

# 鐵 と 鋼 第十七年 第三號

昭和六年三月二十五日發行

## 論 說

### 久慈製鐵所砂鐵精鍊に就ての私考

向 井 哲 吉

砂鐵の精鍊は我製鐵の爲に最も重要な資源として、是非とも解決せねばならぬ問題である。久慈製鐵所にはスポンジ鐵として砂鐵を處理すべく、立派な工場が設備せられ、作業の試験を開始したが、經營上の事情の爲に中止の已むなきに至つた。其作業上の経過に就ては、曾て本會誌に概要を記述したる如く試験も途中で休止したまいである。其後工場は今以て雨露に曝され、淋しく久慈の海岸に雌伏して再起を待つて居ることは如何にも惜しき限りである。依て聊か私考を陳べて見やうと思ふ。

#### 1. 緒 論

我邦は現代式鑛法に適する鐵鑛には餘り恵まれて居らぬことは周知のことで、之れあるものも埋藏量が少しづつで散在するとか、又は運輸不便の地にあるとかにて、經濟的の採掘に適するやうな纏りたるものは至つて少ない。故に我製鐵原料たる鐵鑛の大部分は之を海外に仰ぎ、昭和4年度の輸入額は約 1,900,000 吨其價格 19,330,000 餘圓と爲り、恰かも 10 年前の3 倍、5 年前の約 2 倍に相當し、我鐵鋼材の需用が今までの如く、10 年目毎に約 2 倍する勢にて増進するならば、實に驚くべき巨額に達することは、已往の統計に徴しても

明白なる事實である。其増進は一面に於ては我製鐵業が長大足なる進歩發達を示して誠に慶賀すべきであるが、他の一面に於ては我製鐵資源の豊かならざることを痛切に感ぜしむる。

歐洲大戰の際佛國は製鐵業の最も盛んなる東北地方を、開戦匆々獨逸に占領せられて産鐵の大半を失ひ、しかも戦時益々大量の鐵鋼を要する折柄とて大困難を惹き起し、若し英米等より補給されなかつたならば、佛國は鐵鋼の缺乏の爲に如何やうなる運命に遭遇したであらふかと云ふ心配な噺もあり。先年中華民國長江筋の動亂の時には、鐵鑛の供給杜絶の爲に大に迷惑を感じた實例もある。兎に角他人の領土にあるものは、太平無事の時には何等支障はないであらうが、何かごたくの起つた場合には絶對安全とは思はれず、従つて我製鐵業に由々しき影響を及ぼしはせぬかと云ふ杞憂なきにしもあらず、故に何とかして安全な資源を得たきものであると、製鐵所在職中から常に思案し來たつた所で、先づ第一に指を染めたものは例の硫化鐵滓を所理して製鐵原料の一資源たらしむることであつた。鹽基性平爐滓の復用も歸する所は同一目的であつたが、幸にして漸次其應用が増加しつゝあることは誠に欣快である。今一

つは従來鐵鑛を探がすには、其儘鑛に供し得べき價值ある高鐵分含有のものを主眼としたが、貧鑛を所理して富鑛とする方法が發達した今日に於ては、其貧鑛を探して處理することも試むべき一であると思ふ。

獨逸が一躍して世界第二位の製鐵國となつた素因の一は、ミーネツト鐵鑛が世に出づることになつた爲である。同鑛の埋藏量は眞に莫大なものであるが、當時脱磷製鋼法なかりし爲に、全く土塊と等しく一文の價值もなかつた。然るに一たび脱磷製鋼法乃ちトーマス製鋼法が發明せらるゝや、早速之を採用して鋼材を作ると共に、以前は有害物視された磷は、獨逸獨特の研究により、副産物として貴重な過磷酸肥料乃ちトーマス肥料と爲り、鐵の生産費を著しく低下せしめたことは人の周ねく知る所である。

却説我邦には適良な鐵鑛は残念ながら豊富でないが、砂鐵は全國至る所に存在し就中岩手、青森兩縣下に埋藏するだけでも數億噸殆んど無限の量がある。然るに砂鐵は現代式の鑛法には適せずとて顧みられざること、恰もミーネツト鑛の過去に酷似して居る。砂鐵が顧みられざるは鑛際鑛滓の構成に邪魔物視せらるゝ酸化チタニウムを多量に含有する爲である。其酸化物はミーネツト鑛中の磷がトーマス肥料になつたる如く廣く消費せらるゝものではないが、しかし其用途は種々なる方面に亘り狭いものではなく亦開拓せらるゝ見込もあり、副産物として相當の價值あるものである。されば何故に各國は砂鐵を顧みないであらうか、各國は現代式鑛法に適する鐵鑛を有し、苦んで砂鐵を研究せねばならぬ必要もなく、偶々あつても多くは鑛原料として、何れも満足すべ

き結果を得て居らぬ、従つて砂鐵の所理法 就ては他に學ぶべき手本はなく、唯厄介物であると云ふことが知られて居るのみ。然るに我邦では此砂鐵を製鐵の原料と爲すことを得れば、製鐵原料は豊富となり、何等心配することもなく自給自足の策を樹つることが出来る。則ち砂鐵は我邦獨特の處理法を發明して、我製鐵の根源を安固ならしむべく神が與へたる問題で、其解決は我製鐵に志ざすものゝ是非ともつけねばならぬものであると深く信ずる。

曩に昭和4年5月25日發行の本協會々誌「鐵と鋼」第15年第5號に「久慈製鐵所に於けるスポンジ鐵製造の經過概要」と題して、同所に建設せられた設備を以て施行した試験の經過顛末の概要を記述したことがある。此設備は鐵鑛よりスポンジ鐵を製せんとする場合、當然採らねばならぬ順序及び工程を履み、理屈から考へても間違つて居る所はないやうである。

先づ適當の細粉粒に碎いた砂鐵鑛を乾燥して豫熱爐に送り、加熱して水分などの驅除は勿論、其酸化状態を可及的等齊に爲すと同時に、還元爐に装入する時爐熱が急變低下せざるやう保熱せしめ、還元劑として必要量のカーボコールを配合したる後還元爐に装入す。此装入物は空氣の侵入を遮斷して間接に還元の所要熱度  $1,000^{\circ}\text{C}$  に熱せられたる爐内にて、混和接觸を密ならしむる爲に攪拌されつゝ直接還元が行はれ、其還元物スポンジ鐵は再酸化を防止する爲に外氣を遮斷された器中にて冷却し、其冷却したスポンジ鐵は、磁選機に附して夾雜物を除去し、要すれば推壓機にて團結してブリケットを造る順序になつて居る。

此設備が構造其他につき果して完全で非難すべ

き所はないかと云ふに、見る人によりて自ら異見もあらう。予の如きも局部的には改廢を要する所が随分あると思ふが、兎に角此工場の計畫者は此やうな大量に生産する設備を設計したこともなく、しかも急ぎし爲に無理もありて随分苦心した跡が見えて居る。新に設計建設したものの作業開始の當初には、それでなくても多くの場合、起る所の改造や補修並に運用調整等の爲に、存外操業が圓滑に行かぬことが多いものである。此設備も其例に漏れず、屢々操業を斷續すべき事故が発生したに拘らず、火入れを行ひしより僅に數ヶ月にて豫期したる還元率 93% 以上最高 96.6% の成績を得たるは、此設備が必ずしも不完全のものでなく相當の成績を挙げ得るものなることを示して居るが、經濟的に連續作業を施行する場合には、幾多の改修は免れざるべきも、相當の成績を挙げるまでの試験には現設備にて充分間に合ふものと思考せらる。

却説久慈にて作業を開始した當時は、秘密一天張主義の米國人に機械的に使はれて其爲す所を見せるのみで、頼みにすべきものは殆んど皆無、局部的の操業に就ては米國人退去の時分には略ぼ其要領が解り、操縦には兎に角不自由なく、之に種々調査研究した所を参考として専ら還元率の向上に突進したのである。元來此設備は數工程より爲り、局部ごとに研究を遂げ、其最も適良なる點を見出して一定の範圍を定め、其範圍内にて操業してこそ一貫した作業が施行せられ得べきである。譬へば砂鐵の豫熱度及び其時間、豫熱された砂鐵の品質、カーボコールの煇成熱度及び品質、揮發物の含有量、砂鐵とカーボコールの割合、還元熱度及び其時間、再酸化防止の調節、磁選の調

整などの如きである。然るに種々なる事情の爲に高金屬鐵含有のスポンジ鐵の製出を取り急ぎ、局部局部の研究を根本的に遂行する猶豫なく、今までの經驗實際の結果と研究調査した要領に基きて假想的標準を定めて高還元率のスポンジ鐵の製出を企てたのである。其日數は僅に十數日間ではあつたが、高還元率の連續作業を試みた結果によれば、此設備にても局部的研究を遂げ、經驗と熟練を積みば確かに高還元率のスポンジ鐵の製出すべく、工業的作業を施行し得る見込が付き、大に力を得て其準備をなしつつある際、中止の已むなきに至つたことは返す返すも遺憾の至りである。

高還元率のスポンジ鐵の含有する金屬鐵分の量が、75% や 80% にては餘り少ないではないか、瑞典のホエゲネス産は 96% 那威のノルスク・スタアル・ウエルケのエドウキン式にて造りたるものは 93% 以上にもなつて居るではないかと。夫れは無理なる注文である。瑞典でも那威でも非常に立派な鐵鑛を精選したものを用ゐて居る。久慈にても其やうな立派な原料を用ふるならば、殆んど同一成績の生品を製作し得るであらうことは、既に還元率が 93% 以上の成績を得て居ることを以ても知らるゝであらう。然るに砂鐵は酸化チタニウムを含有し、其酸化物はスポンジ鐵に成つたものにも依然含有するばかりでなく、却つて濃厚となり 15—17% にも増加して居る。例へば砂鐵製スポンジ鐵が金屬鐵と酸化チタニウム以外の夾雜物は全く含んで居らぬものとするも、金屬鐵分の含有量は 83—85% に過ぎず、80% もあれば寧ろ好成績と見るべきであらう。而し此邪魔物視せらるゝ酸化チタニウムは至つて有益なる一の副産物であることにつきては後に述ぶる。

## 2. 砂鐵の精鍊

現代式銻鑄爐にて砂鐵を吹分くべく試みられたこともあるが、含有酸化チタニウムが銻滓の構成を困難ならしむる爲に手古摺物として嫌はれ、延ひては砂鐵が廣く用ゐられざることになつて居る。然るに我邦では古來砂鐵を以て唯一の製鐵資源と爲し、特有の製鐵法タカラ爐にて吹分け精鍊して居るが、歩留りは甚だ悪く多量の燃料を消費し、現代の如き大量に且つ低廉なる生産には全く望みなし。而し此製鐵法を基礎として科學的に研究を進めて見たらば、或は適當な處理法が發明されるかも知れないが、先づ以て六ヶしきものとせずばなるまい。次には何等かの方法を以て酸化チタニウムを驅除したる後、製鐵原料と爲さんとするものであるが、砂鐵中の鐵分と酸化チタニウムとの關係より見るときは、机上は知らず實行は不可能である。次には電氣分解であるが、鐵と同酸化物を分離することは出来るであらふが、現今の状態では勞費多く、大量生産には見込なし。砂鐵を電氣爐にて處理するときは、鐵を還元して分離することを得ることは、既に屢々試みられたことであるが、浪費頗ぶる多大で到底經濟的生産には引合はぬと云ふことである一尤も高級鐵鋼の原料の如き價高くても差支へなきものには別問題なれども一。直接に分離することが見込なしとすれば、間接の方法を採る外はない、砂鐵を低熱にて處理してスポンジ鐵を造り其スポンジ鐵を熔解して製鋼すると同時に、酸化チタニウムを熔滓に混入收容させて分離せしむることによれば、隨分大量に且つ生産費も低廉に製作することが出来る。其目的を以て之を作業的に施行せんと企てたるものが、久慈に建設された設備である。

此設備の計畫者で作業の指導者は此酸化チタニウムに就き何れの程度まで念頭に置いたかは全く明かでないが、曾て久慈産の砂鐵を米國に送りてスポンジ鐵を試製し、其スポンジ鐵を以て電氣爐にて製鋼の試験を行ふた結果は、酸化チタニウムは銻滓に混入し、其銻滓を放流すれば別段に精鍊作業を困難ならしめずして精鍊は立派に出來、而も未だ曾て取扱ふたことのないやうな優良なる鋼を得たとの報告により、砂鐵をスポンジ鐵にさへすれば製鋼の原料に爲るとの信念の下に此計畫が出來たものと想はる。曩に久慈で試験中に出來た粗製のスポンジ鐵(金屬鐵分 56% 酸化鐵約 22% 酸化チタニウム 16%)を電氣爐にて製鋼試験を行ふたときにも、酸化チタニウム混入の銻滓を放流除去すれば、精鍊は困難でなく、而も製出鋼のチタニウム含有量は痕跡乃至 0.025% の微量に過ぎず、スポンジ鐵中に包含せらるゝ酸化チタニウムは、殆んど全部が銻滓に收容せられて居る。

然るに此スポンジ鐵を固定式平爐にて所理した結果は、大に其趣を異にして居る。金屬鐵分 52% 酸化鐵 22% 酸化チタニウム 17% の粗製スポンジ鐵を固定式鹽基性平爐にて試験した所によれば、全裝入量の 6% 位までは普通の操業と著しき相違は認めなかつたが 8% となりては銻滓の構成に悪影響を及ぼし、精鍊時間を延長し操業を困難ならしめて居る、固定式平爐にては隨時に銻滓を放流することが出來ず、従つて酸化チタニウム特有の銻滓組成上に及ぼす作用を軽減することが充分に出來なかつたこと、一面には多量の酸化鐵が存在して居つたことも、其一原因でばなかつたかと思はる。

スポンジ鐵中に酸化鐵の存在することは、スポ

ンジ鐵製造の本旨でなく、製鋼原料として種々なる影響を作業上に引き起す虞があり、絶対に酸化鐵を含有せざるもの、製出を期せねばならぬ。故に色々苦心の末計畫者が豫期した通り、還元率93%以上で金屬鐵分70%以上のスポンジ鐵を製出するまでには到達したが、其高還元率のスポンジ鐵を以て、製鋼の原料としての試験を施行する機會を得ざりしことを遺憾とする。要するに高還元率を以て金屬鐵分に富み品質の揃ふたスポンジ鐵を連続的に生産することを得れば、此設備本來の目的は達成したものと云ふべきである。

### 3. 砂鐵製スポンジ鐵の處理

スポンジ鐵の應用に關する諸研究報告に徴するに、普通の製鋼原料としてではなく、専ら高級鋼製造の原料として居るやうであり、又久慈の設備を考案設計した米國人は、銅の沈澱用として此方法を發明し、夫れには好適の材料として認められて居る。しかしながら久慈製鐵の目的は特殊の原料としても多くの期待は持つて居るが、望む所は一般製鋼の原料として需用に應じたいのである。

現今行はれて居る固定式平爐製鋼法の屑鐵代用として多量に需用することは、前述せる如く酸化チタニウムが銜滓組成に及ぼす關係上、遺憾ながら多くを望むことが出來ず、前述した粗製スポンジ鐵の場合より推考すれば、投入し得る量は全裝入量の10%位までではあるまいか。然るに此スポンジ鐵製造の目的は、限りなく我邦に産出する砂鐵を以て、我製鐵原料の一資源たらしめんとするにあり。初のうちは僅量づゝ使用せらるゝことは止を得ずとすれども、終には主要原料たらしむべく、之に適應する製鋼法を考究することは、

此資源を活すか殺すかの重大問題であると思ふ。

固定式平爐にて經驗した所では、全裝入量の僅に7—8%のスポンジ鐵其酸化チタニウム16—17%のものを投加した時に於ても酸化チタニウム—酸化鐵の多かりしことも其一原因ではなかつたか不明なれども一の爲に銜滓は泡立ちて爐熱は低下し、之を回復して適良なる銜滓を構成するに存外の時間と勞費を要し、較もすれば爐壁を侵害せらるゝ虞があるも此スポンジ鐵を主要原料として多量に用ふることは頗ぶる難事である。而して其最も大なる障害は、酸化チタニウム含有の銜滓を充分に除去することの出來ざる爲である。されば之に適應する精鍊方法を以てすれば、酸化チタニウム含有のスポンジ鐵の精鍊は、決して難事ではないと信ずる。

米國に於ても亦我邦にても實驗した電氣爐にありては、銜滓の處理頗ぶる容易である。スポンジ鐵が含有する酸化チタニウムの殆んど全部は銜滓中に收容せられて熔解鐵の上表面に浮び、爐を傾斜して之を放流するか、又は掻き出だせば殆んど完全に酸化チタニウム含有の銜滓を除去することを得、更に再び適當なる銜滓を構成して、爐内に残留する熔解鐵を精鍊することは容易で且つ隨意である。

上述した實驗より得た結果によれば、酸化チタニウムを含有する銜滓を熔解鐵中に殘存せざるやう可及的完全に除去さへすれば、精鍊上特に面倒なことはないやうである、乃ち銜滓と熔解鐵とを分離すれば宜しいのである。次に述ぶる所は此二物體を分離するに差當り適當な方法ではないかと考へる。

1. 固定式平爐の場合 爐體の構造上酸化チタニウム

ウムを包含する銹滓を放流すること困難、亦完全に除去することも容易でない、従つて適當なる銹滓を構成する爲に餘計な勞費を要し、スポンジ鐵の裝入量が多くなれば益々操業を困難にして終に不可能ならしむるであらう。しかし銹滓を分離して除去することを得れば、熔解鐵の精鍊は必ずしも面倒ではない。故に固定式の平爐にて精鍊せんとすれば、熔解鐵は爐底に洗んで溜集し、銹滓は其上表面に浮漂するを以て、熔解鐵を爐底より抽出放流して銹滓と分離し、熔解鐵を精鍊すること恰もホエーシ精鍊法の如くすれば、至つて簡單であると思ふ。乃ち甲乙二爐を設け、甲爐は専らスポンジ鐵の熔解に供し、乙爐にては抽出移注せる熔解鐵を精鍊する。

2. 傾注式爐の場合 其電氣爐たると瓦斯火法の爐たるとを問はず、爐體を傾斜して熔解鐵の上表面に浮遊する銹滓を放流し、爐内に残留する熔解鐵は其儘精鍊を行ふ。

1 及び 2 は何れも銹滓と熔解鐵とを分離することをを得るが、其選擇は作業の目的によるべきである。然るに銹滓が甚だしく粘り強き性質を有するものなるときは、傾注式の場合にも二爐を併用する方が必要で且つ便利でないかと考へられる。

#### 4. 問題の酸化チタニウム

酸化チタニウムの用途は決して狭いものではないことは前述した通りである。ペイントの原料としての酸化チタニウムは、微細なる粉狀を爲して其色純白且つ變色せざること、酸化亜鉛や酸化鉛の遠く及ばざる所であり、僅に 2 割位の酸化チタニウムを配合混合したものが、特にチタンペイントと名つけられて居るを以ても知らるゝ、又酸化チタニウムをペイント原料として用ゐらるゝこ

とになれば、酸化亜鉛又は酸化鉛は金屬亜鉛又は鉛として、若くは他の目的に供用し得る利益あり。白粉の原料としても其質至極微細にて純白且つ無害として段々繁用せらるゝと云ひ、其他烟幕油藥若くは鐵合金などの原料として用ゐられ輸入されて居る。我邦にて精製加工されるものゝ原料も亦海外に仰ぐと云ふことである。されば之が相當の價格で製出さるゝことになれば、需用は決して狭きものではないと信ずる。

砂鐵は多少に拘らず必ず酸化チタニウムを含有し、其酸化物を採收すべく試みられたこともあるが、含有量多からざる爲に浪費多く、今は見棄てられたと聞く。或る精製家の談なりと云ふに、酸化チタニウムの含有量が 40% 以上の原料なれば引き合ふと云ふことである。

久慈製鐵所にて用ふるスポンジ鐵の製造原料たる小久慈の砂鐵中には、鐵分 1 に對し大體 0.2 の酸化チタニウムを含み、鐵分の平均含有量は 37—38% 位酸化チタニウムは 7—8% 位と爲つて居る。故に砂鐵より酸化チタニウムを取るなどは經濟上不可能と見ざるを得ず。然るに此砂鐵を以てスポンジ鐵を造るときは、酸化チタニウムの含有量は大に濃厚と爲りて 16—17% に増加する。例へばスポンジ鐵の金屬鐵含有量が 75(80)% を含むときは、25(20)% は銹滓を組成する夾雜物で其うち 16% の酸化チタニウムを含むことゝなり、之を熔解するとき媒熔劑を加へざれば、分離して出來た銹滓には 64(80)% と云ふ濃厚な酸化チタニウムを含有する勘定となる。しかし實際は作業上媒熔劑投加の必要もあるであらう。夫れにしても 40% 以上の酸化チタニウムを含むものゝ製出は誠に容易である。— 曾て一度試みたときには 46

%若くは夫れ以上を示して居た一。之を精製して酸化チタニウムの製造原料とすれば、單に副産物とし價值あるばかりでなく、海外よりの輸入を防遏し得るものと信ず。されば何故に此價值ある副産物を今まで顧慮する所なかりしか、前述せる如く久慈製鐵所の主眼とする所は、高金屬鐵含有のスポンジ鐵を工業的に製出するにあり、故に専ら其製出に全力を集中せしのみならず、酸化チタニウムを副産物として採收することは、スポンジ鐵を用ゐて製鋼する場合に始めて出来るものである。故に貴重なる副産物たることは承知しながらも先づ以て目的とするスポンジ鐵の試験を完結したる後、此等の研究に推移して行く腹案であつた。従つて副産物を收容若くは處理すべき設備はない。

酸化チタニウムの生産數量を概算するに、現設備のスポンジ鐵の生産能力は年額 35,000 噸、しかし種々故障などを見込み年産額を 30,000 噸と假定すれば、酸化チタニウムの年産額は 4,800 噸の勘定となるを以て、是を 4,000 噸と見たらば間違はなからうと思ふ。

## 5. 生産費

久慈製鐵所に於ては此設備を建設する時分には専ら工場の建設に全力を擧げて取り急ぎ、之に附隨する事業には全く顧慮されて居らず、又作業開始後もスポンジ鐵の製出を急ぎ、經濟的設備改良などは全然後廻しとなつて居る。故に具體的に示すやうな數字を得る機會に到達せぬうちに中止に立ち至つた次第である。スポンジ鐵の生産費實費に就ては再三計算を試みたことがあるが、其計算は今迄に爲し來たつた試験時代の経過と現在の設備を基礎としたので、所謂經濟的の作業豫算では

なかつた。乃ち作業試験時代の期間は短く、其期間は建設匆々にて故障頻出、改造補修の爲に操業は屢々斷續し、操縦不慣の爲に豫期せざる事故發生するなど、生産實費を計算すべき平均數を得ること至難、加ふるに高金屬鐵含有のスポンジ鐵の製出にのみ全力を集中して、經濟的の方面には顧慮する餘裕更になかりしが、其時分の計算としてはスポンジ鐵の1噸當の生産實費約 20 圓と爲つて居る。然るに實際此設備を運轉した結果によれば改良すべき點もあり、亦附隨事業は全く手が着かざりし爲に不經濟の所も多い。故に愈々工業的に作業する場合には是等の點を慎重考慮すべき必要がある。

其最も主要なるものを擧ぐれば 1. 現行の砂鐵鑛採取は坑道掘であるが、表土も數尺乃至十數尺に過ぎざるを以て之を露天掘に改めるときは、坑木代のみにてても相當の節約となり、地主も亦夫を望んで居ると云ふことである。採掘地に於ける三重の積替へ運搬を改良するなどにてても、砂鐵の價格を低減することを得べく。2. 石炭の馬車運搬を索道に変更して山元より工場に直送することとせば、著しく運搬費用を節し得べく。3. 還元爐にて還元の爲に發生する瓦斯並にカーポコール製造の際に發生する瓦斯を、計畫通りに利用することとすれば、瓦斯發生爐瓦斯は作業開始の初期に於てのみ必要となり、従つて發生爐用石炭に大節減を加へ得べく。4. 發電所は作業試験に間に合せべく應急的に建設せるものなれば、電力費も廉ならず、故に汽罐を取り換へるか、他より電力を購入するか、其最も割安のものに改むれば、電力費の節約も少々ではなく。5. 工場内運搬に圧搾空氣を以て砂鐵カーポコール並に製品を運ぶことに

なつて居る、理想的かは知らねども細粉を吹飛ばし、動力も全體の大半を占めて約240馬力。實用的でも經濟費を節約し得るものもあるやうなれば、スポンジ鐵の一噸當の生産實費は12—13圓を超えざる見込であるが、未だ充分の取調を爲せしことなく、従つて計數を以て表はし得ざることは遺憾である。

副産物たる酸化チタニウムの生産費に就ては未だ調査研究せしことなし。而し酸化チタニウムの含有量が、40%以上のものなれば收支引き合ふとのことである。然れば同酸化物40%以上を含有する鐵滓を酸化チタニウム製造の原料として、同酸化物精製者の需用に應ずれば、夫れ丈の利益はある勘定である。若し又自ら酸化チタニウムを精製せんとすれば、原料は製鋼の際に生じたる鐵滓を用ふる故に、其價格は頗ぶる低廉且つ最も多量に要する用水に富むを以て、同一の精製費用を要するものとすれば、原料生産地に於て精製するとき、最も割安に生産し得ることは自明の理屈であると思ふ。要するに砂鐵を精鍊して製鐵原料たらしめんとする場合、此副産物を考慮することは最も緊要である。

斯く述べ來りたる所は甚だ不得要領、而し彌々工業的に連續作業を施行する場合には、上述せる缺陷を填補して、最も經濟的に經營するやう改良を加へ、生産實費の輕減を計ることは最も重要である。

## 6. 製鋼作業併置の必要

既に屢々述べたる如く久慈製鐵の目的とする所は、豊富なる砂鐵をスポンジ鐵化して製鋼原料の一資源たらしめ、我邦には豊富ならざる屑鐵の代用に充つる爲であつた。然るに混和夾雜する酸化

チタニウムの爲に其目的は聊か齟齬して多量に需用せらるゝ望は覺束ないが、其酸化チタニウムが一の有益なる副産物である故、スポンジ鐵精鍊の爲に之に適應する精鍊方法を以て、製鋼すると同時に酸化チタニウムを回収することが砂鐵精鍊の目的を達する唯一の方法であると云ふ譯合よりして、久慈のスポンジ鐵製造を更に延長して、其目的を達成し得べき製鋼作業を併置することが最も必要である。

製鋼作業の併置に就ては是非共之を久慈に併設せねばならぬ必要はない。要は砂鐵製のスポンジ鐵を基本原料として鐵鋼を製し、同時に副産物として酸化チタニウムを採取することを得れば宜しいのである。故に何れに設置するも其目的を達し得るなれば問題ではない。しかし若し事情條件が略ぼ同一なりとすれば、生産地に設備することが最も有利であることは明かであらう。

却説久慈に於ける現設備にて生産し得るスポンジ鐵の量は年産額約30,000噸である。今製鋼者が鹽基性平爐にて鎔鋼する場合、全裝入量の僅に5%づゝ此スポンジ鐵を用ゐて呉るゝものと假定すれば、裝入量600,000噸にて全製品は消化し盡さるゝことゝなる。是を現今の如く官民の製鋼所合せて200萬噸以上の鋼を製出する所より考ふるなれば30,000噸位の消化は眞に易々たる理屈であるが、夫れはスポンジ鐵製造者側の勝手な算用にて思ふやうにはならぬが常である。しかのみならず假りに此5%が配合されて消化したものとするも、其爲に出來た鋼滓中に含有する酸化チタニウムは極めて微量にて僅に0.8%位となり、副産物として酸化チタニウムの回収は全然不可能となる。



此スポンジ鐵を原料として造りたる鋼材の優秀なることは、曩に米國に於て試験した成績を見ても、亦我邦にて實驗した所によるも明かに認めらるゝ所にて、高級鋼、ブリキ、極薄板、極細鋼線其他優良なる鋼質を要するものゝ原料としては申分なきものゝやうである。されば酸化チタニウムを回収して有益化しつゝ特殊優良なる鋼材を製出する點のみに於ても、製鋼作業を併置する價値は充分であると思ふ。

扱て久慈製鐵所の將來方針に就き愚案するに、當初計畫せられたる目的の如く、スポンジ鐵にさへすれば大願成就したものと考は、砂鐵中に含有する酸化チタニウムの爲に打ち消された姿である、乃ちスポンジ鐵と成りたる後までも酸化チタニウムは残存するのみか却つて濃厚となり、製鋼作業に影響を及ぼし、折角のスポンジ鐵も用途に制限せられ、大量供給の如きは殆んど見込なき有様である。然らば之を打開するには如何にすべきか、云ふまでもなく酸化チタニウムが存在しても支障なく操業し得べき製鋼法を以て鋼塊を製造すると同時に、酸化チタニウムの回収を爲すべく一貫せる作業を施行するにあり。技術上並に經濟上久慈製鐵所の採るべき最も有利なる方法は、スポンジ鐵の製造を延長して製鋼作業並に酸化チタニウムの回収若くは精製まで及ぼすことが、唯一の手段である。

## 7. 結 論

砂鐵を精鍊してスポンジ鐵を造り、其スポンジ鐵が含有する厄介な夾雜物酸化チタニウムを有益化せしむると同時に製鋼原料とする如き、曾て我邦に於ては試みられたこともなき複雑なる作業を

施行して、其目的を達成せんとするには幾多の迂餘曲折を免かれず、従つて充分な實驗と熟練を以て所理することが最も緊要である。而して斯の如き複雑なる作業を遂行するには自ら順序がある。久慈の設備につきては、種々批評もあり非難もあらうが、實際試行した成績によれば、豫期した高金屬鐵含有のスポンジ鐵を製出することが出来る所までは確かに見込はついたが、不幸にして連續生産するまでに至らずして中止されて居る。されば今後採るべき方針は順序として

1. 高金屬鐵含有のスポンジ鐵を連續生産し得る試験を引續き施行することにより。金屬鐵の含有量に著しき高低不同あるやうにては、製鋼材料として不適當なるが故に、少なくとも還元率93%は必ず保持するやう生産試験を續行し、其間に於て局部的の狀況を明かにして改良の資に供すべきである。而して局部的研究を要するものに就ては曩に本會誌第15年第5號に記述したことがある故に之に贅せず。

スポンジ鐵さへ製出すれば事成れるものでない、是を製鋼原料として如何に處理するかを研究すべき必要がある。乃ち

2. 93%以上の高還元率を以て製出せるスポンジ鐵（其成分は鐵分75%以上酸化チタニウム16%位なるべし）を普通の平爐作業の原料として最も適良なる方法を研究すること。普通平爐にては熔滓の構成並に處分が中々面倒であるとして酸化チタニウム含有のスポンジ鐵は忌避せらるゝ傾向あり。然るに酸化チタニウムは熔鋼中の不純物を排除するに特效がある、故に其最も適良なる方法を研究することが、スポンジ鐵を應用する上に於て必要である。

3. 電氣爐にて製鋼すると同時に可及的多量の酸化チタニウムを含有する熔滓の製造を研究すること。電氣爐にてスポンジ鐵を熔解する場合、スポンジ鐵單獨にては操業上面倒なることは既に經驗あり、故に米國にて爲したる如く約10%の銑鐵媒熔劑として配合することは止むを得ずとし、其他の銑滓構成用の媒熔劑などは可及的加へずして酸化チタニウム富有の銑滓を得ることは、酸化チタニウム精製の原料として最も有利なりとす。但し此試験の爲には小形電氣爐を据付け試験せば、後に至り却つて便宜多かるべし。

4. 酸化チタニウムの精製。此精製は同酸化物精製工場に委託するも可なれども、3.とも自ら關係する所あれば、自家研究も亦必要なるべし。

1. に述べたる高金屬鐵含有のスポンジ鐵の連続生産が出来るやうになりたるときは、2.より4.に至る研究と共に、製鋼作業併置が問題になり、亦各方面の改良も考慮せらるべき時である。

高金屬鐵含有のスポンジ鐵を連続生産し得るやうになつて、始めて久慈製鐵所に於けるスポンジ

鐵生産の當初の目的は達成せられたるものである。然るに其成品が其儘にては廣く多量に用ゐらるゝこと覺束なしとすれば、恰も佛造りて魂を入れざると同様、砂鐵を我製鐵の一資源たらしむる目的を達成したものではない。故に前述せる試験及び研究は單に久慈製鐵所の興廢に關する問題ばかりではなく、延ひては我砂鐵の死藏せらるゝか活用せらるゝかの重大問題である。

砂鐵の精鍊は我鐵國策上是非共成功して自給自足の安全を期せねばならぬ重大問題である、久慈に於ける現在の設備に就ては自ら異見もあらう、改廢すべき點もあらう、さりながら曩に試験研究した成績により推究するに、更に研究を加へ経験を積めば相當の成績を擧げ得べき見込あり。故に之を一の砂鐵精鍊の作業的實地研究として砂鐵問題の解決に利用したならば、我製鐵の一大資源を開發すべき捷路であると信ずるを以て、再び作業を開始する機會の速に來らんことを切望する次第である。