

獨に増加すると、いづれの時も第二次脆性が著しくなるが就中 *Mn* 及び *Si* の増加は最も第二次脆性に影響し炭素の増加は *Mn* と共存するとき影響を強め *Mo* は焼戻硬化を伴ふために激しい影響を與へる。*Ni* と *Cr* は實驗範圍では比較的影響が弱い。また *Si* 及び *Mn* を増した場合は變態點附近に於て脆性が最も著しくなり、多少普通の第二次脆性と異るところがあるからこれを特殊熱脆性と名付けた。この種の脆性は同一の成分であっても製法が異ると一方には生じ、一方には生じないことがある。變態點以下の焼戻はこの脆性の回復に効果がない。特殊熱脆性は發生溫度及び脆性の程度より考へ冷却龜裂や、鍛鍊割れと

關係がある様に想像される。

4) 第二次脆性及び特殊熱脆性の發生する機構を結晶粒界破斷力と結晶粒内破斷力の相互關係によるとする一つの假定的説明を試みた。また特殊炭化物の析出が第二次脆性を助成する一因をなすことを述べた。

終りに臨み實驗の御便宜と御指導を賜りたる改良部長黒川慶次郎氏並に種々御教示を與へられ併せて論文を御校閲下された石原寅次郎教授に深く感謝の意を表す。

猶實驗中多大の努力を拂れし三田村勇吉、浦田正吉君及び實驗室諸氏の勞を謝す。

## 鑄鋼用鑄物砂配合に對する基礎理論 (第 I 報)

(日本鐵鋼協會第 18 回講演大會講演 昭和 12 年 10 月)

吉 田 正 夫\*

### ON THE FOUNDAMENTAL THEORY OF MIXING OF MOULDING SAND FOR STEEL CASTINGS. (First report.)

Masao Yoshida.

SYNOPSIS:—The process of study was divided into next two directions.

- (1) Properties at room temperature.
- (2) Properties at high temperature. (up to 1,000°C.)

As the properties at room temperature, permeability and bonding strength were observed, and the effect of several factors on these properties was studied; namely, the effect of amount of water and clay, shape and size of sand and number of ramming.

In the first report the study of permeability was described

#### 目 次

- I 緒 言    II 調査方針の決定    III 試験方法  
IV 供試材料    V 實驗結果    VI 總 括

#### I 緒 言

鑄物製造に於てその成否を左右するものは原料 熔融金屬 型の方案、原料砂の適否である。前二者に就ては従來充分研究され又改善されつゝある。然るに鑄物砂に關しては研究充分なりとは言ひ得ず最近諸外國に於て漸く盛となりつゝある。本邦に於てはこれが試験方法すら統一制定されずして最近に到り漸く數人<sup>1)2)3)4)5)</sup>の先輩により研究結果が發表される様になつた。茲に於て著者も亦一微の勞をと考へ本研究に着手した。本報は數種の實驗結果を基礎とし鑄物砂の性質に及ぼす諸因子の影響を明かにし且又こ

の種現象の因て來る原因機構を考察決定した。而して研究方針は常溫試験と高溫試験に分ち常溫に於ては通氣性及び成型性に就き調査考究した。本第一報は常溫に於ける通氣性に關する報告である。

#### II 調査方針の決定

個々の調査方針は先輩の研究報告を參考とし決定する事にした。以下に通氣性に關し従來發表された主なるものを示す事にする。

菊田氏<sup>1)</sup>は通氣度に及ぼす水分粘土及び砂粒の大きさの影響を調査した。高橋氏<sup>2)</sup>は砂の見掛け比重と通氣度の關係を調査し見掛け比重大なるもの程通氣度悪き理由として砂の搗き固めにより細粉化する事を擧げ又通氣度と有孔率との間に次の關係ある事と實驗的に示してゐる。

$$Q = C\alpha^n \quad Q = \text{通氣量} \quad \alpha = \text{有孔率} \quad C, n = \text{係數}$$

\*) 大同電氣製鋼所

松塚氏<sup>3)</sup>は砂粒平均直径一累積重量曲線により砂の通氣度の適否を決定した。武智氏<sup>5)</sup>は通氣度に及ぼす水分粘土粒徑の影響を示した。酒井氏<sup>6)</sup>は通氣度に及ぼす水分粘土の影響を示し低水分にて通氣度の悪くなる理由とし砂粒が固りすぎたる爲めなりと稱し粘土量は 20% 迄通氣度に好影響ありと稱す。H. Ries and H. V. Lee<sup>7)</sup>によると一般に砂粒は angular grain より round grain の方通氣度悪く又搗き固めに際し 4 回以下搗き固めの場合は angular の方よく 4 回以上の時は round の方が好影響ありと稱す。T. R. Walker<sup>8)</sup>は通氣度は粒子の均一性に左右されるもので大小混する時は小粒子が大粒子間の空間を埋め通氣度悪くなり又粒子の形に就いては round grain は point contact なる爲め通氣度良好なりと稱す。Abrahamson<sup>9)</sup>は粗粒を混じた時その比 6:4 で粗粒のみの 99% の通氣度を失ひ其の比 5:5 で細粒のみの通氣度以下になると稱す。H. W. Dietert<sup>10)</sup>は細粒に粗粒を混じ通氣度をよくする事は效少くして甚だしく多量を混する要あり、又 round grain は angular より 20% 通氣度よく又通氣度は砂粒徑に比例せずして parabolic function になると云ふ。H. Ries & Ithaca は通氣度は砂中を通過する瓦斯の種類により左右されると稱す。

以上の様に通氣度に對する説は 1~2 の例を除き

1. 粒子の均一性に左右される。
2. 水分の影響は低水分にて通氣度悪く中水分にてよく高水分にて又悪い。
3. 粘土は多い程通氣度を害する。

の諸度は一致しその他は區々にして一致しない。著者は通氣度は次の諸條件により左右されるものと推定し實驗を基礎として通氣性に影響を及ぼす機構を考察する事にした。

1. 砂粒以外の粘結剤の影響
2. 砂粒の影響
3. 搗固めの影響

### III 試驗方法の決定

1. 分粒方法 分粒方法には種々なる方法がある。1~2 を示すと girardet specification<sup>7)</sup> の如く粒徑により 1 級より 8 級に分類した物, Seger's original specification<sup>8)</sup> の如く粒徑により coarse, fine, rock dust, clay に分ける法, 又一定重量の鑄物砂中の粒子の全表面

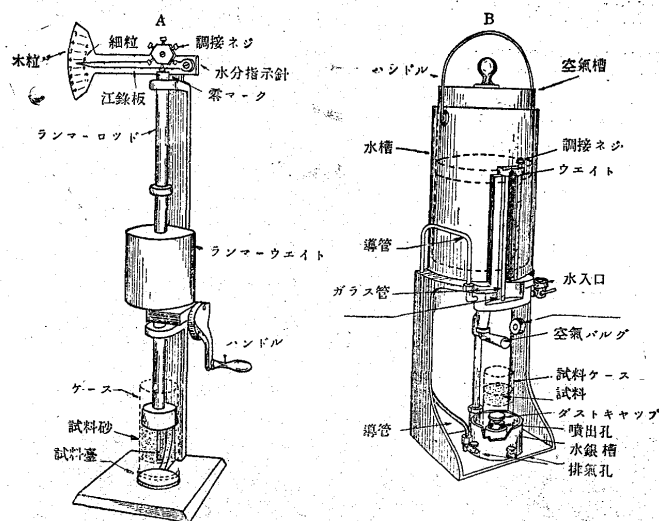
積に比例する average grain size specification<sup>11)</sup> 等種々の方法あれど本調査に於てはロータツプ試験篩機を使用し篩上に残た砂の番號を其篩の目數に示した。本法による時は Silt に類する細粒が砂粒に附着し分離し難く又篩の目を埋め篩分に正確を期し難きため豫め充分水洗淘汰し且豫備篩分を施行し所要粒徑に近き試料を作り此の試料の 150 rg を 15 分間篩機にかけ篩分けした。

2. 水分測定法 Abrahamson<sup>9)</sup>は鑄物砂中の水分量を其電氣抵抗により測定した。又 A. F. A. にては迅速法として同種鑄物砂にては其容積變化により測定する方法を制定した。Walker<sup>8)</sup>は一定容器中に過剰の炭化石灰と一定重量の鑄物砂を入れ密閉し發生したアセチレン瓦斯の壓力により水分量を決定した。又氏は一定重量の砂に過剰のアルコールをかけ之に點火し後之を乾燥器中にて冷却し測定する方法を推奨してゐる。

何れも一利一害ありて現場分析としては便利であるが正確を期し難い。著者は繁雜なれ共試料を蒸氣浴にて 2 時間乾燥し前後の重量差を以て水分量とした。

3. 通氣度測定法 種々なる方法あれ共第 1 圖の如き最も簡單なる米國鑄物協會制定の裝置を採用した。噴出孔は豫備實驗にて 1.5 mm が最も適當と認めたので之を採

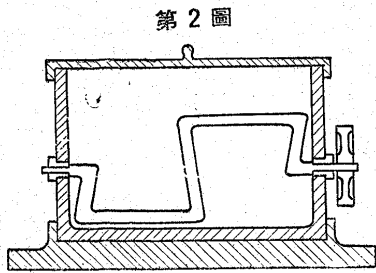
第 1 圖



用した。又豫備實驗に於て 1,000 cm<sup>3</sup> の空氣を通過するに要する時間は全く一致し變動なく唯沈下ドラムに働く浮力の變化により水柱壓に若干の變動を見た。故に本實驗に於ては通氣度を比較する數値は A. F. A. 制定數値に換算す

る事なく水柱が空気 1,000  $cm^3$  の通過する間に於て最も高く登った時の値により比較した。即ち本報に於ては水柱の高さ高きもの程通氣性悪き事を意味する。

4. 試料砂混和方法 第2圖の如きクランクミキサー



を使用した。Roller mixer による時は砂粒の破壊より来る粒子径の變化を恐れcrank mixer を使用したが尙若干破壊するを認めた。crank mixer の

廻轉數は毎分 80 にして5分置きに停止し混和の完全を期する爲め hand mixing を施行し 25 分間混和した。

IV 供 試 材 料

供試珪砂としては round, angular, sub-angular の 3 者を擧げ得れ共 round は其試料の入手困難にして、且又其産出額少く實用的價值少きが爲め本報に於ては angular, sub-angular の 2 種を比較する事とした。angular としては丸三商事會社より購入した天然珪石を砕きたる者を又 sub-angular としては岐阜縣土岐津産の天然銀砂を使用した。供試銀砂の形は第3圖の如き物にして angular は若干偏平狀を呈してゐた。

又粘土としては岐阜縣土岐津町小名田山及土岐口附近より産出する木節粘土を使用した。此等の化學成分を示すと第 1 表の如くなる。

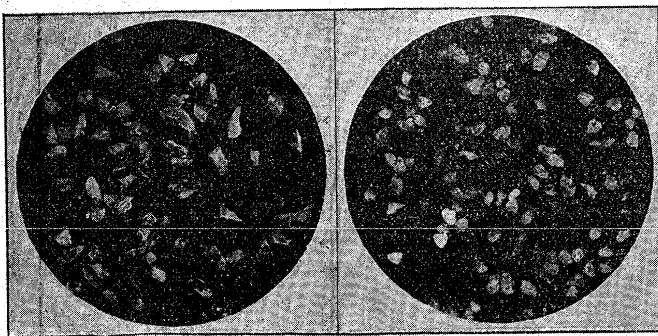
第 1 表

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CuO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	i, loss
珪砂	97.40	0.21	1.51	0.33	0.15	—	—
粘土	64.36	23.00	1.48	0.08	0.88	—	10.10

第 3 圖 (×10 を 6/10 に縮寫)

angular grain

sub-angular grain



V 實 驗 結 果

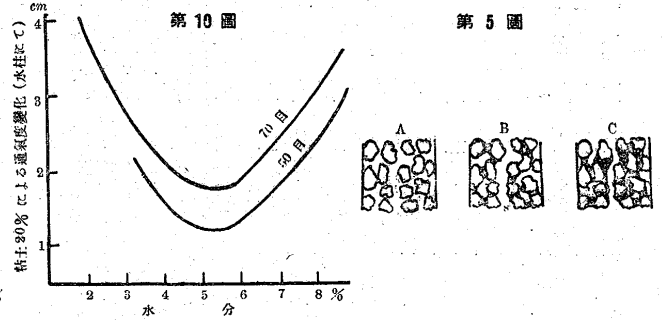
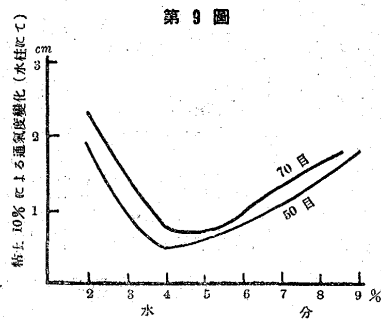
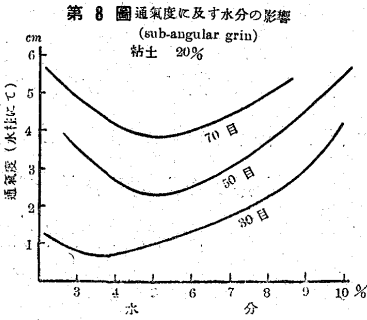
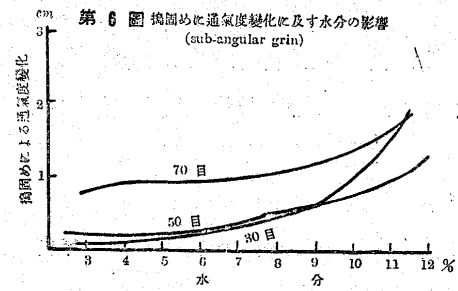
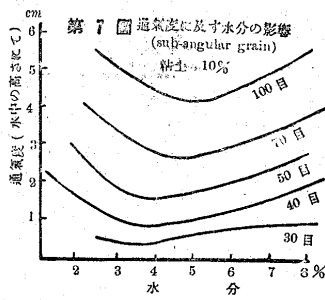
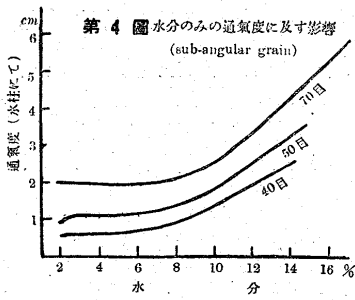
1. 通氣性に及ぶ粘結劑の影響

イ. 水分のみの影響 通氣性は種々の因子に依り左右さるゝ物なれ共簡單化し先水分のみが單獨に通氣度に及ぶ影響に見んが爲め土岐津銀砂を篩分けし更に其中に存し粒子の破壊を起し易き長石類を水洗淘汰により除去し殆んど珪砂のみとなし 40 目 50 目 70 目に就き各水分値に於ける通氣度を測定し第 4 圖の如き結果を得た。

即水分のみの通氣度を害する作用は水分の増加に比例して一様に害さるゝものにあらずして水分 6~8% 迄は水分量は通氣度に影響なく 6~8% に至り急激に害され曲線上折點を生ずる。且此折點の位置は粒子小となる程水分量大となる。此に對し著者は次の如く考察した。

水分の砂中に於ける存在状態は一部は砂粒の表面をうるほし一部は砂粒間の接點に表面張力により最少容積を占むるが如き状態に引寄せられるものと撰定される。次に砂粒間の空間を水が埋め行く状態を考ふるに第 5 圖に示すが如く A なる砂粒の集りに水分を與ふる時は先 B の如き状態にて水分は分布し更に水分を與ふる時は C の如くなる。然して B の如き状態になる迄は水分を加ふるも瓦斯通路となる有効空間 S には變化なけれ共 C の如き状態となる時は有効空間 S は水分の増加により急に狭められる。即上述の切點は B より C に移る點なりと推定される。且又粒子小なる程其表面積大となる爲め其表面をうるほすに要する即 B の状態になるに多量の水分を必要とし隨て折點の位置は粒子小になる程右方に移動するものと考察される。即珪砂、水分の共存する場合水分の存在状態は水分少き時は水は砂粒の表面をうるほし水分増加するに隨ひ表面張力により砂粒間の細少なる空間より順次埋め行き著者の實驗に於ては水分 20~25% にて全空間を埋め盡す事を知る。

次に水分が砂の搗固めの効果に如何なる影響あるかを見るため通氣度試験片製作に際し搗固め 1 回せる場合と 3 回せる場合に就き通氣度を各水分値にて測定し第 6 圖の結果を得た。即水分 6~8% 迄は搗固めにより生ずる通氣度の變化 (3 回搗固めた時の通氣度より 1 回搗固めた時の値を引いたもの) に對し水分は殆んど影響無けれど水分 6~8% を越す時は搗固めにより著しく通氣度を害せらるゝ事を知る。然して此搗固めに依る通氣度變化の急變する水分値は



上述の通氣度が水分により急に害せらるゝ水分値とよく一致してゐる。搗固めに依り通氣度が悪化し易き事は搗固めに依り砂が密に固り易き事にして水分が此作用を助ける事は水分が砂粒の flowability を増し砂粒間の磨擦に對し減磨作用を呈するものと考へらる。

以上述べたる所を結言するに水分 6~8% 迄は通氣度に大なる影響なけれど 6~8% 以上になる時は急に害せられる此が原因としては水分 6~8% にて有効空間が夾めらるゝと同時に水分が砂粒の flowability を促進する爲めと考擦さる。

ロ. 水分及粘土の影響 粘土のみの通氣度に及す影響は測定し難きに就き先水と粘土の共存せる場合の影響を調査し前項に示せる水分のみの影響と比較對稱し粘土のみの影響を調査する事とした。即前項同様の試料に對し重量にて 10% 及 20% の粘土微粉を加へ各水分値に於ける通氣度を測定し、第 7 圖、第 8 圖の如き結果を得た。圖に示すが如く曲線の傾斜は砂粒の大きさに應じ若干の變化あれ共曲線は水分の増加につれ下降し最低點を生じ次に第 4 圖に於けるより急なる傾斜にて上昇す。今此結果に就き考察するに初め水分の増加につれ曲線の下降するは砂粒間の空間に散在し空間を埋め又空間の形を複雑化しむる<sup>12)</sup>粘土粉が水分の添加に依り砂粒表面に吸着され粒子空間の形簡單となり瓦斯に對する通路開れ通氣度よくなる爲めにして

最低點に相當する水分値は粘土粉を砂粒表面に完全に吸着せしむるに要する水分量と見なす事が出来る。次に最低點を過ぎてより水分順次増加するに従ひ通氣度害され曲線の上昇するは前項に述べし如く水分自體に依り砂粒間空間を埋め又砂粒の flowability を促進し搗固めの効果が有効に働く爲なりと考へられる。

然して最低點以後に於ける曲線の傾斜は前項第 4 圖の同一水分點に於ける値より大である。此恐らく後述するが如く砂粒の flowability に對し水の場合よりも水及粘土の共存する場合の方より效果的に働く爲め起るものと考案される。

次に粘土のみの通氣度に及す影響を見る爲め第 7 圖に於ける各水分値に相當する通氣度より第 4 圖の値を差引き之を圖示すると第 9 圖の如くなる。本圖より次の事實が認められる。

a. 通氣度は粒徑小なる程粘土の影響大となる。此粒徑小なる程粘土により砂粒間空間を複雑化される割合大となり又後章に述ぶるが如く粒子小となる程粘土水による砂粒の flowability を促進さるゝ事大なるが爲めと考察される。

b. 通氣度の粘土により受くる影響は依然其時共存せる水分量により左右される。此粘土の砂中に於ける存在状態が水分量の變化により影響され、又粘土の砂粒の flowability に對する促進効果が水分量の増加により向上される事により起るものと考察される。

c. 粘土の通氣度に及ぼす影響最少なるが如き水分量即 4~5% 水分に於ては粘土の通氣度を害する事僅少であ

<sup>12)</sup> 流體が夾い管を流れる時は流體の粘性のため著しい抵抗を受けるもので細い管より流出する量は管の兩端の壓力の差のみならず管の長さ特に其の徑に著しく關係する即砂の場合は砂粒間空間の複雑に大いに左右される。

る。

以上を換言するに粘土の通氣度に及ぶ影響は水の通氣度に及ぶ影響と不即不離の状態にありて粘土が泥水の形となる事なく砂粒表面に一樣に吸着さるゝが如く水分を決定する時は粘土の通氣度を害する事僅少である。

従來生型砂に粘土を混する時は通氣度を著しく害し鑄物に巢を生じ易しと考へられたれど之は水分量の選定を誤り餘り重大に取りたる爲めにして水分量を適當に選定する時は上記の如く粘土 10% 程度の混入は差支へなし。唯實際問題として考慮す可き點は砂中に於ける水分は甚だしく蒸發變動し易く上記一定水分量に保つ事困難にして此に對し糖密其他特殊配合劑により此を防止せしめる要がある。

次に粘土量が通氣度に如何なる影響を及ぶかを見る爲め前同様にして粘土量 20% の物に就き實驗算出し圖示すると第 10 圖の如くなる。

第 9 圖及第 10 圖を比較するに粘土 20% の時は 10% の時に比し粘土による通氣度變化曲線の最低點は其値高く又其位置右に移動する。此粘土 20% の時は 10% に比し粘土を砂粒表面に吸着するに多くの水分を要し又粘土自體により空間を埋め複雑化する量大なるによると言ふ事が出来る。又此兩者の比較に於て曲線の最低點に於ける通氣度變化の値即吸着された粘土により空間を埋め通氣度を害する程度は次の如くなる。

50 目                      70 目

粘土 10% の時 0.5cm(水柱にて) 0.7cm(水柱にて)

粘土 20% の時 1.1cm(水柱にて) 1.65cm(水柱にて)

即大略 10% 粘土の時は 20% 粘土の時の 1/2 に相當する。此より通氣度を害せらるゝ事最少なるが如き水分量に於ては粘土は砂粒表面に規則正しく吸着されゐる事確實にして粘土 10%; 20% 何れにても大體同様な状態にて砂粒表面に吸着されゐるものと推察される。

次に最低點を生ずる水分量を 10% 粘土, 20% 粘土に就き比較考察すると次の如くなる。

50 目                      70 目

10% 粘土の時              4% 水分    4.5% 水分

20% 粘土の時              5% 水分    5.4% 水分

20% の時と 10% の時との差

1% 水分    0.9% 水分

即粘土 10% の時及 20% の時の通氣度曲線の最低となる點の水分量の差は砂粒の大小に關せず大略 1% となる。即

此より 10% 粘土を吸着するに要する實際水分は 1% にして 50 目の砂にて 10% 粘土を配合し之を完全に砂粒表面に吸着するに要する水分量 4% なる事は即  $4\% - 1\% = 3\%$  の水分は先砂粒表面をうるほすに要し残り 1% にて粘土を吸着するものと考へられる。同様に 70 目に於ては次の如くなる。

砂粒をうるほすに要する水分     $4.5\% - 1\% = 3.5\%$

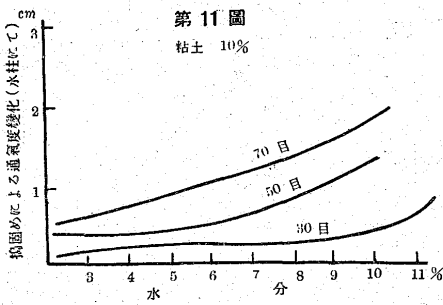
粘土を吸着するに要する水分                      1%

次に第 9 圖及第 10 圖を比較するに粘土 20% のものは 10% のものに比し其曲線の傾斜急なり。是即 20% のものは 10% に比し粘土 10% 多く存するが爲め後述するが如く粘土, 水の砂粒の flowability に對する促進作用顯著に現はるゝ爲めなりと考へられる。

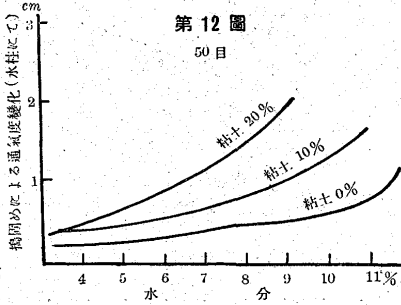
次に搗固めに依る通氣度變化(3 回搗固めたる時の通氣度 - 1 回搗固めたる時の通氣度) が粘土の存在により如何なる影響を受くるかを見るため粘土量 10% にて 70 目, 50 目及 30 目に就き實驗し第 11 圖の如き結果を得た。又 50 目にて粘土量を變化し 0%, 10%, 20% にて實驗し第 12 圖の如き結果を得た。

第 11 圖を見るに粘土の存在に於ても搗固めの通氣度に及ぶ影響は粒子小なる程大である。換言すれば粘土の存在に於ても粒子の flowability は粒子小なる程大である。唯粘土の存在により起る現象は通氣度變化の急激に變化する水分含有量, 換言すれば flowability の急に促進さる點は粒子小なる程低水分値となる。(即水分のみの場合の逆となる)。次に此理由を考察する事にする。前述の如く粘土は水分の添加に依り砂粒表面に吸着さるゝものにして砂粒小なれば小なる程砂粒間空間小となり吸着されたる粘土粒の此形を複雑化する事大である。故に砂粒が水分に依り flowability を促進され搗固めにより空間を夾めらるれば夾めらるゝ程吸着されたる粘土粒に依る砂粒間空間の複雑化は顯著となり通氣に對する抵抗を増し, 粒子小なる時は大なる時よりも僅少なる水分にても搗固めに依る通氣度の變化は大なるものと考へらる。逆に粒子大なる程粘土の影響は小なりと言ふ事が出来る。即粘土は砂粒小なる程間接的に砂粒の flowability を助長する効果ありと云ふ事が出来る。

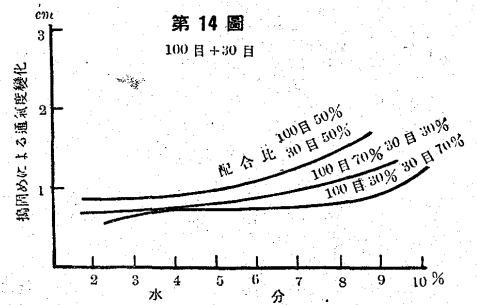
次に第 12 圖を見るに砂粒の大小同一なる時は粘土量大なる程搗固めに依る通氣度の變化大である。此又上記の理由により明白なる事である。



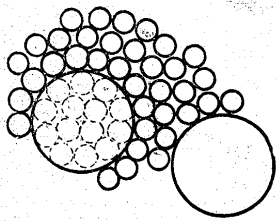
第11圖  
粘土 10%



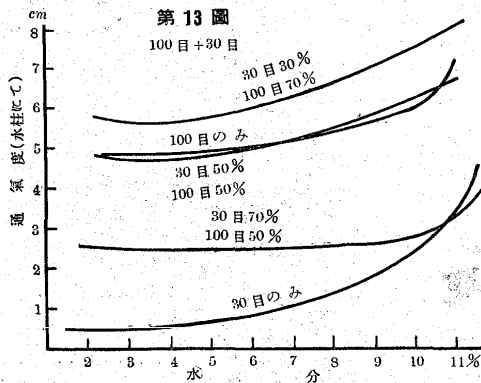
第12圖  
50目



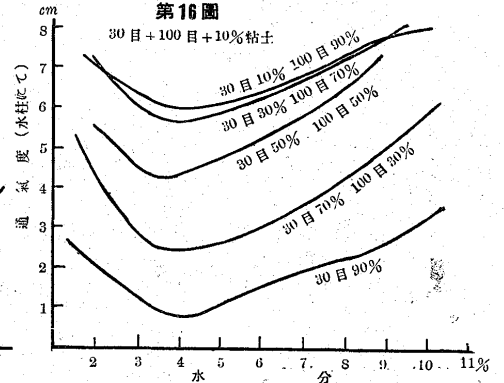
第14圖  
100目+30目



第15圖



第13圖  
100目+30目



第16圖  
30目+100目+10%粘土

以上通氣度に及す粘土の影響を結言するに他の諸條件適當なる時は粘土自體としては通氣度に及す害微弱である。

従來鑄造業者が粘土量多き時は鑄物に巢を生じ易しと漠然と考へ總ての罪を粘土におわせて居たれ共之は大なる誤にして實に次の諸條件によるものなりと云ふ事が出来る。

- a. 粒徑に應じ粘土量を決定する事
- b. 粘土量に應じた水分量を決定する事

即 粒徑 粘土量及水分量は通氣度に對し相關あるものにして此が選定を誤らず此等三者の平衡を保たしむる時は實際問題として相當量迄粘土の通氣度に及す害を無視する事が出来る。

2. 通氣性に及す砂粒の影響

イ. 砂粒の大きさの影響 砂粒の大きさ一様なる時は砂粒の大きさ大なる程空間の形簡單且大となり瓦斯通路に對する抵抗小なる事は明かである。次に砂粒の大きさが通氣性に對する水分の影響に如何なる結果を及すかを考察する事にする。

(a) 第4圖に示す如く水分のみにより通氣度の急變する點は粒子小なる程右に移動する。

(b) 第7圖に示す如く水、粘土の共存する場合通氣度最良なる水分値は砂粒小なる程右に移る。之即ち通氣最良なる水分値は粘土を砂粒表面に規則正しく吸着するに要する最少水分値にして、之は上述の如く 10% 粘土を吸着するに要する實際水分 1% に砂粒表面をうるほすに要する水分量を加へたる物にして後者は砂粒小となる程其表面積を

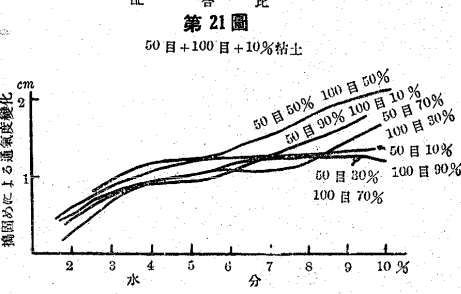
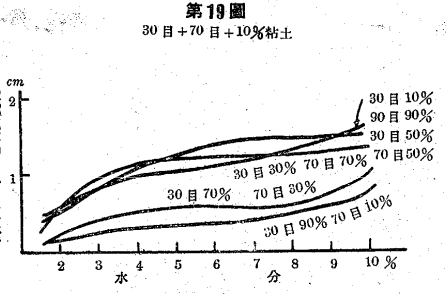
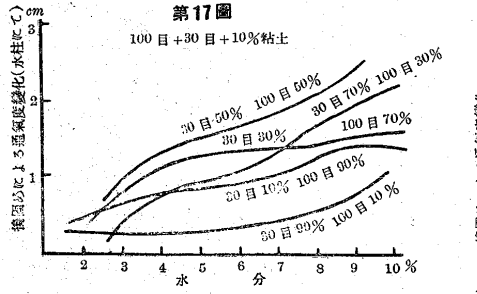
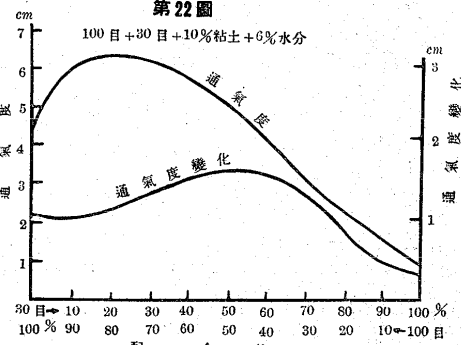
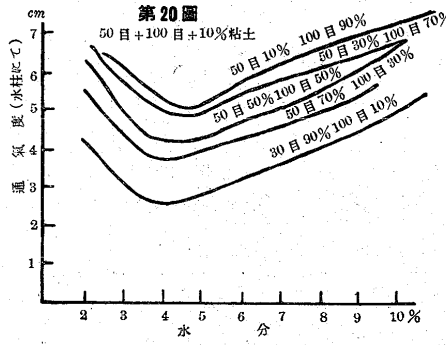
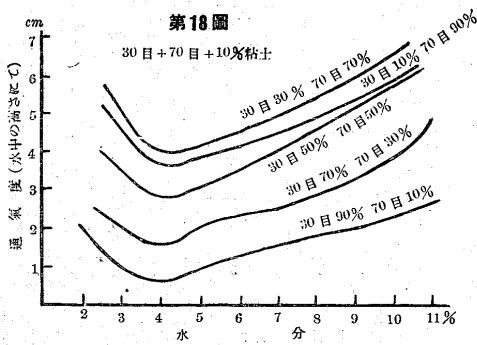
増し多くの水分を要するため上述の如くなるものと考へられる。

(c) 第7圖に示すが如く曲線の最低點近くに於ては砂粒小なる程其傾斜急なり。即ち砂粒小なる程水分により通氣性を變化され易し。此砂粒小なる程上述の如く搗固めによる通氣度の變化が水分により著しく影響される爲めである

異なる大きさの砂粒を配合せる場合砂粒の配合が通氣度に如何なる影響を及すかを驗する爲め先 10 目と 30 目の珪砂を 30:70, 50:50, 70:30 の割合に配合せるものに水分のみを配合せる場合各水分値にて通氣度を測定し第 13 圖、を得た。又大小砂粒の配合が搗固めの難易に如何なる影響を及すかを見るため同様試料に就き搗固めによる通氣度變化を測定し第 14 圖を得た。

第 13 圖を見るに大小砂粒の配合比 50:50 にて殆んど細粒即 100 目のみの通氣度に等しくなる。之以上に小粒多く存する時は細粒のみの場合より尙悪くなる。之即ち第 15 圖に示す如く大粒にて點線にて示す小粒を置き換へ點線にて示す小粒間の空間を消失する爲めにして一方大粒混する時は上記點線にて示す粒間の空間は消失すれ共大粒小粒間の空間は小粒のみの場合より大となる。即ち大小粒の混じたる時の通氣性は空間的には上記二現象の關係により左右されるものと考へられる。

次に第 14 圖を見るに搗固めに依る通氣度變化は配合比 50:50 にて最大なり。即ち flowability は水、粘土以外に配合比に依ても影響される事を知る。此に關しては後に



論ずる事にする。

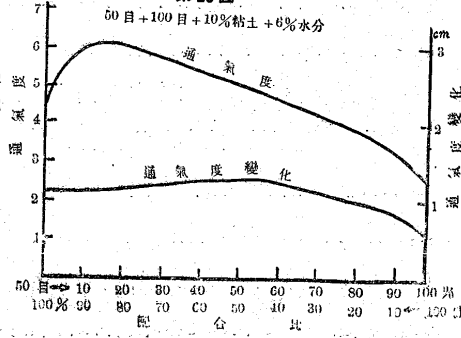
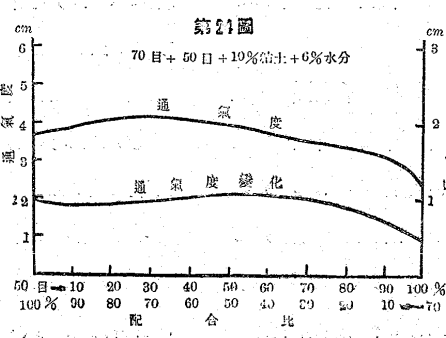
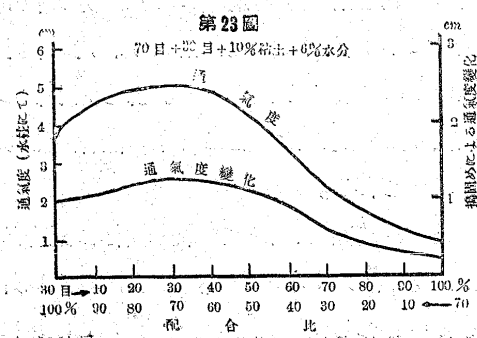
次に粘土を添加せる場合粒子の配合が通気度に如何なる影響あるかを見るため上記同様の試料に粘土を10%添加し各水分に於ける通気度及び搗固めに依る通気度變化を測定し第16~21圖を得た。

上記各圖を見るに何れも粒子の揃ひたる時同様水分4%近くに於て通気度最良となる。即ち異粒子の混合する場合に於ても上述の一般的な理論は成立する。次に配合比により通気度が如何なる影響を受けるかを見るに大粒、細粒の配合比70:30近くに於て通気度最も害され通気度變化は50:50にて最も搗固めの影響を受け易い。此二現象を合せ考へる時は大き異なる粒子の配合された時の通気度對しての影響は搗固め方即砂のflowabilityよりも粒子間空間の形による方大なりと云へる。次に此理論を一層明確にするため水分を6%に一定し配合比と通気度及通気度變化との關係を圖示すると第22~25圖の如くなる。此等を見るに通気度及通気度變化曲線何れも配合粒子の大き接近する程其傾斜小となる。此粒子徑接近する程一樣なる粒子

の場合即直線に近づく事當然である。

次に本圖に於ては粘土は10%、水分は6%に一定したるため此等の影響は考慮外に置き通気度は通気度變化即砂のflowabilityと砂粒間空間の大き及び複雑性即空間の形の二つにより左右される物と假定し本圖を考察して見る事にする。

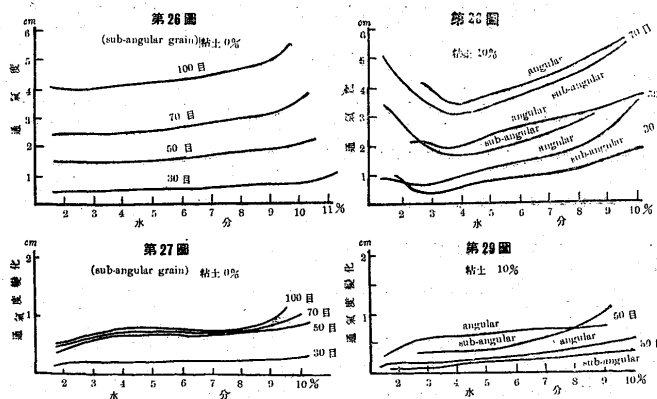
以上の如く假定する時は通気度變化曲線以下の部分は通気度對するflowabilityの影響にして通気度變化曲線と通気度曲線に夾まる間の部分は空間の大き及び形の影響と云ふ事が出来る。即ち本圖により通氣性に及す粒子間空間の大き及び形の影響は細粒に大粒が少し混じたる時最も大にして大粒多くなるに順ひ影響小となる。今此現象を説明せん上述の第15圖に於て細粒に少量の大粒が混じたる時は小粒間の空間が大粒混じ大粒と小粒と接する事により粒間空間が増大せらるゝよりも大粒により第15圖點線にて示す小粒間空間を消失する効果の方著しく大なるため此組合せ結果として空間の形の通氣性對する影響大となる。然して此傾向は大粒子多くなり砂中に於て大粒子と大粒子



が直接接觸する程度の配合比になると大粒子間に大なる空間出來又大粒子と小粒子の接觸する機會多くなり粒子間空間の増大せらるゝ事となり此が大粒子の小粒子のみの場合の空間(即第15圖に於ける點線に示す粒子間の空間)を消失する事により起きる効果より大となるため此組合せ結果として大粒子の量ある程度即30~40%以上になれば粒子間空間の大小及形の通氣度を害する事小となると云ふ事が出来る。

(ロ) 砂粒の形の影響 從來砂粒の形は angular, sub-angular, round なる言葉にて示されてゐるが此等の區別判然としてゐない。各研究者により此區別異なる爲め從來發表されたる報告は粒子の影響に關する限り區々にして一致してゐない。著者は土岐津産の天然銀砂を sub-angular 人造銀砂を angular とした。而して土岐津銀砂は丸い砂粒が自然の風化作用により erosion を受け凹凸を其表面に生じた物である爲め此は比較的均一性あるが人造銀砂に至ては其破壊方法、其原料珪石の質により著しく其の形が變化する。故に以下の報告は angular grain 即人造銀砂に關する限り本報告の初めに示したる寫眞の如き形の物にのみ就き適用し得て一般的のものでない事を此所に附加する。

最初に angular grain の時水分のみにより通氣性が如何に影響されるかを調査し第26圖を得た。本圖を第4圖の sub-angular の場合と比較し見るに angular に於ては水分僅少な時より既に通氣度徐々に悪化し sub-angular の如く constant range 殆んどない。之恐らく angular grain の時は其粒子間空間の形 sub-angular



grain の時の如く簡單ならずして一層複雑なるがため第5圖Bよりcの状態に容易に轉移し易きためならんと考へられる。又 angular grain に於ては sub-angular grain に比し粒子の大小の逆氣度に對する影響が一層大である。

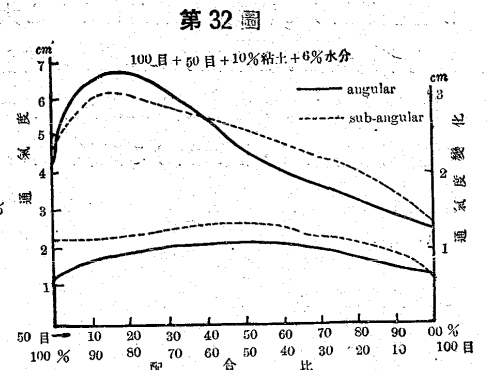
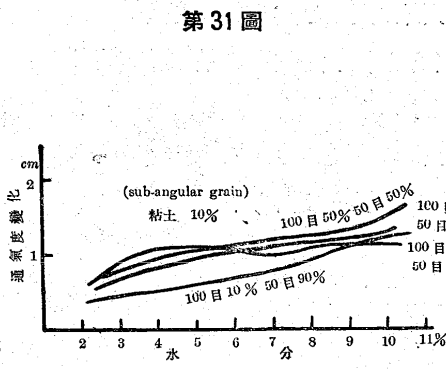
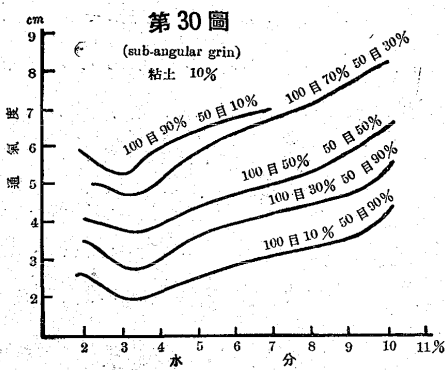
是即ち angular grain に於ては粒子の尖端が互にかみ合ひ空間を夾め又複雑化しゐるものなるが、粒子小なる物程 sharp な形をなしゐるため空間を一層複雑化されるものと考へられる。次に sub-angular 同様にして angular grain に水分のみを加へたる時の搗固めによる通氣度變化の水分量に對する關係を調査し第27圖を得た。即 angular grain の時は sub-angular grain の時に比し通氣度變化曲線低く、又通氣度變化が水分に對し不變なる範圍が長い。此 angular grain に於ては粒子角張り居るがため互に角張りたる部分が引懸りあひ搗固まり難く水分の flowability に對する作用充分現れるためと考へられる

次に angular grain に於て粘土と水が共存する場合 sub-angular grain の場合と如何なる差異あるかを調査した。即粘土 10% 配合し各水分値に於ける通氣度を測定すると第28圖の如くなる。即 angular grain の時は sub-angular grain の時と同様粒子小なる程通氣性を害さるゝが同じ大きさの粒子にては angular grain の方が sub-angular より通氣性悪い。此後述するが如く angular grain は粘土の共存に於て搗固めの影響を受け易き事と一方上述の如く粒間空間がより複雑なるがためなりと考へられる。

次に粘土を配合せる場合搗固めによる通氣度變化が粒形により如何なる變化を受くるかを見る事にする。即粘土 10% にて兩者を比較すると第29圖の如くなる。即粘土を配合する時は配合せざる時とは反對に angular の方が sub-angular より搗固めの影響を受け易くなる。之即 angular grain では粒子互に引懸りあひ搗固められたる時粒子間關係位置の移動即ち直接の flowability は少いが粒子間空間の形 sub-angular の時より複雑細少なるがため吸着された粘土粒により此の細小兼複雑化される影響大なるがためと考察される。

次に angular grain に於て大きさ異なる砂粒が配合されたる時通氣度及び搗固めによる通氣度變化が如何なる影響を受くるかを見るため 50 目及 100 目を配合し之に 10% の粘土を加へ各水分値に於ける通氣度及通氣度變化を測定し第30~31圖を得た。本圖を第20, 21圖と比較し見るに粒子の一樣なる時同様通氣度及通氣度變化は angular grain の方悪い。之を一層明瞭ならしむるため水分を6%に一定し配合比と通氣度及搗固めによる通氣度變化との關係を圖示すると第32圖の如くなる。本圖を見るに通氣度





變化は配合比に關せず sub-angular の方大である。通氣度は配合比 40:60 迄は sub-angular の方よく 40:60 を過ぎると angular の方通氣度よくなる。以下に此機構を考察する。先通氣度を上述の第 25 圖の場合の如く搗固めによる影響即 flowability と粒子間の大さ及形の影響とに分け考へる時は通氣度曲線と通氣度變化曲線とに夾る、部分即粒間の空間の形及大さの影響は小粒多く大粒少く配合さるゝ時 angular grain の方が大にして大粒多くなる程 sub-angular grain の場合の値に接近する。之即本報告の初めに示せる寫眞の如く angular grain は shieve no. 同一にてもやゝ細長く粒子大なるがため小粒子を置換し小粒子間の空間を消失する事大なるため起るものと考察される。即大粒子少き時は angular は sub-angular の時よりも通氣度に対する影響 flowability に依るものよりも大粒により小粒間の空間消失さるゝ事に依るものの方大なるため angular の方 flowability 少きにも關せず通氣性は angular の方悪くなり大粒子多くなるに順ひ此影響が大粒間及大小粒間の空間の増大により打消され flowability 少い angular grain の方が通氣性よくなるものと考察される。

以上砂粒の影響を結言するに

- (a) 粒子の大きさ一樣なる時は粒子の形に關せず粒子小なる程通氣性悪くなり flowability を増す
- (b) 大きさ異なる粒子が混する時は小粒 70~80% の時通氣性最も悪く細粒のみの場合の通氣性より尙悪い。又 flowability は其配合比 50:50 の時が最も大である。
- (c) 粒子の形は大きさ一樣な時には angular grain の方通氣性悪く、又 flowability は一般に anigular grain の方大である。
- (d) 大きさ異なる粒子が混ぜらるゝ時は通氣性は小粒子多い時 angular の方悪く大粒子が多くなると sub-angular の方悪くなる。又 flowability は配合比に關せず sub-

angular の方大である。

### VI 總 括

以上通氣性に対する諸因子の影響を結言すると次の如くなる。

#### 水 分

- a. 鑄物砂中の水分の通氣性に対する影響を考察するには砂粒をうるほすに要する水分と粘土を吸着するに要する水分とに分け考ふるを要す。即ち前者は砂粒の大きさにより變化し後者は砂粒の大きさに關せず粘土量の 10% に相當す
- b. 水分は少き時は通氣性を向上するが如く働き多き時は通氣性を害す。即ち鑄物砂の配合に對しては粒子の形及大きさに應じ水分量を撰擇するを要す。
- c. 水分の通氣性を害する水分により直接砂粒間の空間を埋むるためと又一面水分が砂の flowability を増すためによる。

#### 粘 土

- a. 粘土は如何なる場合に於ても其量大なる程通氣性を害する。
- b. 粘土は其量増す程砂の flowability を増す。特に水分の多い時には此現象が甚しい。
- c. 粘土により通氣性を害せらるゝのは粘土により直接砂粒子間の空間を埋むと同時に粘土が砂の flowability を増すためである。

#### 砂粒の大きさ及配合割合

- a. 一樣なる粒子の場合は粒子大なる程通氣性よい。
- b. 一樣なる粒子の場合は粒子大なる程 flowability 小である。
- c. 粒子小なる程通氣性悪きは砂粒子間空間細少複雑になるはめと同時に同一水分にて小粒の方が flowability 大となるためである。
- d. 大きさ異なる粒子の配合されたる時は其の配合比 大:

小が 8:2 にて通氣性最も悪く小粒のみの場合より悪い。  
又 flowability は配合比 1:1 にて最大となる

e. 大き異なる粒子の配合されたる場合配合比と通氣性及 flowability の關係を示す曲線は粒子の大き接近する程直線に近くなる。即ち 20 目位の差の直線と見なす事が出来る。故に實際問題としては 3 元の状態圖にて應用價值充分である。又 3 元状態圖は上述の理論より本報に示せる 2 元状態圖を組合す事により容易に推察する事が出来る。

#### 粒子の形

a. 大き一様なる粒子の場合は sub-angular の方が angular より通氣性良好である。

b. 大き一様なる粒子の場合は sub-angular の方が angular より flowability 小である。

c. angular が sub-angular より通氣性悪きは angular の方が flowability 小なれ共粒間空間の形細少複雑なるためにして通氣性を左右する factor を粒間空間の形及大きと flowability に分け考ふる時は粒子間空間の影響の方大である。

d. 大き異なる粒子の配合されたる時は通氣性は砂中の細

粒の方多き時は angular の方が sub-angular より悪く大粒の方多くなると sub-angular の方が angular より悪くなる。又 flowability は配合比に關せず angular の方が小である。

終りに臨み本研究に對し御懇切なる御鞭達御忠言を賜た九州帝國大學教授井上博士、谷村博士及大同電氣製鋼所熱田工場長林達夫氏、研究部長錦織博士に深く感謝の意を表する次第である。

#### 参考書

- 1) 菊田氏 鐵と鋼 1925
- 2) 高橋氏 金屬の研究 第二卷 第四卷
- 3) 松塚氏 鐵と鋼 第 20 年 2.5 號同第 22 年 5 號 九大工學報
- 4) 藤田氏 鐵と鋼 1928
- 5) 武智氏 鑄造昭和六年
- 6) 酒井氏 鑄造昭和十一年
- 7) H. Ries & H. V. Lee; Foundry Trade Journal. april 1934
- 8) T. R. Walker; Foundry Trade Journal. 1934
- 9) Abrahamson; The Foundry March. 1930
- 10) H. W. Dietert; Transaction of American Foundrymen's Association preprint No. 33-7
- 11) H. W. Dietert; Foundry Trade Journal December. 1933