

C. 鑄鐵爐に依る製鍊

貧鐵鑛としての砂鐵利用に就て

(第2回砂鐵部會へ提出意見書)

長谷川 熊彦

1. 砂鐵の生産状態

砂鐵の生産は年と共に増加し來つて居る。之を有利に製鍊さるゝ時は云ふ迄もなく急激に増加すべきである。之を現在状態に見るに未だ大工業として成立し得る可能性に乏しいため生産も他鐵鑛に比し多くの利用價値を有するに至らぬ。既往の生産を見るに次の通りである。(商工省發表)

第1表 砂鐵生産額

年次	數量(t)	年次	數量(t)	年次	數量(t)
明治37	29,927	大正2	18,600	大正11	6,067
38	27,964	3	14,784	12	3,799
39	31,400	4	17,200	13	3,118
40	31,831	5	18,902	14	3,459
41	27,740	6	34,035	昭和1	4,469
42	24,798	7	37,948	2	12,301
43	21,576	8	27,523	3	4,809
44	21,618	9	9,134	4	259
大正1	18,291	10	6,878	5	780

以上の如く其の産額は近年著しく減少して居る。然し之れ必ずしも砂鐵利用に關して悲觀す可きものとは思はれぬ。何となれば之れ主として舊式タ、ラ製鍊法原料として中國地方の鐵穴活動が逐年衰微せるによるもので、自然淘汰により封ぜられたものなるが故で當然とせねばならぬ、鹿児島縣種子島、屋久島、大分縣東國東地方の産額を福岡鑛山監督局の發表に就き見るに次の通りである。

第2表 種子島及東國東砂鐵産額 (t)

年次	大正13	14	昭和1	2	3	4	5
種子島	3,025.9	2,118.6	3,491.1	3,284.6	1,750.7	154.9	546.2
東國東	143.5	800.0	172.2	400.0	366.6	56.3	97.5
合計	3,169.4	2,918.6	3,663.3	3,684.6	2,117.3	211.2	643.7

以上2表の數字は多少の疑念を残さるゝ點あり。

恐らく此以上の額に達し居ることを推理し得る。何れにせよ過去に於て中國地方が主要産地なりしものが現在は九州が主生産地に變ぜる事を知り得る。此他に安來製鋼所は自家製鋼原料として白銑製鍊用並にスポンジ鐵用として昭和4年以來毎年約500噸を採取し來つて居る。福島縣相馬郡海岸に於ては高チタン及ヴナデインの砂鐵を産し、東洋チタン合資會社により採取されつゝあり昭和5年には120噸を日本鋼管會社新港電氣製鐵所に供給されたりと云ふ。

種子島に有ては南種子、北種子、上屋久等の部落海岸より相當量を採取され得るもので、之れをスポンジ鐵製鍊原料及び製鐵製鍊研究等に送られ新式製鍊法に利用され、國東地方も亦同様である。常盤商會久慈製鐵所の建設は世人の熟知さるゝ通りであるが最近は研究調査中で新に砂鐵を採取するに至らぬ。スポンジ鐵製鍊或はヴナデウム鋼試験等に對し砂鐵の生産増加の傾向は現在に於て認めらるゝが故に現在の産額減少は他日恢復するものなる可きは考へ得る、又砂鐵を屋根瓦上藥用、染色原料、艶出壁原料等一般用途に對する利用も若干残されて居る。

勿論之等砂鐵の利用は經濟的事情より盛衰するもので、原鑛單價の低廉なる事が重大なる點で現在及び將來共製鍊方法の根本的解決の如何に關らず當然である。全國を通じて現在砂鐵鑛區は

1,680に達し10年前に比し増加し居るが故に、之れが利用可能の確實單價にあるものより先づ採取され、遂次總産額は増加すべきである。鹿兒島縣、大分縣の産地が經濟的採取に適せることは夫々其の産地海岸波打際に屬し海運の利並に品性佳良に選別容易の得點を有するがためである。現状より見るに之等砂鐵は原産地に於て噸價6圓位とも云はれて居る、三菱製鐵會社、日本鋼管株式會社、梅津七藏、常盤商會等は、大正15年度以降砂鐵製鍊研究獎勵金を商工省より交付され（常盤商會は昭和3年以降獎勵金中止）學術的技術的研究に没頭され、又諸所の學校専門家等も亦此の問題に關して研究さるゝの現状にあるが故に之等半工業的試験には相當量の原料を要求さるゝこととなる。

2. 砂鐵の鑄鐵爐製鍊に利用され得る要件

獨り鑄鐵爐と限らず何れの製鍊方法によるも、砂鐵を利用するに最大要件は其の供給力及び其單價である、余は先年砂鐵利用に關して一通りの研究調査を行ひ最初に此の問題を考へ、今日に於ても尙且つ同様の懸念を去り得ない、砂鐵はその總計鑄量莫大なることは了解し得るも安全なる供給鑄量を調査決定困難な場合少くないと思ふ、岩手縣九戸郡大野村の如きは比較的此の推定容易なる可きも其の他は必ずしも近世式大工業を起すには不徹底なものと思はる。

洪積層砂鐵として著明なるは此の九戸郡の他に青森縣下北郡東通村であるが、其層狀不規則なる場合又同一層内にて品位甚だしく不同の場合等を屢々知り得た、之等の點に關しては今夏商工省鑄山局技師により調査されしと聞けり、其内容の發表を得れば一層明瞭となり經濟的利用の根本は明かとなるであらう。海岸、河川、畑地等の沖積層砂

鐵に於ては甚だしく不規則なる層をなし山林、砂丘、崩壞火成岩等に有ても同様で、波打際の堆積砂鐵に至つては波浪、風向等により集積するものなるが故一層不確實である。一日生産量數噸の銑鐵の如き小規模の鑄鐵爐は現在經濟的成立覺束なく必ず100噸以上の如き大規模にあらざれば事業化し能はざるは明かである。特殊銑鐵製鍊の目的には最良品質の砂鐵を選び一日數噸生産に留めらるゝが故に電氣爐によるは最も便利である。即ち其の消費量少きと製品市價を基礎として原料砂鐵單價を幾分高價ならしめ得る、安來製鋼の經營の如きは一例である。然るに大量砂鐵を消化するには自然鑄鐵爐法又は海綿鐵法によらねばならぬ、1ヶ年1,000噸又は數萬噸砂鐵を確實に製鐵所に受入るゝことが必要である。久慈製鐵所が1日100噸海綿鐵製品を計劃せるも此の意味で政府の製銑獎勵の如きも皆之等の意味に他ならぬと思ふ。即ち鑄鐵爐法又は海綿鐵法は砂鐵利用の根本義である。又前者は其生産費に於て後者に優る事も亦現狀に於て云ふ事が出来る。電氣爐による製鍊法が最も技術的に可能なることは世界の斯道専門家により以前より説かれ、吾人も亦已に述べ來つた所であるが事實として盛大に進み得ざるは經濟的による惱である。

前掲せる如く鹿兒島縣砂鐵、大分縣砂鐵又北海道噴火灣砂鐵の如きは現狀に於て若干の努力を拂ふ時は、鑄鐵爐原料として供給可能であると思ふ。中國地方の砂鐵は品質優良なりとは云へ其經濟的供給困難と思はる。洪積層砂鐵に至つては其負鑄の程度並に確實供給力等に至つて尙疑問を残してゐる。砂鐵原産地に接近して近世式鑄鐵爐を新設し得るか否は一層解決至難の問題なるが故に、先

づ現在鑄鐵爐に裝入する事を原則とせざる可からざるが故に、其の運搬費及び鑄鐵爐買上げ單價如何は砂鐵利用の重大要件となる。即ち砂鐵原價の最低單價と最大單價との對照により解決さるゝこととなる。既住に於て其の生産額の消長變化の甚だしきを見るも明かである。鑄鐵爐が原料費を生産費の大部分となし得、次で其原料の單價を製品市價を基として合理的に最高單價とし砂鐵を購入することも亦必要である、此の意味に於て現在各製鐵所が使用しつゝある鐵鑄單價と同等又は其以下合理的價額迄低廉に砂鐵を供給することは大切である。製鍊法の研究により新機軸を出し得るとするも此の原價の低減見込なき場合は實際問題は解決し得ざるものと思はる。此點は電氣爐法及び海綿鐵法に有ても同様で、其の購入し得る最大單價を決定し、その範圍内にて供給し能はざる砂鐵は利用の途なきものである。一朝有事の際又は鐵價暴騰の如き場合には本邦砂鐵は急激に各地より供給され便宜の製鐵方法により大量生産の結果に達するものと思はるゝ。余は鑄鐵爐を有する工場は本問題の解決を迅速ならしむるため若干砂鐵を年々購入され、實際經驗を重ねらるゝ事を望む。今日進歩せる技術として少量砂鐵を混合使用さるゝため現場作業を困難ならしむる事はなからんと考へて居る。商工省も亦此意味にて砂鐵採取を奨勵す可きにあらずやと思ふ。之れ直接に砂鐵採取を刺激しその單價を低廉ならしむる動機となり得るが故である。

現状に於て鑄鐵爐に使用され得る砂鐵の含鐵品位は50%以上なるを要し、その單價は工場着恐らく7圓乃至5圓となるならん。燒結費は各所共に技術の進歩により低廉となつて居るが、故に1圓前後を並鑄石より低廉ならしむることとなる。

又一方砂鐵を使用するために若干の燃料増加、銑鐵品質の優秀等にて種々取捨利害も表はるゝであらうが、之れを國家的に立脚するの他はなからう。現在砂鐵採取者としてかくの如き安價にて原價及び運賃を支辨し得る場合は特殊地に限らるゝは當然であるが不可能とは云へぬ。即ち簡易なる選別、貧鑄處理、運搬等凡て此の意味にて進歩發達の域に達して居らぬがためである。特に運搬費の如きは單價の過半を占むべきで若し必要の投資をなせば著しく減額し得ることを考へ得る。現状のまゝにては工場渡し單價は20圓以上に及ぶ場合多かるべく、到底如何なる製鍊法によるも成立困難と思はる。此意味に於て半工業的に砂鐵製鍊を研究するものは先づ其の新方法に依り砂鐵の最大受入單價を考へ、之に對し砂鐵採取者の供給可否を研究し安全を確かめ得ざる限り新製鍊法は成立不可能と云ふ可きである。余は砂鐵製鍊研究は經濟的立場を主體とせぬ限り價値ないものと思ふ。

3. 貧砂鐵鑄の處理

貧鐵鑄の處理は逐年我國に於て研究されつゝあるも、鞍山製鐵所を除きては遅々として進捗して居らぬ。貧砂鐵鑄の處理法と云ふも一般鑄石と格別の差異なからん。凡ての砂鐵は之れを鑄鐵爐に使用する場合には、塊狀並鑄石と異りて若干の處理を行はねばならぬ。即ち塊狀鑄石に比して不利の點で同時にその破碎に對しては有利な點である。磁性砂鐵は之を磁選別により最も有効に精選し得、從來の如く水洗法によるに比し著しく簡單に又經濟的である。海岸堆積砂鐵、川底沈積砂鐵と雖ど一度之れを精選せざれば品位劣等なるは普通である。赤色變質砂鐵に至つては先づ適當な磁化手段を取らねば選別に不利なことも當然である。電氣爐又は海綿鐵製鍊法によるも前以つて之

れを處理し濃厚品位に變ぜざる限り、技術的に困難なるべきは經驗者の等しく注意する所である。

磁選別に關しては鞍山製鐵所及び本溪湖煤鐵公司に於て多くの經驗を有し、八幡製鐵所研究所に於ても一部の砂鐵並に茂山鑛石等に就き已に實驗され貴重なる數字を發表されて居る。塊鑛に有つては之を粉碎するに大規模の機械と多大の經常費とに苦しめらるゝに至る、此の粉碎により自然粒形に大小を生じ鐵の品位に優劣の差を伴ひ選別の効率にも差を生ずる。又不磁性夾雜礦物は磁性鑛石微粉と機械的に混じ如何に選別を繰返すとも高品位となすことは困難に到る。滿洲及び朝鮮に連續散布さるゝ縞狀貧鑛石に對しては何れも類似の結果となる。赤鐵鑛を混ぜる貧磁鐵鑛に對し磁化焙焼を行ふ鞍山式の方法は一つは粉碎を容易にすると共に一つは赤鐵鑛の一部を還元し磁化する効果を擧げ得るものである。八幡製鐵所研究所に於て茂山貧鑛を研究され 600°C に焙焼する時甚だしく破碎を容易にする事實より見る時は、磁選別効果は寧ろ此の加熱により磨碎効率優良なる點により著るしく佳良ならしむると思はるゝ、本溪湖煤鐵公司南攻選鑛場に於ける焙焼試験は還元の手段を取らず、單に加熱に過ぎざるも著るしく磁別歩留を佳良ならしめて居る、南攻選鑛場に於ける貧鐵鑛處理は現に半工業的試験施行中なれば具體的數字の發表は差控ゆる事とするも有利な經濟的選別をなし得る豫想は下されて居る。

砂鐵は粉狀にあるが故に處理極めて容易で海岸河邊、砂鐵に對しては單に水に依る比重選別法に依るも容易に 60% の精鑛を得られて居る。然るに機械的方法に依り比重選別又は磁選別を行ふとすれば小區域に多量堆積せる地方にて一ヶ所に鑛

石を集中せざる可からず。洪積層變質砂鐵は大規模選別に最も適するもので岩手縣九戸郡、青森縣下北郡等は其の例である。然るに之等變質砂鐵は磁鐵鑛を核としその周圍に褐鐵鑛の微粉末を被覆せるもので其の變質部の膠着せるものは容易に機械的に採取され得るも其の分離脱落せるものは磁化方法を行ふか或は適當なる比重選別に依らねば損失せらるべきである。褐鐵分を全部犠牲として選別さるゝ事も經濟的なる可きも鑛利を損し最良の策とは云へぬ。試みに上記二例試料の化學成分を見るに次の通りである。(製鐵所研究所)

第 3 表 A

産地	T.Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	H ₂ O
岩手縣九戸郡	23.83	7.89	32.51	37.82	5.42	5.90
大野村水澤	38.74	9.57	44.74	20.32	8.48	6.92
青森縣下北郡	28.34	6.56	33.23	31.72	4.06	5.94
東通村富貴利	35.02	10.81	38.07	23.76	6.90	4.35
同縣同郡						
同村野牛						

之等の成分を基とし指性成分を推理し計算する時は第 3 表 B の結果を得る。

第 3 表 B

産地	磁鐵鑛 (Fe ₃ O ₄) %	褐鐵鑛 (2Fe ₂ O ₃ ·3H ₂ O) %	イルメ ナイト (FeTiO ₃) %
大野村水澤	9.67	31.02	10.3
〃〃	6.02	46.48	16.1
東通村富貴利	9.37	31.27	7.7
〃野牛	14.81	32.59	13.1

以上は Fe₃O₄, 2Fe₂O₃·3H₂O, FeTiO₃ と假定せるが故に若干の誤差は伴ひ得るも大體として正しきものと思ふ、先年余の半工業的選別法により野牛變質砂鐵に對しグレンダール式磁選機を用ひて選別せし際の二三測定結果によるに貧鐵鑛より磁選別歩留は給鑛に對し 18 乃至 26% 平均 22% を示して居る。即ち前記磁鐵分及び褐鐵分並にイルメナイト部分は複雑に結合せると云ひ得る、又磁選別に當り不磁性鐵分の一部は廢石泥土中に去るもので残滓中鐵分 15% 原鑛中鐵分の約 50%

は損失することより見れば磁化手段を必要とすることを了解し得る。此の關係は原鑛の品位劣等なる程甚だしく含鐵分 30% 以下の貧鑛を處理する時は成績不良を思はしむるもので採取原價及び粗鑛運搬費を極力低廉ならしめねば利用の途困難なることを示して居る。

赤鐵分又は褐鐵分の磁化處理に關しては還元法により變質せしめると赤鐵鑛に磁性を與ふる熱處理との二法ある。従來行はるゝ方法は主として前者である、後者は適當なる溫度に處理さるゝ時は赤鐵鑛に磁性を具備せしめる事であるが現今試験時代に過ぎず實現して居らぬ、之等の基礎的研究に關して余は現に若干の實驗を行ひつゝあるも未だ發表し得る迄進み居らざるため概括的二三の實驗に就き述べんとする。

鐵鑛の比較感磁性を決定するためには磁氣吸引の原理に依る方法あるも余の實驗室に於ては簡單なる装置により測定を正確にした。

彈性電流計 (Ballistic galvanometer) は可動コイルの慣性能率大なるため其の振れは電流計を流るゝ電氣量に比例するものである、此の性質を利用し砂鐵の透磁率に基く感磁性を測定する原理に依つた。鐵鑛を石英管に入れ其の外部に二次コイルを巻き一次コイルの電流を適當にして磁場を作り其の電流方向を逆にする瞬間に二次コイルに連結せる電流計の鏡の振れを

讀みて其の値を比較感磁性とした、二三の結果を擧ぐれば第 4 表の通りである。

試料は磁鐵鑛として鞍山製鐵所再精選鑛を用ひ之れに砂鐵及び長崎縣川棚褐鐵鑛を別々に混

合し磁鐵の割合を減少し比較感磁性を測定した。褐鐵鑛、赤鐵鑛、珪砂は本實驗に於ては不磁性を示し同一値である。機械的混合によりて磁鐵鑛の磁性減少を目的とせる試料である。第 4 表 A 及び B は 2 種實驗の結果である。

第 4 表 比較感磁性實驗

混合試料 A			混合試料 B		
磁鐵鑛	褐鐵鑛	比較感磁性値	磁鐵鑛	珪砂	比較感磁性値
100	0	132.6	100	0	132.6
95	5	123.8	95	5	95.5
90	10	111.8	90	10	79.8
80	20	92.8	80	20	61.2
70	30	79.1	70	30	55.4
60	40	68.5	60	40	50.2
50	50	60.5	50	50	47.6
40	60	54.7	40	60	46.1
30	70	50.5	30	70	44.5
20	80	46.9	0	100	42.0
0	100	42.2			

以上 A 及び B 値を曲線に示せば附圖 A 及び B の通りである。即ち兩者は共に磁鐵鑛分の減少により連續的の曲線となつて居る。B 線は珪砂 50% 以下にては甚しく磁性減じ極めて僅少の變化に留まる、従つて珪砂を不純物として混ぜる砂鐵は其量甚だしく多量なる場合は効率低下することを示して居る。褐鐵鑛を混ぜる場合も略々類似して居る。兩者共磁性分の量増加する時は急激に磁性を増加して居る。

A 及び B 曲線の形狀に差を生ぜるは珪砂を褐鐵と夫々重量割合に混じ實驗試料には一定容積を使用せしために比較の相違に基き磁鐵鑛の量に差

第 5 表 比較感磁性實驗

番號	種 別	感磁値	成 分					
			T.Fe	Fe ₂ O ₃	不磁性物合計	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	FeTiO ₃
1	本 溪 湖 富 鑛	110.5	69.89	96.48	3.52	0.11	1.89	—
2	本 溪 湖 貧 鑛	50.4	35.49	36.98	63.02	12.45	49.83	—
3	青森下北郡野牛砂鐵	44.2	35.02	14.81	85.19	32.59	23.76	13.1
4	岩手九戸郡久慈砂鐵	70.5	51.78	62.95	37.05	—	6.38	23.9
5	福岡糸島郡地崎砂鐵	91.8	67.24	90.70	9.30	1.70	2.49	1.48
6	島根仁多郡砂鐵	60.5	54.11	65.09	34.01	7.83	5.40	13.23
7	鹿 兒 島 種 子 島	69.7	57.39	86.20	13.80	9.52	2.54	26.62

(已往發表分析による)

あるがためである。

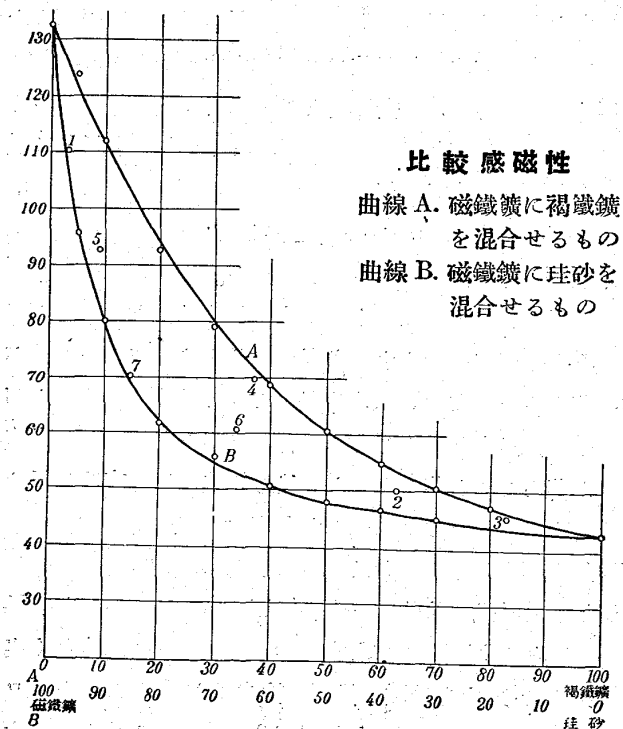
今之等の曲線と對照するために第5表の試料を實驗に挿入すれば圖中 1 乃至 7 の通りである。

以上の實驗にて鑛物成分は嚴重なる事は困難なるも推理により決定したるものである、揚圖曲線と對照する時は各點は A B 曲線の間にあるものを主とする。

要するに砂鐵の磁性は磁鐵鑛より生ずる事は明かであるが故に採取法として今後磁選別方法を採用するが如き規模の工場の設立を望む。

磁化焙燒

磁選方法等に就ては後日に譲る事とし余の主張せんと欲する所は砂鐵採取を一層組織的に事業化し低廉なる砂鐵を製鍊場に供給されんことである。海岸、川底、丘陵、林野産何れの砂鐵と雖も大部分は貧鑛で而も其選別は多くは容易であるが故である。即ち大量砂鐵の採取により現在の鑄鑛爐に之を供給することは砂鐵利用の根本に觸るゝ



ものであるが故である。

砂鐵單味にて獨立せる鑄鑛爐を建設することは見込甚しく薄い、海綿鐵、電氣爐原料としては將來若干利用され其採取量は増加すべきも大工業として砂鐵の根本義としては弱いと思ふ。

意見書追加

砂鐵原鑛採取現狀

鹿兒島縣種子ヶ島屋久島一帶は本邦海岸砂鐵産地として著名なるものなり、其採取量比較的多きと其原價の低廉なるとの兩點に於て之を述べ得ると思ふ。現狀は投資により機械的設備を施せるにあらず、需要に應じて若干採取するに過ぎざるも將來に對し九州に於ける製鐵原料として幾分の價值あるやと思慮せらるゝが故に之を適當に調査することは砂鐵研究の一部に屬すると思ふ。該地方に於ける主なる生産者は鹿兒島縣薩摩郡下甕村手打港東雲堅吉氏なることを云ひ得、今同氏に就き得たる資料によれば大凡次の如し。

1. 昭和 4 年度採取量 167,870 疋
- " 5 年度 " 546,200
1. 鑛區は悉く海岸波打際 大量生産取引不選鑛 硯價船積渡し 3 圓乃至 3 圓 50 錢
1. 洗鑛は簡易なる方法により 1 日 1 人約 2 噸能力精鑛前同單價 5 乃至 6 圓
1. 好況時種子ヶ島には舊式 4 噸角爐 2 臺を運轉し銑を作れり。
1. 現在悲況時代には洗鑛砂鐵は 高價なるため、主として建築工業用とされ粗鑛は砂鐵製鍊研究用として採取せられつゝあり。