

と  
鋼 第七年 第三號

大正十年三月二十五日發行

製鐵原料としての砂鐵鑛

長谷川熊彦

一、砂鐵鑛利用狀況

砂鐵鑛(一般に砂鐵と呼はるゝものにして以下略して砂鐵とす)を製鐵原料として利用さるゝは、本邦獨特の技術にして大古以來全國各地に於て之れか製鍊事業は營まれ就中山陰山陽地方は古來有名なるものなり。砂鐵製鍊の一般は曩に山田賀一氏により報告されたり。中國に於ける砂鐵製鍊鐵と鋼、四年四卷三四九頁、明治維新前後岩鐵鑛を製鐵に使用し始むる迄は、本邦内地産鐵は凡て此砂鐵より製鍊されたるは世人の熟知する所なり。然るに歐米の近世製鐵法輸入さるゝに至り砂鐵鑛製鍊は經濟的經營困難となり次第に其用途は制限せられ之れか利用減するに至れり其理由の主なるもの次の如し。

- (イ) 燃料木炭次第に減し且高價にして製産費を増大する事。
- (ロ) 勞働賃金漸騰して製産費を増大する事。
- (ハ) 製産能力微小にして且つ製鍊に於て鐵の歩留悪しく不經濟なる事。
- (ニ) 品質を一定して大量を供給するに困難なる事。

之等の理由に依り輸入品又は歐米式製鍊法による内地産鐵との競争は頗る困難となれり。此關係は製鐵研究會記事中に詳述せり(本邦製鉄業の趨勢製鐵研究會記事四九號二七頁)。

本邦砂鐵に二種類あり、其一は火崗岩、粉岩、閃綠岩、安山岩等中にある磁鐵鑛粒により直接成生するものなり、即ち此種岩石は風化されて變質崩解し、雨水河流に洗はれて選別せられ、河岸に集積し、或は海中に流されたるものは波浪により反復淘汰せられて、海岸に打上げられ、沿岸一體に黑色磁鐵鑛粒の集積せらるゝに至るものなり、從て此種砂鐵にして海岸附近のものは暴風雨の度毎に集積の状態を變ずるものにして、一度採取せられたる場所に再び集積するの特點ありと雖とも、一ヶ所に於て大量を採取する事能はず多くは數十町乃至數里の區域に亘りて採取せざる可らず、又現に山陰山陽地方に於て稼行するものは多く自然力によらず、人力により此等風化せる岩石を崩解し、水洗選別して集積するに有り、其二は河邊又は海岸に集積せる前述の砂鐵及硅砂は鑛層をなして堆積し、或は強風に吹き上げられて砂丘を作り、遂次長年月の間に著しき幅員廣袤に達せる沖積層を形成し、地質的變遷を受けて現在に至れるものにして、即ち第二次成生の砂鐵と謂ひ得へし、而して此種の鑛層は鑛水の通環及雨水の浸潤等により化學的變化を受け、磁鐵鑛の一部は水酸化鐵に變じて赤褐色を呈し、地層の壓力と水酸化鐵の粘着力とによりて粉鑛粒子は凝塊に變じ、軟質砂岩の如き狀況を示せり、此兩者は現在に於ても絶へず自然力により成生されつゝ有るものにして、地方事情により其状態に差異を生ずるのみなり、前者は本邦到る處の海岸に於て發見さるゝも、就中有名なるは北海道噴火灣海岸、其他青森縣東海岸、岩手縣海岸、水戸附近、新潟、土佐、豊後、日向、大隅、薩摩、石見、出雲、伯耆等の海岸なり、後者に屬す可きものは産出多くは前記産地と伴隨せるも、其區別判然せり、最も著明なるものとして知らるゝは青森縣下北郡、岩手縣九戸郡等なるも、豊後、石見等にも産地少なからず、前者に屬する砂鐵は磁鐵鑛及硅砂を主成分とし、含鐵品位佳良にして、選別も亦容易に利用便利なるも、其層薄く海岸線に沿ふて散在するの不便あり、後者は磁鐵鑛、褐鐵鑛、粘土、硅砂等を混し、含鐵品位甚しく不良にして、選別困難に利用方法至難とさるゝも、層厚くして規則正しく區域廣袤大なり、從來一般に調査報告されたる

鐵原料としての砂鐵は前者の種類にして、後者は利用至難のため多くは顧みられず、近年砂鐵熱の勃興するに至り第一種の砂鐵は勿論第二種のもも大に世人の注意を惹き或人は此第二種砂鐵埋藏量二十億噸と稱し又或人は數億噸と稱し、本邦鐵原料として最も有望なるものと稱するに至れり。之等鑛量は調査不充分なるか故に精確ならずと雖とも大量を小區域に藏するは明かなり。若し之等兩種砂鐵か近世式方法により製鍊され經濟的成立安全なるに至らば砂鐵を原料とする鐵の産額は著しく増加す可く又其可能採取量及埋藏鑛量等も精確に調査され本邦産鐵鑛と相對して重要なる製鐵原料たるに至る可し。

古來本邦製鐵原料として採取利用さるる砂鐵は主として第一種に屬し現在に於ても特種目的の爲め尙有利事業とされつゝあり、砂鐵鑛より製鍊されたる製品の産額次の如し。但し農商務省鑛山局發表統計による。

年 數	銑		錒		錒		錒		鐵 鋼 合 計	
	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	噸	
明治二〇										
二六	七、九九八、七		一、四三九、七		一〇、五六五、八					一〇、五六五、八
三〇	七、八二七、四		一、七五二、四		一〇、八〇、五					一〇、八〇、五
三五	四、五四一、四		一、二七一、四		一、一八三、〇					一、一八三、〇
四〇	四、七六七、七		八八四、九		一、〇八五、六					一、〇八五、六
大正 元	二、〇五五、二		四五八、二		一、一二一、〇					一、一二一、〇
三	二、四六四、八		四一八、九		一、四七、五					一、四七、五
五	五、〇七五、〇		三一二、〇		一、二六七、〇					一、二六七、〇
六	一〇、八六〇、〇		一五二、〇		一、六七四、〇					一、六七四、〇
七	二〇、八八五、〇		二六二、〇		一、五四〇、〇					一、五四〇、〇
八	一八、六三三、〇		二五九、〇		二九三、〇					二九三、〇

以上統計によるに本邦としては、かなりの量にして大正元年の如き鐵悲況時に於ては著しく減少せるも歐洲戰時局の好況に原因して一般製鐵業の勃興を來たしたるため大正七年の産額は莫大な

る數量に達するに至れり。此産額は砂鐵、砂鐵鑛滓等を原料とせるものにして全部砂鐵鑛のみを原料とせざる者なるへしと雖とも本邦砂鐵製鍊の大盛時と謂ひ得へし。即ち本邦舊式製鍊法は經濟上成立困難なるため鐵の悲況時に當つては僅かに高價特殊品の製造販賣に過ぎすと雖とも好況時に於ては普通品を製作して其産額も莫大なるを知る。大正七年に於ける砂鐵使用原鑛は總計三萬三千九百八十一噸、同八年に於ては二萬七千八百七十八噸にて本邦内地採掘岩鐵鑛に比較すれば少量なりと雖とも砂鐵研究者の注目に値すへし。

從來砂鐵鑛は不純物少く良鐵製造に適し日本刀の精良なるも一原因は此原料鑛石にありとせらる。本邦産砂鐵は硫黃及磷の含有少きもの多く銅及滿俺に至つては著しく少く一般にチタンの含有あり少きは三%多きは一〇%以上に及へり。就中砂鐵鑛中には硫黃含有は極端に少きも磷は必しも少なからず多きものに至りては〇五%以上に達せるものあり。古來良鐵を産出せるは此磷含有量の少き良質砂鐵鑛を産する場所なり、現今に於ても酸性銑鐵玉鋼を製造するためには適當の砂鐵を選擇せざる可らず。此理由により良質砂鐵鑛を採取し特に高價品を製作することは從來本邦砂鐵製鍊法として施行せられつゝある所にして並鐵鑛より並製品を製造するに至ては經濟的に成立し能はざる所なり。然れども本邦砂鐵の完全利用は斯くの如き制限下にある製鍊にては満足すへきにあらず。即ち一般に使用し得る並品を作る目的にて第一種、第二種凡ての砂鐵鑛を使用するに至らざる可らず。低磷木炭銑鐵は大倉組山陽製鐵所に於て其製作に成効し、瑞典木炭銑鐵の輸入と對抗するに至り或は電氣銑鐵、或は再製銑鐵等により已に砂鐵製獨特の優良點は次第に浸蝕せられんとす。本邦砂鐵業者は勿論砂鐵鑛の利用に關係する者は此點に着眼させる可らず。

## 二、砂鐵鑛研究一般

砂鐵鑛を歐米近世式製鍊法により經濟的に處理せんことを研究せるは明治二十八年頃官營廣島

製鐵所時代を初めとし、砂鐵試驗法〔小花冬吉氏日本鑛業會誌第四輯六〇一頁〕其他日露戰役後明治四十二年頃北海道噴火灣の砂鐵を利用せんとする計畫之に次ぎ、最近這般大戰中製鐵熱勃興の盛時に當て其利用に付き最も注意を惹きたり、即ち暴騰せる鐵價の時代に於ては、經濟的製鍊の研究目的を達し事業を經營し得たりと雖とも一朝鐵相場の平時に復するに至ては、瓦解休止するの止むなきに至るを常とし結局今日迄永年間多數識者により研究せられたる砂鐵の近世式製鍊は未だ其の目的を達するに至らざる者なり、斯くの如きは獨り本邦のみにあらず、ニュージールランドに於ては千八百四十年頃英國人の移住せし以來其豊富なる砂鐵鑛に着眼し研究を繼續し今日に於ても尙時々研究報告を見る處なるも未だ解決せらるゝに至らず或は砂鐵鑛と石炭とを混合して鐵骸炭を作り、或は骸炭鑛爐に於て試験し作業困難に至り中止せる等の事實を説述せるに過ぎず、砂鐵以外にチタン鐵鑛を産出するは瑞典諾威の各地を初め米國アデイロンダック地方は最も著明なるか故に絶へず種々の研究施行され、Rogers氏の如きは己に前世紀末より今世紀に亘り有益なる研究を發表せられたり、(Transactions American Institute. Mining Engineering Vol XXI XXXIII)又今次の大戰中米國に於てチタン鐵鑛の製鍊は再三繰返されたりと雖ともチタン酸の爐内作用を説明せしに留まり工業的に有益なる成効に達せず、寧ろ本邦在來の製鍊法に比し小試験に留り工業的ならず、砂鐵鑛は岩鐵鑛の如く近世式製鍊法によりて經濟的に銑鐵を製造し能はざるは前世紀より依然未解決の儘残れる問題なりとす、本邦舊式製鍊法は逐次改良され其の規模を増大し人力を廢して機械力を應用し冷風を廢して熱風を使用する等漸次歐米式製鍊法に接近しつつあるは著しき進歩なりと雖とも尙一層歐米式方法に置換することに成効せは經濟的製鍊の目的を達し得るか故に之れか研究改良は最も望ましき所なりとす。

5. 砂鐵鑛は本邦獨特の舊式製鍊法によれば、經濟的成立困難なりと雖とも製鍊容易なり、然るに近世

式製鍊法によれば其製鍊殆んど不可能とさるゝは冶金學上理由の存する所にして今此兩製鍊法を比較すれば次の要點を列擧し得可し。

本邦獨特製鍊法の砂鐵鑛に適する特點

- (イ) 小規模の操業にして爐内の溫度低く鐵滓中に鐵を遺棄して顧みざる事
- (ロ) 粉狀の儘にて爐に裝入し得る事
- (ハ) 爐の形狀小にして作業日數短く屢々改築し得る事
- (ニ) 砂鐵鑛中のチタニウムは鑛滓中に除去せられ爐内固形物は爐を破壊改築する際取出すか故に作業上には別段故障なき事

歐米式製鍊法の砂鐵鑛製鍊に適せざる特點

- (イ) 粉狀鑛を其儘近世式鎔鑛爐に裝入する時は爐の作業を困難ならしむるか故に之れを塊狀に加工せざる可らざる事

- (ロ) 砂鐵中のチタニウムは製鍊作業を妨げ操業不可能に至らしむる事

兩法共に鼠色銑鐵の製造に適せず製産費を増大し經濟的操業の成立甚しく困難なり

砂鐵の歐米式製鍊法に適せざる此兩點中(イ)點は一般粉鐵鑛處理の問題にして獨り砂鐵鑛に限らず一般鐵鑛として前世期末より研究され多種多様の方法を生し夫々工業的に採用され、瑞典諾威を初め英米國等にも此種實例少なからず之等諸方法の詳細は岡田陽一氏「鐵粉鑛の處理に就て」日本鑛業會誌大正五年四月により詳述せられたる所にして團鑛として鎔結するか直接鎔結して塊狀に變するか等なり、何れの方法によるも砂鐵を塊狀となし鎔鑛爐裝入に差支なき形狀にする事は現在の進歩に於て著しく憂慮するの必要なし、適當の方法を選択し若干の熟鍊を経て成効し得る見込あり、唯現狀に於て經濟上有利に粉鑛を處理され得るや否は疑問とする所にして砂鐵團鑛法又は鎔結法

の適用に際して考慮を要す可き點なり。然るに(ロ)點に至ては砂鐵として最も憂慮す可き問題にして從來失敗を重ねつゝある所以は此點に歸因せるものなり。即ちチタニウムを含む鐵鑛は近世式鎔鑛爐に使用し能はざるものとせられ其救済方法未だ解決するに至らざるか故なり。此問題に關しては前掲ロシイ氏を初め Simmersbach 氏 Heskett 氏其他諸大家により研究報告され曩に中村幸雄氏(チタン鐵鑛の鎔鑛爐作業の二三の實例)鐵と鋼六年七號に引用詳述されたり。就中ヘスケツト氏は最近ユージーランド砂鐵に就き試験し有益なる結果を發表せらる。其說に依れば適當の熔濟を配合して團鑛を作りて使用するれば鎔鑛爐内のチタン酸は全部鑛滓に除去し得る見込ありとし專賣特許を得目下試験中なり (Iron & steel Inst. 1920 Vol. 1)。チタン鐵鑛を近世鎔鑛爐に使用し得るや否の問題に就て最近の學說を次の如く綜合する事を得。

(イ) チタン酸は鐵滓中に入りて其流動性を害する如く考へられたるも然らず、二〇乃至四〇%のチタン酸を含む鑛滓は尙流動差支なきを説明され、其含量四〇%に至りて流動性を害するに至る。

(ロ) 装入されたるチタニウムは銑鐵中に還元さるゝもの極めて少く窒化物、青化物及チタン鐵合金となりてチタン含有多き鑛滓と混し爐底固形物を作るに至る。

(ハ) チタン鐵鑛を並鐵鑛と混合して骸炭鎔鑛爐に装入し全装入鐵鑛中チタニウム三%に達したるも白銑鐵製造に差支なき實驗あり。

(ニ) 硅素の還元甚たしく害せられ鼠色銑鐵の製造不可能にして比較的需量少き白銑鐵製造に限らるゝに至る。

以上の理由によりチタン鐵鑛を骸炭鎔鑛爐に使用するは技術者の躊躇する所なりとす。

本邦砂鐵鑛利用の途如何は將來の大問題にして尙多くの研究調査を要せらる可き點あり。由來本

邦は天恵に薄くして良鐵鑛の埋藏比較的多からず却て此難物なる砂鐵鑛の散布甚しく大量なり之れを舊式法により製鍊して特殊高價品を少量に製作するのみにては前に述べたる如く本邦製鐵原料として安定ならず近世的手段により經濟的製鍊を研究するは國家として急務なりとす。

大正七年より八年に亘り製鐵界の好況に應し前述の如き工業的研究は所々に施行せられたり、醫學博士岸一太氏は砂鐵鑛の團鑛及製鍊を研究され陸軍の援助により青森縣野牛に砂鐵研究場を設けて選鑛及團鑛の研究に従事されたり。株式會社常盤商會は岩手縣久慈附近に於て砂鐵試驗爐を作りて製鍊研究をされつゝあり。此兩者共に前述第二種砂鐵の多量を産するか故なり。又藤田組は資本を投して青森市に電氣製鍊の設備をなし砂鐵製鍊を研究せらる。此他兩三ヶ所に於て簡易なる試驗を施行せるものあり。之等の研究は多くは一時的現象に留まり現時の鐵悲況に於ては、其繼續困難なるもの多く種々の事情により中止するに至れるは遺憾の至りとす。東京及京都兩大學工學部鐵冶金實驗室に於ても夙に砂鐵問題の研究に従事され之等工業的研究の促進に貢獻せられつゝあるは、邦家のため一す可きなり。今野牛研究場及久慈鑛業所に就て少しく述べんとす。

### 三、野牛研究場と久慈鑛業所

陸軍省に於て青森縣野牛に軍用鐵原料研究場の設立を決定せるは、大正八年七月にして岸博士の砂鐵團鑛法の研究を援助して小規模の工業的研究を施行し骸炭鎔鑛爐に使用し得る團鑛製造を目的とされたり。決定後交通至難人跡稀薄なる未開の地に於て種々の困難を排して極力設備の完成を急ぎ九年三月末日を以て竣工し直に運轉するに至れり。本研究場は、選鑛、團鑛及ひ鎔結の三種にして其概要次の如し。

#### 選

#### 鑛

機械を階段狀に配置し機械選鑛を施行せり其機械及作業系統次の如し。



熔結

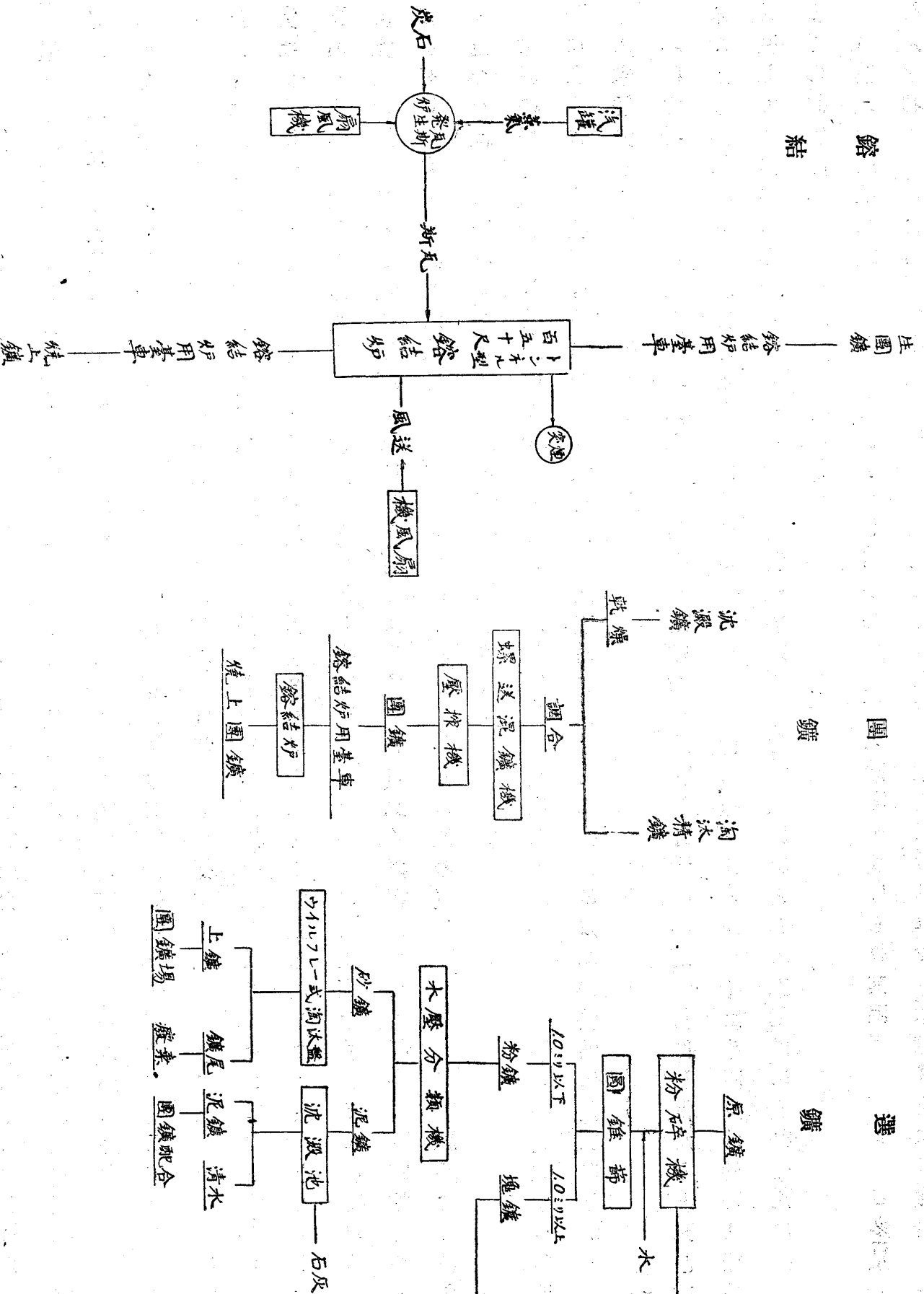
生團

團

鑛

選

鑛



之等の設備を動かすために石油發動機を運轉し合計百二十五馬力に達せり。前述せる如く本工場は骸炭鎔鑛爐に使用し得る團鑛製作を目的とするか故に豫め製作團鑛の具備す可き性質標準を定め之に適合すき製品の研究を繼續されたるものにして團鑛製作の可能なるか否かに全力を注きたるか如し。設備完成後操業に多くの故障困難を伴ひ豫定の期日内に研究を終了せず、陸軍省の都合により之を砲兵工廠に移し東京砲兵工廠軍用鐵原料研究場として操業し九月末日に至り中止するに至れり。本工場は昨來末八幡製鐵所に移管され茲に新に砂鐵問題を研究せらる可き筈なり。即ち本研究場は岸博士の熱心なる努力と陸軍當局の有力なる援助とにより成立したるものなれとも今や此兩者を失ひて空しく休止のまゝ數箇月を經過し今回更に九州の端に其主權を移さるゝに至れり。本研究場の採用せる團鑛法は瑞典、諾威等の磁鐵鑛に應用され又本溪湖に於ても採用され實施しつゝ有るグレンダール法と大差なし。元來グレンダール法の缺點は團鑛費の高價にして不經濟なるにあり近年行はるゝ回轉鎔結爐又は鎔結鍋等の推擧さるゝは此故なり。

砂鐵の場合に於て經濟上の問題は別とし技術上團鑛を製出し得るや否は専門家の憂慮す可き問題にあらざるも製出せられたる團鑛を骸炭鎔鑛爐に使用して技術的及び經濟的に差支なきか否は實に未解決の難問題たる事前述せるか如し。

本研究場に於ては已に團鑛製造の目的にて鎔結爐を運轉し若干の團鑛を製作し得たりと雖とも未だ工業的に製鐵原料團鑛として認めらるゝに至らず。前に述べたるか如く野牛附近の砂鐵は鐵品位甚しく不良且つ多量のチタニウムを含むか故に之を製鐵原料として工業的に成効せんには尙多くの研究問題有りて前途遼遠なり。

久慈鑛業所は株式會社常盤商會に屬し岩手縣九戸郡久慈町に設けられ其附近に埋藏する多量の砂鐵を利用する目的にて小久慈村に採取場選鑛場及精鍊場を設けられたり。本鑛業所は砂鐵研 と

共に木炭銑鐵の製造を目的として計畫され其概要次の如し。鑛層中に五個の坑道を掘進し砂鐵を採掘し得られたる鑛石は本邦舊式法により水洗して鐵品位を高め次に精鍊に附せり。精鍊の目的にて本邦在來の方法中稍々進歩せる角爐二基を築き夫々一晝夜五噸の生産能力を有す。木炭は附近の森林中より焼成搬出されつゝあり。即ち本工場は採掘水洗精鍊共に本邦在來の舊式方法によるものにして幾分機械力を應用せしに過ぎず。従て砂鐵は粉狀の儘にて爐に装入され木炭白銑鐵を製造し得可きは明かなり。最近傳聞する所によればニュージーランドにて試験されたる鐵骸炭法を採用し、砂鐵及石炭を調合して骸炭を作り之を爐に使用して燃料を減し同時に團鑛装入の目的を達せりと。鐵骸炭法はグレンダール法に比較して經濟的なるは明白なるか故に之か工業的價值を一層研究するは重要件なる可し。

現在狀態に於ては野牛研究場及久慈鑛業所共に砂鐵を製鐵原料として工業的に使用し歐米精鍊法に適するや否やを研究し之か解決の途を拓きたりといふ能はず。即ち世界の現状と同様に依然砂鐵鑛の經濟的價值薄弱なる事及チタニウム含有のために製鍊困難なる等の問題を殘せるものなり。

#### 四、砂鐵鑛の前途

砂鐵鑛を製鐵原料として利用し、又は研究されつゝ有る現状は前述の如き狀況にあり。即ち砂鐵を製鐵原料となし近世式製鍊法に使用し差支なきに至る迄は尙幾多の研究試験を施行せざる可らず。又從來の諸研究家の失敗せる跡に鑑み多くの難關を経験せざる可らず。之等の事情より將來本問題に關して研究調査を要せらる可き項目は大凡次の如きものゝ如し。

(イ) 適當なる方法により原料砂鐵の品質、鑛量等を調査する事。

(ロ) 機械選鑛法により安價にして有効に砂鐵を選鑛する事。

(ハ) 前項選鑛法によりチタニウムを除去し得るか否を研究する事。

(ニ) 適當の方法により粉狀砂鐵を塊狀に變ずる事

(ホ) チタニウムを含む鐵鑛の近世式製鍊法を研究する事。

之等の要項は夫々重大問題にして科學的小實驗及工業的研究等により逐次進捗せられざる可らず。就中チタニウムに關する問題を解決す可きは重要件なりとす。

砂鐵鑛が將來本邦製鐵問題中の一重要件として取扱はれ製鐵技術者の注目を惹き得るは之等各項研究の曙光を見出し得たる後ならざる可らず。即ち本邦内幾多有力者を初め諸學者研究家の努力に俟つ事大なるものあり。

八幡製鐵所は營業官廳なるか故に作業經營上利益缺損等の關係は民間諸會社と異なる所なしと雖とも特種の便宜と事情を有するため常に鑛石問題を初め諸種の製鐵法、諸動力、燃料の改善等世界的趨勢に並行して進み經濟的製鐵を主眼として研究を怠らざる事に力めざるへからず。而して從來本製鐵所は全然岩鐵鑛のみを使用し創立以來未だ砂鐵を使用したる事なしと雖とも事情の許し得る範圍に於て粉鑛處理の研究、チタン鐵鑛の研究等をなしつつあり。

今や八幡製鐵所は野牛研究場を陸軍より移管され得たるを好機とし一層本問題の研究に力を注ぎ本邦砂鐵の歐米近世式製鐵原料としての工業的價值を遂究せんとさるるは、本邦鐵鑛問題に關係する重大要件中の一なりと思考す。

之を要するに本邦砂鐵鑛製鍊は世界的に著名なる歴史を有するものにして之か研究改良は現在の製鐵技術者の責任にして又國家の急務なり。既往及現在に於ける諸研究家の努力により世界に率先して砂鐵鑛を製鐵原料に利用するに至らん事を希望して止まず。

(八幡製鐵所研究所に於て大正十年二月稿)