

鐵

と

鋼

第八年第十號

大正十一年十月二十五日發行

大孤山精汰鑛團鑛實驗

東京帝國大學工學部鐵冶金實驗室報告第十八號

石田 四郎

第一編 汎 論

第一章 團鑛法の一般的考察

第二章 グレンダル法の概説及其文獻

第三章 實驗の方針

第四章 粉鑛の由來及其化學成分

第二編 壓 縮

第一章 適當なる壓縮

第一節 壓縮前の高さの測定

第二節 壓縮效果

第二章 壓縮と抗壓力

第三章 壓縮と横抗壓力

第四章 壓縮と有孔率

第三編 燒 結

第一章 適當なる燒結溫度

大孤山精汰鑛團鑛實驗

第一節 燒結溫度と抗壓力

第二節 抗壓力を發生し得る臨界溫度

第三節 燒結溫度的高低と耐耗力

第四節 結 論

第二章 燒結と抗壓力

第三章 抗壓力増進法としての壓縮と燒結

第四章 豫熱及冷却と抗壓力

第五章 燒結と有孔率

第四編 水 分

第一章 適當なる水分

第二章 水分と抗壓力

第三章 結 論

第五編 其他の試験

第一章 耐氷試験

第二章 墜落試験

第三章 試料の大さと試験の結果

第六編 結論

第一編 汎論

第一章 團鑛法の一般的考察

時の移ると共に粉鑛の利用、排出瓦斯塵の處分、貧鑛の處理等の必要に迫られ、團鑛法は近時急速なる發達を遂げ、其製團法も多種多様なるが、要するに團鑛として具有せざる可からざる條件を、より完全に満たさんとする努力なる點に就ては、孰れの法も其の一致點を發見し得るなり。

従つて團鑛實驗を爲すに當たりては、先づ第一に其條件の何たるかを確めざる可からざるなり。此條件に就きてのホワイト、シユワルツ、ハンセル、フランケ、マテシユス、梅根常三郎氏等の説を見るに大體に於て同一なり。依て其等の代表として梅根氏が、鞍山鐵鋼會雜誌創刊號に發表せられしものの要項を次に摘録せん。

團鑛の具有す可き條件

第一 機械的影響に對し或る一定の抵抗を有せざる可からず、即ち少くとも毎平方時に就き二、〇〇〇封度或は毎平方糎に就き六〇疋、尙は一〇尺の高さより墜落せる場合に片碎しても粉碎せざる事

第二 耐熱性を有す可き事、即ち攝氏九〇〇度にて假令燒結するにしても粉碎せざる事

第三 天候の影響即ち日光雨霜中に長く洒しても崩壊せざる事

第四 一定時間水中に放置しても軟化せざる事

第五 不純物を含有せざる事、即ち熔鑛爐、爐頂、爐壁を侵蝕する如き物質、又は熔鑛作業に惡影響を及ぼす如き物質を含有せざる事

第六 熔鑛作業に好影響を及ぼす如き性質を具有す可き事

(イ) 鬆性を有し瓦斯を内部に貫通せしめて還元作用を増進せしむる事

(ロ) 爐頂部に於て攝氏一五〇度の蒸氣の爲めに容易に崩壊せざる事

(ハ) 攝氏一、〇〇〇度に到る全還元期に於て一酸化炭素及び炭酸瓦斯の混合氣體に對し十分持ち堪ゆる事
(ニ) 爐内の溫度に於て裝入降下に際し壓力の摩擦に對抗する事

以上

孰れの團鑛法に依るにせよ、兎も角上述條件の全部或は可及的多くの條件を満足せしむるを要す、従て團鑛の研究は結局、或る團鑛法が如何なる程度迄、上述の條件を満足し居るやに歸着す。以下グレンダル法を此等必要條件の各項に就きて吟味せん。

第二章 グレンダル法の概説及其文獻

本法は芬蘭ピトカラシタ製鐵所長グレンダル博士に依り考案されたる製團法にして、團鑛法としては最も廣く用ひらる

ゝものの一なり。専らマグネチック、コンセンツレイト及バ
ーブル、オアー、(Magnetic Concentrate and Purple Ore)に應
用さる。其製團法は先づ粉鑛に適當量の水を加へ此を型に入
れ壓縮機に掛けて適當なる外形を與へ即ち生團鑛を作り此を
直接火焰に接せしめて焼結せしむるものなり。本法の特徴と
稱せらるゝ點を擧ぐれば左の如し。

一 人工的結合劑を有せざるが故に加熱によりても崩壊せ
ず

二 相當有孔率を有するが故に還元は非常に容易なり、從
て燃料は少量にて可なり。瑞典の某製鐵所の例に依れば
本法の團鑛を使用し始め以來從來消費せし燃料の二〇
乃至一〇%を節約し得たりと

三 充分なる抗壓力を有すると同時に運搬によりても粉粹
するが如き事なし

四 原鑛に因り三乃至四%の硫黃あるとも焼結後は殆んど
硫黃を含有せず。加之非常に酸化され居るが故に非常に
還元容易なり

五 排出瓦斯塵たる部分非常に少なし、從て熱風爐の效率
よく、又其生命も從て長し

六 柵及脫落を減じ、從て熔鑛作業は規則的に行はれ均一
なる製品を得べし

七 爐の產出量を増し、然も此と平行に勞力は増さざる事

八 銑の質を増進し得べし

次に本法に關する文獻を擧げん

Franko: Handbook of briquetting vol.II

W. Mathesius; Die physikalischen und chemischen

Grundlagen des Eisen hüttenwesens

梅根常三郎 鞍山製鐵所團鑛作業將來の豫想

(鞍山鐵鋼會誌創刊號)

高橋昌三 グレンダル法を紹介す

(水曜會誌 大正元年十二月)

伊澤藤吉 鐵粉鑛の團鑛に就て(大正九年東京
帝國大學鐵冶金科卒業論文)

此他團鑛法の一般に就きては多くの文獻ありと雖も皆大同
小異、然も其等の九十九%は單なる工場報告に過ぎざる故、
團鑛法を實驗的に研究せんとする者に取りては餘り參考とな
らざるなり。

第三章 實驗の方針

本實驗は裝置の關係上、生團鑛を直接火焰に接せしめて、
焼結さす事不能なりき。嘗て當實驗室に於ては焼結爐として
ウインド、ファーンネス(Wind Furnace)を使用せり。

依て本實驗も當初は同爐使用の豫定なりしも、種々考究の
結果遂に焼結爐として電氣爐を採用せり。焼結法を變更せし
自然的結果として本實驗即ちグレンダル法の實驗なりと斷言
し得ざれども、大體に於て大差なきものと考へらる。

本實驗は元來良好なる團鑛を作る方法の發見を目的とす。

即ち多少工業的意味を有せし故工業上直接重要ならずと考へられし部分は此を省略せり。従て團鑛製作によりて間接得らるゝ利益例へば有孔率の多少、硫黄分の減退磁鐵鑛の第二酸化鐵への變化の割合等は餘り重要視せざりしなり。

第四章 粉鑛の由來及其の化學成分

本實驗に用ひし粉鑛は鞍山製鐵所に於て目下研究中なる大孤山の貧鑛のマグネチック、コンセンツレートにして、粉鑛のサイズは全部一〇〇メツシを通過するものなり、然して其化學成分は左の如し。

硅 酸 (SiO_2)	一二・八七%
磁 鐵 鑛 (Fe_3O_4)	五二・〇五%
赤 鐵 鑛 (Fe_2O_3)	三五・〇〇%

第二編 壓 縮

第一章 適當なる壓縮

團鑛製作に當りては、既に述べしが如く粉鑛に適當量の水を加へたる後此を型に入れ壓縮し、適當なる外形を有する生團鑛とせざる可らず。此の壓縮の際加ふ可き壓縮の標準を確めん爲めに種々の文獻を調べし結果、大體に於て次の二種なるを發見せり。

- 一 單に平方糎に對し何疋と示すもの
- 二 團鑛の大きさを示したる後、平方糎に對し何疋と示すもの

然しながら壓縮の程度を決定するには慎重なる考慮を要す

如何となれば此實驗の成、不成の分岐點たればなり。依て壓縮効果を決定する爲めに次の實驗を行へり。

壓縮度なる言を使用するが其の意味は『團鑛の壓縮度とは壓縮後の生團鑛の高さを壓縮前の高さにて除したるものに一〇〇を乗じたるもの』なり。

第一章 壓縮前の高さの測定

先づ型に入れ得る粉鑛の量を測定せり。但し本實驗に用ふる型の大さは、高さ八九糎にして其の横斷面は圓形のものなり。

第一 表

番號	重量(瓦)	番號	重量(瓦)
一	二七〇	六	二六四
二	二六二	七	二五〇
三	二五八	八	二六三
四	二五七	九	二五五
五	二五八	一〇	二五一
平均		二五九	

今型の全高を一〇と假定したる時。高さ九、八、に相當する粉鑛の量を求むれば第二表の如し。

第二 表

番號	全高を一〇としたる時	團鑛の高さ	實 高(糎)	粉鑛の重量(瓦)
一	一〇		八九・〇	二五九
二	九		八〇・一	二三三
三	八		七一・二	二〇七

四	七	六二・三	一八二
五	六	五三・七	一五六
六	五	四四・五	一二九

第二節 壓縮效果

本編第一章に述べし壓縮效果を確定せんが爲めに本實驗を行ふ。先づ含水粉鑛を型に入れたる後、型に壓縮棒を入れる、然る時は粉鑛は壓縮棒の重量により自ら或る點迄壓縮さる。假りに此を初降下と稱せん初降下後はテスチング・マシンに依り荷をかけ降下二耗或は一耗毎に其荷を読む。蓋しテスチング・マシンは壓縮機の代用にして Tinius Olsen のものを使用せり、型は粉鑛を入れる前に豫め油布で拭き猶壓縮棒を入れる前に型中の粉鑛の表面は可及的平面とせり。本實驗に用ひ粉鑛の含水量は一二%なり、實驗結果は第三表の如し。

第三表

番 號	荷 (噸)	物差讀(耗)	生團鑛高 さ(耗)	壓 縮 度
番號第一				
初降下	〇・〇〇〇	六七	六一	六八・五三
二八耗	〇・〇一七	七〇	五八	六五・一六
	〇・〇四八	七二	五六	六二・九二
	〇・〇八四	七四	五四	六〇・六七
	〇・二九六	七六	五二	五八・四三
	〇・八〇〇	七八	五〇	五六・一七
	一・一二六	七九	四九	五五・〇五
	二・一六二	八〇	四八	五三・九三
	三・六四二	八一	四七	五二・八〇
	四・八五〇	八二	四六	五一・六八
	六・五〇八	八三	四五	五〇・五六

大孤山精汰鑛團鑛實驗

番號第四	番號第三 初降下 二六耗	番號第二 初降下 二八耗	(水絞出)
〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	八・八〇〇
〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	〇・〇〇二	七〇
〇・〇一〇	〇・〇〇三	〇・〇一〇	七二
〇・〇二〇	〇・〇〇六	〇・〇二〇	七四
〇・〇三〇	〇・〇一八	〇・〇三〇	七六
〇・〇四〇	〇・〇三〇	〇・〇四〇	七八
〇・〇五〇	〇・〇四二	〇・〇五〇	八〇
〇・〇六〇	〇・〇五四	〇・〇六〇	八二
〇・〇七〇	〇・〇六六	〇・〇七〇	八四
〇・〇八〇	〇・〇七八	〇・〇八〇	八六
〇・〇九〇	〇・〇九〇	〇・〇九〇	八七
〇・一〇〇	〇・一〇二	〇・一〇〇	八八
〇・一一〇	〇・一一四	〇・一一〇	八九
〇・一二〇	〇・一二六	〇・一二〇	九〇
〇・一三〇	〇・一三八	〇・一三〇	九一
〇・一四〇	〇・一四〇	〇・一四〇	九二
〇・一五〇	〇・一五二	〇・一五〇	九三
〇・一六〇	〇・一六四	〇・一六〇	九四
〇・一七〇	〇・一七六	〇・一七〇	九五
〇・一八〇	〇・一八八	〇・一八〇	九六
〇・一九〇	〇・二〇〇	〇・一九〇	九七
〇・二〇〇	〇・二一二	〇・二〇〇	九八
〇・二一〇	〇・二二四	〇・二一〇	九九
〇・二二〇	〇・二三六	〇・二二〇	一〇〇
〇・二三〇	〇・二四八	〇・二三〇	一〇一
〇・二四〇	〇・二六〇	〇・二四〇	一〇二
〇・二五〇	〇・二七二	〇・二五〇	一〇三
〇・二六〇	〇・二八四	〇・二六〇	一〇四
〇・二七〇	〇・二九六	〇・二七〇	一〇五
〇・二八〇	〇・三〇八	〇・二八〇	一〇六
〇・二九〇	〇・三二〇	〇・二九〇	一〇七
〇・三〇〇	〇・三三二	〇・三〇〇	一〇八
〇・三一〇	〇・三四四	〇・三一〇	一〇九
〇・三二〇	〇・三五六	〇・三二〇	一一〇
〇・三三〇	〇・三六八	〇・三三〇	一一一
〇・三四〇	〇・三八〇	〇・三四〇	一一二
〇・三五〇	〇・三九二	〇・三五〇	一一三
〇・三六〇	〇・四〇四	〇・三六〇	一一四
〇・三七〇	〇・四一六	〇・三七〇	一一五
〇・三八〇	〇・四二八	〇・三八〇	一一六
〇・三九〇	〇・四四〇	〇・三九〇	一一七
〇・四〇〇	〇・四五二	〇・四〇〇	一一八
〇・四一〇	〇・四六四	〇・四一〇	一一九
〇・四二〇	〇・四七六	〇・四二〇	一二〇
〇・四三〇	〇・四八八	〇・四三〇	一二一
〇・四四〇	〇・五〇〇	〇・四四〇	一二二
〇・四五〇	〇・五一二	〇・四五〇	一二三
〇・四六〇	〇・五二四	〇・四六〇	一二四
〇・四七〇	〇・五三六	〇・四七〇	一二五
〇・四八〇	〇・五四八	〇・四八〇	一二六
〇・四九〇	〇・五六〇	〇・四九〇	一二七
〇・五〇〇	〇・五七二	〇・五〇〇	一二八
〇・五一〇	〇・五八四	〇・五一〇	一二九
〇・五二〇	〇・五九六	〇・五二〇	一三〇
〇・五三〇	〇・六〇八	〇・五三〇	一三一
〇・五四〇	〇・六二〇	〇・五四〇	一三二
〇・五五〇	〇・六三二	〇・五五〇	一三三
〇・五六〇	〇・六四四	〇・五六〇	一三四
〇・五七〇	〇・六五六	〇・五七〇	一三五
〇・五八〇	〇・六七八	〇・五八〇	一三六
〇・五九〇	〇・六九〇	〇・五九〇	一三七
〇・六〇〇	〇・七〇二	〇・六〇〇	一三八
〇・六一〇	〇・七一四	〇・六一〇	一三九
〇・六二〇	〇・七二六	〇・六二〇	一四〇
〇・六三〇	〇・七三八	〇・六三〇	一四一
〇・六四〇	〇・七四〇	〇・六四〇	一四二
〇・六五〇	〇・七五二	〇・六五〇	一四三
〇・六六〇	〇・七六四	〇・六六〇	一四四
〇・六七〇	〇・七七六	〇・六七〇	一四五
〇・六八〇	〇・七八八	〇・六八〇	一四六
〇・六九〇	〇・八〇〇	〇・六九〇	一四七
〇・七〇〇	〇・八一二	〇・七〇〇	一四八
〇・七一〇	〇・八二四	〇・七一〇	一四九
〇・七二〇	〇・八三六	〇・七二〇	一五〇
〇・七三〇	〇・八四八	〇・七三〇	一五一
〇・七四〇	〇・八六〇	〇・七四〇	一五二
〇・七五〇	〇・八七二	〇・七五〇	一五三
〇・七六〇	〇・八八四	〇・七六〇	一五四
〇・七七〇	〇・八九六	〇・七七〇	一五五
〇・七八〇	〇・九〇八	〇・七八〇	一五六
〇・七九〇	〇・九二〇	〇・七九〇	一五七
〇・八〇〇	〇・九三二	〇・八〇〇	一五八
〇・八一〇	〇・九四四	〇・八一〇	一五九
〇・八二〇	〇・九五六	〇・八二〇	一六〇
〇・八三〇	〇・九六八	〇・八三〇	一六一
〇・八四〇	〇・九八〇	〇・八四〇	一六二
〇・八五〇	〇・九九二	〇・八五〇	一六三
〇・八六〇	〇・一〇四	〇・八六〇	一六四
〇・八七〇	〇・一〇六	〇・八七〇	一六五
〇・八八〇	〇・一〇八	〇・八八〇	一六六
〇・八九〇	〇・一一〇	〇・八九〇	一六七
〇・九〇〇	〇・一一二	〇・九〇〇	一六八
〇・九一〇	〇・一一四	〇・九一〇	一六九
〇・九二〇	〇・一一六	〇・九二〇	一七〇
〇・九三〇	〇・一一八	〇・九三〇	一七一
〇・九四〇	〇・一二〇	〇・九四〇	一七二
〇・九五〇	〇・一二二	〇・九五〇	一七三
〇・九六〇	〇・一二四	〇・九六〇	一七四
〇・九七〇	〇・一二六	〇・九七〇	一七五
〇・九八〇	〇・一二八	〇・九八〇	一七六
〇・九九〇	〇・一三〇	〇・九九〇	一七七
〇・一〇〇〇	〇・一三二	〇・一〇〇〇	一七八

初降下 二三耗	初降下 二〇・七耗	番號第六 初降下 一六・五耗
一・一五〇 四・二九六 六・一五二 七・七二〇 (水絞出)	八・八二八 〇・〇〇〇 〇・〇三〇 〇・二〇〇 一・一三〇 四・二三〇 六・一九〇 八・七六〇 (水絞出)	〇・〇〇〇 〇・〇四〇 〇・五〇〇 二・五八〇 四・二九六 七・七七六 (水絞出)
九二 九四 九五	九六 九〇 九二 九四 九六 九八 九九 一〇〇	九七 九九 四六 四八 四九 五七
三一 二九 二八	二七 三三 三一 二九 二七 二五 二四 二三	二八 二六 二四 二二 二一 二〇
四九・七六 四六・五五 四四・九四	四三・三四 六一・四五 五七・七三 五四・〇一 五〇・二八 四六・五五 四四・六九 四二・八三	六二・九二 五八・四三 五三・五九 四九・四三 四七・一九 四四・九四

之を圖とすれば附圖第一の如し。

附圖第一より判斷せば壓縮の標準として單に毎平方糎に付
き何疋と示す可きは可成り無意味のものなるを知らん。即ち
壓縮效果は團鑛の初高に依り異なるものなり。従て團鑛壓縮の
標準としては團鑛の形を示したる後毎平方糎に付き何疋と示
す事最も適當なるが如し。然し此亦形によりて其の標準異な

るを以て以下の實驗に於ては壓縮度にて其標準を示さん。

猶實驗の結果として判明せし事は壓縮度五〇にては未だ生
團鑛は外形を得ず(型より取り出す際に再び粉狀となる)三〇
以下となれば(後の實驗より知られたる事なるが)型より取り
出す際に一部の崩壊を來たす。従て壓縮度としては五〇乃至
三〇の範圍ならざる可からざる事を知らん。單に壓縮效果の
點よりせば五〇の附近最も利益なる可き事は附圖より容易に
推測し得んも壓縮は團鑛の他の性質に影響するものならんと
考へらるるが故に、實驗としては三〇乃至五〇の間を取る事
とせり。

用ひし型に特有なる關係なるやも知れざれども注意す可き
點は、附圖中番號第三に相當せるものが壓縮效果最も良好な
る事なり、番號第三は初降下の際の生團鑛の高さが型の約二
分の一なる事も亦注意す可き事なりとす。

果して番號第三に相當せるものが效果最も良好なりや否や
を確むる爲、次の實驗を爲せしが此亦同様の現象を示せり、
實驗結果は次表の如し。

第 四 表

番 號	荷 (噸)	物差讀(耗)	生團鑛 (糎)	壓 縮 度
〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	八九	六〇	六七・四一
〇・〇〇〇	〇・〇〇〇	八八	五九	六六・二八
〇・〇一〇	〇・〇一〇	七〇	五七	六四・〇三
〇・〇一七	〇・〇一七	六八	五五	六一・七〇

番號第一 初降下	番號第三	番號第六
〇・〇二七 〇・〇六九 〇・一二七 〇・二九〇 一・一三六 二・六八八 五・三七〇 七・五四二	〇・〇〇〇 〇・〇一四 〇・〇二一 〇・〇五〇 〇・一四〇 一・〇六六 二・三五四 五・七七二 七・一四六	〇・〇〇〇 〇・一四〇 一・〇七〇 二・七八八 五・二五六 七・八三八
六六 六四 六二 六〇 五九 五八 五六 五五	六四 六二 六〇 五八 五五 五三 五〇 四九 四八	四四 四〇 三七 三六 三五 三五、五
五三 五一 四九 四七 四六 四五 四三 四二	四九 四七 四五 四三 四〇 三八 三五 三四 三三	二七 二六 二三 二二 二一 二〇、五
五九・四五 五七・二〇 五五・〇五 五二・八〇 五一・六八 五〇・五六 四八・三一 四七・一八	六八・八二 六六・〇一 六三・二〇 六〇・三九 五四・一八 五一・三七 四七・一五 四五・七五 四四・三五	六〇・六七 五八・四三 五一・六八 四九・四三 四七・一九 四六・〇六

之を圖とすれば附圖第二の如し。

第二章 壓縮と抗壓力

壓縮と抗壓力との關係に就きては參照す可き文獻なく伊澤氏は壓縮の進むにつれ抗壓力増大の傾向ありと云はれたり。

此後用ふる型は第一章の型とは異り

大孤山精汰鑛團鑛實驗

内徑 二〇耗 高さ 五〇耗

此型を満たすに足る粉鑛の重量は一七・五瓦なり。
猶壓縮機に附けし物差の正確度より考へし結果、壓縮度を標準とするより生團鑛の高さを標準とする方遙に正確なるを發見せり、團鑛の高さと壓縮度との關係は左表の如し。

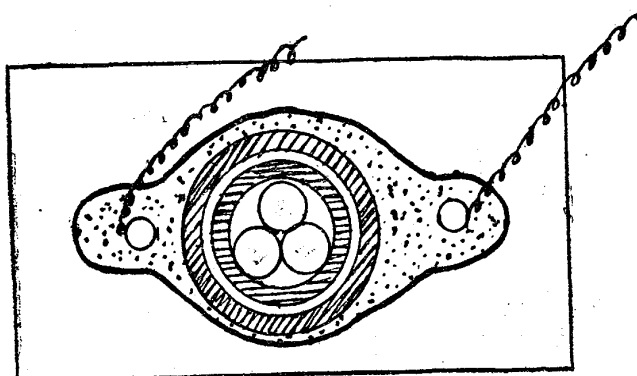
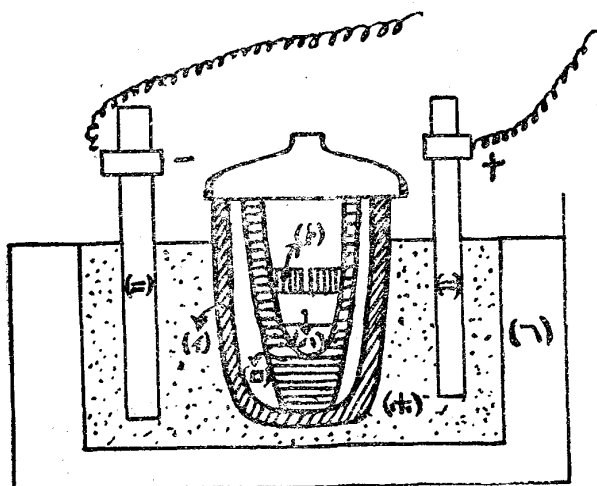
第五表

生團鑛の高さ(耗)

壓縮度

一〇	四九・七二
九	四四・七五
八	三九・七五
七	三四・八一
六	二九・八四

結合劑としては八%の水を使用す。試料の重量は正確に七瓦とす。



- (イ) 黒鉛坩堝 (ロ) ダイナス坩堝
 (ハ) ダイナス煉瓦片 (ニ) 黒鉛電柱
 (ホ) クリプトール (ヘ) 耐火煉瓦
 (ト) 生團鑛

高さの異なる三個の試料を一つの坩堝に入れ、焼結さす。即ち焼結状態を三個とも同一たらしめたるなり。坩堝の内容積の關係上同時に三個以上入れ得ざりしは遺憾なり。

焼結に用ひし爐はクリプトール・ファーンズ (Kryptol Furnace) にして爐は二重とせり。(前圖參照)

始め爐は一重なりしも種々考案の結果二重に改めたり。其の理由は

一 (イ) は部分的加熱を受け三個の團鑛は從て焼結後均一焼結を受けしものと認められず。從て此三個の抗壓力を比較するは無意味なり。

二 電流變化せば坩堝(イ)の受くる熱效果亦變化す。從て電流の變化は生團鑛に極めて鋭敏なる影響を與ふ。

三 黒鉛坩堝の黒鉛の一部は加熱中に多少瓦斯化し之が多少團鑛に影響を與ふる疑あり。

四 任意の時に焼結團鑛を爐より取り出さむ爲めには二重の方便なり。

次に抗壓力と壓縮との關係を求めん。本實驗に用ひし團鑛の焼結状態次の如し。然して其の抗壓力試験の結果は第六表の如し。

△は實驗番號を示す * は試料番號を示す

實驗番號及 試料番號	時間(分)	溫度(攝氏)	時間(分)	溫度(攝氏)
* △ (1) (2) (3)	二〇 一五 一〇 〇五	三〇〇 六三五 八七五 九九五 九五〇	二五 三〇 三五 四〇 四五	一、〇七〇 一、一三〇 一、〇九〇 一、一三〇 九三〇
(4) II (5) (6)	二〇 一五 一〇 〇五	四五〇 八六〇 一〇三〇 一一一〇 一一二〇	二五 三〇 三五 四〇	一、一七〇 一、二三〇 一、〇三〇 九〇〇
(7) III (8)	二〇 一五 一〇 〇五	一〇〇〇 一〇〇〇 一〇〇〇 一〇六〇 一一五〇	二五 三〇 三五 四〇 四五	一、一三〇 一、〇九〇 一、二〇〇 一、〇九〇 一、〇〇〇
(9) IV (10) (11)	二〇 一五 一〇 〇五	五五〇 七五〇 一〇〇〇 一〇〇〇 一一五〇	三〇 三五 四〇 四五	一、一七〇 一、二〇〇 一、二三〇 一、〇三〇 一、〇〇〇
	〇〇 〇五	五五〇 七四〇	三〇 三五	一、二〇〇 一、二三〇

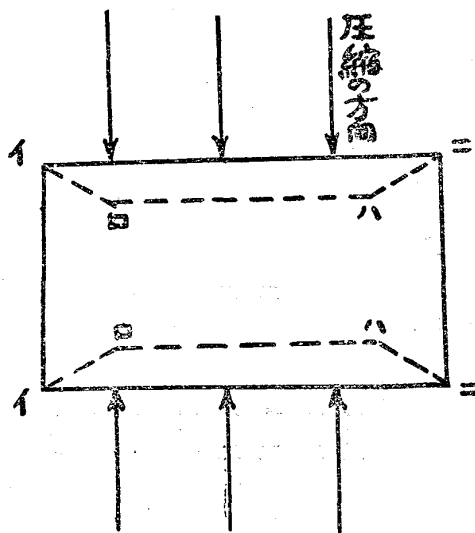
II			I			實驗 番號	試料 番號	抗 壓 力 庇／受壓面	抗 壓 力 庇／平方糎	燒結前後 の高さの 差(耗)
(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)					
一二〇	一一〇	一〇〇	一一〇	一〇〇	九〇	二〇	九	九〇	二九	〇・一
三八	三五	三二	三五	三二		八	七			
〇・〇	〇・五	〇・八	〇・〇	〇・〇		六	六			

第六表

◎は試料の初高を示す(耗)

(15) VI (16)															(12) V (13) (14)			
八〇	七五	七〇	六五	六〇	五五	五〇	四五	四〇	一五	一〇	〇五	〇〇			二五	二〇	一五	一〇
一二〇〇	一一六〇	一一五〇	八五〇	一一〇〇	一二〇〇	一二〇〇	一二〇〇	一二〇〇	一〇六〇	一〇四〇	一〇〇〇	八五〇			一一五〇	一〇九〇	一〇四〇	一〇〇〇
一二〇	一一五	一一〇	一〇五	一〇〇	九五	九〇	八五	三五	三五	三五	二五	二〇			五五	五〇	四五	四〇
空中放冷	一〇〇〇	一一〇〇	一一〇〇	一二〇〇	一二〇〇	一二〇〇	一二〇〇	一二〇〇	一二〇〇	一二〇〇	一二〇〇	一二〇〇	一、一四〇		一、〇〇〇	一、二〇〇	一、二〇〇	一、二七〇

(空中放冷)



之を圖とすれば附圖第三の如し。
第六表及附圖第三を觀察せば實驗されし範圍内に於ては、

*團鑛の初の直徑 二〇糎

團鑛燒結後の直徑 二〇糎

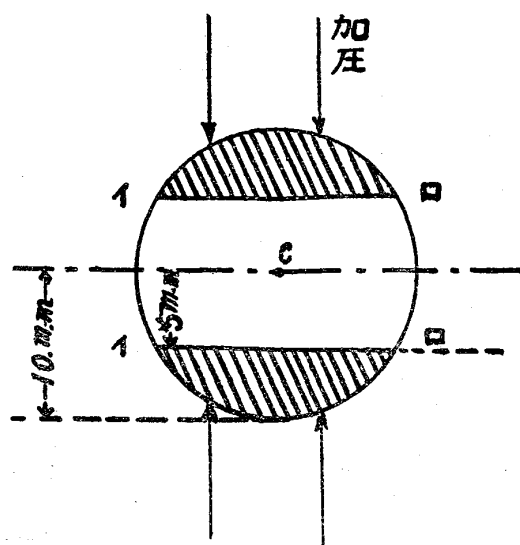
團鑛は初高の小なる程、換言せば壓縮の大なる程、燒結後の抗壓力大なるを知らん、從て團鑛製作に當りて、壓縮は可及的大なるを可とす。

第三章 壓縮と
橫抗壓力

前章より單に其抗壓力の點よりせば壓縮は制限づける必要

V					IV			III	
(16)						(9)			
	(15)		(13)		(12)	(11)	(10)		
		(14)						(7)	
								(8)	
二二〇	五〇〇	三七〇	三〇〇	一五〇	一一〇	一〇〇	九五	三五〇	二六〇
七〇	一六〇	一一八	九六	四八	三五	三二	三〇	一一五	八二
〇・七	〇・五	〇・〇	〇・五	一・〇	〇・〇	〇・五	一・〇	〇・〇	〇・〇

なく可及的大なる可きことを知りしが、他に何等か壓縮を制限づけるもの無き



力即ち壓縮せし方向に直角なる方向の壓力試験を行ふ事に依りて壓縮の制限を發見し得るやも知れず上述の考のもとに次の實驗を行ふ。團鑛の製作法は前章と同様にして、唯團鑛は燒結後其一部を切り取り(圖に於て影の部を切り去る)イ、ロの平面を加壓す。

本實驗に用ひし試料の燒結狀態は次の如し。猶其等の試料の橫抗壓力試験の結果は、第七表に示すが如し。

實驗番號及 試料番號	時間(分)	溫度(攝氏)	時間(分)	溫度(攝氏)
(17) VII	〇〇	一、一〇〇	三〇	一、三〇〇
(18)	〇五	一、一二〇	三五	一、二四〇
(19)	一〇	一、一五〇	四〇	一、一五〇
	一五	一、二二〇	四五	一、一〇〇

や。既に本編第一章第二節に述べしが如く壓縮餘りに大なる時は生團鑛は型より取り出す際其の一部に崩壊を來たす。然かも其の破面は附圖中イ、ロ、ハ、ニの方向にあり、從て橫壓

第七表

(20) VIII (21) (22)	二〇 二五	一、二二〇 一、二六〇	五〇 (空中放冷)	九八〇
〇〇	一、一〇〇	四〇	一、三〇〇	
〇五	一、一五〇	四五	一、三一〇	
一〇	一、一九〇	五〇	一、三二〇	
一五	一、二三〇	五五	一、三〇〇	
二〇	一、二七〇	六〇	一、二四〇	
二五	一、二七〇	六五	一、一〇七	
三〇	一、二七〇	七〇	一、一〇〇	
三五	一、三〇〇			

實驗番號	試驗番號	初高 (耗)	受壓面 (平方糎)	橫抗壓力 (受壓面)	橫抗壓力 (平方糎)
VIII	(22)(21)(20)	六・五 七・〇 八・〇	一・一一 一・二〇 一・三八	一五〇 一二〇 九五	一三四 一〇〇 六八
VII	(19)(18)(17)	六・五 七・〇 八・〇	一・一一 一・二〇 一・三八	一五〇 一三〇 一〇〇	一三四 一〇八 七三

之を圖とすれば附圖第四の如し。

附圖より知らるるが如く橫抗壓力も亦少くとも初高六・五耗迄は壓縮の増大と共に増大す。從て壓縮は橫抗壓力に依りても制限を發見し得ず。

本編第二章第三章を綜合せば次の如し。

團鑛の抗壓力は其縱橫孰れの方向に於ても壓縮の増大と共に増大す。

第四章 壓縮と有孔率

本編第二章Vの試料(12)(13)(14)に就き其眞比重を測定せし結果孰れも小數點下二位迄は同一即ち四・三五なりき。然るに

$$\text{有孔率} = \frac{(\text{眞比重}) - (\text{假比重})}{(\text{眞比重})}$$

$$\text{假比重} = \frac{\text{試料ノ重量(瓦)}}{\text{試料ノ容積(厘)}}$$

本實驗の場合には、各試料とも其眞比重は一定なる故、假比重の大なるものは有孔率小なり。

假比重は試料の重量一定なる故、容積の減少即ち壓縮の増大と共に減少す。然るに壓縮の増大と共に抗壓力は増大するを以て、有孔率は抗壓力の増大と共に減ず。

第三編 燒 結

生團鑛は壓縮後此を燒結さす。此燒結原因に就きての文獻を調べし結果、大體次の三説なるを發見せり。

- 一 半融説(物理的變化)
- 二 化學變化の結果燒結すとの説
- 三 結晶説

即ち第一説は燒結とは團鑛を形成せる各粒の表面半融する結果粘着するものなるを以て、半融溫度と熔融溫度の間隔の大なる粉鑛には、本法を適用し得べしと(フランケに依る)。

二説は磁鐵鑛は爐内の最高溫度の場所にて高熱の強酸化力を有する空氣に觸れ Fe_2O_3 は Fe_3O_4 に變化す。此變化は發

熱反應なり。此等二要素が燒結の原因なりと(マテシスに依る)。

三説は磁性酸化鐵が灼熱室に進むにつれ愈々高熱に熱せられ酸化作用は愈々激烈となる結果各粒の表面に第二酸化鐵よりなる微小なる結晶を生成し然かも結晶せる微晶は互に相抱合するものなるを以て茲に始めて堅實に然かも比較的多孔質なる團鑛を生ずと(グレンダルに依る)。

グレンダル氏は更に爐内に於ける團鑛の受くる化學變化に就き言及して曰く、鐵鑛が若し赤鐵鑛よりなる時は豫熱室に於ける高熱の爲めに先づ分解して磁性酸化鐵となり、此が第三説の如き化學變化を受け遂に燒結す。

又若し鐵粉鑛が初めより磁鐵鑛なる場合は比較的低温の部に酸化作用を受け第二酸化鐵となり此が溫度の上昇するにつれ分解して再び磁性酸化鐵となるものにして其後の變化は全く第三説と同様なりと。

然して燒結後の團鑛の狀態に就き梅根常三郎氏は其論文の一節に曰く『 Fe_3O_4 が Fe_2O_3 に急激に酸化せられます時は多少青味を帯びた結晶質の Fe_2O_3 となります。若し酸化が緩慢な時は多少赤味を帯びた土壌狀のものとなりますから此法(グレンダル法)では燒結部で前記の高熱(一二三〇〇乃至一四〇〇度)に達せしむる事が、絶対に必要であります。且つ製品の色等で作業の善惡を區別する事が出来ます。即ち青味を帯びた軽いものは溫度が十分で作業が順調である證據であ

り、締りなく赤味を帯びたものは操業が順調で無く熱度も十分で無い證據となります云々。』

以下此等の説を參照しつつ實驗せん。

第一章 適當なる焼結溫度

第一節 焼結溫度と抗壓力

實驗の順序として、焼結溫度の高低が抗壓力に及ぼす影響の如何を先づ確めん。本實驗に用ふる試料は重量七瓦、水分八%、初高七耗にして最高焼結溫度は次の如し。

實驗番號

溫度(攝氏)

IXとVI

一、二〇〇

X

一、三〇〇

試料は焼結後其抗壓力を測定す。本實驗に用ひし試料の焼結狀態次の如し。然して其の抗壓力は第八表の如し。

實驗番號及 實驗番號	時間(分)	溫度(攝氏)	時間(分)	溫度(攝氏)
(23) IX	二〇 一五 一〇 〇五 〇〇	一、〇九〇 一、〇四〇 一、〇〇〇 七四〇 五五〇	五五 五〇 四五 四〇 三五 三〇 二五	九八〇 一、一〇〇 一、二〇〇 一、二七〇 一、二三〇 一、二五〇 一、一五〇
(24) IX	二五 二〇 一五 一〇 〇五 〇〇	一、二〇〇 一、一五〇 一、一二〇 一、〇六〇 一、〇〇〇 八五〇	(空中放冷) 五〇 四五 四〇 三五 三〇	九八〇 一、一〇〇 一、二〇〇 一、二〇〇 一、二〇〇 一、二〇〇

實驗番號	試驗番號	抗壓力 面	抗壓力 平方
(16) VI (17)	前記實驗番號を見る可し		
(25) X (26) (27)	三〇 二五 二〇 一五 一〇 〇五 〇〇	八五〇 九八〇 一、〇九〇 一、一八〇 一、二〇〇 一、二六〇 一、三〇〇	三五 四〇 四五 五〇 五五 六〇 (空中放冷) 九八〇

第八表

X X X VI VI IX IX

(27)(26)(25) 28(16) 24(23)

三〇〇
三三〇
四〇〇
五〇〇
二八〇
三〇〇
三一〇
九六
一〇六
一二八
一六〇
八九
九六
九九

第八表より知らるる如く單に抗壓力増進の爲めには、必ずしも焼結溫度として攝氏一、三〇〇度乃至一、四〇〇度を要せず即ち一、二〇〇度にて單時間焼結せしXの25(26)より、一、二〇〇度にて長時間焼結せしIXの24(23)及VIの16は却つて大なる抗壓力を有す。換言せば團鑛の抗壓力は一、三〇〇度以上に焼結せし時間にのみ比例するものにあらす。従て第二段として抗壓力を發生し得る臨界溫度を測定せん。

第二節 抗壓力を發生し得る臨界溫度

抗壓力を發生し得る臨界溫度なる意味は頗る不明瞭なるが本實驗に於ては燒結後團鑛が其形を保ち得ると同時に其燒結溫度に長時間浸す事に依りて其抗壓力を次第に増進し得るが如き溫度中の最低溫度の意味に解せり。實驗結果左の如し。

一 燒結溫度攝氏一、二〇〇度の場合は燒結し得(第二編第二章のI參照)

二 最高燒結溫度攝氏一、〇〇〇度の場合は燒結し得ず。

此の場合の實驗に用ひし試料の燒結狀態左の如し。

時間(分)	溫度(攝氏)	時間(分)	溫度(攝氏)
〇〇	九七〇	三〇	一、一七〇
〇五	九〇〇	三五	九八〇
一〇	九〇〇	四〇	九八〇
一五	九〇〇	四五	九八〇
二〇	九八〇	五〇	九八〇
二五	九八〇	五五	九八〇
三〇	一、一七〇	六〇	九八〇

(空氣放冷)

本編第四章を參照す可し。本實驗の結果として燒結臨界溫度は攝氏一、〇〇〇度と一、一〇〇度の間にある事を知れり。

第三節 燒結溫度の高低と耐耗力

摩擦に抵抗し得る力を假りに耐耗力と稱す。以上實驗の結果として、團鑛に充分なる抗壓を與へん爲めには、必ずしも一、三〇〇度乃至一、四〇〇度の如き高熱を要せず。

此の如き高熱にて燒結を行ふ時は原鑛中に存在する硫黃は痕跡に迄下げ得ると雖も高熱作業には多額の燃料費と良質の

耐火材料とを要す。然るに骸炭を用ふる熔鑛爐或は電氣爐を用ひて團鑛を處理するものとせば、單に除硫の爲めに此も大なる犠牲を拂ふ必要なし。

翻つて團鑛の必要條件を考ふるに、團鑛は充分なる抗壓力を有すると同時に其他耐耗力耐水力等の性質を具有せざる可らざる事は既に第一編第一章に於て述べしが如し。従て高熱作業の必要な所以か或は耐耗性の實驗により發見せらるゝやも知れずと思ひ本實驗を行ふ。

他の條件を全然同一にし、最高燒結溫度のみを變へたる團鑛を作り、先づ此團鑛の重量を測定し後一定時間研磨機(研磨面は〇〇〇番の砂紙)にかけ、後再び團鑛の重量を測定し重量の前後の差の大小に依りて耐耗力を比較す。即ち重量の減少少き方を大なる方より耐耗力大なりと斷定す。

實驗にあたり最高燒結溫度のみを變へ一、一〇〇度以上(臨界溫度の附近)に於て燒結さす狀態を全然同一にする事は事實上不可能なるを以て、止むを得ず一、一〇〇度以上に於ける時間と溫度の積を大體に於て同一なる可き様燒結を加減せり。

試料の重量は七瓦、水分は八%、初高七耗にして最高燒結溫度はXI一、二〇〇度、XIIは一、三〇〇度なり。

本實驗に用ゆる試料の燒結狀態次の如し。

斯くて此等の試料を研磨機にて三〇秒間研磨す、其の結果は次表の如し。

第九表

實驗 番號	試料 番號	最高 溫度 (攝氏)	研磨前 の重量 W ₁	研磨後 の重量 W ₂	W ₁ -W ₂	平均	100以 上の時 間と積 度
XI	(31)(30)(29)	1100 1100 1100	六四六八五 六四四三〇 六四三五四	四五四〇〇 五〇〇〇〇 五六三三〇	一九八八四 一四四三〇 〇・七四四	一六六五七	四・〇〇〇

* 研磨面の一部破損
從て實驗結果不正確
外と平均す

試料番號及 實驗番號	時間	溫度	時間	溫度
(29) XI (30) (31)	〇〇 〇五 一〇 一五 二〇 二五	八五〇 一〇四〇 一一〇〇 一一〇〇 一二〇〇 一二〇〇	三〇 三五 四〇 四五 五〇	一二〇〇 一二〇〇 一一〇〇 九八〇
(32) (33) (34)	〇〇 〇五 一〇 一五 二〇 二五	八五〇 一〇〇〇 一〇五〇 一一〇〇 一二〇〇 一二〇〇	三〇 三五 四〇 四五	一二〇〇 一二〇〇 一一〇〇 九八〇
(35) XII (36) (37)	〇〇 〇五 一〇 一五 二〇	八五〇 一〇三〇 一二〇〇 一二四〇 一三〇〇	二五 三〇 三五 四〇 (空中放冷) 青味を帯び面は密	一三〇〇 一三〇〇 一一〇〇 九八〇

實驗結果を考ふるに大體に於て、焼結溫度等しき時は團鑛の耐耗力は焼結時間と焼結溫度の積の増大と共に増大する事は XI の (29) (30) (31) 及び (32) (33) (34) を比較する事に依て知り得。焼結溫度の異なる場合は、團鑛の耐耗力は焼結溫度の高き程大なる事は XI と XII を比較する事に依て知り得たり。

第四節 結 論

以上三節に亘る實驗結果を綜合するに團鑛焼結に適當なる溫度は文獻より知らるゝ如く攝氏一、三〇〇度乃至一、四〇〇度なり。猶一、二〇〇度附近にて焼結されし團鑛は赤味を帯び面は粗なるに反し一、三〇〇度附近にて焼結されし團鑛は青味を帯びて面は密なる事も亦實驗によりて確證せられたり。

第二章 焼結と抗壓力

團鑛法としてグレンダル法を採用せる本溪湖煤鐵公司に於ては、焼結爐としてトンネル・キルンを用ひ、其大さは長さ一三〇尺、堅六尺、横六尺にて此爐中に三十五臺の車を入れ、臺車は二十五分毎に一臺を引き出づる。從て一臺の車が爐を通過する時間は $25 \text{分} \times 35 = 875 = 14.5 \text{時間}$ なり。

XII	(37)(36)(35)	(34)(33)(32)
1100 1100 1100	1100 1100 1100	1100 1100 1100
六四二七六 六四二五〇 六四二〇六	六四三七八 六四三六六 六四三五四	六四三七八 六四三六六 六四三五四
六・二五八〇 六・三三七三 六・四〇一三	六・二五八〇 六・三三七三 六・四〇一三	六・二五八〇 六・三三七三 六・四〇一三
〇・一九七五 〇・一九七五 〇・一九七五	〇・一九七五 〇・一九七五 〇・一九七五	〇・一九七五 〇・一九七五 〇・一九七五
七・七・一〇〇	七・七・一〇〇	七・七・一〇〇

此は現在(一九二二年夏)の焼結法なるが一九一九年、は四分毎に一臺の割合にて焼結したりき。此焼結の如何が團鑛の性質に甚大なる影響を有する事を示すものなり。依て以下焼結と抗壓力との關係を先づ求むる事とせん。

焼結と抗壓力との關係を求むる爲めに從來爲されたる實驗は一定の溫度(例へば一、三〇〇度)以上に焼結作業を保ちし時間を一の變數として其の抗壓力を比較せり。然し其一定溫度迄上昇させし時間の長短は考へざりしなり。斯くせば、實驗の結果には明らかに混雜を持ち來し、從て其實驗結果を無價値ならしむる事は本編第一章第一節の實驗より容易に推測し得ん。依て本實驗に於ては其等の困難を排除する爲めに、攝氏一、一〇〇度以上の溫度と時間の積と抗壓力との關係を求むる事とせり。此法も勿論完全にはあらざるも、幾分誤を輕減し得たりと信ぜらる。

本實驗に用ひし試料は重量七瓦、水分八%にして其初高は六・七・八耗の三種なり。然して其等の試料の抗壓試驗、焼結溫度と時間の積、一、二〇〇度以上の時間、及び一、三〇〇度以上の時間を表とすれば第十表の如し。

試料の焼結状態は次の如し。

實驗番號及 試料番號	時間(分)	溫 度	時 間	溫 度
〇〇	〇〇	一、〇〇〇	七〇	一、二八〇
〇五	〇五	一、一〇〇	七五	一、二八〇
一〇	一〇	一、二〇〇	八〇	一、三〇〇

XV	(12) V (13) (14)	(9) IV (10) (11)	(24) IX	(41) XIV (42) (43)	(28) VI	(17) VI (15)	(38) XIII (39) (40)
〇〇 〇五	第二編第二章參照	第二編第二章參照	第三編第一章第一節參照	〇〇 〇五 一〇 一五 二〇 二五	第二編第二章參照	第二編第二章參照	一五 二〇 二五 三〇 三五 四〇 四五 五〇 五五 六〇 六五
一、一〇〇 一、一〇〇 一、一〇〇	八五〇			一、〇〇〇 一、〇九〇 一、一八〇 一、二〇〇 一、二六〇 一、三〇〇			一、二〇〇 一、二〇〇 一、二五〇 一、二八〇 一、二九〇 一、二九〇 一、二九〇 一、三〇〇 一、三〇〇 一、三一〇 一、三一〇
二五 二〇				三五 四〇 四五 五〇 五五			八五 九〇 九五 一〇〇 一〇五 一一〇 一一五 一二〇 一二五 一三〇 一三五
一、二〇〇 一、二〇〇				一、一〇〇 一、一〇〇 一、一〇〇 一、一〇〇 一、一〇〇			一、三〇〇 一、三一〇 一、三四〇 一、三六〇 一、三六〇 一、三六〇 一、三六〇 一、三六〇 一、三六〇 一、三六〇 一、三六〇

(空中放令)

第十表

* 試料番號の意

一〇	一、二〇〇	三〇	一、二〇〇
一五	一、二〇〇	三五	一、二〇〇

III (7)(8)
第二編第二章參照

實驗番號	燒結溫度と時間 (分)との積 但し溫度は攝氏 一〇〇度以上	上〇度以 一の時の 間(分)	上〇度以 一の時の 間(分)	試 番	初高 抗壓 力圖 の積	試 番	初高 抗壓 力圖 の積	試 番	初高 抗壓 力圖 の積	試 番	初高 抗壓 力圖 の積	試 番	初高 抗壓 力圖 の積
III	一六六・六三六	一一五	五五	(9)	三一	(10)	三二	(11)(12)	四八	(13)(14)	八三	(15)(16)	二〇七
XV	八三・五九〇	六〇	一五										一六〇
V	五〇・九四〇	三〇	一五										一二八
IV	五一・〇五〇	三五	一五										九五
IX	三七・五〇〇	一五	一五										一〇六
XIV	三六・三一〇	一五	一五										九六
VI	三五・一五〇	一〇	一五										五八
IX	三二・一〇〇	二〇	一五										五八
III	一一・六八〇	三〇	一五										八三
													一一五

之を圖とすれば附圖第五の如し。

第十表試料の初高七耗に就き溫度と時間の積を變數とするものと、時間を變數とするものととの妥當性を比較考察せんに

一、時間を變數とするにせよ、溫度と時間の積を變數とするにせよ、抗壓力は此等の時間或は溫度と時間の積の増大と共に増大する傾向あり。

二、其の増大する有様が、連續的なりや否やは實驗の結果判明せず。然し第一を基として考ふれば、大體に於て途中減少の點なしと考へらる。

三、然る時は抗壓力と燒結との關係は、時間を變數とする

より、時間と溫度の積を變數とする方が、より妥當なる事は、第十表に於て溫度と時間の積の列と、時間の列とを比較する事により直ちに首肯し得ん。

然し斷定を下す事は依然不可能なる故、單に假設に過ぎざれども、以下の實驗に於ては團鑛の抗壓力は攝氏一、一〇〇度以上の溫度と時間の積の増大と共に増大するものとし、附圖第五も此考のもとに作れり、曲線が原點(オリジン)を通過し居るは溫度と時間の積が零なる時、抗壓力も亦零なりとの考に基きたるものなり。

附圖第五に示されたる曲線の性質より考ふるに

一、壓縮の相違より起る抗壓力の差は燒結溫度と時間の積の増大と共に甚だし。

二、初高八耗の曲線は溫度時間の積が如何に増大するも、抗壓力は餘り増大せず。

三、初高六耗及び七耗の曲線も、其性質は八耗のものと同様なる可き事。

要するに實驗の結果は

一、壓縮低き生團鑛により作業せんには一定の抗壓力を得んが爲めに、壓縮高き生團鑛によるよりも長時間燒結せざる可らず。

二、燒結は第五圖に於ける曲線の正切(タンゼント)の値の大なる範圍内に留む可き事(之は單に經濟上の見地よりなるが)。

第三章 抗壓力増進法としての壓縮と燒結

以上實驗の結果抗壓力増進の法として二法あるを知れり、即ち

第一法、重に壓縮に依頼する法

第二法、壓縮を低くし、重に燒結に依頼する法

團鑛作業に當り以上二法の孰れを採用す可きかは次の二項に依り決定せざる可からず。

第一項、上述の二法が抗壓力以外の團鑛の性質に如何なる影響を與ふるか

第二項、若第一項に影響無しとせば二法の經濟的關係如何

然し第一項は事實上實驗甚だ困難なり、從て今第二項に從ふものと假定せば、實際操業の際二法の内孰れを採用す可きかは全然二法の經濟的見地より決定す可きなり、之は場所及び時により決定せざる可らず。

第四章 豫熱及冷却と抗壓力

本編第二章に述べし本溪湖煤鐵公司のトンネル・キルンには豫熱及冷却の部分有せり。加熱の場合には攝氏一、一〇〇度以下に熱せし時間は抗壓力に無關係なりと雖も、豫熱の時間の長短は即ち含水を生團鑛より驅逐する時間の長短にして若し水分驅逐が餘りに急激なる時は團鑛の一部に隙を生じ、之が生成團鑛に何等かの影響を有せざるや。

又加熱の際一、一〇〇度以下の加熱時間は抗壓力に何等の影響無しとするも既に一、三〇〇度以上にて燒結されて抗壓力を有する團鑛は冷却の際に其速さの緩急が抗壓力に影響するが如き事無きや。

以上二事實を確めん爲めに本實驗を行ふ。

本實驗に用ふる試料は重量七瓦、水分八%、初高七耗にして、試料の四個を一組とし之を試験す、初め三個を爐に入れ徐々に加熱し爐の溫度が一、〇〇〇度に達せし時一個を取り出し之は空中放冷し代りに他の一個を入れる。即ち斯くする事に依り一、〇〇〇度迄豫熱せし試料が抗壓力を有するや否やを再び確かめ、同時に一、〇〇〇度迄の豫熱の緩急が抗壓力に及ぼす影響を確かめんとするものなり。

斯くて爐内の三個の試料は一、三〇〇度乃至一、四〇〇度に於て焼結させ或る時間後加熱をやめ其儘爐内にて冷却の一、〇〇〇度に到達せし時三個の中二個（然し後より入れし一個を含む）を取り出し之を空中放冷し、残りの一個は爐内にて冷却す。即ち一、〇〇〇度以下の冷却の緩急が抗壓力に及ぼす影響を確かめんが爲めなり。斯くて此一組の試料の抗壓力を測定す。

試料の焼結状態は次の如し

第十一表

實驗番號及 試驗番號	時 間	溫 度	時 間	溫 度
(53)(50)XVII (1) (52)	一五 一〇 〇五 〇〇 〇〇	(51) を出す 一一〇〇 一二〇〇 一二〇〇 一二〇〇	四〇 三五 三〇 二五	(51) (52) を出す 一〇三〇 一一三〇 一二四〇 一二五〇
(49)(46)XVI (17) (48)	三〇 二五 二四 二三 二二 二一 二〇 二〇 一五 一〇 〇五 〇〇	(45) を出し (47) を入れる 一一三〇 一〇三〇 九八〇 九二〇 九〇〇 八五〇 九八〇 九一〇 九一〇 八二〇 五五〇	八〇 七五 七〇 六六 六五 六五 六〇 五五 五〇 四五 四〇 三五	(47) (48) を出す 五〇〇 七〇〇 八〇〇 八七〇 八五〇 一一三〇 一二四〇 一二五〇 一二二〇 一二〇〇 一一五〇

斯くて抗壓力試験の結果は次表の如し。

實驗番號	試驗番號	抗壓力(珎／受壓面)
XVII	(53)(52)(51)(50)	無し 二六〇 二六〇 二九〇
XVI	(49)(48)(47)(46)	無し 二〇〇 二〇〇 二二〇

即ちXVI XVII 兩回共一、〇〇〇度以下にては團鑛は抗壓力を生ぜず。之は既に本編第一章第二節に於て求められし事實なり。兩回共一、〇〇〇度迄の加熱の緩急は抗壓力に影響なし。兩回共一、〇〇〇度以下の冷却の緩なるものは急なるものより抗壓力大なり。

即ち團鑛の抗壓力は加熱に當りては一、〇〇〇度以下は緩急に依り變化なく、冷却の際は其の緩急に依り多少の差を生ず、然し加熱の緩急は墜落試験、耐水力試験、耐耗力試験等に何等かの現象を示すやも知れず（實驗の都合上遂に結果を求め得ざりしが）如何となれば、若し其等に何等の影響なしと假定せばトンネル・キルンの豫熱部の存在は全然無意味なればなり。此疑問の解決は後日に譲る事とせん。

第五章 焼結と有孔率

本編第二章の試料に就き其の有孔率を測定せし結果次の如し。

實驗番號	燒結時間と溫度との積	有孔率
XIXVV	三二・一〇〇	四五・〇六
	四五・〇五〇	三四・〇二
VI	八三・五九〇	三三・〇三

大體に於て有孔率は燒結時間と溫度の積の増大と共に減ず換言せば抗壓力の増大と共に減ず。

第四編 水分

團鑛製作に當り粉鑛に加ふ可き水分に關する文獻を調べし結果は大體次の如し。

磁選鑛

水分八乃至九%
水分六乃至八%
水分一五乃至一八%

パープル・オアー

實地家の説に依れば水分は粉鑛の粒の大きさに依り定む可きものなりと。以下水分と團鑛の諸性質との關係を求めん。

第一章 適當なる水分

本實驗は特別に行ひしものにあらず。横抗壓力試驗（第二編第二章）を行ひし際發見されしものなり。

本實驗に用ひし試料は重量七瓦、水分八%、團鑛の初高九、八、七、六耗なり。上記の試料を壓縮する際に初高八、九、七耗迄は特別なる現象なかりしが初高六耗迄壓縮せし時、生團鑛

は其水分を保ちされず可成り多量の水分を絞出したり。

此事實は粉鑛の粒の大きさが一定なる時は之に加ふ可き水分の適當量は各壓縮度により或る定値を有す可き事を示す。

次に第二編第一章第一節の水分十二%の實驗に於ては、壓縮度四二附近（初高六耗は壓縮度に換算せば三〇附近）に於て既に水分の絞出を見る。即ち二實驗を比較する事に依り、或る壓縮に適當なる水分も、或他の壓縮には不適當なる事を知らん。

第二章 水分と抗壓力

水分と抗壓力との關係に就き某氏は實驗の結果水分は抗壓力には關係なきが如しと結論されたり。此他には文獻なし、以下此等の間の關係を求めん。

本實驗は水分のみを變へ其他は全然同一條件のもとに製團し其抗壓力を測定す。本實驗に用ひし試料は重量七瓦、初高七耗、水分は（イ）六%、（ロ）八%、（ハ）一〇%なり。

燒結溫度と時間の積の同一なる團鑛を少くとも數回の實驗に依りて作り此平均を取る可き筈なるも、既に幾回も繰り返し述べしが如く同一燒結狀態のものを作る事は事實上不可能なるを以て燒結溫度と時間の積は各實驗毎に任意とし。其等の抗壓力の總數即ち（イ）は（イ）に付き、（ロ）は（ロ）に付き此を求め、其の傾向を求むる事とせり。其の結果左表の如し。

水分%	合計	XXV XXIV XXIII XXII XXI XX XIX XIII								實驗 番號
		(75) (72) (69) (66) (36) (60) (57) (54)								* 試 番
六	二三六〇	二五〇 二五〇 四〇〇 二三〇 三五〇 三〇〇 二三〇 三五〇								(イ) 抗壓力/受 壓面
		一三〇 二〇 一 一 五〇 五〇 一〇 一								(イ)と(ロ)の差 +
八	六〇	二〇 一 二〇 二〇 一 一 一 一								-
		(76) (73) (70) (67) (64) (61) (58) (55)								試 番
八	二二九〇	二七〇 二三〇 四二〇 二五〇 三〇〇 二五〇 二二〇 三五〇								(ロ) 抗壓力/受 壓面
		二二〇 四〇 二〇 五〇 四〇 一〇 一 七〇								(ロ)と(ハ)の差 +
一〇	二〇	一 一 一 一 一 一〇 一〇 一								-
		(77) (74) (71) (68) (65) (62) (54) (56)								試 番
一〇	二〇八〇	二三〇 二一〇 三七〇 二一〇 二九〇 二六〇 二三〇 二八〇								(ハ) 抗壓力/受 壓面
		二八〇 二〇 四〇 三〇 二〇 六〇 四〇 七〇								(イ)と(ハ)の差 +
一〇	〇〇	一 一 一 一 一 一 一 一								-

之を圖とすれば附圖第六及び第七の如し。

團鑛の抗壓力は附圖第六より知らるゝ如く水分の増大と共に減少するものなり、此の事實は(イ)と(ハ)を比較せば特によく判明せん。

水分の異なる團鑛(イ)と(ロ)、(ロ)と(ハ)、(ハ)と(イ)の抗壓力の差を求め之を曲線とする際、水分大なるものは抗壓力小なりとの考のもとに差の正(ホシチブ)なるもののみを採録したり。

附圖第七は水分の相違に基く抗壓力の差は抗壓力の増大と

共に増大する事を示す。

實驗結果より推測するに水分の抗壓力に及ぼす影響は直接にはあらずして間接なりと考ふる方適當なるが如し。更に詳言せば

試料の重量=(一定)=(7 瓦)=(粉鑛の重量)+(水分)

即ち (粉鑛の重量)=(7 瓦)-(水分)

従て水分多きものは粉鑛の重量小なり。然るに初高は各團鑛とも同一なる故、外觀上同一壓縮を受け居るが如きも、事實は粉鑛の重量の小なる方即ち水分の多き方がより小なる壓

縮を受け居る筈なり。既に第二編第二章に述べし如く壓縮の小なるものは壓縮の大なるものより（其他の條件同一なる限り）抗壓力小なり。即ち水分は直接抗壓力に影響するものにあらずして水分の多少に依り起る壓縮の大小が抗壓力に影響するものなりと考ふる方適當なるが如し。

猶水分の影響を壓縮の影響なりと見るを適當とする他の一理由あり、即ち附圖第七より知らるゝ如く抗壓力の増大即ち燒結時間と溫度の積の増大と共に水分の相違より起る抗壓力の差は増大す。然るに第三編第二章に既に述べしが如く壓縮の相違に依る抗壓力の相違は燒結時間と溫度の積の増大と共に増大す。此二事實は水分の相違より二次的に壓縮に相違を來たすものなりと考ふる時にのみ、其の一致點を發見し得るなり。水分の抗壓力に及ぼす影響を壓縮の抗壓力に及ぼす影響と見る事の正否は猶幾多の實驗を要する事と思はる。

第三章 結 論

水分と團鑛の關係を最も常識的に考るに水分餘りに少き時は生團鑛は形をなさず又水分餘りに多き時は水は壓縮の際に絞出され作業面倒なり従て實驗結果と上述の常識的考察とを綜合せば團鑛製作の際粉鑛に加ふ可き水分は生團鑛に形を與へ得る範圍内にて可及的少量なるを可とし猶水分は壓縮の大なる者は壓縮の小なる者より少量にて可なる事を知らん。

第五編 其他の試験

既に第一編に述べしが如く團鑛は抗壓力、耐耗力以外に猶

多くの條件を満たさざる可らず、本編に於ては單に此等の内耐水試験墜落試験の二に就き極めて簡單に行ふ事とせん。

第一章 耐水試験

第三編第一章第三節の試料に就き實驗せり。先づビーカーに水を満たし、此中に試料を沈ませ、或る時間後之を水中より取り出し其外形の變化を見る、即ち

水に入る 午前十一時三十分

水より出す 翌日午前九時三十分

沈水時間 二十時間

水の溫度 攝氏九度

沈水後の試料の變化次表の如し。

第十三表

實 驗 番 號	試料番號	最高燒結溫度	燒結溫度と時間の積	試驗結果
XII	(35)(36)(37)	一、三〇〇	三七、〇〇〇	表面變化なし
XI	(32)(33)(34)	一、二〇〇	二六、〇〇〇	表面ざらざらになる
XI	(29)(30)(31)	一、二〇〇	四一、〇〇〇	表面ざらざらになる

表により明らかなるが如く耐水力も攝氏一、三〇〇度にて燒結せしものは一、二〇〇度にて燒結せしものより大なり。

第二章 墜落試験

本實驗に用ひし資料は耐水試験を終りたるものを、その儘即ち二十時間沈水後の團鑛の墜落試験なり。高さ二米の所より鐵板上に試料を墜落させ、試料の破碎する状態を見る。

試験の結果は次表の如し。

鐵と鋼 第八年 第十號

第十四表

七二八

實驗番號	試料番號	墜落回數	前記墜落回數液の試料の破片の數
XI	(34)/(33)(32)/(31)(30)(29)	四 一 二 二 二	完全即破碎せず 三 四 四 四
XII	(37)(36)(35)	一 二 一 一 一 〇	殆んど破碎せず 殆んど破碎せず 殆んど破碎せず

前表により明かなるが如く高温(一、三〇〇度)に於て燒結せし團鑛(XII)は墜落試験に於ても亦良好なる結果を示せり。最後に一言したきはグレンダル法にて作りし團鑛は攝氏九〇〇度に於ける抗壓力試験を要せざる可きは第一編第二章グレンダル法の特徴の第一に示されたり。

九〇〇度の強度(抗壓力)を試験する必要は彼のシユマツハ法の如き結合劑として石灰水等を用ひし場合にのみ限らるるものならん、即ち石灰の九〇〇度に於ける熱分解の際の抗壓力の變化の測定はシユマツハ法の如き場合は是非とも必要なりと考へらるればなり。

第三章 試料の大きさと試験の結果

以上の實驗は總べて直徑二〇耗、高さ一〇耗以内の試料に就き行ひたり、然し試料の高さを變へて實驗する時は團鑛の抗壓力等は、必ずしも量的(quantitative)に以上得た結果と同

一ならず(之は二三の實驗の結果實證されし事なるが)。

然し之は當然さもある可き事なり。彼の抗張力試験(Testing of Tensile strength)の場合に用ふる試料(Test piece)は其大さ(Size)を一定にし、或は類似(Similar form)にせざる限り其の得らるる結果同一ならざると同然なり。従つて本實驗の結果が工業的作業に際し量的に參考たらざる可きは推測に難たからず、唯質的(qualitative)に幾分參考たれば幸なり。

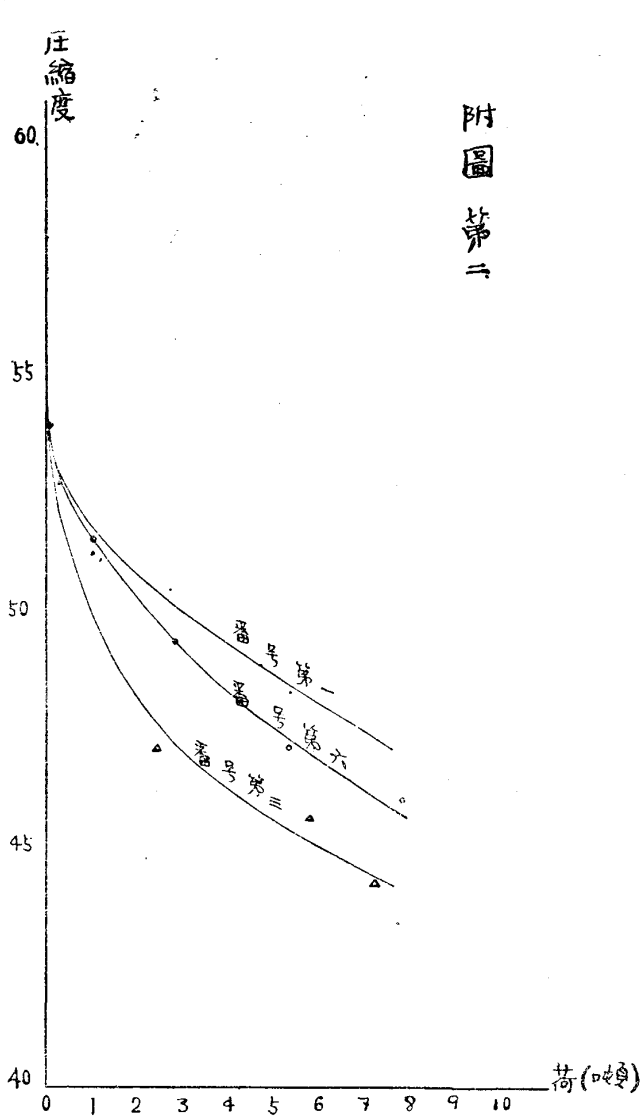
猶團鑛の大きさに就きてても、必ず適當なる大さ即ち高さ、縦横の長さの間に適當なる比の存す可きなるが、實驗の都合上決定するを得ざりき。

第六編 結 論

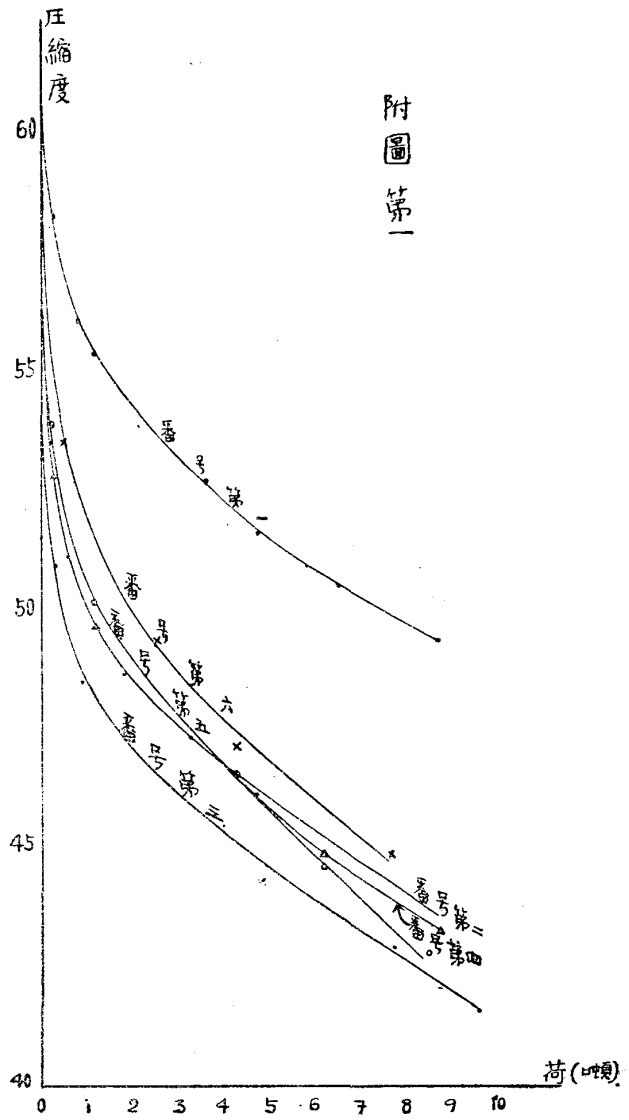
以上實驗の結果を綜合し、團鑛の抗壓力と有孔率との關係を考察するに、有孔率は、抗壓力の増大と共に減ず、換言せば、團鑛の抗壓力は粉鑛の組成が同一なる限り、其の密度の大なるに従ひて増す、グレンダル法其の他の有機的結合劑を使用せざる製團法の原理は主として、粉狀體の鑛石の分子の間隔を機械的に接近さすにあり、従つて其の必然的結果として生成團鑛の性質が岩石等と大いに異なる可き事は想像に難たからざるところなり。

分子の間隔の接近を單に、壓縮にのみより成功させんとせし製團法にローニイ法(Roney Process)、マセック法(Mashek Process)等(此等は遂に不成功に終りしが)の存在する事と實驗の結果得たる推論とを考へ合せる時、吾々は先人の企圖に或る大なる意味の存在するを發見し得ん。

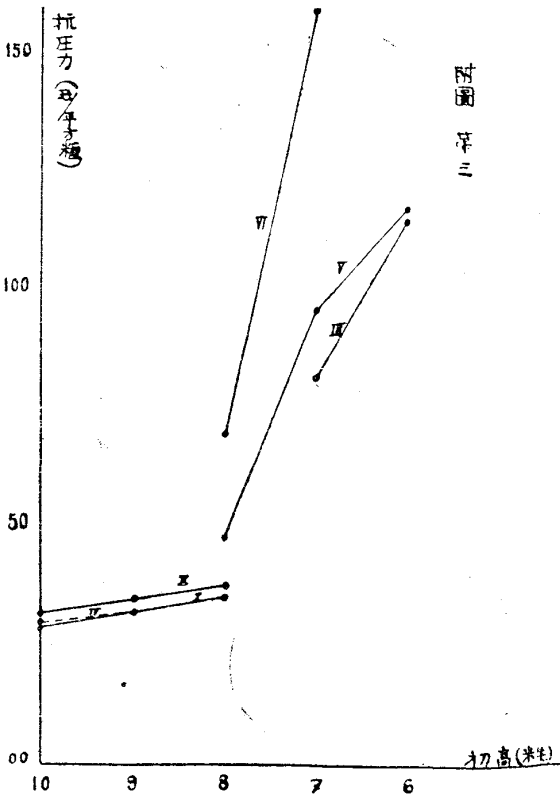
附圖 第二



附圖 第一



附圖 第三



團鑛の抗壓力が其組成の同一なる限り、結局分子の間隔の大小に依り決定するものとせば、吾々は直に團鑛の抗壓力増進の爲めに、粉鑛の粒の大きさは、出來得る限り小ならざる可らざる事を知り得ん（之は猶實驗上の實證を缺くと雖も）。

即ち結論として吾々は次の事を述べざる可らず。

粉鑛の粒の小なる程

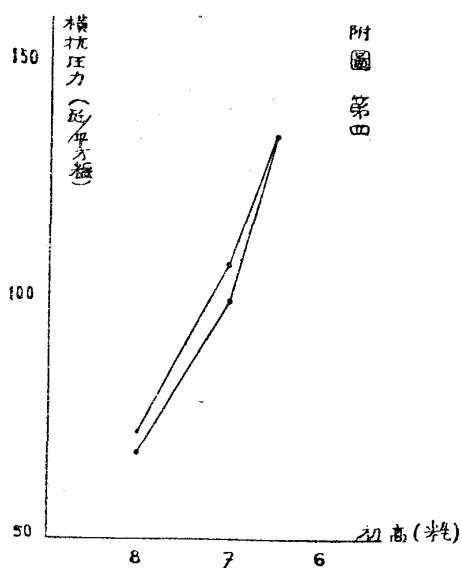
水分の少き程（操業出來る範圍内にて）

壓縮の度の高き程

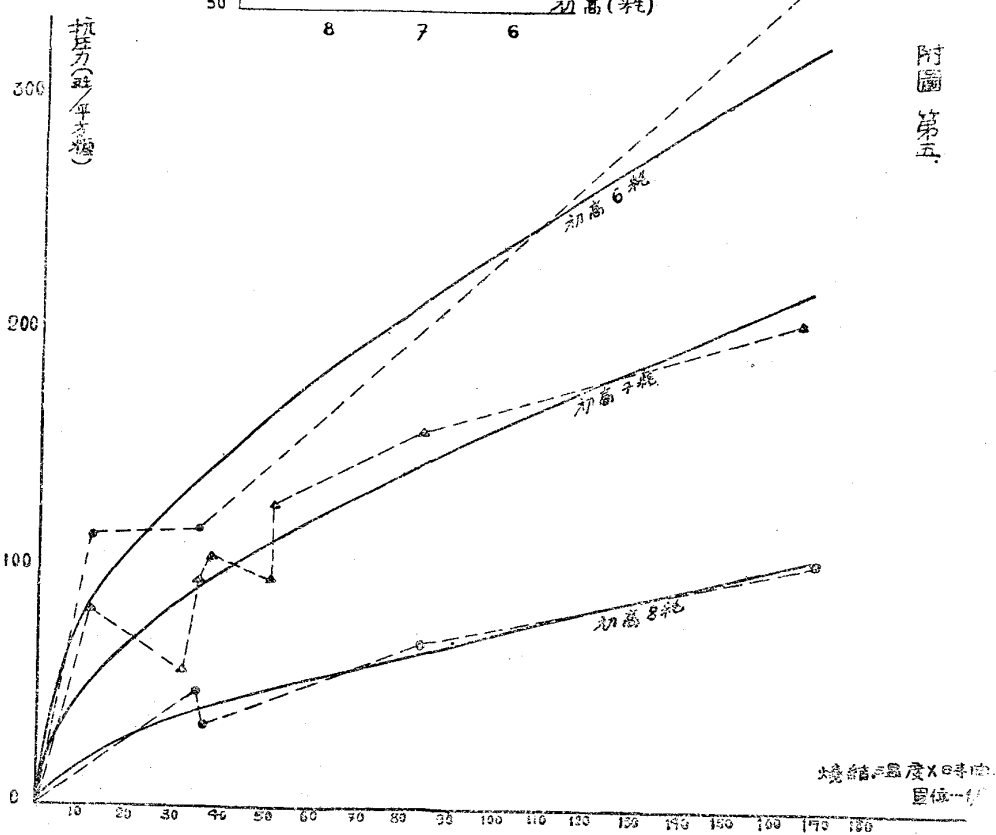
焼結時間と溫度の積の大なる程

生成團鑛の抗壓力は大なり。

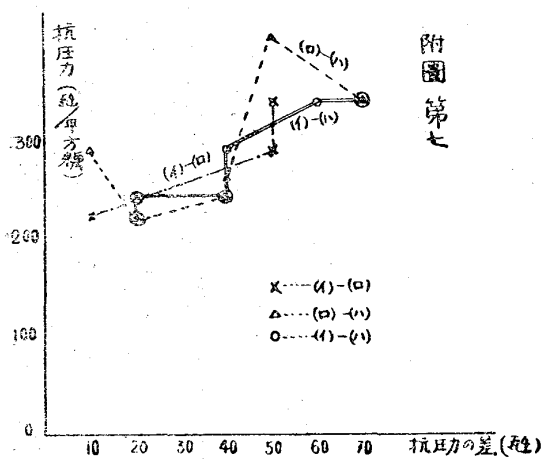
擱筆するに臨み文献を残されし諸先輩並に指導を賜はりし諸先生に深謝す。（終）



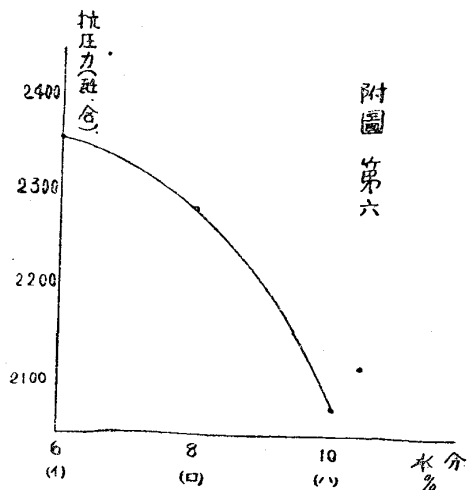
附圖 第四



附圖 第五



附圖 第七



附圖 第六