

鐵 と 鋼 第十二年 第三號

大正十五年三月二十五日發行

論 說

砂 鐵 研 究 (承前)

(大正十四年十月十八日日本鐵鋼協會創立第十週年紀念會大會講演)

長 谷 川 熊 彦

VII 砂 鐵 粉 鑛 處 理

砂鐵を處理して塊狀に變ずるに團鑛法及び燒結法の兩法あり。前掲陸軍時代に於て研究を進めたるは團鑛法により砂鐵を處理せんとし團鑛機、熔結爐等を準備せり。著者は歐米製鐵所に於ける粉鑛處理工場を視察し團鑛法の最近傾向を次の如く觀察せり。

- a. 粉鑛を製鐵所に適當の經濟的方法により運搬し製鐵所内に於て團鑛を製作するもの多し。之れ燃料、動力等の利用便利にて團鑛費安價なるが故なり。
- b. 團鑛製造工場と製鐵所と遠距離なる時は特に堅固なる良團鑛を作り運搬し破碎を防ぐ、又他製鐵所に販賣する場合にも亦良質の團鑛を作らざる可らず從て生産費高し。
- c. 團鑛は石炭の單價低廉なる場合には應用至便なれども概して他の處理法に比し生産費高價なり。
- d. 團鑛單獨にて製鍊を行ふものなく必ず塊鑛を混じて作業せり。

岸式團鑛法により砂鐵を處理するは良法と思考せらるゝも遠距離の熔鑛爐に運搬する場合には已往成品より一層堅固なるものを要せらると信ず之れ不可能に有らず熔結爐の溫度を 1200°C 以上に上せば可なり。特に製鐵原料となし得るために製品團鑛の生産單價を極力低下する事は現狀に有ては見込少し。元來岸式團鑛法の特長は砂鐵團鑛の粘着劑として沈澱鑛を用ひ、熔結爐の溫度を 1000°C 以下とするも Fe_3O_4 を Fe_2O_3 に變ずる酸化熱により自熔團結せしむるにあり。著者は大量團鑛連續製作のために次の改造計畫案を作れり、

1. 團鑛壓搾には團鑛型を一層簡易に自動的となすため改造。
2. 瓦斯燃燒部の溫度を 1200°C 以上とするために已設熔結爐瓦斯焚口及び其配置の改造。

3. トンネル爐内臺車の運動をロープ牽引式とせず一端より押込む最新式となすこと。又臺車と火焰との絶縁を完全にすること。

之等は世界團鑛工場各々競つて新考案を應用する點なり。著者は之等の改造により。大量生産と共に極力生産費を減じ良質團鑛を得んとせしめ經費の都合により前掲せしが如く全然着手するを得ず中止せり。各種團鑛法の比較調査、實驗室に於ける小規模製作並に試験等を繰返せしめ此處には省略す。經費の都合にて團鑛を断念したる後は焼結法によることに決せり。

焼結法は團鑛法に後れて進歩せるものなれども晩近急速に實用の途を擴張するに至れり。本法の團鑛法に對する特點は

1. 設備小規模にして大量生産に適し資本少し。
2. 場所を要せらるゝ事少し。
3. 燃料には工場の廢物なる粉骸炭、粉木炭等を利用し團鑛法の如く良石炭を用ひて瓦斯發生爐を運轉するの要なく燃料費著しく少し。作業は前法に比し一層機械的なるがため勞力費少し。結局生産費を低減し得るの利益あり。
4. 製品の品質は優良團鑛に比較すれば若干劣るが如きも現在の鑛鑛作業に有ては實地作業として何等障害とならず。

砂鐵精鍊に當て團鑛を利益とす可きか焼結鑛を利益とす可きかは夫々製品の品質及び生産費如何により決せらる可き問題にして簡単に斷定す可きものにあらず。著者の場合に於ては前述せるが如く焼結法によれり焼結法にも種々の様式あり夫々其特長を主張するの現状にあり。著者の場合には製鐵所鑛鑛爐工場に設備されたる回轉爐式焼結法 (Rotary kiln process) を以て焼結せり。

著者は之等の推理により砂鐵處理は焼結法によるを一般法とし地方的事情によりては團鑛法をも採用して差支なしと信ず。而して兩方法共に砂鐵單味によらず若干の他鑛石其他を配合するを便利とす。

回轉爐式焼結爐に依る砂鐵焼結の原理は酸化鐵の還元、硅酸化合作用、等にして砂鐵並に褐鐵鑛に粉骸炭、煙灰、水滓等を追加して回轉爐に裝入し他端より瓦斯を燃焼して加熱するにあり。製鐵所回轉式焼結爐は技師平川良彦氏の設計せられたるものにして其圓滑運轉に關して多年の研究を積まれたるが故に其經驗を基とし其指揮の下に砂鐵を焼結することゝなれり。本回轉設備の詳細、焼結理論、豫備實驗、順況逆況作業の詳細は一切之を省略し、平川氏の講演に譲らんとす。著者は本焼結法の理論研究並に作業の測定記録に従事せり。

砂鐵焼結は13年8月22日より11月11日に至る期間にて作業日數合計74日、修繕8日に達し此間

砂鐵原鑛	456.070	瓦斯灰	53.529
段栗鑛石	355.673	水滓	59.512
虻田鑛石	5.828	計	1,128.399
粉骸炭	143.530		

を原料とし

燒結鑛總計 797.570

の製品を得之を精鍊に供せり。

今原料及び燒結鑛の分析を掲ぐれば次の如し。

種 別	T.Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	S	Mn
砂鐵精鍊	54.14	23.69	51.10	11.50	5.50	—	—	—	0.09	0.048	0.49
"	55.45	25.7	50.69	10.70	4.00	4.82	0.78	—	0.02	0.055	0.64
燒 結 鑛	49.34	—	—	4.99	14.19	6.96	6.83	2.01	0.025	0.20	—
"	49.44	41.34	24.75	8.53	11.18	5.58	5.10	2.23	0.06	0.11	—
"	48.95	—	—	4.56	14.97	13.25	2.14	0.46	0.048	0.016	—

之等燒結鑛の品質は作業の状態により著しく不同あり又若干の金屬鐵をも含み、水滓を混じたるため熔鑛製鍊容易なる等の利益あり。

作業中には鑛石が爐内壁に粘着する事を主とし若干の困難を伴ひたるも従業員の経験と努力とにより適當に調節せり。然れども次の諸點は將來改良を要す可き點なり。

- a. 爐の生産能力を増加せしめ、製品當瓦斯量、勞銀等を減じ生産費を低減せざる可らず。
- b. 前項の目的を達するために爐最高熱溫度を 1200 乃至1250 °C に保つ事
- c. 爐より出づる餘熱を回収することに努力する事

砂鐵骸炭法も亦砂鐵粉鑛處理の一方法なり。砂鐵と粘結性石炭とを入念に混合し骸炭窯に入れて燒き石炭の熔融體中に砂鐵を抱き瀝青物のセメントにより砂鐵を綴り合せたるの狀態となれり。並珪砂又は夾雜岩粉等の場合に比し鐵鑛は其粘結力を害すること少し、何となれば酸化鐵の一部は還元作用を受け其自身が 1000 °C 以上に於て熔結するが故なり。本法は本邦製鐵界の元勳野呂博士により主張され我製鐵所に於ては 20 餘年前之が實驗を施行せり、株式會社常盤商會が巖手縣久慈に於て砂鐵精鍊試驗を施行せんとするや野呂博士指導の許に本法を施行せんと企て若干量を製造せしと聞く。=ニュージーランドに於てヘスケット氏が砂鐵精鍊を施行せられたる際にも砂鐵は本法により固められたり。本法の特長は粉鑛處理と骸炭化と同時に行はるゝが故に骸炭化の經費により砂鐵を處理され最も經濟的なる事、砂鐵の一部は還元されて鑛爐に送られ炭素と最も有効に混合されある事等なり。著者は本法により砂鐵を處理することに對し尙疑問を抱くが故に實驗室小實驗及びソルベー式骸炭窯内にて大量生産を行ひ合計約30噸の製品を得諸種の試験を行ひ其製品24噸を現在貯藏せるが故に他日小規模の精鍊を行はん事を期す。著者の本研究に關する詳細は省略すれども其結果を採萃すれば次の如し。

- a. 砂鐵骸炭は粉鑛處理として最低生産費なり。
- b. 膨脹粘結性石炭に砂鐵を混する時は若干收縮性に變ず、從て内地炭を以て相當の製品を得られ。本溪湖、開平なるが故に特に良成績を示さず。

- c. 並骸炭に比し窯の溫度を高热ならしむるを要す。
 - d. 小規模試験箱燒に有ては砂鐵混合割合を50%となし相等の硬度を有せしも實地作業にては40%にても已に甚しく脆弱にて30%を標準となし得。此割合少き程骸炭の質佳良なり。
 - e. 砂鐵配合30%砂鐵骸炭にて骸炭中鐵分25%にして鐵骸炭1 匁に對し砂鐵又は並鑛石 0.218匁を追加裝入せざる可らず。
 - f. 本研究による30匁鐵骸炭(二瀬、三池配合炭70%砂鐵30%)に對し壞裂試験を行へる結果は並骸炭に比し甚しく硬度不良なり。此點に於て本所の如き大形鑛爐に於て砂鐵骸炭を使用し得る見込少し。
 - g. 砂鐵骸炭の物理的性質により之れを如何なる程度に經濟的に近世式鑛爐に使用し得るかは尙多くの疑問とせざる可らず。又此物が鑛爐内に於ける反應如何に對しても尙實驗推理を要す可き問題と信ぜらる。
- 要するに砂鐵骸炭により製鐵の不可能にあらざる事は明かなれども果して實地に成立し得るか否は已知の事實にては説明し能はず。

VIII 砂鐵精鍊研究汎論

本邦古來の砂鐵精鍊方法が歐米近世式製鐵に壓倒され經濟的經營不可能となれる理由は

- イ、燃料木炭次第に減じ且つ高價にして生産費を増大すること。
- ロ、労働賃金漸騰して生産費を増大すること。
- ハ、生産能力微小にして且つ精鍊に於て鐵の歩留悪しく不經濟なること。
- ニ、品質を一定して大量を供給するに困難なること。

本邦内地家庭燃料として使用する木炭に有ても供給次第に不足を告げ價格騰貴しつつあり、況や工業用木炭特に製鐵用に於ては將來見込なし、勞銀に有ても労働者の生活向上労働者社界運動等にて昔日の比にあらず歐米労働者に接近するものと自覺せざる可らず。

本邦獨特の精鍊方法の砂鐵に適當する理由は

- 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こと。
- ロ、粉狀の儘にて爐に裝入し得ること。
- ハ、爐の形狀小にして作業日數短く屢々改築し得ること。
- ニ、砂鐵中のチタニウムは鑛滓中に除去せられ爐内固結物は爐を破壊改築する際取出すが故に作業上には別段故障なき事。

なり。之等原理の砂鐵に有益なるは確實にして又夫々不經濟なる基となれり。然るに近世式精鍊法が砂鐵に適せざる理由は

- イ、粉狀鑛を其儘近世式鑛爐に裝入する時は爐の作業を困難ならしむるが故に之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精鍊作業を妨げ操業不可能に至らしむる事。
なり。イ項は前述せるが如く一時世人の注意を惹けるが如く重要なものにあらざるもロ項に至つては砂鐵として最も憂慮さる可き問題なり、含チタン鐵鑛の鎔鑛爐精鍊試験を度々繰返し尙實用さるゝに至らざるを見るも明白なり。現在諸家の學説を綜合するに大凡次の如し。

1°. チタン酸は鑛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。20~40% TiO_2 を含む鑛滓と雖も尙流動性を與ふること困難ならず。

2°. 装入されたる TiO_2 は銑鐵中に還元さるゝもの極めて少く窒化物、青化物、チタン鐵合金、高チタン酸鑛滓と混じて爐底固結物を形成す、然れども大部分の TiO_2 は鑛滓中に去らる。

3°. チタン鐵鑛を並鑛石と混合して骸炭鎔鑛爐に装入し鑛滓中 TiO_2 3% に達するも白銑鐵精鍊作業に差支なし。

4°. 含チタン鐵鑛を装入する時は鼠銑鐵の精鍊比較的困難なり。

斯の如き諸方面を觀察する時は砂鐵精鍊の問題は

a. 如何なる方法によれば TiO_2 の含量多き砂鐵を近世式方法にて處理し得るか、換言すれば電氣爐又は鎔鑛爐装入鐵鑛中 TiO_2 は幾何迄増加し得る、又は夫々作業調節を如何にするか。

b. 砂鐵精鍊の經濟的價值如何。即ち砂鐵を平時幾何迄利用し得るか。

等なり。著者の研究は先づa項に對して實驗し次にb項に關する推理を試みたり。以下列擧する研究は電氣精鍊及び鎔鑛爐精鍊の兩法にして夫々大小規模の實驗及び推理を繰返せり、之等研究の結果を約言すれば次の如し。

イ、砂鐵精鍊は技術上不可能にあらず。電氣精鍊に於ては凡ての砂鐵を完全に精鍊し得特にチタニウムをも回収し得。鎔鑛爐精鍊法に有ては装入鑛石中 TiO_2 3% 以下、鑛滓中10% 以下にて作業し得。

ロ、砂鐵精鍊は近世式方法によるも現在本邦事情に有ては並鑛石に比し一般的に生産費高し。之れが救濟方法として砂鐵單價を低廉ならしむること、及び鎔鑛費を減ずる努力、並に優良鐵製造等の救濟方法あり。

IX 砂鐵電氣精鍊

1 電氣精鍊研究の梗概

本研究の主眼とせる點は

- | | |
|--------------------------------------|------------------|
| a. 骸炭を還元劑として用ゐる任意品質の銑鐵を作ること | d. 各種鑛滓の實地研究。 |
| b. 粉狀砂鐵及び燒結砂鐵の精鍊に於ける特長。 | e. 砂鐵よりフェロチタン精鍊。 |
| c. 鑛石中 TiO_2 を還元するか或は全然鑛滓中に除去する調節。 | f. 鑛滓よりフェロチタン精鍊。 |
| | g. 經濟的生產推理。 |

等にして純砂鐵を完全有利に利用するを主目的とせり。實驗は前後2回に分れ前回は 50 K.V.A. 爐、次回は 300K.V.A 爐を使用し、前者は基本研究にして後者は稍經濟的研究を主とせり。實驗期間

短きため満足ならざる點ありと雖も白鉄、鼠鉄の調節、骸炭、木炭、石炭の使用、銑鐵及びフェロチタン精鍊により砂鐵の完全利用等の諸事項に關する説明を下すことを得たり。特に次章に記載せる銑鐵鑛爐の原理に關し多くの暗示を得たり。

精鍊實驗を通じて施行せる項目の梗概を總括すれば次の如し。第1回試驗大正13年1月22日より同2月18日に至る期間中にて爐の作業13日間にして此間各種鑛滓、各種銑鐵、フェロチタン等の精鍊に關する凡てを研究せり。試験により得られたる製品

白銑鐵合計	1.417 吨	鼠銑鐵合計	344 吨	フェロチタン	954.4 吨
-------	---------	-------	-------	--------	---------

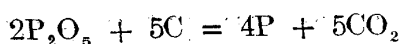
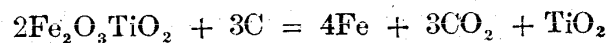
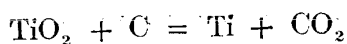
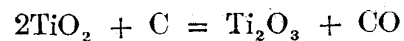
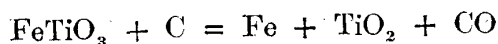
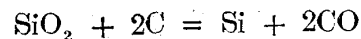
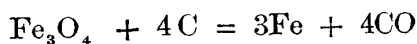
第2回實驗は大正14年1月31日より同2月24日に至る間に於て爐の實作業21日間にして、晝夜連続作業し精鍊の能率實驗を主目的として作業し白銑鐵精鍊を行ひ其鑛滓中に TiO_2 を集中し TiO_2 20% 以上を得るを標準とし石灰を加へ過鹽基性となせり。此高 TiO_2 鑛滓は次にフェロチタン精鍊の原料となせり。實驗中得られたる製品次の如し。

白銑鐵合計	20.620 吨	利用し得る含チタン	
フェロチタン合計	2.189	鑛 滓	7.700

之等精鍊を基として生産能率及び生産費を推理せり。

2. 電氣精鍊の原理

電氣精鍊の場合には砂鐵は直接還元作用を受く



之等に要せらるゝ熱量は電弧及び抵抗により供給せらる可きものなり。次章(銑鐵鑛爐精鍊)に於て詳説するが如く $FeTiO_3$ の分解及び還元には最も多量の熱を要せらるゝがため砂鐵は並鑛石に比し還元困難なり。此還元に預る還元劑は骸炭、木炭及び石炭なり。還元用炭素が何れの形なるかは還元反應速度に影響する事著しく電氣精鍊の場合特に肝要なり。骸炭は其灰分熔結し含有炭素は鎔融状態より炭化せるものにして質硬く反應度最も劣れり。又同時に電氣抵抗多く電流を通ずることも亦困難となり爐内温度の調節、熔解層の調節等至難なり。石炭は炭、水、酸素の化合組成より成る多數有機物の混合なるが故に爐内に於て先づ揮發分を發散し一部還元に預り残留せる骸炭分は還元作用を働き而も骸炭裝入の場合に比し反應有效なり。此場合に爐頂より逃るゝ瓦斯を有利に回收し得るに於ては石炭又は半無煙炭を有利に使用するを得。木炭は前二者に比し最も優秀なる還元劑にして其反應容易に效果著しく、電氣抵抗少く電流の調節最も有效なり。即ち木炭を使用する時は還元作用迅速にして爐の作業順調に裝入量を増加し得、同時に鑛滓量を減じ生産能力を増加し得。之等三種還元劑は作業能率と生産費の關係より決定され又之を基として爐の型式作業方法をも制限するに至る。此炭素反應度

の最も影響するはフェロチタン精錬なり著者は本實驗中數回骸炭を用ゐて精錬を試みたれども不成功に終り、木炭を用ゐて成功し石炭にても作業する事を得たり。銑鐵精錬に有ては骸炭により何等困難なきが故に之を還元劑として經濟的操業を主眼となし爐の調節至難の場合には木炭又は石炭を混用せり、而も使用骸炭は粉骸炭にして石炭に比し安價なり、瑞典國に於ける電氣製鐵に於てはグレンウオール式にして爐頂密閉され全部木炭を使用し骸炭使用は不可能と論ぜられたり、著者の場合には20耗以下の粉骸炭を使用せり。

上述せる還元反應より明かなる如く SiO_2 を還元して Si を鐵中に入らしむるため鼠銑を作ることは木炭に有て最も容易にして骸炭には比較的困難なり。然れども著者の場合には電弧及抵抗の加減により骸炭を用ゐて尙鼠銑を作ることを得たり。

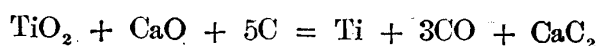
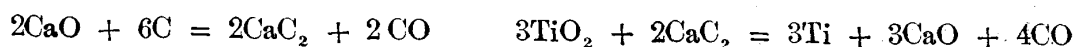
チタニウムの還元には次の條件を要することを確定し得たり。

イ、鑛滓は常に還元性ならざる可らず、特に CaC_2 を含むを要す。

ロ、電弧を強くし局部高熱を出さしめ CaC_2 の製作を充分ならしむる時はチタニウムも亦還元せらる。

ハ、鑛滓を鹽基性とし CaC_2 の製成を完全ならしめチタニウムの酸化を間接に防ぐ。

之等の反應は次の如し。



之等還元反應の間に於て空氣の供給あるか又は電極間の距離最大となりたる場合には $\text{Ti}_{10}(\text{CN})_2\text{N}_6$ の如き青化物を形成す(後章参照)。チタニウムの還元には高熱を要せらるゝが故に其還元反應を目的とせる場合には多くは SiO_2 の還元も同時に起るものなり。故に鼠銑鐵中にはチタニウムを含めども白銑鐵中には含まるゝ量極めて少し。

鑛滓の化學成分を如何にす可きかは砂鐵精錬として重要なり。銑鑛爐精錬と電氣爐精錬とは根本原理に差あるが故に

イ、電氣爐は電弧の局部は高熱なれども爐内全般として銑鑛爐と大差なし、而も電氣爐鑛滓は化合生成當時に還元作用も伴ひ迅速に作用せらる。

ロ、鑛滓の化學成分に於ても銑鑛爐に比し制限の範圍を廣くすることを得。

ハ、鑛滓の流動性及び精錬作用は爐内溫度と重大なる關係を有し特に爐内溫度を均一に分布せしむること最大急務なり。

の如き作用の目的を達成せしむるに電氣爐は便利なり。即ち電氣爐鑛滓は銑鑛爐に比し調節容易なり。已往推理に在つて鑛滓中 TiO_2 を SiO_2 同様に酸として取扱ふ場合、 TiO_2 の $3/4$ を酸性となす場合、全部中性として取扱ふ場合、並に鹽基性として計算する場合等夫々異説あり。次章に詳説するが如く著者の研究を約言すれば次の如し。

1°. 鑛滓中の TiO_2 を 10% 以内に於ては影響微弱なり、特に 5% 以内に有ては普通鑛滓同様に TiO_2 を取扱ふも影響なし。

2°. TiO_2 10% 附近迄は之を一部酸性、過半鹽基性として取扱ひ若干 SiO_2 含量を多くする時は作業容易なり。 SiO_2 35~38% CaO 40%を適當とす。

3°. 電氣爐の場合には鑛滓中 TiO_2 の含量を 30% 前後とするも何等困難なし、其熔融點は TiO_2 40% 以下に在ては TiO_2 を含まぬ場合より低減せしむる事を得。

4°. 白鉄鐵精鍊の場合には TiO_2 を酸基として取扱ひ其 75% を SiO_2 同様の強度として CaO を配合す。鼠鉄精鍊に於ては鹽基性として取扱ひ其 70% を CaO 同様に取扱ひ 30% を SiO_2 同様に取扱ふ。

之等の關係を簡易なる實驗式として次の如く推理せんとす。

$$a. \frac{\text{酸基}}{\text{鹽基}} = \frac{1/2 \text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2}{1/2 \text{TiO}_2 + \text{CaO} + \text{etc}} = 1.0 \sim 0.8$$

白鉄鐵精鍊、並に鼠鉄鐵精鍊

$$b. \frac{\text{酸基}}{\text{鹽基}} = \frac{0.3 \text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2}{0.7 \text{TiO}_2 + \text{CaO} + \text{etc}} = 1.0 \sim 1.12$$

鼠鉄鐵精鍊

$$c. \frac{\text{酸基}}{\text{鹽基}} = \frac{0.75 \text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2}{\text{CaO} + \text{etc}} = 1.0 \sim 0.8$$

白鉄鐵精鍊

要するに酸基又は鹽基は比較的のものにして SiO_2 CaO の如き兩極端性を有せざる TiO_2 の場合には作業状態にて適當に調節加減せられざる可らず。電氣爐に於ては弧光熱抵抗熱兩者を適當にし鑛滓の特性を加減補正するを得。

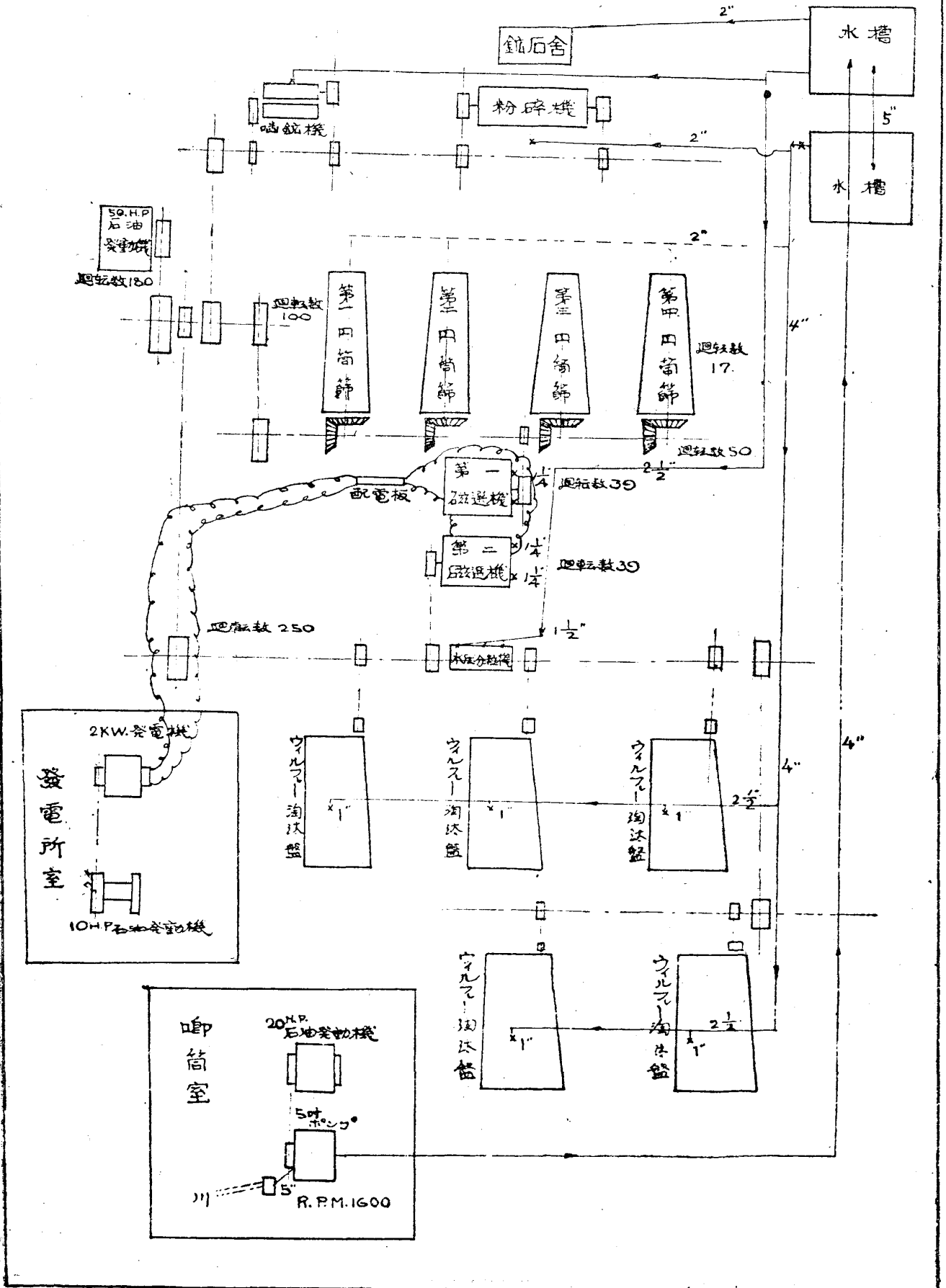
電氣爐の内壁に粘着物を附着せしめ或は爐底に固結物を生ぜしむる時は電極を下ぐる事困難に至り爐底益々溫度低下す之れ作業として憂ふ可き點なり、即ち電氣爐作業にて熔解層の上ることは最も憂ふ可きなり。鉄鐵精鍊により得られたる鑛滓よりフェロチタンを精鍊する場合には前述せるが如く高石灰含有鑛滓により出發するが故に著者は白鉄鐵精鍊を行ひ砂鐵中の TiO_2 は全部高石灰鑛滓中に集むることゝなせり。

3. 砂鐵精鍊電爐

第一回實驗に使用せるものは鐵合金製造に用ひらるゝ單相交流單極式にして上部より 1 本の電柱を懸垂し爐に 1 極を埋む。爐の形狀は第 21 圖の如し。爐の内壁は骸炭粒によりスタンプして作られ周圍及び爐頂はシャモット煉瓦により築造せり、電極は直徑 200 耗長さ 1500 耗とし、ホルダーは眞鍮製にして同轉式とし電極取付リングは冷却水を循置せしめ銅製楔により電極を締め付けたり。ホルダーの上下運動は螺旋により自由にせり。變壓器は水冷式にして其電氣容量 50K.V.A. 高壓一次線 2200 ボル

第九圖

野牛石鐵工場傳動及給水配置圖



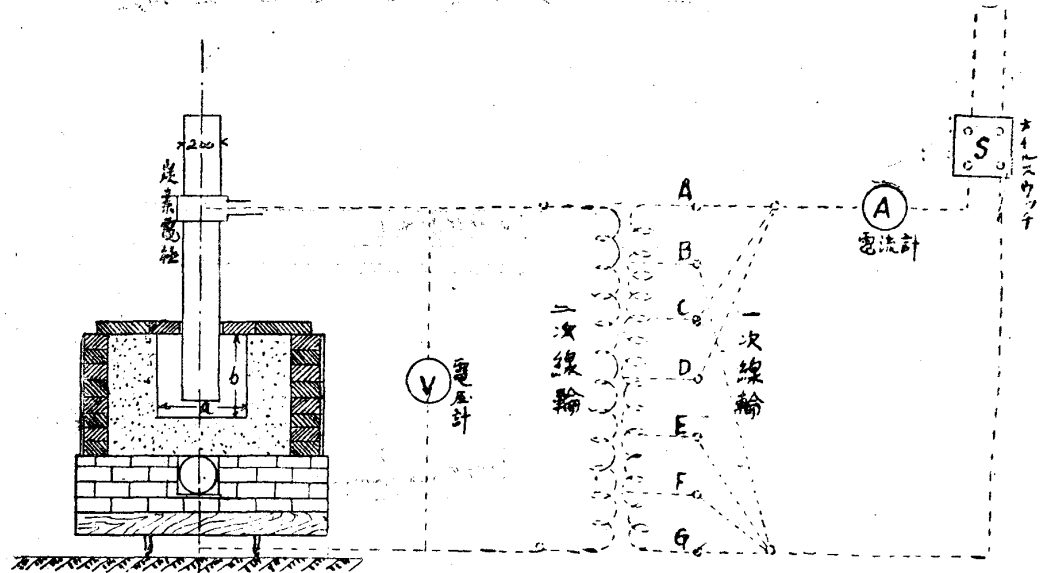
第十四表 鑄滓及製品分析表

實驗 號	月 日	原料配合割合					砂 鐵 配 合 量	鑄滓豫定成分					鑄滓實際成分					流 去 鑄 滓 量	製品分析							流 出 製 品 量	備 考			
		符 號	青 森 砂 量	木 炭	石 灰 石	苦 灰 石		硅 石	SiO ₂	TiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	其 他	SiO ₂	TiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃		FeO	其 他	T.C	G.C	C.C	Ti	Mn			Si	P	S
1	1.22	A配	1000	300	57.6	-	408	910	44.5	15.0	3.30	3.0	4.5	4448	1396	2966	404	356	686	71.2	486	374	112	0.33	0.37	0.94	0.038	0.007	後 日 42.0 29.2	
2	2.24	"	"	"	"	"	880	44.5	"	"	3.0	"	4595	1490	3005	426	365	574	77.0	484	344	140	0.22	0.37	0.87	0.035	0.006	後 日 60.8		
3	2.28	B	"	"	27.7	"	325	920	48.0	20.0	2.15	5.0	5.5	4344	2108	2249	449	388	850	49.7	494	407	0.87	0.73	0.54	1.47	0.026	0.010	41.5	
4	2.30	"	"	"	9.2	"	198	1000	47.5	30.0	1.04	5.5	1.6	"	"	"	"	"	不明	396	341	0.55	0.56	0.34	2.44	0.026	0.021	"		
5	2.31	"	"	"	27.7	"	325	536	48.0	20.0	2.15	5.0	5.5	"	"	"	"	"	21.0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	19.5	
6	2.5	C	"	"	54.4	"	154	1000	27.94	"	4.76	4.3	6.0	3648	1918	3360	164	274	910	73.0	453	229	224	0.23	0.30	0.24	0.026	0.009	後 日 45.4	
7	2.7	"	"	"	"	"	395	"	"	4.76	"	6.0	"	"	"	"	"	"	25.0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	18.0	
8	2.8	"	"	"	33.2	"	32	1500	18.3	30.0	3.85	5.2	8.0	3364	2712	2865	597	1.61	4.62	55.0	4.31	0.68	3.64	Trace	0.12	0.02	0.034	0.017	77.3	
9	2.9	"	"	"	"	"	1000	"	"	3.85	"	8.0	"	"	"	"	"	"	不明	"	"	"	"	"	"	"	"	"	51.5	
10	2.13	A	"	"	26.2	16.8	14.0	"	29.0	23.0	MgO 1.00	4.0	CaO 34.0	2992	2450	34.11	5.69	3.64	MgO 4.6	68.5	41.7	0.34	3.83	Trace	0.11	0.03	0.037	0.015	56.3	A配合以強碱性+
11	2.14	C	"	"	24.4	"	4.6	"	27.2	20.0	CaO 3.81	5.0	其 他 9.7	2244	3347	3190	54.7	6.72	4.05	25.0	505	397	1.08	1.95	0.40	1.20	0.014	0.008	後 日 55.0	
12	2.15	"	"	"	"	"	4.6	"	"	"	"	9.7	"	"	"	"	"	"	不明	4.28	3.76	1.52	2.00	0.53	2.74	0.010	0.004	"	27.5	
13	2.18	"	CaO 34.0	44.0	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	後 日 51.0	

第二十一圖 電氣爐形狀及配線圖

変圧器接続法

- AB...31 Volt
- AF...36 "
- CG...42 "
- DG...51 "
- DF...63 "
- AD...75 "
- DE...95 "



炉内形

- a { 銑鉄 1500 350 mm
- 750+750 " 300 mm
- b 380 mm

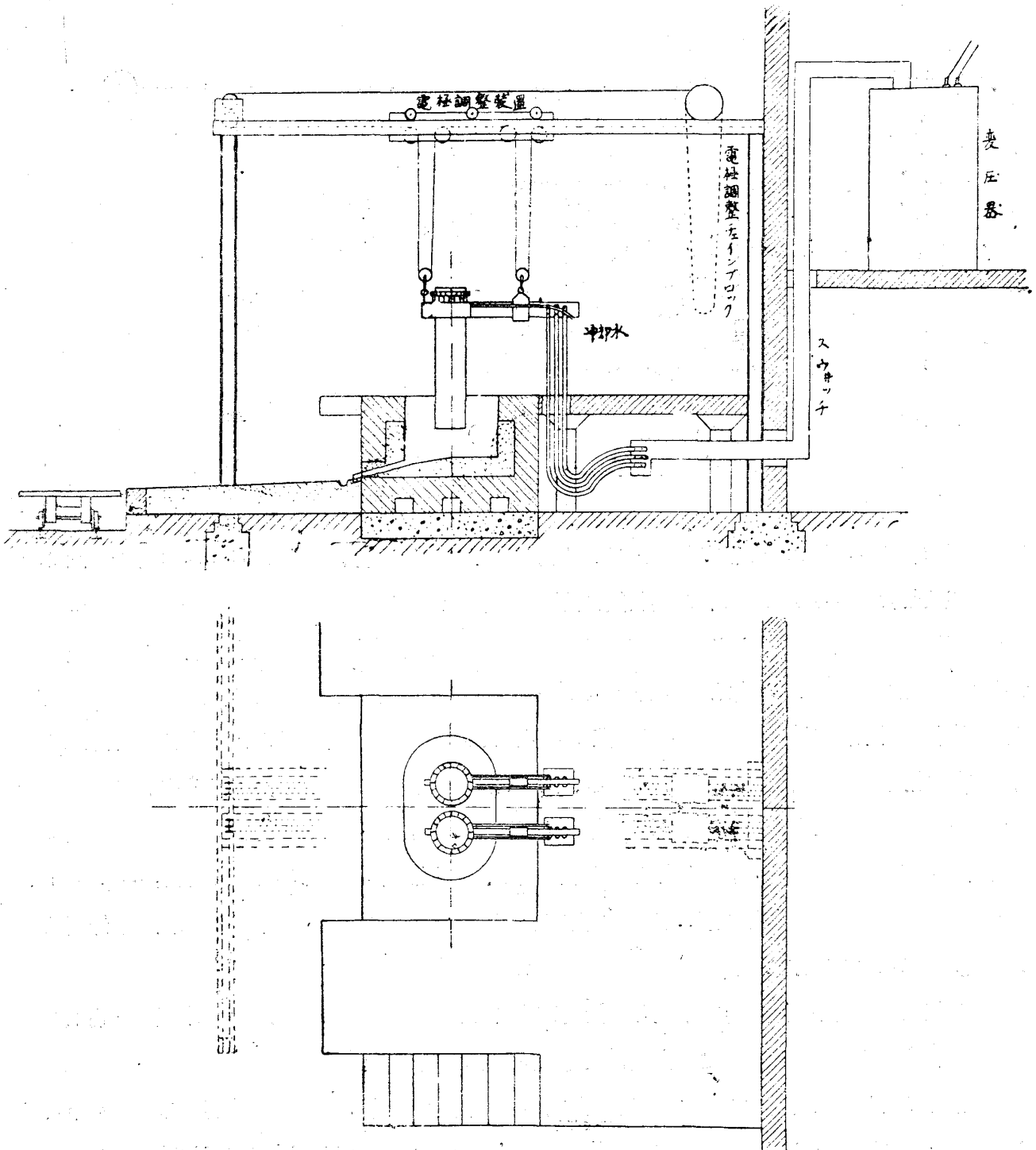
ト低壓二次線 31~95 ボルト間7種に變ぜしめ得る如くなせり。最も普通は 60 ボルトなり之等ボルトの變更は切換スイッチにより行ひ其状態は前圖に示せるが如し。

第二回實驗に使用せる電氣爐は 同様鐵合金に用ゐらるる電氣爐なれども 前者と若干其趣を異にせり、單相交流双極式にして上部より2個の電柱を懸垂し兩者の尖端に於て電弧又は抵抗を生ぜしめ得。電極は直径350耗、長さ1.500耗にして前同様リングによりホルダーに締付けられ、其運動は鋼索により梁に釣られ滑車により自由に上下せしめらる、而も其運動を容易に且つ圓滑ならしむるために2個のチェーンブロックにより遠方より調節す。第二十二圖は砂鐵精鍊電氣爐の全般を説明せるものなり。變壓機は 300 K. V. A. の電氣容量を有し水冷式なり、一次電壓 2200 ボルト二次電壓 60 ボルトとなせり。爐は圖に示せるが如く橢圓形とし内壁は前同様粉骸炭スタンプにて作られ周圍及び爐頂はシヤモツト煉瓦を用ゐて作れり。

生ぜし銑鐵及び鑛滓は爐の前方中央より抽出し砂型場に流し海鼠型に仕上げり。本爐の理論上の能力は一晝夜 2.5~3.5 吨銑鐵にして各種鐵合金をも精鍊するを得。

砂鐵精鍊に對しては密閉式シャフト型電氣爐より此種開放式電氣爐を以つて有利なることを主張され得。何となれば前者に有ては粉狀砂鐵を裝入する見込なきも本研究の型式に於ては差支なし、爐頂より容易に爐況を觀察し適當の調節をなし得る事。電弧及び抵抗を適當に調節し得る事、粘性鑛滓又は爐底固結物を生じたる時容易に應急所置を施行し得る便ある等の故なり、大量生産に於ても亦有利

第二十二圖 砂鐵製煉電氣爐



に此種開放式を使用するを得。

4. 精鍊實驗

第一回及第二回精鍊實驗の要點を列擧すれば次の如し。

a. 原 料

砂鐵、野牛研究場選別精鍊及び燒結鐵

T.Fe	FeO	Fe ₃ O ₃	SiO ₂	P	Mn	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	Cu	S
55.06	31.24	43.92	4.80	0.023	0.67	0.35	1.56	2.19	13.55	0.074	0.005
備考 以上第一回實驗用											
48.95	—	—	14.97	0.048	—	2.14	13.25	0.46	4.56	—	0.016
備考 第二回實驗用 砂鐵燒結											
57.00	—	—	2.00	—	—	2.00	3.70	2.70	9.00	—	—
備考 第二回實驗用 鹿兒島砂鐵											
41.50	—	—	3.40	—	MnO 1.15	1.09	3.14	4.11	27.15	—	—
46.77	—	—	4.34	0.105	—	0.89	1.48	—	26.28	—	—

備考 第一・二回實驗用高チタン砂鐵 (野牛研究場高チタン砂鐵)

第一回 實驗						第二回 實驗					
石灰石CaO	SiO ₂	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	Fe	CaO	SiO ₂	MgO	MnO	Al ₂ O ₃	Fe
51.34	2.50	2.04	0.13	0.11	0.87	54.46	0.96	0.41	0.09	0.14	0.24
上等粉骸炭		水分		揮發分		灰分		全硫黃			
		1.40		2.47		23.84		0.59 第一回 使用			
		10.00		4.14		16.83		— 第二回 使用			
木 炭		炭 素		灰 分		灰分中 Fe		CaO		第一・二回 使用	
		80.17		7.73		5.02		2.66		56.37	
石 炭		水分		揮發分		灰 分		全硫黃			
		1.56		42.58		39.61		15.6		0.65	

b. 第一回實驗

諸種の實驗を施行せん事を目的として次の如き實驗を試みたり。

1°. 各種鉄鐵精鍊及各種鑛滓比較

前述せしが如く TiO₂ を中性、鹽基性、75% 酸性の3種に假想し實驗式に従ひ鑛滓を豫定せり。

$$\frac{1/2 \text{ TiO}_2 + \text{ SiO}_2 + \text{ Al}_2\text{O}_3}{1/2 \text{ TiO}_2 + \text{ CaO} + \text{ etc}} = 1.2, 1.0, 0.8 \dots \dots \text{A} \quad \frac{\text{ SiO}_2 + \text{ Al}_2\text{O}_3}{\text{ TiO}_2 + \text{ CaO} \text{ etc}} = 1.12 \dots \dots \text{B}$$

$$\frac{0.75 \text{ TiO}_2 + \text{ SiO}_2 + \text{ Al}_2\text{O}_3}{0.25 \text{ TiO}_2 + \text{ CaO} + \text{ etc}} = 1.0 \dots \dots \text{C}$$

實驗結果は第十五表に示すが如し。

A は過鹽基性高熱度鑛滓に適し鼠、白兩鉄鐵に應用され。B は鼠鉄に適す又高熱作業に有てはフェロチタンをも同時に精鍊さる。即ち流動する鼠鉄鐵並に白熱フェロチタン固結物を爐底に得らる。C は白鉄鐵に適しフェロチタン精鍊に適せず何れも此比を適宜にすれば鑛滓の粘着性にて故障を伴ふ事なし

第十五表 フエロチタン製鍊實驗 其の一

但較炭を還元劑とし銑鐵及フエロチタンを製鍊せしもの

實驗 回数	月日	作業 時間	電極 使用 電氣量	裝入				製 品			備 考		
				青 森 砂 鐵 %	骸 炭 %	石 灰 石 %	硅 石 %	其 他 %	鼠 銑 %	白 銑 %		フ エ ロ チ タ ン %	
14	2. 19	9°-45'	459.0	100.0	34.0	34.0	44.0	44.0	—	—	24.3	24.0	51 volt にし孤光を強くし作業す蓋煉瓦溶解し困難せり
15	2. 21	13-40	656.8	138.0	46.9	44.0	59.0	—	—	5.3	44.2	24.0	前回同様に作業し白銑流動しフエロチタンは爐底に残る
16	2. 23	13-50	666.1	145.0	49.3	55.0	79.8	—	—	—	—	53.0	爐況佳良

フエロチタン分析

	Ti	Si	O
No. 14	19.10	3.0	4.59
No. 15	28.10	4.0	8.09

第十五表 フエロチタン製鍊實驗 其の二
但高チタン砂鐵を原料とし木炭を還元劑とせしもの

實驗 回数	月日	作業 時間	電極 使用 電氣量	裝入				製 品			備 考			
				高 チ タ ン 砂 鐵 %	木 炭 %	石 灰 石 %	硅 石 %	鼠 銑 %	白 銑 %	フ エ ロ チ タ ン %				
17	2. 26	8° 25'	1383.4	100.0	34.0	50.0	50.0	—	—	—	—	51 volt にて作業す 成績不良		
18	2. 29	12.40	453.6	40.0	40.0	—	—	—	—	—	—	46.0 36 volt にて作業す 成績良		
19	3. 3	11.00	442.6	60.0	40.0	30.0	3.0	23.0	13.8	7.5	4.5	20.5	本回より鐵屑を裝入す	
20	2. 5	9.25	399.6	50.0	20.0	30.0	15.0	3.0	1.5	9.0	8.0	—	38.0	爐の壽命を長くするため製品を掻出し型に入れて冷却す
21	2. 6	9.0	391.5	17.1	—	30.0	—	—	—	10.0	—	—	89.0	
22	2. 12-13	21.10	909.3	45.9	50.0	62.5	5.0	6.3	23.0	28.8	—	—	—	
23	2. 17	11.50	494.1	19.6	30.0	26.2	—	3.8	—	16.2	—	—	43.0	
24	2. 19	6.15	234.9	10.5	20.0	35.0	17.5	—	2.5	11.5	—	—	23.0	
25	2. 21	6.55	272.7	11.5	20.0	35.0	17.5	—	—	11.5	—	—	15.0	
26	2. 24	14.5	623.0	23.4	40.0	—	—	—	—	23.0	—	—	—	
27	2. 25-26	25.0	1147.5	50.0	74.0	—	—	—	—	42.6	—	—	120.0	成績佳良

28	25~28	8.30'	364.5	14.8	100.0	50.0	木炭 40.0	20.0	5.0	25.0	—	—	—	—	25.0		
29	"	31.35	666.9	23.0	"	100.0	"	40.0	5.0	50.0	—	—	—	60.0	成績佳良		
30	43~4	32.40	1,268.8	60.5	Al100.0 B"	250.0	40.0 40.0	100.0	5.0	125.0	3.8	—	—	77.0	Aを175とB75KG配合を用ふ		
31	"	4~7	48.15	2838.8	A" B"	300.0	40.0 "	"	3.5 40.0	118.0	"	15.0	23.0	158.0	Aを40KG配合、Bを260KG配合を用う 成績佳良		
32	"	9~11	47.20	2443.2	112.8	100.0	340.0	"	136.0	40.0	136.0	17.0	"	78.2	—	242.0	成績佳良

第十六表 白銑鐵精鍊實驗

實驗 回数	月日	作業 時間	使用 電力	電極 消費	青森砂鐵		骸炭		石灰石		矽石		白銑		備 考
					%	KG	%	KG	%	KG	%	KG	%	KG	
33	4.14	19°-30'	1,039.5	22.3	100	250.0	30	75.0	33.2	83.0	32	8.0	112.0		
"	15	24-30	1,220.4	20.7	"	350.0	"	105.0	"	116.2	"	11.2	193.0	鑛滓分析SiO ₂ , TiO ₂ , CaO, Feo, Al ₂ O ₃	
"	16	25-30	1,195.3	25.0	"	400.0	"	120.0	"	132.8	"	12.8	220.0	20.48 31.12 36.03 2.28 10.17	
"	17	24-00	1,125.2	24.0	100	400.0	30	120.0	33.2	108.2	3.2	3.2	220.0	24.98 30.58 32.74 4.43 7.32	
"	18	24-00	1,133.9	23.0	100	440.0	30	132.0	25.0	110.0	—	—	226.0		
"	19	21-00	991.8	20.0	"	410.0	"	123.0	"	102.5	—	—	214.0		
合計	14/4-19/4	138.30	6,706.1	135.0		2,250.0		675.0		652.7		35.2	1,195.0		

第十七表 フェロチタン精鍊實驗

實驗 回数	月日	作業 時間	使用 電力	電極 消費	高チタン鑛滓		木炭		骸炭		層鐵		石灰石		チタン 鐵
					%	KG	%	GHK	%	KG	%	KG	%	KG	
34	4.22	60°-26'	307.8	10.0	100.0	50.0	35.0	17.5	—	—	53.0	25.0	60.0	30.0	25.0
35	"	23	729.0	11.0	"	100.0	30.0	30.0	—	—	"	55.0	60.0	60.0	70.0
36	"	24	407.7	13.2	"	50.0	30.0	15.0	—	—	"	27.5	27.5	27.5	25.0
37	"	26	477.9	16.2	"	"	—	—	30.0	15.0	"	27.5	55.0	"	20.0
38	"	29	491.4	16.8	"	"	—	—	"	15.0	"	27.5	"	"	31.0
39	"	30	429.3	13.2	"	35.0	—	—	"	10.5	"	19.3	"	19.3	チン
40	5.1	8-00	423.9	12.0	"	42.0	—	—	40.0	16.8	"	23.1	45.0	18.9	"
41	"	5	432.0	13.0	"	30.0	—	—	30.0	9.0	"	16.5	"	13.5	"
42	"	6	455.2	13.0	"	50.0	15.0	7.5	15.0	7.5	"	27.5	"	22.5	19.0
43	"	7	496.8	12.0	"	50.0	15.0	7.5	15.0	7.5	"	27.5	"	27.5	13.0

但高チタン鑛滓を原料とし木炭(又は骸炭)を還元劑とせるもの

2° フェロチタン精鍊實驗

並砂鐵及び高チタン酸砂鐵を原料として精鍊す、前者は銑鐵を製すると同時に爐底にフェロチタンを得らるゝものにて、後者は純フェロチタン精鍊なり。實驗の結果は第十五表フェロチタン精鍊實驗其の一、其の二に示せるが如し。

3° 白銑鐵精鍊實驗

前掲1°の實驗中にてCを基として連續作業せり。實驗結果は第十六表の如し。

4° フェロチタン精鍊實驗

前項實驗にて得られたる高チタン酸鑛滓を原料としてフェロチタン精鍊を行へり。鑛石中のTiO₂に比し還元狀況には著しき差異を認めず。前同様フェロチタン中のチタニウムは20%を標準とせり何となれば之れ製造者及び使用者共に最も實用に適するが故なり。従て多量の鐵屑を裝入することゝなり生産能率佳良なり。木炭を還元劑とする場合には良成績を得らるゝも骸炭は全然失敗に歸し石炭は此中間に位せり。實驗の結果第十七表の如し。

以上第一回電氣精鍊により得られたる各種製品及分析第十八表の如し。

第十八表 第一回電氣精鍊製品分析表

種 別	T.C	G.C	C.C	Ti	Si	Mn	P	S
白 銑	3.74	1.46	2.28	0.185	0.484	0.17	0.025	0.022
	4.17	0.34	3.83	trace	0.028	0.11	0.037	0.015
	4.31	0.68	3.63	trace	0.019	0.12	0.034	0.017
	4.53	2.29	2.24	0.230	0.244	0.30	0.026	0.009
	3.71	0.02	3.69	—	0.042	0.07	0.022	0.110
	4.72	0.69	4.03	0.50	0.132	0.52	0.016	0.020
白銑合計	—	1.414匁	—	—	—	—	—	—
平均	4.62	0.74	3.88	0.41	0.120	0.44	0.020	0.020
鼠 銑	4.76	3.72	1.04	4.10	1.760	0.55	0.010	0.004
	4.28	3.76	1.52	2.00	2.740	0.53	0.010	0.004
	5.05	3.97	1.08	1.95	1.198	0.49	0.014	0.008
	3.96	3.41	0.55	0.56	2.435	0.34	0.036	0.0021
	4.94	4.07	0.87	0.73	1.471	0.54	0.026	0.010
	4.86	3.74	1.12	0.326	0.935	0.37	0.038	0.007
	4.84	3.44	1.40	0.216	0.875	0.37	0.055	0.006
鼠銑合計	—	3.447匁	—	—	—	—	—	—
平均	4.65	3.73	0.92	0.430	1.380	0.42	0.034	0.012

種 別	Ti	Si	C	重量	種 別	Ti	Si	C	重量
一級品	24.80	4.74	7.42	24.30	特 二級品	19.92	4.49	7.43	25.0
二級品	20.78	6.98	6.60	345.0	特 三級品	10.37	3.40	6.12	112.0
三級品	23.57	5.10	8.32	181.0	合 計	—	—	—	954.5
特一級品	30.60	4.54	7.49	48.5					

續干英ノ二

二月四日

湯出回数	月日	配合割合							配合数	出鏡量	鏡量	鏡鉄分析						鏡鉄当	鏡鉄比													
		符	砂鉄	砂鉄	磁鉄	炭	木炭	磁鉄				T.C	Si	Mn	S	P	Ti			TiO ₂	SiO ₂											
24	AM 9:30	B	60	40	-	72	-	15	20	8	3280	2880	344	0.423	0.86	0.077	0.084	0.12	2850	2666	一日計	27000	18000	-	990.0	675	9000	50000	905	19920	2478.0	
	PM 2:00	"	"	"	"	"	"	"	"	8	2800	3540	387	0.306	0.89	0.065	0.092	0.11	2720	2582	鏡鉄当	13550	9036	-	497.0	539	451.8	2510.0	452		1248.0	
25	7:00	"	"	"	"	"	"	"	9	4460	5430	354	0.185	0.72	0.079	0.095	0.09	2642	289	記事 停電AM 9:30出鏡後35分間停電 開停電機極取換。 電極PM 2:00出鏡後西側電極2100%取替前回使用鉄1650% 燻況各出鏡毎=良好=注砂型不足勝+1。												
26	10:00	"	"	"	"	"	"	"	6	2700	4070	393	0.080	0.75	0.091	0.097	0.04	2782	2572													
27	AM 1:30	"	"	"	"	"	"	"	6	2800	4060	372	0.188	0.81	0.071	0.092	0.06	2460	2732													
28	5:30	"	"	"	"	"	"	"	8	3940	4800	391	0.230	0.87	0.078	0.090	0.06	2644	2732													
29	合計平均								45	19920	24780	374	0.235	0.82	0.077	0.091	0.08	2683	2766													

作業成績

砂鉄燒結	砂鉄磁鐵	炭	炭	滿鐵	灰石	電力消費量	電極消費量	出鏡量	鏡量
27000	18000	-	990.0	675	9000	50000	905	19920	2478.0
13550	9036	-	497.0	539	451.8	2510.0	452		1248.0

二月五日

30	AM 9:30	B	60	40	-	22	-	15	20	8	3140	3500	353	0.583	1.08	0.068	0.079	0.15	2460	2618	一日計	30000	20000	-	1100.0	75.0	12230	55000	935	20320	2430.0		
31	PM 1:30	C	60	40	-	22	-	15	23	7	3570	4750	375	0.551	1.39	0.060	0.085	0.12	2248	2418	鏡鉄当	14760	9873	-	541.3	36.9	601.9	2707.0	46.0		1196.0		
32	5:30	C	"	"	"	"	"	"	"	9	3810	4920	375	0.512	1.16	0.061	0.089	0.16	2322	2614	記事 燻況良好												
33	9:30	"	"	"	"	"	"	"	"	9	2860	3980	390	0.442	1.15	0.061	0.084	0.16	2284	2342	自NO 22 至NO 30) B配合平均分析												
34	AM 1:30	"	"	"	"	"	"	"	"	8	3650	4550	349	0.728	1.25	0.056	0.087	0.19	2484	2246	SiO ₂ TiO ₂ FeO CaO Al ₂ O ₃ MgO 2682 2613 298 2520 822 445 (豫想 257 265 25.6 19.7 0.9)												
35	5:30	"	"	"	"	"	"	"	"	8	3290	2800	360	0.658	1.29	0.064	0.090	0.16	2484	2332													
	合計平均								99 61	50	20320	24300	367	0.412	1.26	0.061	0.086	0.16	2375	2437													

一日計

砂鉄	砂鉄	炭	炭	滿鐵	灰石	電力消費量	電極消費量	出鏡量	鏡量
30000	20000	-	1100.0	75.0	12230	55000	935	20320	2430.0
14760	9873	-	541.3	36.9	601.9	2707.0	46.0		1196.0

二月六日

36	AM 9:30	C	60	40	-	22	-	15	23	8 1/2	2640	3060	340	0.559	1.86	0.031	0.097	0.22	2440	2540	一日計	27300	12800	5400	1041.5	68.3	938.5	54000	87.5	18370	2258.0		
37	PM 1:30	"	"	"	"	"	"	"	"	8	3820	4050	370	0.573	2.00	0.044	0.089	0.19	2482	2282	鏡鉄当	14861	6968	293.9	567.0	57.2	510.9	2939.0	47.6		1229.2		
38	5:30	"	"	"	"	"	"	"	"	7	3320	4800	360	0.588	1.63	0.049	0.095	0.12	2372	2224	記事 停電 5:30 (PM) Oil Switch 修理 7:20 迄休火 電極 PM 5:30 西側電極 2290% 取替 + 前回残 600% 燻況良好												
39	11:00	"	"	"	"	"	"	"	"	7 1/2	2500	3730	393	0.288	1.80	0.034	0.087	0.12	2174	2348	自NO 31 至NO 39) C配合平均分析												
40	AM 2:30	D	60	-	40	25	-	15	15	11 1/2	3110	3420	375	0.620	1.63	0.064	0.087	0.20	1768	2784	SiO ₂ TiO ₂ FeO CaO Al ₂ O ₃ MgO 2377 2362 380 2674 1182 432 (豫想 248 25.6 27.9 19.1 0.9)												
41	6:00	"	"	"	"	"	"	"	"	7 1/2	2980	3520	378	0.644	1.51	0.089	0.099	0.24	1988	2992													
	合計平均								C 32 D 13 1/2	45 1/2	18370	22580	369	0.545	1.74	0.052	0.094	0.18	2204	2528													

一日計

砂鉄	砂鉄	炭	炭	滿鐵	灰石	電力消費量	電極消費量	出鏡量	鏡量
27300	12800	5400	1041.5	68.3	938.5	54000	87.5	18370	2258.0
14861	6968	293.9	567.0	57.2	510.9	2939.0	47.6		1229.2

二月七日

42	AM 9:30	D	60	-	40	25	-	15	15	7	2200	1730	298	1.170	1.57	0.034	0.090	0.24	2042	2784	一日計	27900		18600	1083.5	69.8	886.0	53000	83.0	1963.0	1542.0		
43	PM 1:30	"	"	"	"	"	"	"	"	8 1/2	4350	3470	304	0.550	1.34	0.107	0.094	0.12	1664	2734	鏡鉄当	14213		947.5	552.0	35.6	451.4	2700.0	42.3		785.5		
44	6:30	"	"	"	"	"	"	"	"	7	3620	2780	308	0.503	1.41	0.071	0.097	0.13	1478	2816	記事 停電 PM 1:30 Oil Switch 修理 7:20 迄休火 燻況 42 43 同良 44 45 同良 電極上付砂壁 圓結 汗 稍不良 46 47 同良 電極上付砂味=注砂壁=圓結 砂 砂成=上昇 止 開 閉 難 々												
45	9:30	"	"	"	"	"	"	"	"	7	3100	2800	304	1.067	1.57	0.062	0.099	0.19	1494	2590	自NO 40 至NO 42) D配合平均分析												
46	AM 1:30	"	"	"	"	"	"	"	"	8	3560	2780	325	0.691	1.64	0.060	0.092	0.18	1518	2564	SiO ₂ TiO ₂ FeO CaO Al ₂ O ₃ MgO 2853 1983 391 2633 1208 436 (豫想 28.4 14.9 24.9 25.4 3.6)												
47	5:30	"	"	"	"	"	"	"	"	8	2800	1910	322	0.813	1.34	0.070	0.090	0.18	1458	2566													
	合計平均								D 7 E 3 1/2	46 1/2	19630	15420	310	0.799	1.45	0.057	0.094	0.17	1609	2676													

一日計

砂鉄	砂鉄	炭	炭	滿鐵	灰石	電力消費量	電極消費量	出鏡量	鏡量
27900		18600	1083.5	69.8	886.0	53000	83.0	1963.0	1542.0
14213		947.5	552.0	35.6	451.4	2700.0	42.3		785.5

C. 第二回實驗

第一回實驗と異り能ふ限り經濟的事實を確むる目的にて晝夜連續操業とし作業能率を昇す事を目的とせり。装入物は砂鐵燒結鑛に砂鐵淘汰盤精鑛を加へ還元劑としては粉骸炭を使用し熔融流動を助くるために少量の滿俺鑛を追加し石灰石を熔劑として混じ鑛滓の調節をなせり。製鋼用白銑鐵精鍊を目的とし高チタン酸鑛滓を作りて更にフェロチタン精鍊を目的となせり。配合 A は砂鐵の自熔性を研究せしものなるも鑛滓粘着し瓦斯放散不完全となるため熔解物噴出し作業困難となれり之れ従業員の未熟練なると燒結鑛は餘りに熔解容易にして上部を流るゝ電流多きがためなり、次にB配合となり良成績を得たり。鑛滓中石灰量少き時は硫黃の除去困難なることを確めB配合に至り此缺點を除けり。電極は極力下げ抵抗熱を以て精鍊を舉行するを原則となせり。熔銑は爐前砂型場に作れる海鼠型に流して鑄造す。作業の狀況を表にせる日誌第十九表の如し。

2° フェロチタン精鍊

第一回實驗^{4°}に於て説明せるものと大體同様の作業を連續せしに過ぎず。即ち前項白銑鐵精鍊により得られたる鑛滓は TiO_2 20~25% を含むが故に之に更に屑鐵を加へ石炭を還元劑として作業せり。第二十一表は研究作業を示せるものなり。爐底電極なきため前回と若干事情を異にし爐底高熱部の區域調節稍々困難にして、又製品の搔出作業も稍前者に比し困難あり、搔き出しに用ゐし器具は高熱のため熔解し易く持續不良なれば更に改善する必要あり。其他職工の熟練、電力の減小等は尙研究を進めざる可らず。電弧を通ずるに當り電極を引上ぐることに重きを置くため上部高熱に失し鑛滓中 SiO_2 は還元されて製品に入り硅素含量多きに至れり即ち本研究により得られたるものはシリコチタン鐵合金と云ふ可きものなり。用途によりては之れにて差支なきも當初の目的と差異あり之を調正するは困難事にあらず。

5. 各種製品品質及生産費

各種類の製品を目的として實驗したるが故に之等精鍊の調節に關して次の事實を確め得たり。

- a. 孤光を盛にし局部高熱となす時は Si, Ti を還元し鼠銑を得られる。
- b. 高硅素銑を作らんとすれば自然チタンをも還元し一部はフェロチタンを得らる、又フェロチタンを作らんとする場合には原料及び操業を適當に調節せざれば高硅素製品となる。
- c. 鼠銑精鍊操業に於ては磷を除去する作用をなし得、即ち高熱高チタンの場合には鑛滓の除磷作用最も有效なり。
- d. 白銑精鍊に於ては除磷及除硫作用不良なり。特に高石灰鑛滓を作らしむるか或は低磷原料を選ばざる可らず。
- e. 鼠銑はチタニウムを含むため全炭素特に多く白銑は之に反して少し。
- f. 鼠銑は白銑に比し著しく流動性に富む。
- g. フェロチタンは孤光の利用及び石灰の利用により調節さる。

第二十表 (其の二)

月日	湯出時間		配合割合				配合數	生産量			電力消費量	極從業人員	記事				
	回数	時間	鐵滓	屑鐵	石炭	木炭		石灰石	其他	一級				二級	三級		
2 20	A.M. 9.30	3.25	100	50	23	10	45	其他に木炭 1.Kg	1/2					停電時間合計九時十分 Ti	Si	C	
"	P.M. 1.00	3.10	"	"	"	"	"		2					No1 19.24 No2 19.16 No3 19.94	9.42 11.56 10.25	5.66 5.38 7.39	
"	B 2.55	5.10	50	30	19	7	24		5	28.0	20.0	75.0	123.0	1.200	78.0	21	
2.21	A.M. 8.00	4.40	50	30	19	7	24		2					停電時間合計一時間四十分 Ti	Si	C	
"	P.M. 1.00	4.20	"	"	"	"	"		1 1/2					No1 19.65 No2 9.33 No3 13.03	11.92 12.41 9.20	6.20 4.15 5.62	
"	"	5.00	"	"	"	"	"		2					成品分析			
"	A.M. 9.00	3.45	"	"	"	"	"		2 1/2					作業後築爐に従事す			
"	A.M. 1.00	3.50	"	"	"	"	"		2	22.0	30.0	50.0	102.0	3.900	156.0	21	
2.22	P.M. 1.00	4.00	50	30	19	7	24		2					作業開始 停電時間十九時十分 Ti	Si	C	
"	"	5.00	"	"	"	"	"		2 1/2	5.0	9.0	19.0	33.0	1.400	47.0	17	
"	"	3.45	"	"	"	"	"							No1 18.86 No2 16.44 No3 6.80	10.31 10.18 11.89	7.08 6.23 4.25	
2.23	A.M. 9.00	3.30	50	30	19	7	24		1 1/2					停電時間合計一時三十分 Ti	Si	C	
"	P.M. 1.00	3.50	50	25	"	"	27.5		2					No1 19.66 No2 17.77 No3 14.90	12.76 13.56 10.93	5.63 5.66 5.38	
"	"	5.00	"	"	"	"	"		2					成品分析			
"	A.M. 9.00	3.50	"	"	"	"	"		2 1/2								
"	A.M. 1.00	3.45	"	"	"	"	"		2								
"	A.M. 5.00	3.50	"	"	"	"	"		2	8.0	28.0	120.0	156.0	4.000	133.0	19	
2.24	A.M. 9.20	4.10						フェロチタ ン抽出屑 100	2					停電時間合計三十分 Ti	Si	C	
"	P.M. 1.00	3.30						20	2					No1 18.50 No2 15.78 No3 5.92	12.20 14.46 9.73	6.82 5.96 1.88	
"	P.M. 9.05	9.55			10	10	10		4 1/2	10.0	22.0	56.0	88.9	2.600	95.0	18	
"														爐底に溜りたるもの	8.94	18.19	3.18

第二十一表 砂鐵電氣精鍊實驗成品分析表

種 別	T.C	G.C	C.C	Ti	Si	Mn	P	S
白 銑 鐵 (第一回實驗)	3.74	1.46	2.28	0.185	0.484	0.17	0.025	0.022
	4.17	0.34	3.83	trace	0.028	0.11	0.037	0.015
	4.31	0.68	3.63	//	0.019	0.12	0.034	0.017
	4.53	2.29	2.24	0.230	0.244	0.30	0.026	0.009
	3.71	0.02	3.69	trace	0.042	0.07	0.022	0.110
	4.72	0.69	4.03	0.500	0.132	0.52	0.016	0.020
白銑 合計	—	1.417匁	—	—	—	—	—	—
平 均	4.62	0.74	3.88	0.410	0.120	0.44	0.020	0.020
鼠 銑 鐵 (第一回實驗)	4.76	3.72	1.04	4.100	1.760	0.55	0.010	0.004
	4.28	3.76	0.52	2.000	2.740	0.53	0.010	0.004
	5.05	3.97	1.08	1.950	1.198	0.49	0.014	0.008
	3.96	3.41	0.55	0.560	2.435	0.34	0.036	0.021
	4.94	4.07	0.87	0.730	1.471	0.54	0.026	0.010
	4.86	3.74	1.12	0.326	0.938	0.37	0.038	0.007
4.84	3.44	1.40	0.216	0.875	0.37	0.055	0.006	
鼠銑 合計	—	344匁	—	—	—	—	—	—
平 均	4.65	3.73	0.92	0.430	1.380	0.42	0.034	0.012
白 銑 鐵 (第二回實驗)	2.81	—	—	0.030	0.350	0.21	0.109	0.263
	3.02	—	—	0.040	0.372	0.27	0.101	0.236
	2.77	—	—	0.050	0.300	0.44	0.093	0.197
	3.15	—	—	0.070	0.599	0.60	0.088	0.148
白銑 合計	—	5.986匁	—	—	—	—	—	—
平 均	2.94	—	—	0.040	0.505	0.38	0.098	0.211
白 銑 鐵	3.74	—	—	0.080	0.235	0.82	0.091	0.077
	3.67	—	—	0.160	0.412	1.26	0.086	0.061
	3.69	—	—	0.180	0.545	1.74	0.094	0.052
	3.10	—	—	—	0.799	1.45	0.094	0.057
	3.09	—	—	—	0.385	1.55	1.096	0.095
	3.21	—	—	—	0.483	1.52	0.096	0.083
	3.80	—	—	—	0.987	2.53	0.084	0.036
	白銑 合計	—	14.634匁	—	—	—	—	—
平 均	3.48	—	—	0.170	0.549	1.55	0.091	0.066

種 別	Ti	Si	C	重量	フェロチタン(第二回實驗) 一級品	21.03	8.71	5.90	31.0
フェロチタン(第一回實驗) 一級品	24.80	4.74	7.42	243.0	17.87	12.61	5.13	3.0	
二級品	20.78	6.98	6.60	345.0	23.25	13.65	6.36	22.0	
三級品	23.57	5.10	8.32	181.0	19.52	12.25	5.87	19.0	
特一級品(爐内にて 固化せしめたるもの)	30.60	4.54	7.49	48.5	15.00	11.69	6.05	33.0	
特二級品	19.92	4.49	7.43	25.0	19.24	9.42	5.66	28.0	
特三級品	10.37	3.40	6.12	112.0	19.65	11.92	6.20	22.0	
合 計	—	—	—	954.5	18.56	10.31	7.08	5.0	
					19.66	12.76	5.63	8.0	

	18.50	12.20	6.82	10.0		16.44	10.18	6.23	9.0
合 計	—	—	—	181.0		17.70	13.56	5.66	28.0
フェロチタン二級品	14.19	8.62	7.45	99.0		15.78	14.46	5.96	22.0
	23.36	10.32	8.21	33.0	合 計	—	—	—	408.0
	19.58	11.58	3.50	105.0	フェロチタン一級品	14.10	9.58	6.40	413.0
	9.96	10.42	5.66	35.0		7.27	9.50	5.05	103.0
	17.08	11.77	5.92	27.0		17.17	11.48	6.10	302.0
	17.16	11.56	5.38	20.0		14.75	11.67	5.41	165.0
	9.33	12.41	4.15	30.0	合 計	—	—	—	983.0

種 別	TiO ₂	SiO ₂	FeO	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	重量K.G.
含チタン鑛滓 B	26.13	26.82	2.98	25.20	8.22	4.45	1.800
C	23.63	23.77	2.80	26.74	11.82	4.32	3.600
D	19.33	28.53	3.91	26.33	12.08	4.36	0.850
平 均	23.76	25.29	3.00	26.24	10.82	4.36	計 6.250
E1	15.96	27.92	2.98	30.89	12.50	4.86	3.800
E2	14.85	28.57	3.45	33.18	5.68	4.37	1.900
F1	10.45	30.53	3.68	36.94	6.04	3.86	1.000
F2	11.07	30.39	2.08	36.70	10.86	4.11	1.000
平 均	14.35	28.74	3.07	32.99	9.77	4.51	計 7.700

h. 生成せるフェロチタンは附近鑛滓と混合する缺點あるが故に之が分離完全なる時一級品とし以下鑛滓を混するに從て二級三級とす。

k. 鑛滓よりフェロチタンを精鍊する時は硅素の含量多し尙改良を要す。

第一、二回精鍊を通じて得られたる製品の分析及重量は第二十一表に示せるが如し。此處に列擧せる含チタン鑛滓はフェロチタン精鍊の原料となしたるもの及び轉爐製鋼法及び平爐製鋼法に於て鑛滓調節に利用し得るものなり、即ち夫々 TiO₂ を利用し得る副産物なり。

砂鐵精鍊の能率は前掲表中に記載せるが如く尙遺憾の點あるも従業員の熟練と設備の改善により改良せらると信ず。本研究に於ける生産費は著しく高價なり。今第二回實驗を基として生産費の推理を試みんとす。但し本推理に引用せる數字は製鐵所に於ける著者の研究を主とし僅小の假定を用ゐたり。

木炭電氣銑鐵生産費 円
101.00

以上は一晝夜 10 噸連續生産に對する推理にして此中にて木炭、電極、電力の單價を減じ勞力を減ずる方法を講ぜざれば瑞典銑鐵の輸入と對抗困難なり、但し鑛滓をフェロチン精鍊の原料に使用する時は 5 圓を回收し得。然れども最も有利に精鍊技術を進歩せしめ電力單價 1 錢電極の質改善され海外の實例の如く其使用量 5 匁に減じ電極費を 2.00 圓に減じ得る時は 82 圓に減じ得。

骸炭電氣銑鐵生産費 円
68.00

前同様工業的規模により一晝夜連續 10 噸生産を目的とする場合の推理次の如し。

フェロチタン精鍊用として前同様鑛滓を利用する場合には副産物として回收し得る單價 5 圓を減じ得。此單價は製鐵所最近生産費に比し遙に高價なり。前同様電力費及び電極費を減じ極力能率増進を

行ひ得たりとし電極費を外國の實例に於ける如く 2 圓に下げ電力單價を 5 厘に減じ得る時は生産費は 43.00 圓迄減ぜられ更に副産物の價格を見る時は 38.00 圓となり鎔鑛爐と競争することを得と信ず。

鎔鑛爐精鍊と對抗せんとするには大量生産を主とし一晝夜 30 噸生産電氣爐四基にて平均 1 日 100 噸製品を目的とし能率増進を主眼とせば勞銀、築爐材等を減ぜらるゝが故に上述生産費を若干減じ得る見込あり。砂鐵單價は製鐵所受入 5 圓燒結鑛 7 圓と假定せり之れ一般には不可能なれども將來砂鐵を大量利用として特別の設備の下には可能なり。之等原料單價、電力單價並に電極品質及び單價は電氣精鍊としては重要なり。

6. 結 論

砂鐵電氣精鍊實驗により得られたる事實を綜合すれば次の如し。

- 1° 開放式電氣爐に依る時は鼠銑鐵、半白銑鐵、白銑鐵を適宜に精鍊し得。
- 2° 還元劑としては木炭最も優れ石炭之に次ぎ骸炭最も劣る、之れ炭素の反應度の相違によるが故なり。
- 3° フェロチタン精鍊には木炭を還元劑とし得るも骸炭は見込なし、木炭及び石炭を混合して用ひ得。
- 4° 鑛滓を高石灰となす場合には白銑鐵精鍊に適し TiO_2 は全部鑛滓中に入り銑鐵中に還元さるゝ事少し。之に反し低石灰鑛滓とし鼠銑精鍊の作業にては TiO_2 の還元可能なり。
- 5° 銑鐵中に Ti を還元せしむる作業にあつは磷及び硫黄を減じ得。
- 6° 銑鐵中に Ti を増加すれば若干流動性を増加するも其量 1% 以上は粘着し 4% に達すれば辛うじて流動す。即ち高熱作業を連続し調節を誤る時は爐底に高チタン半鎔融銑鐵を残し又フェロチタンとなり固結物を形成す。
- 7° TiO_2 還元不完全なるか空氣の流通循環を電孤局部に生ずる時は青化物をも生ず(次章参照)
- 8° 燒結鑛の場合には砂鐵に比し電力消費少し。製品當電力は爐小規模なるが爲に甚しく大量とならず連續作業にて能率増進を謀る時は尙當 2500 K.W.H. 以下に減じ得。電極の消費は爐の規模作業方法により甚しき差異あり。
- 9° フェロチタン精鍊の成績は尙充分ならず若干の改良をなし従業者の熟練を重ねれば良好となし得る見込なり。
- 10° 生産費は製鐵所の現状に有ては大規模となすも市場品と對抗すること困難なり。電力費單價 1 錢以下にては優良銑鐵精鍊成立し得、0.5 錢以下に有ては並銑鐵精鍊可能なり。
- 11° 本研究により鎔鑛爐精鍊の豫備知識を得たり。

X 砂鐵鎔鑛爐精鍊

1. 砂鐵鎔鑛爐精鍊梗概

砂鐵を粉鑛の儘鎔鑛爐精鍊に利用するは本邦舊式精鍊の他に方法なし、何故に此舊式方法が容易に

砂鐵精鍊に適せるかは前述せしが如く精鍊方法の幼稚なるがため凡ての反應不完全なること及び爐の壽命短き事等は主なるものなり。更に近世式鎔鑛爐に於て舊式方法の特長を採用して作業し得るか否を考ふるに、燃料を木炭として冷風を用ゐる事、爐壁熔解脱落して熔媒劑となる事、粉鑛を人工により入念に裝入する點、鑛滓中に鐵を遺棄し TiO_2 を全部滓化する點、爐の壽命の短き事、爐の能力小なる事等の諸點は舊式方法の特點にして不經濟に終る缺點なり従て新式法に於て之等を採用するは絶對に見込なし。唯舊式法の作業理論を參酌して新式法の考を立つるは大切なり、特に舊式法に有ては TiO_2 の害を恐るゝの要なき特長は學ばざる可らず。

新式方法によればチタニウムのため精鍊に故障を生ずるとされ其理論は已往文獻に於て若干説明され居るも尙充分ならず。即ち TiO_2 のために鑛滓粘着すると云ひ又粘性に影響なしとし或は TiO_2 は還元せられてフェロチタンを生ずるとか又は青化物を生ずる等の説あるのみにて尙徹底せざるものあり。砂鐵利用に於て已に前述せしが如き粉鑛處理の問題を解決したる後は更にチタニウムの問題を決定せざる可らず。含チタン鐵鑛の精鍊は文獻に示せるが如く多數の實驗報告あり就中米國ポートヘンリー製鐵所に於ける 180 噸鎔鑛爐に於ける實驗を Bachman 氏により報告されたるものは緒論に述べたる如く著名なる參考資料なり。此結論によれば爐床故障 (Dirty hearth) を生じ作業甚しく困難となるもチタン鐵鑛の裝入を中止すれば恢復さる。鑛滓は TiO_2 を含むために流動佳良となり、 TiO_2 裝入のために燃料を増加せしむる事なし、即ちチタン鐵鑛の精鍊は不可能にあらずと云ふにあり、該報告によれば Dirty hearth を生ずる理由は爐底にフェロチタンを生ずるにありとせらる、何となれば實驗終了後爐の取開きをなし調査せしにフェロチタンを得られたるが故なりと。本邦鎔鑛爐精鍊と上述米國の實例とは事情大に異なるが故に之れを以て我砂鐵精鍊に適用するは疑問なり、著者の遺憾とする所は Bachman 氏の實驗に實地試験を主眼とし TiO_2 の性狀及鎔鑛爐精鍊に於ける理論等に関しては推理されざる點多く同氏の報告を吾人の場合に適用することを躊躇する點多し又著者實驗の結果は後章に述ぶるが如く同氏の報告と相違の點少なからず。

砂鐵骸炭を作りて精鍊を試みられたる Heskett 氏はニュージーランド産砂鐵の利用に努力されたるも甚しき障害を伴ひ失敗に終り唯砂鐵精鍊に關して多くの自信を得他日改良の方針を立てられしに留まれば。之れ恐らく設備の不完全及び小規模なりしと作業に熟練せざる事並に鐵骸炭單味にて精鍊せし事が失敗の主原因なる可し。

著者は本問題に従事し尙如何に改善進歩せしむ可きかを推理し次の方針となせり。

- a. 砂鐵は並鑛石と幾何迄混じ得るか。
- b. 鑛滓は如何なる成分を以て最も適當とするか。
- c. 經濟的操業の要點。
- d. 精鍊により生ずる諸現象の理論研究。

爐底隆起物の研究、Dirty hearth の研究等に關しては前述文獻にも若干報告せらるゝも尙充分な

らざる點あるが故に夫等に関しては推理研究の餘地あり。

著者の研究は之等の方針を基とし並鑄鐵精鍊と比較して取扱ひたり、實驗室内小實驗により科學的推理をなせると共に前述せる砂鐵燒結鑄中 786,634 珎を戸畑作業場に運搬し同所第四番鑄鐵爐に於て精鍊の實地研究を行へり。本鑄鐵爐は已に爐壁煉瓦脱落し爐の壽命の終末に到着せるが故に凡ての危険を顧慮せず砂鐵精鍊を強行することゝなれり。大正13年11月24日より砂鐵裝入準備に着手し同26日より砂鐵燒結鑄を裝入し12月22日に至り終了せり。以下説述する所は砂鐵鑄鐵爐精鍊の理論及作業の顛末なり。

2. 砂鐵燒結鑄還元性研究

鐵鑄が 800 °C 以上にて一酸化炭素瓦斯による還元の難易は多數實驗の結果次の各項により推理さる。

- a. 鐵鑄中酸化鐵の狀態如何。即ち Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , $Fe_2O_3 \cdot xH_2O$ 等により化合熱及び還元熱に差あるが故に此順位により還元容易なり。
- b. 粒形、質の緻密度、結晶質の如何、即ち粒形小なるものは還元容易に、質緻密なるものは反應進行困難、結晶質は非結晶質に比し劣れり。
- c. 酸化鐵以外に難還元性不純物を含む時は其影響により還元困難なるに至る。即ち $FeSiO_3$, $FeTiO_3$, MnO_2 , P_2O_5 の如き化合物が均一緻密に混ざるとせば其ために妨げらるゝに至る。
- d. 含鐵品位悪しきものは比較的還元割合よく良品位の場合には之に反す。即ち良品位の場合は悪品位に比し瓦斯量を増加し試料を減ぜざれば同一還元作用を行はしむること能はず。此調節は實驗に有ても實作業に有ても困難なり。
- e. 鑄石量少く瓦斯量多く温度高き程還元反應迅速にして之に反する場合には不良なり。

鑄鐵爐内に有ても同様の説明は部分的に成立するも唯爐内一般反應により複雑するが故に若干の差異を生ず。之等の理論により明かなる如く砂鐵は TiO_2 を含むため結晶質なるため等にて並鑄石に比し還元困難なり。著者の實驗中横型爐による一實驗にて 50~70 目間の粒形砂鐵及び鑄石4瓦を 800 °C に於て2時間還元し瓦斯總量 2.5 リーターとしたる結果の一例次の如し。

第二十二表 各種鑄石比較還元度

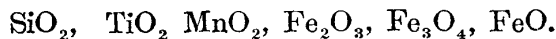
備考 金屬鐵還元率計算には燒結鑄中の金屬鐵は差引けり

分析種目 品名	還元成績				金屬鐵—酸素	
	T.Fe	M.Fe	FeO	Fe_2O_3	還元率	還元率
桃沖鐵鑄原鑄	62.94	—	3.65	85.93	—	—
還元温度	700 °C	74.11	31.40	43.34	8.62	46.42 60.75
	800 "	79.08	52.30	30.34	4.56	66.14 96.29
	900 "	86.70	76.77	12.09	0.76	88.55 91.89
	1000 "	86.88	79.43	9.58	0	91.42 94.15

殷栗燒結鐵	48.05	0.89	39.46	23.58	—	—	
還元溫度	700 °C	47.69	1.60	52.46	7.61	1.51	10.88
	800 "	49.47	6.03	53.61	2.53	10.13	24.76
	900 "	50.53	20.57	38.22	0.26	37.28	51.31
	1000 "	52.13	30.50	27.83	0	12.89	66.93
青森砂鐵燒結鐵 1	50.62	6.40	51.03	6.83	—	—	
還元溫度	700 °C	50.89	6.74	56.11	0.78	0.22	8.58
	800 "	50.45	7.97	54.65	0	2.90	12.55
	900 "	52.39	16.82	45.99	0	21.28	28.09
	1000 "	53.45	21.06	42.81	0	28.72	35.55
青森砂鐵燒結鐵	49.81	4.60	50.12	8.91	—	—	
還元溫度	700 °C	50.18	4.96	57.48	0.76	0.56	7.93
	800 "	50.88	7.12	54.93	1.53	5.05	16.32
	900 "	52.12	19.92	40.74	0.76	31.90	37.23
	1000 "	53.19	25.08	36.16	0	42.86	46.67
名 稱	成	分	分	還元鐵割合	還元酸素割合		
	Fe.	FeO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂			
大 治	65.16	4.93	88.01	0.6	48.79	65.21	
桃 冲	66.12	0.46	95.04	—	45.36	62.64	
殷 栗	50.06	0.52	82.41	—	42.09	57.42	
野牛砂鐵	45.06	3.63	60.33	6.90	22.17	31.74	
北海道砂鐵	53.86	25.14	49.08	9.36	21.89	27.92	

次に類似の實驗を堅型電氣爐につき施行せり、其概要下の如し。實驗裝置は第二十三圖に示すが如し。試料は之を碎きて 50~70 目粒形に齊し10瓦を取り瓦斯は CO含有 95% 以上とし20分間 1リターの速度にて還元し4時間連続し700. 800. 900. 1000. °C の4種實驗を行ひ、夫々反應前後の瓦斯分析及試料の還元前後分析を行へり、實驗の結果は第二十三表に示せる如し。更に此還元後試料の成分を明瞭ならしむるため二十四圖に示せる如く金屬鐵 %、FeO % Fe₃O₄ % を別々に連続累加記入せり。此の結果によれば砂鐵は並鐵石に比し著しく還元性不良にして又燒結せる砂鐵は一層還元不良なり。之れ砂鐵の大なる缺點にして止むを得ざる點なり。

鎔鐵精鍊に關係する化合物本來に就ては還元の難易次の順位の如し。

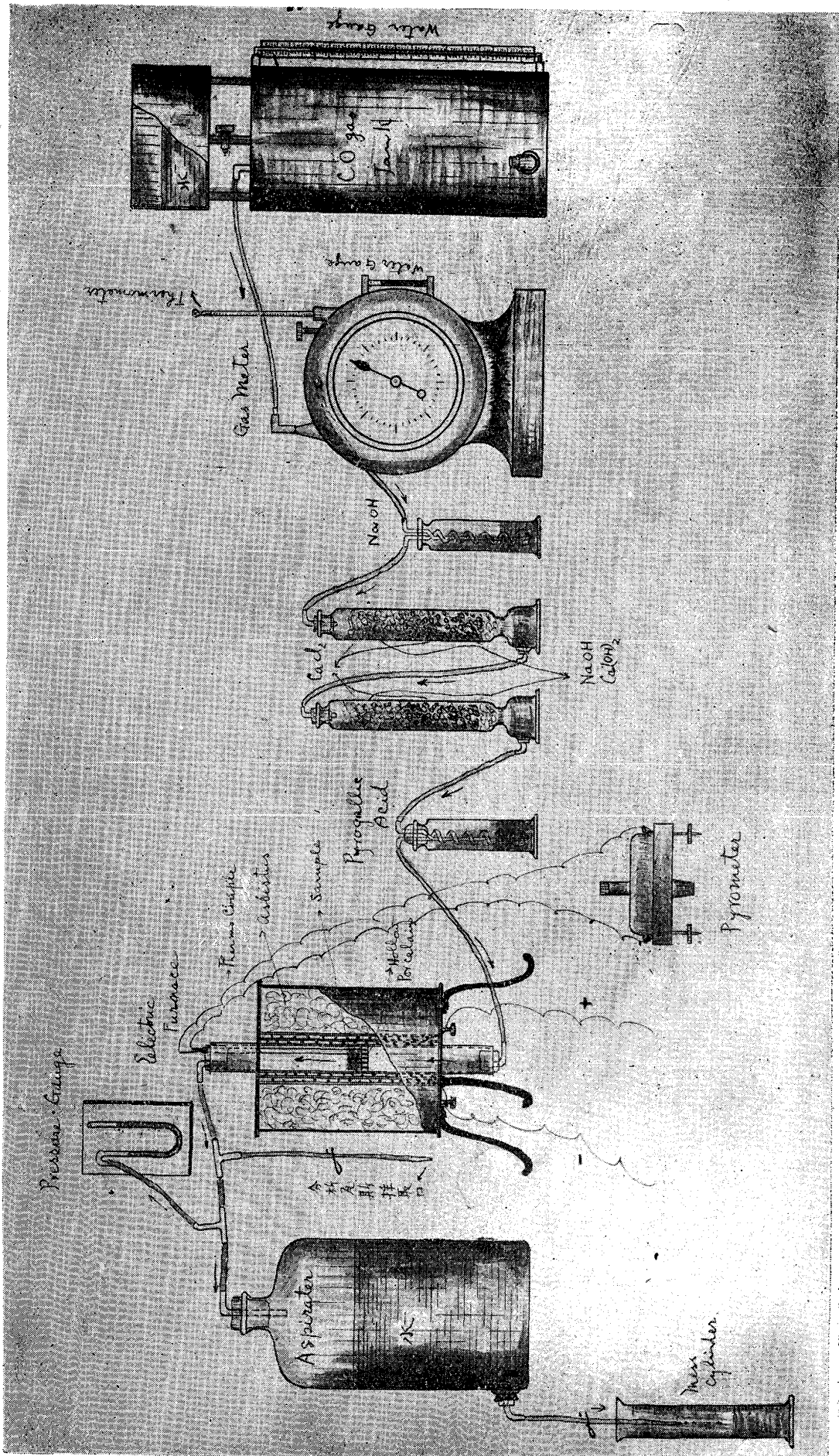


之れを還元熱になり推理するも明かなり。

酸化反應式 *	分子當量に相當する kg.Cal *	金屬 1 kg に相當する kg.Cal.	還元の場合に要せらるゝ kg.Cal
Si + 2O = SiO ₂	+ 191.0	+ 6,749.1	— 6,749.1
Ti + 2O = TiO ₂	+ 215.6	+ 4,491.7	— 4,491.7
Mn + 2O = MnO ₂	126.0	2,290.7	— 2,290.7
2Fe + 3O = Fe ₂ O ₃	195.6	1,746.4	— 1,746.4
3Fe + 4O = Fe ₃ O ₄	270.0	1,607.1	— 1,607.1
Fe + O = FeO.	65.7	1,173.0	— 1,173.0

* Landolt-Börnstein-Tabellen

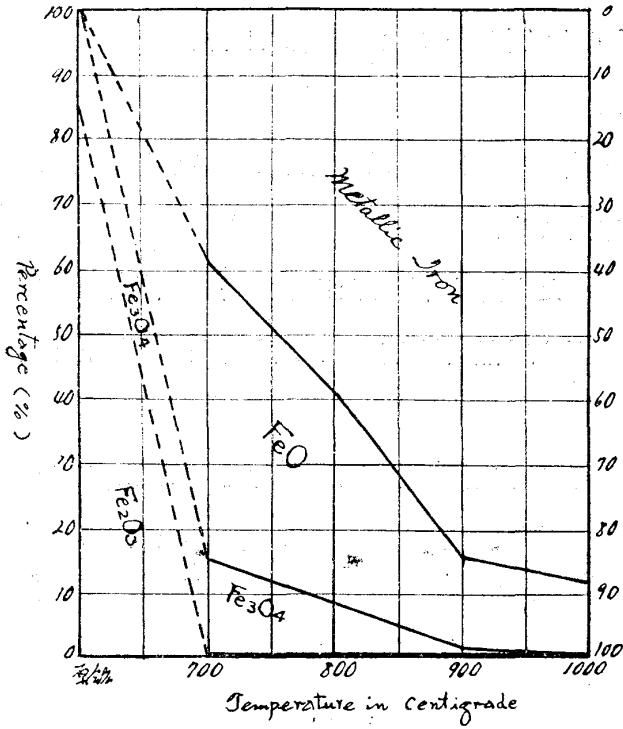
圖三十一 鑿形鐵石還元爐及附屬裝置



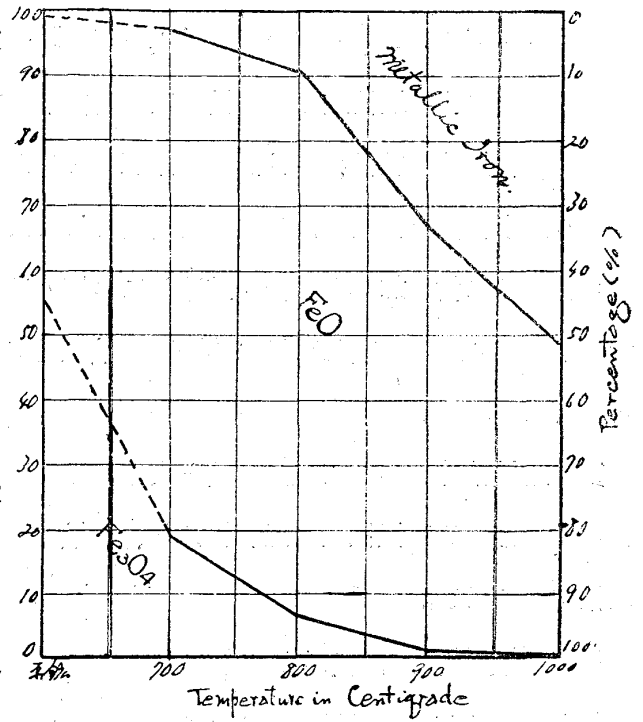
第二十四圖

各種鐵石比較還元度曲線圖

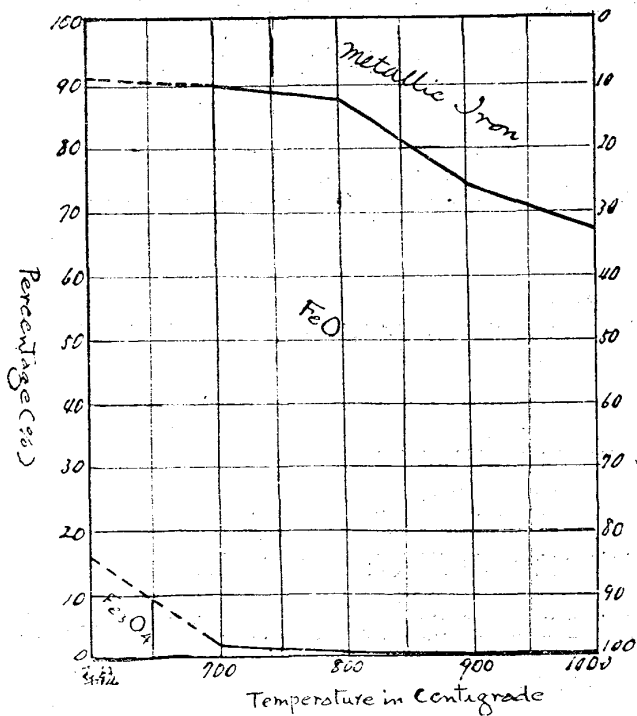
桃冲鉄鉱系鉄



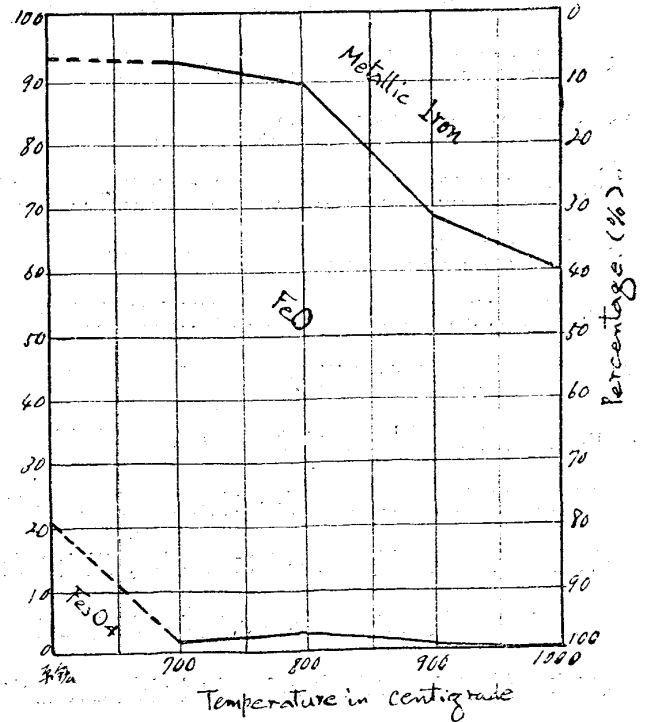
飯栗焼結鉄



青森砂鉄焼結鉄(1)



青森砂鉄焼結鉄(2)



即ち TiO_2 より 1kg Ti を還元するに要する熱量は Fe_3O_4 より 1kg 鐵を還元するに要せらるゝ熱量の 2.8 倍を必要とす。以下之に準じ還元の難易程度を前實驗と共に判然ならしめ得。 TiO_2 は瓦斯により相當還元さるゝ事も著者の實驗中に確め得たり SiO_2 に至ては不可能なり。従て TiO_2 は

$\text{TiO}_2 \rightarrow \text{Ti}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Ti}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{TiO} \dots \text{Ti}$ の如き階段による事を推理され得又 FeTiO_3 は $\text{FeTiO}_3 \rightarrow \text{FeO} \cdot \text{TiO}_2 \rightarrow \text{Fe} + \text{TiO}_2 \dots \text{Fe} + \text{Ti}$ の如く經過することを推理し得。

次に實驗に於て燒結鐵は原砂鐵に比し成績不良なるは

イ、回轉爐式燒結法にては還元の原理によるが故に燒結されたる時は已に大部分 FeO となり還元反應の前半行程を経たるが故に比較實驗としては成績不良なり。

ロ、燒結に當り加へられたる鑛滓並に FeO は熔結するため質緻密なるため原砂鐵の草莓狀に比し還元不良なり。即ち若し砂鐵に TiO_2 を含まざる場合には並結晶質鑛石に比し砂鐵は還元良好なる可き筈なり。

實際鑛鐵精鍊にあつて机上實驗と大差あるは過量の上昇瓦斯高熱鑛石を均一に通過して還元するが粒形の微細なるは機械的に惡影響あり、又鑛滓の生成と還元とは間接に重要なる關係あるが故に作用複雑するに至る。

3. 爐床故障に関する研究

著者は已往製鐵所鑛鐵爐吹止に於ける爐底を調査研究しチタニウムの影響に關して推理し尙後述せる砂鐵精鍊後に於ける爐底研究を基とし次の如く報告せんとす。

元來鑛鐵爐々底は作業の事情により或は隆起し又は遞落すること珍らしからず、チタニウムを装入せずして生ずる之等の現象は平常作業に起る一つの爐床故障にして所謂 Dirty hearth なり、此故障の生ずる主なる理論次の如し。

a. 爐内過熱となり鉄鐵中過量の硅素を含み黒鉛も亦過大なるが如き場合には鉄鐵の流動性不良となり爐底に固結物を生ず。

b. 爐内降下變調又は還元不規則或は其他の原因にて爐床過冷し流動不良なる鑛滓を生じ爐底並に爐床内壁に粘着したる場合

c. 鑛滓中に Al_2O_3 又は CaO の量過大なるため粘性鑛滓を生じ之を流動せしむる熱量を有せざる場合、又熔解層に於て齊一に滓化作用をなさざる場合。即ち溫度の分布及び瓦斯の上昇が均一なると否とにより生成鑛滓は一方には SiO_2 過大となり他方には CaO 過大となる如き場合。

斯の如き現象はチタニウム装入の場合には一層擴大さるゝ事を考へ得、今著者はチタニウム装入による爐床故障の理論を次の如く分類せんとす。

- TiO₂ 装入による爐床故障
- 粘性鉄鐵に原因す
 - 1. 高チタン鉄鐵又はフェロチタンに原因す
 - 2. 青化物を混じたる場合
 - 3. 珪素、黒鉛、硫黄を多く含む場合
 - 粘性鑛滓に原因す
 - 4. 爐況變調に原因す
 - 5. 成分不良に原因す
 - 6. 青化物を含むに原因す

爐底に堆積隆起する物體は複雑にして一定すること能はず、特に鑛滓に歸因する場合は一層複雑にして單純に説明すること能はず。

1° フェロチタン生成。元來鑛鐵爐の目的としては TiO₂ の還元は期せざる所にして特に 著者は鑛石中 TiO₂ が還元せられて鉄鐵中に入る事を恐るゝものなり。然れども前述せしが絶対に TiO₂ を還元せずに残すは不可能なり而して還元されたるチタニウムは一部分炭化物となりて鉄鐵に入り又一部は青化物に變じて鉄鐵、鑛滓、煉瓦中に浸入す。

鉄鐵中にチタニウムを溶解する時は其流動性を増すも 0.5% 以上は却て粘性を増加す(後章参照) 1% 以上に於ては著しく流動不良なり前掲せる砂鐵電氣精鍊にて 4% 迄は辛じて流出することを得たるも其以上は電氣爐によるも尙流動せず爐底に粘着す。前掲せる Bachman 氏の報告によれば爐底固結物中に Ti 59% のフェロチタンを發見され又 Heskett 氏も亦類似の結果を述べたるも著者の砂鐵精鍊に於ては終に全然フェロチタンを見出し得ず(後章参照)。著者の場合には已往發表の如く顯著なる爐底固結物極めて少く又フェロチタンの皆無等前試験に比し進歩せることを推理し得。

2° 青化物の生成、釜石製鐵所並に八幡製鐵所に於て多年の經驗によれば鑛鐵爐吹止後爐を取開き爐底固結物を取り出し處分するに當り爐底鉄鐵に混ぜる銅赤色小斑點又は薄被覆を發見さるゝも此物體が何物なるかは充分逐及されず過されたり。著者は大正 9 年 1 月 23 日に吹止められたる製鐵所第三鑛鐵爐並に同年 9 月 10 日吹止められたる第四鑛鐵爐の爐底固結物中の銅赤色結晶に關して研究せり研究方法の詳細は已に著者により本誌紙上に發表せる(文獻 15) 所の如し。此研究の結果によれば此銅赤色結晶は次の如き化學成分よりなる。

Ti	CN	T.N	Free.N	SiO ₂	T.C	Free.C	
71.64	7.944	16.624	12.347	4.90	7.33	3.77	合計
71.64	7.944	—	12.347	4.90	—	3.77	100.601

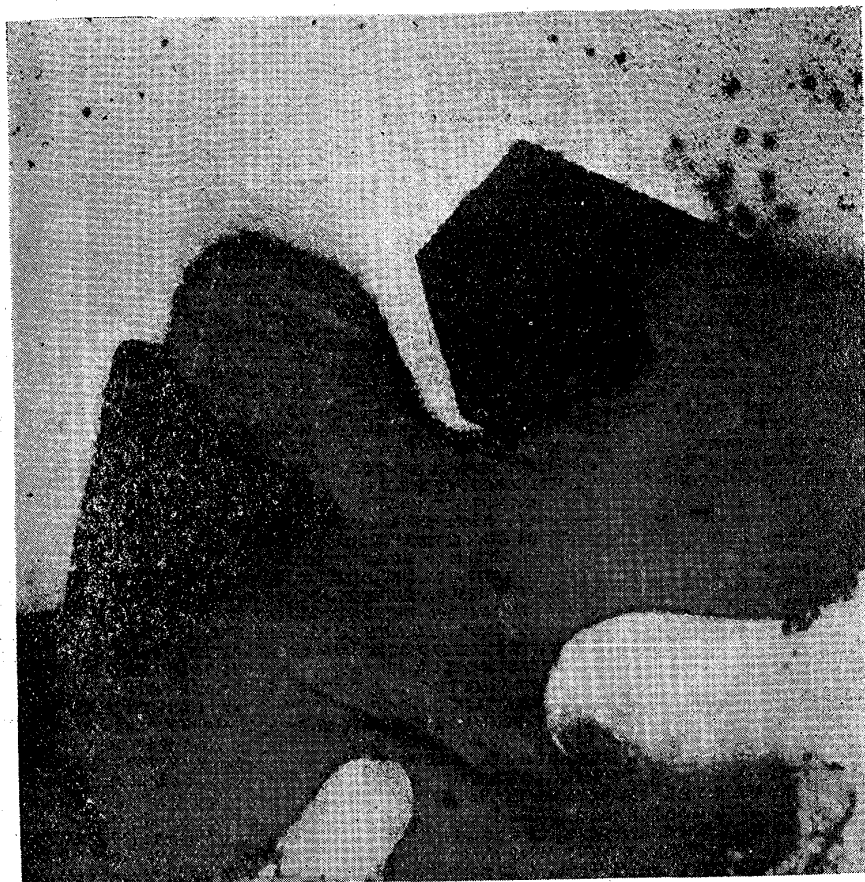
SiO₂ は不純物として残れるものなり。

銅赤色結晶の主成分は百分率として

Ti	77.939	CN	8.641	N	13.43
原子割合					
Ti	4.89	或は	5.0	CN	1.00
N	2.89	或は	3.0		
即ち	Ti ₅	CN	N ₃	或は	Ti ₁₀ (CN) ₂ N ₆

此化合物は特別の化合物として一定の結晶形を存し微小なる形狀を有し鑛滓、硫化滿俺、鉄鐵又は滓

第二十五圖

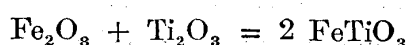


第二十六圖



化煉瓦中に存在し就中之等の接觸面に多し。其狀體を示すために顯微鏡組織の一例を示せば第二十五第二十六圖の如し。本結晶は熔融物中より固化するや硫化滿俺より低溫度なるも銑鐵及び鑛滓より高溫度に於て凝固す従て銑鐵及び鑛滓中に混じ其流動性を害す。之れ顯微鏡組織並に多數試料に就て明白なり。

3° チタニウム不安定化合物、チタニウムの鑛滓化には TiO_2 が SiO_2 、 CaO 又は Al_2O_3 と化合して安定なる化合物を作るにあり。然るに前述せるが如く、 TiO_2 の1部は還元さるゝが故に TiO_2 其他低酸化物に變ず可きは明かなり。従て此酸化状態により滓化作用には著しき差異あり。金屬の酸化物に有て共通の性質なり。例ば



即ち Ti_2O_3 は CaO 、 Al_2O_3 と作用困難にして含鐵鑛滓の成生に便なり。 TiO_2 以外の低酸化物が完全に SiO_2 — CaO 鑛滓母體に滓化さるゝには一度酸化されて TiO_2 に變ずる事を要せられ然らざる場合には不安定状態にあり而して此結果は不安定鑛滓となるか局部的逆境を生ず可きものと推理され得。 SiO_2 、 MnO_2 の如きは直接還元作用を受く可きものなるも TiO_2 は間接直接兩作用を受く可きものなるが故に單純なる滓化作用を受けざる憂あり。鑛滓中 Ti の成分同一なるに係らず種々の色及び外觀の鑛滓を生ずる事は並鑛滓に比して甚しく差異あり。鑛滓中に滿俺の含量多く鐵分比較的多量に滓化さるゝ場合には最も著しく此現象あり。著者の實驗せる含チタン鑛滓の色は大凡次の如し。灰色、青綠、藍、黄、褐、紫藍、黑色夫々濃淡各種此他鑛滓に關しては次節に於て詳述せんとす。

4. 砂鐵精鍊鑛滓の研究

砂鐵中に含有する TiO_2 を鑛滓中に除去し流動性佳良なる鑛滓を作らしむる時は砂鐵鑛精鍊の目的の過半は達せられたるものなり、此ためには勿論多方面の研究を要するも其主要なる點は鑛滓の化學成分、溫度均一熔融流動の三者にあり。今之等に關する著者研究の概要を述べれば次の如し。

1° 化學成分

已往文獻に於て諸先輩の發表せる多數の化學成分、前章電氣精鍊に於て論述せる實例、並に以下列擧する研究等により大體として次の要點を得推理を試む。

a. TiO_2 は酸性化合物として取扱はるゝも SiO_2 及び Al_2O_3 の何れよりも酸性度弱く鹽基性を帶ぶ従て鑛滓母體の如何により酸性及鹽基性任意に働くを得。例へば

	SiO_2	FeO	CaO	MgO	Al_2O_3
平爐鑛滓	15.84	7.83	48.98	5.48	6.10
轉爐 "	47.12	16.83	3.70	1.24	2.60

の兩者に夫々 TiO_2 2% を追加する時は共に熔融點を下げ流動性を増加す。此酸性及び鹽基性と呼べる從來の意義は若干不明瞭の點あるも著者は SiO_2 、 CaO の兩極端を基準として之れと近似の性質を帶び安定化合物を作り良熔融鹽となり得る事を基として推理せり。

b. TiO_2 を含む良鑛滓を作らしむるには SiO_2 を減ずる場合及び CaO を減ずる場合あり。

c. 並銻鑛爐鑛滓に比し著しく酸性 (SiO_2 多き) となせる鑛滓良成績なり。

之等諸點は大體の傾向なれども多數試験より得たる結果なり。此鑛滓研究として施行せる實驗は TiO_2 の増加により鑛滓の熔融點は如何に變ず可きか、 TiO_2 SiO_2 CaO Al_2O_3 の關係如何、 TiO_2 を含む鑛滓の流動性如何等あり。

2° 配合鑛滓の熔融點

TiO_2 、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 MgO の 5 試料を次の如く準備して配合鑛滓となせり。

TiO_2 はメルク製試薬を取り更に精密分析をなし 98.8% の純度を決定せり。 SiO_2 はメルク製最純硅酸を取り更に酸にて所理し可溶物を全部除き得たるものを使用して其純度 99.63% なり。 CaO は最純粹石灰石を選び數回鼓風爐にて煨焼し完全に CO_2 を追ひ出し次に嚴重に分析し其純度 98.88%。 Al_2O_3 はメルク製最純水酸化アルミニウムを 1 回溶解して沈澱せしめ此沈澱を集めて乾燥し次に灼熱爐により徐々に加熱し水分を追ひ出し完全に酸化せしめて作れり其品位 98.16%。 MgO はメルク製最純酸化マグネシアを煨焼して準備せり其純度 99.65% なり。

之等試薬につき行へる熔融點測定法は豫定配合にて合計 5 瓦を取り精密に混合し極少量のゼラチン液を加へ普通耐火度試験と同一方法にて三角錐を作り 1 日乾燥し 1 配合より 6 個を製し貯藏す。加熱には炭素管高熱電氣爐及び白金電氣爐を用ゐ、前者は 1300 °C 以上の場合に用ひ後者は其以下に用ゐたり。前者は溫度上昇迅速なるが故に特別に造れる炭素抵抗により調節し又白熱炭素管の酸化により瓦斯を發生するが故に瓦斯浸透を完全に防ぐため耐火管を内部に填めたり。後者は瓦斯の發散する憂なく溫度の調節も亦容易なり。何れも横置式電氣爐にして三角錐は蠟石臺上に標準三角錐と共に立て溫度の測定には光高溫度計及び白金ロヂウム高溫度計共に使用し實驗を精確にするため時々精密度を試験し補正せり。概して標準三角錐は参考に留め高溫度計を主として三角錐の軟化溫度を測定せり。本實驗により得らるゝ軟化點は嚴重の意味には熔融點と一致せざるも鑛滓の熔融には先づ軟化し次に流動に至るものにして此間漸進的にて金屬の如く明瞭に急激の變化をなさざるが故に著者は此三角錐の光端軟化熔曲の點を熔融點と名付けたり。

配合鑛滓の熔融點實驗結果は第二十三表、二十七圖、二十八圖に示せる如し。

第二十三表 配合鑛滓熔融實驗

實驗番號	TiO_2	MgO	Al_2O_3	CaO	SiO_2	軟化溫度	實驗番號	TiO_2	MgO	Al_2O_3	CaO	SiO_2	軟化溫度
實驗 No.1	TiO_2 —0	0	SiO_2	CaO	變化		7	0	5	20	47	28	1230
1	0	3	12	55	30	1430	8	"	"	"	45	30	1230
2	"	"	"	52	33	1425	9	"	"	"	43	32	1250
3	"	"	"	50	35	1420	11	"	"	"	41	34	1330
4	"	"	"	48	37	1400	11	"	"	"	40	35	1380
5	"	"	"	45	40	1375	實驗 No.3	TiO_2 —10%	SiO_2	CaO	變化		
實驗 No.2	TiO_2 —0	0	SiO_2	CaO	變化		12	10	3	10	52	25	1290
6	0	5	20	48	27	1240	13	"	"	"	47	30	1280

14	"	"	"	42	35	1260	37	10	3	15	40	32	1250
15	"	"	"	37	40	1245	38	"	"	20	"	27	1265
16	"	"	"	32	45	1235	實驗 No.8 TiO ₂ SiO ₂ 變化						
17	"	"	"	27	50	1250	39	0	3	12	40	45	1295
實驗 No.4 TiO ₂ 10% SiO ₂ CaO 變化							40	2	"	"	"	43	1275
18	10	3	12	50	25	1320	41	5	"	"	"	40	1270
19	"	"	"	48	27	1290	42	7	"	"	"	38	1270
20	"	"	"	45	30	1280	43	10	"	"	"	35	1255
21	"	"	"	43	32	1270	44	15	"	"	"	30	1230
22	"	"	"	40	35	1260	45	20	"	"	"	25	1260
23	"	"	"	35	40	1240	46	25	"	"	"	20	1275
實驗 No.5 TiO ₂ 10% CaO MgO 變化							47	30	"	"	"	15	1345
24	10	0	12	43	35	1270	48	35	"	"	"	10	1410
25	"	3	"	40	"	1245	49	40	"	"	"	5	1470
26	"	6	"	37	"	1255	實驗 No.9 TiO ₂ CaO 變化						
27	"	10	"	33	"	1255	50	0	3	12	50	35	1325
28	"	15	"	28	"	1260	51	2	"	"	48	"	1300
實驗 No.6 TiO ₂ 10% MgO Al ₂ O ₃ 變化							52	5	"	"	45	"	1290
29	10	0	15	40	35	1270	53	7	"	"	43	"	1285
30	"	1	14	"	"	1240	54	10	"	"	40	"	1260
31	"	3	12	"	"	1250	55	15	"	"	35	"	1245
32	"	6	9	"	"	1250	56	20	"	"	30	"	1250
33	"	10	5	"	"	1280	57	25	"	"	25	"	1250
實驗 No.7 TiO ₂ 10% SiO ₂ Al ₂ O ₃ 變化							58	30	"	"	20	"	1250
34	10	3	5	40	42	1255	59	35	"	"	15	"	1275
35	"	"	9	"	38	1250	60	40	"	"	10	"	1540
36	"	"	12	"	35	1250							

第二十四表 銻鑛爐鑛滓 TiO₂ 配合試料熔融點實驗

第一熔鑛爐鑛滓

試驗 番號	鑛滓 配合 %	TiO ₂ 配合 %	配合割合上より見たる 分 析 成 績							熔融(耐火)溫度			備 考
			SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	MgO	TiO ₂	第一 回試 驗	第二 回試 驗	平均 溫度	
1	100	0	34.80	1.26	13.95	2.12	44.97	1.90	0.54	1250	1250	1250	原料分析成績 TiO ₂ 35% 迄の配合するもの 却つて熔融點は低下せり。
2	95	5	33.06	1.20	13.25	2.01	42.72	1.81	5.12	1220	1210	1215	
3	90	10	31.32	1.13	12.55	1.91	40.47	1.71	9.70	1225	1215	1220	
4	85	15	29.58	1.07	11.76	1.80	38.22	1.67	14.28	1220	1230	1225	
5	80	20	27.84	1.01	11.06	1.70	35.98	1.52	18.85	1235	1225	1230	
6	75	25	26.10	0.95	10.36	1.59	33.72	1.43	23.44	1240	1232	1236	
7	70	30	24.36	0.88	9.66	1.48	31.48	1.33	28.03	1245	1230	1238	
8	65	35	22.62	0.82	8.96	1.38	29.23	1.24	32.59	1245	1247	1246	
9	60	40	20.88	0.76	8.27	1.27	26.98	1.14	37.17	1253	1247	1250	
10	58	45	19.14	0.69	7.57	1.17	24.73	1.05	41.75	1260	1254	1257	
11	50	50	17.40	0.63	6.87	1.06	22.48	0.95	46.33	1265	1257	1261	

第五熔鑄爐鑄滓

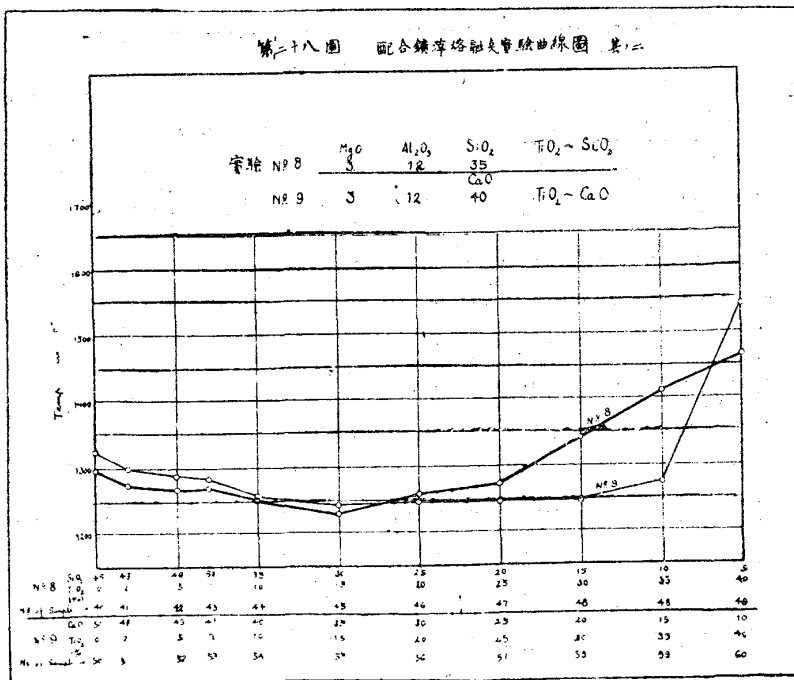
試料	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO	Fe	Mn	P	S	温度	温度	温度	原料分析成績
12	100	0	33.60	1.15	15.64	2.27	44.87	1.95	0.77	1250	1250	1250	
13	95	5	31.92	1.09	14.87	2.16	42.63	1.85	5.34	1220	1210	1215	
14	90	10	30.24	1.04	14.08	2.04	40.38	1.76	9.90	1225	1220	1223	
15	85	15	28.56	0.98	13.29	1.93	33.14	1.66	14.47	1230	1220	1225	
16	80	20	26.88	0.92	12.51	1.82	35.90	1.56	19.04	1230	1232	1231	
17	75	25	25.20	0.86	11.73	1.70	33.65	1.46	23.61	1242	1230	1236	TiO ₂ 30% 迄配合するもの
18	70	30	23.52	0.81	10.95	1.59	31.41	1.37	28.18	1260	1230	1245	熔融點却つて低下せり。
19	65	35	21.84	0.75	10.17	1.48	29.17	1.27	32.74	1252	1250	1251	
20	60	40	20.16	0.70	9.37	1.36	26.92	1.17	37.31	1255	1250	1253	
21	55	45	18.48	0.63	8.60	1.25	24.68	1.07	41.87	1255	1255	1255	
22	50	50	16.80	0.58	7.82	1.14	22.44	0.98	46.45	1260	1260	1260	

次に已成鑄滓に TiO₂ を追加して前述同様熔融點實驗を行へり。鑄滓試料は製鐵所第一鑄鑄爐及第五鑄鑄爐鑄滓にして夫々瑪瑙乳鉢にて 200 目程度に粉碎したる後前掲同様 TiO₂ を配合混和したる後前同様實驗せり、其結果は第二十四表及び二十九圖の如し。

以上實驗の結果を綜合すれば次の如き一般推理を下し得。TiO₂ 10% を含む配合鑄滓にて

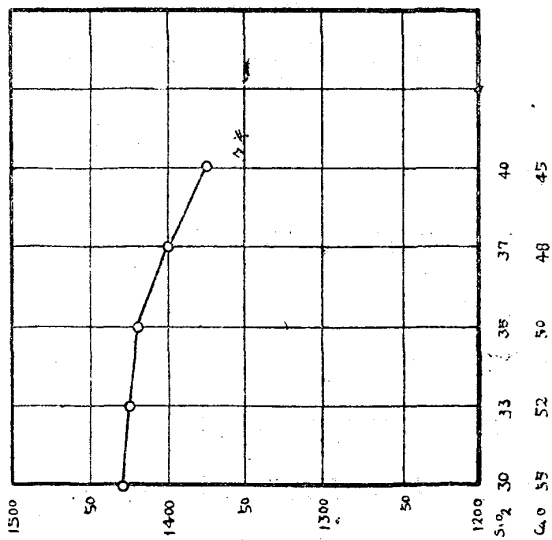
a. Al₂O₃ を増加する時は熔融點を高くす、特に同様に MgO CaO を増す時は難熔融なり。又 Al₂O₃ を減じ SiO₂ を増すとせば熔融點を下ぐ又 Al₂O₃ は SiO₂ 同様に代用し得る特性を 鑄鑄爐鑄滓に於て表はせり。

b. SiO₂ 35~45% は最も鑄鑄精鍊に適するものなり。若し SiO₂ を一定し Al₂O₃ を増加する場合は熔融點を下ぐ即ち前項に於て述べし如く Al₂O₃ は酸基に屬するが故なり。SiO₂ の代用として SiO₂ を減じ Al₂O₃ を増す場合は結果不良なるも Al₂O₃ を減じ SiO₂ を増す場合には良好なり。

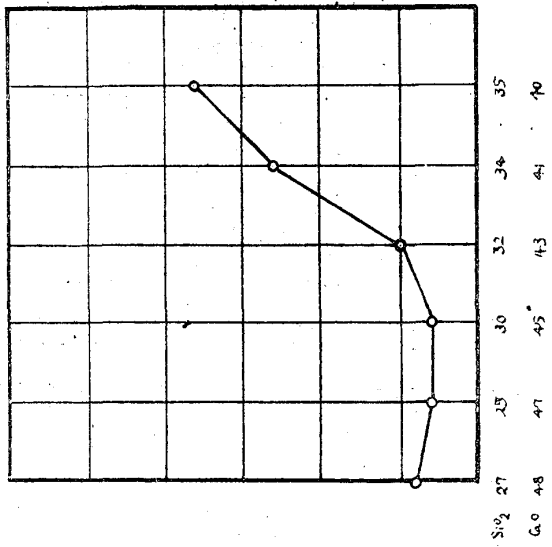


第二十七圖 配合鐵滓熔點實驗曲線圖

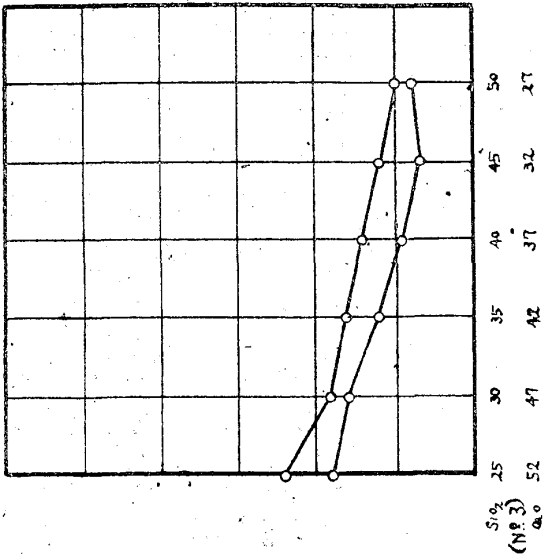
No1 TiO₂...0
MgO...3
Al₂O₃...12



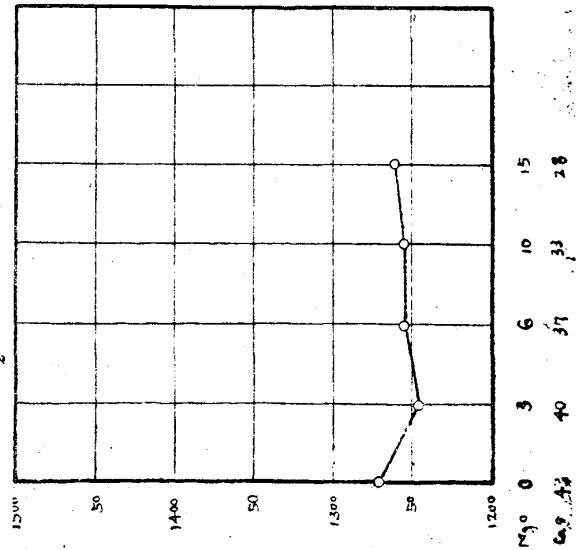
No2 TiO₂...0
MgO...5
Al₂O₃...20



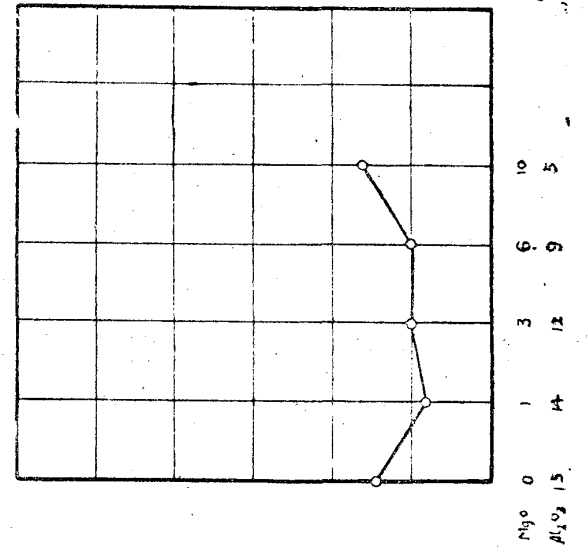
No3 TiO₂...10
MgO...3
Al₂O₃...10



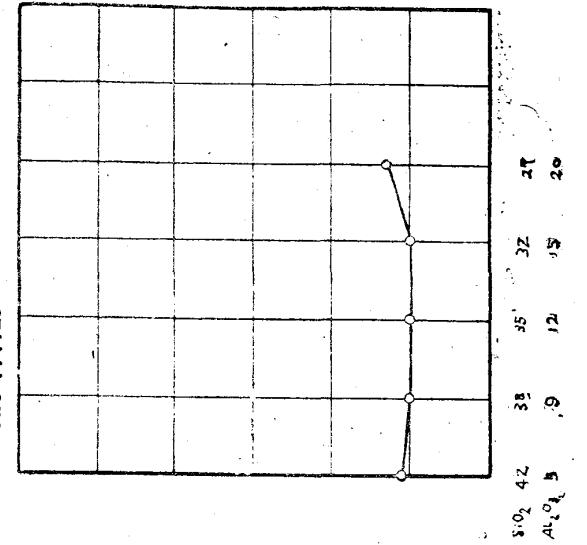
No5 TiO₂...10
Al₂O₃...12
SiO₂...85



No6 TiO₂...10
SiO₂...35
CaO...40



No7 TiO₂...10
MgO...3
CaO...40

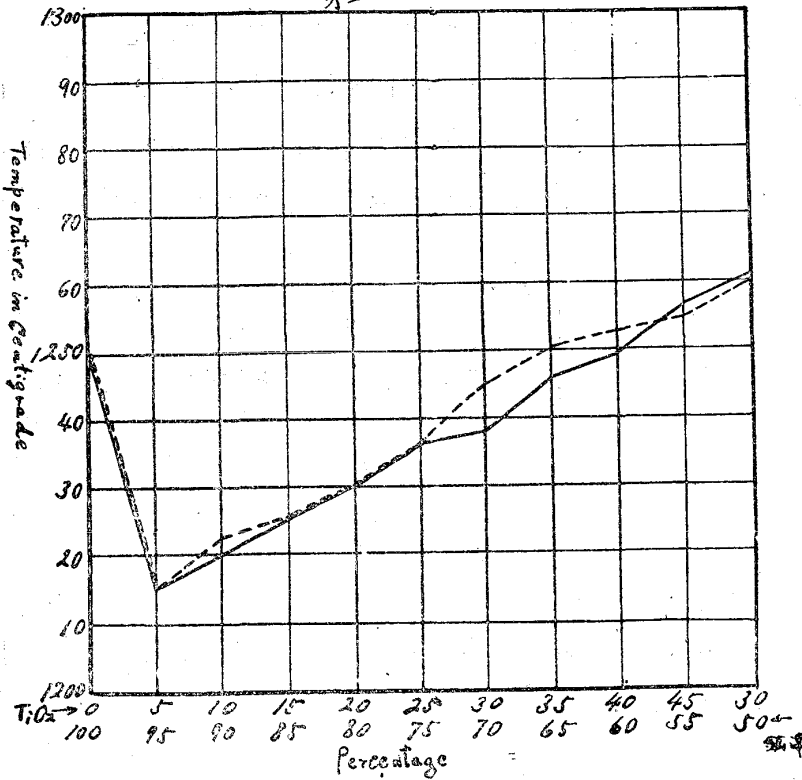


(No3) SiO₂ 25, 30, 35, 40, 45, 50
CaO 52, 47, 42, 37, 32, 27

(No4) SiO₂ 27, 30, 32, 35, 40, 45
CaO 48, 43, 40, 35, 32

SiO₂ 42, 38, 32, 27
Al₂O₃ 5, 9, 12, 15, 20

第二十九圖
 熔鑄爐鑄滓 TiO₂ 配合試料
 熔融點實驗曲線圖
 第一鑄鋼の鑄滓
 第五 " " " " " "



c. MgO は CaO に比し著しく熔融點を上ぐ 3~6% は鑄鑄精鍊に好都合にして MgO を含まぬ鑄滓に比し熔融點を下ぐるも此以上に至れば難溶解に變ず。CaO + MgO を一定する場合には MgO を増加し 10% となすも差支なし。實地には 6% 以下となすは安全なり。

d. CaO は上述成分の關係より自然に決定さるゝものにして MgO Al₂O₃ が適當に配合されたる場合には 35~40% 最も良結果を得らる。

之等の推理は並鑄鑄爐鑄滓に比し差異甚だ少きを見る即ち TiO₂ 10% 以下の鑄滓にては鑄滓の一般性状は普通作業と大差

なきものと考へ得。製鐵所平常作業にて TiO₂ 1.5% を含む如き場合は珍しからず之れ原料中に少量含まるゝ TiO₂ が無意識の間に鑄滓中に集るものにして爐操業者は何等意識せず順調作業を繼續するものなり。次に實驗 No. 8. 9 に示せる如く TiO₂ の含有量を變化せしめたる場合に SiO₂ を減ずるも又 CaO を減ずるも共に熔融點を著しく下ぐ而も前者より。後者は降下稍早く長く低溫度を持續せり。前者は TiO₂ 27% にて原溫度に復するも後者は 36% に至り初めて原溫度に歸し 40% に達する時は兩者共に著しく溫度高し。兩者を通じて最低溫度は 1230 及び 1245°C にて TiO₂ 15% なり。之等の事實を總括すれば

- a. TiO₂ 15% 以下にあつて TiO₂ は酸性又は鹽基性とするも熔融性には變化なし。
- b. TiO₂ 15% 以上に至ては TiO₂ を鹽基性として扱ふを安全とす、30% 以上に至ては特殊の鑄滓成分を作る必要あり。

又鑄鑄爐鑄滓 TiO₂ 配合試料熔融點實驗結果を見るに TiO₂ は全然中性として追加し鑄滓母體の各成分割合は常に一定せるものにして、TiO₂ を加ふると共に急に熔融點下り TiO₂ 5% は最低を示し以後漸次熔融點を増加するも原鑄滓と同一溫度に復するは TiO₂ 35% なり。即ち TiO₂ を中性として取扱ふも TiO₂ 10% 以内にあつては何等の變化なく熔融點著しく降下せり。

上來の實驗より推理するも略同様にして TiO_2 の増加と共に SiO_2 及び CaO を適當に調節する時は並鑛滓より低熔融點を得らる。

3° TiO_2 , SiO_2 , CaO , Al_2O_3 の關係推理

著者の砂鐵鑛精煉に於ける鑛滓の推理は現在鑛鑪作業實例に重きを置き近似理論に従へり。前記四化合物の平衡並に鑛物學的顯微鏡的推理は後日に譲れり。製鐵所鑛鑪最近鑛滓平均成分を蒐集せるものは第二十五表に示すが如し。更に CaO 以下鹽基を合計せるものを Base となし三角圖に記せるもの第三十圖に示せる如し。製鐵所に於ては多年の熟練により略一定せる化學成分の鑛滓にして殆ど 30 圖に示す Q 點の周圍に集まれり即ち

Q 點 SiO_2 35% Al_2O_3 15% Base 50%

は平均鑛滓なり但し最近若干の高 Al_2O_3 鑛滓あれども特例なり。而して之等の諸點は CF 並に CG 線にて境せられ AB 線上より論ずれば

F	4 $CaO \cdot 3SiO_2$	硅酸度	1.5
G	2 $CaO \cdot SiO_2$	"	1.0

兩點の間に介在せる化合物に Al_2O_3 の混じ三化合物よりなり硅酸度を低下するに至るものなり。今 Q 點と C 點とを結ぶ直線が AB 線と交はる點 P は總平均鑛滓 Q より Al_2O_3 を除きたる場合に SiO_2 と CaO との關係割合を示せり而して此 P 點は

SiO_2 41% Base 59% 硅酸度 1.28

即ち其割合に SiO_2 Base の混ぜるものに對し Al_2O_3 が中性として混ぜられ三化合物を生ずるに至れり。勿論 Al_2O_3 は酸性なれども此 P 成分を考ふる時は中性として取扱はるゝものなり。若し鑛滓の成分中 Al_2O_3 が甚しき不同なき場合には此 P 成分は實地より得られたる基本成分と考へ得。著者は此 P 成分を基本鑛滓と名付けんとす即ち多數の實地作業より其基本鑛滓を決し得例へば製鐵所の實例によれば

$$Al_2O_3 \quad 15\% \text{ の場合} \quad \frac{SiO_2}{CaO} = \frac{41}{59}$$

$$20\% \text{ の場合} \quad \frac{SiO_2}{CaO} = \frac{39}{61}$$

此理論は海外多數鑛鑪の實例につきても夫々特殊の場合につさ決定せられ基本鑛滓を見出し得。此基本鑛滓は或範圍の Al_2O_3 と化合し最低熔融點となり鑛鑪精煉に最良結果を與ふるものにしてアルミネート構成の合理的なるものなり。換言すれば Al_2O_3 を最もよく熔解し得る基本を示したるものなり。元來鑛鑪精煉の鑛滓は SiO_2 CaO の両者が鑛滓母體となる可きものにして他の化合物は之れに熔解さるゝと考ふるを得。元來鑛滓を形成する化合物が豫想通りに化合して均一熔體を作るには常に必要なる溫度あるが故に此熱量と溫度の不足に有ては夫々相當せる化合物を生じて別々分離し豫定通りの熔體を得ざるものなり。之れ實地操業にて大切なる點にして鑛滓の配合と溫度とは常に

同時に考へらる可きなり。要するに SiO_2 , Al_2O_3 , CaO の關係はかくの如く複雑し骸炭吹、木炭吹、作業狀況、原料等により各實驗的に決定され得。而して此關係は鑛物學的にも説明し得るも後日に譲る。

今 SiO_2 に準じて若干酸性機能を有する化合物を順位に排列すれば次の如し。

強酸性 SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Ti_2O_3 , Fe_2O_3 , 弱酸性 TiO_2 は屢々述べ來れる如く Al_2O_3 より一層弱酸性にして少量に有ては中性として取扱ふも差支なく多量に至れば鹽基に近ずかしむるを便とす。又前述せるが如く酸性轉爐及び鹽基酸平爐鑛滓に TiO_2 を追加する時は兩者共に流動性を増加するは TiO_2 が SiO_2 の代用並に CaO の代用をなし調節安全辨をなす事を示せり。

著者は SiO_2 - Al_2O_3 -Base 鑛滓に基準鑛滓を考へ之に TiO_2 を逐次増加する如く推理せんとす。前掲配合鑛滓にて説明せしが如く TiO_2 10% 以内に於ては SiO_2 , Al_2O_3 , CaO の關係は並鑛滓と近似せり即ち TiO_2 は中性として取扱ふが稍々鹽基性として取扱ひ得、換言すれば此場合の基本鑛滓は最良流動の SiO_2 - Al_2O_3 -Base 鑛滓なり。

TiO_2 の鑛滓に追加さるゝ場合には之等の理論以外に前述せるが如く Ti_2O_3 , Ti_5CN , N_3 等の變調危険並に溫度による化合生成變調あるが故に實地作業に於ける場合は安全を期せざる可らず。此實地作業鑛滓の流動性並に爐床故障の實地等は後章に述べんとす。

要するに TiO_2 を含む鑛滓は著者の所謂基準鑛滓の熔融點を出來得る丈下げ TiO_2 は中性又は若干鹽基性として取扱はんとす。著者は本研究に於て

SiO_2 38 Al_2O_3 12 Base 50

を基準鑛滓とし TiO_2 の増加により其 3/10 を SiO_2 の代用とし 7/10 を Base の代用となさんとす即ち

TiO_2	SiO_2	Al_2O_3	Base	TiO_2	SiO_2	Al_2O_3	Base
0	38	12	50	10	35	//	43
5	37	//	46	15	34	//	39

而して鑛鑛爐精鍊に有ては TiO_2 15% 以上に増す事は前掲せるが如く種々の困難あり經濟的操業の見込なし。特に著者は TiO_2 10% 以下としては作業するを良策と信ず。

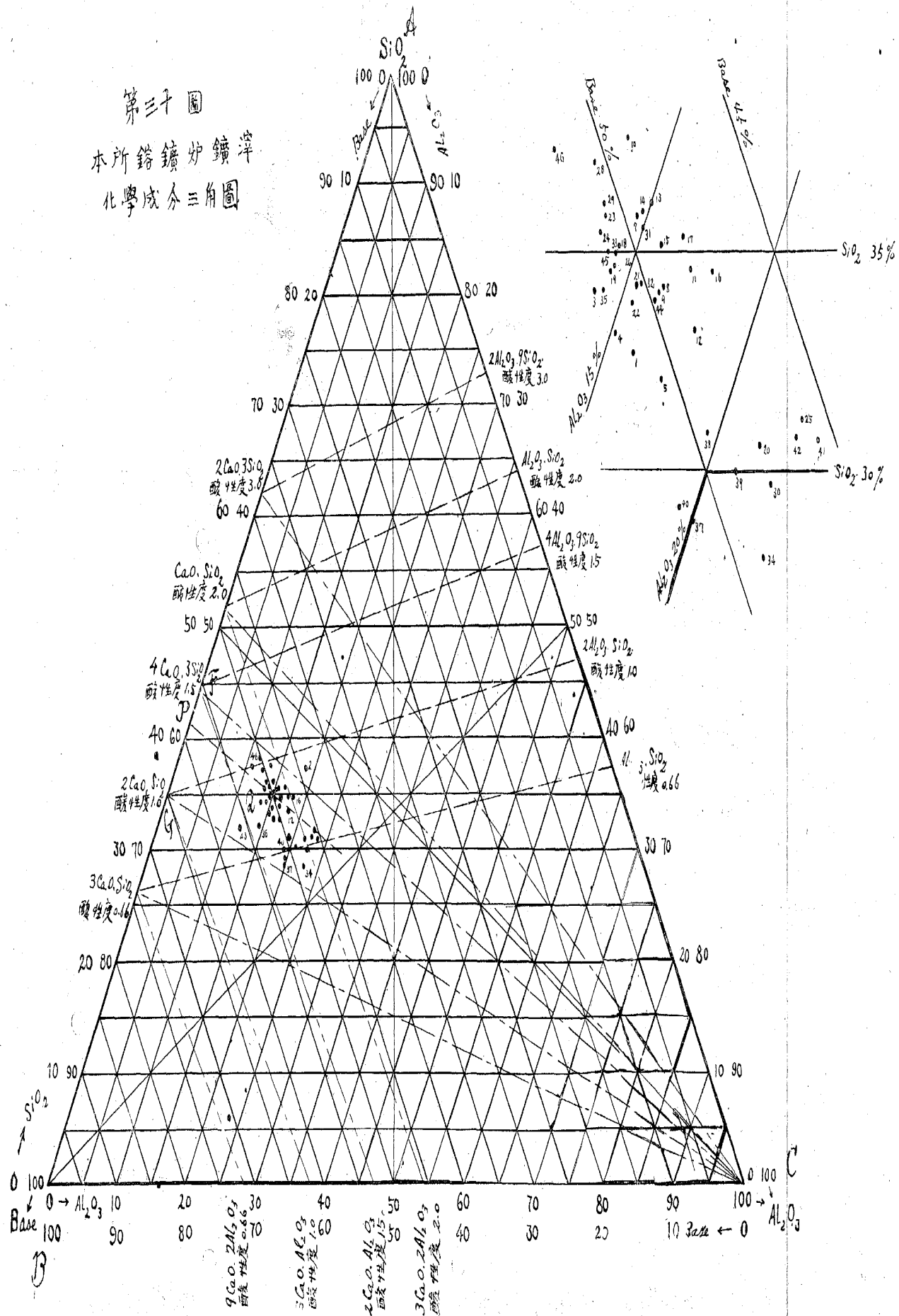
5. 砂鐵鑛鑛爐精鍊要項

砂鐵燒結鑛を戸畑作業場 150 種鑛鑛爐に於て精鍊に付せる原理及び實行豫定を簡單項目にすれば次の如し。

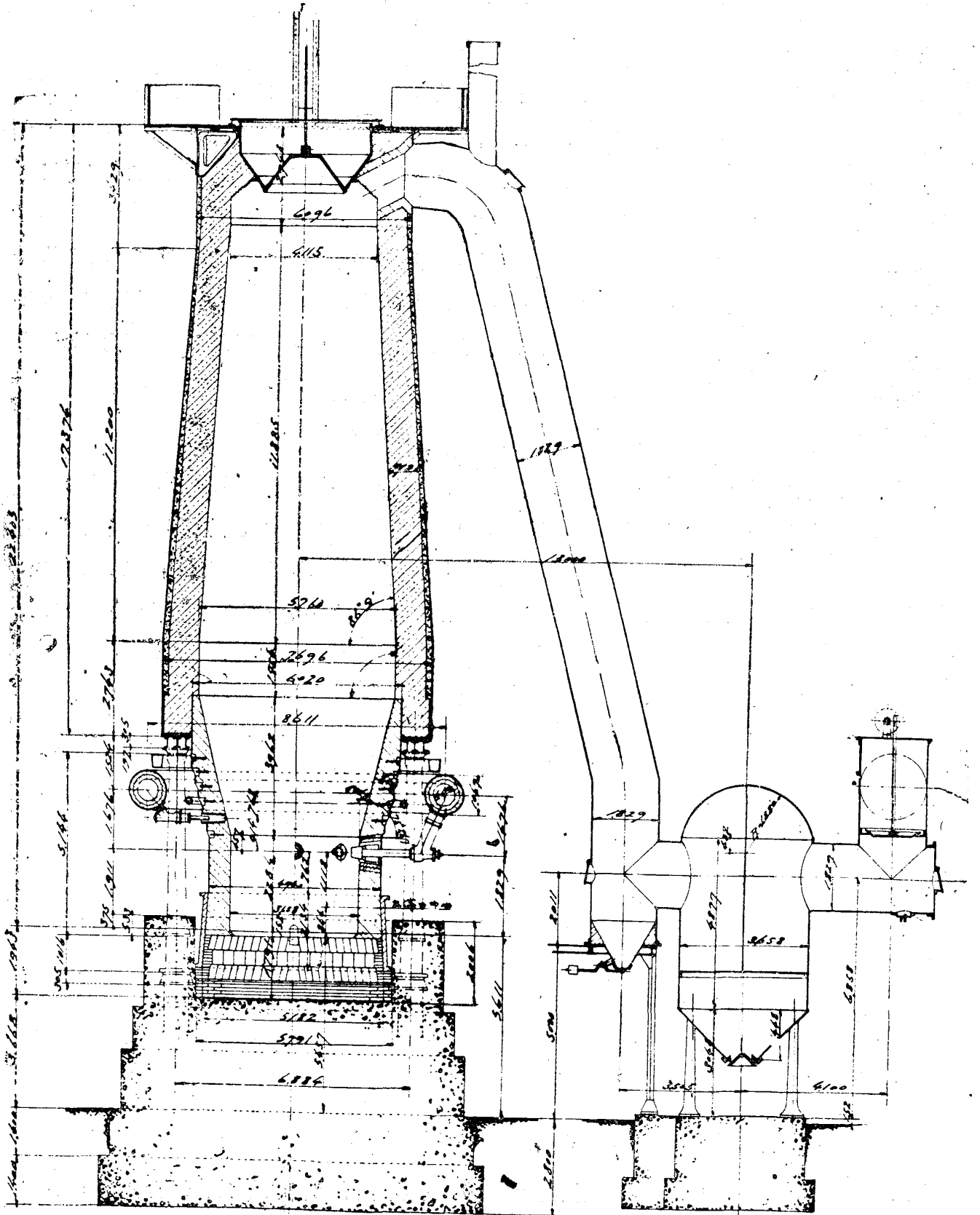
a. 燒結鑛を鑛鑛爐に使用する場合、已往塊鑛裝入の場合に比し鑛石の爐内分布に若干差異ある可きなり。粒形小なるために灼一降下に接近し有利なり。又本燒結鑛は特に鑛滓を配合せるが故に其含有する硅酸分は並鑛石とは趣を異にし熔解容易に鑛滓生成も亦容易なり。

b. TiO_2 に對する方針、燒結鑛中の TiO_2 は出來得る丈け還元を妨げ之を全部鑛滓中に入らしめ

第三十圖
本所鑄鑛爐鑄滓
化學成分三角圖



第三十一圖 戶畑第四番鎔爐本體縱斷面圖



んとす。間接還元は止むを得ざるも直接還元を避くるために低硅素高滿俺銑を作らんとす。

c. 鑛滓成分、前述せしが如し。

d. 骸炭の装入を多くする事。作業の安全を期し輕装入となし爐の變調を注意し臨機の處置によらんとす。

e. 鑛滓流動促進法 滿俺鑛石を装入して銑鐵並に鑛滓中に滿俺を追加し流動を増加せしめ、石灰石を装入し MgO を鑛滓中に増加する事、螢石を装入して洗淨をなす事等の準備を示せり。

f. 一時的な高熱法 爐内逆況に變じ冷却する場合には一時的な高熱を與ふるために羽口より油燃料を注入せんとす。又此油及び骸炭の完全燃焼を得るために酸素瓦斯を追加す。

以上は一般準備方針にして燒結鑛のみにも鑛鑛爐關係者は多くの危険を抱き TiO_2 を含むが故に一層危険悲觀を伴ふが故に本鑛鑛爐の吹止前に於て爐を固結せしむるの決心にて極端迄操業することに決したり。本操業の目的は砂鐵燒結を鑛石装入 4,000 疋に於て 100 疋宛逐次置き換へ漸次増加し幾何迄増加し得るかを實驗するにあり。

6. 精鍊に供せる設備概要

a. 鑛鑛爐 本鑛鑛爐は米國ペンシルバニア州ピッツバーグ市 Schlieper Eng. Co. の所有に係りしものにて東洋製鐵會社は正7年購入し同年7月戸畑に到着せるものなり。鑛鑛爐及諸材料到着前既に基礎工事を終り爐の建設に着手したるは同年9月翌8年5月竣工し同月10日爐を吹立てたり。本爐は已往八幡製鐵所の熟練せる經驗を基とし若干の設計を變更せり。爐の構造一般は第三十一圖に示せる如し

爐 内 容 積		366.332 立米
豫定出銑能力	一晝夜	150 噸
實 質	"	80~166 噸 總平均 122.6

b. 熱風爐 米國當時はホイットウエル式なりしものを新式カウパー式に改良し燃焼室煉瓦をも一切改築せり。

煉瓦積加熱面積	ギッター	30.225 平方尺
	燃焼室部	1.282 "

以上爐4基を備う。

c. 其他設備

送風機	Vertical Single Expansion Steam Engine	3	Horse Power	300
汽 罐	Cahole Boiler	2	Horse Power	300

7. 精鍊用各種原料

砂鐵は前述せしが如く燒結せるため其品質を變ぜり。今砂鐵を初め使用鑛石類の分析を列擧すれば第二十六表の如し。

第二十五表 本所鋸鑪爐鑄滓平均化學成分

NO	種目	分 析				備 考
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Base	
BF						
1	NO1 11-7/4	32.74	16.11	44.56	51.15	MgO 2.11 本所並採取之 滿倫15-20噸 15-30轉炉鐵 製煉之於之 鑄滓
2	"	37.58	18.60	41.35	43.82	222
3	NO2 14/4	34.06	13.92	46.22	52.02	215
4	" 7/4	33.08	15.21	46.48	51.71	229
5	NO6 11/4	32.22	17.34	46.30	50.44	1.66
大正十一年平均鑄滓						
6	BF NO1	34.74	14.28	45.56	50.98	
7	" NO2	35.80	14.75	44.36	49.45	
8	" NO3	34.20	16.37	44.12	49.43	
9	" NO4	34.15	16.26	45.00	49.59	
10	" NO5	37.56	13.38	44.69	49.06	
11	" NO6	34.62	17.19	42.96	48.19	
大正十二年度平均鑄滓						
12	BF NO.1	53.20	17.98	44.87	48.82	
13	" NO.2	36.17	15.00	44.57	48.83	
14	" NO3	35.89	14.75	45.14	49.36	
15	" NO4	35.24	15.75	45.07	49.01	
16	" NO5	34.50	17.97	43.69	47.53	
17	" NO6	35.40	16.45	44.25	48.15	
大正十三年度四月平均						
18	BF NO2	35.18	14.26	46.04	50.56	
19	" NO3	34.54	14.26	45.79	51.20	
20	" NO4	30.64	21.62	41.57	47.74	
21	" NO5	34.28	15.38	45.68	50.34	
22	" NO.6	33.79	15.36	46.19	50.85	

NO	種目	分 析				備 考
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Base	
大正十三年五月						
23	BF NO2	35.82	13.51	44.90	50.67	
24	" NO3	35.44	13.52	45.75	51.04	
25	" NO4	31.19	22.77	38.40	46.04	
26	" NO5	34.93	14.83	44.97	50.24	
27	" NO6	34.84	15.61	44.72	49.55	
大正十三年六月						
28	BF NO2	37.14	12.48	45.13	50.58	
29	" NO3	36.09	13.30	45.97	50.61	
30	" NO4	29.79	22.38	40.74	47.83	
31	" NO5	35.61	15.01	44.35	49.38	
32	" NO6	34.28	15.50	45.28	50.22	
大正十三年八月						
33	BF NO3	35.05	14.29	45.06	50.66	MgO 1.70 MnO 1.02 Fe ₂ O ₃ 0.51 S ₂ O ₃ 3.61 P ₂ O ₅ trace Cu +
34	" NO4	28.74	22.87	41.42	48.89	2.68 1.30 0.63 3.78 " "
35	" NO5	34.18	14.19	42.23	51.63	1.47 2.24 0.91 3.68 " "
36	" NO6	31.87	14.44	47.01	53.69	1.27 0.84 0.86 3.70 " "
過塩基性鑄滓						
37	Al ₂ O ₃ 特多	28.89	20.01	42.81	51.10	低硅素鐵製鍊場合=作LIL +1-2%此成分/他-MgO5-6 %含あり。
38	"	30.88	19.61	40.77	49.51	
39	"	29.98	20.98	42.86	49.04	本所NO4 BF=平炉鑄滓+ 入レザル場合
40	"	29.24	19.52	40.37	51.24	
41	"	30.73	23.66	39.27	45.61	
42	"	30.80	22.84	39.87	46.36	
合 上						
43	Al ₂ O ₃ 普通	31.96	11.84	48.71	56.20	
44	"	33.92	16.30	47.33	49.78	
45	"	34.92	14.07	47.13	51.01	
戸畑作業場						
46	NO4 BF Slag	37.33	10.86	47.32	51.81	

第二十六表 精鍊用鑛石分析表

品 名	T.Fe	M.Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	S	Mn	H ₂ O	Cr ₂ O ₃
青森磁選機精鑛	54.14	—	23.69	51.10	11.50	5.50	1.50	0.85	2.30	0.092	0.048	0.49	2.0	—
同上燒結鑛(第一回)	47.94	2.21	—	—	6.18	13.38	7.20	5.74	2.76	0.025	0.21	—	—	—
” ” (第二回)	50.54	—	—	—	3.09	16.40	5.56	7.34	2.33	—	0.17	—	—	—
” ” (第三回)	49.54	—	—	—	5.72	12.80	8.30	7.42	0.94	—	0.23	—	—	—
燒結鑛平均	49.34	—	—	—	4.99	14.19	6.96	6.83	2.01	—	0.20	—	—	—
大冶鐵鑛	61.54	—	—	—	0.60	6.77	6.50	—	—	0.054	0.158	0.20	Cu 0.297	—
象鼻山鐵鑛(支那產)	59.22	—	—	—	0.60	8.44	1.20	—	—	0.056	0.007	0.18	0.22	—
桃沖 ”	56.57	—	—	—	—	16.06	1.20	—	—	0.015	0.056	0.13	0.006	—
江華島チタン鐵鑛	47.55	—	—	—	15.76	5.62	2.50	0.69	4.92	trace	trace	1.79	—	3.15
於福磁鐵鑛	37.90	—	—	—	8.46	23.60	7.00	3.00	0.006	0.204	0.038	0.64	—	—
湖南滿侖鑛(支那產)	Fe 3.88	—	—	—	—	21.90	2.95	0.50	—	—	0.045	MnO ₂ 70.17	—	—
石 灰 石	0.44	—	—	—	—	0.30	0.12	55.06	—	P ₂ O ₅ 0.087	0.014	—	—	—
骸炭 鹿町 39 } 配合 二瀬 70 }	—	Ash 17.87	—	—	—	—	—	—	—	—	—	MnO ₂	—	—
同 上 灰 分 中	8.78	—	—	—	—	48.28	30.11	5.31	0.87	0.257	0.81	0.04	—	—

8. 精鍊研究操業一況

戸畑作業場第三番鑛爐は大正 13 年 11 月 24 日無事吹入を終り同時に順調作業を繼續したるが故に第四番鑛爐に砂鐵燒結鑛を装入し精鍊研究を始むるに至れり。本鑛爐は多年作業し來り内壁脱落し内容變調となり作業不安なるもの多く特に爐腹部及爐床部共に内壁破れ應急修理をなし作業の危険を冒し來れり。従て本爐最好況時に於ける 150 噸以上の如き出銑は望み難く砂鐵装入の直前にあつては 126~105 噸平均 115 噸の出銑に過ぎず。一回装入骸炭 3,396 匁に對し鐵鑛計 4,400 匁を普通装入となし出銑噸當骸炭消費 1.2 以上にあり。砂鐵精鍊には前述せし如く安全を期し同一骸炭量に對し鑛石計 4,000 匁とし其一部を逐次砂鐵を以て置き換へ装入砂鐵燒結鑛の量を増加し如何にせば幾何迄到し得るかを主眼とせり。特に當初豫想せるは、總鑛石中 50% を燒結鑛により置換し得る事を證明せんとせり。凡て本爐已往作業實地經驗に重きを置き安全操業を續け必ずしも經濟的操業を目的とせざりしたため後節記述の如く製品當り骸炭の消費多し。11 月 26 日初めて燒結鑛 100 匁を装入し爾後爐況を注意し順次増加し 12 月 10 日燒結鑛 1800 匁に至り砂鐵の量缺乏するに至り其量を減じ代用として江華島チタン鐵鑛及於福含チタン磁鐵鑛を装入せり。12 月 13 日以後は全然砂鐵燒結鑛終了し代用鑛石を装入し全鑛石中の TiO₂ は依然増加せり。15 日は含チタン鑛石の最大量にして 1,240 噸にて全鑛石中 TiO₂ 4.5% に達せり。即ち此品位を砂鐵燒結鑛の TiO₂ に換算すれば 90% 燒結鑛に相當す。16 日以後は爐況若干不良のため含チタン鑛石の装入を廢止し爐況恢復操業をなし順調に進み同 21 日より吹止操業に移り 22 日午前 10 時完全に吹止めを舉行せり。江華島チタン鐵鑛はクロム含量多きため大量の使用に適せず、於福磁鐵鑛は鐵品位著しく劣り之亦實用困難なり。螢石、苦灰石等は爐床及爐底を洗淨し故障を除くために用ゐたり。之等装入物は毎日變更調節其明細は第二十七表の如し。

第二十七表 砂鐵燒結鐵裝入變更一覽表

月日順	並		鐵		石		含チタン		鐵石中 TiO ₂ %	滿俺鐵	石灰石	螢石	骸炭	裝入回數		變更時間	
	象鼻山	大治	桃冲	計	砂鐵	於福	江華島	計						小計	連續 回數		
11.24	1	2,000	—	2,400	4,400	0	—	—	0	0.273	130	1,664	—	3,396	19	19	
"	"	2,200	—	2,200	"	—	—	—	0	0.300	150	"	—	"	28	41	P.M. 5.-15
25	2	"	—	"	"	—	—	—	0	"	"	"	—	"	13	"	
"	"	2,150	—	2,150	4,300	—	—	—	0	0.300	"	"	—	"	38	39	A.M. 0.-30
26	3	"	—	"	"	—	—	—	0	"	"	"	—	"	1	"	
"	"	2,100	—	2,100	4,200	100	—	—	2.32	0.407	"	"	—	"	39	39	A.M. 6.-55
"	"	2,000	—	2,000	4,000	200	—	—	4.76	0.523	"	1,644	—	"	9	16	A.M. 1.-50
27	4	"	—	"	"	"	—	—	"	"	"	"	—	"	7	"	
"	"	1,900	—	1,900	3,800	300	—	—	7.31	0.643	"	1,664	—	"	40	41	A.M. 9.-40
28	5	"	—	"	"	"	—	—	"	"	"	"	—	"	1	"	
"	"	1,850	—	1,850	3,700	"	—	—	7.50	0.652	"	1,646	—	"	19	19	A.M. 6.-50
"	"	"	—	"	"	400	—	—	9.76	0.758	"	1,662	—	"	24	35	P.M. 5.-25
29	6	"	—	"	"	"	—	—	"	"	"	"	—	"	11	"	
"	"	1,800	—	1,800	3,600	500	—	—	12.19	0.873	"	"	—	"	36	40	P.M. 0.-15
30	7	"	—	"	"	"	—	—	"	"	"	"	—	"	4	"	
"	"	1,750	—	1,750	3,500	600	—	—	14.63	0.986	"	"	—	"	18	18	A.M. 8.-50
"	"	1,700	—	1,700	3,400	700	—	—	17.07	1.098	"	"	—	"	28	35	P.M. 5.-30
12.1	8	"	—	"	"	"	—	—	"	"	"	"	—	"	7	"	
"	"	1,650	—	1,650	3,300	800	—	—	19.51	1.214	"	"	—	"	27	27	A.M. 9.-20
"	"	1,600	—	1,600	3,200	900	—	—	21.88	1.329	"	"	—	"	16	24	P.M. 10.-25
2	9	"	—	"	"	"	—	—	"	"	"	"	—	"	8	"	

砂 鐵 研 究

"	"	1500	1500	3000	1000	—	1000	4000	25.00	1.473	170	1.642	—	—	41	A.M. 9-50
"	"	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	"	—	38	101	
9.3	10	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	"	20	13	101	P.M. 0-25
4	11	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	"	—	9	101	
"	"	"	1400	2900	1100	—	1100	4000	27.50	1.597	"	1.634	—	40	56	A.M. 10-50
"	"	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	"	—	16	56	
5	12	"	1300	2800	1200	—	1200	4000	30.00	1.722	"	"	—	30	39	P.M. 3-45
6	13	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	"	—	9	39	
"	"	1400	"	2700	1300	—	1300	4000	32.50	1.832	190	1.640	—	21	21	A.M. 11-00
"	"	1300	"	2600	1400	—	1400	4000	35.00	1.942	"	1.646	—	14	14	P.M. 10-00
"	"	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	"	0	2	5	A.M. 4-00
7	14	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	"	—	3	5	
"	"	1200	"	2500	1500	—	1500	4000	37.50	2.051	"	1.656	—	13	28	P.M. 10-40
8	15	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	"	—	15	28	
"	"	1200	1200	2400	1600	—	1600	4000	40.00	2.176	190	1.656	—	29	36	P.M. 2-25
9	16	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	"	0	7	36	
"	"	1100	"	2300	1700	—	1700	4000	42.50	2.285	"	1.660	—	21	21	A.M. 10-10
"	"	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	1.630	30	16	16	P.M. 9-57
10	17	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	1.630	"	6	6	
"	"	"	1100	2200	1800	—	1800	4000	45.00	2.410	"	1.662	"	30	42	A.M. 9-10
11	18	"	"	"	"	—	"	"	"	2.410	"	1.622	"	9	51	
"	"	1180	"	2180	1600	—	1720	4000	43.00	2.646	"	1.594	"	21	21	A.M. 10-55
"	"	1360	1000	2360	1400	—	1640	4000	41.00	2.821	"	1.552	"	14	31	P.M. 11-00
12	19	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	1.552	"	17	31	
"	"	1560	"	2560	1000	—	1440	4000	36.00	3.215	"	1.500	"	31	36	A.M. 2-10
13	20	"	"	"	"	—	"	"	"	"	"	1.500	"	5	36	
"	"	1820	"	2820	500	—	680	4000	29.50	3.576	"	1.472	"	15	15	A.M. 9-50

月日	日順	並		鑛石		含チタン		鑛石		砂鐵又 ハチマン 鐵鑛裝 入割合 %	鐵石中 TiO ₂ %	滿他鑛	石灰石	苦灰石	螢石	骸炭	裝入回数		變更時間	
		象鼻山	大治	桃冲	計	砂鐵	於福	江華島	計								小計	連續 回数		
13	20	—	1,960	1,000	2,960	0	360	680	1,040	4,000	26.00	3.735	190	1,528	30	0	3,396	23	43	A.M. 6.-15
14	21	—	"	"	"	—	"	"	"	"	"	"	"	1,528	"	0	"	20	"	"
"	"	—	2,040	820	2,860	—	"	780	1,140	4,000	28.50	4.141	"	1,492	"	0	"	27	27	P.M. 4.-25
15	22	—	"	"	"	—	"	"	"	"	"	"	"	1,492	"	30	"	5	5	A.M. 8.-25
"	"	—	1,940	"	2,760	—	"	880	1,240	4,000	31.00	4.520	"	1,476	"	"	"	3	3	A.M. 10.-00
"	"	—	"	"	"	—	"	"	"	"	"	"	"	1,476	"	0	"	28	28	P.M. 0.-35
"	"	—	1,900	1,500	3,400	—	600	0	600	4,000	15.00	1.550	"	1,736	"	0	"	9	38	A.M. 1.-30
16	23	—	"	"	"	—	"	600	600	"	"	"	"	1,736	"	—	"	29	"	"
"	"	—	2,100	1,900	4,000	—	0	—	0	4,000	0	0.315	"	1,660	"	—	"	1	1	P.M. 10.-25
"	"	—	"	"	"	—	—	—	—	"	0	"	"	1,680	0	—	"	13	"	"
17	24	—	"	"	"	—	—	—	—	"	—	"	"	1,680	"	—	"	4	17	P.M. 10.-55
"	"	—	"	"	"	—	—	—	—	"	—	"	"	"	—	30	"	39	43	P.M. 8.-55
18	25	—	"	"	"	—	—	—	—	"	—	"	"	"	—	"	"	4	"	"
"	"	—	"	"	"	—	—	—	—	"	—	"	"	"	—	—	2,830	45	50	A.M. 8.-45
19	26	—	"	"	"	—	—	—	—	"	—	"	"	1,580	—	"	"	5	"	"
"	"	—	"	"	"	—	—	—	—	"	—	"	"	1,580	—	"	"	44	92	A.M. 8.-25
20	27	—	"	"	"	—	—	—	—	"	—	"	"	1,560	—	鐵滓	"	48	"	"
21	28	—	0	"	0	—	—	—	—	0	—	0	"	600	—	600	3,396	4	4	A.M. 5.-40
"	"	—	0	2,000	2,000	—	—	—	—	2,000	—	—	"	1,020	—	"	"	6	6	A.M. 8.-20
"	"	—	0	3,000	3,000	—	—	—	—	3,000	—	—	"	1,250	—	"	"	8	8	A.M. 0.-20
"	"	—	0	0	0	—	—	—	—	0	—	—	0	小割 4,000	—	0	0	5	5	P.M. 3.-35
"	"	—	0	0	0	—	—	—	—	0	—	—	0	大割	—	0	0	15	15	P.M. 5.-00

之等含チタン原料を装入するために銻鑛爐作業状態は若干の變化を起すが故に夫等變化に對して適當の調節を行ひ著しき悪影響を生ぜざる如くなせり。全作業を通じて爐況の變化、調節、製品等の状態を示すために作業日誌の抜萃を示せば第二十八表（一二三四）の如し。日誌により明かなる如く12月3日より爐床故障（Dirty hearth）の現象を生ぜり。即ち出滓に當りて若干の銑鐵を混じたること及び出滓口開孔の際固結物のため非常に困難あり。又出銑口も亦上れり此出滓口の事故を除きては片減、棚懸等の現象起らず何等著しき逆況に遭遇せず爐床の故障は次章に詳述せるが如く洗淨手段により増大を防ぐを得 TiO_2 の装入益々増加するに拘らず甚しく増長せず略々同一程度にて繼續せり。12月10日以後に至り出銑最後に流出する鑛滓は多くは流動不良となり粉骸炭玉銑を混じ鑛滓樋に固結するに至る而も此種鑛滓は爐内に残り爐底を上げ爐床内壁は益々厚さを増すに至る而して出銑口も亦上れり。此應急策としては出銑後に完全に鑛滓を抽出し最後の粘性鑛滓を吹出すことを命ぜしも熟練職工少く充分救済し得ざりしは遺憾なり。10日以後は次第に作業に熟練し TiO_2 の装入増加するにも拘らず爐況は佳良に進めり。従業員は之等爐況の困難より骸炭供給の順調を缺ぐに苦心慘憺せり何となれば當初本爐操業にあつて所要骸炭量を豫想し準備せしと雖も豫想以上に装入進み豫想の40回装入に對し實際は45回以上装入し貯藏骸炭は使用し盡し本所製博山配合骸炭を戸畑に輸送するに至り、其輸送は海陸連絡し手配容易ならず雨天暴風のため輸送杜絶し供給甚だしく不安に至れり。骸炭供給不能のため装入を中止し装入物下り爐は空虚となりし事數回に及べり。若干爐床故障を惹起せるが故に片減、棚懸等を生ずる時は爐内急激に冷却し致命的結果を生ずるやを豫期せしと雖も一回も之等の現象なし。之れ一つは輕装入操業によるも又砂鐵燒結鑛の銻鑛精鍊は豫期せし如く憂慮す可きに有らざること並に従業職員職工の熟練と極度の緊張により適當の應急所置の宜しきによる可し。要するに砂鐵を装入せしために直接生じたる爐床故障は甚しく恐るゝに足らざるの自信を得たり。唯同一装入を長日連續操業して如何なる影響を生ずるか、經濟的操業を幾何迄繼續し得るかは尙本研究にて満足ならざりしが故に他日の研究として残されたる問題なり。若干生じたる爐床故障は12月16日含チタン鑛石の装入を中止し5日間にて洗淨し去れり。

12月21日午前6時吹卸装入物を始むると共に漸次吹卸作業に移り順次吹止装入を理想的に降下せしめ22日午前9時30分無事吹止を行ひ得たり。

9. 爐床故障及び其清淨

Dirty hearth の生ずる原因に關して著者の研究推理は前述せるが如し。要するに並鑛石精鍊の場合に生ずるものと同種の原因に更に TiO_2 の影響を追加し結果を擴大され多くは複雑なり。鑛滓に就て考ふるも實驗室小試験及び電氣爐精鍊作業にあつては TiO_2 を追加するため何等障害なきも熔鑛爐實地作業にありては僅少の TiO_2 含有量に對して尙上述の如き流動性不良なるものあり。銻鑛爐内に有ては各種の化學反應及溫度の低下が之等の結果を誘導するものであり。而して前述せるが如く此 Dirty hearth の結果は已往研究者の發表せるが如きフェロチタン生成或は高チタン難熔鑛滓等の固

結せるものは著者の實驗には得られず之れ適當に爐底は洗淨されし事並に吹止後内容物の研究により證明される。著者の經驗よりすればフェロチタン以外の原因による固結物は洗淨可能なり。

Dirty hearth の救済策として著者の實行せし手段次の如し。

- 1° 送風溫度を出來得る限り下げ回轉數を比較的増加し降下速度を増し爐床の過熱を避け出來得る丈け多くの銑鐵と鑛滓とを流出せしむ。
- 2° 前項の目的にて過鹽基性鑛滓を避け若干酸性とし低熱のため白銑鐵となす。
- 3° 前項の調節により TiO_2 の分解及び還元を避けしめ鑛滓中に TiO_2 として安定化合物となさしむるため出來得る限り低溫操業とす。
- 4° 鑛滓は出來得る丈け其量を増し而も流動佳良なるものを選ぶ。又此目的にて鑛滓を裝入するか螢石、滿俺鑛、苦灰石等を裝入す。
- 5° 粘性鑛滓及び粉狀骸炭等は出銑後適當に吹出さしめ爐内に不良部分を留まらしめず出來得る丈け排出せしむ、不健全なる化合物が出銑後爐内に残る時は爐床内壁及び爐底に粘着す。
- 6° 羽口より煤熔劑を注入し爐床部を清淨せしむ。
- 7° 爐内冷却に過ぎたる場合には羽口油注入、酸素瓦斯注入又はテルミット加熱方法等により急激に熱量を送る。
- 8° 之等の方法によるも尙充分目的を達し能はざる時は含チタン鑛の裝入を中止して更に上述の方法を施行す。

砂鐵裝入による Dirty hearth は之れを恢復すること差程困難に非らざるが故に砂鐵精鍊は何等恐る可き問題に非ず恰も並鑛石の操業にあつて褐鐵鑛軟質鑛石或は粉狀鑛石が一定の制限のもとに利用さるゝと差異なし。

前掲救済作業中にて螢石を裝入中に加へたるものは著しく良結果を得たり、又熔劑を羽口より一時に吹込みたる方法も亦急激なる効果を擧げ、羽口油注入及び酸素瓦斯吹込は極端の場合に於ける救済策なれども豫備演習として試験せり、今之等の非常手段施行方法を略述すれば次の如し。

羽 口 熔 劑 吹 込

配 合	(1)	螢	石	100 疋	配 合	(2)	螢	石	160
		滿	俺	35			滿	俺	50
		粉	骸	70			粉	骸	110
		計		205			計		320
		羽	口	25.6			羽	口	40
		休	風	10 分間			休	風	6 分間

羽口油注入試験 本試験は豫行演習に過ぎざりしも他日此種方法を施行する必要にせまらる可きと信ずるが故に参考として記載せんとす。送風主管に沿ひて爐の周圍に $1\frac{1}{2}$ 吋鐵管を布設し送油主管とし No.1 羽口を隔る北側5 米突位置に 50 リーター入油タンクを設置し手押ポンプにより送油主管

に送り此主管よりは更に No. 2, 4, 7, 羽口より分岐せしめ 1 吋鐵管により油注入用小鐵管と接続せしめ小鐵管は羽口の尖端に挿込み注油す。此油注入小鐵管は長 3 米内徑 15 耗尖端は壓搾して内徑 6 耗に絞り油の噴出に便す。使用油は骸炭副産物クレオソート油にして夫とナフタリンの結晶を濾過選別し 1 分間約 3 リーターの速度にて 2 時間連続せり。油は注油鐵管の噴出口に於て直に瓦斯化し熱風により燃燒す單に送風のみにては幾分不完全燃燒の恐ありしも壓搾酸素瓦斯を同時に吹込めば一層良結果なり。酸素吹込は一般鎔鑛爐作業に於て有效なるは想像し得るも現在に有ては大量酸素を供給するには製造能力に於て又之を運搬する容器に於て困難有り他日之等の問題解決さるゝ時は經濟的に酸素を鎔鑛爐精鍊に利用され得可し。

之等外部より急激に救済方法を適用するは外科的治療法にして爐頂より装入物を變更する方法は内科的治療方法なり。從來の鎔鑛爐の調節方法は主として内科的手段にして送風量、送風壓力、送風溫度等の應急外科的方法を採用せるも著者は此他に羽口熔劑、羽口油注入、酸素瓦斯吹込等の方法を追加し實行を試みたり。又迅速加熱の目的にてアルミニウム、テルミットをも試験せり之れ鑛滓口の障害を除去する目的なり、羽口より 2 回鑛滓口より 1 回試験せしも効果著明ならず中止せり。

10. 本試験に於ける作業能率

装入されたる TiO_2 は前述せるが如き理由により少部分は銑鐵中に入り大部分は鑛滓中に入り残りの小部分は爐内に残る今本試験に於て計算せる一例を示せば次の如し。

12月3日操業			12月10日操業		
装入 TiO_2 總量	59.0	100 %	装入 TiO_2 總量	96.6	100 %
銑鐵中 (Ti 0.25%)	10.19	17.2	銑鐵中に入るもの	8.53	8.83
鑛滓中 (TiO_2 2.15)	46.5	78.8	鑛滓中 "	89.49	92.2
爐内に残るもの	2.3	4.0	爐内に残るもの	1.42	1.03

即ち爐の反應如何により TiO_2 の平衡は甚しく差異あり。次に江華島チタン鐵鑛を装入せし場合はクロームを同時に装入され其平衡の例次の如し。

12月13日			12月15日		
装入 TiO_2 總量	149.4	100.0 %	装入 TiO_2 總量	165.6	100.0
銑鐵中に入る TiO_2	9.7	6.7	銑鐵中に入る TiO_2	9.2	5.6
鑛滓中 " "	112.3	75.2	鑛滓中 " "	109.9	66.3
爐内に残れる "	27.4	18.1	爐内に残れる "	46.5	28.1
装入 Cr_2O_3 總量	21.4	100.0	装入 Cr_2O_3 總量	24.6	100.0
銑鐵中に入る Cr_2O_3	12.39	57.8	銑鐵中に入る Cr_2O_3	15.5	63.1
鑛滓中 "	少量	少量	鑛滓中 "	少量	少量
爐内に残れる "	差引	差引	爐内に残れる "	差引	差引

即ち TiO_2 と Cr_2O_3 とは全然反對の作用をなし前者は還元困難なるに反し後者は容易に還元されて銑鐵中に大部分入ることとなる。 Cr_2O_3 を含む鑛石の利用に對し種々議論されたるも本試験の結果明瞭に Cr_2O_3 は銑鐵中に入り其流動性を害することなし又 TiO_2 の如く作業に著しき害を及ぼすこ

となきが如し。

本試験を通じて使用燃料著しく又従て送風量も亦多く能率甚だ不良なるものあり。本鑄鑪に於ける出銑當骸炭消費は砂鐵精鍊以前に於ても成績宜しからず 1.2~1.35 の間にあり極端には 1.5 に達することあり之れ鑪の壽命盡きんとし作業能率不良なるが故なり。砂鐵を装入するに至つては益々此割合増加し 1.3 以上となり最高 1.68 に至れり。斯の如く骸炭分の多きは主として次の理由による。

- 1° 砂鐵燒結は品位劣等なるため其装入を増加すると共に出銑量減じ鑄滓量を増したるが故なり。
- 2° 前述し來れるが如く輕装入として裝人物の順調降下を目的とせるが故なり。
- 3° 鑄石装入量を増加し經濟的作業研究を目的とせず鑪況を維持して TiO_2 の増加を主眼となせしが故なり。

精鍊作業中鑄滓の流動不良なりとの説をなすものあれども著者は前述せし如く TiO_2 10% 以下の少量に有て不良流動鑄滓を生ずる事なきを信す。著者は鑄鑪出滓口附近に簡易流動試験装置を置き比較流動性を實驗せるも平均鑄滓に有ては TiO_2 の増加のために流動性不良の結果を示さず。又出滓口より流出するもの並に出銑口より流出する鑄滓等に就き觀測するも同様なり。鑄滓の流動性を最も不良ならしむるものは溫度なり。鑄滓の抽出さるゝ溫度は 1250~1350°C なるが故に此附近に於ける溫度の上下最も重大なる影響を及すものなり。Dirty hearth を生ずる主原因は鑄滓の流動不良に歸すること困難にして著者は大部分鑪内溫度分布不平均に原因して豫想以外の極端鑄滓を作るか金屬粒、炭素粉等を混するが故なり。今著者の試験せし鑄滓の實例次の如し。

12月10日午前11時出銑時試料

	TiO_2	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MnO	MgO
出銑時に流出する並鑄滓流動佳良	1.12	34.72	12.16	46.94	1.48	2.67
出銑終りに出づる粘性鑄滓にして玉} 銑を混ぜるも分析には完全に除けり}	6.12	35.92	10.68	43.05	1.34	2.49

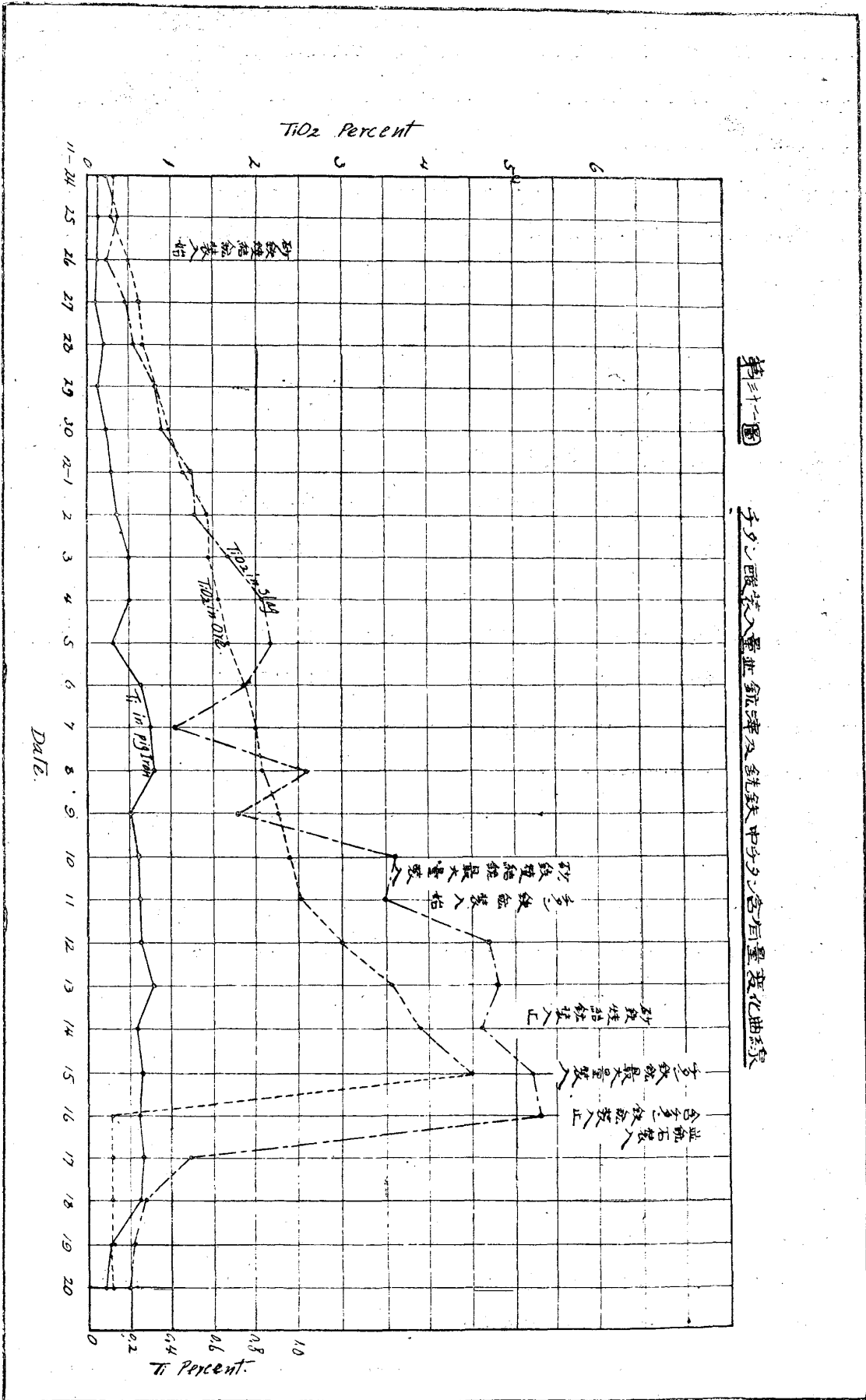
即ち後者は多量の TiO_2 を含み而も此一部は不安定酸化チタン並に青化物をも形成し又溫度も亦前者に比し下り流動不良なり従て單に TiO_2 を含むが故に流動不良なりと斷言すること不可能なり。

次に

	TiO_2	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3
12月7日出銑後流出せる粘性藍色鑄滓但し鐵粒を分離す}	7.59	30.36	44.08	2.98	12.48
同上 鑄滓中に包まるゝ小鐵粒	MFe		Ti	SiO_2	total. C.
同 大鐵粒	77.53		3.44	6.44	3.98
			1.79	2.20	3.88

之等鑄滓の流動不良なるは屢々説明せる事にて明かなり。特に鑄滓中 TiO_2 銑鐵中 Ti とせるは單純なる化合物にあらず前述せるが如く複雑せるものなり。

	TiO_2	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	MnO	C
炭素粉末を混じ流動不良なる鑄滓	1.74	27.84	30.16	2.24	9.13	1.31	22.48



第三十一圖

渣中鐵及鐵含量之變化曲線

斯くの如く TiO_2 装入により爐内に幾分變調を生じ同時に熱の分布等を失したるは事實の如し即ち爐内の作用は机上實驗と差異あるが故なり。之等の結果砂鐵精練に於ては並鑛に比し能率減少することは想像に難からず即ち上述し來りたるが如く砂鐵装入は恐る可きにあらざれども能率を犠牲にする傾あり此點は他日の研究に譲らんとす。

全作業を通じて装入せる TiO_2 の變化、鑛滓及銑鐵中に入る Ti 量變化等を曲線にせるもの第三十二圖の如し。又本作業成績を通じて能率の状況を明瞭ならしむるため主なる數字を曲線に示せるもの第三十三圖の如し。

11. 鑛鑛爐取開及び爐底研究

本鑛鑛爐の作業延日數及出銑量次の如し。

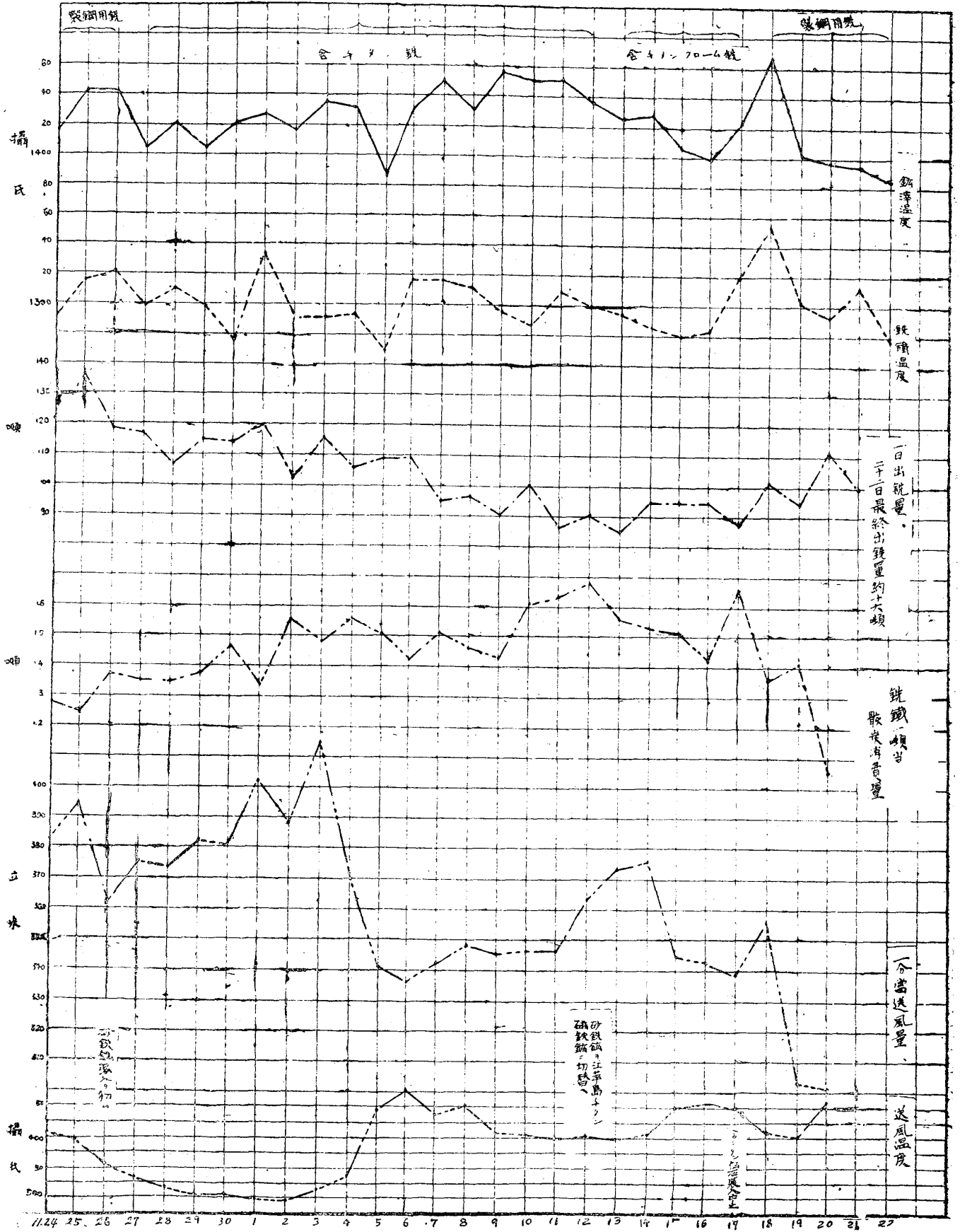
東洋製鐵會社經營	作業日數	出銑量合計	一日當平均出銑量
自大正 8 年 5 月 12 日 至 10 年 4 月 14 日	702	65,086.560	92.716
製鐵所經營			
自大正 10 年 4 月 15 日 至 13 年 12 月 22 日	1347	186,179.384	138.218
合 計	2049	251,265.944	122.628

之等作業の間に度々故障を生じ爐體を傷害し爐床爐底等に變調を残せり従て本爐の取開並に爐底研究に當ては主として此長年月間に於ける作業の跡を残せるものにして砂鐵精練による影響と見る可きもの少し。大正 13 年 12 月 22 日午前 10 時吹止めを完了し應急の處置を行ひ 24 日より灌水消火に努めたり。此灌水期間 10 日間 14 年 1 月 5 日より爐の取開に着手せり。内容物は爐床部より搔き出し或は灌水により流出せしむる等最良の手段により爐外に取出し煉瓦は爐頂部より漸次下方に向け取除けり。爐底には固結物残り之が破壊取除きには多くの困難を嘗めたり。爐煉瓦の浸蝕されたる狀況は一々寸法を測定し製圖せるものは第三十四圖に示せるが如し。

爐底固結物の形狀及び其概略の分類は第三十五圖に示せるが如し。之等固結物に就ても前同様本爐壽命中に高級鑛物銑、低磷銑、低銅銑精練等のために生じたるもの或は爐底破れ熔銑流出せる等に歸因せるもの少なからず。爐底大煉瓦は殆ど認められず D 部は主として銑鐵よりなり砂鐵精練以前に於て爐底隆起せる事實顯著なり。B 部には若干大煉瓦の遺物あり原形を残し隆起せし爐底の熔落せし殘部なる事を知る。A 部は或は砂鐵當時に生ぜしやも知れざるも大薄片黒鉛多きが故に過熱操業當時の物ならざる可らざるが故に砂鐵當時なるかは疑問とせざる可らず。C 部は最上部に位し鑛滓中には紫藍色を呈する特長をも示せるが故に明瞭なり。含チタン鐵鑛の精練として難物とされたるフエロチタンは再三調査せるも終に發見し能はず。又極端なる高チタン鑛滓も亦發見されず。各區分に於ける鑛滓並に銑鐵の分析の一例次の如し。

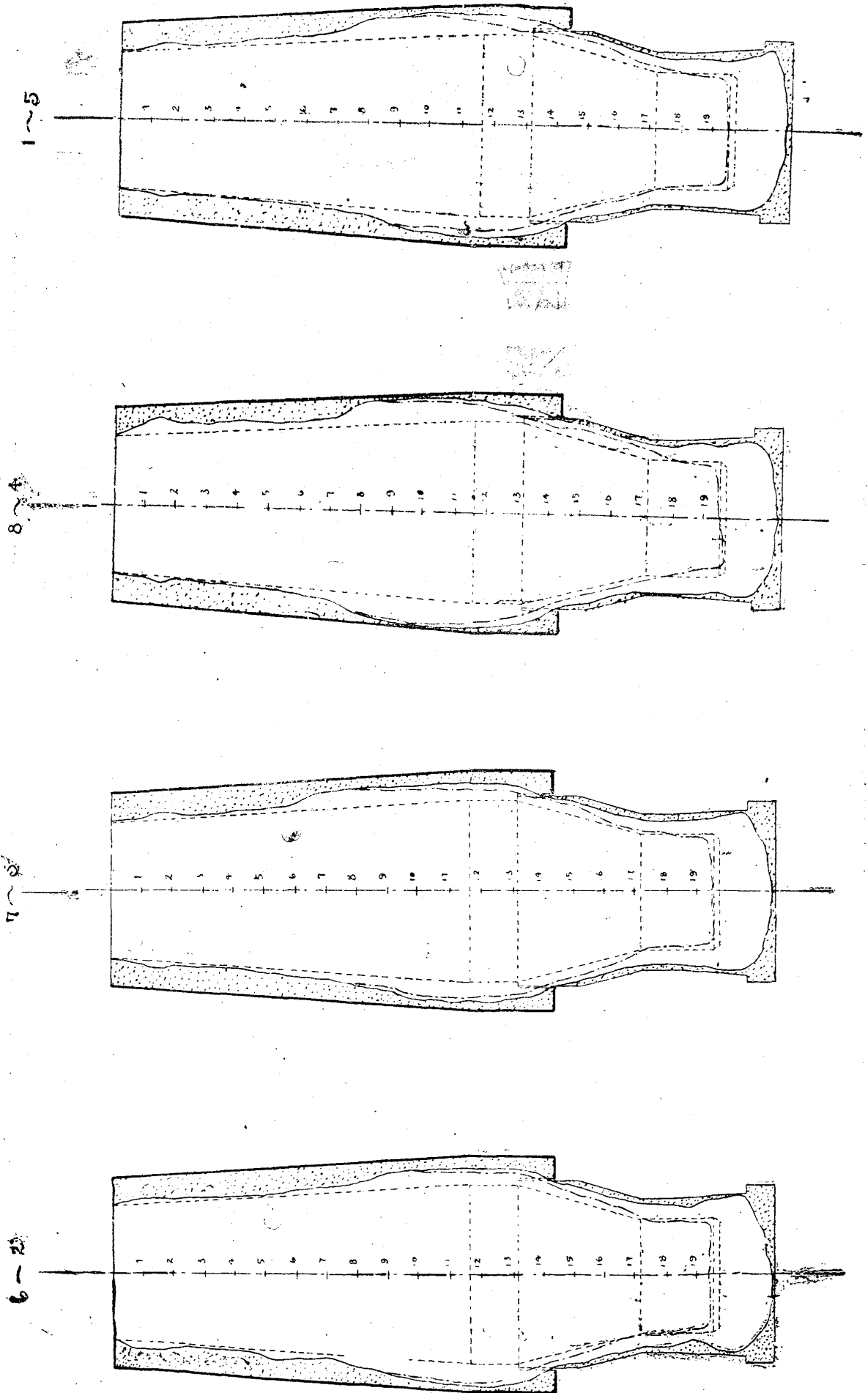
第三十三圖

砂鐵鑄精鍊成績說明曲線圖

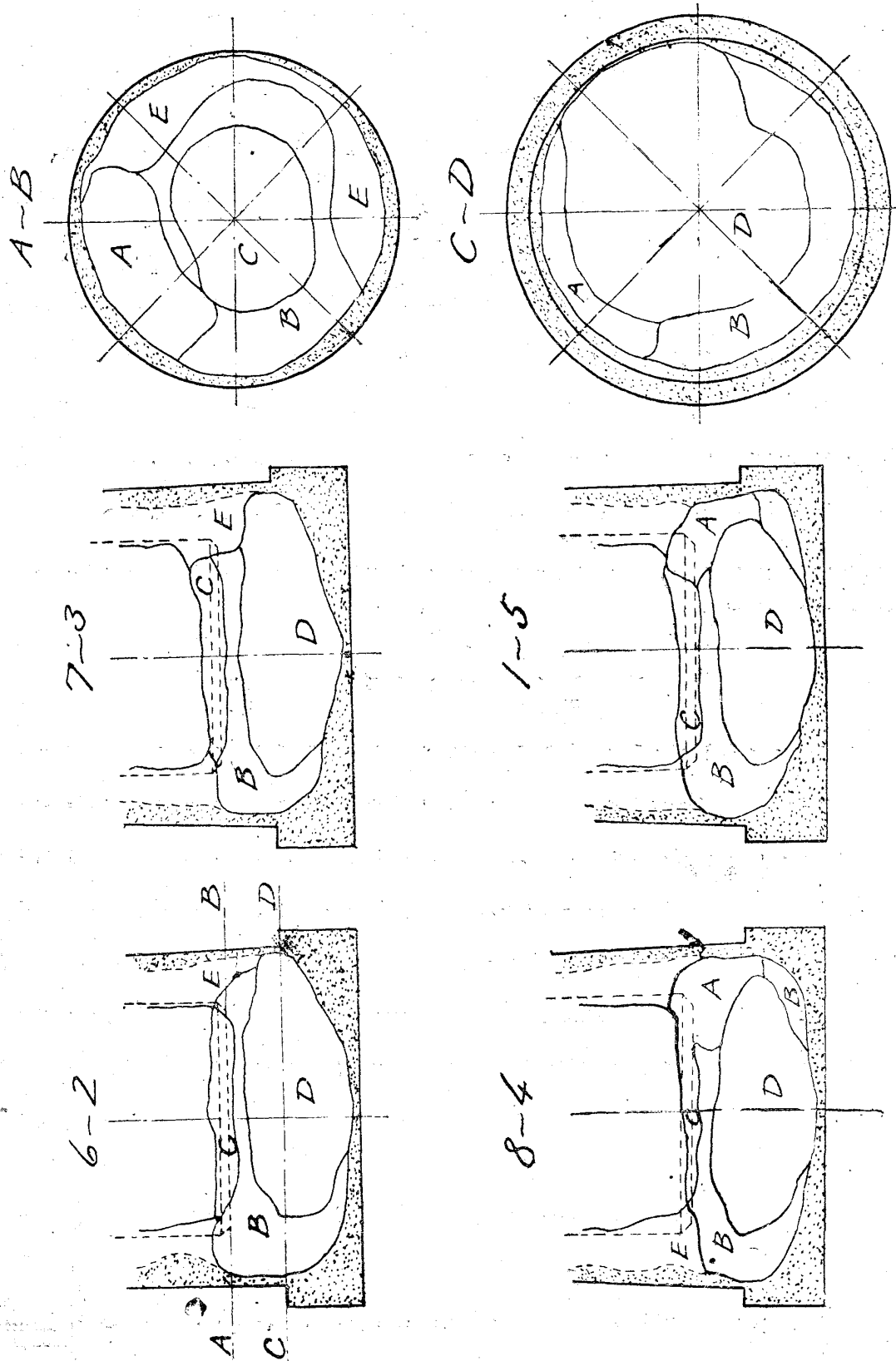


縮尺五十分之一
單位 厘米

第三十四圖 戶畑第四番鎔鑪浸蝕狀態圖



第三十五圖 戶知第四番鑄爐底固物之圖 縮尺 1/100 單位 米突



B 黑鉛鑄精炭灰鑲煉瓦鉄等を主成分とす

D 黒鉛分多き鉄塊

A 黒鉛を主成分とし少量の鐵分を含有す

C 鑄精黒鉛石灰等を主成分とす(砂鐵精煉中に生じたるもの)

E 爐壁附着物

	爐 底 鑛 滓								爐 底 鐵 粒					
	C	TiO ₂	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	MnO		T.C	Si	Mn	S	P	Ti
A	0.26	9.12	23.30	44.82	2.09	0.42	1.55	A	2.49	1.70	4.23	0.014	0.11	ナシ
B	1.12	12.55	19.60	41.66	1.92	0.11	1.92	B	3.46	1.82	1.15	0.090	0.10	0.012
C	19.35	10.00	28.68	31.82	1.77	4.35	0.58	C	1.92	4.13	3.15	0.018	0.12	trace

此鑛滓は甚しく SiO₂ 分少く前述せし著者の理論により熔融點低き良流動性鑛滓の爐外に流出するに反し之等は高熔融點のため爐に残され固結物中に入りしものなり。亦顯微鏡検査によるに各試料共に Ti, CN₄N₃ の含量多きが故に TiO₂ の大部分は此青化物よりなる事を断定し得、此微晶が流動を害する事も亦明かなり。TiO₂ は砂鐵精鍊に限らず原鑛石中に含まるゝが故に之等の結果を生ず可きなり。鐵粒に至ては完全の精鍊を経るものにして T.C 甚しく少きもの Si の過大なる等何れも流動不完全なるを推理し得。之等は爐内熔解帯に於て不完全熔融をなし局部に粘性塊を生じ其儘高熱及び熔媒劑に接するの機會なく終に壁又は爐底に粘着するに至れり。即ち此鑛滓は骸炭粉、小塊鐵、玉銑等を綴り合せて爐底隆起の主原因をなすに至れり。黒鉛の大小片は鑛滓又は熔解煉瓦と交互に推積し此處に爐床爐底に粘着固結物を生ずるに至る。一度爐底に固結物を残す時は爐底部は最高溫度に比し著しく低温なれば熔解至難なり。

12. 製品並に生産費

以上列擧せるが如く本精鍊研究は製鋼用銑鐵の生産を主眼とし、砂鐵装入時に生じたるものを含チタン銑鐵とし、江華島チタン鐵鑛装入時に生じたるものを含チタンクローム銑鐵として類別せり。最初砂鐵装入3日間は並製鋼用銑鐵を生産し次で含チタン銑鐵となり次に含チタンクローム銑鐵となり最後に含チタン鐵鑛の装入を止め再び製鋼用銑鐵となせり。各種製品數量並に分析は二十九表に示すが如し。銑鐵中 Ti は 0.35% 以下にて TiO₂ の装入量には何等關係なし。磷は原料の關係にて甚しく少なからざるも鹽基性平爐用としては差支なし。鑛滓の影響及び砂鐵の特長として硫黄含量著しく少し。Ti の含量は多きものは炭素含有量増加す之れ滿俺鐵と類似の特性にして炭化物を生ずるためなり。銑鐵中 Si を減ずる事を目的とせるため何れも多からず。出銑中に熔銑を観察するに低溫度なるに拘らず銑の流動頗る佳良なり。此流動性は並銑鐵に比し著しく差あり。銑鐵中 1% 以上 Ti を含むものは粘性強きも其以下特に 0.5% 以下に有ては流動佳良なり。此點は電氣精鍊並に銑鑛精鍊に於て着目せしものにして之を科學的にも證明し得る此實驗報告の詳細は後日に譲らんとす。

本研究により生じたる製品の生産費を正確に決定するは至難事なり。何となれば本研究中には第三番銑鑛爐も亦操業し同一職工人夫により屢々兩者に従事し原料材料等も區別せざる事多く、作業期間短く而も凡てを研究的態度により作業したるため生産費は嚴正なるものにあらず。1 噸當生産費はチ

第二十九表 砂鐵研究生産銑鐵數量並分析表

月日	銑鐵種別	銑	流銑	O	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	備考
11 24	製鋼用銑鐵	121.430	2.900	3.72	3.24	0.89	0.074	0.025	0.270		砂鐵精鍊豫備操業
25	"	136.670	4.200	3.88	2.72	1.09	0.079	0.016	0.176		本日より砂鐵裝入を始む
26	"	118.370	2.820	4.19	2.34	1.02	0.078	0.010	0.173		
合計、平均		376.470	9.920	3.93	2.77	1.02	0.077	0.017	0.206		
11 27	合チタニウム銑鐵	117.600		4.11	2.14	1.16	0.073	0.011	0.165	0.057	
28	"	107.250	2.360	4.25	1.74	1.40	0.079	0.009	0.177	0.098	
29	"	115.250		4.21	1.49	1.30	0.081	0.010	0.161	0.062	
30	"	114.890		4.14	1.87	1.53	0.083	0.009	0.154	0.115	
1 1	"	120.880	6.760	4.09	1.70	1.62	0.080	0.009	0.132	0.144	
2	"	102.200	4.740	4.26	1.58	1.74	0.085	0.009	0.150	0.155	
3	"	116.290		4.34	1.48	1.84	0.113	0.008	0.202	0.218	
4	"	106.240		4.38	1.50	1.80	0.113	0.012	0.199	0.224	
5	"	109.580		3.88	1.47	1.50	0.105	0.039	0.206	0.138	
6	"	109.850	8.840	4.06	2.40	1.99	0.107	0.011	0.199	0.264	
7	"	95.840	6.320	4.36	2.11	2.28	0.129	0.008	0.199	0.321	
8	"	97.760	4.240	4.42	1.67	2.27	0.131	0.009	0.197	0.344	
9	"	91.920	5.460	4.31	2.15	2.06	0.137	0.010	0.201	0.218	
10	"	100.790		4.39	1.49	2.01	0.126	0.014	0.214	0.252	
11	"	87.880	8.280	4.43	1.66	2.43	0.110	0.008	0.173	0.258	
12	"	91.380	5.200	4.45	1.36	2.21	0.113	0.015	0.211	0.264	
合計、平均		1685.550	52.200	4.26	1.76	1.82	0.105	0.011	0.184	0.196	
12 13	合チタニウム銑鐵	86.940	8.000	4.39	1.10	2.00	0.110	0.014	0.217	0.327	0.268
14	"	95.830	3.740	4.33	0.89	1.45	0.149	0.020	0.242	0.247	0.390
15	"	95.090	7.300	4.52	1.11	1.51	0.139	0.018	0.259	0.264	0.507
16	"	95.080		4.02	1.15	1.40	0.175	0.046	0.271	0.241	0.372
17	"	88.290	25.360	4.20	2.25	1.74	0.156	0.022	0.274	0.316	0.086
合計、平均		466.230		4.29	1.30	1.62	0.146	0.014	0.253	0.279	0.325
12 18	製鋼用銑鐵	103.780		4.42	2.00	1.95	0.133	0.006	0.260	0.261	0.042
19	"	95.230	3.060	4.43	1.32	1.72	0.114	0.007	0.272	0.115	0.029
20	"	113.650	15.340	4.30	1.29	1.48	0.115	0.010	0.275	0.092	0.035
21	"	100.830	8.380	4.19	1.58	1.53	0.116	0.010	0.269	0.081	0.024
22	"	16.110	9.700	4.10	2.03	1.72	0.127	0.011	0.264	0.065	0.029
合計、平均		429.600	32.480	4.29	1.64	1.68	0.121	0.008	0.268	0.123	0.032

{砂鐵燒結鐵缺乏せるが故に江華島合チタニウム銑鐵製造入始む}

合チタニウム、クロミウム、銑鐵製造

合チタニウム銑鐵の裝入中止す

製鋼用銑 806,070
 合チタニウム 1685,550
 合チタニウム 461,230
 合クロミウム 2952,850
 計 46,400
 流銑 52,200
 銑 25,360
 計 852,470
 1737,750
 486,590
 3076,810

タン鉄鐵五十九圓製鋼鉄鐵四十七圓なり。含チタン鉄鐵は製鋼用鉄鐵に比し高價にして、本製鋼用鉄鐵は一段製鐵所鉄鐵に比して又高價なり、生産費の高價たる主原因は鉄鐵當骸炭の消費甚しく多きにあり、元來本第四番銻鑛爐は骸炭の使用量多し。之れ爐の壽命終末期なるがためなり。又砂鐵精鍊に移るに至つては前述せるが如く根本方針を骸炭量減小を主眼とせざりしため一層増加せり原料費中にて砂鐵燒結鑛單價は電氣精鍊の場合に述べし如く製鐵所一般取扱ひに準じ七圓に假定せり。此單價は本邦將來に於て著者の理想にして必ずしも不可能にあらざるを信ず。

之等の生産費を減ずるには前述せし如く燃料消費を大ならしむる原因を極力取除かざる可らず。即ち燒結鑛の鐵品位を上す事、一装入中の鑛石量を増加し重装入となす事、勞力を省略するために有らゆる方法を講ずること等なり。骸炭單價は 14 圓以下にして本邦としては最良の事情にあるが故に之等精鍊の技術を進歩せしむるに於ては經濟的採算可能なる可し。若し優良原料を精選して特殊鉄鐵を精鍊するに至ては一般市場に對抗し得るは一層困難事にあらざる可し。

13. 結 論

以上詳述し來れる著者の砂鐵銻鑛爐精鍊の實地研究を綜合し次の如く決論せんとす。

1° 研究作業の總括

戸畑第四番銻鑛爐吹止前に於て砂鐵燒結鑛を並鐵鑛に混合して装入し逐次其量を増加し最大量は鐵鑛装入總量 4,000 疋に對し 1,800 疋 TiO_2 3.6% となし燒結鑛を用ゐ盡しチタン鐵鑛を装入し最大 TiO_2 4.5% に達せしめたり。此間作業延日數29日間、製品含チタン鉄鐵 1,737.750 疋含チタンクローム鉄鐵 486.590 疋並製鋼用鉄鐵 852.47 疋を精鍊し得たり。作業の間に Dirty hearth の現象生じ若干の困難ありしと雖も作業を中絶せしむるが如き危險状態に至らず、骸炭の供給不足及び熟練職工の不足等のため含チタン鑛の装入を中止し爐床及び爐底を洗淨し理想的吹卸作業を行ひ吹止めたり。

2° 製品疋當骸炭量

製品疋當骸炭の消費は並作業に比し著しく多し之れ本研究の目的を TiO_2 及燒結鑛の最大装入量を決定せんとするにありしため此骸炭量の多きを深く考慮せざりしが故なり。實際連續作業として長期に涉り最低生産費を以て作業せんとするには尙減じ得るの見込あり。今之等を参照し著者は全装入鑛石中燒結鑛 50% を混じ全鑛石中 TiO_2 2.5~3.0% となし適當に操業する時は此骸炭消費量は 1.2 又は其以下に減ずる事を得ると信ず。此 1.2 は尙並操業と比し高率なるも果して之を 1.0 になし得るかは疑問なり。並操業に比し若干骸炭量多きは止むを得ざる可し。著者は順況にある並銻鑛爐に就き之等經濟的事實を確めん事を希望す。

3° 燒結鑛装入が装入物降下に及ぼす影響

骸炭割合如何に關係すること大なるが故に單純に決論し難きも精鍊理論に於て述べし如く焼結鑛其物が並鑛石に比し降下に良結果を與へたりと信ずる理由あり。小粒形鑛石なるために爐内分配均一に近く上昇瓦斯の通過齊一に降下規則的なり。作業中焼結鑛多き場合に送風壓力約1封度を増加したり TiO_2 の含有を除外して焼結鑛を 60% 裝入する事は降下には何等危害を與へず寧ろ並塊鑛單味に比し良結果を生ず可し。

4° TiO_2 が作業に及ぼせる一般的影響

鑛滓中の TiO_2 は大凡裝入鑛石中 TiO_2 と並行して増加すれども爐況如何により一定せず。銑鐵中 Ti は最高 0.34% に達せしのみにて裝入 TiO_2 の増加に關係して増加せず。 TiO_2 は全部鑛滓中に入らしむる事を著者の理想とせしも裝入 TiO_2 全量の 1~4% は爐内に残れり。此爐内に残れる TiO_2 は爐壁及び爐底に堆積固結して次に述ぶる悪結果となれり。12月11日前後の作業を本研究中安全操業と考へ得るが故に 2.5~3.0 TiO_2 として作業方針を立てんとす。

5° 鑛滓流動性

鹽基性又は酸性鑛滓に TiO_2 を加ふる時は何れも流動性を増加す。本精鍊研究の如き鑛滓中 TiO_2 10% 以下にあつては理論上鑛滓として何等故障なき筈なれども實際は作用複雑なり。即ち鑛爐内に於ける TiO_2 は還元作用を受け不安定酸化物を作り又爐内に於て $\text{TiO}_2 \cdot (\text{CN})\text{N}_2$ を生じて鑛滓に混じて流動を害す、又爐内温度の不均一分布等の理由により裝入通りの化學成分とならず、數種の成分鑛滓に分れ易し。特に Dirty hearth を生ぜし、場合には著し。一度流動不良鑛滓を生ずる時は玉銑粉骸炭を混じ一層粘力に富み爐底及び爐壁に粘着固化するに至る之れ砂鐵精鍊に於ける弱點なり。著者は之等の缺點を補ふため最も流動性の安全なる鑛滓を作らんとし次の如く豫定せり。

TiO_2 10	SiO_2 35	Al_2O_3 12	Base 43
-------------------	-------------------	----------------------------	---------

而して TiO_2 の減に對しては其量の 3/10 を SiO_2 に増し 7/10 を CaO に増し TiO_2 は 10% 以下となさんとす。

TiO_2 は全鑛石中 3% 以下とし鑛滓中 TiO_2 10% 以下に留め爐況により適當なる方法により洗淨法を行はんとす。

6° Dirty hearth

羽口虎穴より爐内部を注目する時羽口の尖端に粘着物あり(俗に羽口ヨゴシと稱す)此れ過鹽基性又は不良流動鑛滓を生ずる場合に多し。著者の研究に於ては先づ此ヨゴシを生じ次で Dirty hearth の現象を兆せり、之れ前項に述べしと同様の現象なり。然るに此 Dirty hearth に形成する物體はフェロチタン又は TiO_2 40% 以上鑛滓の如き極端なる不溶解物とならしめざるは困難に非ず。著者の場合には此種極端化合物を生ぜずして終れり。而して一度生じたる Dirty hearth は洗淨し得るものに

して Dirty hearth は大して恐る可きものにあらず。而して砂鐵鑄鑄精鍊には止むを得ざるものにして之が救済法を適當にすれば可なり。従て砂鐵單味にて鑄鑄精鍊を行ふは見込少し。

7° 爐床及爐底洗淨

洗淨方法として行へるもの次の如し

- | | |
|----------------|-----------------|
| a 装入物中に螢石を入るゝ事 | e 羽口より熔劑を吹入るゝ方法 |
| b " 石灰石を減ずる事 | f 燃料油を羽口より注入する事 |
| c " 苦灰石を混ざる事 | g 酸素瓦斯を送風中に加ふる事 |
| d " 滿俺鑄を増す事 | e テルミット法 |

最後の手段として TiO_2 の装入を中止して洗淨法を行ふ事は最も有效なり。又鑄淨量を増加し装入物の降下を早くし銑鐵及び鑄滓等の鑄融體に出來得る丈急速なる運動を行はしむる事も必要なり。砂鐵精鍊を中止せず連續作業間に洗淨法としての效力ある方法は上記の順序なり。

8° 製 品

製品は硅素含量の少きものに適するが故に製鋼用銑鐵精鍊を良策とす。勿論鼠銑鐵の精鍊も不可能にあらざるも安全ならず。製品中 Ti は 0.5% 以下を基準とす高チタン銑鐵は見込なく、此種銑鐵は流動佳良なり硫黄は著しく減少す、磷も亦原料を適當にすれば減少し得る見込あり。製鋼用として特殊の優良性を有し鑄物用としても配合銑となし得。之等製品の性質用途に關しては他日詳細報告せんとす。

9. 精鍊の極限及連續作業

今回の作業はチタチン鑄石装入により最高装入量は全鑄石量に對し 4.5% となり米國の實例に比し 0.8% 丈け多く記録を作りしものなり。此數字を基とし、 TiO_2 含量より計算すれば砂鐵燒結鑄は總量の 90% 装入せしことに同じ、砂鐵燒結鑄の實際最大量は 45% なり。著者は TiO_2 の含量 3.0 以下の場合には單味にあつても連續操業し得る事を推理せんとす、又砂鐵燒結中 TiO_2 5% とすれば装入鑄石の總量の 50% 即ち TiO_2 2.5~3.0% として連續操業し得る事を推理せんとす。

10° 生 産 費

砂鐵鑄鑄爐精鍊に於ける生産費を並鑄石の場合と對抗し得る生産費となし得るか否は重大問題にして尙本研究にては解決する事を得ず。本研究にあつては砂鐵燒結鑄の單價を 7 圓として取扱ひたるも選別運搬燒結等の實費を加算する時は莫大なる金額なり、將來砂鐵を經濟的に利用するには此燒結鑄單價を

砂鐵採取場又は選別場に於ける原價	2.00
運賃及荷役	3.00

燒結費	2.00
合計	7.00

以上の如き條件を充し得る産地は全國中地の利を得たる場所には相當見出し得ると信ず、原料單價を減じ得るとせば精鍊技術の進歩と共に並鑛石の場合と對抗し得可し。尙若干高價となる場合には砂鐵及並鑛の含有不純物を制限し優良品質の銑鐵を作り製品の市價を高價ならしめんとす。

11° 砂鐵精鍊に最も適する鑛爐

著者は1日生産能力 50~150噸を最も適當せるものと信ず。生産費を減ずる點より云へば大仕掛の爐を主張することゝなるも原料の配給は勿論作業故障の不安等の理由あるが故に稍小規模を安全とす。又餘りに小規模に有つては經濟的連續操業見込なし、出銑口、出滓口は夫々其位置を隨時に上部に移し得る事を要す。爐床の直徑を増大し米國流のプロファイルに接近せしむるを必要と認む。燃料油及び酸素を注入し得る如く設備するは操業を安全ならしむ。

12° 戦時に於ける製鐵

以上列擧し來れる事實及推理により砂鐵を一朝有事の際に於ける製鐵原料となし得る事は明瞭なり。先づ砂鐵の選別及び採取計畫に遺憾なく着手し又燒結工場を完備し迅速に燒結鑛を作るとせば莫大なる數量を精鍊場に供給するを得可し。精鍊法としては地方的事情により電氣爐及鑛爐を新設するか又は已設のものを此目的に運轉せしむれば可なり。砂鐵單獨により製鐵するは少量生産に限られ大量生産には並鑛石と混合せざる可らず。而して机上推理及び計畫に甘んずるは危險にして平時に於て絶えず少量の砂鐵を此意味に於て實用する事を獎勵し其技術に熟練者を作る事大切なり。(終)

大正 14 年 8 月 29 日脱稿