況は実は大変変動リス

クの大きい状況である。¥/\$ rateの若干の動きですぐ変化するし、中国の政治経済情勢が順調な推移をたどるかどうかとも大きな影響を及ぼす事は明白である。我々は日本、日本経済という範囲にとらわれず、常に世界、少なくとも東アジア迄視野を広げて、諸事に取り組む必要があるのではないかと考える。

「治にいて乱を忘れず」という言葉がある。我々は緩む事無く、正確な状況把握のもとに、新しい技術への挑戦と積極的な改善投資、ためまぬCost downの努力に引き続き真剣に取り組む必要があると考える。

6 日本鉄鋼協会への提言 (より一層の公開、国際化)

日本鉄鋼協会の諸活動がこれまでの日本鉄鋼業の技術の進展に大きな貢献をしてきた事は論を俟たない。石原重利先輩は「競合と協調」という言葉を良く使われていた。競争状態がないと進歩もないのは自明である。協会の活動の中で健全な競合とその裏打ちとなる協調が適切な形で実現されていたと実感している。今後は一步踏み出して、協会活動の公開、特に東アジアの同僚達に対する公開を進める必要があるのではないかとというのが筆者の基本的な意見である。

既に、以前は非公開であった技術部会資料を原則公開する事に踏み切っているし、アジアの関連諸学会の所属会員にたいして会費の優遇制度も実施されている。更に進んで、具体的に以下の様な事に取り組んではどうかという提案をしたい。

1. 春秋の講演会におけるEnglish sessionの拡充。
2. 学術誌のI SIJ Internationalへの統一。
3. 技術部会へのアジア諸国鉄鋼会社からの参加。

これは当然参加企業の法人会員的な関与が前提になるであろう。

このあたりの事についてはドイツのVDEhの長期に亘る動きが参考になるかもしれない。

我々のI SIJ Internationalも学会部門の先生方のご努力で最近では毎号和文論文誌「鉄と鋼」の3倍位の数の論文掲載がなされている。

技術部門としても、伸び盛りのアジア諸国の鉄鋼業から強い刺激を受け続けられる場を、自ら作る事は大事なことはないかと信ずる。

参考文献

- 1) 王寺睦満ほか：ふえらむ，7 (2001)，34-40.

(2004年4月5日受付)