

戦後日本鉄鋼技術体系の分析

An Analysis on Japanese Steel Technology System after the World War II

95M20301 叶 芬斌

指導教官 木本 忠昭 教授

SYNOPSIS

This paper examines the development of Japanese steel making technology after the World War II with regards to its internal processes and social relations.

There were three stages in Japanese steel making technology after World War II. The first was the development of steel-rolling which fostered steel-making technology (from open-hearth furnace to converter) in the second half of 1950s. The second was development of converter steel-making which advanced iron-making (blast furnace) in the early 1960s. The third was the development of converter, which led to the continuous casting and CC-DR(continuous casting and direct rolling)in the early 1970s.

The steel technology was shaped by social conditions and environmental factors. Particularly, in the 1970s, the issues, such as the energy saving, the environmental problems, and the needs for materials played a significant role in the development of Japanese steel technology.

第1章 問題設定

- 1-1 研究の背景
- 1-2 先行研究と本研究の視点
- 1-3 研究の方法と構成

第2章 戦後技術出発点としての終戦までの鉄鋼技術体系

- 2-1 終戦まで鉄鋼技術の基礎体系の形成
- 2-2 終戦当時鉄鋼技術の状況評価
- 2-3 終戦直後の鉄鋼技術の展開特徴

第3章 戦後鉄鋼技術の発展構造及び技術関連

- 3-1 はじめに
- 3-2 技術の関連から見た戦後鉄鋼生産技術の展開
- 3-3 戦後鉄鋼生産技術体系の構成分析

第4章 環境対策技術と省エネルギー対策技術発展の構造

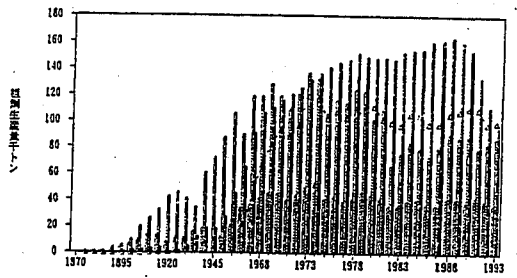
- 4-1 70年代以降鉄鋼技術体系の影響要因
- 4-2 鉄鋼生産における環境対策技術
- 4-3 エネルギー削減の鉄鋼技術の構成

第5章 鉄鋼技術体系変化の特質及び変化の内的、社会的動因

- 5-1 原燃料の輸入及び技術の導入と鉄鋼技術体系
- 5-2 産業構造及び需要の転換と鉄鋼技術体系
- 5-3 60年代後半の製鋼技術の停滞
- 5-4 環境・省エネルギーの対策技術の論理

第6章 結論

技術発展に関する研究は、従来高炉や製鋼、圧延などの各分野の個別的な発展を辿ったものが殆どであり、技術体系展開の実証に関する研究はあまりなされていない。鉄鋼技術は相互に関連し、体系を持つもので、全体を見ないと、個々の技術の展開を評価することもできない。製鉄、製鋼、圧延と言う一連の体系を全体的に見ることから、戦後日本の鉄鋼技術の発展を分析することが本研究の目的である。



日本と世界主要先進国製鉄生産国との比較

図1-1 日本と先進国製鉄生産国の製鉄生産比較

第2章 戦後の技術出発点としての終戦までの技術体系

(1) 終戦までの基礎技術体系の形成分析

日本は従来のたたら製鉄法から変身し、近代製鉄技術が比較的早い時期に発展された。図2-1に示したのは主に製鉄製鋼の技術発展の関連と日本に定着した年代を示す。コークス高炉、平炉及び電気炉は戦後にはいってから大幅に改善されたが、1960年代までに戦後鉄鋼生産技術の基本的な体系をなしたものである。転炉はベッセメ転炉からトーマス転炉へ変換され、トーマス転炉は戦後一時的にまだ採用されたが、その後平炉とともにL/D転炉に変身した。

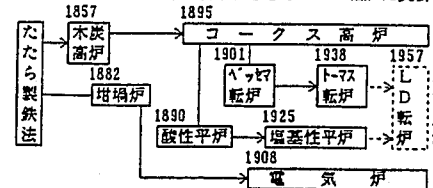


図2-1 終戦まで製鉄製鋼技術の形成と関連

加工技術では近代圧延技術ストリップミルが1936年米国から導入、ブリキ技術は1922年ドイツから導入され、鋼材生産では軍

第1章 問題設定

近代日本の鉄鋼技術の発展は1901年の官営八幡製鉄所の建設を初め、鉄鋼一貫生産体制を導入、近代基本的な生産体系を形成した。特にコークス高炉と平炉の鉄鋼生産は戦後にも技術の出発点として大きな役割を演じていたが、戦後の日本鉄鋼技術は戦前の基礎をベースにして、技術導入を核子にして急速に発展してきた。70年代前半日本は最も高い生産量に達し、技術水準も世界で上位になっている。図1-1に示したのは戦後日本粗鋼生産と世界先進鉄鋼生産国との比較である。

日本の鉄鋼技術の中の生産性向上技術は60年代中期で一つの段階として、その後、国内の環境と国際のエネルギー問題及び産業構造と需要構造の変化等の問題に直面する事になる。社会的経済的環境の変化に対応する技術開発が当面の課題となり、70年代以降の技術体系の形成は大きな影響を受ける。90%以上の原燃料の輸入及び約半分を占める日本の鉄鋼及び製品の輸出に大きな影響を与えられたのは80年代にはいってからである。先進国では日本と同じように世界的な生産高がやや増加する中において減少する傾向が見えた。中進製鉄国は80年代末に至る時期、生産能力の伸び率が比較的高い。日本の鉄鋼技術は戦後急速発展によって成熟化が問題となり、技術が停滞するようになっていく。こうして、戦後日本鉄鋼

需のために、この頃発展してきた。
 (2) 終戦に至る基礎体系の実態評価

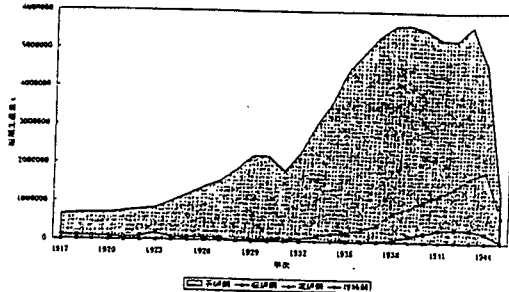


図2-2 戦前まで粗鋼別生産高

1945年終戦の時点で、日本近代製鉄技術が始まって以来、高炉・平炉・電気炉・圧延と言う近代的な技術体系が形成されていたとみられる。特に19世紀末と20世紀の初頭、技術の発展は苦しかった。終戦当時の日本鉄鋼技術体系はコークス高炉を中心とする製鉄技術、平炉法が主役で、電気炉及びトーマス転炉の二つの製鋼体制、そして加工技術の最も近代的なストリップ圧延技術がその中核であった。特に製鋼の面では平炉が終戦後の50年代まで粗鋼生産の80%を占め、1961年には最高生産高に達している。トーマス転炉の技術的経験は戦後LD転炉へ技術誘導要因の一つであると考えられる。この経験がなければ、LD転炉の日本への導入は遅れたかも知れない。図2-2は終戦前生産高を表したものである。

(3) 終戦直後の技術回復

戦争により日本の鉄鋼業は破壊的な災害を受け、被害比率は約20%であった。また、戦後占領政策によって、輸入燃料の使用が制限され、最初の5年間は設備と技術の回復がその中心のことであった。アメリカ技術者の指導によって、製鉄技術では主に原燃料の処理技術、製鋼技術と圧延技術では操業技術の改善により生産効率の向上を中心とした結果であった。特に製鉄の生産性の向上とコストの低減は戦後発展時期の1953年に至って、アメリカとの差が殆どなかった。5年間に渡って、日本鉄鋼生産と戦前形成された技術は回復し、1950年6月に朝鮮戦争の爆発によって、大きな鉄鋼需要市場が与えられ、戦後鉄鋼技術発展の時期に入った。

この時期には、圧延の設備及び技術は終戦の時点から遅れたまま、製鉄、製鋼、加工と言う三つの鉄鋼技術部門では圧延技術においては老朽化が最も大きな問題点となった。

第3章 戦後鉄鋼技術の発展構造と技術関連

(1) 戦後鉄鋼生産技術体系の形成関連

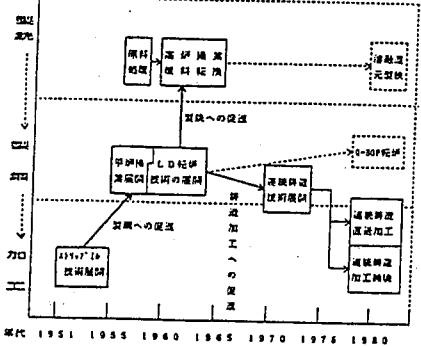


図3-1 戦後鉄鋼生産技術体系の形成及び技術的関連

戦後日本鉄鋼生産技術体系の形成過程で各分野の主な関連は三つの時期に転換点が見える。まず第1には、50年代に圧延技術の進展から、圧延能力の向上によって、製鋼生産能力の不足が問題になり、平炉製鋼技術への量的要求から技術的転換への促進したことである。この時期には、まず、酸素生産より平炉の酸素製鋼技術が進展し、加えて57年代末に導入されたLD転炉はトーマス転炉及び

平炉の酸素製鋼の経験から技術の面で急速に発展、平炉から転炉に進展したのもその時期の特徴である。第2には、60年代前半には、平炉製鋼及びLD転炉の技術の進展によって、特にLD転炉の製鉄の配合比率が高いため、製鉄の大量需要によって、高炉の操業技術に影響を与え、製鉄技術が大幅に進展し、製鉄・製鋼技術は確立された。第3には、70年代に入ってからの製鋼技術の進展によって、加工造塊技術への要求が出された点である。特に60年代後半の圧延の制御システムの進展により鋳造の効率化が要求された。連続鋳造技術は60年代初頭に導入されたが、しかし、連続鋳造技術の進展は70年代初頭から遅れがみられる。戦後鉄鋼生産技術体系の形成における技術的関連は図3-1に示す。

(2) 戦後鉄鋼生産性向上の技術展開

戦後日本鉄鋼技術の展開はまず生産性向上から見ると、以下の5つの段階に分けられる。

第1段階では、戦前確立された基本的な技術体系のなかの高炉・平炉・電気炉の製鉄・製鋼技術体制が終戦直後に技術上では速やかに回復され、比較的圧延技術の方が遅れることになった。1951年からの5年間、近代的な圧延技術は導入技術によって大幅に進展した。問題点は圧延技術の進歩、加えて高炉の修繕、原料の事前処理によって、製鉄能力が拡大したことから製鋼力の不足が問題になっていく。

50年代後半には平炉における酸素製鋼技術の採用が全面的実行され、平炉の大型化の進展が最も著しい。製鋼能力が上昇した。高炉はこの時期に高炉が大規模に建設されたが、鉄鋼バランスがまだ調整される必要があった。1957年のLD転炉の導入から5年間は技術面での進歩は殆どなかった。殆どの技術の進展は1960年代にはいってからである。量産から見ても、平炉の方がまだ主導地位にあった。体系上ではまだ高炉・平炉が主導である。この時期の酸素製鋼と酸素の生産がLD転炉導入の技術的要因の一つとなった。

第2段階では、日本鉄鋼技術にとって、最も重要な技術進展の時期である。60年代前半には製鉄、製鋼、加工などあらゆる分野の技術発展は、近代日本鉄鋼生産が一応の技術体系を形成させるに至ったと考えられる。まず、転炉技術は50年代中期に導入され、1960年初頭からいくつかの技術の改善が行われたが、この技術はその後転炉を日本で普及させることに大きな役割を果たした。転炉の本体設備の改造、ランスの多孔ノズル方式の採用(1963)、転炉脱ガス処理の06法の採用(1962)、鋼種生産の拡大及びコンピュータ制御の導入(1963)等、これらの技術研究はいずれも60年代の初頭に終わったのである。転炉の技術の形成につれて、量産の増大の見込みに伴って、高炉の大型化が更に促進された。高炉におけるいくつかの技術導入が行われた。高炉の操業に最も効果のあった技術は高温送風(1961)と高圧操業(1963)である。また、戦後日本鉄鋼技術のエネルギー削減の大きな成果を挙げた連続鋳造技術が日本へ導入された。転炉技術の形成によって、高炉に対する技術要求だけでなく、造塊能力に対する技術的要求が明確になってきた。こうして1960年代中期に至る日本の鉄鋼技術は生産体系がほぼ形成されたと考えられる。

第3段階では、60年代後半の高炉操業技術の改良及び圧延(ホット、コールド)にコンピュータの導入に至る製鉄所全体のコンピュータの採用が中核となった。高炉面では超高压操業及び燃料多量吹き込みの採用が行われた。コンピュータ技術は主に計測、制御、及び機械化とデータ処理である。現代的な省力化、快速化、大型化の製鉄所が日本で出現した。しかしこの時期には新たな体系的な技術を展開する要素は見られない。

第4段階では、70年代である。連続鋳造技術は1961年に導入されたが、しかし、その後約10年間、特に60年代後半には、技術の進展はあまり見られなかった。70年代に入ってからは、特にオイルショックが起き、省エネルギーに対応するため、この技術が本格的に重視され、70年代中期から連続鋳造の比率が急激に増加し、80年には60%の比率に達した。日本は世界で最も利用の進んだ国となる。

第5段階では、80年代のQ-BOP転炉及び転炉の複合吹き込み方法の導入によって、転炉製鋼技術に少しの革新はあった。連続製鋼技術の研究と実験などの新しい製鉄製鋼技術の導入である。70年代初頭に導入された連続鋳造技術から連続鋳造直送加工技術(CC-DR)が開発され、この時期に普及することになる。連続製鋼技術の研究によって、現行の近代鉄鋼技術体系に影響があった。80年代末に高炉のよらない製鉄法直接溶融製鉄法の導入及び原子力による製鉄法の研究が行われたが、鉄鋼技術の大きな転換は見られない。技術体系の変化はこの時期に停滞する。

第4章 環境・エネルギー対策技術発展の構造

(1) 70年代以降日本鉄鋼技術体系内部の変化

60年代後半から、一方、鉄鋼生産技術体系が更に強化しながらも、公害防止における環境管理技術的要求がまず提起し、70年代中期からオイルショックによって、エネルギー削減における技術的要求も強くなってきた。60年代後半になってから日本鉄鋼技術体系の変化は生産性向上のみを追求する技術の改良に迫られ、環境対策及び省エネルギー対策技術を中心に技術体系の展開が見られるようになる。

(2) 環境対策における鉄鋼技術の展開及び構成

70-80の10年間の公害投資対投資総額は多額にのぼったが、80年代に入ってから再び下がるようになる。70年代の技術進展は環境対策技術の形成の時期でもあった。しかし、公害は戦前から問題になっていたが、やっと本格的な対策投資がなされたのである。

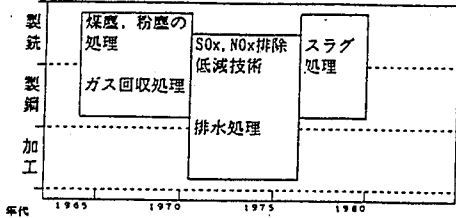


図4-1 環境対策技術の形成

図4-2に示したのは1965年からの環境対策展開の投資比率及び硫黄濃度の減少の変化である。

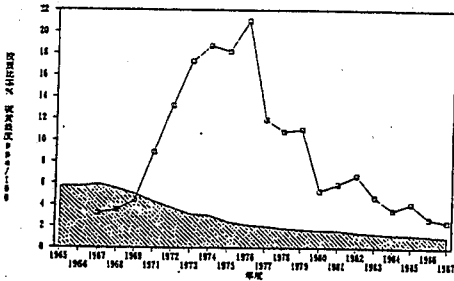


図4-2 環境対策投資の投資比率及び硫黄濃度の減少

鉄鋼生産における環境対策は主に大気汚染(煤塵、SOx、NOx)の防止及び排水、スラグ処理であった。1970年から1979年の10年間の環境設備の投資額は3700億円を越え、総設備投資の約20%に達した。

鉄鋼生産における対策技術の構成は主に(1)焼結炉、コークス炉、転炉及び混鉄炉等の収塵技術、(2)高炉、転炉のガス回収技術、(3)原料及び排煙等の脱硫、脱硝技術、(4)圧延、メッキにおける排水処理技術、(5)スラグ処理利用技術である。殆どの対策設備は70年代の前半に建設されている。

(3) 鉄鋼生産のエネルギー対策技術の展開及び構成

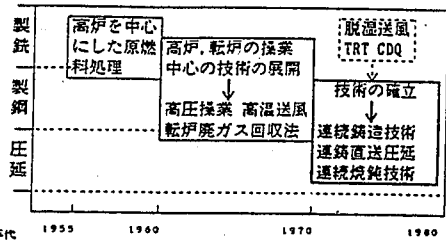


図4-3 エネルギー対策技術の形成

鉄鋼生産は全産業の約30%のエネルギー消費を占めている。エネルギーの節約は日本鉄鋼技術にとって、大きな課題になっている。特に1973年のオイルショック以来、鉄鋼技術におけるエネルギー削減の技術の展開が戦後に入ってから、大きな成果が見える。エ

ネルギー削減技術としては、

- ・高炉製鉄における原料の転換と利用技術
- ・高炉操業改善による燃料効率の向上
- ・高炉及び転炉におけるエネルギー回収と再利用技術
- ・連続操業の新技術によるエネルギー削減技術

があるが、それらのエネルギー削減の技術展開は、以下の図4-3に示した三つの段階に分けられる。

図4-4は戦後製鉄技術における原料及び操業による製鉄燃料コストの低減を表したものである。80年代に入ってから、上がる傾向が見える。高炉による製鉄技術のコスト低減には限界があった。

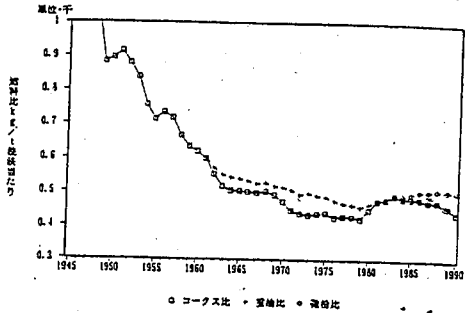


図4-4 戦後製鉄燃料コストの推移

第5章 鉄鋼技術体系の変化の特質及び内的、社会的動因

(1) 60年代中期までの基本技術体系形成の内的動因

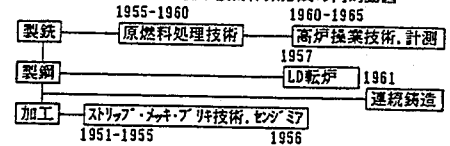


図5-1 戦後60年代中期までの主な技術導入と時期

鉄鋼技術体系は全体の流れの一つの分野の技術が遅れると、全体の流れの進展の障害となる。戦後日本の鉄鋼技術の発展から見ると、技術導入をめぐる国際環境は日本鉄鋼技術の発展に好都合であった。戦後形成された日本鉄鋼生産技術体系は殆ど外国の技術によるものであると考えられる。特に1951年から1965年にかけて技術各分野の基本技術体系は導入によって、殆どが確立されていたのである。従って、日本の技術体系は、外国技術の影響を受けるものとなったが、その中でも図5-1に示すように生産性向上を中心とした技術の導入に注目する必要がある。

(2) 産業構造の転換及び需要変化の社会的動因分析

1) 60年代までの鉄鋼需要より鉄鋼技術への影響

1950年代後半には電気洗濯機、冷蔵庫等の家庭電気が需要し初め、1960年代前半には空調、乗用車専用工場の建設などの耐久消費財は急速に増加した。ホットスリップミルはこの結果予想される薄板の需要の増加へ対応するものとして建設され、1964年4月から新日本製鉄で稼働している。60年代前半には、産業機械、船舶、車両、建築、橋梁等に対応する高強度鋼板の生産が始まり、また、各種工業建築材料、家庭用器材などに対応するステンレス鋼板の生産及び電機業界の需要に応じる方向性冷延鋼帯オリエントコアと無方向性冷延鋼帯ハイライトコアなども拡大していく。60年代前半には乗用車の需要も急増し、冷延鋼板の需要は著しく、鉄鋼の中心製品の一つとなった。

2) 70年代からの産業構造及び鋼材需要の変化

60年代前半は鉄鋼を中心とした素材型産業が大きく伸び、日本の経済発展に寄与したのであるが、60年代後半以降は、素材産業にかわって機械産業等の加工産業が大きく伸び、産業全体を引っ張っていく。60年代の鉄鋼産業の対応は自動車、造船及び建築の基本素材を提供することで伸びた。しかし、70年代に入ってからは、国内需要の成熟のなかで、鉄鋼業は地位を低下せざるを得ないこととなった。70年代の鉄鋼産業の成長率は5%と、全産業の成長率の8%を下回る。鉄鋼産業の地位の低下には、70年代の産業構造の転換が大きく原因している。その原因はまず、オイルショックによる資源エネルギーの制約である。次に、国際貿易摩擦が挙げられ

技術文化論議

る。また、高貴金化がその要因の一つである。最後に、開発途上国からの追い上げにより、産業の国際的調整が求められたことである。

70年代の日本の鉄鋼需要を見ると、二つの方向への技術進展の必要が見える。一つはなるべく安い鋼材と、もう一つは従来にない性質の鋼材や品質を求めたニーズである。その変化は重量鋼材から軽量鋼材へ、建設用の厚板から自動車向け薄板へ、ニーズの多様化への傾向である。

3) 70年代以降の鉄鋼技術体系変化の社会的動因

戦後の需要及び産業構造変化により鉄鋼技術体系への影響及び結果を示したものである。60年代後半に起こる産業構造の転換により鉄鋼技術は省エネルギー及び鋼材の歩留まり向上を実現するため、70年代に入ってから、連続鋳造技術及び圧延の連続化、直結化、コンピュータ制御技術の採用などが中心として、技術の進展が見られた。また、需要構造の変化により、特にニーズの多様化に対応する鉄鋼技術は品質向上及び鋼材の軽量化等を実現するため、製鋼転炉の溶鉄予備処理、二次精錬、複合吹き錬、計測システムの開発などが行われたのである。図5-2は戦後50年代の鉄鋼需要の始めから70年代にかけての需要変化により鉄鋼技術への影響を示したものである。

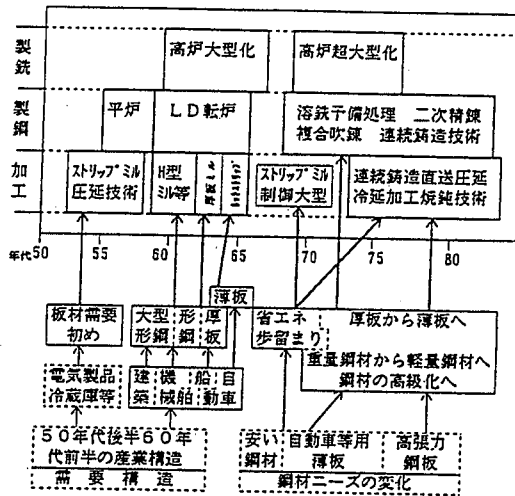


図5-2 戦後50年代の鉄鋼需要の始めから70年代にかけての需要変化により鉄鋼技術への影響

(3) 60年代後半以降の技術停滞

日本鉄鋼技術展開の全過程から見ると、二つの技術停滞時期があった。まず、60年代後半の生産性向上技術体系が形成してから60年代後半の時期である。もう一つは80年代の鉄鋼技術体系における環境・エネルギー対策技術の展開が終わってからのことである。

60年代中期に鉄鋼技術は生産性向上を中心とした技術体系が一応形成されたのである。しかし、60年代後半から70年代初頭にかけては技術停滞の状態になっている。この時期の国際技術環境から見ると、技術輸入の条件がなくなり、日本の技術の海外の依存の可能性が失われたのである。なおかつ、生産技術体系は一つの段階として技術上ではとどまり、高炉や転炉及び加工設備の大型化は推進され、量的向上が著しかった。80年代には日本の鉄鋼技術は大型化、連続化、高速化等の進展が70年代の終わりに一つの段階として実現し、並びに環境・エネルギー対策技術の確立によって、60年代と同じように新しい技術改革のない国際技術環境の中で、技術の進展は見えなかった。直接溶融還元製鉄法の開発は、まだ展望が切り開かれていない。

(4) 鉄鋼技術体系形成の関連分析

1) 環境とエネルギーの対策技術と国内の研究開発
環境対策及びエネルギー削減技術は初期の技術導入を別にすると、日本の技術研究及び開発によって、形成されたのである。国内及び国際環境の変化による社会的な強制によって開発されたという独特な特徴を持っている。特に70年代以降は主な環境対策及びエネルギー削減対策技術の殆どが日本の自主技術であり、70年代以前のエネルギー削減技術は製鉄技術の専ら重要な役割を果たした。60年代、最も注目すべきなのは転炉のOG法、そして連続鋳造技術は

その時期導入されたが、技術的進展は70年代に入ってからである。本体の構造改善、操業技術の研究、鋼の内部組織の研究、鋼材生産の拡大、直送圧延技術及び圧延焼鈍技術などはこの技術の日本での定着に最も重要な要因であった。

2) 鉄鋼技術体系の形成における技術的関連分析

鉄鋼技術体系は単なる第3章に述べた生産体系の各分野の相互関連だけでなく、環境及びエネルギー対策技術は生産体系との関連も緊密な関係である。図5-3には戦後日本鉄鋼技術体系の技術的関連を示したものである。

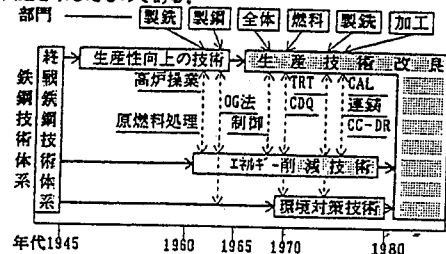


図5-3 戦後日本鉄鋼技術体系形成の関連

鉄鋼技術体系は単なる第3章に述べた生産体系の各分野の相互関連だけでなく、環境及びエネルギー対策技術は生産体系との観点も緊密な関係である。戦後鉄鋼技術体系の全体の関連から見ると、省エネルギー対策技術及び環境対策技術は60年代中期に形成された技術体系との関連は60年代にも見られるが、主に生産性向上を目的としたもので、70年代に入ってから、技術の展開は単なる生産性向上だけでなく、環境及びエネルギー対策にも関連したのである。

まず、60年代前半には、製鉄における原燃料の事前処理技術及び多くの高炉操業技術は主に生産性向上を目的としたが、省エネルギーにも大きく寄与している。製鋼において、転炉脱ガスの回収は転炉操業技術の大きな進歩の結果であるが、省エネルギー及び環境対策の効果も見られる。

次に、60年代後半には、コンピュータ制御技術が製鉄所の全生産過程で行われ、ちょうどこの頃から建設された製鉄所は最初からコンピュータ管理が全面的に採用され、1968年に第1号高炉が稼働した新日本製鉄の若津製鉄所は、日本で最初に完全なオンライン・リアルタイム方式の管理を採用した。今では、ほとんどの製鉄所にこの方式が導入されている。コンピュータによる直接なコスト低減、省エネルギーの効果も大きい。

そして、70年代には、コークス炉の乾式消火装置(CDQ)、高炉の炉頂発電(TRT)、製鋼の連続鋳造技術、鋳造直送圧延技術(CC-DR)、冷延焼鈍技術(KM-CAL)等は代表的な生産性向上技術と省エネルギー及び環境対策との技術関連の例である。特にこの時期には、省エネルギーと環境対策の技術の進展が最も注目されている。

第6章 結論

上吹き酸素転炉の技術的導入要因は50年代前半からの平炉への酸素生産及び酸素製鋼の経験、加えて戦前導入され、前後再開されたトーマス転炉の実践である。しかし、導入してから、平炉の製鋼はまだ主役で、最初の5年間は大きな進展がみえなかった。

技術的関連は日本鉄鋼技術の発展、特に体系的な形成には鉄鋼技術の各部門及び生産体系の中のそれぞれの技術が進展しながら、関連した結果である。戦後鉄鋼技術体系形成の関連は、主に圧延から転炉へ、転炉から高炉へ、転炉と圧延から連続鋳造へという三つの技術発展の関連のポイントがあると考えます。60年代中期には日本鉄鋼技術の基本生産体系が形成し、主に生産性向上を中心として技術の進展である。

社会的経済的関連の点からは、公害問題と石油危機が大きいわけであるが、50-60年代では、社会的な問題を起こしながら、鉄鋼産業はその問題を解決しようせず、生産性向上を追求してきている。これは、60年代の社会的な批判の高まりによって、いわば、外部強制的に変化を余儀なくされたわけである。この外部強制は、初期鉄鋼資本にとっては、負担となったのであるが、しかし、エネルギー多消費型の転換にもつながり、省エネルギー技術を進め、部分的にも環境対策を進めることになって、いわば日本鉄鋼技術のメリットにもなった。つまり、外部強制が技術進歩を進めたと言えるわけである。技術の進歩には、外部強制も一つの必要なファクターであると考えられる。