

第1章

概要

1. 製鋼技術の変遷

生産性の非常に低い坩堝法によって初めて鋼が生産された 18 世紀半ばから、生産性の非常に高い純酸素上吹転炉法が脚光をあびる今日に至るまでの製鋼の歴史をたどると、技術面、経済面からの幾多の変遷をみることができる。

坩堝法は、純度の高い原料を使つてのみ、材質的に良好な鋼の生産が可能であったので原価は極端に高く、また生産性も低いので、実際の発展はなかった。

1856 年イギリスのヘンリー・ベッセマー(Henry Bessemer) によってベッセマー法が発表されてから 3 年後にこの方法による鋼が製造され、鋼の生産は実際にはこの頃から増大し始めた。ベッセマー法による生産は飛躍的には増大しなかったが、坩堝法と比較すれば、設備能力と労働生産性とを著しく向上させ、コストは低減し、鋼の工業的生産を確立させた点は、特記すべきである。しかしながら、この製鋼法にも大きな壁があった。

ベッセマー転炉は内張煉瓦が酸性耐火物であったため、不純物である燐や硫黄を取り除く脱燐、脱硫処理ができなかった。そのため主原料は低燐、低硫黄濃度の溶銜であることが必要とされたが、低燐鉄鉱石の資源採掘範囲は非常に限られていた。

1879 年に塩基性耐火物内張りのトーマス転炉が発明されて以来ベッセマー転炉の重要性は著しく低下した。トーマス転炉は、シドニー・トーマス(Sidney Thomas) によって開発された。トーマス転炉は塩基性耐火物内張りであるために、脱燐処理が可能であり、更に脱燐反応熱を熱源として使用できるため、高燐濃度の鉄鉱石を原料にすることを可能にした。この方式が 1910 年頃には、世界の鋼生産量のほとんど $1/4$ を占めるに至った。

ベッセマー法、トーマス法はいずれも、溶銜の処理が前提であり、不純物の酸化源として約 80% の N_2 を含む空気を使用するため、熱バランス上、スクラップ配合率を 5~6% 以上にして吹錬することが不可能であった。一方で鉄鋼生産量増加に伴い、スクラップ発生量が増加したため、これらの古典的転炉法では、発生に見合ったスクラップの消化という課題が克服出来なかった訳である。

そこで平炉法は注目されるに至った。平炉はもとガラス溶解のために発明された

蓄熱型の炉をシーメンス(Siemens)およびマルティン(Martin)が鋼の溶解に適用したものである。平炉法では加熱空気により燃料を蓄熱室で燃焼させ、その燃焼熱をスクラップ溶解に利用できた。また溶銜成分の制約も少ないことから、経済的要求に応じることができた。これらの理由で 1910 年には、平炉法による鋼生産高は、全生産高の 50% 以上を占めるに至り、その後も支配的製鋼法の地位を保ち、1950 年には、世界の鋼生産量合計の 79.0%、1960 年でも $3/4$ は平炉法によるものであった。

鋼の精錬に電氣的エネルギーを応用し始めたのは、20 世紀初頭のことであり、エルー(Heroult)が 1898 年に電気製鋼法を発明した。しかし当初は、電力消費が高く、また初めの 30~40 年間は電力価格も高かったため、電気炉による製鋼法は主に高級鋼、特に合金鋼の生産に向けられた。第二次大戦後、電気炉の炉容は 200~250t と大型化し、電気炉設備の改良により、電力消費量は大幅に低減されたため、電気炉鋼のコストが低下し、電気炉による高級鋼、特に合金鋼の生産は大きな比重を占めるに至った。

製鋼では不純物の酸化除去のために、いずれの製鋼法にも酸素が必要である。この酸素源として純粋な酸素ガスが製鋼の生産性を高め、熱損失を大幅に減少させることは古くから知られていた。しかし当時は、製鋼における酸素源としては、空気と副原料の鉄鉱石しかなかった。空気を酸素源として使用すると、80% を占める N_2 が製鋼反応に関与せず、高温の排ガスとなって熱を奪うため、熱バランス上、大きな出熱となる。また N_2 ガスによって、鋼中に窒素が吸収され、鋼材の特性に有害な場合がある。従って、純粋な酸素ガスを製鋼に使用する要求が高まって来た。

製鋼にこの酸素ガスを利用することを目的とした実験は、すでに 1920 年代からフランス、ドイツ、ソ連、アメリカで始められているが、いずれも当時は酸素ガス製造の生産性が低く、コストが高すぎた。1920 年代までは、安価かつ大量の酸素ガス製造技術が確立されていなかったが、1930 年代にリンデーフレンケル法が発表され、安価かつ大量の酸素ガス製造が可能となった。

かくして、酸素ガスを広く鋼生産に応用することにより諸製鋼法の設備は大いに改善され、平炉においては燃料消費量の低下、転炉においては LD 転炉法、LD-AC 法、カルド法、ローター法など、いくつかの新製鋼法が誕生した。

1952年オーストリアのリンツ(Linz)およびドナヴィッツ(Donawitz)両工場
で本格的なLD転炉の操業に成功してから急速に発展し、今日のLD転炉の隆盛
をみた。特に、日本におけるLD転炉の発展は目ざましい。世界粗鋼生産量推移
を図1-1に、日本の製造法別の粗鋼生産量推移を図1-2に示す。

戦前の日本の鉄鋼業は粗鋼生産量で700万t程度であった。ところが近年に
おける我が国鉄鋼業の発展は世界史上類をみないもので、1973年の粗鋼生産実
績は実に1億2,000万tに達した。1973年の第1次石油危機以降は1億t前後
の生産で推移し、世界の鉄鋼業のトップレベルにある。2000年以降の世界粗鋼
生産量の増加は図1-3に示すように、特に中国での増加による所が大きい
が、我が国の粗鋼生産量も2000年以降再び増加し、1973年の1億2,000万tに
近づきつつある。2009年のリーマンショックで一時生産量が減少するものの、
2010年以降に生産量が戻り、現在では1億~1億1,000万tで推移(日本鉄鋼
連盟統計)している。

鉄鉱石や、エネルギー資源を国内にほとんどもない我が国がこのように驚異
的な発展をとげた主な要因は

- ① 巨大高炉、LD転炉、ストリップミル等の一貫製鉄工程をもつ大臨海製鉄
所の相つぐ建設稼動(有利な立地)
- ② 鉄鉱石、エネルギー源の大型船による効率輸送(安価な資源、エネルギー)
- ③ すぐれた人的資源

等があげられる。特にその中でも製鋼工程におけるLD転炉への移行が諸外国に
比べてはるかに早いテンポでなされたことが大きな要因になっている。

LD転炉法が特に日本で急速に発展したのは、

- ① 第二次大戦後の復興国策としての工業立国による鉄鋼需要の急速な伸び、
およびこれに伴う新規生産設備の建設に際し、LD転炉法の出現が時機を待
たしたこと。
- ② 原料事情—輸入屑鉄にたよる度合が諸外国と比較して非常に高かったこと。
- ③ LD転炉の生産性、建設費、製品品質の優位性

等の要因によるものである。

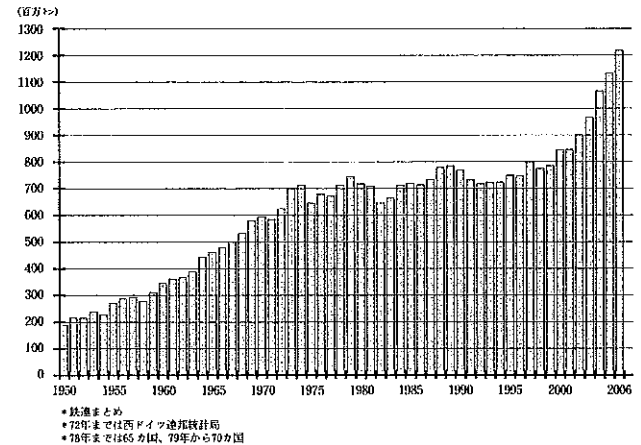


図1-1 世界の粗鋼生産量推移 出典：鉄鋼新聞

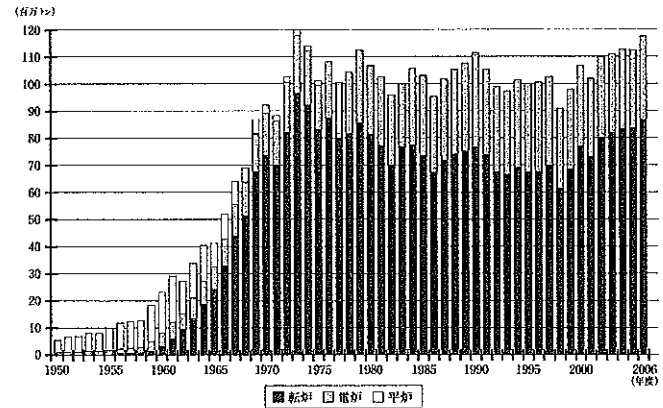


図1-2 日本の製造法別粗鋼生産量推移 出典：鉄鋼新聞

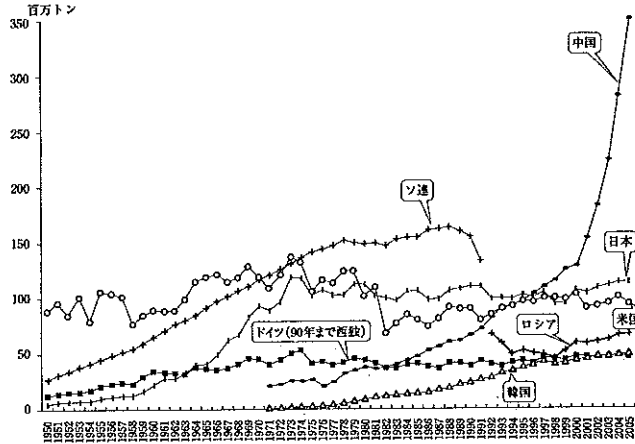


図1-3 主要6ヶ国の粗鋼生産量の長期推移
(資料) 日本鉄鋼連盟「鉄鋼統計要覧」世銀WDI(GDP)

LD 転炉による製鋼法の課題として、原料とエネルギーが挙げられる。例えば高炉溶銜の製造に必要な高炉用の原料炭(強粘結炭)は、世界的に見て偏在しており、良質なものは、資源として枯渇しつつある。

また、産炭国、採炭地域での労働事情の急激な悪化により、必要量の確保が困難になると共に、1973年の石油ショック以降は価格高騰の危機感が高まった。それに加えて、重油をはじめ鉄鉱石、スクラップ、副原料についても世界の経済状態や受給バランスの変動の影響を強く受ける。

また1973年10月に端を発した石油問題から急速にエネルギー事情が悪化し、鉄鋼業も従来のエネルギー多消費産業から、省エネルギー型産業への質的変換を考慮せざるをえなくなった。したがって、前に述べた戦後の日本鉄鋼業発展の3つの要因(優位性)は今後、大きく変化するものと考えられ、日本鉄鋼業の将来を考えるに当たっては次の点に留意する必要がある。

- ① 原料、資源、エネルギーの価格高騰と入手難
- ② 労働事情に伴う省力化
- ③ 地球環境の問題

将来の製鋼技術についても、その製造プロセスにおいては省エネルギー、省力、あるいは地球環境や公害防止およびリサイクルの面に重点をおきつつ、需要家の多様化する鋼材材質の要求を満足させていかなければならない。

2. 転炉の種類

転炉製鋼法とは、純酸素ガスを単独に、あるいは混合して、更にこれらに酸化性気体を組合せて溶銜の内部または上方から圧送器具や導管を用いて圧送し、特別に燃料を供給せずに製鋼を行う方法である。したがって転炉製鋼法では、炉内内張り、ガスの吹込方法、吹込むガスの種類などによって、多種多様な形式がある。すなわち

炉の内張りによって

- ① { 酸性法
塩基性法

ガスの吹込方法によって

- ② { 底吹転炉法
横吹転炉法
上底吹転炉法(複合吹錬法)
上吹転炉法

吹込むガスの種類によって

- ③ { 空気吹込法
気体純酸素吹込法
空気、気体純酸素混合法
上記方法に更に炭化水素、CO₂アルゴン、窒素等の酸化性ガス
または不活性ガス組合せ混合法

転炉炉体の形状によって

- ④ { 同心型(対称型)
偏心型(非対称型)

転炉炉体の構造によって

- ⑤ { 炉底分離型
炉底非分離型