

Table 1. The history of material competition.

	Machine (ex. prime mover)	Material	Science
Industrial revolution (Wood→Iron)	Steam engine, Watt	① Paddle process ② The beginning of charcoal use for iron-making	The discovery of oxygen (1771)
1850~1900 (Iron→Steel)	① Highly-development of steam engine (ex. steam-ship, locomotive) ② The development of inner-combustion engine (ex. Benz(1885), Diesel(1895))	① Molten steel-making process (ex. Siemens, Thomas, Bessemer etc.) ② The build-up of metallurgy (ex. Sorby, Martens)	① The advocacy of "the model of atom", Dalton ② The formation of the conception about atomic weight, atomic-number etc.
1900~ (Rapid increase of alloy steel, aluminum, plastics, and raremetals)	① Highly-development of inner-combustion engine (ex. automobile, air-plane etc.) ② The development of new engine (ex. atomic engine, gas-turbine, rocket etc.)	① The development of new material (ex. plastics, aluminum, titanium etc.) ② The build-up of "Material Science" (ex. dislocation theory etc.)	① X-ray, Roentgen(1895) ② Quantum mechanics, M. Plank etc. ③ The high-molecular science, Schtaudinger (1920)

From T. KUROIWA : Material Revolution, Diamond Press Co.

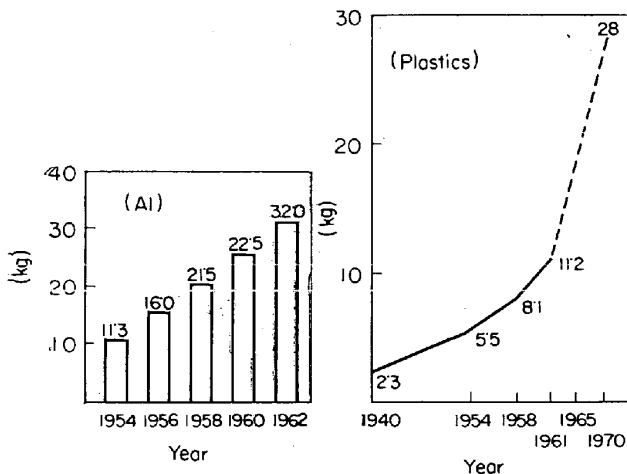


Fig. 1. The increase of aluminum and plastics uses. (per auto. in U.S.)

(3) 将来は、鉄鋼とそれに競合するプラスチック、アルミの競合関係がいろいろの分野で進展することが考えられる。

その場合、鉄鋼側にとって重要なことは、これまでの分析で明らかごとく、プラスチックやアルミは、20世紀自然科学の発展の結果、誕生した材料であること、換言すれば、プラスチックやアルミは自然科学の有効性を生み出した当所から知っている材料であること、それに反して鉄鋼は、長い歴史の経過の中で、経験の蓄積によつて生産されてきた傾向のつよい材料であるということである。

しかしまた格子欠陥のない鉄鋼は、きわめて高い機械的強度を持つている本来恵まれた材料なのである。

プラスチックやアルミとの競争に勝つためには、このような恵まれた鉄鋼材料の中に潜んだ性質を開発することである。それには、近代物理学の成果を、より意識的に適応することが必要である。

5. 結 言

以上最近の材料競合の技術史的意義を分析してきた。すなわちそれは、鉄鋼が当然しめるべき分野に、アルミ、プラスチックなどが急増してきたという現象の背後には、材料への需要の変革、生産技術の変革、その他産業社会の変革などを伴う構造的な変革なのである。

鉄鋼技術の立場から、こうした変革を正しくとらえ、今後新製品開発や技術、研究開発体制の方向づけに役立つなければならない。

文 献

- 1) Allen G. GRAY: Metal Progress, Vol 84, No. 4 および黒岩: 材料革命, (1964)ダイヤモンド社
- 2) 科学技術庁資源局資源統計課資料第8号, 日本機械工業と鉄鋼材料の諸問題, (1961), p.10
- 3) 同上, p. 11
- 4) 同上, p. 11
- 5) Dr. H. KALLEN: Stahl u. Eisen, 25(1860), 8 Dezen, p. 1866
- 6) 黒岩: 資源論, (1964), p. 79, 勁草書房

669.162.3

(226) たたらの衰退過程

アジア経済研究所 ○黒岩俊郎
About Decade of "Tatara"

Tosiro KUROIWA

1. 緒 言

鉄鋼技術の動向の中での、古来の「たたら技術」,それをいかに評価し、また何を学ぶべきかは日本の鉄鋼技術者に課せられたいつも新しい課題である。たたら衰退の過程は、われわれに対しこれからの鉄鋼技術の方向を考える場合のいろいろの教訓を含んでいるように思われる。本研究はこうした意図から出発したものである。たたらが最も盛んであつたのは安政年間、中国地方においてであり、当時、同地方だけでも砂鉄製錬工場数がおよ

そ 300 余に達したといわれる。この発達を支えたものは、時の封建的需要ではあつたが、当時、農器具や鍋など、一般家庭にまで鉄が普及していつたこと、また諸藩の奨励などにもよるが、一般に労働賃金が安いことが人手を要するたたら操業に向いていたことにある。ところで明治にはいつて、造船、機械用材料、軍艦大砲などの資材が必要になつたときで近代需要があらわれてくるにつれ、洋式製鉄法の導入と平行して従来の姑息な生産方法一たたらは、ひとつの転局にたたされた。近代製鉄技術の確立に対応して、たたら技術はいろいろの面でその改良、脱皮を迫られていつたのである。

2. たたらの改良過程

(1) 明治政府は、小花冬吉、黒田正暉などに命じおもに広島鉄山を中心にその改良を試みた。

(イ) 団鉞操業試験—明治20年には小花冬吉を仏、クルソウのシュナイダー会社に派遣、団鉞操業試験などを行なわせている。これは④砂鉄に石灰石および石炭を砂鉄 50 t につきそれぞれ 10 t ずつ加え、加圧、乾燥する。⑤砂鉄と粉炭をコークス製造のごとく蒸焼する。などの実験である¹⁾。

(ロ) 送風系統の改良—天秤鞆にかわつて、トロンプ、木製ルーツ式旋風機を利用したが、なおそれにかわつて水車鞆を使用、また送風を加熱し始める²⁾。

(ハ) 鍛冶屋において手鋸を廃し、汽鋸あるいは水車鋸を使用する³⁾。

(ニ) 炉体の改良—炉底に耐火煉瓦を使用。炉高を増す⁴⁾。

明治 40 年、伯耆、新屋製鉄所で角炉と鑄鉞炉を始め採用し、これまでの製鉄炉よりなお炉高を高くし、かつ、煉瓦を始め使用して炉壁を築き、また熱風を使用。また操業日数も20日間、あるいは2カ月にも達し⁵⁾、洋式の製鉄法に非常に近づいている。

(2) こうした努力にもかかわらず、たたら操業自体はますます衰退をたどつていつたが、大正 12 年前後に、経済的に引き合わなくなつてその姿を消すことになつた。ただ第2次大戦中、軍刀の供給を目的に、たたら製鉄が島根県鳥上地区において復活された(これは靖国炉と称されて現在、鳥上木炭銑工場の敷地の中に記念碑が建てられている)。

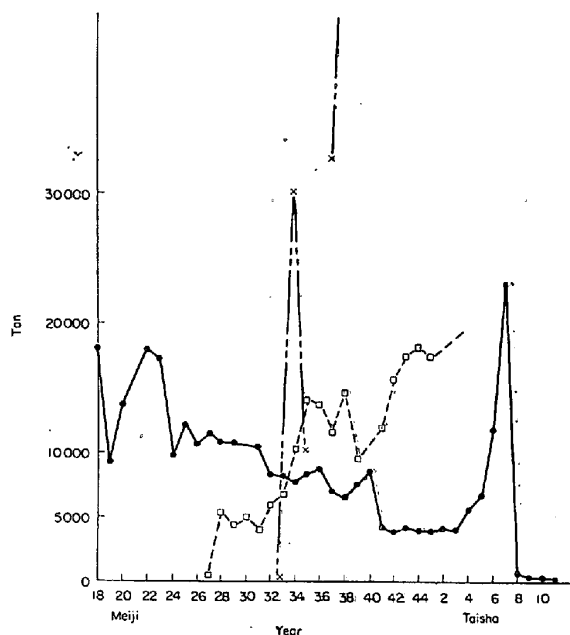
たたらではないが、たたら操業の改良とみられる木炭炉は、ごく最近まで操業が続けられた。これは大正 7 年小花冬吉が日立金属鳥上地区に設計した木炭製鉄炉である。安来工場史によれば「大正 7 年、広島鉄山にて小花冬吉博士の案出した小高炉で、ここでは上野作業所(広島県北波郡下高野山村下)で創設をみた断面長方形の角炉を採用することに決定した。」

この設計をみるに、ほとんど高炉に近いものにさえなつている。この木炭銑炉による操業は、ここ数年前まで操業が続けられ、日立金属安来工場の優秀な刃物鋼の供給を果たしてきた。

現在この木炭銑炉は取りこわされずに補修して保存されており、同所長の説明によれば、「いつでも操業が再開できるように休止している」ということであつた。

3. たたら衰退の理由

(1) 需要にこたえられなくなつたこと、原理的に



— The change of iron productions by Tataro process in Chūgoku District.
 - - - The change of pig iron productions at Yawata Iron Work.
 ···· The change of pig iron productions at Kamaishi Iron Work.
 Fig. 1. The decade of "Tataro".



Photo. 1. Today's "Kanna-nagashi".

mass production でないこと。

近代技術の第1条件としての mass pro. に適さなかつたこと。たたらにおいては1回操業ごとに築炉しなければならない。またその1回操業における製品量も少ないことである。たとえば松倉鉄山の記録に、たたら2基使用、一山でせいぜい5万貫前後、すなわち日産に換算してせいぜい一山で0.5 t前後となつている。

ひとたび釜石や八幡での近代製鉄技術がおこるや、高炉のもつ大きな生産性の前に、たたらはひとたまりもなかつた。Fig. 1はその生産性のきわめて小なることを示

している。

たたらは、どのようにいろいろと付属の設備が近代化されても、その製錬方法は、原理は炉心部に鋳塊を凝固生長させる独自のものであり、原理的に連続操作ができないはずで1回操業ごとに築炉するという繁雑な方法をくりかえさなければならなかつた。

クルト・ネットウ教授は、一般に日本の古来の冶金技術の欠点としてつぎのごとき指摘をしている。

「あらゆる金属を製するに炉の構造を同じうして溶解法を一にするの大いに不利なること思いを勞せずして明らかになり、すなわち、つぎの數条について一般にこの炉の短所あるを知るべし。

第1. 格外に燃料を費やすこと。(以下略)

第2. 揮発によつて大いに金属を散すること。(以下略)

第3. 鞴を運用し、および溶解法を施すなど、一切、人の勞力に頼るがゆえに利得の割に合わざること。

第4. 熱のはなはだ大なるために、これをあつかう人はなはだ苦勞すること。(以下略)

そして改むべき点として、

第1. かえつて鉍石を精製するには、その適宜なる溶解法をえらぶべきこと。

第2. 鉍石を酸焼じ溶解するに最も適宜なる炉を用うべきこと。(以下略)

第3. なるべく廉価の燃料を求むべし。(以下略)

第4. 工業試験および日記についてぐわしく溶解の次第を点検すべし。(以下略)⁹⁾

(2) 資源条件が変わり、賃金も上昇したこと。

たたら製錬は全く木炭エネルギーに依存していたから、その必要とする木炭量は莫大なものであつた。(原鉍1に対し1.5の木炭)そのため鉄山従事者の大半は炭焼で占められていた。たたら場は木炭を求めてその所在を移動しなければならなかつた。またその木炭も何でもよいというのではなく、鍛冶屋用には伐採後20年の小炭が、また、たたら用には伐採後40年の木炭でなければ用いられないという制限があつた⁷⁾。したがつて当然濫伐を生じたために河川氾濫もおこり、近在農民との間にいろいろと紛争をおこした。

また、砂鉄採取の事情も漸次いろいろの制限(にがり洗料)が加わり、以前のように自由に、かつ、安価に採取できなくなつていつた。

「砂鉄はその採取に関する制裁のいよいよ厳密となるに随いて、採取場の数を減じ、かつ、勞働賃の上昇などのため、その代価、漸次に騰貴し、明治8年より同24年にいたる17ヶ年の平均価額は、その10貫につき約9銭なりしも37年には11銭5厘ないし18銭5厘にして6カ所の平均13銭1厘となれり、よつて製鉄の原料に、砂鉄に代るに往昔より各所に推積する所の鉄滓を用うることを始めたり……。」⁸⁾

こうして資源条件の変化が、漸次たたら技術の存立基盤を変えていつた。

(3) 自然科学に対して閉鎖的であつたこと。

独自の技術—たたらは発展せずして洋式技術にとつて代わられたのであるが、それは、日本の技術が結局のところ近代技術のそなえるべき条件をそなえていなかつたこと、それを科学と技術の関係でみることができ。た

たら精錬と日本の科学—和算や平賀源内のエレキ、とは何の関係もなかつた。

しかし西洋の、たとえばスウェーデンにおける同年代の科学史を調べてみると、

1771年 シェーレ 酸素の発見

1774年 シェーレ 塩素の発見

1803年 ベルツェリウス 塩類の電気分解

電気化学の基礎

1813年 ベルツェリウス 化学記号の創始

などと、まさに近代化学の主流の中にあつた感がある。そしてこうした自然化学の発展は当時の技術的な課題と密接不離であつた。酸化還元理論は、冶金行程における熱反応の性質を明らかにし、木炭の場合とコークスの場合との各種鉄の性質の相違を説明しなければならぬ技術的な課題と結びついていたわけである。

また、スウェーデンにおいては、古い技術の蓄積があつたばかりでなく、科学の蓄積も深かつた。またそれらが相互に有機的にからみ合つての科学と技術の蓄積があつた⁹⁾。

このスウェーデンの科学や技術のあり方に対しての日本のそれは、たたら製錬や和算などのすぐれた伝統があつたものの、きわめて閉鎖的なものであつてしかも相互の関連もなく、近代科学、近代技術に発展すべき可能性を失つていた。

日本の製鉄技術は、日清戦争前後を境として、その古来の技術—たたらは延長の上ではなく、その否定の上に近代洋式製鉄技術にとつて代わられたのであるが、そこにわが国製鉄技術史上の一つの断層があるわけである。

こうした問題を考える場合、その間に占められるシーボルト事件(1826年)の重要性にも考えたいわけにはいかない。一徳川幕府が公学としての蘭学の性格を規定し、封建勢力に都合のよいようにのみ許していつたこと、そして結局は正しい科学認識の芽が摘みとられていつたことにまでさかのぼらなければならないであろう。結局たたらは秘伝として伝わつたことからわかるようにきわめて排他的な技術であつたことも見おとすわけにはいかない。抗道法律の巻末にはつぎのようにのべられている。「右抗道法律は、予が家、代々一子の外に伝へざる奥秘なると雖も、實所報告の義心極めて厚きに感じ懇望の通り社中にも秘して極秘に伝授致す所なり。是に因て仮令ひ親子兄弟たりといえども他言内見等は厳しく禁秘せらるべきものなり。安政四丁巳年九月十九日。佐藤信昭 謹書¹⁰⁾」

技術の発達には、外界に向けられた広い討議の場が必要である。徳川300年の鎖国(単に諸外国との関係においてばかりでなく、国内的にも諸藩にわかれた鎖国)が技術に発展でなくして停滞を、変化でなくして固定化をもたらした。文化が日本独自の発達をとげたように、技術もまた日本独自のもたらしめる発達をしたのであつた。

4. 結 言

現在たたらは、鉄穴流しとして存続しているにすぎないが、しかし将来、鉄穴流しもまたかなり存続が困難になつていくのではないだろうか。その理由は、労賃の上

昇もさることながら、下流住民の土砂流出に対する反対、補償問題、残された緑を守るための国土保全という要望がますます強くなることが考えられるからである。

しかしながら、かつてたたらが、歴史のある段階に日本人自身の手によつてつくられたユニークな技術であるという事実はすこしも変わらないばかりか、長く伝承されるべきものである。とくに将来、自主技術の創造を考える場合、その精神的支柱としての、史蹟の発掘と保存、その操業の科学的解明が意欲的に進められなければならない。

文 献

- 1) 工学会編, 明治工業史一鉄鋼編, (1929), p. 61
- 2) 工学会編, 明治工業史一鉄鋼編, (1929), p. 61, 63
- 3) 野呂: 本邦製鉄事業の過去および将来, 鉄と鋼, (1915) 2, p. 148
- 4) 同上
- 5) 工学会編, 明治工業史一鉄鋼編, (1929), p. 79
- 6) 朝日新聞社編, 日本科学古典全書一日本鉱山編一クルト・ネットウ, 9, p. 39
- 7) 釜石製鉄所編, 近代鉄産業の成立一釜石製鉄所前史, (1957), p. 60
- 8) 野呂: 本邦製鉄事業の過去および将来, 鉄と鋼 (1915), p. 149
- 9) 黒岩: スウェーデンの科学技術の特徴, 資源, 105(1961), p. 12
- 10) 朝日新聞社編, 日本科学古典全書一坑道法律, 9, p. 66

620. 192.45 : 621.971.916.2
: 669.144

(227) 鋼中酸化物系介在物の熱間圧延中における挙動

鉄鋼短期大学

工博 伊佐重輝・○岩井彦哉・辻野文三

Behavior of Oxide Inclusions in Steel during Hot Rolling

Dr. Shigeteru ISA, Hikoya IWAI and Bunzo TSUJINO

1. 緒 言

前報¹⁾において述べた実験結果から、比較的低融点の MnO-SiO₂ 系非金属介在物が wustite(FeO) と共存するような鋼塊を、1250~800°C の温度範囲で熱間圧延すると、両者が結合して結晶質あるいは非晶質の Fe-Mn silicate に変質し、またしばしば wustite か Manganowüstit が核部になるような heterogeneous な介在物を生成すると、その変形度にある程度の影響をおよぼすことが明らかになった。

そこで筆者らは鋼中非金属介在物として高融点を有する純粋の Al₂O₃, TiO₂, SiO₂, MnO などが同様に wustite と共存する場合、熱間圧延の過程でそれぞれ結合して, Hercynite (FeO·Al₂O₃), Ilmenit (FeO·TiO₂) Fayalite (2FeO·SiO₂), Manganowüstit (FeO-MnO 固溶体) などに変質するかどうかということに大きい興味を持った。

本報告はこの点について実験を行なったのでこの結果について簡単に述べる。

2. 実験方法

2.1 各種介在物の実験室的調成準備

本実験に供した人工介在物は α -Al₂O₃, TiO₂, amorphous SiO₂, MnO で、TiO₂ 以外のものについてはその調成準備の方法を前報¹⁾において述べたので省略する。

TiO₂ は石原産業製 (E-100) を用いた。粒度は 44 μ 以下で X 線回折の結果 anatase であることを確認した。

2.2 圧延用試料の作成

前述の人工介在物のうち α -Al₂O₃ と amor. SiO₂ とは粉碎、篩分けして 105~74 μ に粒度調整したが、TiO₂ と MnO は入手した試料粉末そのものの粒度が小さく、いずれも 44 μ 以下のものを使用した。また基地鉄に用いた鉄粉は電解鉄粉 (福田金属製) で、この中にそれぞれ人工介在物を一定の配合比 (介在物含有量 3mg/g) でよく混合し、粉末冶金法を適用して所定の寸法、形状の圧延用試料を作成したが、その詳細については前報¹⁾に述べたので省略する。試料断面の顕微鏡組織を Photo. 1 に示す。

2.3 試料の熱間圧延

熱間圧延の方法および手順は前報¹⁾の場合とほとんど同様である。すなわち介在物種別に同一試料を 2 コずつ用意し、第 1 の試料 (試料記号 A1, T11, S11, M1) はすべて 1250~1000°C の温度範囲で圧延したが、第 2 の試料のうち α -Al₂O₃ および TiO₂ を挿入したもの (試料記号 A2, T12) については 1350~1100°C、そして amor. SiO₂ および MnO を挿入したもの (試料記号 S12, M2) は 1000~800°C の温度範囲でそれぞれ圧延した。

2.4 熱間圧延後の介在物に対する処理および検査

前報¹⁾において説明した方法とまったく同様の方法で行なつた。

3. 実験結果および考察

3.1 圧延試料断面の顕微鏡観察 および介在物の変形度測定

各圧延試料の圧延方向に平行な断面の顕微鏡組織を Photo. 2 に示した。

α -Al₂O₃ を含有している試料 A については A1, A2 ともに挿入した α -Al₂O₃ の塑性変形は認められない。そして全然変形していないものと若干脆性破壊して碎片が圧延方向に並んでいるものとが混在している。なおこの脆性破壊の傾向は A2 の方が大きくまた個数も多いが、これは圧延温度の影響と考えられる。

TiO₂ を含有している試料 T1 は T11, T12 ともに挿入した TiO₂ の変形が認められない。ただし T12 試料の表面近くには Photo. 2 の T12 に示すように著しく塑性変形して紐状に伸びた介在物が多数存在していた。またこの種の介在物は一般に heterogeneous で内部に樹枝状の核部を有している。そこでこの介在物について前報¹⁾(1)式の定義にしたがつてその変形指数 ν を計算すると 0.963 であった。

amor. SiO₂ を含有している試料 S1 については Photo. 2 を観察すると、S11, S12 ともに Photo. 1 と比較して圧延後の試料中に含まれる介在物は著しく小さくな