

# 日本における製鉄プロセスの変遷と 未来に向けての最近の動向

日 野 光 兀\*

## 1. はじめに

本稿では、西洋の近代製鉄法直輸入に苦勞した明治時代の我国鉄鋼製造技術史を先ず紹介する。引き続き、大正、昭和時代の太平洋戦争終戦までの近世製鉄プロセス技術改良史、並びに戦後、世界一鉄鋼生産国となるまでの、我国独自の現代製鉄技術開発史を紹介する。最後に、直近の環境問題まで視野に入れた、未来に向けた、排出カーボンニュートラルを目指す新製鉄技術開発動向にも言及したい。

我国に於ける近代製鉄技術の導入動機は「海防」すなわち鑄鉄製大砲を製造することであった<sup>(1)</sup>。江戸末期、欧米列強はアフリカ内陸部の植民地化を終了し、最後の侵略対象を東北アジアとし、中国でアヘン戦争を開始し大清を大敗させた。これを受けて江戸幕府はヒュゲニン著「西洋鉄煩鑄造篇」を翻訳させ、これを参考にして、佐賀藩に命じて日本初の反射炉実証炉を建設させ洋式砲を鑄造した。その後、Matthew C. Perry が黒船で横浜浦に来航し開港を求め国中が大騒ぎになった。そこで萩藩は反射炉を建設した。更に水戸藩主徳川斉彬は那珂湊に反射炉を建設した。薩摩藩も集成館に反射炉を完成し青銅砲の鑄造に成功した。更に、伊豆荊山では江戸湾防衛のため反射炉が設置された。しかし、何れの藩でも鑄鉄製大砲製造は困難であった。

大島高任は、岩鉄(鉄鉱石)銑であってこそ優れた西洋式大砲ができると確信し、鉄鉱石を製錬できる炉、即ち西洋式高炉を築き、柔鉄(鉄鉱石から製錬した銑鉄)を作りたいと願望した。大島高任は、南部藩釜石地区大橋に洋式木炭高炉を建設し、試行錯誤の結果、1858年(旧暦安政4年12月1日)遂に操業初出銑に成功し、高炉製銑法の導入による近代製鉄の幕開けとなった<sup>(2)</sup>。

その操業の特徴<sup>(3)</sup>は、先ず、燃料・還元剤として木炭を用い、送風として水車動力を利用した木製箱型鞆の適用であった。2つ目の特徴は塊鉄石の使用と予備処理だった。即ち、磁鉄鉱(岩鉄)を整粒し、種焼竈で薪炭を用いて煅焼したことであった。

倒幕後、新樹立の明治政府は富国強兵のために工廠創設を目指したので、次にその経緯を記す。江戸幕府時代は海防のため海軍を創設していたが、ペリー艦隊来航から明治維新後初頭までに幕府海軍は政府軍務官兵器司へ引継がれた。一方、陸軍兵器製造施設の変遷を顧みると、徳川幕府末期には小石川に関口製造所、大阪城内に製造所が設置されていた。明治維新後、両施設は1868(明治元)年政府管轄に移行された<sup>(4)</sup>。

## 2. 明治期における近代製鉄法の創設<sup>(4)(5)</sup>

倒幕後、明治政府は近世・近代国家設立のため、「鐵は國家なり」の掛け声の下、富国強兵国家の建設を目指し、鉄を使用した武器の製造のため工廠を設置した。と同時に、殖産興業のために国内の鉄道施設と鉱業・重工業の興業に注力した。

### (1) 工廠の創設<sup>(4)-(8)</sup>

当時、兵力は輸入した主力艦船と兵器に依存していた。艦船兵器は機密保持のため国産化すべきという国策に則り、新政府は工廠を創設することにした。しかし、製鋼技術の急速な自立と発展を見ることになるのは1905(明治38)年の日露戦争終戦以降である。その後、陸軍造兵廠と海軍工廠は全国20か所にまで拡充された<sup>(6)-(8)</sup>が、これらの工廠は太平洋戦争敗戦により全面閉鎖された。

\* 東北大学名誉教授

Changes of Modern Iron- and Steel-Making Process since Meiji Period and Current Topics of the Future in Japan; Mitsutaka Hino (Emeritus Professor, Tohoku University, Sendai)

Keywords: iron-making process, steel-making process, Meiji period, modern process, future process, history of steel industry

2023年2月22日受理[doi:10.2320/materia.62.447]

表1 造兵工廠における西洋からの製鋼技術の導入例.

|             |                                                                                        |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1870(明治 3)年 | 原田宗助 英アームストロング社で7年間坩堝製鋼法習得                                                             |
| 1875(明治 8)年 | 東京築地に海軍省兵器局兵器製造所設置                                                                     |
| 1878(明治11)年 | 大河平才蔵、坂本俊一(両者のち海軍造兵大監)<br>兵器材料習得のため独クルップ社へ派遣                                           |
| 1881(明治14)年 | 帰国                                                                                     |
| 1882(明治15)年 | 築地で3tコークス焚坩堝製鋼法を開始<br>我国としての近代製鋼の創始 ヤスリ地金溶製                                            |
| 1883(明治16)年 | 兵器製造所は芝赤羽に移行<br>堅鉄榴弾を初試作                                                               |
| 1884(明治17)年 | 粘土、黒鉛、玉鋼など全て国産原料を用いて<br>クルップ式砲門、鋼楯鑄造成功 (明治21)                                          |
| 1889(明治22)年 | 兵器製造所は海軍造兵廠と改称 向井哲吉独留学                                                                 |
| 1894(明治27)年 | 日清戦争開戦 小杉辰三米留学、吉田正心英留学<br>口径47mm以下の鍛鋼榴弾製造、 (明治28)<br>口径47mm砲身試作成功<br>併せ湯で溶鋼高166t溶製可となる |

海軍工廠における西洋からの製鋼技術の導入法の一例<sup>(6)-(8)</sup>を示せば表1のようになる。先ず将校である原田宗助を兵器製造会社である英国アームストロング社に派遣し、7年間坩堝製鋼法を習得させ、訓練した製鋼設備を購入して帰国し、工廠で習得した技術を工員に伝承するという人材育成法を行った。それ以降も同様な技術導入、人材育成法を踏襲した。

## (2) 官営製鐵所設立

### (a) 官営中小坂製鐵所<sup>(4)(9)(10)</sup>

当時、鋼材は未だ国産がなかったので、国産にすべく、官営製鐵所の設立が望まれた。群馬県中小坂で、山一組が1874(明治7)年洋式製鐵所操業を開始していた。しかし政府資金の供与が得られず、1878(明治11)年申し出て官営化され、1881(明治14)年まで操業継続された。これが我国に於ける最初の官営製鐵所である。しかし、採算が取れなくなり、同年民営化され、その後、1908(明治41)年操業を中止した。現在は、当時の石垣と焙焼炉が残っているだけである。

中小坂製鐵所建設では英国式高炉設備一式を輸入した。操業は3人の雇用外国人技師の指導の下開始された。製鐵所では直ぐ裏山の鉄山で産出される磁鉄鉱を採掘し、同時に木炭も生産してトロッコで運搬し、磁鉄鉱を酸化焙焼して、これを矢張り地元産の石灰石と共に装入して木炭高炉で操業した。

### (b) 人材育成<sup>(11)-(14)</sup>

新政府は維新直後の1871(明治4)年から3年間岩倉遣欧使節団を欧米に派遣し近代国家設立のため、殖産興業のための人材育成にも注力した。

同行した大島高任はドイツフライベルクに単独調査に入り、「1860年までの製鉄法は廃業している。当今の方法は、ここ三年ばかりの間に開発されたものである。勿論、未だ書籍にその新方法を著したものはない。よって私に2カ月の滞在をこのフライベルクの地に許して頂きたい」と上申し、伊藤博文(全権副大使)はこれを認め、帰国は延期され、ヨーロッパ最古の鉱山大学フライベルク大学に留学し、西洋の最も新しい製鉄法を身につけて、1873(明治6)年6月に帰国した。その後、明治政府は同大学に毎年1~2名の留学生を派遣し続け、鉄鋼分野の人材育成に努めた。

### (c) 官営釜石製鐵所<sup>(2)</sup>

中小坂での操業失敗後、政府は、官営釜石製鐵所を1880(明治13)年9月に操業を開始した。山田純安を中心に英人8名、独人2名が指揮をし、動力送風を用いた木炭並びにコークス高炉操業をし、パドル炉による鍊鉄生産を試行した。官営釜石製鐵所設置の歴史的な意義は、1881(明治14)年コークス生産を開始し、日本初のコークス高炉の操業を試みたことである。しかし深刻な財政、金融大整理時代に伴う財政事情、木炭不足のため、1882(明治15)年事業継続を断念し、1883(明治16)年廃業し操業は失敗した。

### (d) 釜石鑛山田中製鐵所の近代製鉄法への貢献<sup>(2)</sup>

次に釜石鑛山田中製鐵所の創設について触れておきたい。1883(明治16)年、前薩摩藩御用商人で官省御用達商人である田中長兵衛は官営釜石製鐵所敷地と鉱石、木炭の払い下げを受けて操業復興再開を試みた。大島高任時代の容量規模の大野木炭高炉の操業再開を試み、1886(明治19)年10月16日に49回目の操業で遂に初出鉄に成功した。

この成功を受けて、工科大学教授野呂景義を顧問として参

画を仰ぎ、野呂景義の門下生である香村小録を技師長に任じて、官営時代の英国式高炉・熱風炉の設計上の欠陥を修正し、鉾石焙焼炉を設置して、1893(明治26)年 25 t 高炉 1 基を改修・復活させるのに成功した。

これまでの西洋式製鉄法の我国への導入は、最新の設備を購入し、イギリスやドイツから技師を連れて来て操業指導して頂いたのに全て失敗してしまった。

その原因を考察した、「明治日本の産業革命遺産」世界遺産協議会委員であった元新日鐵の稲角<sup>(15)</sup>は、日本で産出した鉄鉾石と、英国や欧州大陸で産出した鉄鉾石の種類の違いを指摘している。日本で産出した鉄鉾石は磁鉄鉾で、欧州で多く産出していた赤鉄鉾や褐鉄鉾と異なり、今の進んだ科学で判ったことであるが、還元し難い鉄鉾石であったと指摘している。非常に緻密組織である磁鉄鉾は一端酸化させ赤鉄鉾にすると鉾物組織が非常に粗なり還元し易くなることが現在では知られている。即ち、磁鉄鉾には焙焼工程が非常に重要な工程になる。

大島高任が成功した秘訣は確かにこの種焼の実施であった。釜石鑛山田中製鐵所での成功も、野呂景義による鉾石の焙焼工程の徹底であった。この問題は、後に述べる、官営八幡製鐵所の立上げの時も、また繰り返され、野呂景義によって再度指摘された。

田中製鐵所の歴史的意味は、1894(明治27)年 8 月、我が国最初の炭化室分離型のコペー式コークス炉を新たに設置し、木炭に代わって北海道夕炭炭を焼成したコークスを使用

し、国内初のコークス銑生産に成功したことである。その生産量は年間 8,000 t にも達した。我国の翌年の高炉銑生産量は大きく飛躍し砂鉄銑を初めて上回った。また、5 t 塩基性平炉 2 基を設置し、1903(明治36)年 3 月、我国で初めて鉄鋼一貫体制を確立せしめたことであり、御雇外国人は一切採用せず、日本技術者の育成・成長を社内で行ったことがその後の日本国内製鉄所増設に大いに貢献した。企業として成功できた大きな要因の一つは大阪砲兵工廠を客先として確保出来ていたことであると思われる。1894(明治27)年 7 月には日清戦争が勃発し1895(明治28)年 3 月まで戦争は継続したため、鉄鋼需要は大きく強まり、企業規模も大いに拡張された。

(e) 官営八幡製鐵所<sup>(11)(12)(16)(17)</sup>

この状況を受けて官営製鐵所設立の機運が再度起こった。このような時代背景のもと、官営八幡製鐵所は日清戦争終戦 6 年後で日露戦争開戦 3 年前の1901(明治34)年、殖産興業を目標に、鉾業・重工業の興業、国内への鉄道の施設、均質鋼種の大量生産を目指して稼働を開始した。

操業開始当時の八幡製鐵所鋼材生産規模は、その後大島道太郎により日清戦争終戦後の急激な鋼材需要増加、輸入銑鉄と鉄鉾石増加への対処案として大幅に変更され、増強案が採用された。製鋼炉としては、操業当初から平炉と同時に Bessemer 転炉も導入した。1901(明治34)年には U. S. Steel も設立されたが八幡に比較にならない程の大規模操業であった。

表 2 我国の明治期における近代製鉄設備初実機化系譜<sup>(4)</sup>。

| 西暦(和暦)年      | 製鉄設備         | 炉容         | 最初の設置場所   |
|--------------|--------------|------------|-----------|
| 1858(安政 5)年  | 木炭高炉         | 高さ 6m      | 釜石大橋鉄山    |
| 1874(明治 7)年  | 蒸気機関熱風炉      | 10,20,30HP | 中小坂鉄山     |
|              | パドル法         | 60 t/m     | 中小坂鉄山     |
| 1882(明治 15)年 | コークス専焼坩堝製鋼   | 3 t        | 築地兵器製造所   |
| 1890(明治 23)年 | 重油焚酸性平炉      | 5 t        | 横須賀鎮守府    |
|              | 酸性平炉         | 250 kg     | 大阪砲兵工廠    |
| 1894(明治 27)年 | コークス高炉       | 25 t       | 釜石鑛山田中製鐵所 |
| 1896(明治 29)年 | 塩基性平炉        | 3 t        | 大阪砲兵工廠    |
| 1899(明治 32)年 | Ni-Cr 鋼塊の初生産 |            | 大阪砲兵工廠    |
|              | 平炉国産初築造      | 8 t        | 東京砲兵工廠    |
| 1901(明治 34)年 | 塩基性平炉        | 25 t       | 官営八幡製鐵所   |
|              | 酸性転炉         | 10 t       | 官営八幡製鐵所   |
| 1911(明治 44)年 | エルー式アーク炉     |            | 海軍工廠      |
| 1917(大正 6)年  | 誘導炉          | 3 t        | 官営八幡製鐵所   |
|              | 塩基性電気炉       | 3 t        | 呉海軍工廠     |
| 1938(昭和 13)年 | 塩基性転炉        | 20 t       | 日本鋼管      |

大島道太郎が留学時代の恩師レーデブア教授の助言に従って、計画策定と設備機器の発注を行い、操業への助力はドイツ人技師に囑託した。が、立ち上げには多くの難題を抱え、その多くのドイツ人技師帰国後、多くの日本人の努力によって、数年以上かけてやっと操業に成功した。

### (3) 我国の明治期における近代製鉄設備初実機化系譜

我国の明治期における近代製鉄設備が初実機化した系譜<sup>(4)</sup>を一括して示せば表2のようになる。このように一覧すると、我国における製鉄製鋼技術の導入の多くは陸海軍工廠から始まっていることが理解できる。

明治期の我国鉄鋼業は欧州技術の移植・培養時代で、経済的には未だ独立自主の段階に入っておらず、軍工廠と官営八幡製鐵所が発展の原動力で、何れも熱心に海外の近代技術を模倣し、熟練を積み重ねていった時期であった。

## 3. 大正期から太平洋戦争終戦までの製鉄事情の変遷

### (1) 明治時代末期～大正時代 現存する民間製鉄企業の創設

明治時代末期に創設されて現存する主な民間製鉄企業は以下の通りである。1905(明治38)年神戸製鋼所、1907(明治40)年日本製鋼所、1909(明治42)年現在の日本製鉄室蘭製鉄所、1903(明治36)年日立金属工業、1906(明治39)年JFEスチール、1916(大正5)年大同特殊鋼などは、本格操業は大正時代に入ってからである。その他の大手製鉄企業も大正から昭和以降に操業を開始した。

### (2) 日中戦争・太平洋戦争中の動向<sup>(18)</sup>

日中戦争・太平洋戦争中の動向を概観する。1931(昭和6)年満州事変開始、1933(昭和8)年国際連盟脱退以降、日本は世界各国から締め出されて、1939(昭和14)年日米通商航海条約破棄を通告され、1940(昭和15)年米国から屑鉄の日本輸出禁止、1941(昭和16)年対日石油輸出全面禁止を通告され、製鋼原料が極端に不足する状態に陥ってしまった。そしてついに同年12月に太平洋戦争を勃発させてしまった。

そこで、製鉄原料を確保すべく、現在の北朝鮮や、満州、西太平洋南方諸島の鉱山を占領し、多くの現地の製鉄所の操業を占有し、生産した鉄鋼を国内に移送し始めた。

## 4. 太平洋戦争終戦後の復興期から経済高度成長期における製鉄プロセスの変遷

### (1) 戦後復興期の系譜<sup>(18)</sup>

しかし、1945(昭和20)年太平洋戦争敗戦によってこれらの外地の製鉄資源・製鉄所は全て手放すことになり、国内でも八幡・釜石・室蘭などの大きな製鉄所は空襲や艦砲射撃を受け主要製鉄設備壊滅状態となってしまった。

戦後になって、GHQの命令により、1946(昭和21)年財閥解体が本格化し、製鉄の世界でも、過度経済力集中排除法により1950(昭和25)年、日本製鐵が解散された。

戦後、我国の鉄鋼業界では、国の基幹産業である鉄鋼産業を再興しようと多くの方々が最大限の努力を払われた。1949(昭和24)年6月朝鮮動乱が勃発し、特需景気により、鉄鋼生産量も急激に回復した。

1951(昭和26)年から1965(昭和40)年に亘って、第1次、第2次、第3次合理化政策が遂行された。その頃、池田首相により提唱された“所得倍増計画”と相まって、世の中が好景気に見舞われた。1969(昭和44)年3月、八幡製鐵と富士製鐵が合併し、超大製鐵会社の新日本製鐵が発足した。

### (2) 経済高度成長期における製鉄プロセス

#### (a) 少資源国日本の貿易立国指向

1961(昭和36)年からの第3次合理化政策では、八幡製鐵君津、日本鋼管福山、川崎製鉄水島などが着工された。その後も、住友金属鹿島製鉄所、新日鐵大分製鉄所、神戸製鋼所加古川製鉄所などの大製鉄所が続いた。何れも、少資源国の日本が貿易立国を目指した臨海製鉄所であった。これらがその後の世界における製鉄所立地のモデルとなった。

我国の高度成長時代には、豪州産綿状粉鉄鉱山開発投資・大量買付と高炉の大型化が行われた。この時、高炉操業の進歩・改善の追求が熱心に討議され、そこでは、1943(昭和18)年創設された産学官共同研究機体制である日本学術振興会製鉄第54委員会と日本鉄鋼協会の製鉄部会、コークス部会、耐火物部会等の貢献が非常に大きかったと言われている。

#### (b) 戦後の転炉製鋼法の技術開発<sup>(19)</sup>

現代の製鋼技術の先駆となった純酸素上吹転炉製鋼法は、第2次世界大戦後の1950年頃から急成長した技術であり、実態としては、LD試験転炉は1949(昭和24)年オーストリアで初稼働し、我国では、50tLD炉が八幡製鐵所で1956(昭和31)年に生産作業開始された。1970年頃から開発され始まったOBM純酸素底吹転炉は1967(昭和42)年ドイツで操業開始され、我国では1977(昭和52)年川崎製鐵に230tQ-BOP炉が導入され、操業開始された。1980年頃になると、川崎製鐵は150tLD-KGC、250tK-BOPなどの改良技術開発を行い、1984(昭和59)年から実操業を開始した。

その結果、第2次世界大戦中の主要製鋼炉であった平炉から、世界でいち早く転炉に切り替えることに成功した<sup>(20)</sup>。1960年以降の我国における新製鋼技術導入・改良・開発により、日本の鉄鋼業は世界に誇る技術開発に成功し、鋼材の質、生産量ともに世界のリーダーになることができた。

この製鋼工程でも、1934(昭和9)年創設された日本学術振興会製鋼第19委員会と日本鉄鋼協会の製鋼部会、電気炉部会、特殊鋼部会、耐火物部会、分析技術部会等の貢献が非常に大きかったと言われている。ここで盛んに討議されたのは、高純度鋼精錬のための機能分化や高速吹錬による生産性の向上であった<sup>(21)</sup>。

しかし、1996(平成8)年になると、中国の鉄鋼生産量は我国を上回り、現在は我国生産量の10倍程に達している<sup>(20)</sup>。

## 5. 未来に向けての最近の動向

ところで最近、異常気象の主原因は、地球温暖化であると盛んに議論されている。この起源は、大気中の二酸化炭素濃度の上昇が主であると言われている。日本全体のエネルギー起源 CO<sub>2</sub> 排出に占める各部門の割合は産業部門が最大だと指摘されている。その中で、鉄鋼産業が43%も占め、圧倒的に大きく、世間から白い目で見られている。2020年10月、菅首相は初の所信表明で「産業・社会に変革」を起こすと、「温室ガスを2050年までにゼロ」にすると宣言した。鉄鋼業界を始め、排出業界は対応を迫られているが、「コストが上がり立ち行かない」、「どうしても出る CO<sub>2</sub> まで『なくせ』」と言われたら、どうなるのか」と多くの戸惑いの声が上がっている。

### (1) 「環境調和型製鉄プロセス技術開発」(COURSE50)<sup>(22)</sup>

実は、日本鉄鋼業界では、排出 CO<sub>2</sub> を減少させようと、産学官一体となって、既に「環境調和型製鉄プロセス技術開発」(COURSE50)を2008(平成20)年にスタートしている。このプロジェクトでは、製鉄プロセスで排出される総量中の7割を占める高炉工程で、高温にする燃料と鉄鉱石の還元剤としてコークスが使用されているが、コークス炉から発生するガスを変性し水素を発生させ、高炉内の還元剤として代替させ、発生する CO<sub>2</sub> を減少させるというものである。このプロジェクトは前半の10年間は既に終了し、日本製鉄君津製鉄所に試験高炉を設け、その後も実機化に向けた試験が鋭意継続されている。

このプロジェクトでは、高炉から排出された CO<sub>2</sub> を分離回収することも行っている。この CO<sub>2</sub> は地中深くパイプで送り込んで貯留し、炭酸塩の岩塩にして安定化させるという別のプロジェクトも推進中で、現在、苫小牧で実地試験が行われている。これらのプロジェクトを成功させるためには、現存の鉄鋼製造設備に加えて、新たに設備を改修・増設する必要があり、多額の投資を必要とする。

一方欧米では10数年前から高炉法に依らない、Alternative Iron-making の技術開発が盛んに行われている。このプロジェクトは、我国ではほとんど期待できないが、世界広く埋蔵が確認されている天然ガスを改質して、水素で鉄鉱石を還元し、直接還元鉄を生産するという製鉄法である。この場合、排出ガスは水蒸気と炭酸ガスとなるが、排出 CO<sub>2</sub> 量は高炉法に比較すると圧倒的な少量になる。

このような大きな世界の動きは日本鉄鋼業界でも無視する訳にはいかず、極最近、大きな合理化を実行し、合わせて、高炉操業を止めて、CO<sub>2</sub> 排出量が極少量で済む、スクラップを原料とする電気炉法に置き換える動きが顕著になってきている。

また、製鉄業の海外進出や、産業構造の変革に乗り出すという事も盛んに行われ始めている。

### (2) 「ゼロカーボン・スチール」の実現に向けた技術開発プロジェクト<sup>(23)</sup>

そこで極直近では、日本鉄鋼業界では総力を挙げて「ゼロカーボン・スチール」の実現に向けた技術開発プロジェクト」が金属系材料研究開発センター JRCM の指揮の下、スタートしている。即ち、高炉製鉄法では還元剤として水素のみを使用し、燃料であるコークスから排出する CO<sub>2</sub> はメタノール生成原料として有効利用する。これまでの一部の高炉の代替としては、シャフト炉、流動層を使用して水素による直接還元鉄を製造し、これを電気炉製鋼法に原料として使用するというものである。

日本の鉄鋼生産量は、最近急速に生産量を伸ばしているインドに抜かれて、世界第3位で、8千万トンから9千万トン位になっている。今後最盛期の一億トンはもはや見込まれず、最近のベトナム、インドネシアの急成長振りを考慮すると6千万トンに低迷することもありうると思われる。また天然ガスを利用して、還元鉄を製造しているトルコ、イラン、メキシコの急成長も注目される。最近変動が激しい3年間の熱延コイルの価格変動を比較すると、日本の価格を欧州並みとすると中国産の3割高となっている。

このようにしてみると、貿易立国日本の鉄鋼業を取り巻く、世界情勢は大きな変節を迎えていることが理解できる。

## 6. おわりに

おわりに、日本の鉄鋼業のこれからについて、余りに個人的意見であるが、将来展望を記す。

中国は世界最高級で最新の設備投資をして、日本の鉄鋼生産量の10倍を製造し、世界鉄鋼の6割弱を生産している。我が国が従来の製鉄法に比較して、CO<sub>2</sub> 排出量を3割減できるとしても、果たしてこの中国が、新たな資本投資をして、COURSE50と同様の鉄鋼製造法を採用するだろうか。中国、日本を除いて、Alternative Iron-making に舵を切った欧米を見ると、天然ガスを産出しない我国は、還元鉄生産を含め製鉄を日本国内で行うのが正解なのだろうか。

スクラップを原料とする電気炉法に日本も米国並みにもっともって重点を移してもよいのではないかと思う。電気炉製鋼法では、自動車用鋼板などの高級鋼は生産できないと言われ続けているが本当なのだろうか。電炉法における不純物除去法の原理は、産学官挙げて既に20年前に明らかにしている。しかし当時、確かに不純物低減は十分に可能だが、現行の製鋼法に比較して金が掛かり過ぎると言われ、お蔵入りになってしまった。しかし直近の多額の設備投資を必要とするゼロカーボンの動きを観た時には、もう一度お蔵から引き出して、再検討してもよいのではないかと考えている。

## 文 献

- (1) 加藤康子監修：世界遺産 明治日本の産業革命遺産 製鉄・製鋼、造船、石炭産業、「明治日本の産業革命遺産」，世界遺産協議会発行，(2015)．
- (2) 日野光元：ふえらむ，**24**(2019)，596．
- (3) 北の鉄文化，岩手県立博物館，(1990)，152．
- (4) 日野光元：日本鉄鋼協会「鉄の技術と歴史研究フォーラム」第40回フォーラム論文集，幕末・明治期の鉄研究会第1回講演会，(2022)，5．
- (5) 日本鉄鋼史．明治篇；日本鉄鋼史編集会編，小島精一，他著，五月書房，(1945)．
- (6) 戦前軍用特殊鋼技術の導入と開発(旧陸海軍鉄鋼技術調査委員会報告書)，日本鉄鋼協会，(1991)．
- (7) 堀川一男：海軍製鋼技術物語 大型高級特殊鋼の製造技術の発展，アグネ技術センター，(2000)．
- (8) 堀川一男：続海軍製鋼技術物語 米海軍「日本技術調査報告書」を読む，アグネ技術センター，(2003)．
- (9) 飯田賢一：日本鉄鋼技術史，東洋経済新報社，(1979)．
- (10) 大橋周治：幕末明治製鉄史，アグネ，(1991)．
- (11) 矢島忠正著，日野光元監修：官営製鐵所から東北帝國大學金属工學科へ，東北大学出版社，(2010)．
- (12) 日野光元：ふえらむ，**23**(2018)，43，90．
- (13) 佐々木正勇：研究紀要，日本大学人文科学研究所，(1985)，31，26．
- (14) 松尾展成：岡山大学経済会雑誌，**29**(1998)，4，187．
- (15) 稲角忠弘：かまいしの鐵学，**1**(2022)，16．



日野光元

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★

1975年 東北大学大学院工学研究科金属工学専攻単位取得退学  
元東北大学大学院教授，元北海道職業能力開発大学校校長

2009年4月－鉄鋼大学名誉教授  
専門分野：鉄鋼製錬学

◎鉄鋼製錬工程の反応機構解明や熱力学的解析に従事。溶鉄，溶鋼，溶融高合金，溶融スラグの熱力学モデルの提言や熱力学データの測定，データ集の編集を中心に活躍。鉄鋼業界を取り巻く環境問題修復の課題についても研究多数。

★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★★