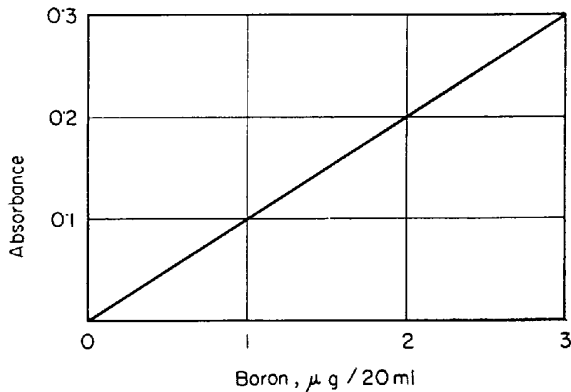


Table 3. Effect of methylene blue concentration on absorbance.

Methylene blue solution (0.001M) added (ml)	Absorbance ( $-\log T$ ) B: 2.5 $\mu$ g		
	B+Blank	Blank	B
1.0	0.44	0.19	0.25
2.0	0.66	0.38	0.28
3.0	1.1	0.80	0.3

Fig. 1. Calibration curve.  
Filter: S66, Cell: 10mm

BF<sub>4</sub><sup>-</sup>-メチレン青錯体抽出時の H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> の濃度が大であると、空試験値が増大し逆に錯体の吸光度が低下することが知られ、錯体抽出時の最適の pH は 3.2 以下だとされている<sup>1)</sup>。他の諸法<sup>2)3)4)</sup>では、試料分解後そのままひきつづき抽出操作にうつるので、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>濃度の比較的高い状態で抽出しなくてはならない。これがため、錯体の吸光度の低下を防止する目的で高濃度のメチレン青溶液を使用せねばならず、これにともなつて空試験の増大をきたしている。

著者らは、試料分解後試料溶液の 1/10 量を分取し、H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> の濃度を調節する方法をとることにより、試料の分解には必要にして十分な酸を使用し、錯体抽出時には最適の酸の濃度にさげることができた。著者らの規定した条件で操作した場合、抽出時の pH は 3.1~3.2 の範囲となる。このため、うすいメチレン青溶液を使用しても、空試験値の低下するわりには錯体の吸光度が下らないのであると思われる。

#### 4.4 検量線の作製

B 不含の鋼 0.5 g を 3 分析操作 (1) の著者らの方法によつて処理し、つぎに (3') により正しく 10 ml を分取し、これに B 標準液 (B として 0~2.5 $\mu$ g の範囲) を加え、以下 (4) にしたがつて処理し、吸光度を測定し、Fig. 1 の検量線を得た。ただし、B 添加量 0 の場合の吸光度を空試験値として差し引いてある。したがつて実際試料の分析のさいも試料と併行して B 不含の鋼を同様に処理して、これの吸光度を空試験値として、実際試料の測定値から差し引くことが必要である。

#### 4.5 分析例

著者らの方法によつて 2~3 の B 含有鋼中の B を定量した結果を Table 4 に示す。JIS の抽出光度法とほぼ一致した値が得られた。この方法によれば、分析所要時

Table 4. Determination of boron in carbon steels.

Sample	Recommended method		JIS method
	Absorbance ( $-\log T$ )	B found (%)	Total B (%)
C-steel No 1	0.034	0.0007	0.0008
	0.035	0.0007	
	0.040	0.0008	
" No 2	0.055	0.0011	0.0011
	0.064	0.0013	
	0.060	0.0012	
" No 3	0.130	0.0026	0.0027
	0.122	0.0024	
	0.120	0.0024	
" No 4	0.163	0.0033	0.0033
	0.174	0.0035	
	0.169	0.0034	

間は約 70 min, JIS 法では約 140 min で、1/2 に短縮された。

#### 文 献

- 1) L. DUCRET: Anal. Chim. Acta, 17 (1957), p. 213
- 2) JIS G 1227 (1963)
- 3) 若松: 分析化学, 7 (1958), p. 372
- 4) 実松, 石黒: 学振報告, 19委 8288 (1966)
- 5) 神森, 田口, 石黒: 分析化学, 15 (1966), p. 1376
- 6) 福土, 柿田: 同上, 15 (1966), p. 553

### 維新前後における日本の海外技術移植過程のドイツとの比較について\*

アジア経済研究所 黒岩俊郎

On the Comparison between Acceptance of Modern Iron-Making Technology in Germany and that in Japan at Meiji-Ishin

Tosiro KUROIWA

#### 1. 緒言 (本研究の目的)

自主技術の確立、なおすんで開発途上への技術輸出などがこれからの日本製鉄技術最大の課題であるが、この問題を考える時、日本製鉄技術の発達過程を分析することは一つの大きな示唆を与えるものである。

本研究は維新前後における日本の鉄鋼技術移植過程を 19 世紀後半におけるドイツのイギリスからの技術導入過程と比較検討し、合わせて今後の鉄鋼技術の進路を模索するものである。

#### 2. 研究方法

安来、千種 (兵庫) などのたたら跡、伊豆葎山の反射炉跡、釜石製鉄所の各種遺跡、中小坂鉱山跡など現地調査を行なう一方、刊行、未刊行文献による調査を併用し

\* 第73回講演大会にて発表 講演番号 190 昭和42年5月10日受付

た。

### 3. 研究 内 容

#### 3.1 類似点

時代は日本より古いドイツにおいてもかつては日本と同様に先進国イギリスに学んだ時期があつた。イギリスへの技術研習生の派遣、帰国後イギリスの進んだ製鉄技術をドイツに移植したことなどは日本と全く同じ過程をたどつていた。たとえば後にドイツ近代製鉄技術の指導者になつたレミー (F. REMY), レーデン (F. W. V. LEDEN), シュタイン (H.F.K.r. STEIN) などがそれである。その一人レミーは中部イングランドのスタッフォードシャーに留学してパドル法を学び、後に帰国して中部ラインの Remy Reselstein 鉄工所でドイツ最初のパドル操業を行なつたり。

ドイツ最初のコークス溶鉱炉は 1897 年、上シュレージェンの王立 Gleiwitz 製鉄所で操業を始めたが、しかしこれも英国スコットランドの Carron 製鉄所の指導によるものであつた<sup>2)</sup>。

日本においては、維新前は主としてオランダから、また維新後はイギリス、ドイツから学んだ。有名な江川太郎左衛門の反射炉築造に際して使用された指導書はオランダのヒュゲニン (HUGUENIN) の「鉄煩鑄造篇」によつたといわれる。

維新直後日本には数多くの、ネッターを始めとする外人技術者が来てそれぞれの指導にあつた。官行釜石創業の際も、官行八幡創業の際にもその果たした役割は無視できない。一方日本からも明治 8 年東京開成学校の中級程度修了以上者中、工学関係では 7 名、また明治 12 年工学大学第 1 回卒業生 23 名中の 11 名をただちに海外留学せしめた。そしていずれも日本鉄鋼技術の草分け的役割を果たしていつた。

以上のように日本もドイツと同様に海外から技術導入を行なつた。

#### 3.2 差異—1

しかし、日本とドイツでは近代製鉄技術移植の出発時点に質的な差異をもつ。

かつてドイツは製鉄技術の分野でもイギリスに先んじた年代がありオリジナルな発明発見はむしろドイツでなされている。かつてヨーロッパ中世封建制度が確立した頃、ドイツ中南部地方などは製鉄事業の一つの中心であり、チューリンゲン、アウグスブルグ、ニュールンベルグの諸都市には、刀、鎌、鋌前などの鍛冶屋、美術品の鑄造などが盛んに行なわれた。時代がくだり、従来の青銅大砲に代わつて鑄鉄製の砲および砲弾に、世界に先がけて着目したのもドイツであり、西部ドイツのライン河畔、ジーゲルランド地方においてであつた。また近代製鉄技術の先がけとなつた高炉も 14 世紀～15 世紀に同じくジーゲルランドに誕生している。

したがつてドイツを技術の面で日本と同じような意味で後進国というのは当たらない。たまたまイギリスにおいて産業革命がおこつたために先を越された程度のおくれであつた。これにくらべ日本の場合は、技術の面ではいずれも桁ちがいの後進国であつた。

Fig. 1 は鉄鉄生産量推移のドイツおよび日本の比較である。すなわちドイツはすでに 1800 年、2 万 t に達し

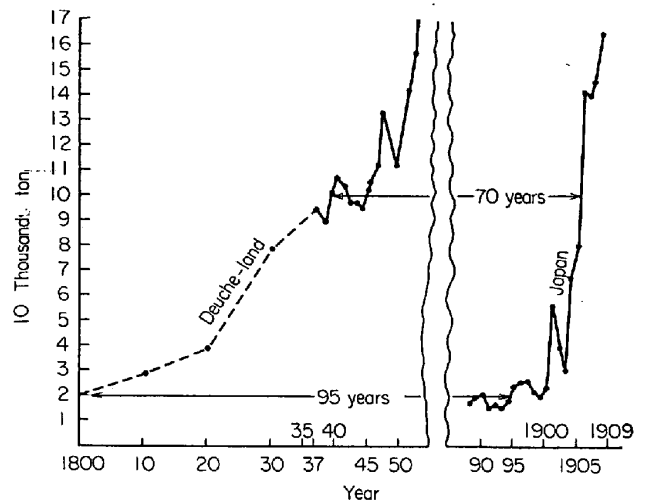


Fig. 1. Comparison between the iron-productions of Japan and that of Deutcheland (1800 ~1909).

ているのに対し日本が同量に達するのは 1890 年と 90 年の開きがある。

また鉄鉄 10 万 t 台で比較するならば、ドイツは 1830 年代で 10 万 t を生産しているのに対し、日本は 20 世紀になつてから (1905 年前後) と、ほぼ 70 年の開きがある。

ついでに鉄鋼協会の会員数で比較してみると、創会時点でドイツは 1860 年、日本は 1915 年とすでに 55 年の開きがあり、日本鉄鋼協会の会員数が、正会員 471 名、準会員 425 名、計 896 名に達した時に、すでにドイツ鉄鋼協会は 6000 名の会員を擁する世界的な学会に成長していた。

維新前後の日本鉄鋼技術の内容をみると、それはまだ“水車の時代”を経ていないものであつた。

日本固有の技術と科学の関係についてみても、“たたら”が秘法であつたことからわかるように、両者は全く遊離しており、ヨーロッパにおいて科学と技術が結びついた中世期末から産業革命期よりもかなり以前の状態であつた。

#### 3.3 差異—2

ドイツにおいては、まず初期に高炉技術が確立し、続いて木炭資源欠乏からの高炉への石炭利用が確立し、続いてパドル法の確立により製鋼過程においても石炭が利用されるようになり、なおそれよりおくれでペッセマー、トーマスなどによる現代のごとき大量溶鋼技術が確立した。

このようにドイツにおいては、中世末期の技術、産業革命期の技術、19 世紀後半の技術と、発展段階が明確に区別されるし、また、産業界の要求に応じて技術が発達し、技術革新が資源問題を解決していく……というような法則性がみとめられる。しかし日本においては、技術が一時に、しかも強制的に導入されており、そしてその結果、いろいろの混乱を生じている。

なおくわしくこの差異をみてみよう。第 1 に、日本においては“wrought iron”から“steel”への代替をそれほどはつきりとは指摘できず、むしろ wrought iron の時代と steel の時代がくびすを接して導入されたのに

対し、ドイツにおいては wrought iron の時代がはつきりと存在し、その後 steel の時代を迎えている。第2に、日本においては製鉄技術に水車動力が利用された期間がはつきりとは認められず、むしろ「人力の時代」からいきなり「蒸気の時代」にはいつていつたといつても過言ではなく、そしてまたその「蒸気時代」も短かくてすぐ「電力の時代」にはいつていく。ところがドイツにおいては水車が鉄鋼生産の主要動力として利用された期間がはつきり認められる。第3に、日本においては木炭による溶鉱炉技術が十分な成長をとげる前にコークスの時代が始まったが、ドイツにおいては木炭炉で年産数万tの生産をあげるまでに達していた。

### 3.4 差異—3

19世紀の初期になるとドイツは燃料節約技術とか、あるいはジューメンス法というような自ら生み出した製鋼技術を持つようになっており、それを武器に先進国英国とたたかつた。これに対し日本は当時の段階として止むをえなかつたとはいえ、ひたすら海外からの技術移植をするだけで、ましてたたくべき武器は持つていなかつた。湯浅光朝氏はトインビーによる異種文明が邂逅接触した際に行なわれる運動の形態の例を引きながら述べている。「ユダヤのヘロデ大王（紀元前73～4）、ロシアのピョートル大帝（1672～1725）、日本の明治維新指導者たちは、ヘロディアン派<sup>9)</sup>の代表例とされている。」

たたくべき武器（技術）を持つていた条件の下での技術導入と、それを持たない状態での技術導入の差異は以下のごとく明白になつてくる。

ドイツの場合—イギリスのトーマス法の特許を買つてその工業化を始めた。

最初、トーマスによればそのトーマス法に最適であるのは燐含有量が1.2%までであり、これより多すぎる場合は鋼に残つて有害であり、また珪素は1.5%含有の銑鉄が最適であるということであつた。

しかしドイツのヘルデ製鉄の技術者、ジョセフ・マセネット（1839～1923）を指導者とする技術者たちはその方法をドイツに移植する場合に、イギリスの資源条件下に発達したトーマスの特許をうのみにしないで、ドイツの資源条件に合うよう作りかえて導入している。

すなわち、ドイツにはロレーヌ、ロートリンゲン、ルクセンブルグなどに、ほとんど無尽蔵に近い、しかしながら燐含有度が高いために捨ててかえりみられない未利用資源があつたし、また高燐のためにやはり捨てられていたパドル滓があつたのであるが、レオーベン大学のエーレンヴェルト教授はトーマス法の反応理論を究明し、熱源としての燐の重要性を指摘した。そしてジョセフ達は、燐が多すぎてもかまわないのではないかと、また珪素分の少ないのにはマンガンを補うことを考えて実施し、1879年9月に、見事に成功したのである<sup>10)</sup>。

日本の場合—ドイツと対象的な経過を示している。外人技師指導によつた官行釜石では、当初木炭による操業を企画したが、たちまち近在の木炭欠亡をきたしたためコークス使用に踏切つた。しかしふたたび、操業196日にして炉内が冷固し、休業の止むなきに至つている。「工部省沿革報告」は、再開後の操業状況をつぎのように述べている。「近頃、木炭欠亡ヲ憂ヒ、一時之ニ換エルニ

骸炭ノミヲ以テス。然ルニ其コークス磁石ト調和十分ノ適当ヲ得ザルガタメ、出銑非常ニ減量シ、加エ炉内ニ在テ磁滓凝結シ、一大塊ヲナシ、遂ニ鎔銑流出ノ湯口ヲ閉塞スルニ至ル。主管傭外国人云、数年鎔銑ニ従事経験スル所多キモ斯ノ如キ変異ハ未ダ普テ見ザル所ト、苦慮措カズ。種々方術ヲ施スモ其効ヲ奏セズ。終ニ此ニ至レルナリ。云々」と。

その後、官行釜石の失敗を調査した農商務省製鉄事業調査会は、つぎのような指摘をしている。

- (1) 鉄鉱原料の調査精密ならざりしこと。
- (2) 鉄鉱原料採掘の区域狭少なりしこと。
- (3) 木炭、石炭の供給欠亡せしこと。
- (4) 釜石運輸の便利開通せざりしこと。
- (5) 鉄類需要の数量僅少なりしこと。
- (6) 製造したる銑の価格高価なりしこと。
- (7) 製鉄事業の技術熟練せざりしこと<sup>11)</sup>。

しかしながら、釜石製鉄所に行つたことのある人は誰でも知つていのように、露出した鉱床が製鉄所と目と鼻の距離に製鉄所を見おろすような恰好で今もそびえたつてい。「鉱石欠亡」は理由にならない。やはり失敗の真の原因は、工部省官僚や傭い外人によつて、海外の資源条件の下に発達してきた技術をそのまま日本の釜石に適用したところの「技術の形式的な導入」に求めなければならない。

後日、それを調査した野呂景義はつぎのように指摘している。「抑々工場全部の計画及操業を外国人に委するの可否に付ては、大に考慮すべきことなり。我鉄業に關しては、佐度、生野、院内、阿仁、小坂における外国技師の成績を見るに何れも不良にして、殊に製鉄業即ち釜石および八幡製鉄所の製鉄業の如きは皆失敗に終り、我技術者に依りて初めて成功したるの例を見れば思ひ半ばに過ぎむ<sup>12)</sup>」

工部省官僚は、官行釜石での失敗と同じ失敗をふたたび官営八幡の創業に際してもくりかえすのであつた。たとえば、ドイツ技術陣は三池炭を優秀なドイツ炭と同じように考え盲信したことから、当所高炉操業に際してさんざんな目にあつてい。すなわち「……目下溶鉱炉ニ消費スル所ノ骸炭ハ、当所付属ニ瀨炭山ヨリ採掘シタル低ノ粗炭ヲ以テ直ニ假骸炭炉ニ於テ製造スル。粗悪骸炭ナルガ故ナリ<sup>13)</sup>」

## 4. 結 言

いろいろの失敗があつたとはいえ当時の日本の製鉄技術の位置、その環境を考えた場合に、日本の明治維新前後の製鉄技術導入は全体的に非常に成功であつたといわねばならない。

そして、その成功を支えたものは、技術の指導者に創業の精神があふれていたことで、それが非常に大きな役割を果していることに気づく。

野呂景義は、彼自身、東京帝国大学の一教授であつたのだが「鉄と鋼」の創刊号からしばらく掲載された「本邦製鉄事業における過去および将来」におけるその「ねらい」の的確さ、技術のみならず経済、歴史などに立脚して問題を考へている視野の広さ、また臆せず、論ずべきは論じ、難ずべきは難じている勇氣は、けだし日本の製鉄技術を自ら背負つている者のみの持つている使命

感を感じさせ、深く頭の下がる場所である。

このことは当時の経営者についてもいえる。古河市兵衛は、国家がついに放棄するにいたつた難事業を受けつぎ高炉に挑戦していつた。その勇氣は、当時の日本の技術的ポテンシャルを知れば知るほど無謀ともいえるものであつた。しかし彼は辛苦の末、明治26年にはコークス炉鉄の設計建設に着手、翌27年火入れ、予定の好成績をあげてわが国最初のコークス製鉄に成功していることはきわめて示唆に富んでいる。

#### 文 献

- 1) 高橋編：産業革命の研究，p.222，[岩波書店]
- 2) 同 上
- 3) ヘロディアン派とは、トインビーによる、異種の文明が「接触邂逅」とした際の運動の分類で、侵

入してきた異種文明の持つ武器を取り入れて、「その借りものの武器を本来の発明者であり所有者であるものから自分を守るのに使用する」というわけである。湯浅光朝著「科学史」には、明治の日本の科学発達史にこの理論が適応されている。

- 4) 中沢：鋼の時代，p. 143，[岩波書店]
- 5) 日本鉄鋼連盟：鉄と鋼，野呂景義“本邦製鉄事業の過去および将来”1号，p. 7
- 6) 同 上：p. 10
- 7) 三枝，飯田編：日本近代製鉄技術発達史，各部製造力およびその現況報告より重引，p. 375，[東洋経済新報社]