

© 1992 ISIJ

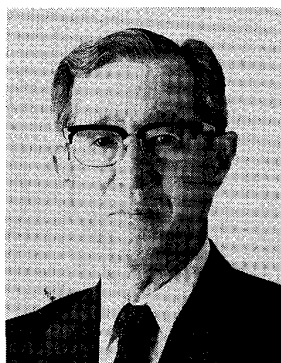
日本鉄鋼業の近代化と私の歩んだ道

特別講演

山 本 全 作*

Modernization of Japanese Steel Industry Based on
My Experience

Zensaku YAMAMOTO



本日は栄えある渡辺義介賞を戴き、身に余る光栄と厚く御礼申し上げます。これもひとえに関係の方々のご指導、ご鞭撻、ご支援の賜物と深く感謝致す次第です。

私が現在の新日鉄、当時の日鉄に入社したのは、1948年で、初めに勤務したのは室蘭製鉄所でした。第2次大戦が終わって間もない時期で、経済状況、世界情勢共に不安定で、室蘭製鉄所の粗鋼生産量も月産3000t程度という今日からは想像出来ないような状況でした。それ以来、鉄鋼業に携わって40数年になります。この内30数年は製鉄所の現場で勤務し、主として製鋼関係の仕事をしてまいりましたが、新立地の大分製鉄所の建設にも関与し、分塊工場のない全連続の製鉄所の計画、建設更に操業を担当するという幸運にも恵まれるなど貴重な経験をさせて戴きました。

本日はその一端をご紹介させて頂くと共に、今後の課題についてお話し申し上げ、私に与えられた責を果たしたいと思ひます。

1. はじめに

先ず初めに戦後40数年の間鉄鋼業がどのように推移してきたかを振り返って見ようと思ひます。図1は粗鋼生産の推移を示したものです。我が国の鉄鋼業は、戦後、工業立国として飛躍的發展を遂げてきたことは周知の通りで、急拡大を続けた粗鋼生産は、1973年の1億2千万tをピークとしてその後1億t程度で横這い状態にあるわけですが、1945年から1965年の戦後20年間を振り返りますと、当時のアメリカの生産量は圧倒的に高いレベルで、旧ソ連がアメリカを追って急速に生産量を伸ばしており、西ドイツ、英国も我が国を上回る生産量をあげております。この時期の我が国は技術的には途上国であり、欧米から技術を学び吸収した時代で、その後の發展の基礎となっています。

図2は「鉄と鋼」の毎年1月号に共同研究会の幹事

長による前年の技術関連の活動をレビューした論文が掲載されますが、これに取り上げられた項目を整理して鉄鋼技術の変遷を見たものです。それぞれの時代の要請に応じて技術対応が行われて今日に至っている近代化の流れを読み取ることができます。即ち'50年代には転炉に代表される導入技術の消化・吸収が行われ、'60年代のいわゆる高度成長期には大型化・高速化（新立地製鉄所建設）による生産性向上・合理化が推進されると同時に、モータリゼーション等に対応しての高張力鋼、深絞り鋼板等新鋼種の開発が行われております。'70年代は工業化の進展に伴い公害が顕在化したことによる環境問題と、石油危機とによりまして、環境対策と連続に代表されるような省エネルギー対策が推進されました。

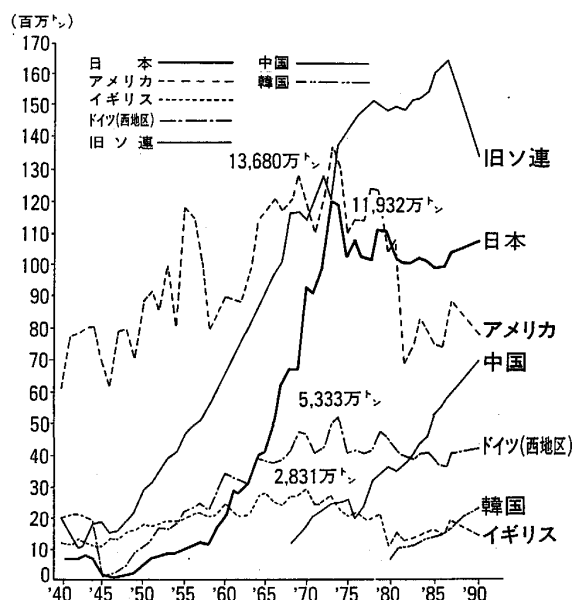


図1 主要製鉄国の粗鋼生産推移 (1940~1991)

(出典：日本鉄鋼連盟「統計から見た日本鉄鋼業100年の歩み」)

平成4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4年5月7日受付 平成4年7月3日受理 (Received on May 7, 1992; Accepted on July 3, 1992)

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

Key words: steel making; modernization; continuous caster; LD converter; scrap.

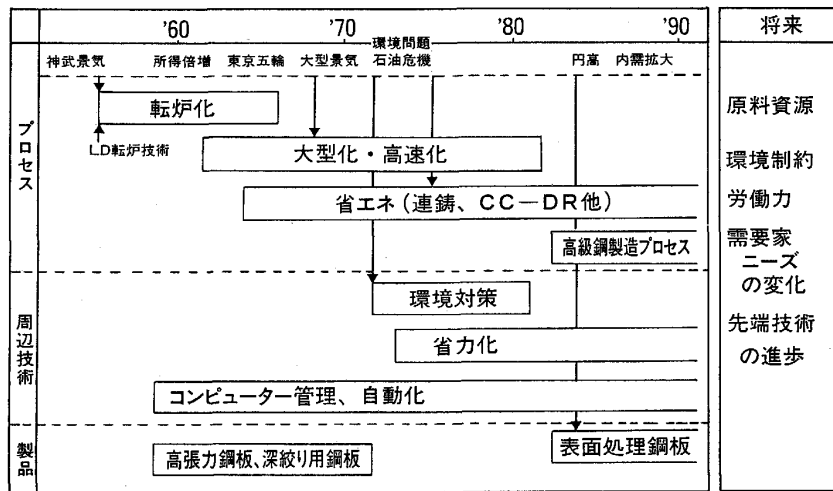


図 2 日本鉄鋼技術の変遷
(出典:「鉄と鋼1月号」レビュー論文)

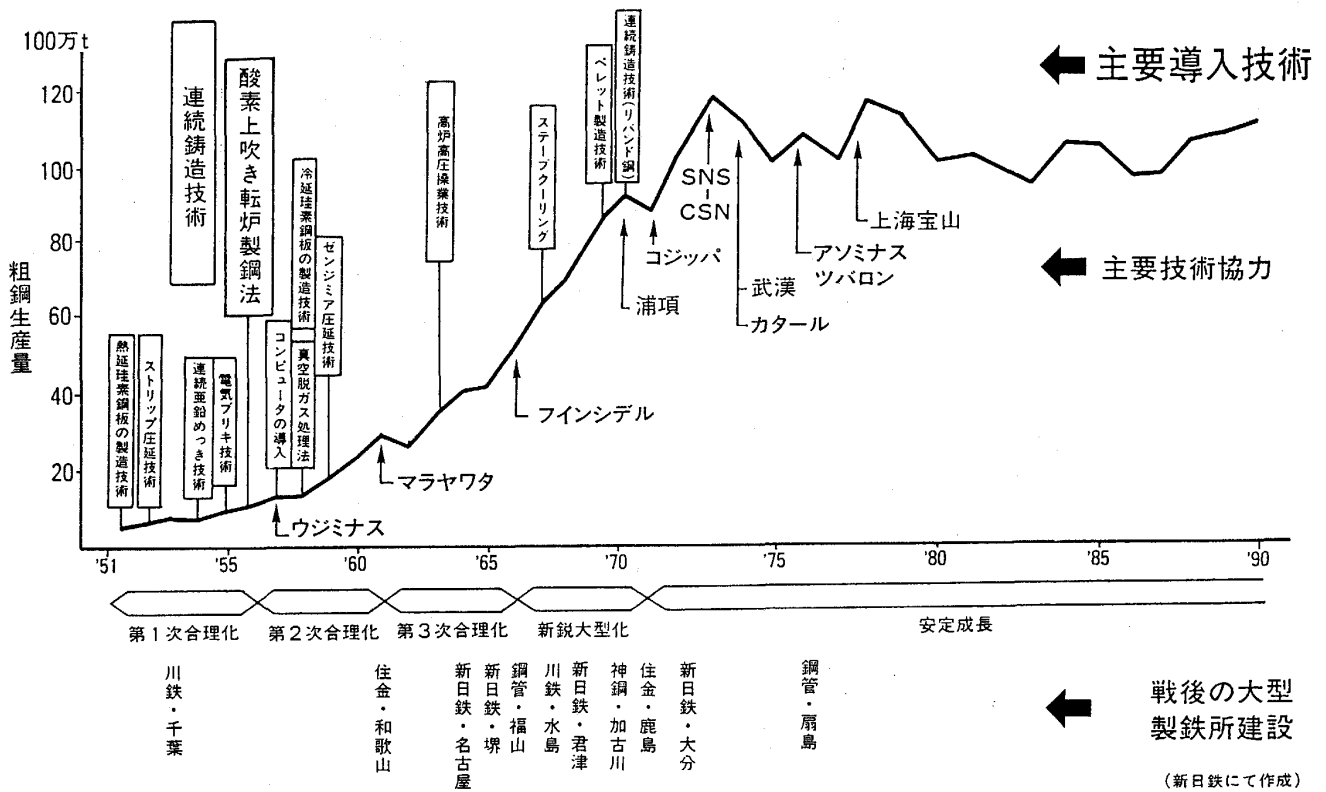


図 3 日本の粗鋼生産高の推移と主要技術導入

'80年代には特に需要家ニーズの高級化・多様化に対応しまして高級鋼種の開発が実施されております。

図 3 は、戦後の粗鋼生産量の推移と主要技術の導入状況を示したものです。戦後 20 年である '65 年頃迄に製鉄・製鋼・圧延について、その後の基盤となる殆どの技術が欧米から技術導入されております。私はその頃、製鋼の現場にありまして製鋼法が平炉から転炉へ、造塊法が連鑄へと変わる時期を体験しました。その時期の経験を述べてみたいと思います。

2. 製鋼法の転換と発展—酸素転炉の導入

図 4 は 1965 年までの製鋼法別の粗鋼生産量の推移を示したものです。現在我が国において、平炉は全て廃止されていますが、酸素転炉が導入された '50 年代後半までの製鋼法としては平炉法が主流でした。

平炉法は元来スクラップ依存度の高い製鋼法で、酸素の使用により、高溶銑配合でも高生産をあげ得るようになりましたが、炉体の損傷という問題を充分解消するこ

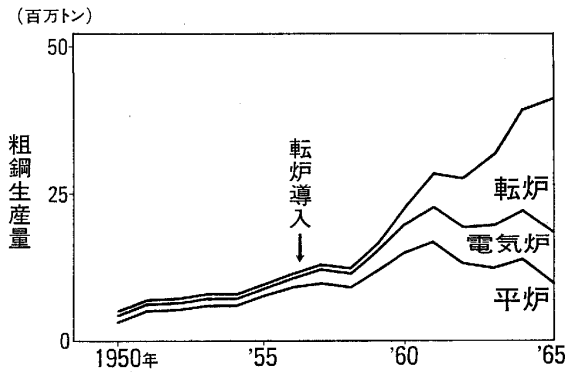


図4 製鋼法別粗鋼生産量推移 (1950~1965)
(出典：鉄鋼統計要覧)

とはできませんでした。一方、転炉法は、スクラップの高配合と脱磷には若干問題がありましたが、溶銑作業には最適で、生産性、制御性に優れ、機械化し易いという特徴がありました。しかも転炉が導入された当時の日本においては、鉄鋼蓄積量が少ないことからスクラップ発生量も少なく、スクラップは輸入に頼っておりましたが、それでもなかなか必要量の確保は難しく、鉱石からの鉄源に依存せざるを得ない状況にありました。このような情勢下では、増大する鉄鋼需要に対応するプロセスとして、高炉・転炉法が最適と考えられるようになり、その後、我が国では転炉法が急速に伸び、平炉法を凌駕するようになったのはご承知の通りであります。酸素転炉の日本への導入につきましては、当時の日本鋼管および八幡製鉄の諸先輩の先見と努力により道が拓かれた訳ですが、私がおりました室蘭製鉄所でも '61年7月に転炉の操業を開始いたしました。

私共は転炉の操業を経営しまして、すぐに転炉法の優れていることを実感しました。当時は転炉では低炭素鋼を溶製し、平炉では高炭素鋼を溶製していたのですが、

私共はできるだけ早く平炉で溶製している鋼種全てを転炉で溶製できるようにし、平炉を転炉にリプレースすべきであると強く感じました。さらに私共が平炉に比較して顕著な特徴として強い印象を受けたのは、一般的には温度制御性ということになるのですが、高い溶鋼温度を簡単に得ることが出来る（耐火物には問題がありましたが）ということでした。平炉ではなかなか高温を得ることは難しく、温度を上げるのに随分と苦勞した経験を味わったものです。こうした転炉法の高い生産性と温度制御性をもってすれば、平炉溶製鋼種のみならず電気炉で溶製している特殊鋼、合金鋼をも効率的に製造できるのではないかと、更には次の技術として検討していた連続鑄造法も、この転炉法と組合せるならば充分成果を発揮できるのではないかと考えました。

そこでその開発のために、20~30t規模の試験転炉により高炭素鋼を含む平炉溶製鋼種ならびに特殊鋼の溶製試験を実施し、更に連続鑄造についても試験機を設置し、自らの手で試験してみることを考えた訳です。しかし、種々の検討の結果、設備費低減の関係から、図5のように既存の平炉炉体の位置に50t容量の転炉を設置し、転炉排ガスは煙道を平炉の上昇道に繋ぎ込み、蓄熱室を経由し、除塵機を通して煙突から排出することとしました。この50tの試験転炉は'64年4月に操業開始し平炉溶製鋼種の試験を行いました。特殊鋼については当時私共はあまり経験がなかったものですから大同特殊鋼と共同研究を実施することとしまして、SC材、Siバネ鋼、Cr-Mo肌焼鋼等の溶製から圧延、成品までの試験を行いました。この開発試験の結果により、平炉の転炉化を自信を持って推進することができるようになりましたし、さらに特殊鋼メーカーに素材供給する東海特殊鋼(株)(名古屋製鉄所内)の設立発足へとつなげることができました。

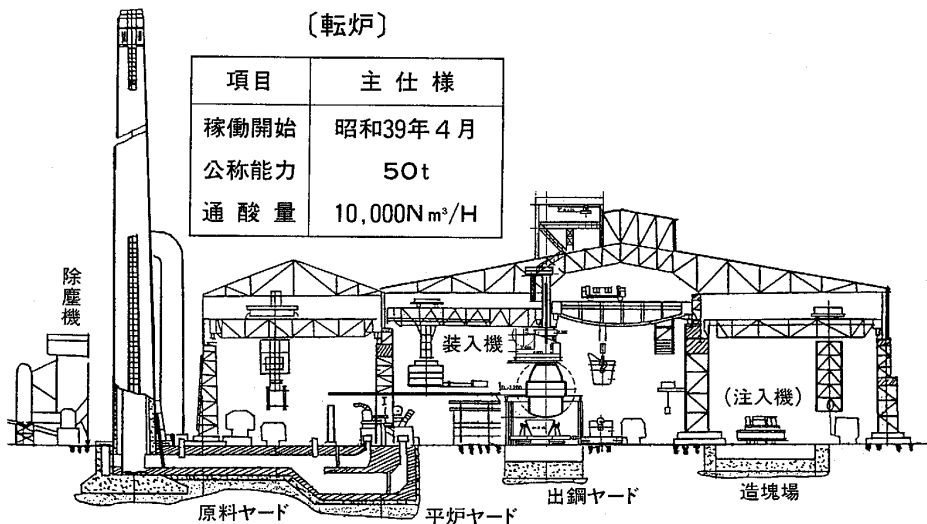


図5 室蘭第一製鋼工場 転炉化

この転炉における開発の一つとして、転炉による Cr 系ステンレスの製造技術があります。溶銑を脱硫し転炉で脱磷、脱炭してからスラグを分離、フェロクロムを添加、高温吹錬により中炭素まで脱炭し、最後に脱ガス処理するというプロセスです。当初転炉のみによる溶製をしましたが、その後脱ガスとの組合せによりプロセスを完成することができました。

今日では各社それぞれ転炉によるステンレス溶製法の開発が行われ、Cr 系ステンレスは殆ど転炉により製造されるようになってきているのではないかと思います。こうした技術にみられますように、転炉による高級鋼製造技術は今日飛躍的に向上しておりますが、この進歩は溶銑の予備処理・吹錬・脱ガス・炉外精錬の各要素技術を複合して成し得たもので、我が国で確立した技術の成果だと思えます。

次に連鑄について述べてみたいと思います。

3. 連続鑄造への道

転炉と連鑄はほぼ同時期に開発され、日本への導入時期も余り変わりませんが、その普及には大幅な差がありますのは図 6 に示す通りです。転炉が導入と共に急速に採用が拡大されたのに対し、連鑄は一部特殊鋼に採用されるに止まり、一般的普及は遅れました。その理由は生産性と品質問題でした。造塊法によるリムド鋼～分塊プロセスは、生産性・品質共に優れており、その壁を破るのは大変なことでした。

私どもは、連鑄はいずれ近い将来に採用すべき技術であると思っておりましたが、その採用の時期、型式等を判断するには、見たり聞いたり知識だけでは難しく、自ら手がけてみる必要があるのではないかと考えまして、試験転炉との組合せによる試験を計画し、丁度その頃独自に連鑄機の製作研究をしていた日立製作所と共同研究を実施することに致しました。

図 7 は、当時用いました 1 ストランド・スラブ・ブルーム兼用の共同研究試験連鑄機で、50 t 試験転炉のある製鋼工場に隣接した位置に設置しました。

この連鑄機は技術を導入するのではなく、独自に技術

項目	主 仕 様
稼働開始	昭和40年7月10日
メーカー	日立製作所
型 式	垂直型ブルーム、スラブ兼用 ブルームツインストランド
サイズ	ブルーム 150~260×150~480 スラブ 150~200×750~1250

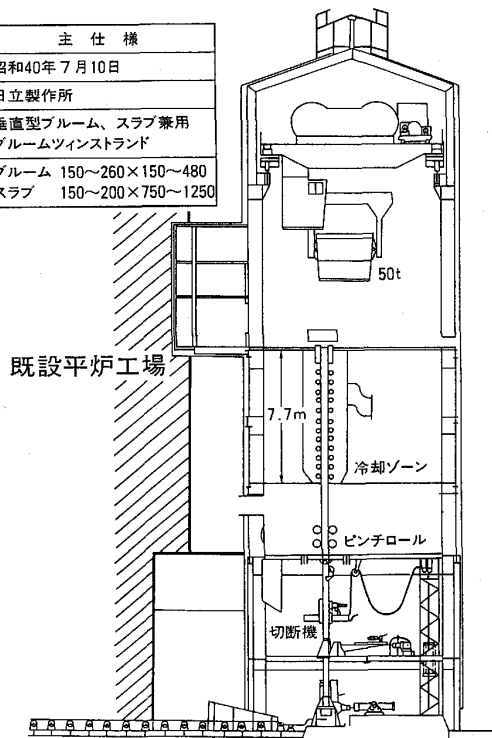


図 7 室蘭第一製鋼工場 連続鑄造設備

を開発することになりました関係から、実習をするという訳にもいかず、いろいろな苦勞を経験したものです。実験設備による開発に先立ち、まず試験タンディッシュを作りまして普通造塊鑄型への鑄造テストを行いまして操業、温度制御、耐火物の事前検討を行いました。初鑄造には、事前模擬テストを徹底的に行い、且つ万一の事故に備えて消防車を待機させるなど、非常に緊張したのを覚えております。

鑄造試験は '65 年 7 月から開始し、'67 年 1 月迄 1 年半の間、各鋼種にわたりスラブ・ブルーム・ビレットについて実施しました。その結果、貴重な経験と共に豊富な知見を得ることができました。

その後 '67 年 5 月からは、ツインストランドの生産設備に改造して、形鋼・線材用のビレット・ブルームを製造すると共に、スラブの鑄造試験を続行しました。

この開発研究により、形鋼と線材を主成品とした当時の釜石製鉄所への連鑄機導入が決定されると共に、次に述べます大分製鉄所全連鑄方式採用の基盤が築かれました。

4. 新規立地の製鉄所の建設と操業

大分製鉄所は、'69 年 7 月から計画に着手し、'72 年 4 月に第一高炉に火入れして丁度今年で 20 周年を迎えます。“10 年、20 年後も新鋭である製鉄所を”ということが建設のスローガンでした。高炉 2 基で粗鋼年産 800 万 t、将来的には 1200 万 t の製鉄所を考えたのですが、大分製鉄所の敷地面積 700 万 m² は製鉄所の規模を考え

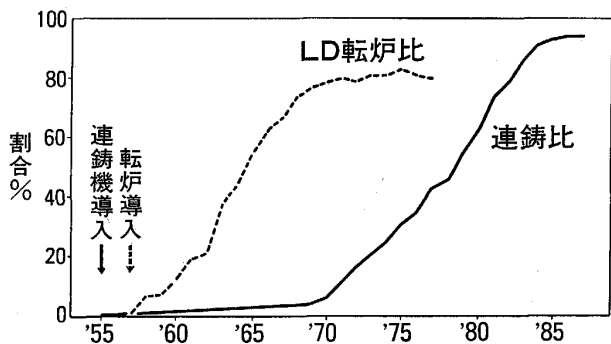


図 6 LD 転炉、連鑄比率の推移 (出典：鉄鋼統計要覧)

ると十分な広さとはいえずレイアウトの決定には随分と苦勞致しました。しかしその狭いという制約からシーバスというアイデアも生まれてきましたし、コンパクトなレイアウトとなります全連鑄方式を採用したことも、狭いということと無関係では無かったように思います。

私共がこの計画立案を経験して感じましたのは、何もない更地に自由に計画するという事は面白いのですが、自由度がありすぎてなかなか難しいものだったことでした。反面制約があるということは、思わぬ新しい知恵を生むものだったということも感じた訳でございます。

大分製鉄所の建設についてはいろいろ貴重な経験をいたしました。次に全連鑄方式の採用の経緯、考え方について述べてみたいと思います。

連鑄は、省工程・省エネルギーのプロセスでありリアルフローの円滑さからみてもレイアウトの上からも間違いのない方向と考えたのですが、いろいろな解決しなければならない課題がありました。一つは、主生産設備として十分な信頼性があるかということであり、ふたつめは、当時の300t転炉の出鋼能力に充分対応しうるかということでした。更には鋼種、品質を全てカバーできるかということもありました。一方当時行っておりました造塊法によるリムド鋼-分塊方式は、生産性、品質共に非常に優れており、諸外国の連鑄機の操業実績、スラブの品質調査からは連鑄法でこれを凌駕するのは難しく思われました。これらの課題を前に迷っておりましたところ幸いなことに、この課題に解決の糸口を与える情報が雑誌「33」の'69年5月号に発表されたのです。それは6年間かけて開発した技術に基づくUSスチールの新連鑄機関連の記事でした。USスチールでは1ストランドで冷延用リムド相当鋼(リバンド鋼)月産10万tの生産体系を確立するために、同一成分、同一断面のスラブを毎分60吋の高速で多連鑄を行うというものでした。当時は今と違ひまして、鑄造速度については操

業、品質両面から低い速度に制限しなければならないとの見方が強かったのです。又ホットストリップに向ける場合に、ホットストリップは数多くのサイズを圧延しますので、スラブのサイズ変更を頻繁に行わなければならない、高い稼働率を確保するのは難しいのではないかと考えられていました。USスチールの考え方と実績は私共の眼を開かせるものでした。私共はこの情報に力を得て、その実情を調査すると共に、全連鑄化は可能かどうかを検討するのではなく、いかにすれば可能になるか、実現するにはどうすればよいかと発想を転換して検討しました。

結果として、機長を長くして高速鑄造により生産能力を高め、クイックチェンジスタンド、ダミーバー上方挿入方式の採用によって、事故、故障復旧時間並びに準備時間を短縮して稼働率を上げ、シングタワーの採用により干渉を避けてリアルフローを円滑にするなどの新技術を採用することにより(図8参照)、当時2ストランドのスラブ連鑄機の月産能力が5~6万t程度であったのに対して、そうした新技術により月産能力10万tとして計画しました。更にもう一つの大きな対策としては、スラブ厚み250mm一定とし、スラブ幅もできるだけ集約して連鑄機の負担を軽減することを前提に、ホットストリップミルの仕様、能力を検討し、十分なモーター容量と幅圧下能力を持ったスリークォーター方式の圧延機を採用したことです。品質問題については、当面リムド代替鋼としてリバンド鋼を技術導入して対応することとし、その後については全社を挙げて連鑄材の品質改善、新鋼種開発をしていくことにしました。尚、大分のスタートに先立ち、室蘭の連鑄機の他に、'70年当時、社内の3製鉄所にそれぞれ1基ずつ、合計3基の湾曲型2ストランド、スラブ連鑄機が(主として厚板用であるが)稼働開始したことは大きな支えとなりました。

1 高炉段階、300t転炉に対し、2ストランド、スラ

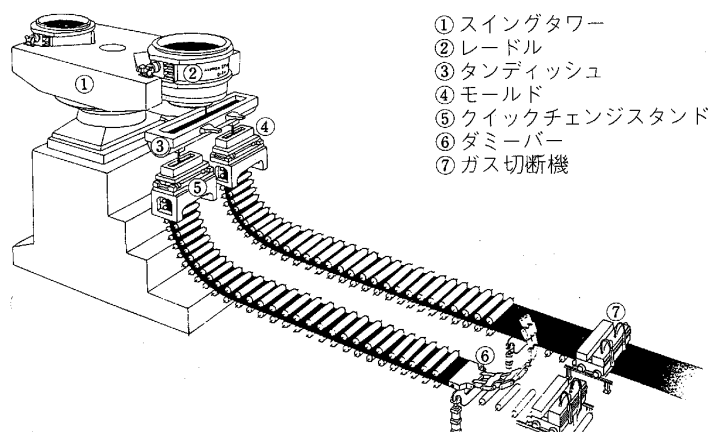


図8 大分1号連鑄機

ブ連鑄機 3 基を設置し、要員の訓練など事前準備を徹底的に行って '72 年に操業を開始しましたが、立ち上がりはブレイクアウトの連続等操業不安定で大変苦勞しました。しかし、操業の習熟、設備の改善により逐次、量質共に向上し、2 高炉段階の建設に着手しました 1 年半後の '73 年の秋には、ほぼ課題は解決しました。1 高炉段階で 3 基設置した連鑄機も、2 高炉段階では、一層の能力増強対策をとり、2 基で対応致しました。今日では、連鑄機能力は各種の技術開発により月産 25~30 万 t となっています。大分では現在、300 転炉 2 基で月産 60 万 t 余りの生産をしており、連鑄機は 3 基整備しておりますが、主体的には 2 基で対応しており、20 年前には想像できないことでした。

今から考えてみますと、連鑄機と圧延機を一体として計画したことがよかったと思っています。今後、各プロセスの連続化が行われるかと思いますが、こうした連続化のためにも一体化して考えるということがますます重要になるのではないかと思います。

我が国の連鑄比率は '70 年頃より上昇し始め、石油危機に加速されて、今日では 90% 以上のレベルになっております。連鑄のような素性のよい技術は、必ず課題解決の解が見つめだされて発展するものだと思います。ただ、肝心なことは、素性のはっきりしない段階での判断であり、取り組みです。全ての課題について立証の見通しが立ってからでは時機を逸することになります。

省エネルギー等の要請からプロセスの連続化が製造の各プロセスで実現しております。CC-DR もその 1 つですが、その実現のためには解決しなければならない各種の課題がありました。その解決への努力は単にその要素技術の向上に止まらず、次の新しいプロセスへの可能性を考えさせてくれるところに大きな意義があるのだと考えています。

5. 技術の流れと今後の課題

最後に、鉄鋼技術の今後の課題について述べたいと思います。

冒頭、鉄鋼技術の変遷について触れましたが、プロセスという観点から見ると表 1 のように特色づけられると思います。こうした変遷はエレクトロニクス等先端技術と生産管理技術の進歩なしには達成できなかったでしょうし、今後もこれらの発達によって加速されると思います。最近 TMCP に見られますように、1 つのプロセスで加工と同時に材質制御を行うというプロセスの融合の時代となっており、今後こうした傾向は一層発展することと思われます。更に、溶融還元、NNS のようにプロセスの省略化、フレキシブル化も志向されるでしょう。これからは従来技術の延長線上での改良、改革ではない革新の時代となりましょう。我が国が 21 世紀も第一級の製鉄国であるためには、この革新を実行、達

表 1 技術の流れ

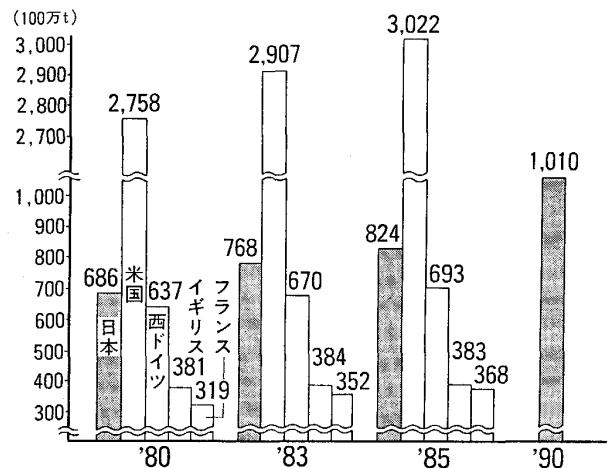
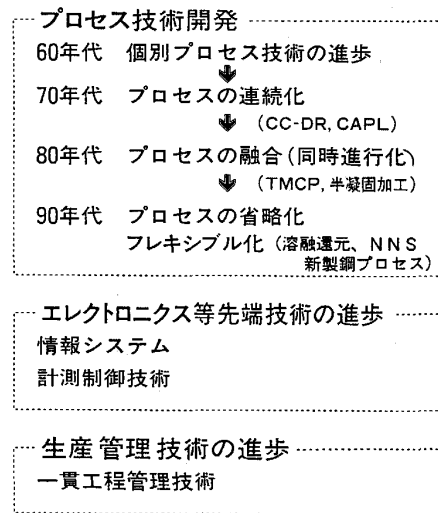


図 9 主要国の鉄鋼蓄積量比較 (出所:「鉄鋼界」)

成しなければならないと思います。

一方、我々を取り巻く環境も大きく変化しております。かつて蓄積量が少なく、原料としてのスクラップの確保の難しかった我が国も、鉄鋼蓄積量 10 億 t となりました。図 9 に示すように、主要国と比較してもアメリカに次いで 2 位で、今後急ピッチで増加することとされます。その結果、図 10 に示しますように、'95 年には老廃スクラップ 3 千万 t、これに加工スクラップ、自家発生スクラップを加えるとスクラップ発生量は年間 5 千万 t を超えることとなります。一方、老廃スクラップの増加によりスクラップの品質が劣化しますのでその対策も必要となると思います。

図 11 は労働力関連ですが、若年層の製造業離れに加えて、若年層比率が低下してまいります。これも大きな問題と考えています。

社会環境の変化を取りまとめてみますと、表 2 のようになります。原料、労働力問題以外に、環境問題もリ

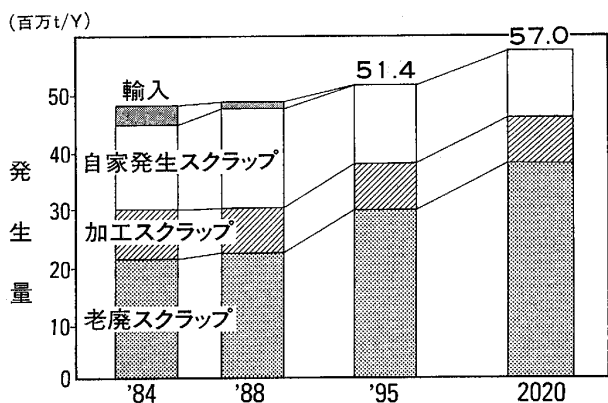


図 10 スクラップ発生量の予測
(出所：鉄鋼統計月報)

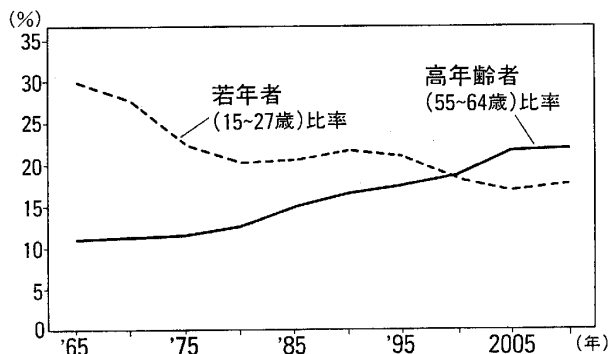


図 11 人口に占める若年者および高齢者の比率の推移
(出典：労働白書)

サイクル、地球環境と大きく広がっております。需要家ニーズも益々高度化していくでしょうし、社会や世界との関わりも深くなってくると思われます。我々もそれに応えていかなければなりません。こうした変化は、従来の延長線上での変化としてではなく、今後は前提の変化として捉えるべきかと考えます。

6. 終わりに

私が鉄鋼業に身を置いた 1948 年は国内的には帝銀事

表 2 社会環境の変化

原料資源問題 高炉—転炉システム採用前提の変化 ↓ スクラップ多消費プロセス 小ロット生産の増大
環境問題 大気汚染等 ↓ リサイクル、地球環境
労働力問題 省力化・生産快適化
需要家ニーズの変化 豊さとゆとり 多品種・少量生産
社会との関わり 良い製品/サービスを提供…間接的 ↓ 社会/都市への直接的支援 社会貢献
国際的関わり 国際貢献 経済摩擦

件、日本戦犯 8 名の処刑があり、上野の地下道には浮浪者がたむろしており、国際的には旧ソ連による西ベルリンの封鎖が行われ、流行語は「冷たい戦争」と「鉄のカーテン」でした。今日はすっかり変わって経済大国日本といわれるようになり、鉄のカーテンも溶けてなくなるといふ変化の激しさです。これからの変化もさぞやと思われます。私共がこの変化を乗り越えて来ることができたのは、“競争と協調”の精神の存在と、よき人材を得、よき人材が育ってきたからだと思います。今後の変化を乗り越えていくためにも同様のことが必須であると思われます。そうした意味で、産・官・学三者によるこの鉄鋼協会が果たした役割は誠に大なるものがあると同時に、今後の期待も又大なるものがあろうかと思われます。皆様方の積極的活動を祈念する次第です。以上を以て私の話を終わらせて戴きます。