

邦の石炭と云ふ題で製鐵所參事田島勝太郎氏の説があります、何れも今日の御話に關係ある有益なる文章であります。

甚だ詰らん事を長々申上げて清聽を汚しました是で終りと致します(終)

本邦産鐵鑛の焙焼及還元に関する實驗

杉	廣	守	日
本	瀬	屋	高
正	政	慶	政
邦	次	次	一

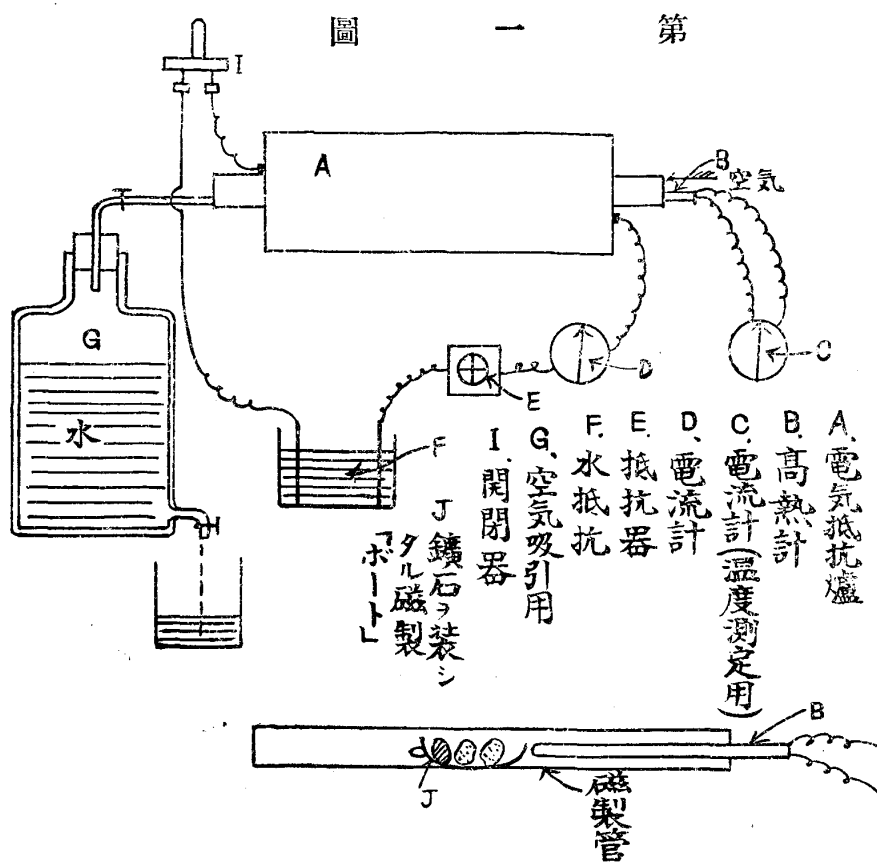
本實驗は東京帝國大學工科大学鐵冶金科第三年學生に課せられたるものにして、其目的とする所は各種の鐵鑛を種々の溫度に於て焙焼及還元を行ひ、以て其酸化及還元の度、含有水分發散の度、其狀態の變化等を研究せんとするにあり。

第一 虻田産鐵鑛の焙焼

此鐵鑛は褐鐵鑛の一種なれば第一酸化鐵の含有量甚だ僅少なり。故に其酸化に関する實驗は主要なる目的に非ずして結晶水分量の決定、各溫度に於ける結晶水分發散の度、及之に伴ふ鑛石の狀態の變化、主として脆性の度に關する研究を主眼とせり。實驗に供したる鐵鑛は二種ありて、一は褐色にして多少風化したるもの之をAと名づけ、他は黒褐色にして纖維狀を呈するもの之をBと名づけたり。

(一)第一酸化鐵の酸化に就きて
實驗に用ひたる裝置は第一圖に示すか如し。約十耗立方の鑛石三乃至五個を磁製ボートに裝して

爐の中央部に装入し之れに接して高熱計を装入し、爐に電流を通し抵抗器及水抵抗の調整によりて試料を漸次に加熱す。所望の温度に達すれば約三十分間其温度を保持せしめたる後、爐外に抽出し、定量分析を施し、全含有鐵量及第一酸化鐵、第二酸化鐵の含有量を求めたり。其結果次表の如し。



第一 表

A		B	
全含有鐵量%	四九・四	五三・八	五八・三
第一酸化鐵含有量%	二・二	二・六	二・四
第二酸化鐵含有量%	七・七	七・九	七・五
使用空氣量立方呎	—	—	〇・三
全含有鐵量%	五三・五	五八・八	六五・六
第一酸化鐵含有量%	一・〇	一・〇	〇・七
第二酸化鐵含有量%	七・九	八・六	九・一
使用空氣量立方呎	—	—	〇・六

但し攝氏百度に於ける加熱は空氣加熱窯を用ひたり

右の表に示したるは、各温度に於て濕氣及び結晶水の發散したる後のものに對する百分率なれば、元來鐵礦中に含有せらるゝ第一酸化鐵の酸化の度は明ならず。

故に各温度に於ける加熱前後の重量を測定し、其差によりて含有水分量を定め、水分に關する實驗

の項參照之によりて攝氏百度に加熱して濕氣の全部を發散せしめたる鑛石(爾後之を乾燥鑛石と稱す)を標準とせる各溫度に於ける第一、第二酸化鐵の含有量及第一酸化鐵の酸化率を求めは次表の如し、

第二表

	加熱溫度(攝氏)			
	百度	三百度	五百度	七百度
A				
發散水分量%	七・二	一三・七一	一四・八七	一六・六五
第二酸化鐵含有量%	七二・九四	七三・七〇	七四・二二	七五・〇八
第一酸化鐵含有量%	二・二八	二・二六	一・九七	一・三四
第一酸化鐵の酸化率	〇	〇・五七	一三・五六	四一・二五
B				
發散水分量%	八・〇三	一八・六八	一八・七八	二〇・六五
第二酸化鐵含有量%	八一・七五	八四・〇八	八四・一六	八五・四四
第一酸化鐵含有量%	一・二〇	〇・七一	〇・四二	〇・三〇
第一酸化鐵の酸化率	—	三八・〇〇	六四・五〇	七五・三〇

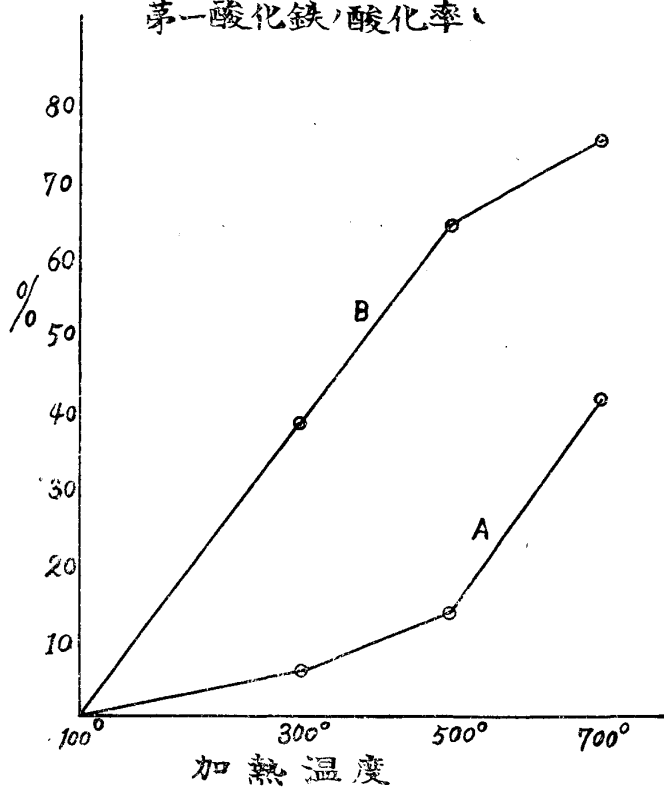
右の結果を線圖に示せば第二圖の如し、

(二)濕氣及結晶水分量に就きて

褐鐵鑛は、一般に $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ を主成分とするものにして、蛇田鐵鑛は此結晶水以外に多量の濕氣を含有するものなり。之れ等の水分は、各溫度に鑛石を加熱して發散する水蒸氣を、硫酸球に導きて吸入せしめ定量するを便とするも、甚だ多量の水分なりしたため爐中にて發散せし水蒸氣の一部は、硫酸球に入るに先ち磁製管等の冷き部分にて再び固結したるを以て、加熱前後の重量の差を以て水分の量となしたり。但し重量の減少中には加熱により發散したる有機物の量含まれ又第一酸化鐵の酸化に

第 二 圖

第一酸化鉄、酸化率、



基く重量の増加も顧慮するを要するを以て加熱前後の重量の差を以て直に水分量となすは不穩當なり。然れども鋼中の炭素定量法と同一要領によりて、鑛石中の炭素を定量せしに僅に〇・二一%に過ぎされは、其含有有機物の量も極小量と見るを得べく、又第一酸化鉄も極小量なれば加熱前後の重量の差を以て直に水分量と見做し得へし。この目的のために左の實驗を施したり。

(イ) 前記酸化に関する實驗と同時に其加熱前後の重量を測り其差によりて發散せし全水分量、濕氣の量、結晶水分量を求むるに次表の如し

第 三 表

加熱温度 (攝氏)	百 度	三百度	五百度	七百度
加熱前の重量(瓦)	三・三八一〇	三・六五五〇	三・二一五〇	三・三六五六
加熱後の重量(同)	三・一四〇二	三・一五四〇	二・七三六八	二・八〇四二
發散水分量(同)	〇・二四〇八	〇・五〇一〇	〇・四七八二	〇・五六一四
同上百分率	(含有濕氣量) 七・二二	一三・七一	一四・八七	一六・六五
發散結晶水量%	—	六・五九	七・七五	(含有結晶水量) 九・五三
加熱前の重量(瓦)	二・四一三三	三・九五九三	二・九一二四	四・一〇一六
加熱後の重量(同)	二・二二三七	三・二二二二	二・三六五四	三・二五四四

B 發散水分量(同)

(含有濕氣量)
〇・一九九五
同上百分率
八・〇三

〇・七三八一

〇・五四七〇

〇・八四七一

一八・六八

一八・七八

二〇・六五

發散結晶水量%

一〇・六五

一〇・七五

(含有結晶水量)
一二・六二

右の表に示したる發散結晶水分量は產出狀態の鑛石に對する百分率なるを以て之を乾燥鑛石に對する百分率を以て示せば左表の如し。

第四表

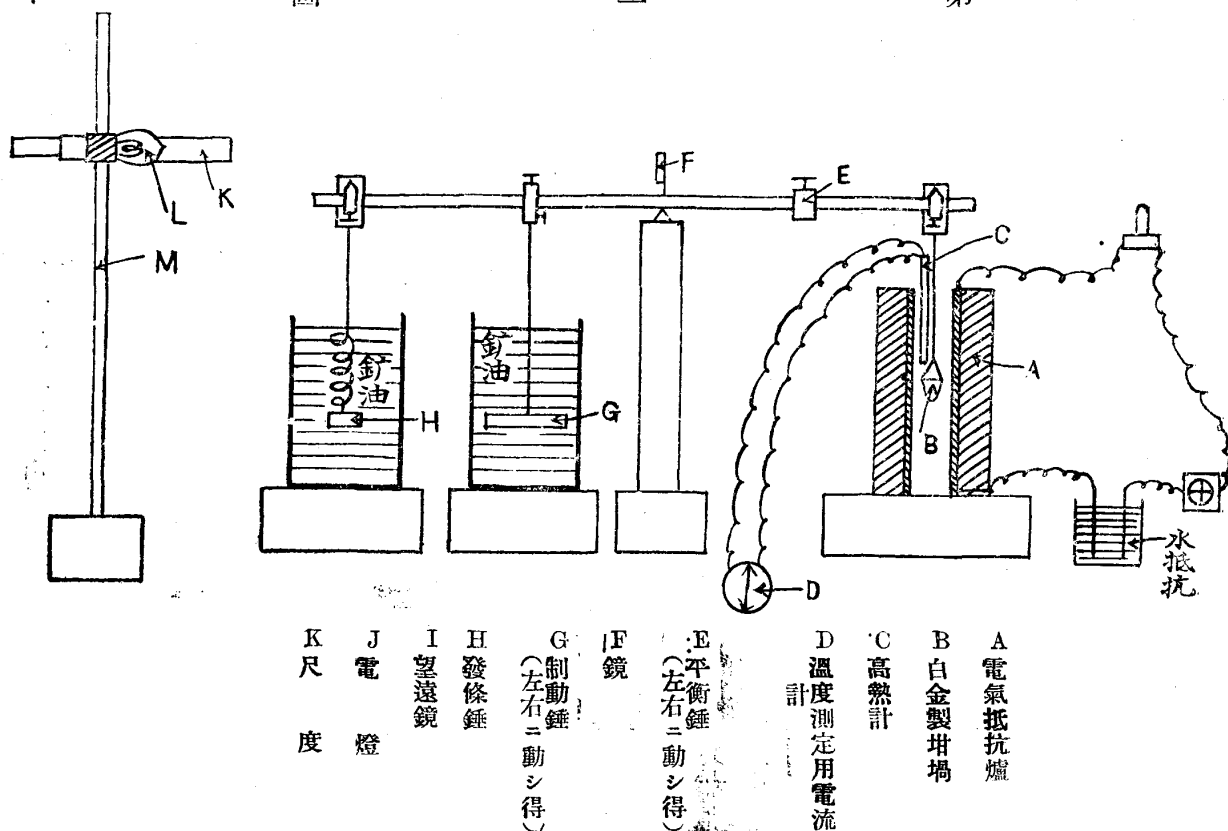
加熱溫度(攝氏)	百度	三百度	五百度	七百度
A 發散結晶水量%	〇	七・〇九	八・三四	一〇・二七
B 同 上	〇	一一・五九	一一・七〇	一三・七二

之に依りて見れば含有濕氣の量は(A)は七・一二%(B)は八・〇三%にして含有結晶水の量は乾燥鑛石に於て(A)は一〇・二七%(B)は一三・七二%なり

(ロ)右の實驗は結晶水分量を決定するには未だ不十分にして其水分量か其溫度に於て發散すべき最大量なるや否は確ならず。故に左圖の裝置を以て次の實驗を行ひたり。

本實驗に先ち天秤の目定めを行ふを要す。そのためには、坩堝Bに實驗せんとする鑛石と略同量の分銅を裝入しEなる平衡錘の調整によりて天秤を略々水平ならしめ望遠鏡を伸縮して尺度Mの目盛か鏡Fに映して見得る如くし望遠鏡Kの十字線の交點に合して見ゆる目盛りの數を讀む。次ぎに實驗せんとする鑛石の性質及重量に應じて、微量の分銅例へは〇・一瓦の分銅を取り出し(原分銅に加ふるも可なり)暫時放置して、天秤をして完全に平衡せしめ再び望遠鏡によりて目盛りを讀み原の目盛りとの差を求む。かくの如く漸次に分銅を取出して實驗を行ひ重量の減少と目盛りの變化との關係を示す一の線圖を求む。かくして目定めを行へは其の裝置を動かすことなくして次の本實驗を行ふ

第 三 圖



本邦産鐵礦の焙燒及還元に関する實驗

Bなる白金坩堝に小豆位の大さとなしたる鑛石を秤量して装入し、完全に平衡する迄放置して望遠鏡によりて、其十字に合する目盛りを読む。次に(イ)の實驗の如く開閉器を閉ちて爐に電流を通し鑛石を漸次に加熱して所望温度に達すれば抵抗器を加減して其温度を一定に保持せしむ。然るときは鑛石は加熱と共に水分を發散し、之れに伴ひ其重量を減して坩堝は上方に昇り、鏡は天平と共に左に傾くに至る。故に望遠鏡中の十字線の交點に合して見ゆる目盛りは變化す。而してこのとき制動錘Gは其變化を急激ならしめざる作用をなす。鏡の傾度一定し目盛り變化せざるに至れば(即ちこの温度に於て發散す可き水分の全部發散するに至れば)其目盛りを読み、前に讀みたる目盛りとの差を求め、先きに得たる目定め線圖を用ひて發散したる水分量を求む。かくして更に温度を上昇して同様の實驗を行ひ、遂に温度を上昇するも最早目盛りの變化せざるに至る迄、即全部の含有水分量發散するに至る迄、實驗を續行し、以て各温度に於て發散す可き結晶水分量及全結晶水分

量を求む其結果次表の如し、但し含有濕氣の量は高熱計の性質上攝氏百度を正確に示すこと不能なるを以て(イ)の實驗に於て空氣加熱蒸窯にて加熱して得たる濕氣の量を以てしたり。

第五表 A B 共に產出狀態のもの二瓦を取り實驗す

加熱溫度(攝氏)		百五十度	二百度	二百五十度	三百度	三百五十度	四百度	五百度	六百度	七百度
一定重量に達する時間(分)		三〇	二〇	一七	一五	一四	一四	一二	一〇	一〇
A										
發散水量(瓦)		〇・一四三	〇・一四五	〇・三〇五	〇・三六三	〇・三八八	〇・三九六	〇・三二〇	〇・三三九	〇・三三九
同 上 %		七・五	七・五	一〇・五	一四・一〇	一四・四〇	一四・八〇	一五・五〇	一六・四五	一六・四五
含有濕氣量 %		七・二	"	"	"	"	"	"	"	"
發散結晶水分量 %		〇・〇三	〇・二三	三・二三	六・九	七・六	七・六	八・六	九・三	九・三
乾燥礦石に對する同上的百分率		〇・〇三	〇・二四	三・三七	七・五三	七・八四	八・二七	九・〇四	一〇・〇五	一〇・〇五
一定重量に達する時間(分)		三三	二〇	一八	一七	一七	一六	一四	一〇	一〇
B										
發散水分量(瓦)		〇・一六一	〇・一六三	〇・二六五	〇・三七六	〇・四〇一	〇・四〇六	〇・四一〇	〇・四一四	〇・四一四
同 上 %		八・五	八・一〇	一三・五	一八・九〇	二〇・五	二〇・三〇	二〇・五〇	二〇・七〇	二〇・七〇
含有濕氣量 %		八・三	"	"	"	"	"	"	"	"
發散結晶水分量 %		〇・〇三	〇・〇七	五・二三	一〇・八七	一二・〇二	一二・二七	一二・四七	一二・六七	一二・六七
乾燥礦石に對する同上的百分率		〇・〇三	〇・〇八	六・六七	二・八一	一三・〇七	一三・三三	一三・五五	一三・七六	一三・七六

右の結果は(イ)の實驗と略々同一にしてこの兩者を線圖を以て示せば第四圖の如し。即ち結晶水は二百度より發散し始め三百度乃至四百度に於て其大部分發散す完全に其全部を發散せしめんとせは五百度以上に於て長時間加熱するを要す。

右の結果及第二表に基きて礦石の組成(即ち化學式及各溫度に加熱後の組成)を示せは次の如し。但

し酸化第一鐵を省略す。

第 六 表

		乾燥鑛石		三百度ニ加熱後		五百度ニ加熱後		七百度ニ加熱後	
A		第二酸化鐵含有量%	七二・九一	七三・七二	七四・一八	七五・三四			
A		結晶水含有量%	一〇・〇五	一二・五二	一・〇一	〇			
化學式		$9Fe_2O_3 \cdot 11H_2O$		$23Fe_2O_3 \cdot 7H_2O$		$59Fe_2O_3 \cdot 7H_2O$	Fe_2O_3		
B		第二酸化鐵含有量%	八一・六四	八四・〇九	八四・二六	八五・四三			
B		結晶水含有量%	一三・七六	一九・五	〇・一一	〇			
化學式		$2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$		$5Fe_2O_3 \cdot H_2O$		$52Fe_2O_3 \cdot H_2O$	Fe_2O_3		

(三)焙燒に伴ふ脆性につきて

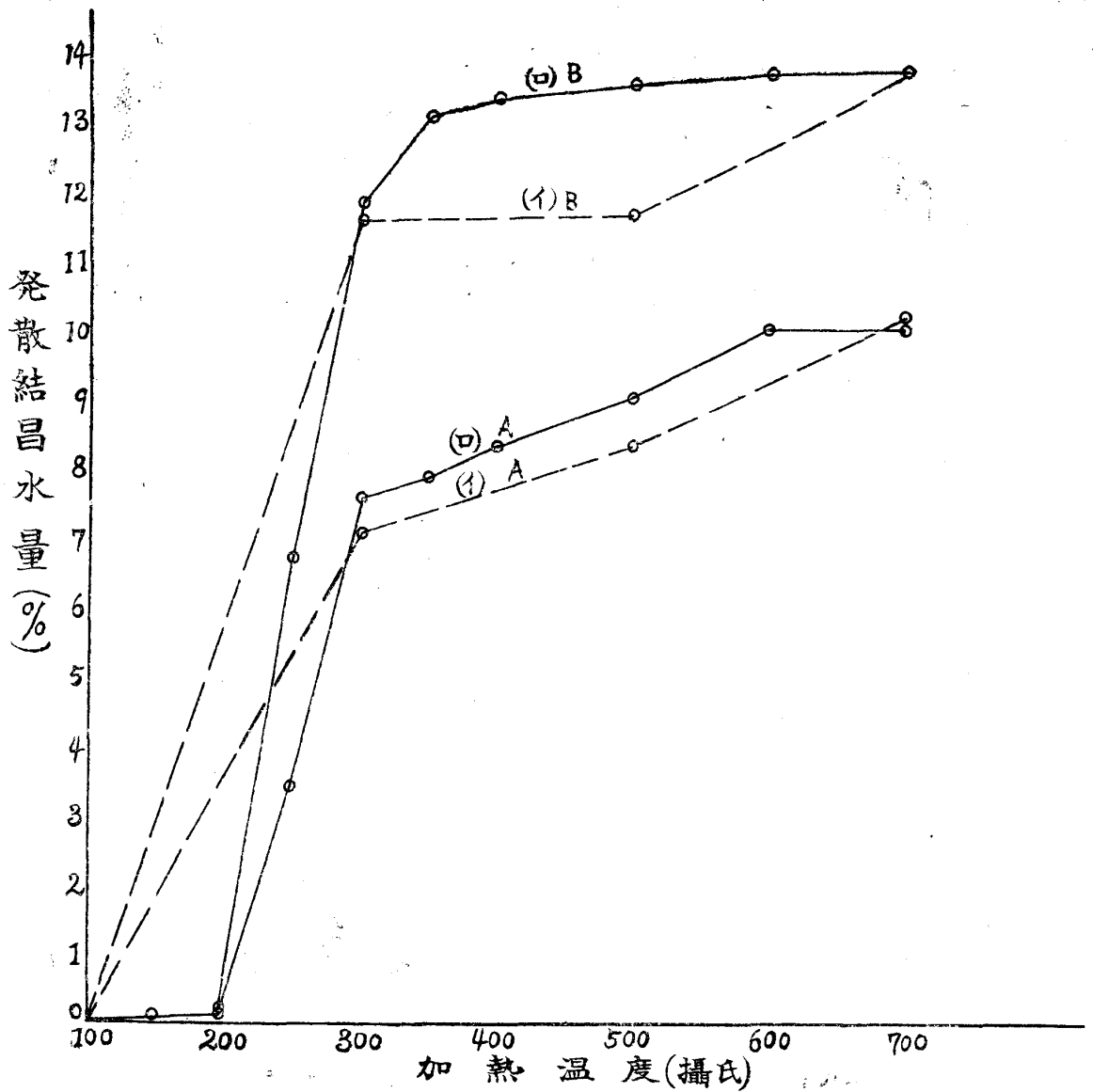
(一)の實驗と同様なる裝置を以て約三十耗立方の鑛石數個を取り、三百度六百度八百度に約三十分間加熱して加熱後の狀態を検し、次に之を二米の高處より鐵板上に落下して其破壊の度を檢し、更に他の焙燒鑛石を取り机上に於て指二本を以て壓し其崩壞の度を檢したるに其結果左の如し、但し A B 共に略々同一なりしを以て之を區別することなく記載せり。

第 七 表

加熱溫度(攝氏)		三 百 度	六 百 度	八 百 度
加熱後の狀態		表面黒色ヲ帶ヒ著シク其質粗鬆トナルモ自ラ崩壞セス	同	同
落 下	破 壞 せ ず	二乃至三個ニ破壞スルノミニシテ粉狀ニ崩壞セス	同	上
手 壓	崩 壞 せ ず	容易に粉狀に崩壞す	同	上

即ち焙燒鑛石は衝擊に對するよりも靜止壓力に對する抵抗力弱く容易に粉狀に崩壞す。尙八百度

第 四 圖



れたるものなる可く之に基きてA 鑛石の組成を $(2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) + \frac{1}{2}(2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \frac{3}{2}\text{H}_2\text{O})$ と決定す

二、嘗て蛇田鑛石は熔鑛爐中に於て粉狀に崩壊し其作業を困難ならしめたることありしか、其原因は

に加熱せられたる爐中に直に鑛石を投し急激に水分を發散せしめたるも自ら崩壊することなし。

(四) 結論

一、蛇田鑛石 B は $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ を主成分とし理論に近き成分を有するものにして攝氏三百五十度に於て殆んど全部の結晶水を放散す。之に反して分解せし A 鑛石は其水分の中七割五分は B 鑛石と等しく攝氏三百五十度に於て放散するも残り二割五分は三百五十度乃至六百度の間に於て漸次に放散す。而してこの二割五分の水分は鑛石の分解せし部分に含有せら

装入に際して既に粉狀となりしものに非ること明なるか、尙装入後加熱せらるゝと共に水分の發散に伴ひ自然に粉狀に崩壊したるものに非ずして、其質の著しく粗鬆となりたる鑛石に作用する荷重の靜止壓力に歸因して粉狀に崩壊せしものなる可し。

三、蛇田鑛石は爐内に於て水分を發散し其水蒸氣は熱量を吸收するを以て、豫め焙焼を行ひ其水分を除去するときは爐内に於ける高價なる燃料の經濟となるか如きも、既に述べたるか如く攝氏三百度に於て大部分の水分を發散するを以て熔鑛爐内の上部に於て過剩の熱によりて此水分を除去し得べく、又豫め焙焼を行ひ其質を著しく粗鬆ならしめ脆性を大ならしむるときは、反つて運搬装入等の取扱によりて粉狀となるの不利あるを以て他に特別の必要ある場合の外豫め焙焼を行はざるを可とす。