

鐵 と 鋼 第二十四年 第六號

昭和十三年六月二十五日發行

論 說

砂鐵の直接製鋼に関する研究 (第1報)

(低磷高バナヂウム砂鐵よりバナヂウム鋼の製造)

(日本鐵鋼協會第18回講演大會講演 昭和12年10月)

佐野正夫*

A STUDY ON DIRECT STEEL-MAKING WITH IRON SAND (Report I.)
(MANUFACTURE OF VANADIUM STEEL FROM LOW-PHOSPHORUS HIGH-VANADIUM IRON SAND).

Masao Sano.

SYNOPSIS:—Iron sand of low phosphorus and high vanadium contents, produced in Nimai-bashi, Ohata-machi, Shimokita-gun, Awomori-ken, was taken as the original material. When this material was refined by the direct steel-manufacturing process using an electric arc furnace, the cost of current for removing phosphorus was dispensed with, as it was unnecessary to do so. Further, the material having been high-vanadium iron sand, ordinary cheap carbon steel was not produced, but vanadium in iron sand was reduced and entered to the steel, so that high-grade vanadium steel was economically manufactured.

I 緒 言

我國は鐵鑛石の埋藏量少きも砂鐵を多量に埋藏し其額は全國を通じて數億噸と稱す、而して我國に於て砂鐵は古來唯一の製鐵原料にして明治維新迄は中國及東北地方に産する10,000t内外の鐵類で需要を満したれども砂鐵は近代的製鐵法の原料として不適當なるを以て其製鍊法は次第に衰頽せり。

現今砂鐵の製鍊を實行しつゝあるは島根縣の安來製鋼所で工藤博士の考案になるデトロイト式に似たる電氣爐による海綿鐵製造及エルー式電氣爐による鋼粒製造を行ひ之等を製鋼原料として優良なる工具及特殊鋼を製造しつゝあり。

次に兵庫縣高砂町の日本砂鐵工業株式會社に於て上野技師長が曩に大阪工業試験所に於て研究せる砂鐵より海綿鐵製造及海綿鐵よりバナヂウム鋼製造並に酸化チタン、バナヂウム鐵等の副産物製造法を實施中なり。

又日本特殊鋼管株式會社に於ては梅津博士設計の年産120,000tの砂鐵製鍊工場を青森縣大湊に建設中なりと聞く、其他砂鐵製鍊工場の建設及研究は各所で行はれつゝあり。

り。

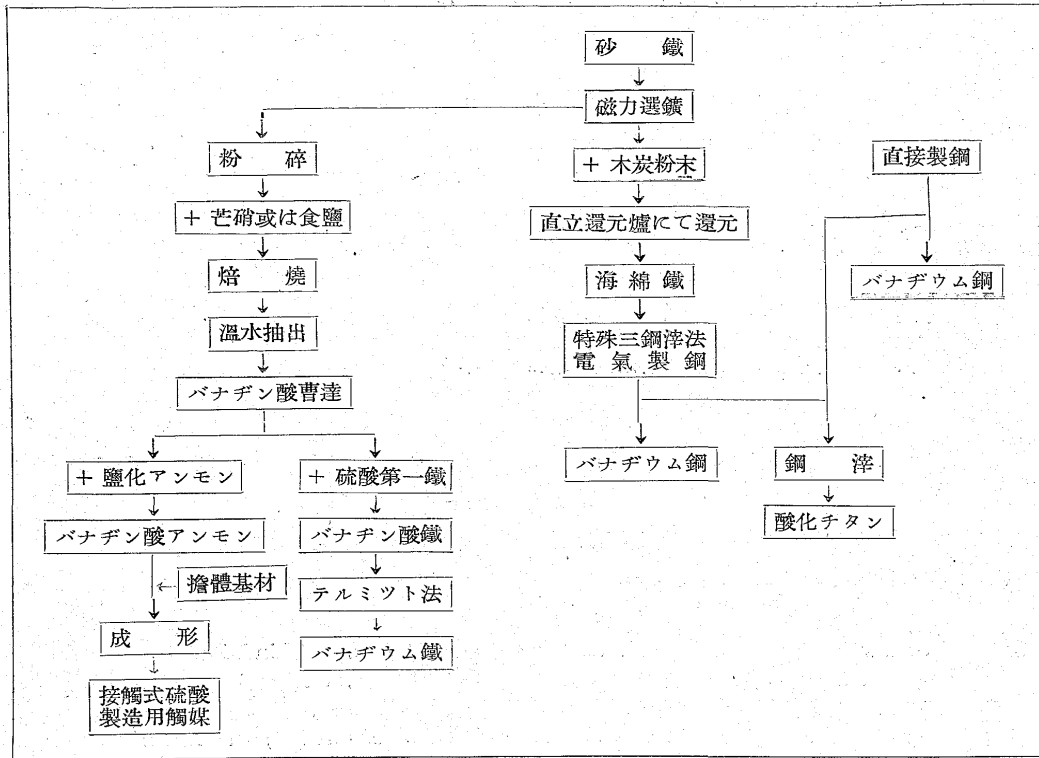
本邦に於て砂鐵より製銑¹⁾²⁾³⁾の研究は昔より行はれしが直接製鋼の研究は少し、唯川崎造船所の谷山技師⁴⁾は先年3t電氣爐を用ひ砂鐵の直接製鋼の實驗を行ひ鋼屑を砂鐵の10%以上混合する時は屑鐵のみを熔解する場合と同様容易に製鍊し得ると發表せり。

次に大阪工業試験所に於ける既往及現在の砂鐵研究の概略を記さん。初め上野技師⁵⁾⁶⁾は久慈製鐵所製海綿鐵より電氣爐にて特殊三鋼滓法に依るバナヂウム鋼製造實驗をなして好成績を擧げ次に久慈産砂鐵並に種ヶ島産砂鐵を原料として第1表中列に示す如く砂鐵を磁力選鑛し木炭粉末を適當量混合し、大阪工業試験所考案の直立還元爐に装入して砂鐵を還元し海綿鐵を造り之を電氣爐で特殊三鋼滓法により、磷を除きバナヂウムを還元して鋼に入れバナヂウム鋼を製造せり。この時の鋼滓に酸化チタンを濃縮して之より酸化チタンを回收す。この酸化チタン回收に就ては上野技師の硫酸法と利根川技師⁷⁾の鹽素法の2方法の研究を完了せり。

第1表の左列に示す如く磁選砂鐵を粉碎し食鹽或は芒硝を適當量混合し之を焙焼したる後温水抽出を行ひバナヂン

* 大阪工業試験所

第 1 表



昭和 10 年秋著者は東北地方の砂鐵鑛區を調査し第 2 表に示すが如き砂鐵が埋藏する事を知りたり。就中青森縣下北郡大畑町字二枚橋の海岸地方の砂鐵は黑色砂鐵にして珪酸分の混合量少く且つ第 2 表 No. 11, 12, 13, 14 に示す如くバナヂウム 0.35~0.38%, 磷 0.015~0.029% 含有の低磷高バナヂウム含有の優秀なる砂鐵にして且つその埋藏量も相當著大なるものなり。

電氣爐にて鐵鑛石より直ちに鋼を製造する事は

酸曹達を抽出す。この溶液に硫酸第 1 鐵を加へバナヂン酸曹達をバナヂン酸鐵に變へて溶液と分離したる後焙燒して乾燥し之にアルミニウム粉末を適當量混合しテルミット法に依り還元してバナヂウム鐵を造る。

又バナヂン酸曹達溶液に鹽化アンモンを加へてバナヂン酸アンモンに變へ溶液と分離す。このバナヂン酸アンモンに擔體基材を加へ成形して製する接觸式硫酸製造用觸媒製造に關する研究は目下當所荒井、山階兩技師擔當にて研究中なり。

諸外國に於て既に幾多の研究者⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾によつて行はれ何れも技術的には成功せしも經濟的には成功を見ざるなり。而して其理由は殆んど總てが電力消費量が大なる爲めにして若し其消費量が少くなり且つ其價廉なればこの問題は解決する事と思はる。

然るに二枚橋の砂鐵は磷の含有量甚だ少く製鋼に當り除磷の必要なきを以て之れに要する時間と電力代は不用なり又原料が高バナヂウム含有砂鐵なれば普通の低廉なる炭素鋼を造らずして砂鐵中のバナヂウムを還元して鋼中に入れ

第 2 表

No.	産 地	Fe%	V%	P%	TiO ₂ %	備 考	No.	産 地	Fe%	V%	P%	TiO ₂ %	備 考
1	青森縣下北郡大間海岸	56.8	0.36	0.037	9.3	磁選鑛	18	青森縣下北郡二枚橋山手	59.8	0.33	0.027	9.8	磁選鑛
2	同 同 大間露頭	45.8	0.28	0.039	11.0	選鑛せず	19	同 同 大畑町	61.0	0.37	0.117	9.4	同
3	同 同 大間露頭	42.0	0.02	0.035	1.5	同	20	同 同 大畑町	41.8	0.26	0.013	7.1	選鑛せず
4	同 同 蛇浦海岸	57.2	0.36	0.042	9.3	磁選鑛	21	同 三戸郡鮫法師濱	56.6	0.29	0.107	13.5	磁選鑛
5	同 同 蛇浦露頭	11.8	0.19	0.035	7.2	選鑛せず	22	同 同 種差海岸	56.0	0.24	0.013	9.3	同
6	同 同 易國間海岸	53.0	0.38	0.039	9.4	磁選鑛	23	同 同 金濱五郎堂	60.1	0.28	0.097	11.8	同
7	同 同 易國間海岸	56.0	0.34	0.035	10.0	同	24	同 同 是川戸花山	57.8	0.37	0.027	9.6	水洗後磁選鑛
8	同 同 下畑	54.0	0.30	0.052	9.3	同	25	同 同 館	59.0	0.35	0.016	8.5	同
9	同 同 下畑	58.0	0.34	0.043	8.6	同	26	同 同 館	32.2	0.27	0.052	15.3	選鑛せず
10	同 同 下畑	58.6	0.29	0.043	9.1	同	27	福島縣相馬郡小高海岸	43.2	0.17	0.034	31.8	同
11	同 同 二枚橋海岸	60.4	0.36	0.029	11.5	同	28	同 同 小高海岸	38.4	0.14	0.045	28.0	同
12	同 同 二枚橋海岸	62.1	0.38	0.017	9.2	同	29	同 同 小高海岸	43.2	0.15	0.052	34.2	同
13	同 同 二枚橋海岸	59.8	0.36	0.020	12.4	同	30	同 同 小高海岸	35.0	0.14	0.052	26.6	同
14	同 同 二枚橋海岸	62.0	0.34	0.015	11.6	同	31	同 同 福浦海岸	43.6	0.17	0.048	31.6	同
15	同 同 二枚橋山手	58.6	0.28	0.018	7.9	同	32	同 同 角部内海岸	42.4	0.13	0.058	30.8	同
16	同 同 二枚橋山手	57.8	0.25	0.052	7.4	同	33	同 同 鹿島海岸	39.4	0.15	0.050	28.0	同
17	同 同 二枚橋山手	56.4	0.28	0.022	9.1	同	34	同 同 鹿島海岸	38.4	0.13	0.051	28.7	同

高級なるバナヂウム鋼を製造し、又製鍊中鋼滓に酸化チタンを濃縮せしめて、それより純良なる酸化チタンを製造する時は其經濟的利用が可能ならずやと考へ、又砂鐵より海綿鐵を造りそれよりバナヂウム鋼を製造する工程との比較研究を行はんと考へこの研究を始めた譯なり。

幸ひにして藤田鑛業株式會社の好意により此種砂鐵の供給を受けたるによりこゝに深厚なる謝意を表す。

II 中型電氣爐による製鋼實驗

本研究に使用したる電氣爐は第3表の如し。

第 3 表

鹽基性單相エール式回轉爐	
爐床の大きさ	40×30 cm
爐床より天井迄の高さ	40 cm
使用電壓	75 V 或は 95 V
使用電流	750~1,500 Amp.
電 極	直徑 64 mm 人造黒鉛
装入砂鐵量	50~80 kg

本研究に使用したる砂鐵の化學組成は次の如し。

Fe	P	V	TiO ₂	Mn	SiO ₂
61%	0.015%	0.34%	10%	0.7%	3%

この砂鐵は磷含有量少なければ電氣爐による製鋼中除磷のために酸化性鋼滓を造るの必要なく初めより強還元性鋼滓を造りて製鍊すればバナヂウムが還元され鋼中に入り磷含有量の低き優秀なるバナヂウム鋼を造る事を得。砂鐵は電氣の不良導體なれば還元劑たる無煙炭及燒石灰其他の媒劑の混合量を適當にする事により之を良好にする事を得べし。而して電流が圓滑に流るゝ時は自然に消費電力量は減少すべし。上記の方針に依り砂鐵の直接製鋼の研究を行ひ下記の結果を得たり。

(イ) 鋼滓の熔融點に及ぼす螢石の影響

原料を電氣爐に装入し熔解當初に爐内に原料が柵を形成すれば熔解時間著しく延長し従て消費電力量が増加す、故に熔融點が低く且つ流動性の良好なる鋼滓を造る時は通電開始後未だ爐内が高溫度に達せざる時期に爐内に於て原料が柵を造る事なく砂鐵は容易に熔解すべし。

鹽基性鋼滓の熔融點の測定には種々困難ありて正確なる數値を得難きを以て著者は鋼滓を以て耐火度試驗用のゼーゲルコンを造り電氣爐にて加熱しコンの倒るゝ時の溫度を測りて之を軟化溫度と稱し熔融點の代りとする。而して之は5個のゼーゲルコンの示す溫度の平均値を以て示す。

電氣爐にて砂鐵を熔解する際に添加する種々の媒劑に就

て其影響を研究したる結果螢石は鋼滓の熔融點に及ぼす影響の大なる事を知りたり。第1圖の縦軸は鋼滓の軟化溫度を横軸は螢石の添加量を砂鐵に對する%を以て示す。④は燒石灰を砂鐵の15%⑤は燒石灰を砂鐵の24%混合したるものなり。④に於て螢石を加へざる時にその軟化溫度1,330°C。螢石を砂鐵の0.5%添加すれば軟化溫度1,300°Cとなり約30°C降り螢石を砂鐵の1%添加すれば1,230°C。螢石を砂鐵の2%添加すれば1,210°Cとなり螢石を加へざる時に比し120°C鋼滓の軟化溫度が降下す。次に螢石を砂鐵の3%添加したるに軟化溫度1,200°Cにて2%の時との差違僅少なり即ち螢石を砂鐵の2%以上添加しても大なる變化なく反て爐床を侵蝕する事大となり、電氣爐の修繕回數を増す事となるべし。故に螢石は砂鐵の3%以下を混合すべきなり。

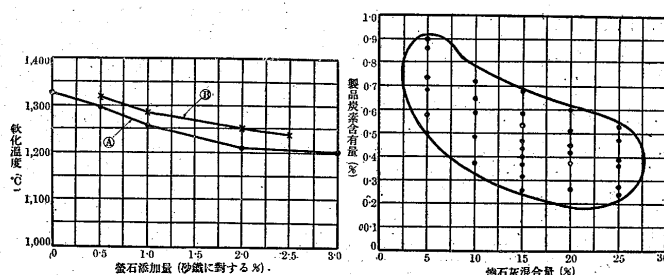
⑥も④と同様にして螢石を砂鐵の2.5%加へたる時に0.5%加へたる時に比し軟化溫度80°Cの降下を見たり。

③が④より軟化溫度高きは燒石灰の混合量大なる爲めなり

燒石灰の混合量大なれば鋼滓の熔融點が高くなる故燒石灰は餘り多く加へざる方操業容易なり。

第 1 圖

第 2 圖



(ロ) 装入燒石灰量と熔鋼の炭素量との關係

燒石灰及其他の媒劑の混合量を増加するに従ひ鋼滓量が増し媒劑を減少すれば鋼滓量も減少すべし。鋼滓生成後炭素材を電氣爐に投入して酸化鐵を還元する際に鋼滓量の少き時には熔鋼と炭素材との接觸する機會が多くなり従て熔鋼の炭素吸收量が増加す。

第2圖はこの關係を示し横軸は燒石灰の混合量を縦軸は製品の炭素含有量を示す。燒石灰を砂鐵の5%混合したる時に鋼の炭素含有量は0.5~0.9%なる高炭素鋼にして燒石灰の混合量の増加に従ひ鋼の炭素含有量は次第に減少し燒石灰を砂鐵の15%混合する時には鋼は0.26~0.69% Cとなり、燒石灰を砂鐵の25%混合の時には0.25~0.54% Cとなる。然し燒石灰を砂鐵の25%以上混合する時は前述の如く鋼滓の熔融點が上昇して操業困難となる

故燒石灰は砂鐵の 15% 前後混合するを良しとす。

(ハ) 還元劑の裝入量が製品の炭素含有量に及ぼす影響
本研究に於て還元劑としてホンゲー無煙炭を使用せり。

砂鐵に燒石灰及螢石を適當量混合し之に無煙炭の粉末を砂鐵の 18%, 20%, 22% と夫々混合し電氣爐に裝入して熔解したるに第4表の如き結果を得たり。即ち還元劑の添加量によりて生成鋼の炭素含有量を大體決定する事を得るなり。

第 4 表

砂 鐵 kg	燒石灰 kg	螢 石 kg	無煙炭 kg	砂鐵に對する 無煙炭量%	製品の C%
50	6.0	1	9	18	0.30~0.43
"	7.5	"	"	"	0.22~0.41
"	10.0	"	"	"	0.25~0.44
50	6.0	1	10	20	0.43~0.60
"	7.5	"	"	"	0.40~0.58
"	10.0	"	"	"	0.42~0.55
50	6.0	1	11	22	0.62 以上
"	7.5	"	"	"	0.55 以上
"	10.0	"	"	"	0.52 以上

(ニ) 還元劑の混合量が消費電力量に及ぼす影響

所要還元劑を全部混合し原料を電氣爐に裝入して製鍊する時の消費電力量は第5表に示す如く無煙炭が砂鐵の 22% の時に 200 k.W.H 無煙炭が砂鐵の 18% の時に 250 k.W.H にして無煙炭の減少するに従ひ消費電力量が増加す。之を出鋼量に對する電力量にて表す時は No.1 は 10 k.W.H/kg, No.2 は 8.1 k.W.H/kg, No.3 は 6.7 k.W.H/kg となり其差が著しく大となる。

第 5 表

No.	砂 鐵 kg	無煙炭 kg	出鋼量 kg	消費電力量	
				k.W.H	k.W.H/kg
1	50	9	26.0	250	10.0
2	50	10	28.5	230	8.1
3	50	11	30.0	200	6.7

無煙炭の混合量多ければ爐内の還元性が強くなり砂鐵が早く還元さるゝ故製鍊時間が短縮され従て消費電力量が減少するなり。然し無煙炭を多く裝入する時には第4表の如く製品の炭素含有量が増す故に還元劑は一定量以上混合し得ざるなり。還元劑の添加量大なる時は無煙炭と熔鋼との接觸する機会が多くなり製品の炭素含有量が増加す。然るに砂鐵に燒石灰及適當の熔劑並に還元劑の一部分を加へて製鍊すれば鋼滓は先づ酸化鐵高きものとなり熔鋼は充分低炭素となる。

爰に於て殘餘の無煙炭を爐内に加入

すれば鋼滓中の酸化鐵は還元されて熔湯中に入り、又熔鋼は無煙炭と直接接觸せざる故炭素の吸収起らず従て製品の炭素含有量を一定に保つ事を得。

無煙炭の加入時期を適當にすれば爐内を常に強還元性に保持し原料は迅速に還元さる、従て製鍊時間が短縮する故に消費電力量は減少すべし。

次に其一例を示さん。

配合: 砂鐵 75kg, 無煙炭 7.5kg, 燒石灰 11.3kg, 螢石 1.5kg,

時分 0 通電開始 使用電壓 95V

25 無煙炭 1kg 投入

40 " " "

55 " " "

1°10 " " "

1°40 " 1.2kg "

2°00 " 0.7kg "

2°12 " 0.6kg "

2°40 $\left. \begin{matrix} Fe-Si & 400g \\ Fe-Mn & 400g \end{matrix} \right\}$ 投入 C % P % V % Mn % Si % S % 消費電力量 k.W.H

2°45 出 鋼 0.41 0.020 0.21 0.62 0.41 0.015 250

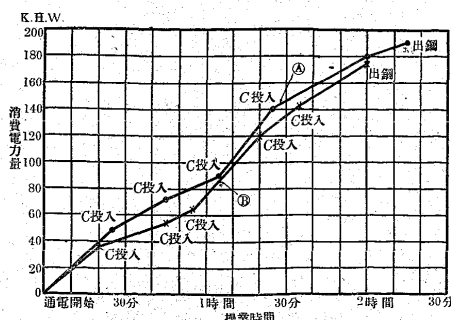
出 鋼 量: 42kg 消費電力量 5.9 k.W.H/kg

還元劑の投入時と消費電力量との關係を圖示すれば第3圖の如し。通電開始後鋼滓生成迄は 1,500 Amp. 内外の電流を通じ以後は 1,000 Amp. 位とす。曲線④は砂鐵 50kg 燒石灰 10kg 無煙炭 5kg 螢石 1kg, 曲線⑤は砂鐵 50kg 燒石灰 8kg 無煙炭 6kg 螢石 1kg なる配合物を電氣爐に裝入して製鍊したる例にしてその配合量の差違によらず圖に示す如く單位時間の消費電力量は大體同一なれば唯製鍊時間の長短によりて電力量が決する譯なり。

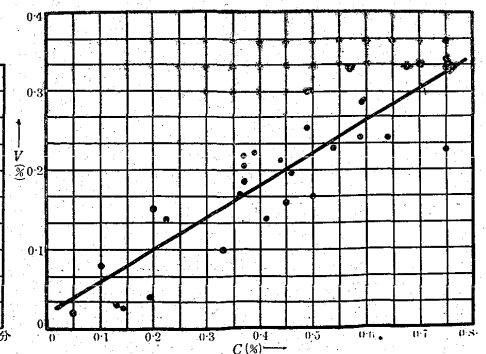
(ホ) 製品鋼の炭素量とバナヂウム量との關係

砂鐵中に含有さるゝ 0.35% 内外のバナヂウムを還元して熔鋼中に入るゝにはバナヂウムは還元し難き金屬なれば製鍊中爐内を強還元性に保たざれば熔鋼に吸収さるゝ量少し。爐内を強還元性にすればバナヂウムが鋼中に多量吸収さるゝと同時に炭素も鋼中に入る故高炭素鋼はバナヂウム含有量大なり。第4圖は本研究の製品鋼中の炭素含有量と

第 3 圖



第 4 圖



バナヂウム含有量との關係を示し横軸は炭素量を縦軸はバナヂウム量を表はし大體に於て兩者は比例するを知る。

次に示す製鍊の實例は前記の實例に比し製鍊時間を延長したるものにて、その製品の炭素含有量に比しバナヂウム含有量大なり、還元時間を長く保つ事に依りバナヂウムの還元率が増大せらる。

配合物: 砂鐵 無烟炭 燒石灰 螢石
50 kg 6 kg 6 kg 1 kg

時分	装入物
0	通電開始
25	無烟炭 1 kg 投入
35	" " "
50	" " "
1° 00	" " "
1° 15	" 0.5 kg "
1° 25	" " "
2° 20	Fe-Si 300g } 投入 Fe-Mn 150g }
2° 25	出鋼

出鋼量 28.5 kg 消費電力量 205 k.W.H

製品化學組成

C	V	P	Mn	Si	S
0.37%	0.26%	0.018%	0.65%	0.34%	0.015%

引續き媒劑の影響、電氣爐内の温度の影響、脱酸時間の長短の影響、還元劑の大きさのバナヂウム還元率に及ぼす影響等に就て研究中なり。

III 砂鐵製バナヂウム鋼の機械的性質

斯くして造れるバナヂウム鋼に熱處理を施せるもの、機械的性質を獨逸製品及海綿鐵製バナヂウム鋼の夫れと比較

對照すると第6表の如し。

之れに依て見ると砂鐵及海綿鐵を原料とせるバナヂウム鋼の抗張力及メリット數は近似の炭素量を含み同様の熱處理を行へる獨逸製同種鋼に比し遙に優秀なり。この海綿鐵製とは上野氏の造りたるバナヂウム鋼なり。著者の直接製鋼法の製品は高バナヂウム含有砂鐵を原料とし鋼滓法によりたるものなれば海綿鐵製のものに比しバナヂウム含有量大なれば抗張力大にして優秀なる性質を有す。

IV 砂鐵よりバナヂウム鋼製造に要する電力量

中型電氣爐に於て砂鐵 50 kg に適當量の媒劑と還元劑を混合して直接製鋼法により製鍊する時の消費電力量は第7表左欄に示す如く 170~220 k.W.H. を要す。今出鋼量を 28 kg (砂鐵の全鐵分の 93%) とすれば熔鋼 1t 當りの消費電力量は第7表中欄に示す如く 6,100~7,850 k.W.H. となる。尙上野氏⁵⁾⁶⁾の研究の例によれば久慈海綿鐵より三鋼滓法によるバナヂウム鋼製造に於て消費電力量は 3t の大型電氣爐を用ふれば熔鋼 1t 當り 3,200~4,400 k.W.H. となり又同じく中型電氣爐(著者の實驗と同一のもの)にて熔鋼 30 kg につき 280 k.W.H. 即ち 1t 當り 9,300 k.W.H. となり兩者の比は 1:2.9~2.1 となる。今此の比を用ひて砂鐵直接製鋼法の中型電氣爐の消費電力量を大型電氣爐に換算すれば第7表右欄の如し。

著者の研究によれば熔鋼 28 kg に對して 200 k.W.H. の

第 6 表

製品種類	成 分					機 械 的 性 質				熱 處 理
	C%	Mn%	P%	S%	V%	抗張力 kg/mm ²	降伏點 kg/mm ²	伸長率 (l=50mm) %	メリット數 (抗張力× 伸長率)	
獨逸某社製	0.45~	0.75~	—	—	0.15~	68.0	45.0	22.0	1,500	900~1,100°C 鍛鍊
	0.55	0.95	—	—	0.25					850~900°C 標準化
久慈海綿鐵製	0.40	0.41	0.023	0.019	0.13	80.9	51.0	22.0	1,780	900~1,100°C 鍛鍊
	"	"	"	"	"	82.4	52.7	20.0	1,650	850°C 標準化
	0.50	0.38	0.016	0.001	0.22	86.4	55.7	16.0	1,600	650°C 煨戻
砂鐵直接製鋼製	0.45	0.55	0.020	0.010	0.27	85.4	58.2	25.0	2,120	900~1,100°C 鍛鍊
	0.48	0.50	0.016	0.012	0.32	87.3	54.7	20.0	1,740	850°C 煨戻
	"	"	"	"	"	118.4	?	14.5	1,710	900~1,100°C 鍛鍊
	0.37	0.65	0.018	0.015	0.26	78.8	39.5	26.0	2,050	850°C 標準化
	"	"	"	"	"	89.9	44.4	17.4	1,560	900~1,100°C 鍛鍊

電力を消費すれば容易にバナヂウム鋼が製造せらるゝ故に大型電氣爐を用ひて製鍊する時の消費電力量は 2,800 k.W.H/t 内外にて充分なるべし。

尙大型電氣爐の研究は第2報に於て報告する豫定なり。

第 7 表

中型電氣爐消費電力量		大型爐に換算消費電力量	
鋼 28kg 當り k.W.H	鋼 1t 當り k.W.H	鋼 1t 當り k.W.H	平均 k.W.H
170	6,100	2,100~2,900	2,440
180	6,400	2,200~3,040	2,560
190	6,800	2,300~3,200	2,760
200	7,100	2,450~3,380	2,840
220	7,850	2,700~3,740	3,140

VI 結 論

1. 砂鐵に螢石を砂鐵の2%位添加すれば鋼滓の熔融點著しく下り製鍊容易となる。

2. 還元剤は一部分を砂鐵に混合して電氣爐に装入し他を製鍊中適時に爐内に加入すれば初めより還元剤を全部混合したるものに比し消費電力量少く又熔鋼に吸収さるゝ炭素量も少し。

3. 二枚橋砂鐵の如き低磷高バナヂウム砂鐵を原料とし電氣爐を用ひて製鍊する時は製鋼に當り除磷の必要なきを以て之れに對する電力不用となり著しく消費電力量を減少して優秀なるバナヂウム鋼を造る事を得。

4. 炭素含有の高い鋼は自然バナヂウム含有量も高く且つ製鍊が容易なれども炭素0.3%以下の鋼はバナヂウム含

有量少くバナヂウムを増す事相當困難なれば製鍊に熟練を要す。

6. この方法はバナヂウムの含有少き低磷砂鐵に應用して炭素鋼を造る事を得。

猶實驗に當り終始御親切なる御指導と一方ならぬ御配慮を賜りたる京都帝國大學名譽教授齋藤大吉先生に對し厚く御禮を申し上げる次第なり、又本研究は大阪工業試験所に於て所長莊司博士、池下第5部長の御懇篤なる御指導の下に遂行されたもので謹みて深謝の意を表す。最後に全實驗を通じ終始變らざる熱心を以て本研究の達成を補助せられたる中川一利、鈴江亮一兩君に對し深厚なる謝意を呈する次第なり。

文 献

- 1) 向山: 鐵と鋼 昭和6年6月號
- 2) 門多: 臺灣總督府中央研究所報告 大正11年9月
- 3) 長谷川: 八幡製鐵所報告 第6卷 第1號
- 4) 谷山: 鐵と鋼 昭和5年7月號
- 5) 上野: 大阪工業試験所報告 昭和6年12月 第12回 第14號
- 6) 同 同 昭和10年4月 第16回 第1號
- 7) 利根川: 同 昭和12年8月 第18回 第5號
- 8) Stassano: Electrochem. & Met. Ind. Vol. IV, 1908.
- 9) Goldschmidt & Neumann: St. u. E. s. 687, 1904.
- 10) R. M. Kenney: Jrans. Iron & Steel Inst. Vol. I, 1902.
- 11) P. Floodin: St. u. E. s. 798, Vol. 46, 1928.