

壹酸化炭素氣流中に於ける鐵鑛石の狀況

(東京帝國大學工學部鐵冶金實驗室報告第十三)

小澤重明

目次

第壹章 緒論

第壹節 研究の目的

第貳節 爐の上部に於ける化學變化

第參節 上層ハンギングの原因及爐の爆發

第四節 炭素析出に關する研究

第貳章 實驗裝置及方法

第壹節 概説

第貳節 壹酸化炭素發生及清淨方法

第參節 瓦斯計量器及其目盛の方法

第四節 實驗用電氣爐

第五節 窒素瓦斯發生及清淨方法

第六節 實驗の方法

第七節 分析方法

第參章 實驗の報告

第壹節 供試鑛石の成分

第貳節 實驗の結果

- (A) 温度のみ變したる場合
- (B) 時間のみ變したる場合
- (C) 壓力のみ變したる場合
- (D) 順次に各温度に一時間宛保持したる場合
- (E) 鑛石の大きさを變したる場合
- (F) 燒結せる兼二浦生鑛の場合
- (G) 粉鑛を團鑛して後燒結せる場合
- (H) 太平赤鐵鑛の場合
- (J) 利原赤鐵鑛の場合

第四章 結論

第壹章 緒論

第壹節 研究の目的

熔鑛爐に褐鐵鑛を多量に使用する時は爐頂にハンギングを起し操業上非常なる困難を生ずこれは如何なる作用に原因するか併せて爐頂に於ける化學反應を考究する目的にて實驗を進めたれども中途に於てこれを中絶するの止むなきに至りたるは非常なる遺憾とする所なり以下記述する所のものは余輩によりてなされたる未完の實驗結果なりとす。

第二節 爐の上部に於ける化學變化

爐の上部に於て起り得る化學變化は多種多様なれとも主なる現象は次の四項なりとす。

一、結晶水の發散

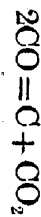
二、炭酸鹽類の分解

三、鐵鑛の還元

四、炭素の析出

結晶水の發散は褐鐵鑛を用ひたる際に起り、其の發散溫度及ひ量に就ては二三の鑛石の實驗の結果は數回我鐵冶金實驗室報告中に載せられたり、炭酸鹽類の分解は石灰石及び炭酸鐵鑛に於て起る現象なりとす。

炭素の析出は熔鑛爐の操業に至大なる關係を有す、如何となればその析出によりて爐頂はハンギングを起す、少なくともハンギングの一原因をなすとせられおればなり、この現象は次の化學式より來るものなり。



この反應は吸熱反應にして酸化鐵、金屬鐵(ニッケル又はコバルト等も然り)を觸煤として起る、理學部池田教授の研究によれば觸煤としての能力は金屬鐵最も大にして酸化鐵はその酸化度の小なるもの程より大なる能力を有すと云ふ。

今日迄種々なる人の實驗によるに前記反應は此等の觸煤の下に於て攝氏四〇〇度より始まり攝氏一、〇〇〇度に終る、然して四〇〇度附近にて最もよく分解し七〇〇度以上は極めて少なしと云ふ。

此反應の理論的研究として古くより冶金學者に認めらるゝものは Bondouard の研究及び Bauer and Glässner の研究 (Zeitschr. Physikal. Chem, 1903 又は Stahl u. Eisen 1903 April S. 556) なりとす、前者は $CO-CO_2$ の平衡を後者は $CO-CO_2$ 中に於ける $Fe-FeO$ 及び $FeO-Fe_2O_3$ の平衡を論ぜるものなり、共に權威ある研究にして本節に記載するを至當とすれども、報告の簡單を期する爲にそれか最もよく説明せられ、次の參考書を擧ぐるに止む。

Phase Rule and its Application, by Alex Findlay.

Stahl und Eisen, 21 Mai 1914 S. 866 "Untersuchung über die Reduzierbarkeit von Eisenerzen" von Müllersius.

第參節 上層ハンギングの原因及爐の爆發

ハンギングには二種類あり、上層及下層ハンギング (Top and Bottom Hanging) これなり、こゝに下層ハンギングは研究圏外に屬するを以て前者のみを論ず、今上層ハンギングの原因を尋ねるに次の數説あり。

(一) 炭素析出説 爐頂に於て前記化學反應によりて析出せる炭素の爲に容積を増大することによりてハンギングを生することは早くも一八九二年に Van Flotten, "Das Hängen der Gichten": St. n. E., Feb. 1892 S. 114 によりて力説せられたり、其後 Bell 其他多數の大家によりて立證せらる。

(二) 操業法不良説 裝入物及ひその裝入方法の不良なる爲に粉末骸炭、石灰石及粉狀鑛石が爐壁に近き一部に集りてハンギングの原因をなす。

(三) 青化加里 (KCN) 説 爐の下部にて生したる青化加里が爐の朝顔部にて昇華 (Sublime) して上昇し爐の冷却せる部に堆積して裝入物を爐壁に固著せしむ。

然るに Norbert Metz は一九一三年に (Stahl u. Eisen, 16 Jan. 1913 "Studien über die im Hochofen Zwischen der Eisenerzen u. Gasen olwaltenden Verhältnisse") 熔鑛爐の各部に於て内容物を採取して分析し又は各部の内部の壓力、溫度及瓦斯の成分を檢定したる有益なる報告の結論に於て、炭素析出はハンギングの原因には非ずして、他の原因によりて出來せるハンギングの強さを一層大ならしむるに過ぎざることを論ぜり、此結論に到達せる論據は次の如し、即ち裝入物は爐内に於て漸進的に降下するものに非ずして間歇的に落下するものなり (筆者曰くこの事實は以前に Van Flotten 其他によりて立證せられたり) 静止せる際に鑛石の表面に析出せる炭素はこの間歇的落下に際して強き瓦斯氣流によりて半は吹き飛され半は鑛石の表面に壓し付けられ、又は直接還元 (direct reduction) に費されて内容物の容積

を増さずしてハンギングの原因を作らずと云ふにあり、然れども余輩の見る所にては之論據極めて薄弱なる感あり。

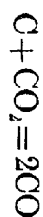
上層ハンギングに關する余輩の説は結論中に記述することゝして炭素析出かハンギングに重大なる影響あることの一例を掲ぐへし、即ち Frank C. Robert, 一九〇四年に (Iron Age May 5 1904, p. 6) 上層ハンギングは炭素析出によるものなることを力説して、その救済方法として石灰石の多量を裝入して良好なる結果を與へることを實證せり、例へば石灰石二一％の場合に故障を生せしものか二七％裝入せしに故障なかりしと云ふ、これは石灰石より生ずる CO_2 によりて析出せる炭素を燃燒せしむるものなり而して直徑四吋以下の石灰石を用ふる時は爐況良好ならず、これは石灰石の粒餘りに小にして從つて爐内にて餘りに早く CO_2 を生し析出せる炭素を燃燒せざるによると云ふ。

斯してハンギングを生したる内容物が滑り落つる時は時によりて爆發を伴なうことあり、この爆發に關する説は種々あれども主要なるものを摘録すれば次の如し。

(一) 粉狀の骸炭及鑛石の燃燒によるもの。これに付ては Van Flotten は一九〇八年に (Die Explosionen beim Stürzen der Gichten im Hochofen, St. u. Eisen 1908 p. 1015) 簡單なる實驗をなして次の推論をなせり、即ちハンギングを起したる時はその部分に必ず殆ど瓦斯の通らざる部分と多少瓦斯を通す所の二ヶ所あり、この後者に屬する部分は通過する瓦斯の爲に高熱せられこの爲に爐頂の冷鑛石は熱せられて細かく碎け恰も煙灰 (Gichtstaub) の如きものを生ず、若し今ハンギングか落下する時は非常なる振動をうけて高熱をうけたる粉狀鑛石と骸炭と混して盛に瓦斯を發生す、これ爆發の原因なりとす。

(二) 析出せる炭素か CO_2 によりて燃燒さる。これは即ち次の化學反應を生ずるものにして明かに

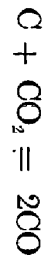
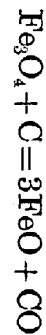
瓦斯の容積は二倍す。



Sinnerbach は 1903 年に (Ueber die durch das Hängen der Gichten Veranlassten Hochofen-explosionen ; Stahl u. Eisen 1903 S. 922)

この説を始めて主張せり、即ち爐の上方に於て析出せる炭素はハンギングの落下の際に高熱の場所に落下し該場所に存在せる CO_2 と作用して CO を生じ爆發を起すと云ふ。

上記二つの爆發の原因と稱せらるゝ反應即ち



この二式は明かに吸熱反應なるを以て爆發として働らくことなしと云ふ説あり、この反駁論は前記 Van Flotten の論説 (St. u. E. 1908 p. 1015) に對する討論中に載せられたり。

(三) ハンギング落下の際その上方に進入する空氣によるもの 即ち落下の際に吸引せられたる空氣は高熱の燃燒瓦斯と接觸して爆發を起す、Dixon は 1880 年に次式の如き反應は水分若くは水素の少量を含める瓦斯中に非されは爆發せざることを發表せり、



然して熱せられたる耐火煉瓦の面のニッケル銅及び此等の酸化物はこの反應を促進せしむる觸媒となると云ふ。

又 Van Flotten (Stahl u. Eisen 1908, 16, Juli, S. 1015) は經驗上次の事實を指摘せり、即ち熔鑛爐の羽口を一時的に閉鎖する場合に一般に爐頂、瓦斯飛しの辨を開放するを常とすれともこの爲に空氣進入して小爆發を誘起して瓦斯飛し附近の爐壁を破壊す。

此等の事實は前説を確かむる材料ともなるも、然れとも尙且前説の反應は容積の減する反應なるを以て爆發の大原因としては疑なき能はす。

(四) 壹酸化炭素の分解による この説は Skrappe の唱へたるものにして (Van Flotten の論説に對する討論にて述べたる説にして St. u. E. 1909, S. 214 にあり) その化學式は次の如く(二)の場合と全然反對の説なり。



論據は只發熱反應なる點にのみ留意せるものにして反應による容積の減少、或る溫度に至れば反應の止ること及 CO_2 濃度の増大する事に無關心に論じたるものなり。

熔鑛爐爆發の原因としての説は前記の如く種々あれとも何れも他を退くべき程の權威あるものなし。

餘りに獨斷的な嫌なきに非らされとも余輩は爆發の原因として次の説が最も蓋然的なるを信するものなり、即ちハンギングの爲に多量に析出せる炭素がハンギングを起せる部分の落下の際上方より吸引せられたる空氣の爲に燃燒して爆發の原因をなす、これは恰も炭山に於ける炭塵の爆發と同様にして化學式は發熱反應なるを以て反應傳播の速度を大ならしめて瓦斯の容積増大と共に爆發の原因をなすものなり。

第四節 炭素析出に關する研究

炭素析出がハンギング及爆發に至大なる關係ありとすればこれに關する研究は實に重要視せらるべきものなり、然るに今日迄に發表せられたる論説の僅少なること恰も曉の星の如し。

(一) Wiborgh の研究

Wiborgh は鑛石の還元度に就て研究せる結果、有孔率を増大ならしむるもの例へは結晶水含有物即ち褐鐵鑛又は炭酸鐵鑛は還元され易し、この理由によりて赤鐵鑛は爐内にて低溫にて不安定なる一部の酸素を失ひて磁鐵鑛となり斯くて容易ならしむと云ふ、尙同氏は炭素析出に就て研究の結果還

元度は炭素析出量に比例すと論せり、即ち

試験數

析出炭素量

還元度

六	〇・一%	七〇・八二%
六	一一・二	八三・八六
四	二・二三	八五・八六
二	四・一六	九〇・九三

(一) Sir Lowthian Bell の研究

Bell は一八九七年に次の結果を發表せり (Iron Age, 11, Feb., 1897)

鑛石の種類	還元度		炭素析出量	
	緩氣流	速氣流	緩氣流	速氣流
沈澱赤鐵鑛	四九・三〇%	八〇・六〇%	七九・七〇%	三三五・四〇%
Elba 鑛石	一六・九〇	一八・二〇	三八・〇	四・九〇
Cleveland 鑛石	三七・三〇	五〇・七〇	一一・六〇	一一一・三〇
焙燒炭酸鐵鑛	一三・〇〇	四二・〇〇	一一・三〇	三・九〇

即ち氣流の早き程一酸化炭素の作用は強くなる、これは緩氣流なる時は生したる炭酸瓦斯か直ちに驅逐されずして瓦斯の作用力に關係するを以てなり。

(二) Landig の研究

Landig か一八九七年に發表 (Tr.A.I.M.E. Vol.26 1897, p. 276) せるものにして今日迄に炭素析出に關してなされたる最も大なる研究なり、方法の大略は次の如く約半瓦の粉狀試料(八十目を通る如き)をボットに容れこれを鑄鐵製箱の中に置く、該箱は熔解せる鉛中に入るゝことによりて一定の攝氏四三

○度に保つ、試験用瓦斯は大約〇〇・七四％〇〇三二・〇％の成分を有するものにして壓力二、九四オンスの下にて三四〇リットルの瓦斯を二時四十五分間通せしむ、所定時間後に鑄鐵製箱を鉛中より取り出し瓦斯を通しなからこれを冷却す、上記の方法にて得たる結果を簡單にして示せば次の如し。

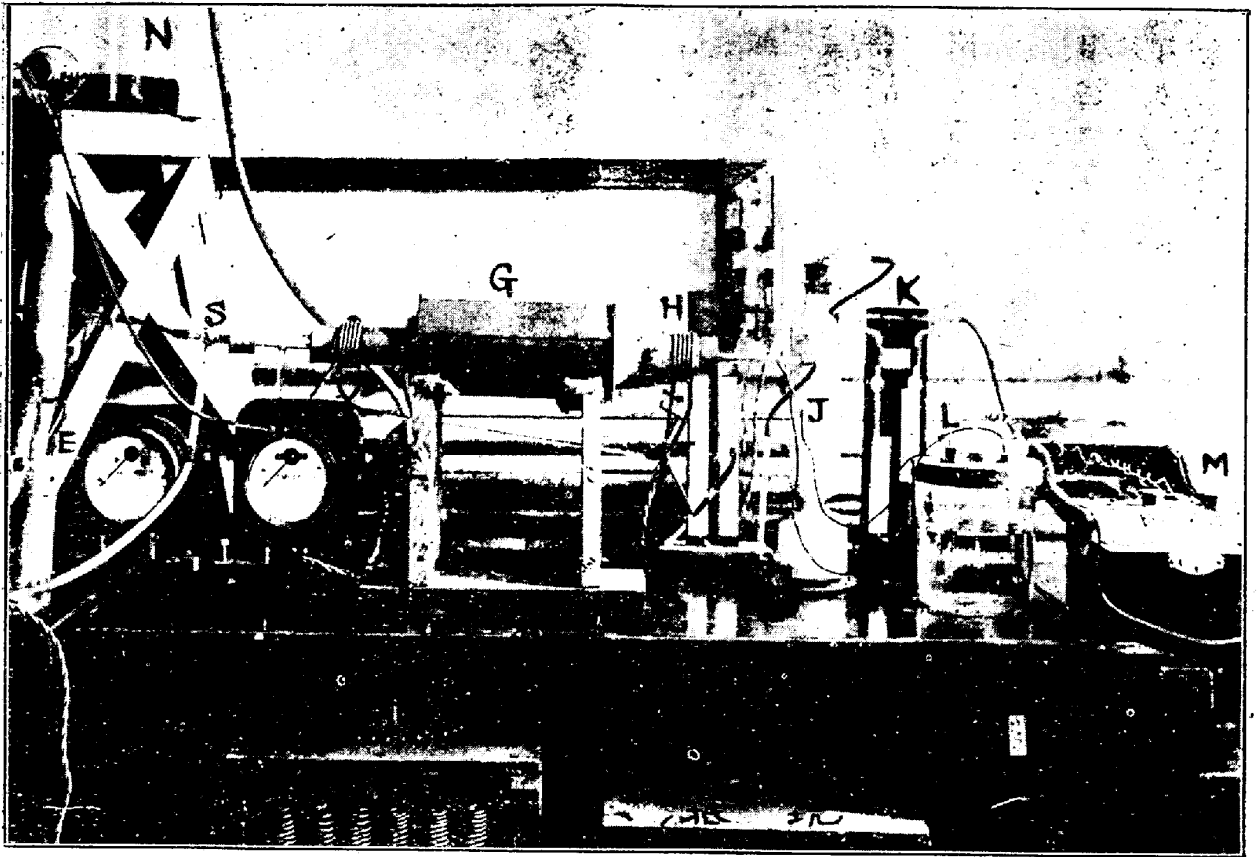
鑛石の種類	還元度 %	炭素析出量
赤鐵鑄(軟)	一七、九四	一三、八二
同 上(硬)	一八、七九	七、五二
同 上半硬	六、二六	三、二四
赤鐵鑄(青色)	一五、八〇	一、九八
同 上(褐色)	二七、九五	一二、九四
メサビ鑛石	二四、九五	二二、六一
磁 鐵 鑛	〇、〇〇	〇、二〇

然して前記還元度は實驗の前後に於ける重量の變化より算出せり、Landigは結論に於て析出炭素量は鑛石の鑛物學上の種類によりて相違することを述べたり。

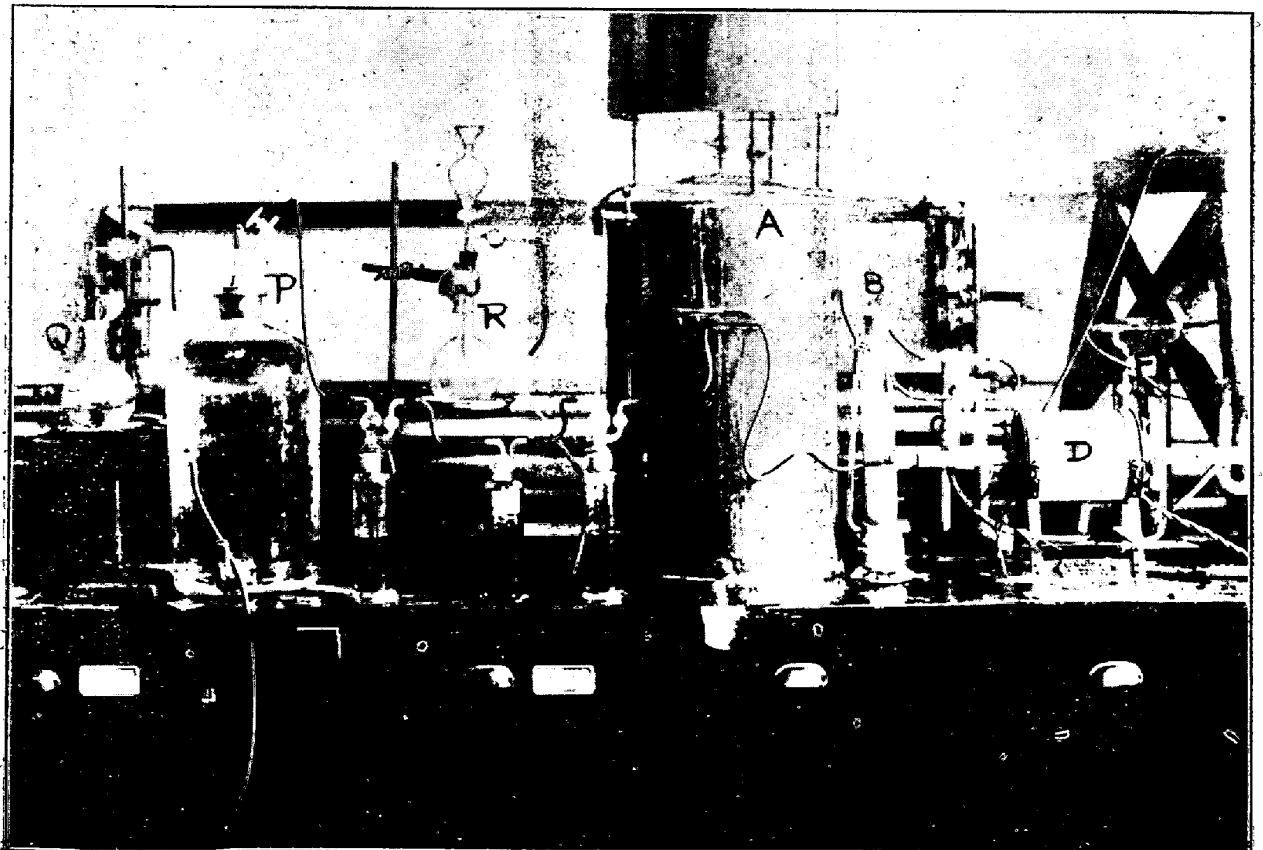
Landigの結果は鑛石を比較するには適當なるへしと雖も析出炭素量はその溫度に於ける絶體値を示せるものに非らず、何となれば前記實驗に於て瓦斯を通しつゝ冷却する以上この冷却時間中に炭素析出あるは辭むへからざる事實なればなり、然るにこの炭素析出量を用ひて直ちに爐内の炭素析出量を計算せるを参考書中に散見す、これ餘りに大膽なる計算と云ふへし、殊に冷却に要する時間か各に相違せる場合にありては前記結果は尙更大體を示すに止まりて何等正確なる結果を與へざるものなり。

第貳章 實驗裝置及方法

壹酸化炭素氣流中に於ける鐵鑛石の狀況



鐵と鋼 第六年 第十一號



九七八

第壹節 概説

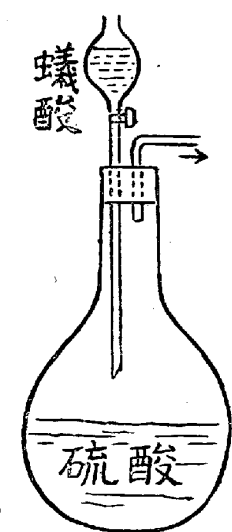
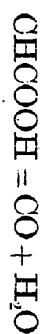
實驗の方法は一定時間一定温度に於て一定量の一酸化炭素瓦斯を鐵鑛に作用せしめ所定時間經過後窒素瓦斯を以て前の一酸化炭素瓦斯を驅逐して冷却す、裝置は寫眞圖に示せる如くAなる水槽より一酸化炭素は押し出され鹽化カルシウム塔(B)及無水磷酸管(C)にて水分を吸収せられ、電氣爐(D)に入る、この電氣爐は瓦斯中の酸素を除去するものにして赤熱にせる銅線を容る、Dより曹達石灰管(E)及瓦斯計量器(Differential Manometer) Fを経て試料を容れたる主電氣爐(G)に至る、排出瓦斯は鹽化カルシウム塔(J)及瓦斯計量器(K)を経てブンゼン燈上にて燃燒せらる。

Hは爐内の壓力を計る水壓力計にして爐の排出口よりスリーウエーコックによりて爐と通す。Mは高熱計のガルバノメーターにしてLはそのコールドジャンクションなり、尙二つの電氣爐には夫々一箇宛のアンメーター及抵抗器を有す、共に寫眞に明かなり、

Rは一酸化炭素發生裝置Qは窒素發生フラスコにしてPは窒素を蓄へて隨時押し出す裝置なりとす。

第貳節 一酸化炭素發生及清淨方法

一酸化炭素は蟻酸を攝氏百貳拾度附近にて濃硫酸を以て分解して發生せしむ。



約六〇〇立方糎のフラスコに三〇〇立方糎の濃硫酸を容れこれを砂皿上にて熱し分液漏斗によりて蟻酸を滴下せしむ、約二十分に於て四五リットルの水槽を充し得たり。蟻酸は五〇％の濃度のもの

を使用せり、故に理論上一〇〇立方糎の蟻酸より二四、三リットルの一酸化炭素を得、

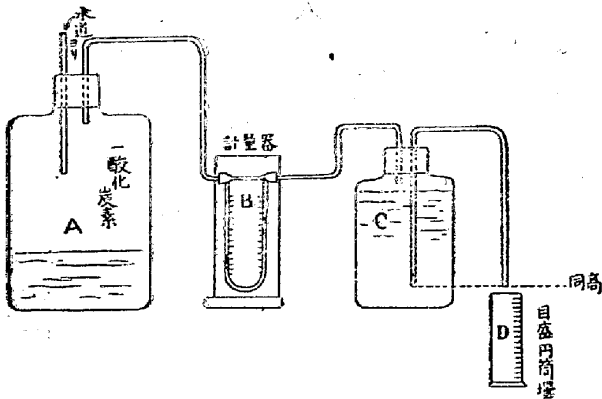
斯くして作られたる一酸化炭素瓦斯中には尙水分及酸素を含有するを以て水分は鹽化カルシウ

ム塔及無水磷酸管によりて完全に除去し酸素は電氣爐にて赤熱せる銅線網上を通してこれを除く、但し酸素を除く際に一部の酸素は銅と化合せしめて銅の觸媒作用によりて多少の炭酸瓦斯を生ず、この故に電氣爐より出てたる瓦斯は曹達石灰管を通し CO_2 を除く。

第三節 瓦斯計量器及其目盛り方法

瓦斯計量器はデフエレンシャルマノメーターにして瓦斯を毛細管に導き管の前後に於ける壓力の差を計りて瓦斯の速度從て其の量を測定するものにして豫め目盛りをするを要す、壓力の差を計るU字管には抵抗油(Transformer Oil)を使用せり。

目盛りの方法は次の如し 目盛りの際に使用する瓦斯は計量器を實際に使用する際の瓦斯と同一なるを要す、何となれば瓦斯の密度に相違あれば、壓力差に相違を來すを以てなり、この故に一酸化炭素を用ひて目盛りをなせり。



上記の略圖に於てAなる壺中には一酸化炭素を容る、瓦斯は水道の水によりて適量宛押し出たされて計量器Bを経て壓力計に差を生せしめてCなる壺に入る、Cなる壺は豫め水を以て充す、Cに入りたる瓦斯はC中の水を出入口を高くし水平線上に有するサイフォンによりて驅逐す流れか一定となりたる時にDなる目盛り圓筒によりて一定時間に出てたる水量從て瓦斯量を計り同時に計量器の壓力差を讀む、かく水道よりの水量を加減して數回之を行ひ曲線を引きて該計量器に付して用ふ。

第四節 實驗用電氣爐

實驗に使用せる電氣爐は内管及外管より成る外管は長さ二八糎内徑六五糎の陶器管にして十八番ニクロム線を巻きその外部はカオリン石綿

にて蔽ひ尙鐵板を以て保護せるものなり、内管は外管中に挿入するものにして内徑四、二糎の陶器管なり、該電氣爐は溫度によりて相違すれども中央約九糎は一定溫度に保ち得たり。
 爐の兩端はゴム栓にて塞く、高熱の爲ゴム栓の侵さるゝを防ぐ爲にゴムの爐内部の瓦斯に接する面は石綿にて蔽ひ尙管の外部よりも水を通する鉛管を巻きて冷却す、鉛管に送る冷却水はNなる壺中より送る。

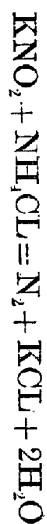
電氣爐に使用する電流は交流二百二十ボルトにして抵抗及アンメーターを附屬す。
 高熱計は白金及白金ロヂウム合金の熱電對より成るガルバノメーター及コールドジャンクシヨンを一定溫度に保つ裝置を附屬す。

第五節 窒素瓦斯發生及清淨方法

所定時間經過後窒素瓦斯を以て電氣爐を充して冷却し、酸化を防止す。

窒素瓦斯として市中に販賣せらるゝものは約一〇%の酸素を含むを以てこの目的に使用するを得ず、依つて止むなく特にこれを製造して寫眞に示す如き壺に蓄へて使用せり。

原理は鹽化アンモニヤ及亞硝酸加里を各分子量の割合に混して少量の水を以て飽和溶液を作り砂皿上にて熱する時は盛に噴出す。



故に二、四リットルの瓦斯は理論上八五、一瓦の KNO_3 及び五三、五瓦の NH_4Cl より得らる。

方法は約六〇〇立方糎のフラスコに亞硝酸加里二一瓦鹽化アンモニヤ一三五瓦を入れ六〇立方糎の水を混して砂皿上にて熱する時は或溫度に達して盛に瓦斯を發生す。

前記反應は非常なる反應熱を伴ひ且つ瓦斯發生の一時的に盛なるを以て注意を要す、即ち瓦斯發生の初期に於て下部より熱することを止め尙フラスコを濕したる木綿等にて蔽ひて反應を徐々に

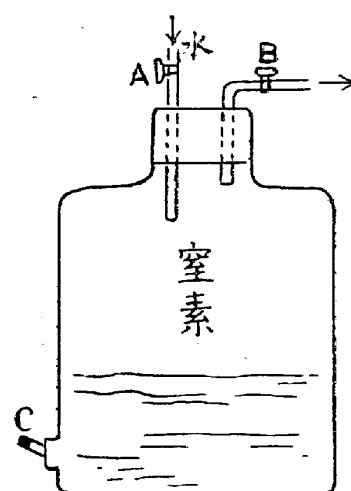
起らしむへし然らすんは不測の危険を生ずることあるへし。

發生せる瓦斯は前述〇〇瓦斯槽と同じ原理によりて作りたる圖の如き壘に入れて蓄へ使用の際は

水を以て瓦斯を押し出す。

壘に窒素を容るゝ際には壘を水にて充しA、Bの cocks を閉ちて〇の栓を開きてこゝより窒素をゴム栓にて送入す。

瓦斯を使用する際にはCを閉ちA及びBを開き、水を以て瓦斯を押し出す。



との溶液を以て酸素を除き尙電気爐にて赤熱せる銅線上を通してNO又はNO₂を除去し、かくして得たる純粹なる窒素を爐に送る。

焦性没食子酸と苛性加里の溶液は次の如くして作れり、即ち一二三瓦の苛性加里と八五立方糎の水を混し置き別に五瓦の焦性没食子酸を一五立方糎の水に溶かしたるものを作り兩液を混合す。

Mannの實驗によるに焦性没食子酸は苛性加里の飽和溶液に於てその一瓦は約二七〇立方糎酸素を吸収すると云ふ。

第六節 實驗の方法

試料は耐火性の皿に載せ爐の中央部に置く、試料は常に一定の場所に置きたり、爐の兩端を閉ちて所定溫度迄昇し一定溫度となりたる時にアスピレーター(水流によるもの)を以つて九耗の眞空となして後一酸化炭素を送る、排出口附近にある壓力計によりて、十分毎に壓力(爐内の)を讀む所定時間後瓦斯を中止して窒素瓦斯を送りて冷却す、窒素は始めは多量に送りて一酸化炭素を驅逐した後は少量送るに止む、窒素の使用量一回に約五リットルなりき、尙成るべく早く冷却せしむる爲に扇風機を用

ひたり、これによりて攝氏五〇〇度より常溫迄約三十分にして冷却するを得たり。
然れども試料の内部は爐の冷却せるにも拘らず、尙往々高熱なりしことありしを以て、其後約三四時間爐中に止めて後取り出せり。

第七節 分析方法

本實驗に於て行ひたる分析の主なる方法は次の如し。

(一) 炭素の分析方法 普通鋼中の炭素分定量と同一の方法にしてクローム酸及硫酸を以て處理して炭素を炭酸瓦斯に酸化してこれを苛性加里に吸収せしめて定量す。

(二) 全鐵分の分析方法 普通に行なう方法にして試料を鹽酸に溶解して鹽化第一錫を以て酸化第二鐵を第一鐵に還元し、 H_2O_2 の過滿俺酸加里溶液を以て滴定す。

(三) 酸化第一鐵の分析方法 試料を密閉せるフラスコ中にて鹽酸に溶解して全鐵分と同様過滿俺酸加里を以て滴定す、滴定の結果より金屬鐵を減して酸化第一鐵の量とす。

(四) 金屬鐵の分析方法 金屬鐵分析の原理は次の化學式によりて金屬鐵のみを昇汞を以て溶解し生したる鹽化第一鐵を過滿俺酸加里にて滴定す。

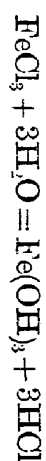


分析方法は約〇、五瓦の微粉末試料を炭酸瓦斯を以て空氣と置換せる一〇〇立方糶の目盛フラスコに容れ尙三瓦の昇汞と五〇立方糶の水を混す、これを徐々に熱して沸騰せしむ數分間沸騰したる後攝氏一五度迄冷却して沸騰したる水を以てフラスコの標線迄滿す、よく震盪してフラスコに栓を施し不溶解分の沈下する迄靜止す、然る後該溶液を乾濾紙を以て濾過し濾液を炭酸瓦斯にて滿たせるフラスコに取る、斯くして得たる濾液の二〇立方糶に燐酸、硫酸滿俺及硫酸の溶液即ち一一〇瓦の硫酸滿俺を六〇〇立方糶の水に溶かしこれに一三八立方糶の燐酸及一三〇立方糶の濃硫酸を加へ

全體を一リットルに稀釋したるもの(を)加へて過滿俺酸加里にて滴定す。

金屬鐵の分析は本實驗に於て最も困難を感じたるものにして最初は鹽化第二鐵(FeCl_2)の溶液にてこれを溶解したれとも反應完結に非常なる時間を要し加之鹽化第二鐵か加水分解を起す故にや

其結果良好ならすして遂に上記の方法を用ひたり
鹽化第二鐵の加水分解により水酸化鐵及鹽酸を生
し前者は滴定のエンドポイントを不明瞭にして後
者は過滿俺酸加里の消費を起すものなり。



第參章 實驗の報告

第一節 供試鑛石の成分

實驗に用ひたる鑛石は主として兼二浦褐鐵鑛なりき、其他太平及利原赤鐵鑛に就ても實驗せり。

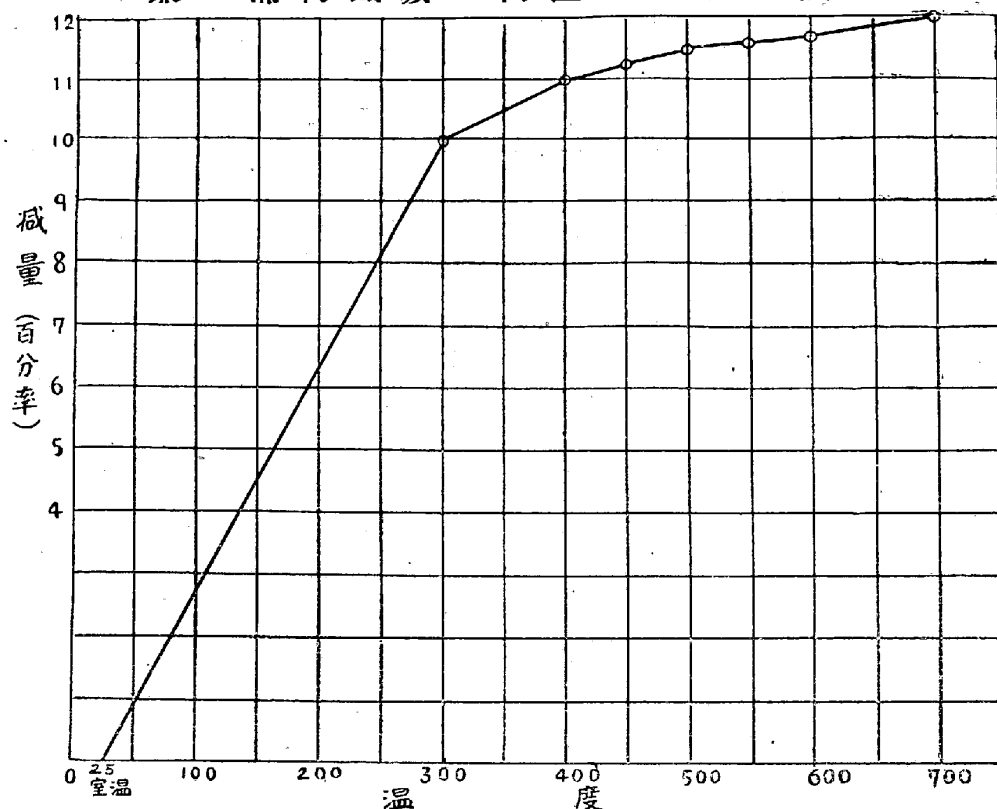
生鑛の分析結果は次の如し。

鑛石の全鐵分 第二鐵 酸化 硅酸 硫黄 磷 比重 分析者

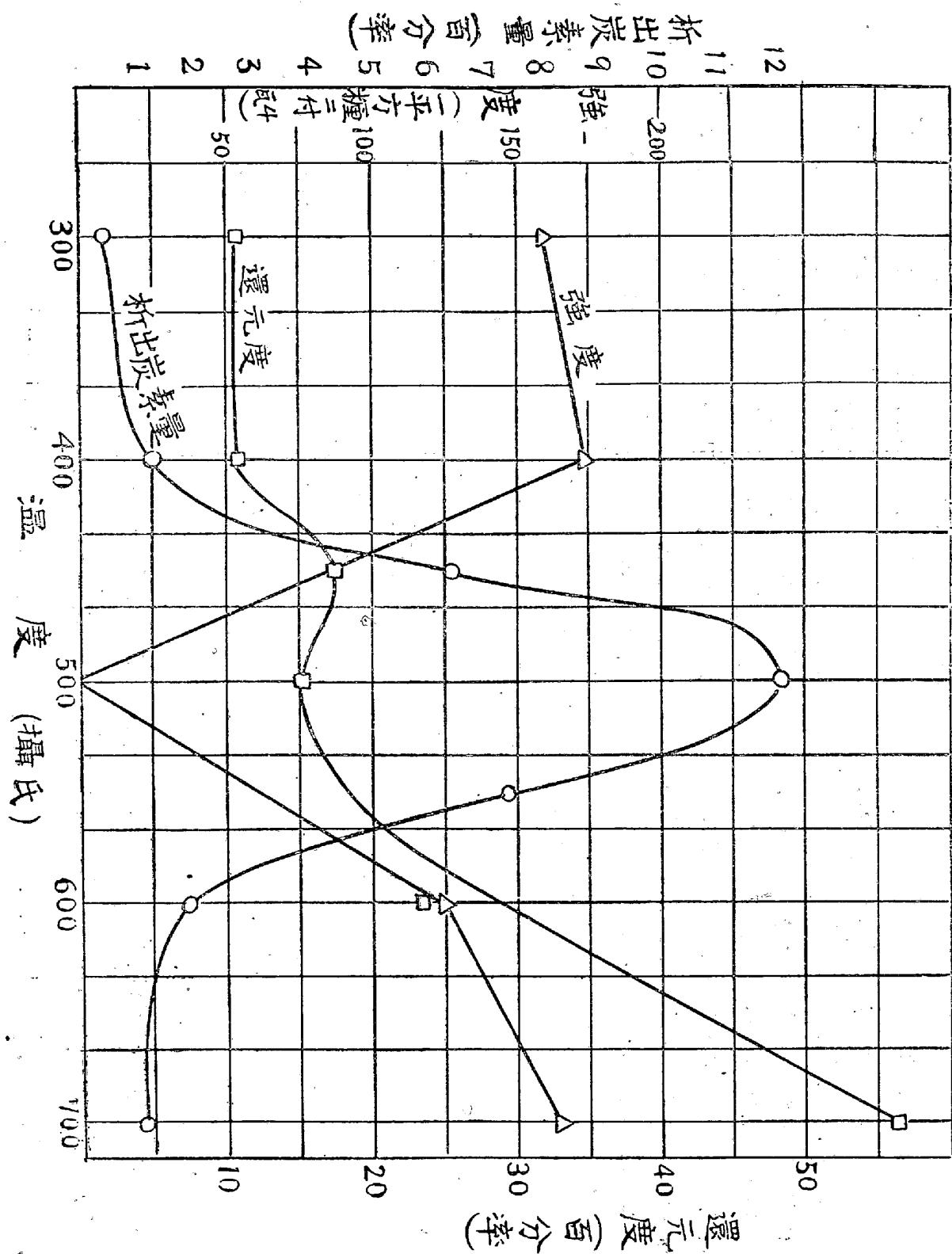
兼二浦	五五八	—	六〇九	〇、〇七五	〇、〇五〇	三、五〇	藤田氏
太平	六五八	〇、八〇	四、三五	〇、〇八五	〇、〇四三	四、九	同上
利原	五五、四	—	一八、三六	〇、〇二五	〇、〇六三	四、九五	三島氏

尙兼二浦褐鐵鑛に就て還元度を實驗前後の重量の變化によりて求むる目的を以て各溫度に於ける灼熱減量を求めたり、その結果は次の如し。

兼二浦褐鐵鑛の高温に於ける減量



乗 二 浦 褐 鐵 鑛 (A) 實 驗 結 果



一酸化炭素氣流中に於ける鐵鑛石の狀況

溫度(攝氏)	三〇〇	四〇〇	四五〇	五〇〇	五五〇	六〇〇	七〇〇
減量(%)	九、九五	一〇、九一	一一、一六	一一、四一	一一、五一	一一、六〇	一一、九二

然れとも實驗後の試料は吸濕性極めて強く正確なる重量を測定し得ず従て重量の變化によりて還元度を求むることに失敗せり、各溫度に於ける減量を線圖を以て示せば前九八四頁に示す如し。

第二節 實驗の結果

實驗の結果を次の九種に分類して掲ぐ、

(A) 溫度のみ變じたる場合

供試鑛

兼二浦褐鐵鑛

試料の大きさ

一糎立方

瓦斯通過時間

一時間

使用瓦斯量

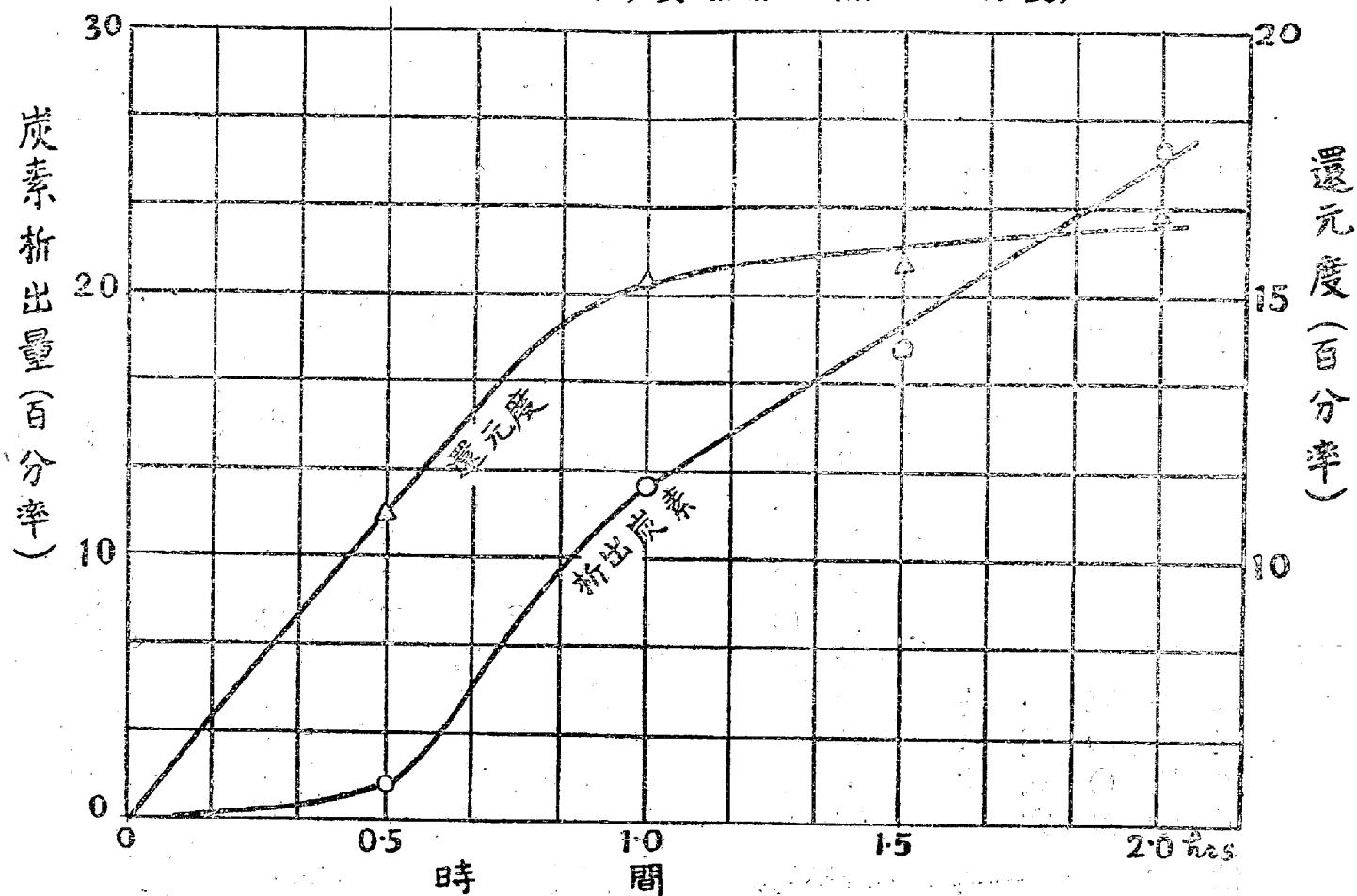
一時間十立の割合

爐内の壓力

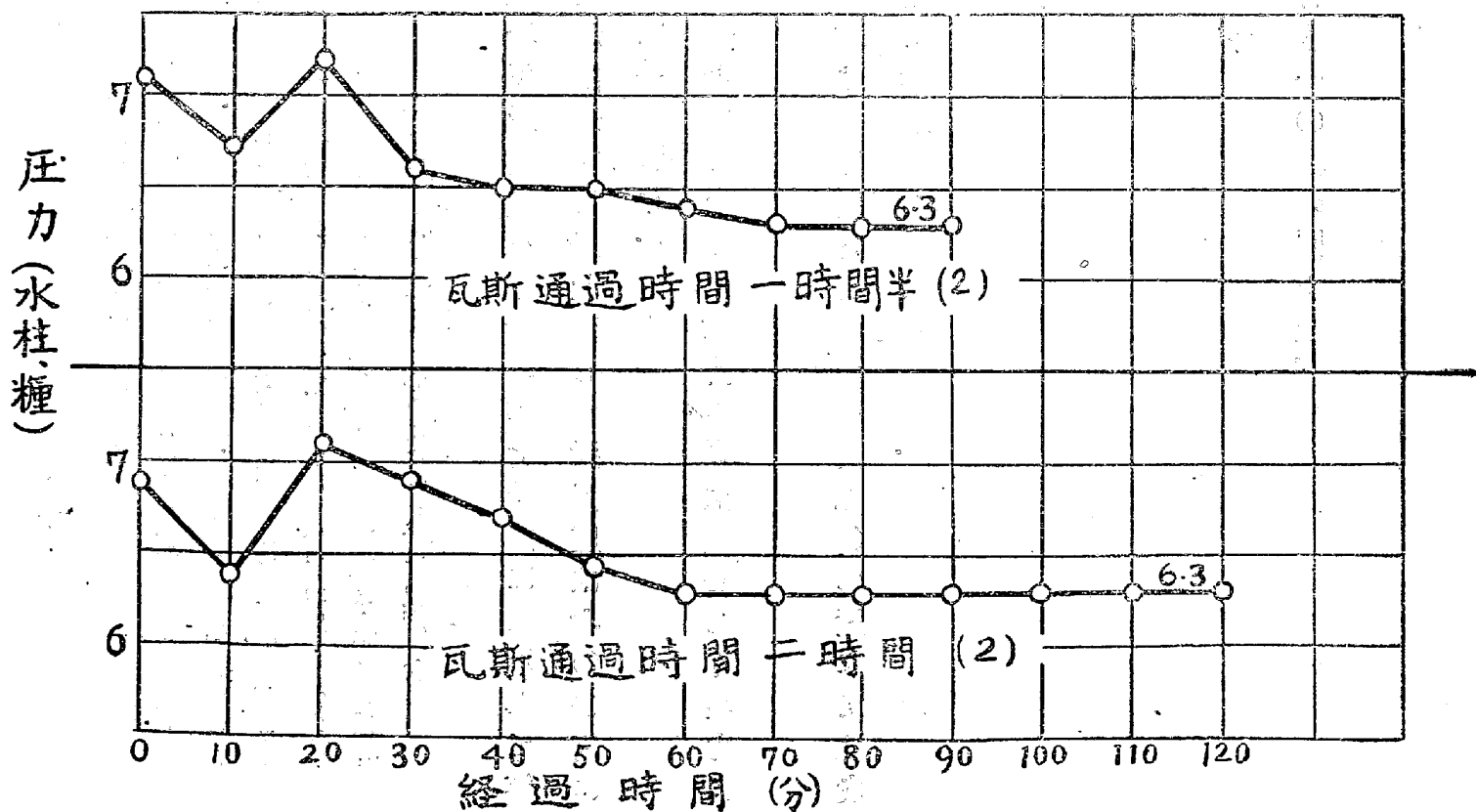
水柱にて六糎より十糎の間を上下す

溫度(攝氏)	原鑛石の 有孔度%	還元後の 減量%	析出炭素(還 元錫に對す)	全鐵分	第一鐵分	金屬鐵	還元度	還元後に於ける試料の狀況
三〇〇	一七、七	一三、三六	〇、四三	七九、六一	一六、四六	二、六五	一〇、二五	完全に原形を保つ 強度180Kg/cm
二	三六、三	一一、七〇	〇、五四	七一、一五	一五、七二	一、二七	九、一六	完全に原形を保つ 強度140Kg/cm
三	三一、七	欠	欠	八〇、〇〇	二四、八〇	二、二四	一三、一五	完全に原形を保つ 強度欠
四〇〇	一八、三	一一、三〇	平均〇、四八	六九、〇八	一五、二九	一、〇六	八、九四	完全に原形を保つ 強度200Kg/cm
二	三六、〇	一三、四七	平均〇、四九	六九、五六	二〇、一八	二、一二	二、七〇	完全に原形を保つ 強度150Kg/cm
四五〇	二四、三	七、五三	平均六、六五	六六、四三	二八、九〇	一、九八	一七、五〇	粗粒となりて碎く
一	一三、四	四、二三	一〇、七二	六九、〇三	二五、〇五	二、一二	一五、三五	黒色の細粒となる
二	三四、六	一、二五	一三、二五	六一、〇六	二四、三三	一、五三	一五、八〇	同上
五〇〇	三〇、九	欠	一二、九六	六八、七八	二二、七一	二、〇九	一四、〇五	同上

兼二浦褐鐵鑛(B)實驗結果(攝氏五百度)



(B) 實驗に於て爐内の壓



四	三〇、〇	三、四二	平均一、三〇七	六〇、五九	二三、二二	一、八七	平均一五、八五	同	上
五五〇	二六、〇	一一、〇五	平均七、三六	五九、〇七	三三、三五	一、七五	平均二一、八〇	試料の前方のみ細粒となりて碎く	
六〇〇	一四、三	一三、五〇	〇、六五	七一、一五	三六、三七	三、〇六	二一、〇五	完全に原形を保つ	強度160Kg/cm
二	三四、九	平均一六、五一	三、〇五	七〇、〇九	四三、〇一	三、七一	二五、八〇	完全に原形を保つ	強度90Kg/cm
一	二〇、〇	一八、八五	一、一四	七八、四四	四五、一九	一〇、〇七	平均二三、四二	完全に原形を保つ	強度30Kg/cm
七〇〇	三七、二	二九、六二	一、二〇	八二、六八	二五、四四	五〇、八八	七一、九〇	完全に原形を保つ	強度100Kg/cm
三	三〇、五	二二、六〇	平均一、一七	七二、八〇	三六、二四	三五、三六	六五、二〇	完全に原形を保つ	強度欠

上表中欠は分析又は試験を省略或は忘失せるもの又析出炭素量及還元度等を線圖にて示して第九八五頁にあり此等の結果によるに攝氏五〇〇度にて析出炭素量最大にして還元度は七〇〇度に於て急激に増加せるを見る、尙五〇〇度附近にては鑛石は粉末狀を呈せり。

爐内の壓力は一定に保つを得す何となれば瓦斯使用量少なるを以て爐内の變化は著しく壓力に影響を及ぼすを以てなり。

還元度は攝氏四五〇度にて五〇〇度よりも大なりこれは(D)實驗と同様に攝氏五〇〇度にては炭素析出甚しく瓦斯は多くの〇〇を含むを以て専ら還元に働かざるを示す。

(B) 時間のみ變したる場合

供試鐵鑛	兼二浦褐鐵鑛
試料の大きさ	一糎立方
溫度	五〇〇度
使用瓦斯量	一時間十立の割合
壓力	水柱にて六糎より一〇糎の間を上下す

瓦斯通過時間	原鐵石の 有孔度%	還元後重 量の増減	析出炭素 量%	全鐵分	第一鐵	金屬鐵	還元度	還元後試料の狀況
三〇分	二六、六	減一二、七六	〇、九一	六七、二七	一八、一九	痕跡	九、〇三	瓦斯のあたる面碎けたり
二	二九、一	減一三、一五	平均一、七五	六八、六一	二二、八一	一、〇一	平均一二、五三	同上
一	一三、四	減四、二三	平均一〇、七二	六九、〇三	二五、〇五	二、一二	平均一五、三三	黒色の細粒となる
壹時間	三〇、〇	減三、四二	一一、三四	六〇、五九	二三、二二	一、八七	一五、八五	同上
三	三〇、九	欠	一二、九六	六八、七八	二二、七一	二、〇九	一四、〇五	同上
四	三四、六	減一、二五	平均一三、二五	六一、〇六	二四、三三	一、五三	平均一五、八〇	同上
壹時間	二七、七	増三、四五	平均一七、二〇	六四、七三	二六、九一	一、一七	平均一五、七〇	煤の如し
二	二六、八	増三、二七	平均一八、七六	六三、二七	二五、七四	一、一七	平均一五、四〇	同上
半	二二、六	増一八、九〇	平均二七、六〇	五五、五七	二三、一七	一、四〇	平均一六、四〇	同上
貳時間	三〇、六	増一、一〇	平均二三、三〇	五八、四〇	二四、八二	一、四六	平均一六、六五	同上
二			平均二五、四五			平均	一六、五二	同上

析出炭素量及還元度を第九八七頁の線圖に示す前表に於て見る如く時間によりて析出炭素量は増大すれども還元度は割合に増さすこれは炭素析出の爲に〇〇瓦斯を生ずるを以てなるへし。尙爐内壓力の變化は次の線圖に示す如しこれより考察するに最初炭素の析出少なき故に壓力高し約一時間後に定値に達したり然して十分後に於て何れも降下するは瓦斯を通したる初期に於て反應の盛に起るを示すものなり。

(C) 壓力のみを變したる場合

供試鐵石

兼二浦褐鐵礦

鐵石の大きさ

一纏立方

溫度

五〇〇度

瓦斯通過時間

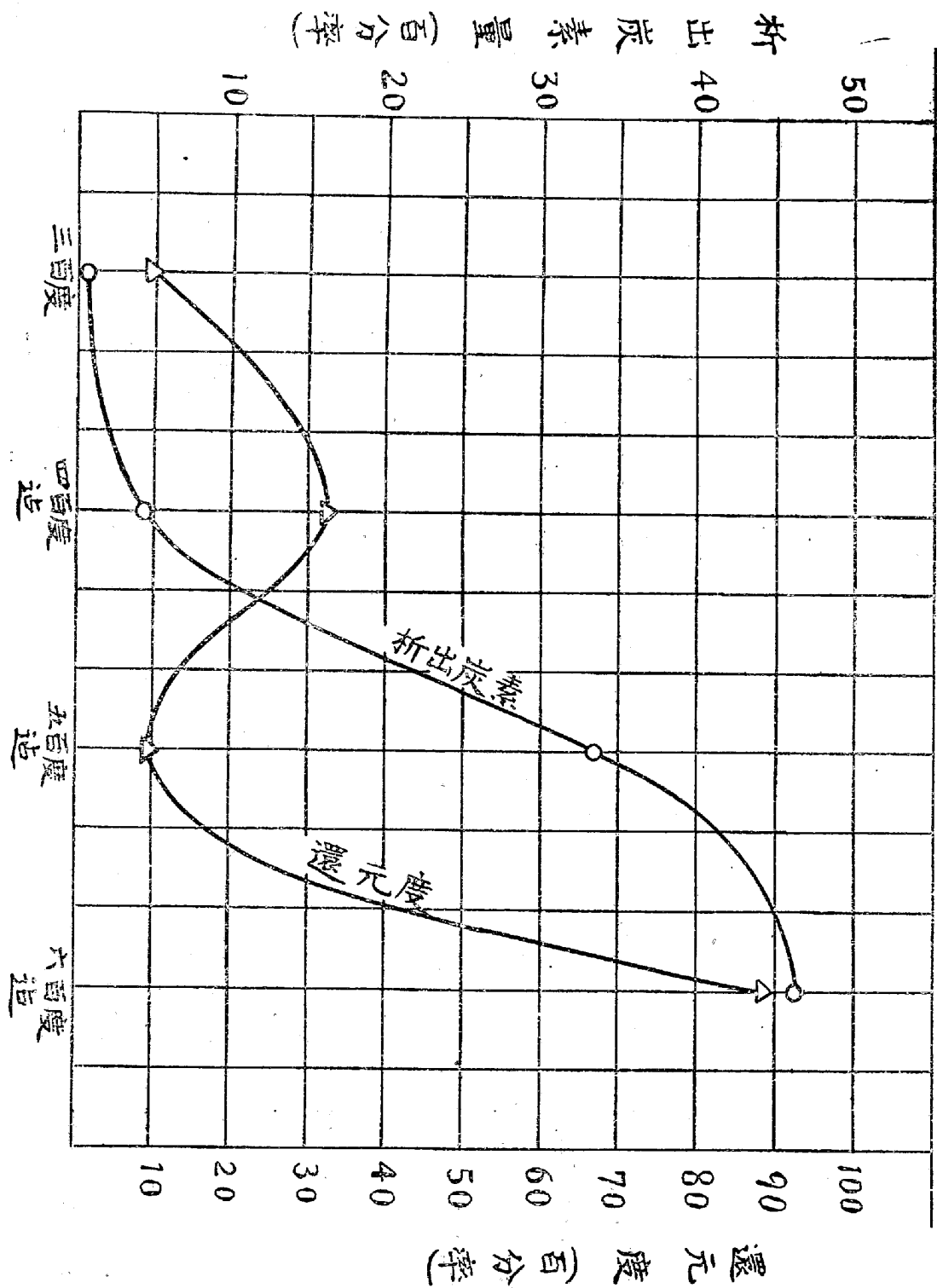
一時間

瓦斯使用量

一時間十立の割合

一酸化炭素氣流中に於ける鐵鐵石の狀況

兼二浦褐鐵鑛(D)實驗の結果



爐内平均壓 力(糶)		試料の有 孔度	還元後の 減量%	析出炭素 量	全鐵分	第一鐵	金屬鐵	還元度	還元後試料の状況
零糶	一	二八、五	欠	一〇、二五	六五、七〇	二七、三〇	〇、八七	一五、一五	黒粒となりて碎く
	二	二二、九	〇、八五	一三、五八	六三、八七	二六、二八	一、四六	一五、九五	同上
	三	一三、四	四、二三	一〇、七二	六九、〇三	二五、〇五	二、一二	一五、三五	同上
	四	三四、六	一、二五	一三、二五	六一、〇六	二四、三三	一、五三	一五、八〇	同上
七糶	一	三〇、九	欠	一二、九六	六八、七八	二二、七一	二、〇九	一四、〇五	同上
	二	三〇、〇	三、四二	一一、三四	六〇、五九	二三、二二	一、八七	一五、八五	同上
	三								
	四								

爐内の壓力を零とする爲に排出口に置きたる瓦斯計量器を取り去りたり。前表を見るに壓力零糶の場合と八糶の場合と何れの點より見るも相違點あるを認めず、抑も $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$ なる反應は容積の減少する反應なるを以て壓力を高かむる時は上記反應は炭素の析出する方向に進まざるへからず然れとも前表により八糶(水柱)と云ふ少しの壓力の差異にては殆ど變化なし。

(D) 順次に各温度に一時間宛保持したる場合

使用 鑛石

兼二浦褐鐵鑛

試料の大きさ

一糶立方

瓦斯使用量

一時間十立の割合

或る温度よりそれより攝氏一〇〇度高き温度に上昇せしむるに約五分間を要するのみなるを以てこれを無視して時間を算出せり。

温度及時間	試料の有 孔度%	還元後重量 の増減%	析出炭素 量	全鐵分	第一鐵	金屬鐵	還元度	還元後試料 の状況
三百度のみに壹時間	一七、七〇	減 一三、三六	〇、四三	七九、六一	一六、四六	二、六五	一〇、二五	原形を保つ
同上	三六、三〇	減 一二、七〇	〇、五四	七一、一五	一五、七二	一、二七	九、一六	同上
三百度及四百度に各壹時間	三二、〇〇	減 一二、五四	四、三六	六四、八〇	三七、〇四	七、八四	三二、五五	同上
三百度四百度及五百度に各一時間	三五、二〇	増 二二、三六	三三、五〇	四五、二〇	一二、〇八	痕跡	八、九二	煤の如く化す

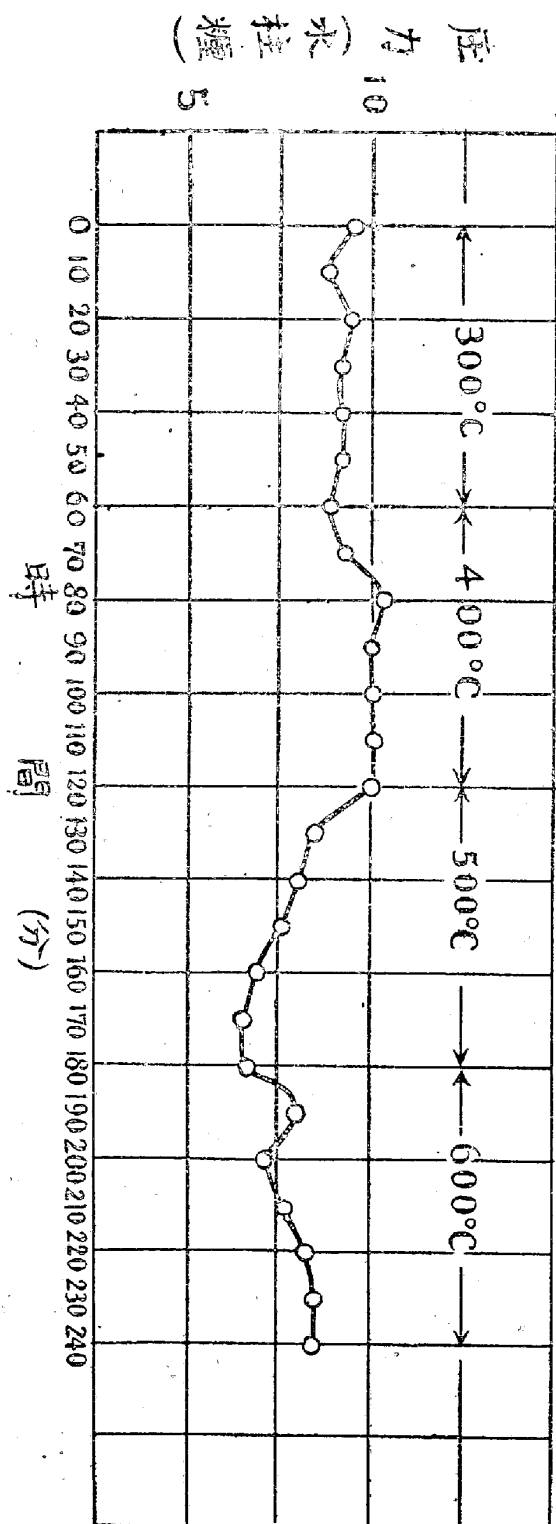
同上	三二、〇〇	増二七、〇三	三三、二七	四四、六〇	一二、八八	痕跡	九六四	同上
三百度四百度五百度 及六百度に各一時間	二〇、三〇	欠	四六、一九	四八、〇〇	八、一二	三九、六八	八八、五〇	同上

前記表及第九九〇頁の線圖に於て見る如く五〇〇度に於て還元度小なるは炭素の析出多くしてこの爲に多量の CO を生じ四〇〇度迄に還元されたるものを再び酸化するに基因するものゝ如し、尙六〇〇度にては殆ど金屬鐵となれるを見る。

此の六〇〇度迄還元を行ひたるものは爐内の壓力の變化を各十分毎に記録せるにこれによりて爐内の狀況を觀察する好材料を得て之を左圖に示したり、即ち還元にては次に示す如き化學式にて行はるゝ故に瓦斯の容積の變化なし。



然れども炭素析出の際にはその容積半減す。



この故に炭素析出に際しては壓力計の降下を來すは前頁の圖に示す如し、五〇〇度にて壓力の降下あるは炭素析出を示すものにしてこれは前記分析の結果及(A)なる實驗の結果と一致す、四〇〇度に於ては三〇〇度よりも壓力高しこれは溫度の高き爲瓦斯の膨脹に由る五〇〇度、六〇〇度に於ては若し炭素析出無かりせは四〇〇度よりも大なる壓力を示すへき筈なるもこの現象の爲に著しく降下す。

(E) 鑛石の大きさを變したる場合

使用鑛石 兼二浦褐鐵鑛

瓦斯使用量 壹時間拾立の割合

この實驗は後述の如く失敗に歸せるもその實驗の結果を二つに分ちて掲ぐれば次の如し。

(一) 溫度五〇〇度に於ける實驗結果

試料の大きさ	瓦斯通過時間	有孔度	析出炭素量	全鐵分	第一鐵	金屬鐵	還元度	還元後に於る試料の状況
一、五立方糎	二時間	三五、七	七、二〇	六二、二〇	九、五二	痕跡	五、一八	塊部と粉末部等分となる
同 上	三	三〇、六	一一、五〇	六二、三二	二一、四三	〇、九六	一三、二〇	殆と全部粉末となる
二、〇立方糎	一	三三、七	一、六三	六三、二〇	一二、九六	痕跡	六、八四	完全に原形を保つ

(二) 試料の大きさ二、〇立方糎のものを三〇〇度より順次に六〇〇度迄各一〇〇度の間隔をおきて壹時間宛保持して得たる結果は次の如し。

還元鑛は七八、三%の塊部と二一、七%の粉末部とに分れたりその各の分析結果を掲ぐ。

	析出炭素量	全鐵分	第一鐵	金屬鐵	還元度
塊 部	二、八三	六三、八〇	一、七六	〇、六四	一、九三
粉 末 部	二五、四七	四六、八〇	九、六八	痕跡	六、九一
平 均	七、七四	六〇、一五	三、四七	〇、五〇	二、七六

要するに瓦斯量少なきを以て試料の大きさか還元度及析出炭素量に及ぼす影響は極めて大なり、何

となれば鑛石の大さ大なる故に炭素析出又は還元度の少量なる百分率も全體としては鑛石の小なる場合よりも大となりこの爲に〇〇瓦斯の發生量大なるを以て還元又は炭素析出に働くべき瓦斯量を少なくす即ち二重に還元度及炭素析出量を小にするものなり。

前記の結果によるにこの場合には一、五糎立方のものは約三時間にして破碎し析出炭素量一一、五〇%を得たりこれを(A)實驗と比較するに炭素析出すること一一%内外に達すれば破碎するものゝ如し(但兼二浦鑛石の場合に限る)

(F) 焼結せる兼二浦生鑛の場合

兼二浦褐鐵鑛は前掲の如く極めて脆弱なるを以てこれの救済策として焼結せるものを實驗せり立方形の生鑛を瓦斯爐によりて壹時間攝氏一、三〇〇度に保ちて焼結せり得たるものは生鑛より著しく固くして一二〇珎平方糎を有す然して次の成分と有孔度を有せり。

全 鐵 分

六四、九三

第 一 鐵

一二、八三

有 孔 度

五三、〇%(眞比重四、九)

かくして得たる壹糎立方の焼結鑛を五〇〇度の溫度にて壹時間還元す、瓦斯量は前實驗の通り一時間十立の割合なりとす、還元鑛は黒色の微粉末となり次の化學成分を有す。

析出炭素量

一四、六一%

全 鐵 分

五六、二〇

第 壹 鐵

二一、二〇

金 屬 鐵

痕跡

還 元 度

一二、六〇

これを以て見るに、析出炭素量及粉末となる程度は前實驗の生鑛の場合と殆ど同一なり、故に粉末となる程度は鑛石の強度には大なる關係なく、殆ど有孔度にのみ依るものなることを知る。

(G) 粉鑛を團鑛して後焼結せる場合

兼二浦粉鑛の百目以下のものに一五%の水分を加へて二〇〇珎平方糎の壓力にて團鑛となし、これを瓦斯爐にて一、三〇〇度に壹時間保ちて焼結せり、焼結團鑛の強度は五〇〇珎平方糎なりき、高さ壹糎其底面壹平方糎の圓柱に切りて、前同様の方法にて還元せり。

加熱溫度(攝氏)

五〇〇度

瓦斯通過時間

一時間

瓦斯使用量

壹時間拾立の割合

得たるものは粉末部と塊部とに分たる粉末部二三、四%塊部七六、六%なり、その各の分析結果は次の如し。

	分量	析出炭素量	全鐵分	第壹鐵	金屬鐵	還元度
粉末部	二三、四%	三五、四五	五〇、四〇	三二、四〇	二、四〇	二六、二〇
塊部	七六、六%	四、三〇	六四、四〇	二五、三六	〇、五六	一四、〇〇
平均		一一、六〇	六一、一〇	二七、〇〇	〇、七五	一五、九七

實驗數少なきを以て、これによりて直ちに判斷すへからざるも團鑛は生鑛よりも粉末となること著しく少なくして然も還元度は殆ど變化なきものゝ如し。

尙焼結溫度を種々變し又は保存時間を變することによりて如何に變するかは研究に値する問題なるへし。

(H) 太平赤鐵鑛の場合

試料の大きさ

壹糎立方

瓦斯通過時間

壹時間

瓦斯使用量壹時間拾立の割合

溫度(攝氏)	有孔度	炭素析出量	全鐵分	第壹鐵	金屬鐵	還元度	還元後試料の狀況
四〇〇%	一四、四%	〇、七六	七二、八〇	二七、五二	二、五六	一六、一二	完全に原形を保つ
五〇〇%	一三、九%	六、九二	七〇、五〇	二六、八〇	〇、七〇	一三、六八	粉末と塊とに分る粉末は二〇、二%なり
六〇〇%	一二、四%	〇、五四	七六、〇〇	五〇、〇〇	七、二〇	三四、五〇	完全に原形を保つ

實驗數の僅少なることは直ちに結論を下すことを得さらしむるも次の事實は推知し得、即ち炭素の析出は兼二浦褐鐵鑛の場合と同じく攝氏五〇〇度にて最大にして四〇〇度に降下しても攝氏六〇〇度に上昇しても共に少なし、尙四〇〇の還元度は五〇〇度夫れよりも大なるは一見不可思議の如く見ゆるも、これは炭素析出の爲に發生せる〇〇の爲に酸化さるるものなるへし、尙太平鐵鑛の攝氏六〇〇度の場合の還元度と兼二浦鐵鑛の同じ操作をなせるものとを比較するに太平鐵鑛の還元度の大きなるを見るこれは如何なることに基因するや判斷に苦しむ所なり。

五百度の場合には二〇、二%の粉末と七九、八%の塊とに分れたり、その各の分析は次の如し

	分 量	析出炭素量	全鐵分	第一鐵	金屬鐵	還元度
粉末部	二〇、二%	二六、三一	六二、八〇	三〇、二〇	痕 跡	一六、〇五
塊 部	七九、八%	二、〇一	七二、四〇	二五、九二	〇、八八	一三、一五

(丁) 利原赤鐵鑛の場合

試料の大きさ

一糎立方

溫 度

五〇〇度

瓦斯通過時間

壹時間

瓦斯使用量

壹時間拾立の割合

供試鑛の有孔度は四、八五%にして、還元後の試料は粉末部と塊部に分たれ、前者は一八、六%後者は

八一、四％なり、その分析結果は次の如し。

	分 量	析出炭素量	全鐵分	第一鐵	金屬鐵	還元度
粉末部	一八、六％	四〇、九一	三九、八〇	三二、二〇	痕跡	二七、〇
塊 部	八一、四％	一、四一	六六、八〇	二二、四八	〇、六四	一二、二
平 均		八、八五	六一、七〇	二四、三〇	〇、五二	一三、九三

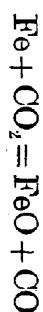
即ち瓦斯に對して最も強きは利原鐵鑛にして太平鐵鑛これに次ぎ、兼二浦鐵鑛は殆ど問題とならず粉狀となると否とに拘らす三鑛石とも還元度に大なる差異なきは注目し値すべき事實なりとす。

第四章 結 論

前章に於て各實驗結果に就て短評を記述したれともこゝに一括してこれを結論とす。

(一) 炭素析出は五百度にて最大にしてこの溫度より上昇或は下降しても析出量減少す、これは各溫度に一時間宛保持したる實驗(A)且及び順次に各溫度に一時間宛保持したる實驗(D)に於て明かなり、殊に(D)實驗に於て著しく爐内の溫度低下するは炭素析出の爲に瓦斯の容積の減少を來すに依る。尙緒論中に池田教授の説として酸化度の低き酸化鐵は炭素析出に働く力大なることを掲げたるかこの事實は本實驗にも現はれたり、即ち(D)實驗にて攝氏三〇〇度より五〇〇度迄各一〇〇度毎に壹時間宛保持したるものを見るに此の場合の炭素析出量は(A)實驗の攝氏五〇〇度の場合よりも著しく大なり、これ(D)實驗にては前操作によりて著しく還元進み、この低酸化度のものか五〇〇度にて炭素析出を助くるに依るものなり。

(二) (D)實驗に見る如く攝氏三〇〇度より五〇〇度迄順次に壹時間宛保持せるものは、その還元度か四〇〇度迄の夫れと比較して著しく減少せり、これは攝氏五〇〇度にて炭素析出量極めて多くしてこの爲に生ずる CO_2 の爲めに次の反應を起して金屬鐵の減少せるに由るへし。



炭酸瓦斯の作用に關する文献によると Akermann は攝氏三八〇度にて CO_2 か煤狀の炭素と作用すと稱し Bell 四〇〇度にて CO_2 かスポンヂ鐵を酸化することを見出せり、然るに此の實驗結果より推すに、析出せる炭素は攝氏五〇〇度附近にては CO_2 に對して金屬鐵よりも強し五〇〇度よりも高温にては如何に變化するかは尙研究を要す、上の事實は(A)實驗及(H)實驗にも現はれたり。

(三) 燒結せる鐵石は實驗(F)に示す如く生鑛よりも著しく強度大なれとも、その瓦斯に對する強さは始と生鑛と大差なし、これ即ち瓦斯の爲に破碎する程度は、その鑛石の強度よりも、その有孔度に依るものなることを證す。

太平赤鐵鑛及利原赤鐵鑛の全部粉狀とならざるも又有孔度のみの關係によるへし。

極めて瓦斯に對して弱き兼二浦褐鐵鑛も團鑛して燒結せるものは、瓦斯に對して利原鑛其他と殆ど同程度の強さを有す。

(四) 炭素析出の爲に鑛石の粉狀となるは著しき現象にして、これに由りて鑛石と瓦斯との接觸を良好ならしめ還元を増進す、この事實は實驗(A)に於て還元か攝氏七〇〇度にて急激に増加されおるも、實驗(D)に於て攝氏五〇〇度にて殆ど還元され居らざるにも拘らず六〇〇度にて殆ど全部金屬鐵となり居るを見る、これは後者にては攝氏五〇〇にて粉狀となれるを以て、瓦斯との接觸に良好ならしむるに依るなり。

實際爐内にては、各攝氏一〇〇度の範圍に少なくとも、二時間停滯するものなるを以て還元は一時間宛各温度に保持せられたる(D)實驗の場合よりも遙かに進行せざるへからず、故に殆ど全部還元さるゝ温度は本實驗に於けるか如き小形の鑛石を以てせば前記攝氏六〇〇度より以下なりとす。

(五) 熔鑛爐内部の壓力は Metz の測定(Stahl u. Eisen. 16 Jan. 1913)によれば時によりて相違あれとも攝氏五〇〇度附近にて、水柱六〇糎を示す、即ち本實驗の場合と大差なき壓力なり、この故に壓力のみ

に關しては前記實驗結果を實際に應用し得。

(六) 熔鑛爐内にては、前と同様に *Mets* の測定によれば、五百度附近にて、大約 〇〇・一〇% 〇〇三〇% なり、今この實驗に於ては純粹なる 〇〇を用ひたるを以て、實際とは反應に對する能力に大なる相違あり、即ち熔鑛爐瓦斯は、その容積の三〇% か 〇〇なる故に熔鑛爐瓦斯中にて反應(還元及炭素析出を指す)に働く瓦斯はその三〇% なり。

Fursythe の説に依れば熔鑛爐瓦斯の容積(華氏六〇度)に於けるは銑鐵百封度に對して七、四七〇立方呎なりと云ふ。

七、四七〇立方呎 $\equiv$ 一八七立方米

これを一五〇噸爐の場合に應用して

毎分に四三六立方米 (攝氏一五、五度に於て)

この中 〇〇瓦斯の量は毎分に一三〇立方米なり

これを攝氏二五度(本實驗にては普通攝氏二五度の溫度なりき)の容積に換算すれば毎分一三五立方米となる。

尙兼二浦熔鑛爐の例によるに一回の裝入量は次の如し。

鑛石 三八七立方米

石灰石 一、六三立方米

骸炭 七、六五

計 一三、一五立方米

然らば鑛石の容量に對する百分率は二九、四% なり。

然るに攝氏五〇〇度附近に於ける爐の直徑を四、五米突とする時はその面に於ける面積は $\left(\frac{4.5}{2}\right)^2 \pi$

50 11 一五、九平方米なり。

故に一五、九 $\times\frac{29.4}{100}$ 11 四、六七平方米は攝氏五〇〇度の面に於て鑛石の占むる面積なり、今鑛石間の隙を除きて實際鑛石によりて占有せらるる面積を五〇%なりと假定する時は攝氏溫度五〇〇度附近の載斷面に於て實際鑛石にて占有せらるる面積は $\frac{4.67}{2}$ 11 二、三四平方米なり、この面積に對して毎分一三〇立方分の〇〇瓦斯あり。

然るに一方本實驗に於ては、鑛石〇、〇〇〇一平方米の面に對しては毎分 $\frac{0.01}{60}$ 立方分の 〇〇瓦斯あり、鑛石面の一平方米に對する瓦斯量を比較するに

$$\frac{130}{2.34} \div \frac{0.01}{0.0001 \times 60} = 55.6 : 1.67$$

即ち實驗の場合は實際爐内の狀況よりも著しく瓦斯量の少なきを見る。

本實驗に於て前述の如く攝氏五〇〇度にて壹時間にして壹糶立方の鑛石は粉狀となりたり、熔鑛爐内に於ては〇〇存在するを以て還元力及炭素析出力の弱くなることは確實なるも、前記の如く瓦斯量の多きこと及び鑛石は各百度の區域に少なくとも二時間以上滯留することを想起せは相當に大なる鑛石も大半粉狀となることは想像するに難からず。

(七) 最後に緒論に於て述べたる Meis の説に就て一言せんに、同氏は曰く鑛石に析出せる炭素は鑛石落下の際に一部は吹き飛され一部は鑛石の面に壓せられて容積の増加を來すことなしと、これは炭素析出の際に鑛石の粉狀となるの事實を全然無視せるものなり、只爐況順調なる時は攝氏五〇〇度附近に滯留する時間少なくて從て炭素析出量かハンギングを誘起する程の多量に達せず。

若し夫れ何等か他の原因によりて規定時間以上の滯留することあらんか忽ち過剰の炭素析出して、容積増大し眞性ハンギングと化するなり、尙爐頂より餘程深き位置にハンギングの起ることあり、これは前と同様他の原因にて内容物の滯留する時はこの部分は溫度低下すこの低下溫度攝氏五〇

○度に達すれば炭素析出を起してハンギングと變するなり。勿論此際粉狀となりたる鑛石もハンギングを助長せしむることは明かなり。

終りに本實驗中の分析は全部藤田三郎氏の努力によるものを附記す。

(大正九年九月東京帝國大學工學部鐵冶金實驗室に於て)

粗惡炭を加工して完全燃燒發明

最近粗惡炭をして完全に燃燒せしめ且つ相當の成績を擧げ而も生産費低廉なる方法が研究の結果完成した。その發明者は杜葉貞夫氏と云ふ九州諫早の人である。如何にして粗惡炭を普通石炭同様に燃燒せしむるか云ふに夫れは絶對秘密に附せられて居るが、或藥品をボタの如き粗惡炭に散布するのであつて至極方法簡單である。然して藥品の價格が低廉であるから殆ど用途のないボタを普通石炭同様に燃燒し得れば其効績は寔に偉大なものと云つて好い、事實杜葉氏の發明せる利用法は適確な成績を擧げて居るのである、即ち粗惡炭に加工して燃燒する時は煤煙を防止すると同時に熱量を増すので優に普通消費して居る石炭を凌ぐ程で其煙は白煙となるのである。氏の此發明を聴取せる東武鐵道運輸課に於ては石炭節約の意味に於て看過すべからざる事であると云ふので、昨年十一月以來數度の試験を行つた所毎回好成绩を示した。また鐵道省に於ても品川機關庫や田端機關庫に於て之が燃燒試験を行ひたる所孰れも成績が良好であつた、即ち普通炭に比して二割若くは二割二三分の節約を得た。田端に於ては千百斤に對して七十斤の節約を得たが、更に此發明を聞き込める中野炭礦株式會社に於ても同炭礦にて前後四回の試験を行つた所毎回とも中野炭礦に於けるボタに加工して行つたのであるが是亦相當の成績を擧げ得たのである、此燃燒法にて六十ポンドの火力を保たし

めば捲揚機や唧筒座などを動かし得るのである。尙ほ富士瓦斯紡績小名木川工場に於て福島炭七分、入山炭三分にて之が燃燒法を試みた所約七分の節約を爲し得て其煙は稍白煙であつた。之に據つて考察すると杜葉氏の燃燒法は九州炭や北海道の優良炭に効果が餘りなくて、却つて粗惡炭に有効である殊に惡炭の如きは持つて來いなので煙は全部白煙となつて仕舞ふのである、即ち結局不燃燒物の多いもの程効果が顯著であると云ふ事になる、然らば加工して後何ヶ年位保有し得るか云ふに三年間は加工した通りで何等の効力も失はぬのであると云ふ、右に付中野炭礦常務取締役木村精次郎氏は語る『杜葉氏の粗炭燃燒法は余も當初馬鹿にして居たが、實際試験して見ると良好な成績を收めたので驚異の感に打たれた譯でした。余は此法が全般に於て認識せられ然して石炭節約上よりして是を採用するならば現下の燃料問題と結合して邦家の爲め慶幸であると思ふ。粗炭に一度加工したならば三ヶ年は性質を變じないので何時にても普通炭同様の成績を收め且つ節約をなし得る譯である、性質を變ぜぬと云ふ理由は昨年十一月試験燃燒の際残れるものを今年の十一月焚燒した所何等異つた所がなかつた所より余も亦其説が確實であると思ふのである、余は實際試験の結果現下の燃料問題解決の一として此法を推奨して憚らぬ』云々因に鐵道本省に於ても近々之が實驗を試みる由