

## 本邦製鋼技術の進歩

蜂谷茂雄\*

## PROGRESS OF STEEL MAKING PROCESS IN JAPAN

Shigeo Hachiya

## Synopsis:

The iron and steel industry in Japan was full of great difficulties for several years after the cessation of World War-II due to social chaos, shortage of coal and electric power which are the prime moving power of industries, and poor qualities of raw materials.

However, with the importation of iron ores from Feb. 1948, the iron and steel industry gradually started to rehabilitate to its normal production. Furthermore, after 1949 with the kind assistance of the United States of America, it was possible to modernize the steel making facilities and improve its operation by introducing the American technical "know-how". Especially, by using fuel oil for firing the open hearth furnaces, its operation were greatly rationalized by controlling its operation with instruments and also adopting the epoch making process of oxygen steelmaking method, both of which greatly contributed in improving the efficiency of steel making.

Consequently some of the shops in Japan has achieved an excellent record with such low fuel consumption rate of 700,000 Kcal per ton of steel, which is the highest standard in the world.

With the blowing-in of the converter in Japan belonging to Nippon Steel Tube Co. for the first time in 1949 since the end of the war, the blowing of open hearth furnaces and the adoption of oxygen steelmaking process, there has been made a remarkable progress in the quality and production of steel ingots.

Thus the production of steel ingots in 1953 has broke the record of 7,650,000 tons and exceeded it with the operation of only 56% of the total furnaces in Japan. Today Japan has completely recovered from the chaos of war in the field of steelmaking and the author took this opportunity to report the development in technical progress.

## I. 緒言

大東亜戦争中、我が国の製鋼業は外国よりの屑鉄の輸入は全く杜絶し、鉄鉱石の移輸入もまた益々困難を加え原料事情、作業環境の極度に悪化した戦争の末期においては、極めて窮迫した事態に陥つたのであつたが、終戦後においては、更に諸条件の急変悪化によつて、戦争中に劣らぬ苦難に満ちたものであつた。

即ち、終戦直後においては、国内の総合的生産態勢は全く整わず、労働意欲の喪失、食糧事情その他社会情勢の極度の悪条件と、産業の原動力である石炭並びに電力の不足を初めとして、原材料の著しい窮乏、粗悪化等悪条件が相重なり、製鋼作業の困難は想像に余るものがあつた。

然るに年月の経過と共に、漸次社会情勢は安定し、各種生産態勢は整備復興した。特に昭和 23 年 2 月より外国鉄石の輸入を見るに至つて、漸く鉄鋼の生産は上昇の気運に向つた。昭和 24 年米国の好意により米人技術者

の技術指導となり米国式製鋼法が採用され、著しく技術の向上、生産の増強を見るに至つた。偶々、昭和 25 年 6 月朝鮮事変が勃発するにおよんで生産は急激な上昇を始め、昭和 28 年には我が国のかつての最高記録である昭和 18 年の生産量 765 万 t を凌駕するに至つた。このような環境の下にあつて本邦の製鋼法が如何に発達したか、その推移を以下項を追つて述べることにする。

## II. 戦後我が国に於ける鋼塊生産高の推移

## 1. 平炉、電炉及び転炉製鋼法別鋼塊生産高の推移

終戦直後においては我が国の鋼塊生産は一般の経済活動の混乱によつて鉄の需要が減退したことと、種々の社会不安のために経済活動が全く軌道に乗らなかつたこと等の原因で急激に減少した。即ち Table 1 に示すように昭和 21 年には僅かに 55 万 7 千 t の生産に過ぎな

\* 本会副会長、八幡製鉄株式会社取締役

Table 1. Production of steel ingots in Japan since 1942.

| Year<br>Item | Open hearth process |           | Converter process |           | Electric furnace process |           | Other process  |           | Total          |           |
|--------------|---------------------|-----------|-------------------|-----------|--------------------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|
|              | Production (t)      | Ratio (%) | Production (t)    | Ratio (%) | Production (t)           | Ratio (%) | Production (t) | Ratio (%) | Production (t) | Ratio (%) |
| (S.17) 1942  | 5,273,021           | 74.9      | 350,797           | 5.0       | 1,419,616                | 20.1      | 334            | —         | 7,043,768      | 100       |
| (18) 1943    | 5,630,371           | 73.6      | 333,167           | 4.4       | 1,686,512                | 22.0      | 134            | —         | 7,650,184      | 100       |
| (19) 1944    | 4,627,965           | 68.8      | 248,088           | 3.7       | 1,852,420                | 27.5      | 115            | —         | 6,728,588      | 100       |
| (20) 1945    | 1,232,801           | 62.8      | 38,790            | 2.0       | 691,074                  | 35.2      | 90             | —         | 1,962,755      | 100       |
| (21) 1946    | 166,862             | 29.9      | —                 | —         | 390,325                  | 70.1      | 1              | —         | 557,188        | 100       |
| (22) 1947    | 485,207             | 51.0      | —                 | —         | 466,906                  | 49.0      | —              | —         | 952,113        | 100       |
| (23) 1948    | 1,159,989           | 67.6      | —                 | —         | 554,687                  | 32.4      | —              | —         | 1,714,676      | 100       |
| (24) 1949    | 2,425,859           | 28.0      | 77,265            | 2.4       | 608,288                  | 19.6      | —              | —         | 3,111,412      | 100       |
| (25) 1950    | 3,891,152           | 80.6      | 194,887           | 4.0       | 752,483                  | 15.4      | —              | —         | 4,838,522      | 100       |
| (26) 1951    | 5,374,845           | 82.6      | 194,831           | 3.0       | 932,173                  | 14.4      | —              | —         | 6,501,849      | 100       |
| (27) 1952    | 5,839,362           | 83.6      | 200,002           | 2.8       | 948,995                  | 13.6      | —              | —         | 6,988,359      | 100       |
| (28) 1953    | 6,282,931           | 82.0      | 344,443           | 4.5       | 1,034,787                | 13.5      | —              | —         | 7,662,161      | 100       |

(Source: "Iron and Steel Reference Data")

かつた。その後、前項に述べた経緯によつて生産は漸増し朝鮮事変を契機として、昭和26年には650万tに躍進し、昭和28年には遂に我が国最高の年生産高766万tに達した。

更に戦後の鋼塊生産高の推移を製鋼炉別に見ると、昭和18年および昭和19年においては平炉鋼塊の割合は全鋼塊に対し夫々、73.6%および68.8%を占めていたが、昭和21年、22年には夫々、29.9%、51.0%と著しく減少し、逆に電炉鋼塊は70.1%、49.0%に上昇している。是は終戦後、戦災屑、艦船兵器の解体屑等が莫大な量に達し、一方、熔鉱炉の操業基数は僅少で銑鉄は不足し、また、発生炉炭、重油等の燃料不足等、平炉作業が極めて困難であつたのに比較して小規模の電炉製鋼法が操業容易であつたからである。昭和24、25年に至つて漸く平炉用燃料の石炭、および重油の供給も普及し、高炉の操業基数も増加し、平炉鋼塊の生産は急激な上昇を示し、その割合は78%、80%と平常の操業比率に達するに至つた。また、昭和24年日本鋼管において戦後初めて転炉製鋼法が再開されたことは特記すべきことである。

## 2. 平炉々容及び稼働基数の推移

平炉製鋼作業においては、炉容が大きい程、従つてまた、実装入量が多い程製鋼能率 (t/h) が向上し、また燃料原単位 (Kcal/t) が減少することは Fig. 1 および Fig. 2 に示す通りであるが、更にまた、労働生産性の向上、その他万般に亘り能率が向上し、生産コストが低下するのである。このような有利性から最近我が国においても新設炉は次第に大型となり、また既設炉にあつても、状況の許す限り改造によつて炉容を拡大し、また消極的には現状設備のままでできるだけオーバーチャ

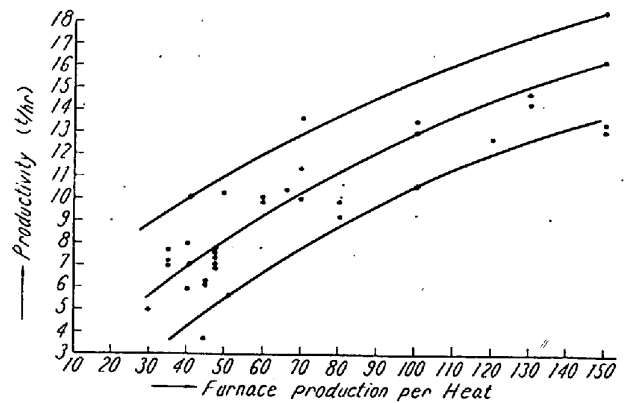


Fig. 1. Relation between furnace production and productivity.

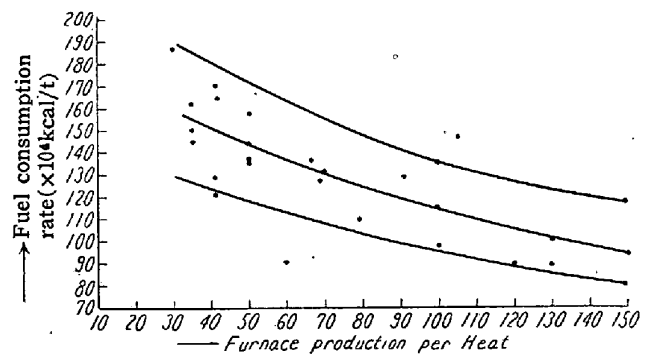


Fig. 2. Relation between furnace rated capacity per heat and fuel consumption rate per ton of steel ingot produced.

ージする傾向が強くなつて来た。即ち Table 2 および Table 3 に示すように平炉々容は逐年増大している。昭和18年には全国の稼働基数208基の平炉々容の平均は47.6tであつたが昭和28年3月には117基の平均炉容は69.6tに増大し、その炉数は昭和18年の56%に過ぎないにも拘らず、その生産量は766万tに昇

Table 2. Trend in the change of open hearth furnace operation ratio and mean capacity (acid open hearth furnace included).

| Item \ Time                               | Dec. (1942) | Dec. (1943) | Dec. (1944) | Dec. (1945) | Dec. (1946) | Dec. (1947) | Dec. (1948) | Dec. (1949) | Mar. (1951) | Mar. (1952) | Mar. (1953) | Mar. (1954) |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Number of furnace installed (A)           | 205         | 214         | 214         | 203         | 199         | 197         | 197         | 198         | 203         | 210         | 179         | 170         |
| Number of furnace in operation (B)        | 200         | 208         | 195         | 23          | 21          | 41          | 66          | 82          | 106         | 123         | 117         | 121         |
| Operation ratio (B)/(A) × 100             | 97.6        | 97.2        | 91.2        | 11.3        | 10.5        | 20.8        | 33.5        | 41.4        | 51.4        | 58.6        | 65.4        | 71.2        |
| Mean capacity of furnace in operation (t) | 47.4        | 47.6        | 50.2        | 43.5        | 46.4        | 45.5        | 62.6        | 59.3        | 65.6        | 64.2        | 69.6        | 72.5        |

(Source: "Iron and Steel Reference Data")

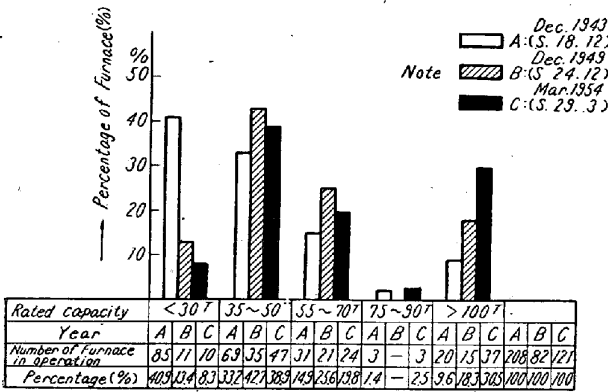


Fig. 3. Furnace rated capacity.

Table 3. Trend in the change of open hearth.

り、昭和 18 年の我が国最高生産量を凌駕する実績を示し、著しい製鋼能率の向上を実証している。

また炉容 100t 以上の大型平炉は、昭和 18 年には 20 基で全国平炉数に対する比率は 9.6% であつたが昭和 29 年 3 月には 37 基で 30.5% に上昇している。

### III. 製鋼原料事情

#### 1. 銑鉄

終戦当初 2, 3 年間は高炉原料としての鉄鉱石は、Table 4 に示すように輸入の杜絶により品質粗悪な国内鉱石に依存しなければならなかつたし、一方石炭も同様であつた。このため高品位の銑鉄は到底望むべくもなかつた。昭和 23~24 年より優秀な外国鉄石、外国炭の輸入が本格的となり、併せて製銑技術の進歩、設備の改善、原料管理の徹底等と相俟つて、銑鉄品位は著しく向上した。Fig. 4 は八幡製鉄所における銑鉄成分の変化を示すものであるが、Si, S および Cu の如きその品位向上の跡が歴然としている。

#### 2. 屑鉄

輸入屑鉄量は昭和当初より昭和 15 年頃までは年間

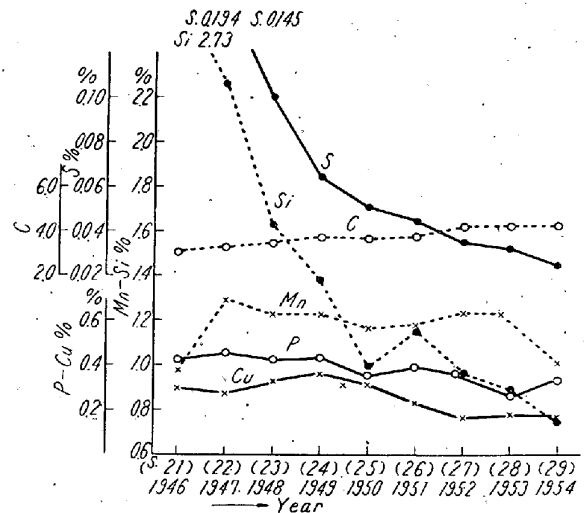


Fig. 4. Trend of changes in the analysis of basic pig iron in Yawata Works.

約 200 万 t におよび、全国使用量の約 50% であつたが、大東亜戦争に入るや殆んど杜絶の状態となつた。終戦直後は戦災屑、兵器屑、艦船解体屑等の在庫は屑化対象を含み約 670 万 t と推定され、かつ、鉄鋼生産が不振であつたので屑鉄需給は比較的安定していた。然るに昭和 25 年朝鮮事変の勃発により鉄鋼業は俄然活況を呈し屑鉄消費も倍加された。一方国内屑も漸く潤渇の有様となり勢い輸入屑を必要とするに至つた。このようにして輸入屑は増加の一途を辿り、Table 6 に見られるように昭和 28 年には 100 万 t を超え、全国消費量の 1/4 に達した。

#### 3. 平炉に於ける銑鉄配合率 (P.R) の変遷

戦争中は概ね 60% 前後を維持していた P.R は終戦後、多量な国内屑の発生と、戦時中より実施された屑鉄の (⊗) 価格の継続等により屑鉄使用割合は増加し P.R は Table 7 に示すように低下の趨勢を示し、昭和 23 年には 41%、昭和 25 年には 35% までになつた。然るに朝鮮動乱以来、鉄鋼生産は飛躍的に上昇したため、

Table 4. Trend in the importation of iron ore.

(unit 1000 metric ton)

| Kind                         | Year |       |       |       |      |      |       |       |       |       |       |       |
|------------------------------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                              | 1942 | 1943  | 1944  | 1945  | 1946 | 1947 | 1948  | 1949  | 1950  | 1951  | 1952  | 1953  |
| Manchuria                    |      | 3     | 2     | 3     | —    | —    | —     | —     | —     | —     | —     | —     |
| Korea                        |      |       |       |       | —    | —    | —     | —     | 4     | 6     | 11    | 11    |
| Red China                    |      | 3,627 | 1,447 | 75    | —    | —    | 379   | 350   | 195   | 67    | 65    | 38    |
| Hongkong                     |      | —     | —     | —     | —    | —    | —     | 12    | 26    | 74    | 66    | 81    |
| Malay                        |      | 38    | —     | —     | —    | —    | 70    | 485   | 521   | 716   | 821   | 864   |
| Philippines                  |      | 85    | 48    | —     | —    | —    | 9     | 345   | 566   | 900   | 1,182 | 1,205 |
| India                        |      | —     | —     | —     | —    | —    | 8     | 46    | 36    | 153   | 419   | 455   |
| Goa                          |      | —     | —     | —     | —    | —    | —     | 5     | 60    | 180   | 251   | 252   |
| U. S. A.                     |      | —     | —     | —     | —    | —    | 35    | 292   | —     | 817   | 1,426 | 464   |
| Canada                       |      | —     | —     | —     | —    | —    | —     | —     | —     | 87    | 496   | 909   |
| Others                       |      | 13    | —     | —     | —    | —    | —     | 19    | 17    | 89    | 31    | 11    |
| Total                        |      | 3,766 | 1,497 | 78    | —    | —    | 501   | 1,554 | 1,425 | 3,089 | 4,768 | 4,290 |
| Total consumption            |      | 7,092 | 5,019 | 1,787 | 229  | 400  | 1,111 | 1,912 | 2,636 | 4,179 | 4,366 | 5,982 |
| Ratio of imported iron ore % |      | 53    | 29    | 4     | —    | —    | 45    | 81    | 54    | 74    | 108   | 72    |

Table 5. Analysis of iron ore for steelmaking.

| Ore           | Analysis |       |      |                  |       |       |      |       |                                |      |      |                                |
|---------------|----------|-------|------|------------------|-------|-------|------|-------|--------------------------------|------|------|--------------------------------|
|               | C.W.     | Fe    | Mn   | SiO <sub>2</sub> | S     | P     | CaO  | Cu    | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO  | FeO  | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
| Dungun        | 7.33     | 58.64 | 0.08 | 4.70             | 0.064 | 0.034 | 0.08 | 0.039 | 4.26                           | 0.11 | 3.18 | 80.53                          |
| Goa           | 7.56     | 57.47 | 0.34 | 2.15             | 0.026 | 0.074 | 0.02 | 0.008 | 7.20                           | 0.07 | 1.42 | 80.53                          |
| Mean in India | 2.35     | 63.91 | 0.18 | 3.68             | 0.004 | 0.036 | 0.05 | 0.008 | 7.27                           | 0.07 | 1.29 | 89.86                          |
| Brazil        | 0.70     | 68.70 | 0.05 | 0.37             | 0.005 | 0.032 | 0.01 | 0.008 | 0.71                           | 0.03 | 0.58 | 97.58                          |

Table 6. Trend of importation of scraps.

(Unit: 1000 metric ton)

| Item                    | Year    |         |         |       |       |         |         |         |         |         |         |
|-------------------------|---------|---------|---------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                         | 1943    | 1944    | 1945    | 1946  | 1947  | 1948    | 1949    | 1950    | 1951    | 1952    | 1953    |
| Total scrap consumption | 4,169.4 | 3,915.8 | 1,375.5 | 540.6 | 831.0 | 1,467.4 | 2,350.9 | 3,700.1 | 4,802.7 | 4,969.6 | 4,814.7 |
| Imported scrap          | 30.2    | 222.4   | —       | —     | —     | 0.2     | 0.6     | 44.6    | 214.1   | 505.8   | 1,140.8 |
| Ratio of imported scrap | 0.7     | 5.7     | —       | —     | —     | —       | —       | 1.2     | 4.5     | 10.2    | 23.7    |

Note: Mill scrap is included in the total consumption.

Table 7. Trend in the change of pig ratio in open hearth furnace.

(Unit: 1000 metric ton)

| Item               | Year  |       |       |      |      |       |       |       |       |       |       |  |
|--------------------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
|                    | 1943  | 1944  | 1945  | 1946 | 1947 | 1948  | 1949  | 1950  | 1951  | 1952  | 1953  |  |
| Amount of pig iron | 3,844 | 3,216 | 883   | 110  | 275  | 588   | 1,028 | 1,521 | 2,500 | 2,812 | 3,402 |  |
| Amount of scrap    | 2,525 | 2,150 | 663   | 112  | 332  | 834   | 1,665 | 2,866 | 3,586 | 3,727 | 3,556 |  |
| Total              | 6,369 | 5,366 | 1,546 | 222  | 608  | 1,423 | 2,694 | 4,387 | 6,086 | 6,539 | 6,958 |  |
| Pig ratio (%)      | 60.4  | 59.9  | 57.1  | 49.7 | 45.4 | 41.4  | 38.2  | 34.7  | 41.1  | 43.0  | 48.9  |  |

終戦以来喰い潰してきた国内屑も漸く涸渇の兆が見え初めた。当時輸入屑鉄の量は未だ極めて僅少で屑鉄需給は漸次逼迫してきた。のみならず屑鉄の廃止となりその価格は約2倍に急騰するにおよび屑鉄入手はいよ

いよ困難となつた。このような諸事情によりP.Rは次第に上昇の傾向を示した。その後も引き続き鉄鉄、鋼材の生産は漸増し、昭和25年より復活した屑鉄輸入の増加にも拘らずP.Rは再び上昇し昭和28年には50%近く

なつた。

#### 4. 炉床材

戦後、炉床材について特筆すべきことは不消化ドロマイトの出現であろう。従来のドロマイトは風化、焼付性等において難点があつたが、昭和28年3月不二ドロマイト工業が米国式ロータリーキルンで不消化ドロマイトの焼成に成功し、その品質の優秀性が認められてより漸次これに代りつつあり、現在八幡製鉄所においても製造されている。

### IV. 平炉製鋼法の進歩

#### 1. 米人技術者の技術指導と鉄鋼調査団の米国派遣

昭和24年、G.H.Q.において日本の鉄鋼業をあらゆる面から援助する方針がとられた。そこで先ず輸入原料の確保を図ると共に、一方、経済的合理的作業の推進のために米人技術専門家の来朝により、各部門に亘り技術指導を受けることとなつた。数回に亘る米人技術者の来朝の中で Mr. Hays と Mr. Macleod は昭和24年4月より6月迄3ヶ月の長期間に亘り全国多数の製鋼工場を巡回調査し、かつ、熱心に技術指導に専念せられ啓発される処誠に大なるものがあつた。Mr. Hays は鉄鋼業における燃料の節約とその有効利用について、また、Mr. Macleod は専ら製鋼作業について指導された。両氏が本邦製鋼作業の視察に関し発表せられた感想は、当時の我が国製鋼作業の実態をよく把握指摘し、併せて米国製鋼作業の実情を比較紹介せられた極めて有益な意見であつて、我が国製鋼作業の進歩の過程を知るに好適な資料と思われるので、次にその要点を摘記することにする。

「日本の鉄鋼業には原料、燃料等に重大な困難な問題があると思う。日本の現状は第1次世界大戦後の米国のそれに似ている。即ち発生炉瓦斯よりタール、重油、コークス瓦斯に転換の時代である。この転換の中には平炉設計の変更、原燃料の経済的使用という問題を含み、これ等の色々な試験実験を経てきたわけである。日本の鉄鋼業もこの点急激な転換期にあると見られる。日本の製鋼工場を視察して気付いた点をいえば、

(1) 先ず装入機については、屑鉄置場から操業床に原料を運搬する点と装入機の性能に問題がある。このため装入時間が非常に長い。

(2) 平炉が炉内圧力をマイナスにして操業していることは非常に重要な点であつて、吾々はこれが最も悪いことであると思う。米国では平炉は正圧操業なしに製鋼

作業の進歩はあり得ないとされ、今日では必要な標準作業とされている。

(3) ベンチュリー型平炉の設計については、これにより空気と瓦斯との混合が非常にうまくゆく。従つて燃焼が良好となり生産能率が向上する。

(4) 日本では「噴出口」と「上昇道」が米国に比し非常に小さい。

(5) 熔銑の平炉装入は日本では裏から行うのが多いが、米国では炉前から行う。

(6) 日本の出鋼樋は全部固定式であるが、米国では可動式である。この方が樋の修理、出鋼後の湯の流出がよく、良好な炉床の維持に好結果を与えるようである。

(7) 出鋼時の鋼滓の受け方は鋼滓鍋を用いる方が労働条件もよく、炉裏の整頓もよく、鋼滓処理費も廉くなる。

(8) 日本では蓄熱室の煉瓦積は殆んど珪石煉瓦であるが、米国では全部粘土煉瓦を使用する。煉瓦積の寿命は日本では500回位と聞いているが、米国では2,000回或いは遙かにこれよりも長くなつている。煉瓦積の方法も、米国では煙突積型式(チムニータイプ)である。

(9) 燃料を使用する上において計量器が設備されていない。

(10) 米国では平炉の操業床以下を熱絶縁することが通例となつている。これにより、第1に、熱を保持することと冷気の侵入を防止できる。かくしてt当り燃料の減少が期待できる。

(11) 重油の噴霧化に日本では空気を用いるが、米国では多くの場合(90%迄)蒸気を用いている。

(12) 日本の平炉の良塊t当り燃料消費量は高く、米国の400~500万B.T.U.(110~140万kcal)に対し700万B.T.U.(195万kcal)、甚しい場合には、1,000万B.T.U.(280万kcal)に達している。

(13) 日本では大型平炉としては傾注式が多く用いられているが、米国では殆んど固定式で、傾注式は転炉との合併法のみ用いられている。」

以上の諸項目は我が国製鋼作業の進歩改善にとつて極めて有益であつて傾聴すべきことである。

かくして、数次の米人の技術指導を受けると共に、他方、昭和25年1月には我が国鉄鋼調査団が米国に派遣され、また各会社よりも頻りに技術者が渡米し、米国鉄鋼業の実情を視察調査することによつて、米国式製鋼技術は急速に導入され、然もこれに我が国特有の条件が加味され、新しい日本の製鋼技術は確立されるに至つた。

#### 2. 米国式平炉設備及び操業法の採用

八幡製鉄所においては昭和25年に至り鉄鋼需要が激増し、ことに朝鮮事変が勃発するにおよんで急激に鉄鋼増産の態勢を整える必要に迫られた。ここにおいて、終戦直前の被爆により操業停止中であつた第4製鋼工場(60t平炉5基、300t予備精錬炉1基)を改造し再稼動することが案画されるに至つた。その根幹となる平炉の炉容、形式等の選択については、幸い前述の如く、昭和24年以来、米人技術者の技術指導並びに我が国鉄鋼調査団、その他の米国派遣により、世界において最も進歩せる米国の製鋼設備並びに操業方式の実態を調査把握し得た処によつて、慎重検討の結果、60t平炉の既存建屋を利用して、その最大限の大型平炉として120tの固定式平炉7基を有する米国式の平炉設備を建設することに決定をみたのである。

今、米国式平炉工場設備の特色について略述すれば

(1) 固定式大型平炉であること：従来、我が国においては、銑鋼一貫工場の大型平炉としては、屑鉄の供給不足と優良鉱石に恵まれない国情において、特に一朝有事の際をも考慮して熔銑鉱石法実施のために傾注式大型平炉を採用していたものであるが、米国においては建設費、維持費が安く、熱効率や炉材消費等において有利な点から固定式平炉を採用しているのである。

(2) 平炉配置と装入設備：装入設備として米国式の特色は、炉前線を配置して、原料ヤードで積載した装入台車を強力なディーゼル機関車等で平炉ヤードに牽引し次いで床式装入機のラムによつて平炉装入口の正面に移動せしめ、装入機で迅速に装入を行う形式である。次に米国式の熔銑装入は平炉ヤードの熔銑起重機により、平炉前面より、移動式熔銑桶を通じて注入する。その長所は随時炉床の状況に応じて注入位置を変更し得ることと、旧来の方式による裏壁よりの侵入空気がないという2点が有利な点である。また、平炉々前線と平炉ヤード外の合車線を結ぶ線(ループ線)の配置により、装入中の平炉以外の炉前作業を装入台車によつて妨害されないように操作できる。

(3) 鋼塊および鑄型の処理：米国式によれば造塊ヤードでは注入作業を主とし、型抜きや、鑄型の清掃、準備、貯蔵等は別個の建物の鑄型処理場で専門的に行われしめる。

(4) 計器操業および修理の合理化等：平炉用燃料として、発生炉瓦斯および混和瓦斯を主として使用していた頃には計器操業が困難であつたが、使用燃料として重油を主体とするに至り、計器操業が極めて効果的となり著しく進歩した。米国式平炉の標準作業として極めて重

要な正圧操業のための微圧計による炉内圧力の測定、蓄熱室の温度および時間による自動変更、平炉の天井温度に対する燃料の自動調整等が計器操業として主に実施されている。次に平炉の修繕については各種の機械力の応用が発達し、修繕の所要期間が至つて短く、計器操業と相俟つて炉体の持続度が高く、従つて稼働率が極めて良い。

(5) その他の設備：米国の近代式工場では副原料、炉材、合金鉄等の貯蔵、積込、配合等には各種のホッパー、コンベアー、バケットエレベーター、運搬車等の設備により労力の節減と作業の合理化に見るべきものがある。また、変更弁として、米国式の Blow knox 式変更弁が普く採用されている。

なお、完全な米国式平炉設備として、川崎製鉄千葉工場においても固定式100t平炉が3基建設され、昭和29年2月より操業を開始し、良好な成績を収めている。

米国式平炉操業については前述の Mr. Macleod 説明の各項目について我国の製鋼工場に普く採用実施されて合理化に大いに役立つている。

### 3. 平炉燃焼技術の進歩

(1) 平炉使用燃料の変遷：終戦前においては我が国の平炉燃料としては発生炉瓦斯が主体をなしていた。然るに終戦後の極端な発生炉炭の欠乏の時期を經過し、輸入重油の入手が可能となるにおよび、平炉鋼の生産の回復は急速に進み、平炉用燃料の種類は逐次変化し、発生炉瓦斯平炉は急激に減少の一途を辿つている。Table 8 に示すように昭和24年末には発生炉瓦斯平炉の割合は57%の多数に及んだが、昭和29年3月には、発生炉瓦斯に一部重油またはヨークス瓦斯等を混用する場合をも含めて僅かに14%に過ぎない。

このように急ピッチに発生炉瓦斯より重油に転換するに至つた理由は、発生炉瓦斯が非衛生的であり非能率的であるのに反して、重油は生産性、燃焼効率、稼働率等あらゆる面より鋼塊生産コストの低減に有利な点と、更に重油使用により計器操業、燃焼管理が容易となり、平炉操業の合理化に大いに役立つからである。

銑鋼一貫作業工場においても従来主としてヨークス瓦斯と高炉瓦斯の混合瓦斯を使用し瓦斯は蓄熱室を通じて予熱する方式を採用していたが、数年前より主として重油と昇圧ヨークス瓦斯とを直接バーナーから供給する混焼方式を採用するに至つた。

(2) 平炉燃焼技術の進歩：前述の通り我が国の平炉鋼の生産は燃料として重油を使用するに及んで急速に上昇し、重油使用平炉の割合が逐年増大するに従つて、

Table 8. Change in fuel for firing in open hearth furnaces (Include acid open hearth furnaces).

| Firing fuel         | 1949   |       | 1951   |       | 1952   |       | 1953   |       | 1954   |       |
|---------------------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
|                     | Number | Ratio | Number | Ratio | Number | Ratio | Number | Ratio | Number | Ratio |
| Oil+C-Gas           | 15     | 18.3  | 27     | 27.4  | 32     | 26.0  | 37     | 31.6  | 42     | 34.7  |
| Oil                 | 21     | 25.6  | 22     | 20.8  | 40     | 32.5  | 53     | 45.3  | 62     | 51.2  |
| Coal                | 47     | 57.1  | 55     | 51.8  | 51     | 41.5  | 27     | 23.1  | 17     | 14.1  |
| O.H.F. in operation | 82     | 100.0 | 106    | 100.0 | 123    | 100.0 | 117    | 100.0 | 121    | 100.0 |

(Source: "Iron and Steel Reference Data")

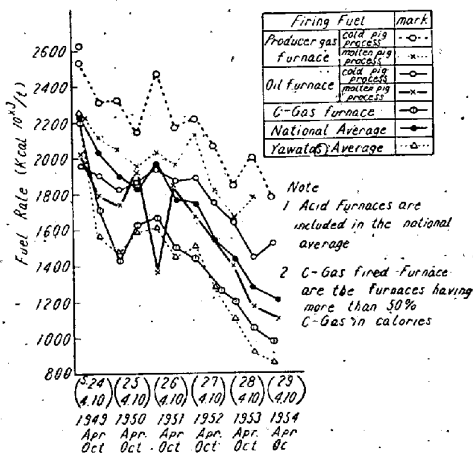


Fig. 5. Trend of fuel consumption rate of open hearth furnaces.

燃焼技術の進歩も著しく、平炉における燃料使用原単位の低減も顕著な成績を示している。

即ち Fig. 5 に示す如く、昭和 24 年 4 月には全国平均燃料原単位が良塊 t 当り 230 万 Kcal であつたが昭和 29 年 4 月には 120 万 Kcal に低減している。

なお、昭和 28 年における我が国主要工場の炉容別燃料原単位の実績と欧米の実績とを対比すれば Fig. 6 に示す如く、我が国の成績はむしろ優位にあるといふことができる。更に銑鋼一貫工場である八幡製鉄および富士製鉄の昭和 29 年 2/4 期における実績は実に 70 万 Kcal 台に飛躍的に低減している。

かく急速に平炉の燃焼成績が向上した要因としては、発生炉瓦斯より効率的な重油への転換が絶対的なものといひ得るが、その他

- 計器および自動調整装置の整備
- 燃焼設備の改良
- 燃焼管理の徹底
- 炉体の改造
- 酸素の利用
- 製鋼時間および非製鋼時間の短縮

等が挙げられる。

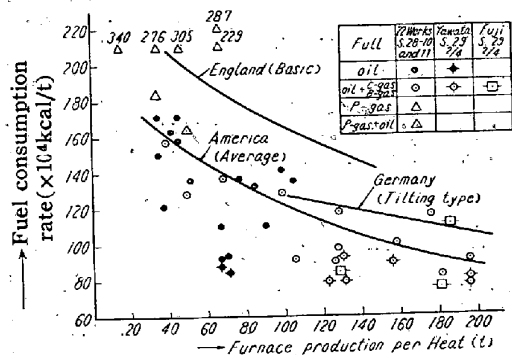


Fig. 6. Relation between furnace capacity and fuel rate. Note: data for Germany, U.S.A. and England are from Stahl u. Eisen, Heft 24, Nov. 19, 73 Jahrgang, (1953).

これ等の要因につき少しく附言すれば、燃焼成績向上のためには平炉々容は拡大の方向に、また炉型としては燃焼効率のよいベンチュリー型への改造が実施せられ、操業法としては製鋼時間および非製鋼時間の短縮に努力が傾注された。平炉の重油燃焼技術の向上のためには、バーナーの構造、重油霧化設備、霧化剤の温度および圧力、重油系燃料の温度および圧力等につき、主として調査研究が進められ、工夫改善がなされた、また、重油燃焼技術の進歩に最も寄与したものは、計器および自動調整装置の整備である。これ等の活用により平炉の装入、溶解、精錬の各期に対する適正な入熱量、霧化剤、および燃焼用空気量等につき基準を定め適確な燃焼管理を実施し、燃焼効率を向上せしめて今日の如き優秀な成績を実現するに至つた。

#### 4. 酸素製鋼法の採用

製鋼作業の過去 10 年間の歴史において、最も大きく改革されたものに酸素製鋼法の採用が指摘される。平炉における酸素の利用は 1946 年、Canada 製鉄所に始まり、その後急速に発展し、我が国においては昭和 23 年 5 月尼崎製鋼所の実験を先駆として、他に 2, 3 の鉄鋼会社が実験を始めた。その後、日本鉄鋼連盟、日本鉄鋼協会、鉄鋼会社を中心に各関係官庁間において討議され茲に酸素製鋼共同研究会が発足することになった。参加

会社としては尼崎製鋼所をはじめ、当時の日本製鉄等 8 会社加わり関係官庁並びに日本鉄鋼協会の援助の下に尼崎製鋼所において共同実験をする運びとなつた。この実験は昭和 24 年 6 月より始められ、同年 11 月に一応完了し、12 月には「酸素製鋼法の研究」として報告書が発刊された。その後、これ等の研究を基礎に各鉄鋼会社間においては酸素製鋼法が本格的に採用されるようになった。

然し、実際操業に入つた当時は、技術習得の揺籃時代であつて、その効果的な利用法については、各社独自の研究改善が続けられ、その成果は製鋼能率の向上、燃料原単位の低減、成品々質の向上、標準作業の確立等顕著な成績を挙げ、特に燃料原単位の低減については燃焼の合理化と相俟つて目覚ましい向上を示した。

次に酸素製鋼法を採用している各工場の概況について略述する。設備としては製造鋼種または生産量により異なるが 500m<sup>3</sup>/h、或いは 2000m<sup>3</sup>/h 能力の酸素発生機が設けられ、また酸素の吹込みは装入期の助燃に、溶解促進として山崩しに、或いは溶解精錬時の脱炭に実施されている。酸素の使用量は良塊 t 当り 6~30m<sup>3</sup> の範囲で多い処では 40m<sup>3</sup> に及んでいる。これまで発表された総合的な成績としては工場により差異はあるが鉄石法に比較して、製鋼能率において 5~27%、燃料原単位にお

いて 5~15% の向上を示し、鉄鉱石の使用量は 5~20 kg/t の節減となつている。Table 9 に 3 社の実績例を示す。

このように酸素製鋼法は終戦後新しく採用された劃期的な技術であるが、普く各製鋼会社に採用されるに至つた。鉄鋼資源に恵まれぬ我が国としても酸素のみは欧米の持てる諸国と同様に無限に豊富な資源であり、優良鉄鉱石の代替の役に、或いは燃料節約のために、殊にまた低炭素鋼の熔製に独特の効果を發揮することは平炉において極めて重要な問題で、今後益々経済的に大量に利用することを研究発展せしめるべきである。

## V. 転炉製鋼法の進歩

### 1. 生産状況

戦後 3 ケ年の休止後、日本鋼管の転炉は昭和 24 年再開し、以来、Table 10 の通り順調な生産を続けている。特に昭和 28 年酸素製鋼法採用後は生産は急上昇し昭和 29 年 6 月には戦前戦後を通じての最高記録 (36,000 t/month) を樹立した。

### 2. 吹錬技術の変遷

戦後は西欧、主としてドイツにおけるトーマス法の発達を参考として、種々な製鋼技術上の改良を行つた。その主なるものは次の通りである。

Table 9. Comparison of ore process and oxygen process.

| Item  | Maker    |        | N Co.                   |        |        | K Co.                   |        |        | Y Co.                |  |  |
|---|----------|--------|-------------------------|--------|--------|-------------------------|--------|--------|----------------------|--|--|
|   | Capacity |        | 50t (Oil+C-Gas)         |        |        | 70t (P-Gas)             |        |        | 150t (Oil+C-Gas)     |  |  |
|   | Time     |        | Mar.20 1954~Mar.30 1954 |        |        | Mar.25 1953~May 29 1953 |        |        |                      |  |  |
| Process   | Ore      | Oxygen | Rate of level up (%)    | Ore    | Oxygen | Rate of level up (%)    | Ore    | Oxygen | Rate of level up (%) |  |  |
| Charging time                                     | 1°-13'   | 1°-03' | -13.7                   | 2°-40' | 2°-30' | -6.3                    | 2°-18' | 2°-03' | -10.9                |  |  |
| Melting time                                      | 2-26     | 1-53   | -22.6                   | 2-37   | 2-10   | -17.2                   | 6-27   | 5-49   | -9.8                 |  |  |
| Refining time                                     | 1-35     | 1-07   | -29.5                   | 1-05   | 53     | -18.5                   | 2-11   | 1-58   | -10.0                |  |  |
| Total   | 5-14     | 4-03   | -22.6                   | 6-22   | 5-43   | -12.1                   | 10-56  | 9-50   | -10.0                |  |  |
| Productivity (t/h)                                | 9.2      | 11.7   | +27.2                   | 10.8   | 12.04  | +11.3                   | 17.4   | 19.3   | +10.9                |  |  |
| Fuel consumption rate (×10 <sup>4</sup> kcal/t)   | 118      | 100    | -15.05                  |        | 39.1   |                         | 97.6   | 82.2   | -15.8                |  |  |
| Consumption of O <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> /t) |          | 20     |                         |        |        |                         |        | 7.4    |                      |  |  |

Table 10. Production of converter steel ingot.

| Process                 | Year       |             |             |             |             |             | Total         |
|-------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|
|                         | 1949       | 1950        | 1951        | 1952        | 1953        | 1954        |               |
| Thomas                  | 77,103,280 | 194,836,480 | 189,436,890 | 191,382,440 | 222,209,890 | 208,518,090 | 1,083,487,070 |
| Basic pig Thomas        | 163,630    | —           | 3,078,230   | 8,618,870   | 122,234,010 | 154,289,470 | 288,384,210   |
| Others including duplex | —          | 725,050     | 137,670     | —           | —           | —           | 2,098,720     |
| Total                   | 77,266,910 | 195,561,530 | 193,888,790 | 200,001,310 | 344,443,900 | 362,807,560 | 1,373,970,000 |



(1) 脱酸方式の改良: 転炉鋼は低炭素鋼を主とするため、特にその脱酸には慎重を要する。このため同社では赤熱フェロマンガ、赤熱平炉銑、熔融鏡鉄、平炉熔銑による脱酸、並びにフェロアルミ代用として特殊なアルミ銑を造り、これによる炉内予備脱酸等の研究を行い夫々作業化した。これによつて効果的かつ合理的な脱酸が行われ、脱酸生成物、介在物は減少した。特にリムド鋼の鋼塊頭部欠陥の除去に成功した。

(2) 低温、浅浴、迅速吹錬による低窒素鋼の製造: 転炉鋼の鋼質改良は低P、低 $N_2$ の鋼を得るにあるのでドイツで行われたH.P.N法を基として、炉体内径の拡大、並びに軽装入による鋼浴の浅化、屑鉄、鉄鉱石、石灰石の大量使用による鋼浴の激しい冷却と、吹錬時間の短縮等の影響を統計的に研究した結果、これ等の方法を採用し、 $N_2$  0.008~0.015% 程度、P 0.06% 以下の低 $N_2$ 、低P鋼の製造に成功した。

(3) 平炉銑吹錬: 従来トーマス炉では吹錬不可能とされていた平炉銑の吹錬方法を種々研究し遂にその吹錬に成功し、普通製鋼法により月約6,000tの平炉銑を処理した。また螢石鉄石法の発明により同法でP 0.040%以下の低P鋼を、鋼を過酸化することなく製造することができた。

(4) 酸素製鋼の導入: 転炉法改良の研究はドイツにおいて今次大戦前より盛んに行われ、前記H.P.N法その他、横吹法、Alto鋼の発明等に目覚ましいものがあったが、転炉に対する酸素の使用は最も決定的な方法と考えられたので当時においても西欧の転炉法を実地に見学の後、昭和28年3月より酸素富化による底吹転炉法を採用した。その結果は能率、鋼質共に改良は目覚ましく製鋼のPは平炉銑吹で0.035%、 $N_2$ は0.006~0.012%程度となり、また1時間4チャージ以上の出鋼能率を得た。また当社では更に酸素製鋼の最尖端ともいべき上吹法の実験を5t炉で行いその優秀性を確認した。

### 3. 製出鋼

特に酸素製鋼の導入により鋼種範囲は非常に拡張された。即ち目下の製出鋼は各種シートバー、フープは勿論、構造用各種型鋼、棒鋼、快削鋼、継目無管材等におよんでいる。フープ(スケルブ)材は鍛接性において平炉鋼より優れており、管材もキャップド鋼塊の採用により、非常に内面不良の少ない安定した生産に成功している。

## VI. 結 語

終戦直後の両3年間は、内地原料のみに依存せざるを得なかつた我が国の製鋼作業は昭和23年頭初より、初めて外国鉄石の輸入を得て干天に慈雨を得たように漸く蘇生し、復興の緒についた。昭和24年米国の好意により米国式製鋼技術を導入することによつて急速に製鋼設備並びに製鋼法の進歩をもたらした。就中、製鋼燃料として重油を主体として使用するに至つて、酸素製鋼法の採用と相俟つて作業の合理化が急激に進歩し、製鋼能率が著しく向上し、燃料原単位も世界最高水準の70万Kcal/t合の優秀な成績を示す工場も数工場現われるに至つた。

かくして鋼塊生産量も昭和28年には当時の56%の少数の稼働炉数でかつての我が国の最高生産量765万tを凌駕するに至り、今や全く製鋼作業は遙かに戦前に優る発展を見るに至つた。終戦後10年間の我国製鋼業の推移変遷を回顧するとき進歩の歴史とも称してよいであろう。

### 参考資料

1. 製鉄参考資料……………鉄鋼連盟
2. 製鋼部会資料……………製鋼部会
3. Stahl und Eisen……………Heft 24, 19, Nov. 73. Jahrg., 1953.
4. 製鉄研究 第202号