

特別講演

□渡辺義介賞受賞記念

私のコールドストリップミルとの係わりと 技術経営について

Experiences on Cold Strip Mills and Technology Management

田中 實
Minoru Tanaka

日新製鋼(株) 取締役会長兼社長

1 はじめに

この度は栄えある渡辺義介賞を頂戴いたしまして、まことに身に余る光栄と存じ厚くお礼申し上げます。

今日まで多くの先輩の皆様方のご指導、それから多くの友人の皆様方のご支援に改めて感謝申し上げる次第です。

私は、若い時はコールドストリップの専門家として育ってきた経緯もあり、自分の技術の故郷でもあるということで、狭い世界ですが過去を振り返ってみて、将来の鉄鋼技術を若干展望してみたいと思います。

2 日本の鉄鋼技術の発展と転換

まず戦後の鉄鋼の歴史¹⁾を若干振り返ってみますと、図1に示すように、昭和30年代から40年代後半にかけて高度成長の波を受けて粗鋼生産量はずっと拡大し続け、昭和48年には1億2千万tと最高を記録した後、そこから成熟期に入ってしまったわけですが、成熟期の間も鉄鋼業は産業の中の基幹として支えて来たと、鉄鋼技術の革新はずっと続いているというのが、私を含め皆さんの評価だと思います。

そのなかでストリップの生産は、薄板比率は昭和30年代前半は20~30%というところだったのが半分近くまで比率が上がってきており、これは経済の、あるいは社会構造の近代性を象徴する、つまり発展途上国、後進国であれば条

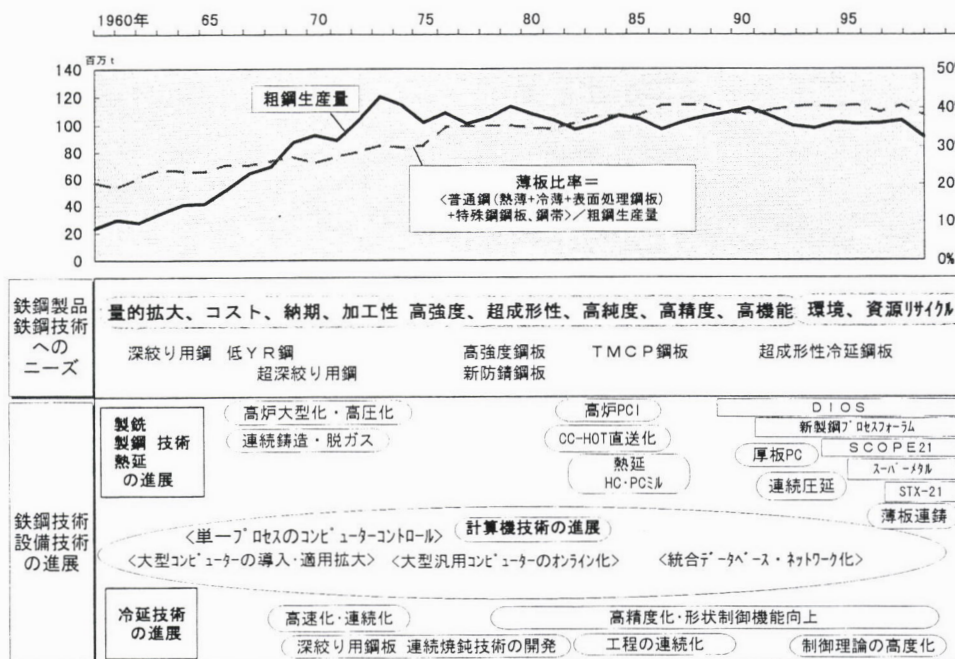


図1 鉄鋼生産の推移と鉄鋼技術の変遷¹⁾

(鉄鋼統計要覧(1960~1999年度版)他より作成)

鋼の生産が多く、先進国であれば薄板製品が多い、そういった傾向が現れてきたと言えます。

一方、鉄鋼製品を取り巻く環境について概観してみると、最初は立上りの時期で、コストを下げるとか、量をいかに増やしていくとかということに精一杯でしたが、この成熟期に入り中身を変えていくということでのいろいろな品質のレベルアップ、あるいはその製造法について、技術の進展が相当にあった期間だと思います。

昨今の鉄鋼技術を取巻く状況を概観すると、自分たちの手元にある技術から随分と幅が広がった、いわば外的動機で鉄の技術を考えなければならないという特徴が出てきており、昨今よく言われている環境、資源問題あるいはリサイクル、安全問題等々、かなり様相の異なった新しい時代が来ているのではないかと思います。

一方、製造技術の面から見てみると、当初高度成長時代というのは大型化であり、高速化であり、それに伴って製造のプロセスが複雑になっていったわけですが、その後は製造法のコストダウンということを主力にして、連続化、主として圧延工程法でいうと設備を短縮していくという技術がかなり進展していった、こういう時代であったと言えます。

また昨今の鉄鋼技術開発の趨勢というのは、DIOSや、新製鋼プロセスフォーラム、SCOPE21があり、また次世代の材料を目指したスーパーメタル、STX-21、強度2倍、寿命2倍など、要するに社会構造を変えていく鉄鋼プロセスや鉄鋼材料の開発であり、もうひとつ別の観点からみると、

リスクが大きくなってきて1社だけでは手に負えない、共同研究の幅を広げなければいけないという技術課題が非常に増えてきた、ということが昨今の特徴ではなかろうかと思っています。

こういう鉄鋼技術の発展を支えてきたのが、いわゆる周辺技術としては、私も助けられたのがコンピューターコントロールの技術です。それが今日のITの世界へと繋がってきているという理解です。

3 冷延技術と私の係わり

3.1 冷延製品と冷延技術の変遷

日本における薄板表面処理鋼板の変遷²⁾を図2で概観すると、例えば熱延鋼板の部類では、高度成長期の490MPa級の強度の材料が980MPa級になってきた。さらにはそれを凌駕してきているということ、あるいは冷延鋼板でいうとランクフォード値が1.6~1.7のあたりで四苦八苦していたのが、今ではその倍のレベルのものができる。またハイテンも1180MPa級を越えるところまで来ています。

一方、鋼材そのものの品質も非常にレベルアップされてきて、今では1級保証率は100%、つまり自動車メーカーに行ってもppmのオーダーでしか欠陥品がないというレベルまで技術は進歩したわけで、こういうものを支えた形状、寸法精度、外観、そういう製品品質が格段に向上してきたというのが今日の状況です。例えばブリキでいうと、いろいろな技術の向上と相まって、どんどん薄肉化していき、

	S35(1960)	S40(1965)	S45(1970)	S50(1975)	S55(1980)	S60(1985)	H2(1990)
社会情勢		高度成長期		低成長期		技術革新期	
需要動向	一般冷薄 ブリキ用素材 特別講演	深絞り用鋼板 (自動車産業の急成長)		超深絞り用鋼板 DIPSブリキ 自動車用AS鋼板		高加工性ハイテン EL鋼板	超々深絞り用鋼板 AS-E鋼板
前工程	転炉化	連続鋳造		連続サイズ・鋼種の集約、直送化			
後工程		連続焼鈍化		CAPL化の拡大、CGL、EGL			
熱延鋼板	材質/ハイテン化 疵/コイル内一級保証率 寸法/全長全幅保証(エッジ25mm) クラン制御(エッジ25mm)	490N(50K) → 590N(60K) → 780N(80K) → 980N(100K)		85% → 90% → 95% → 97% → 99%			
		±150μ → ±100μ → ±50μ → (±30μ)		≤50μ → ≤20μ → (≤10μ)			
冷延鋼板	材質/軟鋼 /ハイテン 疵/コイル内一級保証率 寸法/全長全幅保証(エッジ25mm)	AI-K鋼 r=1.6 → IF鋼 r=1.8~2.0 → 2.1~2.4 → (2.5~2.8)		340~590N(35~60K) → 780~1180N(80~120K) → 高残留rハイテン			
		85% → 90% → 95% → 98~99%		±8%(JIS A) → ±5%(JIS B) → (100%) → (±2%)			
ブリキ	寸法/ゲージタウ(10mm) /全長全幅保証(エッジ10mm) 用途(飲料缶)	±10% → 0.32mm → 0.30 → 0.24		±5% → ±3%			
		接着缶 DI缶		溶接缶: Ni-Crメッキ(キャンウエル) Ni-Snメッキ(キャンライト) 2ビース缶: タルク			
自動車用防錆鋼板	防錆目標 防錆鋼板/溶融めっき 電気めっき 樹脂コーティング 塗装技術	カダコート 3~1年 5~1.5年 フルイックコート 6~3年		10~5年			
		片面GA → 2層GA → 2層Zn-Fe		2層厚目付GA			
		Zn-Ni → ジンクロメタル → 有機 Zn-Ni → 薄膜有機 Zn-Ni					
		スプレー化成 → 浸漬化成 → Mn-Ni添加化成					
		アノ電着 → カタ電着					

図2 日本における薄板・表面処理鋼板技術の変遷²⁾

スチール缶という使用領域を高めていっている。最近では、0.2mmを切るといったレベルまで来ているところです。

そのなかでも、私が昭和30年代から50年代までずっと一生懸命やってきたと思うのが、自動車対象の仕事でした。この自動車用鋼板をいかにうまく造っていくか、自動車会社のニーズにいかに応えるかということに四苦八苦しましたが、それが他の電器用の鋼材であれ何であれ、普遍的に適用されて品質が上がってきたということです。特に自動車で言うと、当初の昭和30年代は鋳で四苦八苦していたわけですが、表面処理の技術も上がって、今日では5年10年耐用にも十分クリアできてたいへん自動車の長寿命化に寄与している。今では保ち過ぎているというのが自動車会社のお話で、エンジンでいうとメーターが3周りするそうで、いくら走ってもエンジンが壊れない。このこと自体は、いろいろな階層の人間の、豊かさを追求する欲望と相まって、非常に大きな中古車市場を創出していったということに繋がっていると思います。

3.2 冷間圧延機への計算機制御システムの導入

冷延プロセスの変遷^{3,4,5)}を図3でまとめてみましたが、昭和20年代は圧延機そのものはまったく輸入で、昭和30年代は主として技術導入の時代でした。この昭和30年代は、国産技術で自分たちの望む鋼板をいかに安く、いい品質のものを造るかということに四苦八苦していた記憶がありますが、昭和40年代に入って初めて日本独自の国産技術による圧延機が実現してきました。そのなかで私が一番初めに

冷延技術の世界に入り手掛けたのが、冷延ミルへの計算機制御システムの導入です。

昭和40年に、当時の八幡製鉄本社にオートメーション委員会が設置され、その主査が技術のトップである湯川副社長でした。私が戸畑製鉄所の冷延技術掛にいたときに、当時、戸畑で最新のミルは昭和37年にできた戸畑第4冷間圧延機でしたが、それに計算機を入れようという指示がありました。しかし、はてさて計算機制御を導入しろと言われても企業として採算が取れないといけなわけですが、いくら計算しても投資効率に乗らない。そもそもコンピューターを造る側もどんなコンピューターをどういう風にして入れるか暗中模索という具合で、最後は投資効率に能率と品質向上効果を合せて、それで予算の令達を受けて導入したのが、日本で初めての計算機制御システムだったわけです。

当時の若い人達が、現場でストレインゲージを貼付けてミル剛性を計算していた、活き活きとした姿が今でも私の目に浮かんでいます。

私は今日まですべて「現場現物主義」という考えでやってきましたが、その出発点がここにあるという気がします。

またその時にどこよりも先駆けて、コンピューターコントロールが利用されていくという、時代を見越した技術トップの先見性というのはたいしたものだったと、当時一介の掛長でしたが、たいへん印象に残ったものです。

図4に、当時の戸畑の第4冷延と、最新の日新製鋼の東予製造所に設置する4スタンドのタンデムミルのコンピューター制御の機能比較をしています。コンピューター

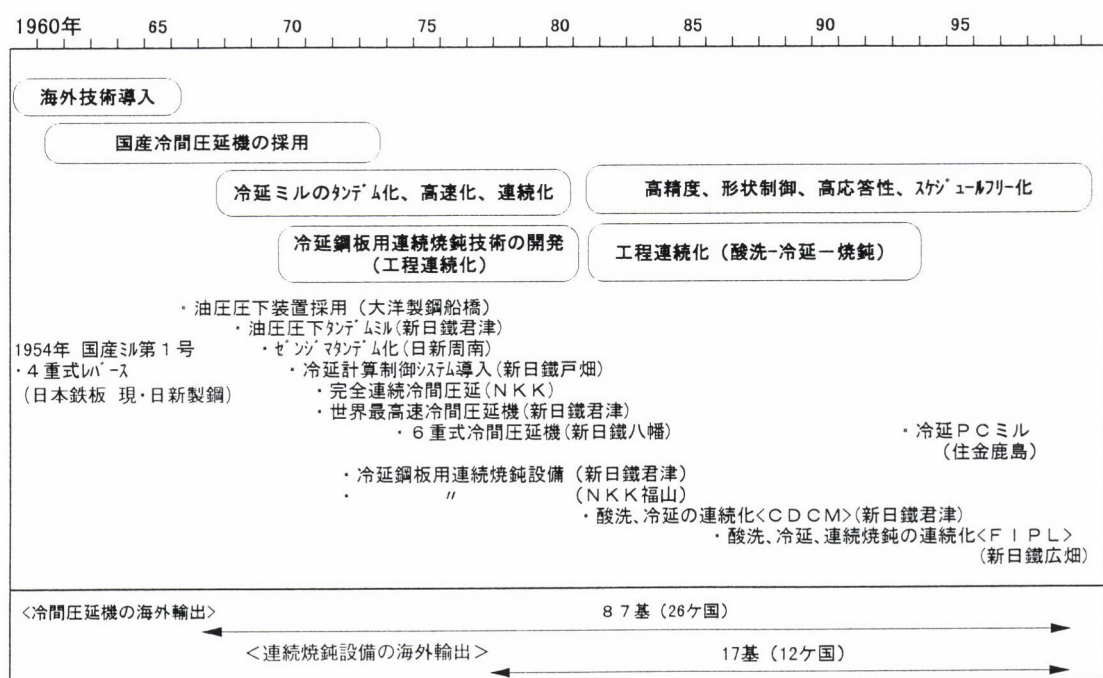


図3 冷延プロセス・冷延技術の変遷^{3,4,5)}

ターの性能、コントローラーの性能、あるいは駆動装置、ミルセット、ゲージコントロールのキーとなる圧下装置、制御機能等々を比較しても、オーダーが2桁違っているということで、たいへんな進歩を遂げてきたというのが実感です。

3.3 冷間圧延機の新技术開発

その後、君津製鉄所の冷延の建設の話があり、それまでは建設は建設屋、操業は操業屋というボタンタッチ方式だったのが、このとき初めて操業する者が建設を担当するという仕組みになりました。私は君津の冷延の建設を操業する前提で担当したのですが、その時にたいへんでこずったのが油圧圧下タンデムミルでした。油圧圧下はレバースではありましたが、コールドタンデムミルに採用したのはこの君津の冷間圧延機が1号機です。その当時を振り返ってみると、昭和41年にNKK福山製鉄所に6フィートの5スタンドのUE/芝共製のタンデムミルが稼動していて、そのミルの性能が非常に良いということを知り、これを導入しようと張り切っていたわけですが、その時また技術のトップの判断は、日立製作所の国産1号機と言うことでした。

たいへん議論がありましたが、それでスタートすることになりました。

当時の記憶では、特許に出ているものはありとあらゆるものを総ざらいし、ほとんどのものはこのミルに入れた記憶がありますが、そのなかで一番苦労したのがこの油圧圧下のタンデムミルへの採用です。

さて、こういう油圧制御でスタンドのW側とD側の圧下

制御がうまくミルモジュラスを補償してきちんと板厚制御できるか、ミルセットできるかということに随分苦労した記憶がありますが、その稼動後は今度は予想もしなかった油洩れでたいへん苦労しました。それも2年ぐらいでケリをつけましたが、そのミルは今でも一流の設備、制御レベルを誇っています。

その当時は、ありとあらゆることを何でも技術を入れてやれとやったのですが、大変けつまづきが多かった。ところがそれを全部カバーしたのが、最後は人の力だったということです。それから私は、この人間の持つ能力、力というものをたいへん信じるようになって、いろいろなディシジョンを下す時に、相当これは無理があるなということでも大胆な方で決断をして、いずれ「人」が解決してくれると信じてやってきました。こういうきっかけをこの君津の冷延はつくってくれたと思っています。

3.4 技術の更なる進展

日立製作所のPRをするわけではありませんが、昭和41年に国産ミルで造れと号令を掛けられた結果は、今日まで日立製作所が造られた国産の圧延機は42基にのぼり、その後の技術の進歩を入れた6Hiのスタンドの数はすでに200基を越えているという状況で、他のメーカーも同様に最新の技術を導入した国産ミルを造っていきました。

鉄鋼とメーカーの2者の、技術の先見性と実行能力がいかに優れていたかということを実感します。

現在の鉄鋼協会の活動状況は私には詳らかではありませんが、昭和30年から40年代当時の鉄鋼協会はいろいろな分

項 目	戸畑 NO.4冷延ミル(1970年)	日新東予冷延ミル(2000年)
1. ビジコンのハードウェア性能		
(1)主記憶装置	64KB(コア)	256MB(1C)
(2)補助記憶装置	400KB(磁気ドラム)	16GB(磁気ディスク)
(3)演算速度(加減算)	3.2μ秒	0.05μ秒
2. プロコンのハードウェア性能		
(1)制御方式	アナログ計算方式	プログラマブル ロジック方式
(2)制御性能	1232個の演算器	256Ksteps(3倍増設可)
(3)表示・操作機器	設定表示盤	CRTタッチ操作
3. 駆動装置		
(1)駆動・制御方式	M-Gセット、MAG-777	交流電動機、インバーター
(2)速度応答	600 m秒	50 m秒
(3)速度制御精度	±1.0%	±0.01%
4. 圧下装置		
(1)圧下方式	電動圧下方式	油圧圧下方式
(2)圧下応答	0.5Hz	20Hz
5. 制御機能		
(1)板厚制御	圧下AGC、張力AGC (経験的圧下率配分計算式)	非干渉AGC (理論式)
(2)セットアップ	セットアップ	データミックスアップ
(3)形状制御	なし	ニューロー・フジ-制御
(4)自動化	なし	前後面ハンドリング、オイルテラ、ロールジョブ
(5)生産システムとの接続	カード媒体	工場LANリンク(光通信ネットワーク)
6. その他		
(1)ベアリング	油膜軸受	ローラーベアリング
(2)板速計	PLG	ドブラー式板速計

図4 戸畑No.4冷延ミルと最近の冷延ミルの制御システムの比較

科会があり、圧延理論部会が昭和30年から開設され、正式に共同研究会がスタートしたという記憶がありますが、いろいろな分科会にメーカーの方々の参加数がたいへん多かった。いかに使う側の技術を結集して、鉄鋼に寄与する設備を提供するかという、活気溢れた時代であったという気がします。

その結果、図5に示すように、現在では板厚制御も非常部の制御が随分できるようになり、どんな部分をとっても精度が0.5%に入っているという状態ですし、かつ多くのタンデムコールドミルは連続化してきて、板厚制御はより容易になってきました。形状についてもファジイ制御等々の制御理論が発展して、大変形状のよい銅板が生産されるようになり、おそらくこの品質レベルは世界のどこと比べても、日本が依然として今、一流である、一級であると自負しています。

3.5 日本の冷延ミルの位置付け

世界のコールドタンデムミルの新設経緯をまとめると、昭和30年代から40年代全般にかけて、アメリカも日本もタンデムミルの建設を数多く行っており、ヨーロッパはステディに少しずつという状態ですが、その後、アメリカの場合は1980年代に入り、大変な構造的な問題に出くわして、鉄でいえば技術開発は金で買えばいいというぐらいいストラをやり、その後冷延ミルはほとんど建設されず、かろうじて最後のところに新日鐵がインランド・スチールと合併で造ったI/N TEKのタンデムミルがあるという状況です。

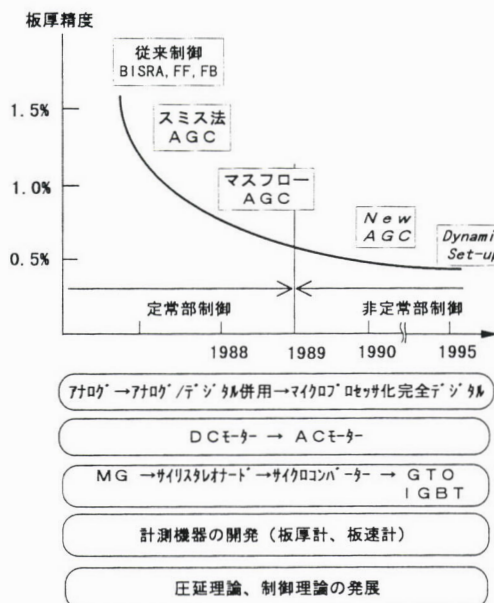
ところが日本の場合、昭和30年代から40年代半ばまで

タンデムの建設は続いたのですが、その後も多くの分野でいろいろな努力が重ねられていたわけで、新しいミルがそれぞれの年代毎に1つ、2つ実現していつている。そしてもうひとつ、日本の冷間圧延機の特徴は、昭和40年代に集中的に建設されたミルが全てリニューアルの時代を迎えて、途中で例えば連続化するとか、あるいは制御機能を更新するとか手を加えられており、アメリカの団塊となって造られた時代のミルと比べると、日本のミルはそれぞれ古いですが、時代に沿った新鋭機能を備えていると私は評価しています。

さてそういう技術の流れのなかで東南アジアも発展してきて、今は韓国、台湾、あるいはみなさんと一緒に手掛けた宝山製鉄所の、これはドイツ製のミルですが、こういうところを起点としてアジア各地に実現していつて、東南アジアに建設されている冷間圧延機は設備としては新鋭機であると言えます。

さきほどその後の技術の進歩といいましたが、ここで注目すべきは、三菱重工にそのオリジナルが求められるペアクロスミルと、日立製作所にそのハードの技術が求められる6 Hiのハイクラウンミル、この両者の競争であったわけですが、こういう設備技術が各鉄鋼メーカーにどう採用されるか、どういう良い製品を出しているかということです。こうした切磋琢磨が、日本の冷延技術の絶え間ない進展を支えてきたと言えます。今回まとめた図6は、今日の世界の冷間圧延技術を概観するのに興味深い多くの事を示唆しています⁶⁾。

＜板厚制御の変遷＞



＜形状制御の変遷＞

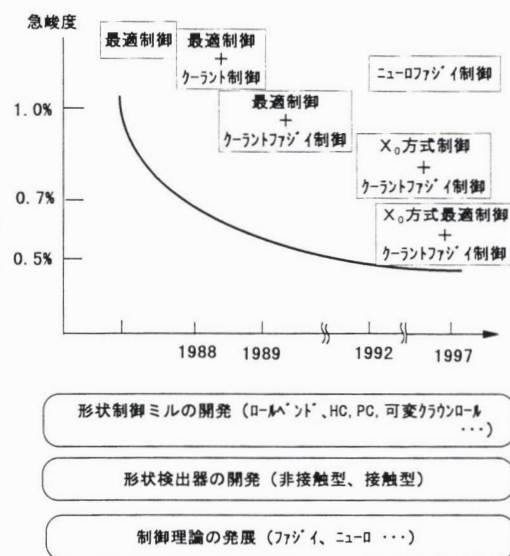
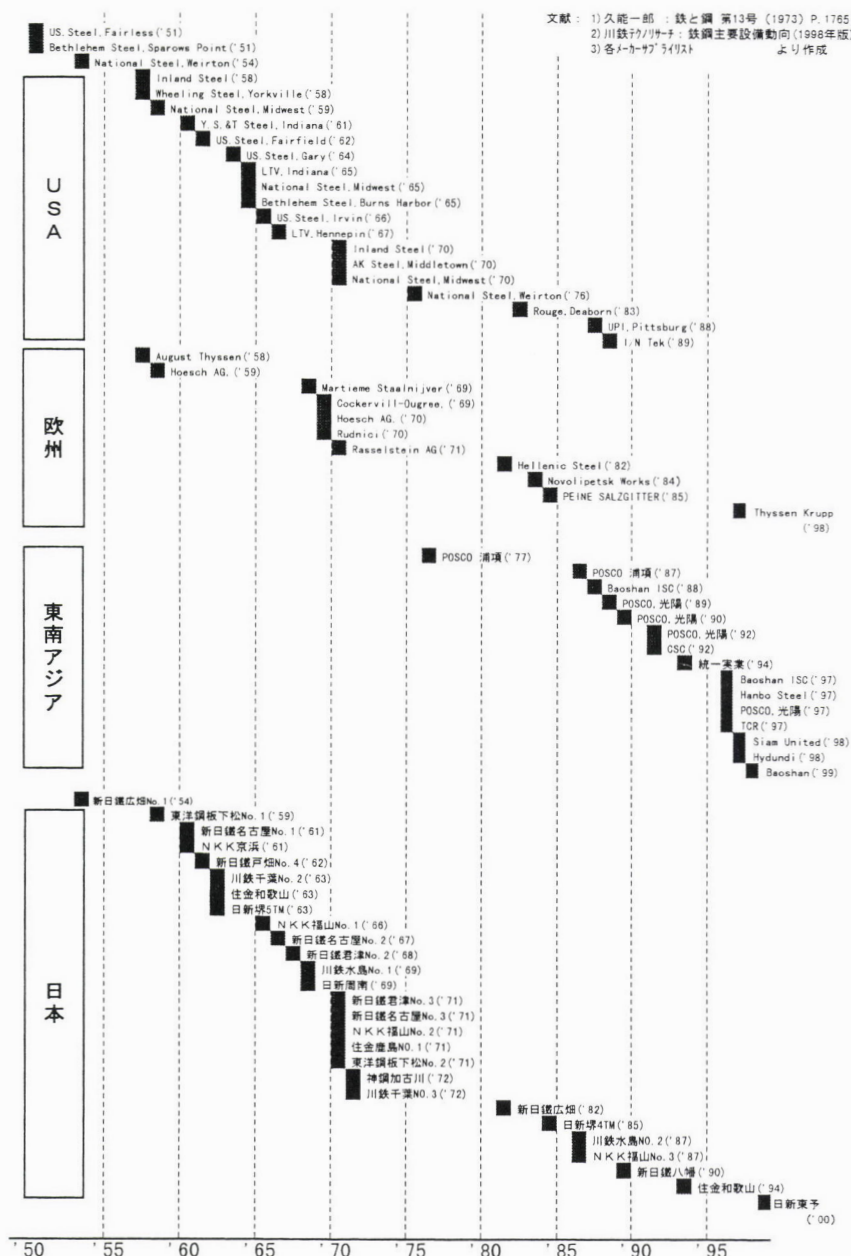


図5 AGC（板厚制御）、ASC（形状制御）技術の変遷（出典：日立製作所資料より作成）

図6 地域別タンデム冷間圧延機の建設年⁶⁾

3.6 工程の連続化

またその後の技術の進歩のなかで、工程の連続化があります。

君津の冷間圧延機の前に連続酸洗設備があるわけですが、昭和41年にこれを繋いで連続化しました。当時から私共は図面で酸洗と冷延を繋いだ図面や、亜鉛めっきラインとカラーラインを繋いだ図面を描いていました。当時はまだ実現しなかったわけですが、そういう時代が来たら必ずやれるレイアウトにしようとしていたことが、それほど先でない時期に実現していったということです。

圧延関係は連続化の道を辿っていった技術があると言いましたが、冷間圧延法で言うと、新日鐵広畑製鉄所の1982

年から稼動している、FIPLといって、酸洗から圧延、そして熱処理まで全部繋ぎ、工程の連続化、一貫化、効率化を図ったという日本で唯一のラインです。これがI/N TEKのモデルになったもので、向こうにそっくりそのまま建設したというものです。

3.7 新時代の冷延ミル

制御系が非常に進歩したと言いましたが、日新製鋼東予製造所に建設されている圧延機のメインプルピットを見ると、その操作はタッチパネル方式でパソコンが3台ぐらいあるという感じの運転台で、後は何もなく、これだけで圧延機全体を制御しているのかという感じで、従来の制御設



図7 日新製鋼 東予製造所冷延ミル運転室内

備からしてみると隔世の感があるという気がします。

私とコールドストリップとの係わりと言いましたが、昭和37年から約10年間、ただ、ひたすら圧延屋としての仕事を歩んできたわけですが、今、立場が変わって今世紀の最後に新しいミルを世に送り出すことができるのも、これも私とコールドストリップミルとの係わりの、ひとつの運命であろうと思っています。

4 これからの技術開発の展望と技術経営

以上、いろいろ述べましたが、私が申し上げたかったことは、私の技術の人生というのは全て「現場主義」「現物主義」で通してきたということです。

今でも私は、本社で物事を決めるということは嫌いです。技術についてのことは必ず現場に行って決めるという習性が身についているというのが一点めです。

それから技術開発について敢えて言いますと、どうもこれからの技術の課題というのはちょっと切り口が違ってきているという気がします。

つまりユーザーとの付き合いの延長線上に新しい技術があると思うのは違っているのかもしれない。我々が今までやってきた成功の体験からその延長線上に新しい技術があるというのもあるいは違うのかもしれない。もちろんこれも大切ですが。もちろん もっと何か違う切り口があるような時代が来ているのではなかろうか、という感じがするというのが二点めです。

それから三点めは、私が過去一貫して、非常に自分と年齢のかけ離れた技術の先達に直接薫陶を受けてきたということです。従って私はその後、常に、自分より15歳も20歳もかけ離れた若い人達と対話をして、技術をどうするかというような議論をし、指導育成してきましたが、つまり職制階層の順の教育よりも、飛び離れた教育をしていくと、

それだけ上から下まで太いパイプができてその会社の力が強くなるというのが私の信念になっています。

これからも鉄鋼業は産業の基幹であり続けるでしょうが、中味は技術革新の連続でなければいけません。私共経営者は、そのために再生産を可能とする、Incomeを確保することにもっと努力をすべきだと思います。そうしないと、鉄が駄目になると二次産業も駄目になり、日本経済は沈んでしまいます。

最後に、いろいろな場面で活用してきている「活力ある製造業を目指して」は私の仕事のキーワードですので、御参考までに付記致します。

「活力ある製造業」を目指して

- ・新しい技術へのあくなき挑戦
 - 人より先に手掛ける
 - ITは目的でなく手段
- ・グローバル経営
 - 国内産業の国際化
 - 規制撤廃・緩和
 - 世界で生活の為に保証された仕事はひとつもない
- ・豊かな社会
 - 物心両面のバランス
 - 透明性のある社会
 - 地球環境
- ・人材育成
 - 機会均等と結果評価、出る杭を育てる
 - みんな創造性が高い必要はない
 - 長い目で見て産業構造は転換していく

参考文献

- 1) 鉄鋼統計専門委員会：鉄鋼統計要覧(1960～1999年度版)，(社)日本鉄鋼連盟
- 2) 岡本篤樹：第167・168回西山記念技術講座，(社)日本鉄鋼協会，(1998)，29.
- 3) 川並高雄：第169・170回西山記念技術講座，(社)日本鉄鋼協会，(1998)，1.
- 4) 中島浩衛，濱渦修一：圧延理論部会第100回記念シンポジウム，(社)日本鉄鋼協会，(1994)，1.
- 5) 福島丈雄：第88・89回西山記念技術講座，(社)日本鉄鋼協会，(1983)，137.
- 6) 久能一郎：鉄と鋼，13(1973)，1765.

(2000年4月27日受付)