

製鋼原鐵に就て

(日本鐵鋼協會 昭和16年度第2回講演會講演 昭16.5.20)

武井武*

THE RAW IRON FOR STEEL MANUFACTURE

Takesi Takei, Rigakuhakushi

SYNOPSIS:—"Seiko-gentetu" is a new nomination by Nippon-Tekkōkyōkai (Iron and Steel Institute of Japan) for the raw iron as substitute for scrap iron. They have subdivided it into 4 qualities: "sentetu" (pig iron); "juntetu" (pure iron) and "sokō" (raw steel); "kaimentetu" (sponge iron); "ryutetu" (Luppe) and "bōtetu" (bar iron). Beside the products from blast furnaces, there are other pigs from rotary kilns and from electric furnaces. Pure iron is produced mainly by electrolysis. It is interesting that the raw steel is a high-purity steel made directly from the local iron ores and sand iron with the electric furnace by utilizing the low-cost electricity. Sponge iron is made with rotary kilns, "tunnel" furnaces and gas-fired furnaces, while Luppe (loop) is made exclusively with the rotary furnace. Bar iron today is made mainly by a high-frequency electric rabbling method.

There are so many kinds of the raw iron for steel manufacture, but the problem of a scrap iron substitute has not been settled. In point of the amount of production, methods of production and utilization, civilians and officers should unite in solving the problem through all difficulties. Luppe and sponge iron are suitable for the mass production, and so may be regarded as the fundamental raw irons in steel manufacture. As for the special raw irons containing nickel, chromium, vanadium, cobalt, etc., cooperation in research is still necessary.

御指名がありましたので製鋼原鐵に関する概要を申し上げます。元來私は鐵鋼冶金の専門家ではありません。唯日本鐵鋼協會の電氣製鋼研究會第2小委員會の幹事を指名され、原料關係を分擔していただきますので今日は委員會で調査した結果の概要を説明致したいと思ひます。

第二小委員會は日本鋼管の藤原唯義氏と私とが幹事をいたし、井上克巳氏(九州帝國大學) 稻津健介氏(日本砂鐵鋼業) 井門文三氏(本溪湖特殊鋼) 荻原三平氏(大華鑛業) 落合勇氏(川崎重工業) 岡憲市氏(日本鐵屑統制) 大原久之氏(商工省鐵鋼局) 宇留野四平氏(吳海軍工廠) 日下和治氏(滿鐵撫順製鐵) 淺野輝氏(大同製鋼) 小林誠一氏(陸軍航空技術研究所) 足立泰雄氏(商工省鐵鋼局) 藤村哲之氏(日本製鐵) 廣瀬政次氏(三菱鑛業) 茂木吉治氏(日本高周波重工業) 鈴木千代藏氏(日本特殊鋼管) 川上義弘氏(神戸製鋼) 垣内富士雄氏(昭和製鋼)

等の諸専門家が研究討議をいたして居ります。討議事項中には公に申し上げ兼ねる事もありますので、それ等にはふれない事にいたします。又時節柄生産能力、生産高、生産費等の事には觸れられません。この點も御諒承を願ひます。尙それにつけ加へて製鋼原鐵の對策に関する私見を申し上げ度いと思ひます。

I. 製鋼原鐵の種類

屑鐵の輸入が困難になつたので從來屑鐵に依存してゐた我製鋼界はその對策に腐心することになつた。その結果各種の屑鐵代用品が研究され、製造された。之等の内にはその性能極めて優秀であつて代用品と云ふ言葉を用ひるのは

不適當なものがある。依つて電氣製鋼研究會では代用品と云ふ言葉を止めてこれに製鋼原鐵と云ふ言葉を用ひることにした。

更にこの製鋼原鐵を第1表に示すやうに4種類に分類した。勿論この分類方法にも種々議論のあることと思ふ。銑鐵、純鐵及び素鋼は組成から分類したもので、海綿鐵、粒鐵及び棒鐵は形狀から分類したものである。兩方法を併用したのはこれに依つて製造法其他の概念をも含ませるためである。

II. 第一種 銑鐵

第一種の銑鐵には各種あり、熔鑛爐で製造される銑鐵も

第1表

製鋼原鐵	第一種 銑鐵	熔鑛爐銑鐵
		回轉爐銑鐵
		電氣爐銑鐵
	(其他(角爐銑鐵等))	
第二種 純鐵及び素鋼	電解純鐵	
	電氣爐素鋼	
	特殊平爐素鋼	
第三種 海綿鐵	回轉爐海綿鐵	
	トンネル爐海綿鐵	
	ガス爐海綿鐵	
第四種 粒鐵及び棒鐵	回轉爐粒鐵	
	高周波電撃法棒鐵	

* 東京工業大學

含有されるのである。併し第一種の主體は回轉爐又は電氣爐で製造される特殊の銑鐵である。

回轉爐銑鐵は即ちバセー法に依る銑鐵である。本方法は既に三四年前から商工省その他の奨励に依つて澤山研究されて居る。製品組成の一例を示すと第2表の如くである。

第2表 回轉窯銑鐵

成 種 別	C	Si	P	S	Cu
(a)	3.5~4.5	0.05~0.25	0.02~0.06	0.02~0.01	0.5~1.1
(b)	3.5~4.8	0.2以下	0.06以下	0.03以下	0.01
(c)	4.5	0.03	0.189	0.004	0.07

この内(a)は主として紫鐵を原料とするもので、低磷であるが銅が高い。含銅鋼の原料又は鑄物の原料となる。

(b)は砂鐵を原料とするものであり、磷、硫黄共に少く、銅も少く、Vを含有する特徴を有する。(c)は鐵鑄を用ひるものである。

この方法にニツケルを含有する鑄石例へば蛇紋岩に用ひて3~5% Niのニツケル銑を製造してゐる所もある。

本方法は各方面で相當長時間實驗されたのであるが、未だ研究改良を要すべき點が多いやうである。例へば鐵の收率が充分でないこと、並に爐に用ひる内張耐火物の壽命の短いこと等が主なる難點である。従つて本方法は今日盛に行はれてゐるとは云はれない。砂鐵を利用する方法とニツケル鑄を用ひる方法とは注目すべきであるが未だ充分平滑運轉に到らないのは遺憾である。

電氣爐銑鐵は安價な電力と地方的に産する鐵鑄石又は特殊鐵鑄とを利用して電氣爐に依つて製造されるものである。電氣爐としては普通に電氣容量1,000~2,000kW位の無蓋低塔エルー式が用ひられる。併し現在ニヶ所で高塔式の爐が用ひられてゐる。高塔式の爐では最初操業に種々困難を感じたやうであるが現在は平滑に運轉されてゐるやうである。

製品の組成は第3表に示すやうに色々であるが、これは

第3表 電氣爐銑鐵

成 種 別	C	Si	Mn	P	S
a	3.5	<1.0	<0.6	0.02	<0.02
b	2.0~3.0	<0.2	<0.3	0.2	0.2
c	2.5~4.5	1.0~3.5	0.2~0.4	0.03~0.1	<0.03
d	2.9~3.7	0.2~1.0	0.8~5.0	0.1	<0.03
e	1.9	0.03 (Cr 2.84, Ni 0.45)	0.11	0.07	0.09
f	4.7	0.05 (Ni 24%)	—	0.03	0.05
g	3~3.5	≥ 1 (Ni 1.3~1.5, Cr 1.0~1.5)	—	0.05	0.05

主として原料鑄石の相違並に使用目的に依るのである。

(a)は磁鐵鑄を原料とする低磷銑である。(b)は砂鐵を原料とするものであり、これには硫黄と磷とが多い。(c)は磁鐵鑄を原料とするものであるが、特に珪素を多量に含有せしめた特殊品である。(d)はマンガンの多い褐鐵鑄を原料とするものである。マンガンの多いのは別に特殊の役に立たないやうである。(e)は特殊のニツケルクロム鐵鑄を用ひたものであり、これはニツケルクロム鋼の原料となり得るものである。製鍊に際しては炭素量を適當に加減することが出来る。炭素量に應じてクロム量も變るがニツケル含量は變化が少ない。(f)は特殊のニツケル鑄を利用したもので鐵分の含有量が少いために製品中のNiは20~25%に及ぶ。(g)はニツケル蛇紋岩を用ひた例である。これもニツケル鋼の原料として使用されんとしてゐる。

このやうに電氣爐銑は特殊の銑鐵製造に多く用ひられてゐる。電力使用量は鑄石如何で非常に異なるが普通鑄石で2,500kWh/t位、特殊成分含有の貧鑄では5,000kWh/tにも及ぶやうである。

以上の外に角爐に依つて砂鐵を木炭で還元し銑鐵を製造してゐる所がある。

III. 第二種 純鐵及び素鋼

純鐵の定義は甚だむづかしいと思ふが、こゝでは電解鐵を以て純鐵とする。電解鐵工業は久しい間我國獨特のものであつたが、その生産は殊に徹々たるものであつた。併し今次工業界の發展活況と、良質材料の需要増加の爲に、本工業は盛況となつた。大正期末から昭和初期には日本電解製鐵所が唯一の製造所であつたが今日では既に數ヶ所でそれが製造を行つてゐる。原料としては屑鐵又は銑鐵を使用し、純度は99.9%以上に及ぶ。純度99.98%に及ぶ厚い板さへも製造されてゐる。

素鋼には炭素量の極めて少いものと、稍多いものとの2種類がある。その例を第4表に示す。

第4表 電氣爐素鋼

成 種 別	C	Si	Mn	P	S
(a)	<0.05	<0.03	<0.01	<0.007	<0.03
(b)	0.08	0.05	0.05	0.02	0.01
(c)	0.6~0.8	<0.2	<0.3	0.0025	0.001
(d)	<0.5	<0.1	±0.2	<0.02	<0.03

(a)は砂鐵を原料とするもので迅速製鍊法を巧妙に用ひた注目すべきものである。炭素も珪素も共に甚だ少い。磷

も硫黄も少い。これには稍多量の酸化物が含有されてゐるが、特殊鋼の原料としては大いに歓迎すべきものである。この製造法では電力消費と爐の壽命が問題となる。(b)は電氣爐銑を安い電力で再精鍊したもので鋼塊として賞用されてゐる。(d)は赤鐵鑛又は磁鐵鑛より直接電氣爐で製造されるものであり、特殊鋼の原料として研究されてゐる。

以上の如く素鋼は高級特殊鋼の原料として特に製造されるものであり、鑛石、砂鐵又は銑鐵を電力の安價な山間に於て精鍊することに特徴がある。

以上の外に特殊の平爐を用ひて粉鐵鑛から直接素鋼を製造する方法が研究され、工業化の途次にある。在來の平爐を一寸改造すれば使用出来るのがこの方法の特徴である。

IV. 第三種 海綿鐵

回轉爐、トンネル爐、ガス爐等に依つて海綿鐵が盛に製造されてゐる。製品の組成は原料に依つて非常に異なるが、代表例を次に示す。

第5表 海綿鐵

成 種 別	C	S	P	Fe	FeO
(a)	0.2~0.5	0.07~0.1	0.02~0.03	61~87	6~24
(b)	0.1	<0.01	0.01	>85	<10
(c)	—	0.005	0.016	93	1.0
(d)	0.35~0.1	0.1~0.15	0.15~0.35	(Cr 0.3~0.5)	

(a)は回轉爐を用ひた製品であり、そら豆大の形狀を有する。(b)はトンネル爐法に依るものであり原料に磁鐵鑛を用ひた例である。(c)は950°C附近で低温ガス還元を行つたもの即ちWieberg法によるもので原料に特別の良質赤鐵鑛を用ひた例である。(d)も同様な方法を磁鐵鑛に用ひた例である。

海綿鐵製造には不純分の少ない良質の鑛石が適當である。かゝる鑛石は滿洲國等に諸所に産する。これを充分還元すれば製鋼に極めて適當なる海綿鐵となる。併し鑛石が悪かつたり、還元が不充分であつたり、粉狀になつたりすると使用に不便となる。又運搬中に酸化消耗する。こんな點から海綿鐵を自家用とすれば良い成績が得られながら、他社の使用成績は比較的悪く、却つて非難されてゐる。これは甚だ遺憾な事である。海綿鐵は多少ながら酸化鐵を含有してゐるから、酸化性を有し、製鋼原料としては銑鐵又は粒鐵と並用して好都合なるべきものである。この方法で良好な成績を擧げてゐる例がある。

屑鐵代用として海綿鐵をどの程度迄使用出来るかと云ふ研究は昨年未各所で行はれてゐる。その結果を綜合するに

大體30%位配合するのは容易らしい。更に多く配合しても大した困難に陥らない。極端な例として海綿鐵のみでも充分電氣製鋼を行ふことが出来る。この場合には炭素を適量配合する。

製鋼に於ける海綿鐵の歩止りは使用初期には50%位とまで云はれたのであるが、海綿鐵の品位が次第に向上するに及んで現在では90%位の成績を擧げてゐるものがある。而して海綿鐵を使用した鋼は質がよく、特に衝撃値が大であるとの報告が屢なされてゐる。普通の屑鐵を用ひたものと變らないと云ふ報告もある。

近時海綿鐵の酸化消耗を防止し、運搬を便にし、更に使用上の取扱容易を目的として、これを壓縮成形することが試みられてゐる。これに依れば比重4.0~5.0位のものが得られ、これを研磨機又は鑿等で削れば金屬光澤が得られる。

砂鐵から海綿鐵を製造することが各方面で久しい以前から研究されてゐたが、最近岩瀬博士に依つて回轉爐を用ひる方法の研究が半工業的に行はれた。還元促進劑を添加し低温度で還元するを特徴とする。

V. 第四種 粒鐵及び棒鐵

粒鐵は専ら回轉爐に依つて製造されてゐる。現在操業中のものは滿洲國、朝鮮及び内地に數ヶ所ある。その大部分は比較的品位の悪い鑛石を用ひてゐる。又或るものはツケル蛇紋岩を用ひてゐる。この方法に依れば炭素量の多い所謂銑に相當するものも、炭素量少き鋼に當るものも製造される。近時は炭素量の少ないものが多く製造されてゐる。製品組成の例を示せば第6表のやうである。

第6表 粒鐵

成 種 別	C	Si	P	S	Fe
(a)	0.5~1.3	0.5~2.0	0.03~0.1	0.1~0.3	92~97
(b)	0.77	0.49	0.138	0.48	97~98
(c)	0.106	0.21	0.047	0.06	—

(Ni 2.14, Co 0.21, Cr 0.89)

(a)は砂鐵を原料とするものであり、(b)は磁鐵鑛を原料とするものである。燐、硫黄共に大なることが問題である。(c)はツケル蛇紋岩を用ひた例である。

粒鐵製造に際する難關であつた爐内張の煉瓦の問題も高攀土質の耐火物を用ひることに依つて大體解決されたやうである。温度の調節も比較的容易となり現在では略平滑運轉に近いやうである。併し製造能率を擧げ收率を向上しようとするに製品に細粉が多くなる。細粉は酸化され易く、

滓の含有量も多く、又品位も稍低い（鐵分少く、 S, P 稍大である）。従つて粒鐵はこれを小粒狀に製造するを理想と考へる。

粒鐵を製鋼原鐵として使用する研究は各方面で行はれてゐる。その結果から判断するに大體屑鐵の 30% 位は容易に代用し得るやうである。現に粒鐵のみで鋼を製造してゐる所もあるが、注意すれば爐の壽命も大差なく電氣製鋼をなし得るやうである。歩止りは 90% 内外である。

一方に於ては粉鐵鑛又はチタン鐵鑛粉を團塊となし、これをコークス爐で還元して粒鐵を製造する研究が完了し、これが工業化の準備中である。これに依つて V を含有する粒鐵が得られる。これは注目すべきものである。

高周波電撃法に依れば砂鐵又は粉鐵鑛から芋狀の原鐵が得られる。これを棒鐵と呼ぶ。棒鐵の組成も自由に調製出来るもので、銑より鋼と種々生産可能であるが近時は炭素量の比較的少いものが製造されてゐるやうである。

本品は既に廣く世間に知られてゐるやうに優良なものであるが、これが特別の性質を有すると云ふ事はないやうである。この方法の問題となる所は電力の點と生産能力の點である。高周波を用ひることは特に必要でなく、近頃は低周波を用ひる方法を研究中であると云ふ。製品組成の一例を示すと次の如くである。

$C 1.03\%$, $Si 0.06\%$, Mn 微量, $P 0.024\%$,
 $S 0.075\%$, Cu 微量

尙この外に近頃高周波電氣を用ひない棒鐵の製造法が半工業的に研究されてゐる。その方法には興味深い點がある。

VI 土法銑

以上各種の製鋼原鐵を挙げたが、その外に北支山西省に古くより生産される土法銑も近頃注目されるに到つた。

土法銑は山西省中南部に産する鐵鑛と無烟炭と粘土とを利用して古くより家庭工業的に製造されてゐるものである。先づ鐵鑛と風化した有烟炭とをルツボに入れて無烟炭爐で加熱して捫鐵と稱する燒結鑛となし、それを更に有烟炭と混じて加熱して銑鐵となす。これが鍋等の鑄物にな

第 7 表 土法銑

成分別	C	$Si(SiO_2$ をも含 む)	Mn	S	P	$T. Fe$
捫鐵	—	5.5	0.1	0.2	0.09	66
銑鐵	3~4	1.4~2.8	0.001~0.002	0.17~0.68	0.1~0.6	—
荒鐵	—	0.2~0.6	微量	0.03~0.09	0.12	—
熟鐵	—	0.16	微量	0.057	0.09	—

る。銑鐵の一部は更に精鍊されて荒鐵となり、更に鍛鍊されて熟鐵となる。熟鐵は所謂鍊鐵であり鋤、鉞、釘等の原料となる。第 7 表に組成の例を示す。

土法銑の生産高は略年數萬施であるが、製造法を改良すれば容易に生産高も増し、品質も向上すると思はれる。現在生産されてゐる品には硫黄分の多い缺點があるが、これは造滓剤を用ひない爲である。石灰を用ひれば容易に硫黄含量は低下すると思はれる。現在品でも電氣製鋼には使用に堪へるであらうから、品質が向上すれば、電氣製鋼用として地方的に注目されよう。

VII 結 言

以上の如く製鋼原鐵は極めて種類多く、夫々特徴を有するが、これに依つて屑鐵對策の目的が達したとは云へない。その第一は生産高である。種類は多いが、現在の生産高は未だ誠に少く、到底輸入屑鐵に代ることは出来ない。

その二は生産方法である。研究課程のものもあり未だ平滑運轉に到らざるものも少くない。又多量生産に對する研究の足らないものもある。或は生産費が甚だ高く、到底平時には經濟的に成立し得ないやうなものもある。その三は使用になれない事である。折角の原鐵もこれが保存法、運搬法、並に使用法に對して充分な研究と經驗がない爲に、思ひ切つて使用することもせず、又方針を誤つてゐる場合もある。或は何となく敬遠してゐる場合もある。

併し製鋼原鐵は現在の品にて使用に堪へると云ふのは一般の認識である。さればこの非常時局に際しては是が非でも緊急にその對策を進めなければならない。對策として考へられることは

現在ではその生産高が到底需要に満ちない。従つて多量生産對策を必要とする。それには多量生産のために向く方法を採用しこれを國家總力を以て擴充しなければならない。多量生産に向く方法の條件としては

原料が豊富であること。

生産單位が大なること。

製品の品位が均一なること。

生産費低廉なること。

製品の用途範圍大なること。

等であり、更に現下の時局上より考へれば

建設資材の小なること。

連續運轉によりて生産能力を増大し得ること。

等が望ましい。

之等の條件を或る程度満足するものとしては海綿鐵及び粒鐵を擧げることが出来る。兩方法とも既に現在平滑運轉の域に達してゐる。生産單位も大きく、連續運轉に依つて生産能力を増すことも出来る。唯兩方法とも相當の建設資材を要するが、特殊の製造困難な資材を殆ど含まない。これに依つて問題となるのは原料に稍制限があり、海綿鐵には良質の鑛石を利用することが必要なことである。併し粒鐵には却つて低品位の鑛石が利用出来るので兩者を適當に配合すれば、國家的に甚だ都合よく原料の供給が出来ると思ふ。又粒鐵には炭素が含有され、海綿鐵には酸化鐵が含有されてゐる。従つてこの兩者を適當に混用し、更に戻り屑鐵を使用すれば、熔銑鑛石法と相俟つて我國の製鋼業は確定すると思はれる。

かくすれば海綿鐵と粒鐵の生産擴充が今日の最大急務であることが認識される。これに關して特に考へられることは

(1) 粒鐵も海綿鐵も決して輸入屑鐵のやうに使用樂なものではない。従つていつになつても輸入屑鐵に未練を残す製鋼業者が少なくないと思ふ。若しさうであるとすれば粒鐵や海綿鐵に充分腰を落ち着けてこれの生産擴充を行ふことが出来なくなる。これでは生産擴充が生煮えになつて了ふ。官民一致して屑鐵海外依存を將來迄も斷念する國策を樹立しなければならない。

(2) 海綿鐵並に粒鐵の價格を充分に検討して鐵屑との平衡を保つやうにする。海綿鐵や粒鐵の製造は即ちこれを國家的に行ふことにする。

以上の如き方法によつて官民一致生産擴充を行はなければならない。

海綿鐵と粒鐵以外の製鋼原鐵にも種々あるが、大部分は生産費の大なる特殊品である。之等に對してはその需要に應じて適宜生産擴充を行ふ必要がある。その原則とすべきことは、

(1) 原料鑛石の適切なる利用即ち自家鑛山の鑛石と雖もこれを國家的に不經濟な使用を行はざること。

(2) 製鍊法としては國家的に最も利用價值の大なる方法を採用し、徒に高價な迂遠な方法を用ひて自己製品の特徴をつげんとするを禁ずること等である。

例へば地方的に産出する鑛石、砂鐵等より電氣爐にて銑鐵又は素鋼を製造する場合にも、最も經濟的なる方法に依る。電氣爐銑にて脱磷を行ふことは不可能と云へる。脱硫も程度問題である。銑鐵ならば強いて脱磷、脱硫を必要としない。又これより素鋼を作るにも安價な電力に依るべきである。

特殊銑例へばニツケル銑、クロムニツケル銑、ワナヂウム粒鐵、コバルト銑等には未だ特別の研究が必要である。例へば

(1) ニツケルクロム鐵鑛に於けるクロムの利用。現在の電熱製鍊法では充分にクロムを利用してゐない。大半はこれを棄て、棄てるに困難してゐる。併し磁氣分離法其他に依つてクロム分をクロム鐵鑛として分離すれば、これは有効に利用される。

(2) ニツケル貧鑛中には多くコバルトを含有する。治金的にこのコバルトを分離利用することは未だ成功してゐない。これに成功すればコバルトの不足が相當緩和される。

(3) 蛇紋岩系ニツケル貧鑛の利用に際しては多量の滓を處理して甚だ不經濟である。適當なる選鑛法を發見すれば、現在よりも遙かに容易にニツケルの利用が行はれる。

(4) 砂鐵中のワナヂウム利用に關しては未だ研究を要する點が多くある。

要之製鋼原鐵對策は刻下最も緊急を要する問題であり、多量生産の方針を定め國策を樹立し、官民一致これに邁進しなければならない。特殊製鋼原鐵には未だ研究を要する點が多い。之等には研究總動員を必要とする。