

鐵 と 鋼 第十一年 第二號

大正十四年二月二十五日發行

論 說

鑄物砂の研究

菊田多利男

一、緒 論

此の研究は私が戸畑鑄物株式會社研究課にて行ひしものにして本文中當工場と云ふは凡て同會社を指すものなり。鑄物砂は鑄物の形を定むべき基となるものなれば鑄造工業に従事する人々はその性質を一通り知り置くことは極めて肝要のことなるべし。

古來此鑄物砂に對する研究は他のものに比し比較的等閑に附せられ居りし感あり、而して鑄物砂又は耐熱砂に就きての文獻を見ると主としてその化學成分を擧げ粘着力とか又は通氣力に就いては單に定性的に述べ居るに過ぎず、又最近發表せられ居る鑄物砂の研究としては次の如きもの位のものなれば讀者諸兄の御參考にもと左にその概略を述ぶ。

1. Moulding sand Tests. 之は D. Dale Condit, Columbus の論文にして Transactions of the American Foundrymen's Association, vol. XXI に發表し居るものなり、主として地質學上より研究せしものにして多數の種類砂につき化學分析も行ひ又粘着性試験又は通氣試験等をなし居れども實用上直ちに應用するに至らず。
2. Testing Permeability of Moulding Sand. 之は The Foundry, July 15, 1923 に掲出しあり、單に鑄物砂の通氣試験法を述べ居るに過ぎず參考となる數値なし。
3. Test Sand with Doty Machine, これは The Foundry, August 1, 1923 に掲出しあり、これは粘着力の水分により變化さるゝ狀況を述べてあり、而して多少詳しく試験せられし如くなれども如何なる砂に付きての試験か不明なり。

かゝる次第にて鑄物砂の研究としてその結果を直ちに實地に應用出来る様に研究せられしもの未だ無しと見て支障なきが如し、殊に當工場の如き可鍛鑄鐵の製造に従事し居る所にて使用する砂は、普通鼠鉄鑄造用の鑄物砂と又一風違ふものなり、されば私は主として當工場にて現在並に將來使用する砂につき系統的に研究し且つ鑄鋼用砂につきても併せ研究せり、前者は可鍛鑄鐵のみに限らずその

或るものは又眞鍮砲金等の鑄物砂としても又参考となり、後者のある砂は鼠銑鐵鑄造の可なり大物の場合の砂として参考となるものと思ふ、要は唯だ讀者諸兄の留意する所に従ひ可なり廣き範圍の砂に適用さるゝものなり、以上の外可鍛鑄鐵にて特に問題となる砂の焼付きの原因を驗しその理由を探究しその豫防法も併せ研究せり。

二、機械分析及化學分析

機械分析及云ふのは砂を粒の大きさに篩分にする事の意、化學分析は砂の成分を一々化學的に分析する事の意なれども、此處にては所謂比例分析 (Rational analysis) を以てせり、此の比例分析及云ふのは特に砂の場合にのみ云ふことにして砂を石英 (Quartz) 長石 (Feldspar) 及び粘土分 (Clay substance) 等に分析することとなり、而して實際に於ては普通の化學分析に依る方法よりも此の比例分析の方が砂の良否を見るに便なるものなり、此の研究に使用せし砂は當工場所在地附近の海岸より蒐集し、主として可鍛鑄鐵用として使用するものなり、即ち二島産膚砂、芦屋産中子砂及び刈田産膚砂は可鍛鑄鐵用のもの、此の外に鑄鋼用として銀砂及び硅砂をも併せ研究せり、篩は1吋につき 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 目のものを使用し凡て手働にて分けたり、その結果次の如し。

砂の粒の大きさ	二島産膚砂		芦屋産中子砂		刈田産膚砂	
	10.7gr	0.714%	10.0gr	0.66%	12.00gr	2.39%
20mesh, 篩にて残りし量	21.2	1.414	18.2	1.22	14.00	2.80
20mesh, 篩にて通り						
40mesh, 篩にて残れるもの	151.0	10.060	129.0	8.60	7.56	1.51
40mesh, 篩にて通り						
60mesh, 篩にて残れるもの	475.0	31.670	688.7	45.92	7.70	1.54
60mesh, 篩にて通り						
80mesh, 篩にて残れるもの	619.0	41.270	601.5	40.10	30.70	6.14
80mesh, 篩にて通り						
100mesh, 篩にて残れるもの	1.1	0.072	0.9	0.06	1.00	0.20
100mesh, 篩にて通り						
120mesh, 篩にて残れるもの	49.5	3.300	11.2	0.74	7.10	1.42
120mesh, 篩にて通り						
140mesh, 篩にて残れるもの	172.5	11.500	40.5	2.70	419.94	84.00
140mesh, 篩にて通りし量	1500.0	100.000	1500.0	100.00	500.0	100.00

以上は可鍛鑄鐵用の砂なり。

鑄鋼用砂は次の如し。

砂粒の大きさ	硅砂		(小型用)銀砂		(大型用)銀砂	
	48.30gr	3.220%	87.70gr	5.850%	1104.70gr	73.665%
20mesh, 篩にて残りたるもの	549.20	36.600	578.90	38.595	336.70	22.430
20mesh, 篩にて通り						
40mesh, 篩にて残れるもの	610.20	40.675	200.70	13.375	4.20	0.280
40mesh, 篩にて通り						
60mesh, 篩にて残れるもの	177.80	11.855	101.20	6.760	2.20	0.146
60mesh, 篩にて通り						
80mesh, 篩にて残れるもの	79.90	5.318	101.50	6.770	1.20	0.080
80mesh, 篩にて通り						
100mesh, 篩にて残れるもの						

100mesh, 篩にて通り	0.35	0.024	1.00	0.067	—	—
120mesh, 篩にて残れるもの						
120mesh, 篩にて通り	6.90	0.465	17.00	1.133	0.70	0.046
140mesh, 篩にて残れるもの						
140mesh, 篩にて通りしもの	27.45	1.835	412.00	27.450	50.30	3.353
	1500.00	100.000	1500.00	100.00	1500.00	100.00

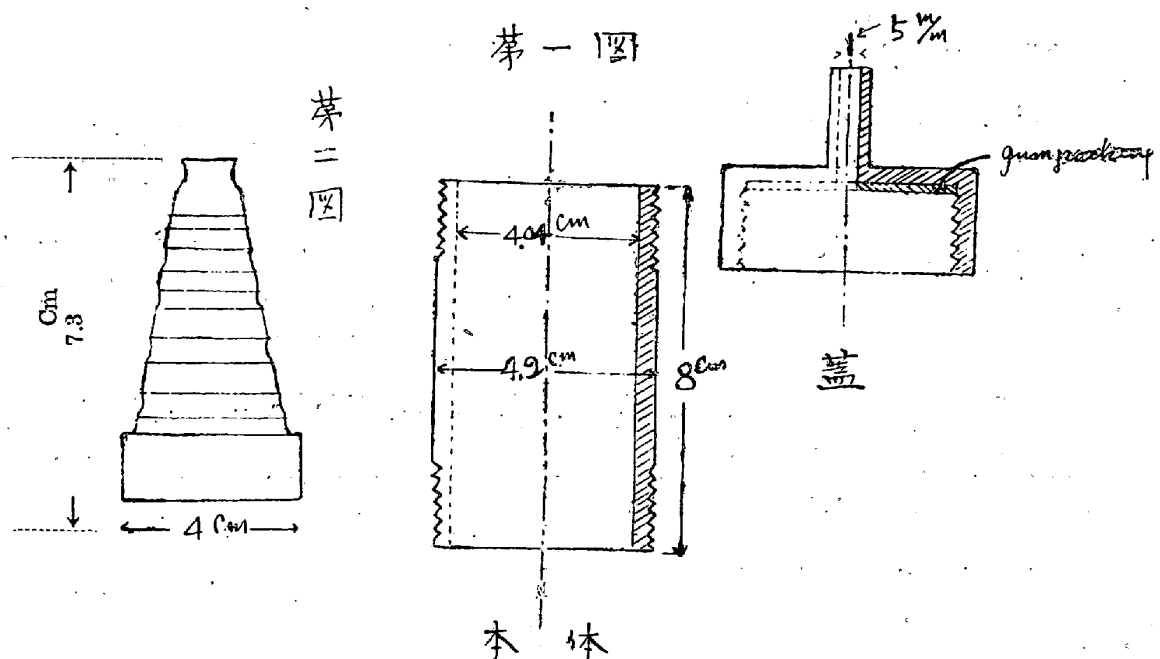
後章に於て何處産砂として擧ぐるものと同じものと見られたし。比例分析の結果次の如し。

分析成分	二島産砂 (%)	蘆屋産砂 (%)	刈田産砂 (%)	銀砂 (%)	硅砂 (%)
石英	61.00	80.07	87.43	96.40	93.26
粘土分	15.03	4.82	8.54	1.09	2.91
	内Fe ₂ O ₃ (7.03)	内Fe ₂ O ₃ (1.66)	内Fe ₂ O ₃ (0.92)	内Fe ₂ O ₃ (0.19)	内Fe ₂ O ₃ (0.19)
長石	23.23	3.16	4.03	2.94	5.12
燃焼損失	1.28	0.62	CaO (0.36)	—	—
合計	100.54	98.83	100.36	100.43	101.29

表中百分率の總和を見ると蘆屋産砂の外は凡て百分より超過せり、これ化學分析の途中に於てピーカーの硝子壁の一部溶解して入りしたためによる、又蘆屋産砂も實際は百分より超過すべき筈なれども、此砂が他の砂に比し多少多量に含まるべきCaO及びMgOが此の中に入り居らざるため百分に達せざりしなるべし。尙ほ粘土分中特に酸化鐵を分析表示せしは、後章にて知らるゝ如く砂の耐火度は酸化鐵に依り著しく影響さるゝためなり。

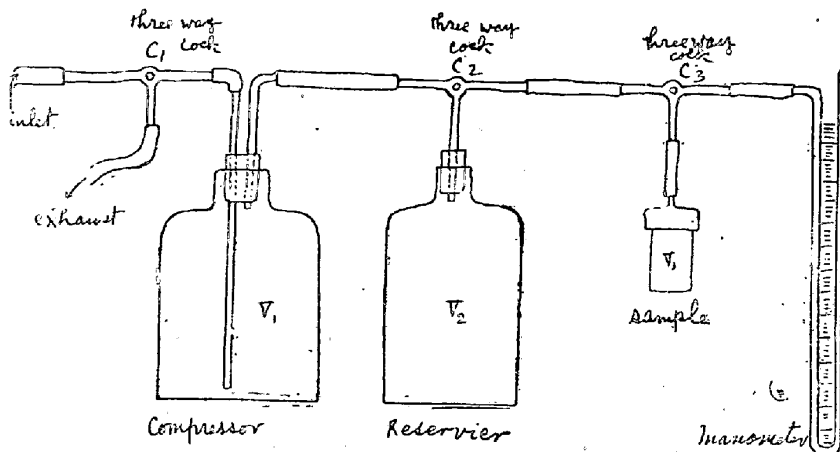
三、通氣試験 (Permeability test.)

1. 試験装置 試験せらるべき砂を先づ第一圖の如き圓筒に充滿せしめその上に鐵の圓錐(第二圖)を乗せ金槌にて突き固む、金槌の質量は2327瓦にして常に床より33.5cmの高さの處より落下槌撃



—(6)—

かくして試験砂を込めたる圓筒、第三圖の如き装置に配置して試験を初む。



第三圖

す、それ故に金槌の初めの位置より砂の落付く面までの距離は常に略27.5 糎となる、(砂の落付く面は初めの砂面より約2 糎の處にあり) それに圓錐の高さ7.3 糎ある故一回の打撃により費やさるゝエネルギー即ち仕事の量は $Work = mgs = 4.72 \times 10^7 \text{ ergs.}$ となる、別に打撃の力を出すと、

$$\Sigma x' = \Sigma m\mu' - \Sigma m\mu \quad \text{式中 } \mu' = \text{打撃前の槌の速度} = \sqrt{2g^2} = 199,4 \text{ cm/sec} \quad \mu = \text{打撃後の槌の速度}$$

$$\therefore x' = 4,640 \times 10^5 \text{ dyne}$$

かくして試験砂を込めたる圓筒は第三圖の如き装置に配置して試験を初む。

試験の方法は先づ送水口より壓搾室に水道の水を送り込む、此際豫め三路栓 (Three way cock) C_2 及び C_3 を加減して貯氣室 (Receiver) V_2 及び氣壓計を V_1 と連絡せしめて置く、斯くせば V_2 内の空氣の壓力は漸次高められ、處用の壓力まで來りし時に水道よりの水の供給を止む、次に C_2 を廻して V_2 と氣壓計のみを連絡せしめストップウオッチを用意し C_3 を廻して V_2 及び氣壓計に試料 V_3 を連絡せしむると同時にストップウオッチを押し氣壓計の示す氣壓が處用の位置まで下りし時までの時間を測定す、此時間が通氣の難易を定むる主たる要素なり。 C_2 及び C_3 を開きて V_2 、 V_3 及び氣壓計並にそれ等を連絡する管の内容積を計算及び實驗より出したり、その價は 6066.3 立方糎あり、若し V_2 内の空氣の壓力が大氣壓に比し水柱にて 10 糎だけ高き場合に此の空氣が試料を通して流出して内外の氣壓等しくなりしものと假定すれば此の試料を通して流出する空氣の量は一氣壓に換算して 58.85 立方糎となる、それ故初めの壓力と或る時間後の壓力とを知れば流出せる空氣の量を計算することを得。今、

Q ……一氣壓に換算せる空氣の流出量を立方糎にて表せる數、 l ……試料の長さ、糎にて表はす、 A ……試料の

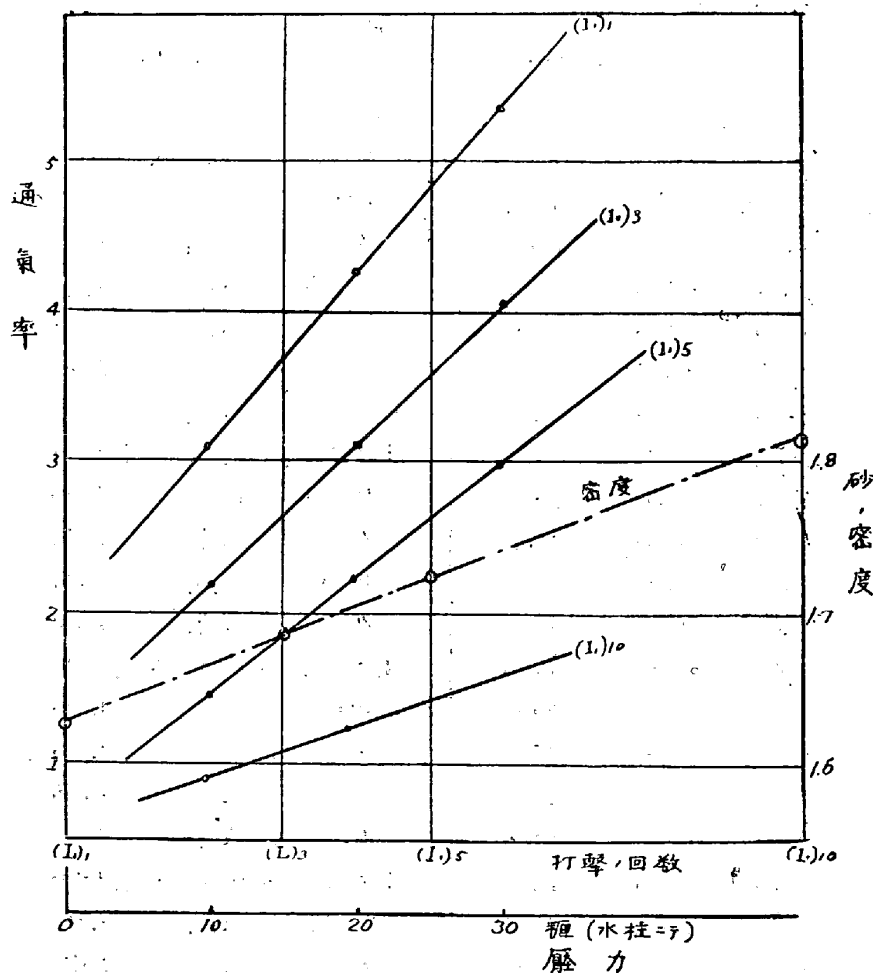
面積、平方糎にて表はす、 p …… 空気の初めの壓力、 t …… 流出時間秒にて示す、 μ …… 通氣率とすれば

$$\mu = \frac{Ql}{At} = f(P)$$

となる、 $f(p)$ は壓力の函數 (function) にして同じ試料を用ひ、種々の初壓力にて試験すればそれより導出することを得、その結果より見れば通氣率 μ は壓力に約正比例するものなることを知る、故に初壓力が 10 糎 (水柱) の時の通氣率を μ_0 とするときには任意の壓力に於ける通氣率は $\mu = \mu_0 + (p - p_0) a$ にて表はすことを得、 a は試料により違ふ恒數なり此の式は Foundry, July 15, 1923 に掲出せられ居る式と略一致すれども唯だ違ふ所は壓力の影響が μ と反比例せり、即ち互にて表はしたる壓力にて表はしたる數が分母に來たり、これ單に一種の砂につきて試験せしのみにて a が砂により又その含有水分により違ふことを知らざりし事に起原す。

2. 結果 イ、普通鑄物砂 此砂は本工場の現場にて實際に常に使用せる鑄物砂にして水分は 10.7 % あり、此の水分は約 120 瓦の砂をピーカーに入れそれを 100 度乃至 150 度 (凡て攝氏) の溫槽の中に約 15 時間放置してその中に含む水分を凡て蒸發せしめその蒸發前後の質量より計算したるものなり、次に試料を作りし時の處理を指示するため次の符號を使用せり。

第四圖



(I₁)₁ ……これは前述の圓筒に上部が水平になる様砂を盛り槌にて一回打ち、その沈下せし部分に又砂を水平に盛り又一度槌打せることを示す。

(I₁)₃ ……これは第一回目の打撃は上と同じなれども第二回目の打撃は三回行ひしことを示す以下これに準ず。

實驗の結果を示せば第一表の如し。

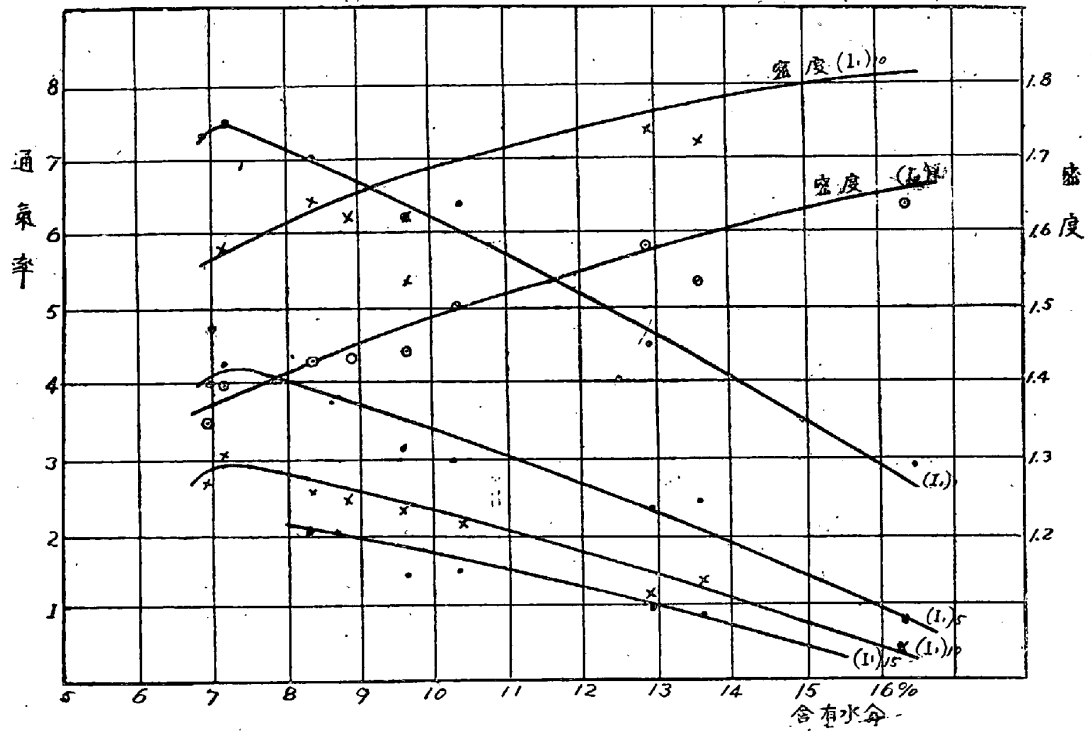
處理法	通氣率			aの價	砂の密度
	10cm of water	20cm of water	30cm of water		
(I ₁) ₁	3.145	4.310	5.355	1.134	1.632
(I ₁) ₃	2.220	3.140	4.070	0.912	1.690
(I ₁) ₅	1.474	2.274	3.025	0.770	1.730
(I ₁) ₁₀	0.904	1.250	1.690	0.400	1.820

今横軸に氣壓計の壓力を採り縦軸に通氣率を採りて曲線（實は直線なり）を畫くと第四圖の如くなり、圖より明かなる如く通氣率は壓力に對し直線的に増すことを知る。以下通氣率は10 糎（水柱の）なる壓力の時の價を表に擧げ別に a の價を掲げ置けり、故に任意の壓力に對する通氣率は前式にて僅かの計算にて直ちに求めらるべし。上表より知らるゝ如くに打撃の回數を増すに従つてそれに比例して通氣率及び a の價は小となる、一方砂の密度は又打撃の回數に比例して増大す、即ち砂の密度増せばそれに比例して通氣率は減少す。

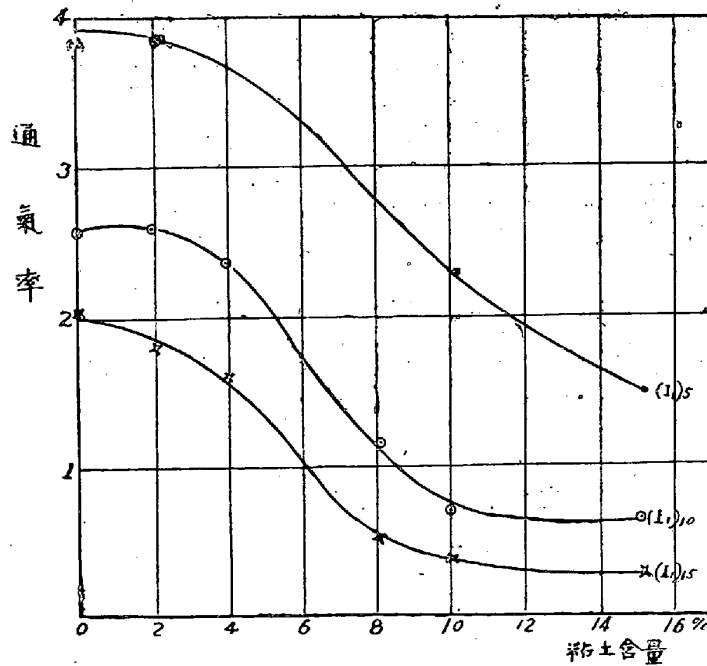
□、二島産膚砂 先づ最初此砂の通氣率に對する水分の影響を試験せり、その結果下の如し。

水分(%)	處理法	砂の密度	通氣率	aの價	水分(%)	處理法	砂の密度	通氣率	aの價
6.615	(I ₁) ₁	1.354	7.340	3.344	9.660	(I ₁) ₁₀	1.538	2.470	1.080
〃	(I ₁) ₃	1.447	4.775	2.606	〃	(I ₁) ₁₅	1.603	1.531	0.642
〃	(I ₁) ₅	1.485	3.978	2.100	10.385	(I ₁) ₁	1.496	6.390	2.888
〃	(I ₁) ₁₀	1.554	2.767	1.400	〃	(I ₁) ₅	1.628	3.070	1.250
7.150	(I ₁) ₁	1.402	7.565	3.224	〃	(I ₁) ₁₀	1.703	2.213	1.000
〃	(I ₁) ₃	1.492	4.764	2.600	〃	(I ₁) ₁₅	1.758	1.643	0.642
〃	(I ₁) ₅	1.517	4.304	1.886	上ノ(I ₁) ₁₅ ヲdryシテ測定	1.627	1.867	0.714	
〃	(I ₁) ₁₀	1.589	3.150	1.362	12.940	(I ₁) ₁	1.586	4.548	1.948
8.370	(I ₁) ₁	1.432	7.060	2.990	〃	(I ₁) ₅	1.674	2.383	0.960
〃	(I ₁) ₃	1.511	4.760	2.600	12.940	(I ₁) ₁₀	1.741	1.264	0.520
〃	(I ₁) ₅	1.567	4.015	1.550	〃	(I ₁) ₁₅	1.800	1.058	0.362
〃	(I ₁) ₁₀	1.647	2.643	1.150	上ノ(I ₁) ₁₅ ヲdryシテ測定	1.630	1.511	0.520	
〃	(I ₁) ₁₅	1.670	2.160	0.872	13.620	(I ₁) ₁	1.530	6.085	2.700
8.890	(I ₁) ₁	1.431	6.799	2.946	〃	(I ₁) ₅	1.669	2.465	0.960
〃	(I ₁) ₅	1.5675	3.834	1.666	〃	(I ₁) ₁₀	1.745	1.448	0.520
〃	(I ₁) ₁₀	1.623	2.578	1.150	〃	(I ₁) ₅	1.785	0.984	0.360
〃	(I ₁) ₁₅	1.701	2.063	0.760	上ノ(I ₁) ₁₅ ヲdryシテ測定	1.605	1.512	0.520	
9.660	(I ₁) ₁	1.443	6.212	2.840	16.370	(I ₁) ₁	1.640	2.990	1.500
〃	(I ₁) ₅	1.483	3.262	1.142	〃	(I ₁) ₅	1.759	0.879	0.225
					〃	(I ₁) ₁₀	1.822	0.491	0.208

第五圖



第六圖



此表を曲線にて示せば第五圖の如くなり、圖に於て横軸は水分の量を表はし縦軸は通氣率及び砂の密度を表はす、通氣率は水分増すと共に次第に減少す、密度の方は水分と共に増加す、これより見れば水分は空氣が砂の間隙を通し流出せんとする際にその通路を狭小にする様にするものなるを察知せらる、密度の増加は水分が砂の間隙を満すためなり、表中濕りたる砂を乾したる後測定したる結果を見れば此事は明かに了知せらるべし、通氣率の方面より考ふれば水分はなるべく少なき方宜しき事

となる。次に此砂に木節粘土を加へたる時通氣率は如何に變はるかを見たり、此の場合の水分は約9乃至10%位になる様に水を含ましむ、其結果は第三表の如し(第六圖)。

粘土の量(%)	水分(%)	處理法	砂の密度	通氣率	αの價
2	8.835	(I ₁) ₅	1.567	3.857	1.544
"	"	(I ₁) ₁₀	1.637	2.596	1.144
"	"	(I ₁) ₁₅	1.678	1.808	0.632
4	9.170	(I ₁) ₅	1.548	4.170	1.316
"	"	(I ₁) ₁₀	1.632	2.346	1.010
"	"	(I ₁) ₁₅	1.63	1.635	0.540
8	10.18	(I ₁) ₅	1.557	2.290	0.696
"	"	(I ₁) ₁₀	1.647	1.190	0.472
"	"	(I ₁) ₁₅	1.723	0.545	0.270
10	10.015	(I ₁) ₅	1.530	2.313	0.923
"	"	(I ₁) ₁₀	1.661	0.271	0.308
"	"	(I ₁) ₁₅	1.733	0.3995	0.184
15	9.685	(I ₁) ₅	1.561	1.516	0.540
"	"	(I ₁) ₁₀	1.663	0.684	0.270
"	"	(I ₁) ₁₅	1.734	0.301	0.152

上表に依れば砂の密度の方は水分約一定なる故著しき變化なし。

通氣率は粘土の量を増加するに従ひ初め緩かに減少すれども粘土の量5%以上に達すれば減少の度著しくなり10%以上になれば影響の度減少す。次ぎに砂の大きさが通氣率に如何に影響するかを見たり、砂は二島産膚砂を用ひ次の如く分類して試料を作り試験せり、此の時の水分は8%の水を混和せり、40目の篩にて残る如き粗粒にては通氣率餘りに宜しく測定し得ず、粒の大きさは篩の目に應じ次の如く分類せり。

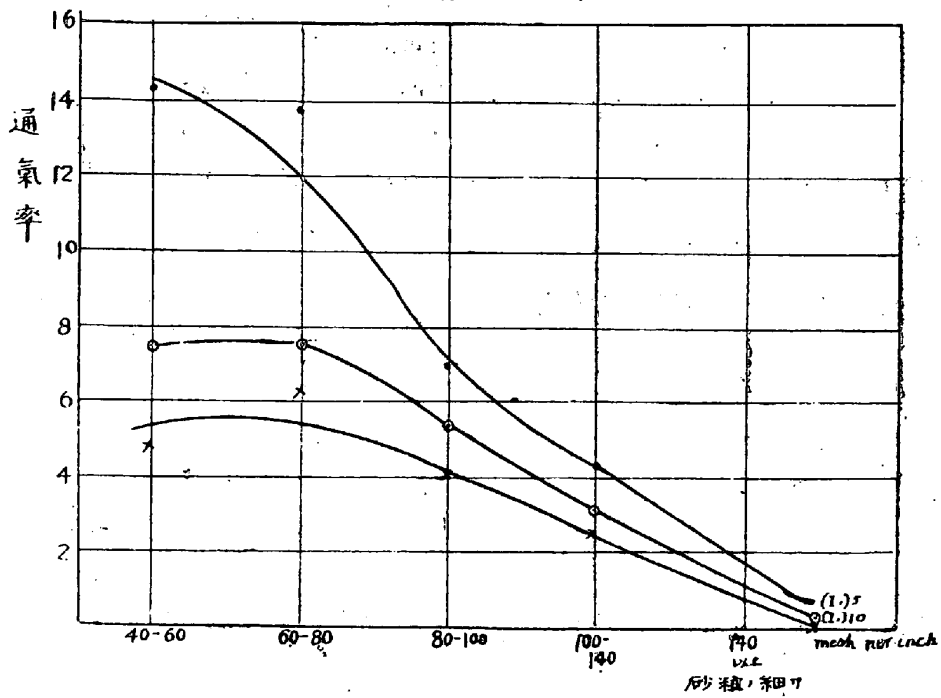
イ、40目を通過し60目にて残りしもの。ロ、60目を通過し、80目にて残りしもの。ハ、80目を通過し、100目にて残りしもの。ニ、120目を通過し、140目にて残りしもの。ホ、140目にて通過せしもの。

その結果は第四表の如し。

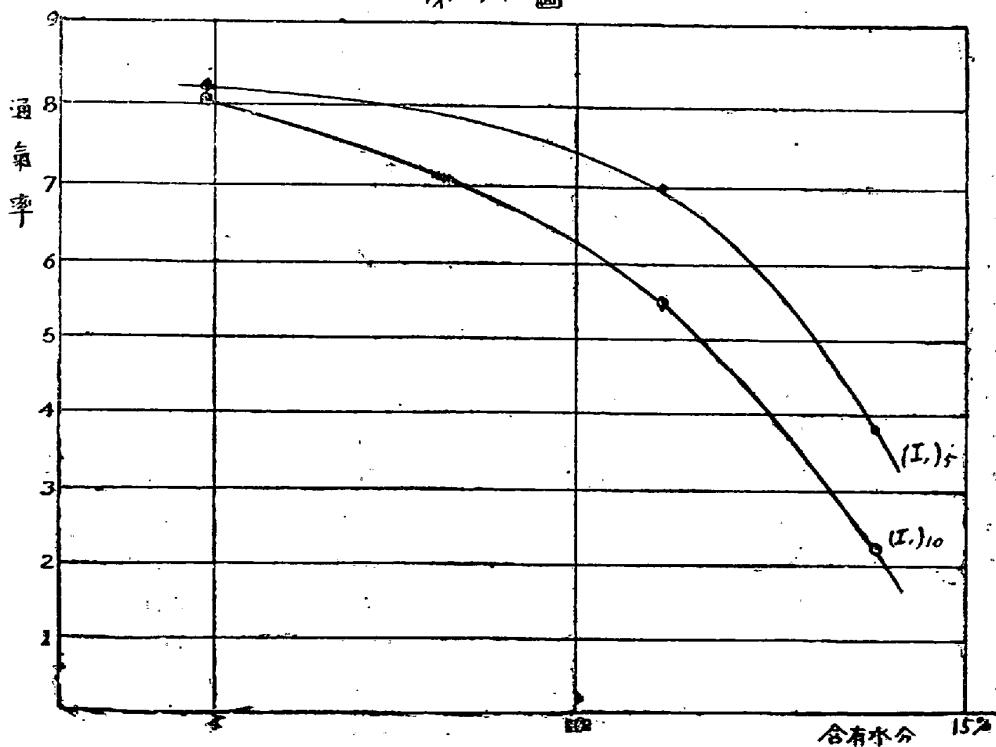
第 四 表				
試料の粒の大きさ	處理法	砂の密度	通氣率	αの價
40—60 mesh	(I ₁) ₅	1.379	14.185	4.04
"	(I ₁) ₁₀	1.482	7.400	3.56
"	(I ₁) ₁₅	1.537	4.699	2.17
60—80 mesh	(I ₁) ₅	1.442	13.700	3.16
"	(I ₁) ₁₀	1.521	7.470	3.74
"	(I ₁) ₁₅	1.561	6.345	2.71
80—100 mesh	(I ₁) ₁	1.3645	8.430	5.960
"	(I ₁) ₅	1.4620	6.925	2.652
"	(I ₁) ₁₀	1.5175	5.320	1.950
"	(I ₁) ₁₅	1.5525	4.170	1.950
120—140 mesh	(I ₁) ₁	1.292	7.459	4.160

〃	(I ₁) ₅	1.420	4.240	2.324
〃	(I ₁) ₁₀	1.499	3.170	1.424
〃	(I ₁) ₁₅	1.547	2.572	1.048
140 mesh以上	(I ₁) ₁	1.239	1.233	0.318
〃	(I ₁) ₅	1.372	0.665	0.250
〃	(I ₁) ₁₀	1.478	0.3553	0.1334
〃	(I ₁) ₁₅	1.552	0.2260	0.108

第七圖



第八圖



之を圖示すれば第七圖の如くなり、圖より明かなる如く砂の粒が細かなる程通氣率は急激に減少するを見るべし。

ハ、蘆屋産中子砂 前と同様に初め水分を變へて通氣率を求めたり、其の結果下の如し(第八圖)。

第五表

水分(%)	處理法	砂の密度	通氣率	a の價
4.962	(I ₁) ₅	1.513	8.30	6.20
"	(I ₁) ₁₀	1.542	8.12	5.68
11.20	(I ₁) ₅	1.585	6.97	2.88
"	(I ₁) ₁₀	1.629	5.43	2.50
14.05	(I ₁) ₅	1.657	3.743	1.566
"	(I ₁) ₁₀	1.700	2.188	0.886
(I ₁) ₁₀ dry測定スレバ		1.473	6.205	2.000

之より見れば通氣率は水分の増加と共に著しく減少せらるゝものなり。次に蘆屋産中子砂に木節粘土を入れたる時の通氣率を示せば第六表の如し。

第六表

粘土の量(%)	水分(%)	處理法	砂の密度	通氣率	a の價
2	8.375	(I ₁) ₅	1.565	9.12	5.28
"	"	(I ₁) ₁₀	1.625	7.60	3.52
"	"	(I ₁) ₁₅	1.652	7.02	3.12
4	8.57	(I ₁) ₅	1.616	7.77	3.68
"	"	(I ₁) ₁₀	1.655	6.89	2.972
"	"	(I ₁) ₁₅	1.695	5.42	2.560
6	8.00	(I ₁) ₅	1.636	7.70	4.240
"	"	(I ₁) ₁₀	1.690	6.22	2.668
"	"	(I ₁) ₁₅	1.710	5.10	2.352
8	7.468	(I ₁) ₅	1.656	7.00	4.000
"	"	(I ₁) ₁₀	1.710	6.36	2.560
"	"	(I ₁) ₁₅	1.724	5.85	2.408
10	7.300	(I ₁) ₅	1.660	6.55	3.400
"	"	(I ₁) ₁₀	1.704	5.04	5.650
"	"	(I ₁) ₁₃	1.752	4.14	2.220
12	7.491	(I ₁) ₅	1.670	6.19	2.560
"	"	(I ₁) ₁₀	1.733	4.06	2.448
"	"	(I ₁) ₁₅	1.775	3.45	1.640
14	7.160	(I ₁) ₅	1.643	6.540	3.400
"	"	(I ₁) ₁₀	1.712	4.380	2.180
"	"	(I ₁) ₁₅	1.777	3.212	1.568
18	7.900	(I ₁) ₅	1.712	4.890	2.200
"	"	(I ₁) ₁₀	1.775	2.453	1.440
"	"	(I ₁) ₁₅	1.841	1.735	0.924

之を圖示すれば第九圖の如し、此の場合にては通氣率は粘土の増加と共に直線的に減少す。

二、刈田産膚砂 此砂は前に機械分析をなせし如く極めて細き砂にてその通氣率も従つて小なり、その結果次の如し。

第七表

水分(%)	處理法	砂の密度	通氣率	a の價
5.69	(I ₁) ₅	1.703	0.938	0.384
〃	(I ₁) ₁₀	1.776	0.477	0.247
7.21	(I ₁) ₅	1.756	0.570	0.228
〃	(I ₁) ₁₀	1.826	0.426	0.186
8.79	(I ₁) ₅	1.803	0.545	0.246
〃	(I ₁) ₁₀	1.853	0.354	0.160

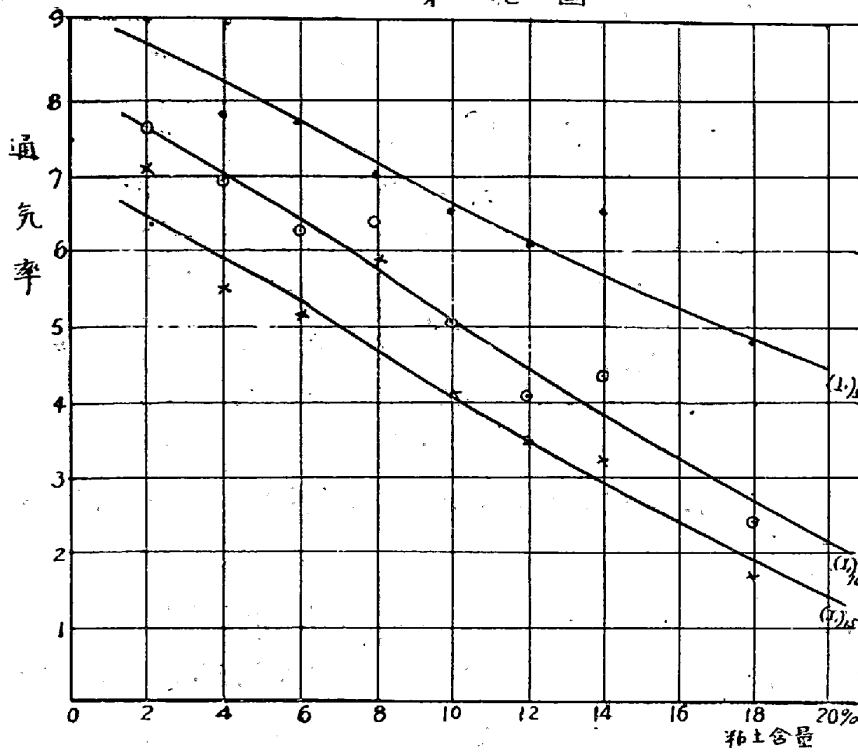
此の砂の通氣率も又水分と共に初め急に後緩かに減少す、而して又同じ處理にても密度を増すに従つて通氣率不良となる。

ホ、珪砂及銀砂 以上の砂は可鍛鑄物用砂なるを以てその粒細かく恰も眞鍮又は砲金鑄物用砂の如くなれども此處にて述ぶるものは鑄鋼用のものにして従つて粒も大なり、その結果次の如し。

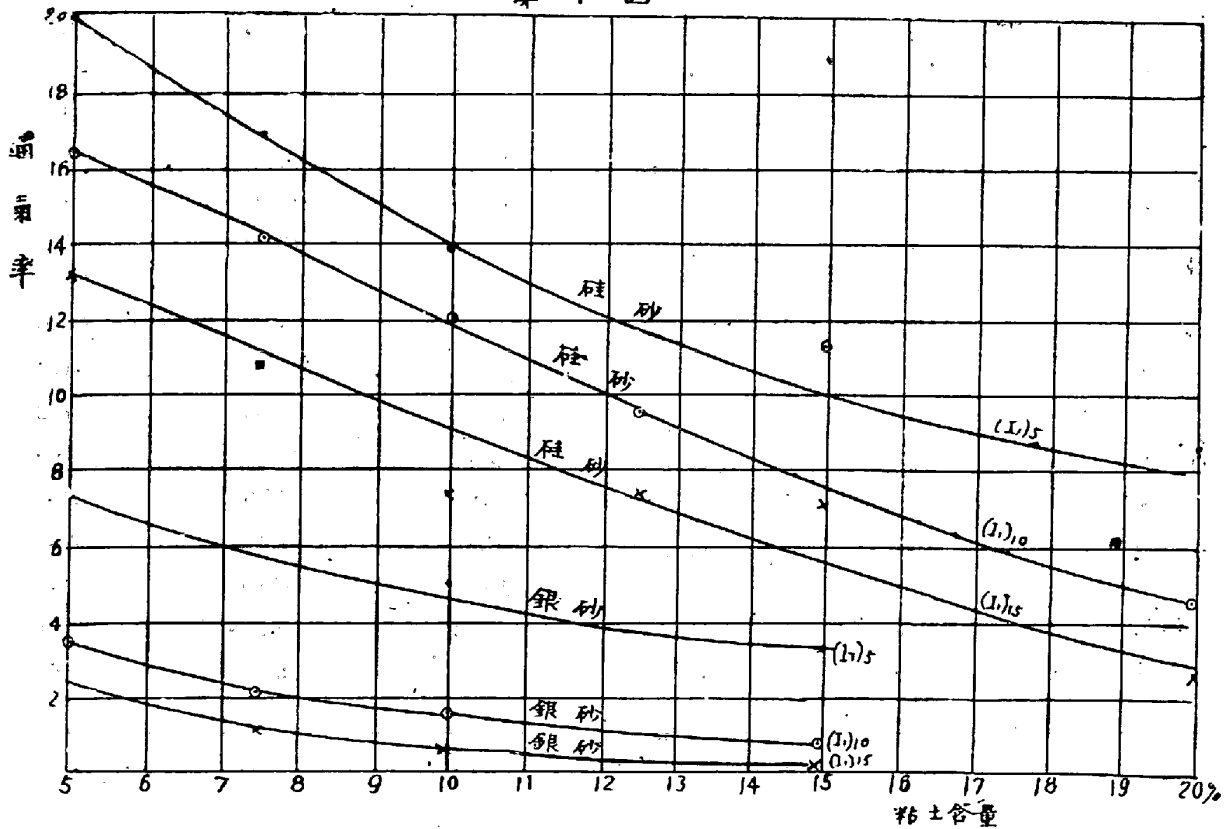
第八表 (珪砂)

木節粘土の量(%)	水分(%)	處理法	密度	通氣率	a の價
5 %	8.01	(I ₁) ₅	1.600	19.70	7.90
〃	〃	(I ₁) ₁₀	1.662	16.22	7.00
〃	〃	(I ₁) ₁₅	1.700	13.03	5.26
7.5	8.21	(I ₁) ₅	1.630	16.90	6.80
〃	〃	(I ₁) ₁₀	1.705	14.16	7.32
〃	〃	(I ₁) ₁₅	1.730	10.89	6.38
10.	8.085	(I ₁) ₅	1.662	13.98	7.42
〃	〃	(I ₁) ₁₀	1.726	12.00	5.10
〃	〃	(I ₁) ₁₅	1.772	7.49	4.50
12.5	8.223	(I ₁) ₅	1.667	13.84	5.450
〃	〃	(I ₁) ₁₀	1.735	9.67	6.440
〃	〃	(I ₁) ₁₅	1.790	7.50	3.752
15	8.38	(I ₁) ₅	1.685	16.14	6.500
〃	〃	(I ₁) ₁₀	1.789	11.50	5.480
〃	〃	(I ₁) ₁₅	1.852	7.33	4.020
20	8.324	(I ₁) ₅	1.732	9.10	4.140
〃	〃	(I ₁) ₁₀	1.833	4.725	2.070
〃	〃	(I ₁) ₁₅	1.888	2.960	1.160

第九圖



第十圖



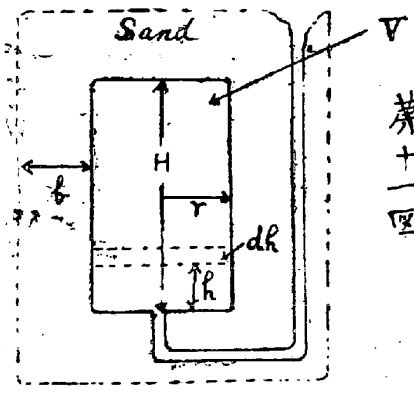
第九表 (銀砂)

木節粘土の量(%)	水分(%)	処理法	密度	通気率	a の値
5	7.21	(I ₁) ₅	1.855	7.22	3.110
"	"	(I ₁) ₁₀	1.978	3.43	1.710
"	"	(I ₁) ₁₅	2.021	2.388	0.920
7.5	7.25	(I ₁) ₅	1.888	5.340	2.430
"	"	(I ₁) ₁₀	1.973	2.073	0.900
"	"	(I ₁) ₁₅	2.037	1.176	0.500
10.0	7.775	(I ₁) ₅	1.878	5.150	3.000
"	"	(I ₁) ₁₀	2.014	1.626	0.916
"	"	(I ₁) ₁₅	2.070	0.744	0.322
15.0	8.02	(I ₁) ₅	1.883	3.430	1.920
"	"	(I ₁) ₁₀	2.015	0.898	0.340
"	"	(I ₁) ₁₅	2.083	0.305	0.196

第八表及び第九表を以て曲線を畫けば第十圖の如し、圖より通気率は粘土含有量の増加と共に次第に一樣なる割合にて減少す、而して珪砂に比し、銀砂の方は通気率著しく悪し、これ此の砂は人工的に破碎せるものにしてその間に微細の粒多く混ざるが爲めなり、此の外に大粒の銀砂即ち大型の鑄鋼物用砂あれどもその通気は極めて良く例令、15%の粘土を混合するも尙ほ測定し得ず。

3. 適用 以上にて通気率が砂に常に含まるべき水分又は粘土により如何に變化するか知られたり。

次にかゝる通気率を有する鑄物砂にて鑄型を作りたる時に、その中に含まるゝ瓦斯が如何なる速度にて逃れ去るか、大體の概念を得むがため特種の場合につき計算せん、問題を簡單にするため此處にては中空の筒狀鑄型を考へ砂は乾燥せるものより述ぶ (第十一圖)。



體積Vなる砂型(乾砂)にt秒間に熔湯を鑄込むものとす、然る時にμなる通気率を有する砂を使用したる時幾許の速さにて熔湯を鑄込みて支障なきかを計算せんとす、通気率の定義より $\mu = \frac{Qb}{At}$ 故に砂の壁を通して逃去る空氣の量は $Q = \frac{At}{b} \{ \mu_0 + (p - p_0)a \}$ にて與へらるべし、熔湯の鑄込を第十一圖の如く下よりなせば dt なる時間には dh だけ入る、それにより壓力は p+dp に變はる、今 dt なる時間に空氣が dQ だけ逃げ去るもの

とすれば

$$qdt = dQ = \frac{(A - 2\pi rh)dt}{b} \{ \mu_0 + (dp - p_0)a \} \dots \dots (1)$$

となり之を積分すれば可なり。氣體の性質より VP=(V-dV)(P+dP)=VP-PdV+VdP+dVdP

後式の第四項は第二次の微分(Second order の infinitesimal) なる故省略すると $dP = \frac{PdV}{V} = \frac{PdH}{H}$

然るに此の場合のPは初めよりの壓力を採ること能はず、空氣は各瞬間毎に逃げ去ればなり、即ち dt なる時間に qdt づゝ空氣が逃げ去りそれに應じて壓力も減少す、故に此の場合の壓力は $P = \frac{P(V - qdt)}{V}$ を採らざるべからず。

$$\therefore qP = \frac{P(V - qdt)}{V} \frac{dh}{H} \dots\dots(2)$$

故に (1) 式は次の如く書換へらる。

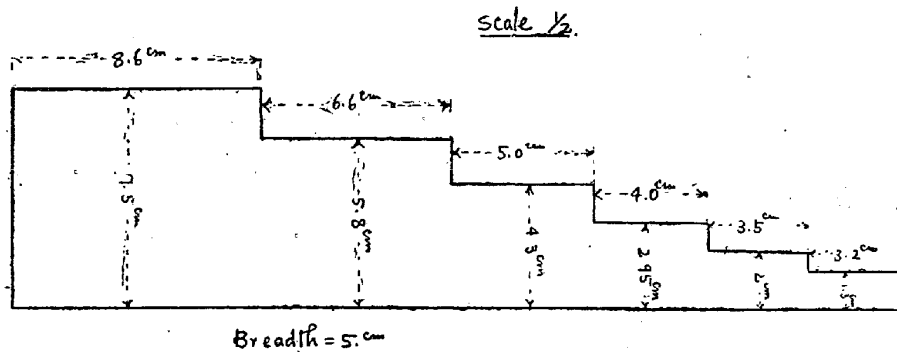
$$qdt = \frac{(A - 2\pi rh)dt}{b} \left[\mu_0 + \left\{ \frac{P(V - qdt)}{V} \frac{dh}{H} - p \right\} a \right] \dots\dots(3)$$

此の式を變數の同じきものを集めて積分し、而して極限の採り方は $qdt = dq$ として 0 より Q まで、
 h は 0 より H まで、時間は 0 より t までとせり。 $Q = \frac{(At - 2\pi rH)}{b} (\mu_0 - ap_0)$ 壓力の單位を水の 10 糎
 とし $Q = V$ として簡単にすれば $t = \frac{2\pi rH(\mu_0 - a) \times Qb}{A(\mu_0 - a)}$ となる、かくして求められたる t 秒より速かな
 る速度にて熔湯を鑄型に入れば瓦斯が砂壁を通して逃ること能はずして鑄型内部の壓力を高め壓力
 高まり過ぐれば遂に鑄切れとか又は巢が多くなるものなり。

例を擧ぐれば、通氣率の最も悪しき刈田膚砂を採りて計算せんに、此の砂の通氣率は 0.354、 $a =$
 0.160 但し水分 8.79% にて $(1.1)_0$ なる處理を施したるものなり、圓筒の大きさは、 $r = 5$ 糎、 $H = 10$ 糎
 $b = 2$ 糎とす、即ち此の砂を膚砂に使用しその外周は通氣率の大なる鑄物砂を使用し刈田膚砂を通し
 て來たれる瓦斯は直ちに通し得るものとせり、上の價を前の式に入れて計算せば $t = 21.4$ 秒となる、
 即ち 1 秒間に 36.7 立方糎の空氣を排除す、此の計算に於ては空氣其の他の瓦斯は常溫に於ける容積
 をとりて計算せり、されば實際熔湯を注入せる如き時は空氣は瞬時に膨張し上の價は多少變更せらる
 べし、而して一方上の場合の通氣率は生砂の價をとりしがそれが乾砂の場合は通氣は一層良くなるこ
 とを考慮する必要あり、これにて乾燥砂型の場合に於ける通氣と云ふものの大體の觀念を得られたる
 譯なり。

次に本工場の如く可鍛鑄物に生砂型を用ふる處にては注込みたる熔湯の熱のために砂壁に含む水

第拾二圖



分は蒸發せしめられて型の内部にも幾分入るべし。今第十二圖の如き型に熔湯を鑄込みたる時にその
 鑄物の表面に附着せる乾燥せる砂の量を測りしに 1 平方糎につき約 0.324 瓦ありたり、此の砂に含ま
 るる水分を 10% とすれば 1 平方糎につき 0.0324 瓦の水が蒸發せしこととなる、その内の大部分は
 外に逃去れども今その 1/5 だけが鑄型の内部に入るものとすれば 0.00648 瓦の水蒸氣が空氣と共に再
 び砂壁を通して外部に向つて逃げ去るを要す、これを容積に換算すれば 8.06 立方糎となる、前例の

如き圓筒の鑄型にては 3795 立方糎となる、これ圓筒の内容積の約 5 倍に相當す、故にそれに相當するだけ通氣するに時間を要することとなる、本工場の現場にて熔湯を鑄込む速度はその品物の種類により大に異れども今ストップウオッチにて、その鑄込む速度を測定せしに左の如し。

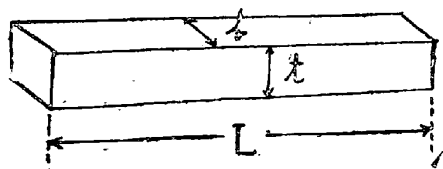
品名	個數	鑄込み時間	備考
ホースカップラー	1個込め	5秒	一取錫にて 5回
磚子のキャップ	2個込め	5乃至4.5秒	" 5回
スリ	8個込め	7.5秒	" 2回

小取鍋に汲みとる熔湯の容積は大體 2500 立方糎あり、これを鑄込むに大體 15 秒乃至 25 秒を要するものと見るを得、即ち 1 秒間に 160 乃至 100 立方糎だけ注入する割合なり、前の計算にて採れる例にては形としては内容積に對し通氣する面積の比較的小なるものなり尙ほ二、三の例を擧ぐれば型の形は前と同様にして二島産膚砂は粘土 8% を加へ水分を 10% 含むものをとれば $(1.1)_{10}$ の處理にて $u_0 = 1.190, q = 0.472$ なるを以て $t = 6.37$ 秒となる、即ち 1 秒間には 123 立方糎を排除す、以上の計算にて出したる價はあれだけの時間を掛ければ鑄型内にての壓力が熔湯に何等障害とならざる程度以下に即ち約外氣との壓力差が殆んどなくとも空氣を全部排除し得るものを示すものにして鑄型内の壓力を多少高むることを許せば可なり少時間にて排氣するを得べし。例へば鑄型内の壓力を熔湯の 10 糎に相當する壓力に等しからしむるものとすれば前例の二島産膚砂を使用せる場合を計算すれば $t = 1.24$ 秒となる、即ち鑄型内の壓力上昇を多少許すものとすれば通氣は可なり宜しくなり且つ實際の鑄型の形は此處に考へたる例の場合よりも通氣面積大なるものなれば生砂の場合にても充分に通氣せらるゝ如く思考せらる。特に大物の鑄物の場合の如く大粒の砂を使用する時は此の通氣は可なりに宜しきものとす。

四、粘着性試験

1. 試験の方法 此の試験に用ゐる試験機は試料を乗すべき定板ありて、その上にて試料をその側端に緩かに押し出す装置を施したるに過ぎず、而して試料は試験機の定板上にて木型に込め直ちに試験せり、試料の寸法は第十三圖の如し。

第十三圖



幅 $b = 2'' = 5.08\text{cm.}$

長 $L = 15'' = 39.1\text{cm.}$

厚 $t =$ 試料を作る處理方により違ふ

此の試料を試験機の上に乗せ次第に側端の方に押し出し砂自身の重さにて破斷する時の側端よりはみ出たる長さを計り之を l とし、單位の長さの重量を w とすれば破斷する時の屈曲能率 (Bending Moment) は $M_{max} = \frac{wl^2}{2}$ にて求めらる、 w は 5 糎の長さの棒状の試料砂の重量を測り、それより導出すこの重量を w_0 と附號す、單位断面につきての能率を出すために S を斷面積とすれば $M = \frac{w_0}{10} \frac{l^2}{S} = \frac{w_0 l^2}{60.8t} \text{ gr. cm.}$

かゝる能率が作用せし時砂型の破斷面にては幾千の歪力が起るか、上の如き斷面を有するビームの斷面内に起る歪力を P とすれば $P = \gamma \frac{M}{I}$ となる、式中、 γ は中軸より歪部までの距離、 I は中軸の周り

の慣性能率、此の場合にては $\frac{I}{y} = \frac{bt^2}{6}$ $M = \frac{1}{2}wl^2$ $\therefore P = \frac{w_{\pi}}{8.415} \frac{l^2}{t^2}$

此處に於ける試験にては w, l 及び t を求めそれより計算にて M 及び P を求め表に掲げることとし、Foundry誌に掲げありし試験にては破斷するに要せし砂の質量を以て粘着力 (Bonding power) を指示せるが、その試料の厚さ及び破斷するまでの試料の長さが各場合に於て違ふが爲め實際の粘着力を質量のみより表はすことは正統ならず。

2. 結果 試験せし砂の種類は前の通氣率試験に用ひしものと同様なれども終りに至り附粘着材料として油又は糖蜜を加へ試験せり。

(a) 現場にて使用中の鑄物砂 此れは現場にて使用し居る砂にして、二島産膚砂に多少の芦屋産中子砂が混じり血に黒鉛も多少混じり居る砂、即ち普通の鑄物砂なり、さればそれには適當に粘土も混じり居るものなれば此處にては血に粘土を混するが如きとはなさず、唯だ砂の突固めの程度と水分とが如何に粘着性に影響するかを見たり、試料を作るには木型に砂を水平に盛り金槌を用ひ (其質量 467 瓦、柄の長さ 28 糎あり) 木の角棒 (斷面積 30.6 平方糎) 及び平板にて打ち固めたり、此の木の角棒及び平板の幅は丁度型の幅と殆んど等しく即ち 2 吋あり、打ち固めの回数及び砂の盛り方を記號にて示せば下の如し。

- $I_4, I_4^2, I_4^3 \dots$ 砂を木型の底より 4 糎だけ水平に盛り槌にて各一回、二回、三回……だけ打ち固めたるものを指す。
- $I_6, I_6^2, I_6^3 \dots$ 砂を木型の底より 6 糎の高さに水平に盛り槌にて各一回、二回、三回……だけ打ち固めたるもの。
- $(I_4^1 I_6^1) \dots$ 最初木型の底より 4 糎の高さに水平に砂を盛り、金槌にて一回打ち固め次にその上に又砂を盛り木型の底より 6 糎の高さに水平になる様にしそれを槌にて一回打ち固めたるものを指す。
- $F^2, F^4 \dots$ 木の棒にて右の如く打ち固めたる後試料の表面積に等しき面積の平板を試料の上に乗せ槌にて各一回、四回……打ち固めたるものなり。

以下之れに準ず、即ち右下の數字は木型の底より砂を水平に盛る高さを糎にて表はしたる數を示し右上の數字は打撃の回數を示す、實驗の結果次表の如し。

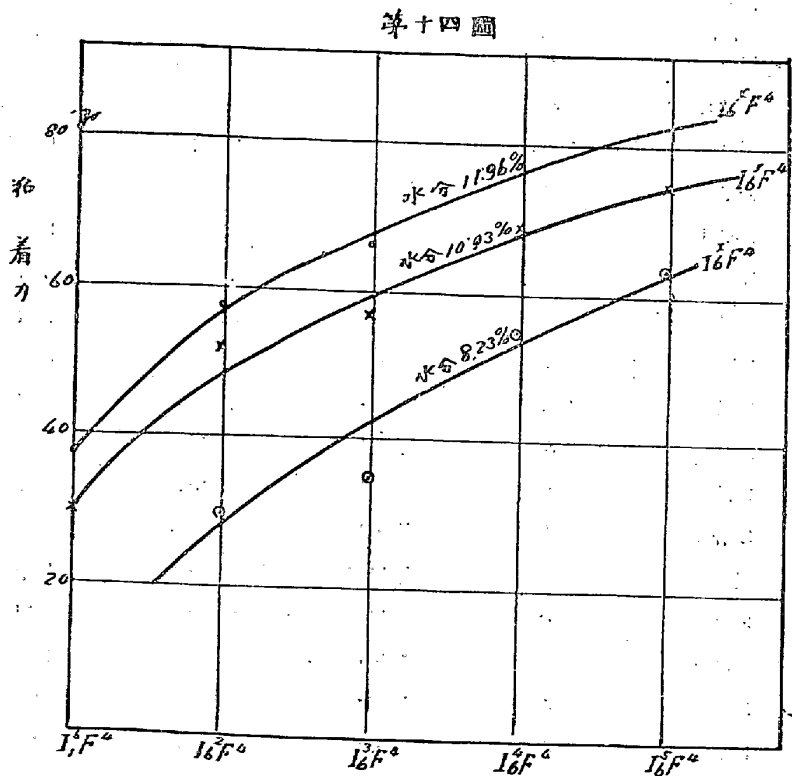
第十表

水分(%)	處理法	單位面積に付 屈曲能率 (gr. cm)	歪力即ち 粘着力 gr	水分(%)	處理法	單位面積に付 屈曲能率 (gr. cm)	歪力即ち 粘着力 gr
7.34	$I_6^2 F^4$	15.000	21.950	10.93	$I_6^1 F^4$	16.140	29.47
"	$I_6^3 F^4$	18.300	28.900	"	$I_6^2 F^4$	27.430	51.45
8.23	$I_6^3 F^4$	17.875	29.800	"	$I_6^3 F^4$	29.90	56.07
"	$I_6^4 F^4$	21.300	34.550	"	$I_6^4 F^4$	32.86	68.00
"	$I_6^5 F^4$	32.750	51.600	"	$I_6^5 F^4$	33.86	73.70
"	$I_6^6 F^4$	35.300	26.300	11.96	$(I_4^1 I_6^1)^2 F^4$	21.43	33.43
10.93	$(I_4^1 I_6^1)^2 F^4$	16.860	24.670	"	$(I_4^2 I_6^2)^2 F^4$	28.63	43.50
"	$(I_4^2 I_6^2)^2 F^4$	25.650	39.440	"	$(I_4^3 I_6^3)^2 F^4$	39.43	62.28
"	$(I_4^3 I_6^3)^2 F^4$	33.58	53.000	"	$(I_4^4 I_6^4)^2 F^4$	42.50	69.90
"	$(I_4^4 I_6^4)^2 F^4$	38.93	63.130	"	$(I_4^5 I_6^5)^2 F^4$	46.14	73.85
"	$(I_4^5 I_6^5)^2 F^4$	44.27	69.92	"	$I_6^6 F^4$	18.61	36.04

水分(%)	処理方	単位断面積に就ての屈曲能率 (gr, cm)	歪力即ち粘着力 gr	水分(%)	処理方	単位断面積に就ての屈曲能率 (gr, cm)	歪力即ち粘着力 gr
11.96	$I_6^3F^4$	27.67	57.20	"	$I_6^3F^4$	20.52	41.73
"	$I_6^3F^4$	32.19	65.50	"	$I_6^3F^4$	26.10	55.93
"	$I_6^4F^4$	33.67	69.68	"	$I_6^4F^5$	30.87	66.15
"	$I_6^5F^4$	41.75	87.90	"	$I_6^5F^4$	34.40	70.70
12.46	$(I_4^1I_6^1)^1F^4$	24.31	37.40	14.46	$I_6^1F^4$	16.93	34.44
"	$(I_4^2I_6^1)^2F^4$	26.94	41.44	"	$I_6^2F^4$	19.08	39.50
"	$(I_4^3I_6^1)^3F^4$	33.76	54.00	"	$I_6^3F^4$	25.38	54.40
"	$(I_4^4I_6^1)^4F^4$	39.45	67.60	"	$I_6^4F^4$	27.70	61.55
"	$(I_4^5I_6^1)^5F^5$	46.32	79.40	"	$I_6^5F^4$	27.28	60.65
"	$I_6^1F^4$	17.55	36.30	15.70	$I_6^1F^4$	15.41	30.82
"	$I_6^2F^4$	24.70	51.12	"	$I_6^2F^4$	20.77	42.26
"	$I_6^3F^4$	30.07	64.30	"	$I_6^3F^4$	26.81	57.45
"	$I_6^4F^4$	33.40	69.10	"	$I_6^4F^4$	23.26	62.80
"	$I_6^5F^4$	36.75	76.00	"	$I_6^5F^4$	30.34	98.70
13.30	$I_6^1F^4$	16.73	34.63				

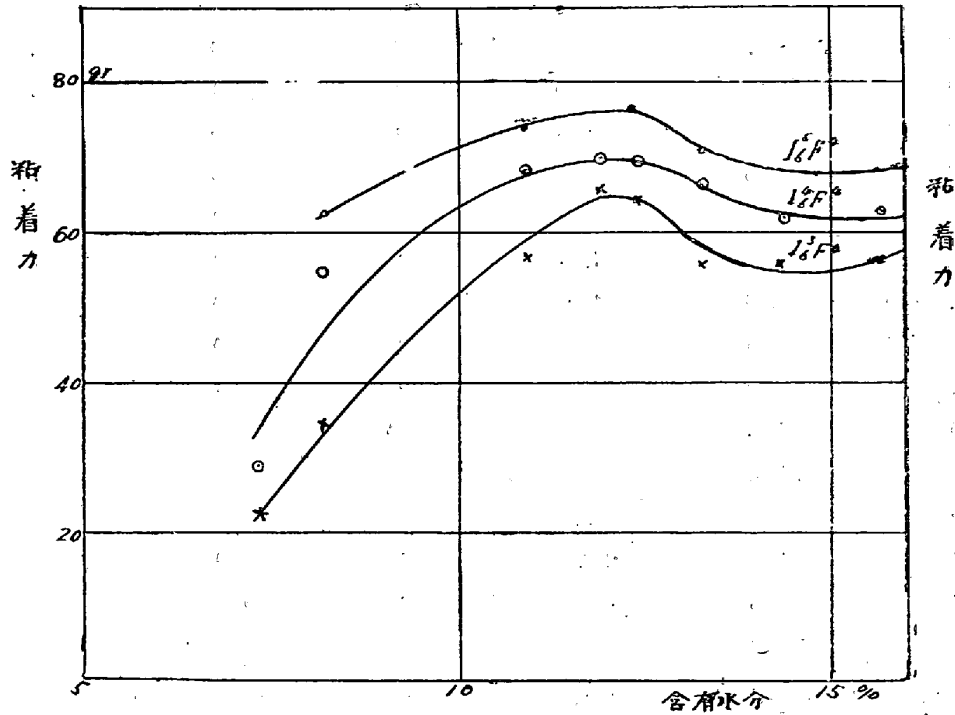
上表に得られたる数値にて圖示すれば第十四圖及び第十五圖の如くなり、第十四圖は横軸に打撃の回数を縦軸に粘着力を採りて畫きたる曲線なり、之を見れば粘着力は打撃の回数により初めは急に次第に緩かになるなり。

第十五圖は横軸に水分を縦軸に粘着力を採りて畫きたる曲線なり、これを見れば水分の量を増すと共に割合に急に増し約12%の處にて最大值に達しそれより後は次第に減少す、此の試験により12%の



水分を含む鑄物砂が常に最大の粘着性を有することを。唯だ此處に注意することは水分の量により粘着力の變化は鑄物砂の種類即ち其粒の粗細により違ふものなることなり、前の通氣試験に於てはなるべく水分の量の少きことを要求せり、さればその二つの試験を對照して水分の量を決定するを得べく、此鑄物砂に對しては水分の量10%内外なれば適當と認めらる。當鑄物工場にて使用し居る鑄物砂は 9.82 乃至 11.42%の間にあり平均にて 10.62%位あり。

第十五圖



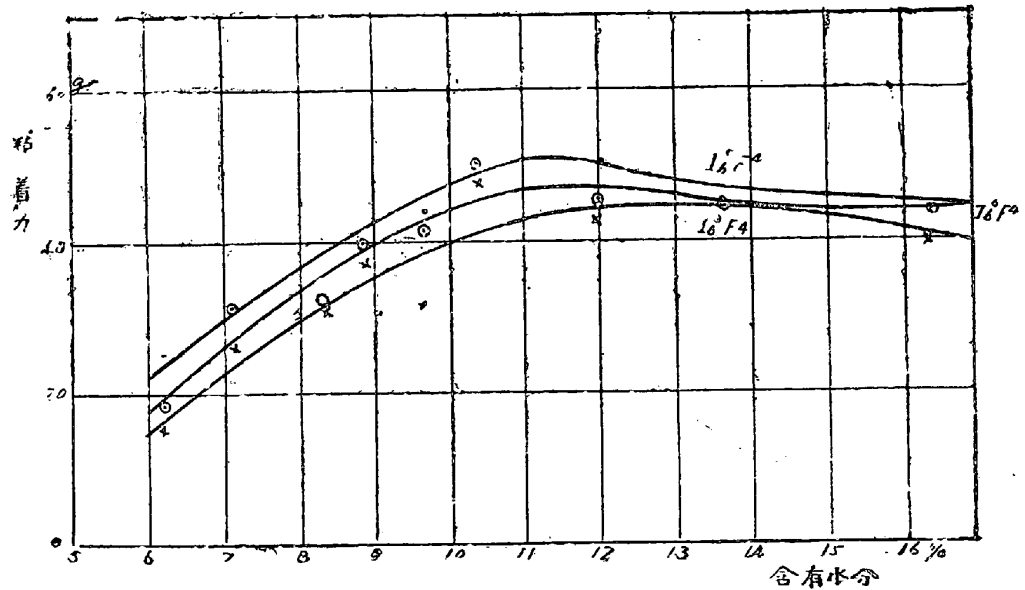
(b) 二島産層砂 此の砂は粘土を加へて使用するものなる故此試験にては水分並びに粘土の影響を併せ研究せり、先づ水分の影響を見れば次表の如し。

第十表

水分(%)	處理法	單位面積に就 の屈曲能率 (gr. cm)	歪力即ち 粘着力 gr	水分(%)	處理法	單位面積に就 の屈曲能率 (gr. cm)	歪力即ち 粘着力 gr
6.215	I ₄ F ⁴	8.264	15.03	〃	I ₅ F ⁴	20.610	41.23
〃	I ₄ F ⁴	11.272	18.78	〃	I ₅ F ⁴	23.570	48.80
〃	I ₅ F ⁴	14.493	25.18	9.66	I ₅ F ⁴	14.49	27.17
〃	I ₅ F ⁴	15.260	26.15	〃	I ₃ F ⁴	16.30	30.56
7.150	I ₃ F ⁴	14.114	26.04	〃	I ₃ F ⁴	16.43	31.82
7.15	I ₄ F ⁴	16.393	31.435	〃	I ₄ F ⁴	20.12	23.92
〃	I ₅ F ⁴	16.202	30.247	〃	I ₅ F ⁴	20.65	41.30
〃	I ₅ F ⁴	18.425	34.54	〃	I ₅ F ⁴	22.07	44.45
8.37	I ₅ F ⁴	13.030	23.50	10.365	I ₅ F ⁴	18.150	36.30
〃	I ₃ F ⁴	13.590	25.89	〃	I ₃ F ⁴	19.510	39.70
8.37	I ₃ F ⁴	15.90	30.77	〃	I ₃ F ⁴	23.38	47.57
〃	I ₄ F ⁴	16.68	32.30	〃	I ₄ F ⁴	24.185	50.05
〃	I ₅ F ⁴	18.24	35.32	10.365	I ₅ F ⁴	25.185	54.00
〃	I ₅ F ⁴	19.658	38.10	〃	I ₅ F ⁶	25.890	54.52
8.89	I ₅ F ⁴	15.23	28.20	12.94	I ₅ F ⁴	17.77	33.28
〃	I ₅ F ⁴	17.46	33.87	〃	I ₃ F ⁴	21.11	42.20
〃	I ₃ F ⁴	19.24	37.27	〃	I ₃ F ⁴	22.10	42.80
〃	I ₄ F ⁴	20.235	39.00	〃	I ₄ F ⁴	22.74	45.48

水分(%)	處理方	單位斷面積に就ては屈曲能式 (gr. cm)	整力即ち粘着力 (gr)	水分(%)	處理方	單位斷面積に就ては屈曲能率 (gr. cm)	整力即ち粘着力 (gr)
〃	$I_6^0F^4$	25.02	50.04	〃	$I_6^0F^4$	24.185	50.05
〃	$I_6^1F^4$	26.35	52.70	16.37	$I_6^1F^4$	18.56	33.23
13.62	$I_6^2F^4$	19.51	20.02	〃	$I_6^2F^4$	18.00	33.75
〃	$I_6^3F^4$	19.435	34.30	〃	$I_6^3F^4$	20.30	40.60
〃	$I_6^4F^4$	27.730	44.70	〃	$I_6^4F^4$	21.74	44.23
〃	$I_6^5F^4$	21.410	44.30	〃	$I_6^5F^4$	23.82	47.67
〃	$I_6^6F^4$	21.420	45.10	〃	$I_6^6F^4$	25.98	51.96

第十六圖



此表を圖示すれば第十六圖の如し、圖に於て横軸に水分を縦軸に粘着力をとれり、之れより粘着力は水分の増加と共に増加し11%にて最大値に達しそれより次第に緩かに減少す。

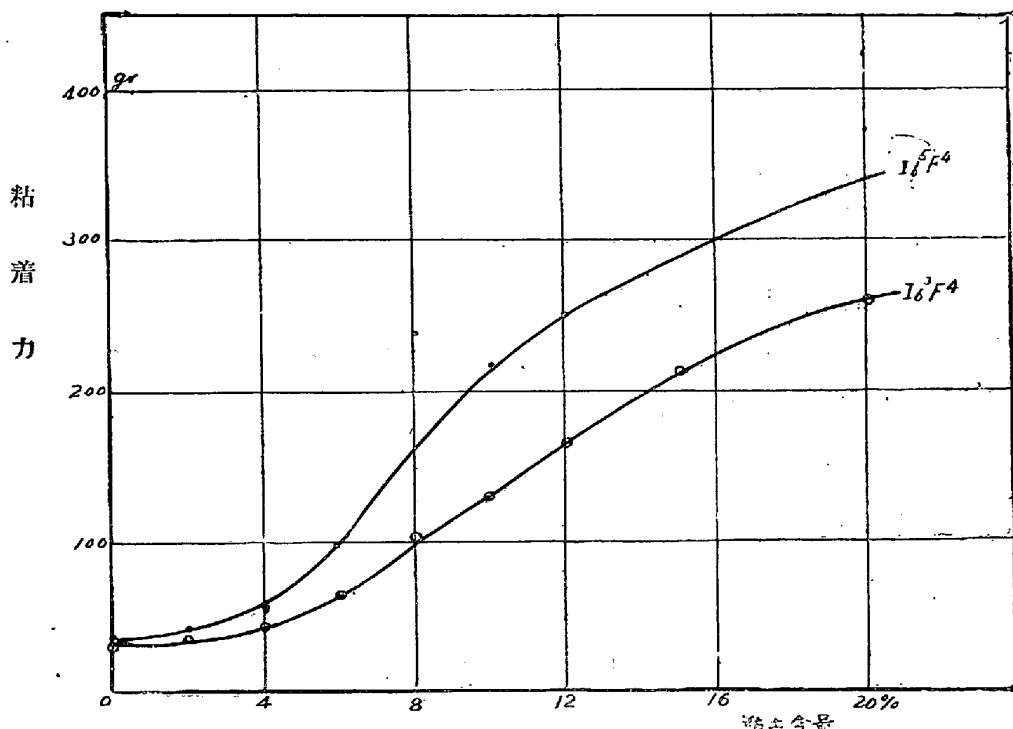
次に粘土を入れたる時粘着力は如何に變はるか、此の場合水分は約9%前後になる様に水を入れたり。

第十二表

水分(%)	粘土の量 %	處理方	歪力即ち粘着力 (gr.)	Unit area の B. M. (gr. cm)
8.84	0	$I_6^0F^4$	32.20	16.90
〃	〃	$I_6^1F^4$	37.92	18.96
8.98	2	$I_6^2F^4$	33.26	—
〃	〃	$I_6^3F^4$	40.98	—
9.12	4	$I_6^4F^4$	42.40	21.90
〃	〃	$I_6^5E^4$	56.80	28.40
9.17	6	$I_6^6F^4$	63.70	30.79
〃	〃	$I_6^7F^4$	93.40	42.01
10.18	8	$I_6^8F^4$	103.60	56.99
〃	〃	$I_6^9F^4$	235.00	121.35

水分(%)	粘土量 (%)	處理方	歪力即ち粘着力 (gr)	Unit area B. M. (gr. cm)
10.02	10	I ₃ F ⁴	128.30	68.53
"	"	I ₅ F ⁴	213.60	108.60
9.69	15	I ₃ F ⁴	211.10	112.70
"	"	I ₅ F ⁴	276.30	138.20

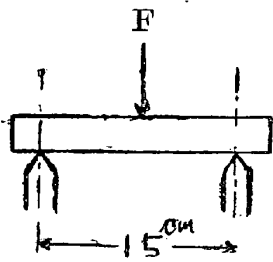
第十七圖



水分(%)	粘土の量 (%)	處理方	歪力即ち粘着力 (gr)	Unit area B. M. (gr. cm)
9.32	20	I ₃ F ⁴	257.20	145.80
"	"	I ₅ F ⁴	369.00	197.75
9.74	12	I ₃ F ⁴	161.60	86.21
"	"	I ₅ F ⁴	246.00	125.10
11.21	12	I ₃ F ⁴	256.50	123.99
"	"	I ₅ F ⁴	531.50	230.20
12.55	"	I ₃ F ⁴	363.50	151.40
"	"	I ₅ F ⁴	721.00	264.35

之より曲線を畫けば第十七圖の如し、即ち粘着力に對する粘土の影響は約4%までは少なれどもそれより粘土を増すに従つて次第に影響の度を増す、而して粘土多き程水分の増加により、ある程度まで粘着力を増す、此處にては12%の粘土の場合の例を挙げたり、此處に於て二島産膚砂の粘土の影響を知られたり、之れを前の通氣試験と併せ考へ實際の場合には如何なる調合をなすべきや、その鑄物の種類により一様ならず一に當事者の選擇に任す處なり。

一般に鑄物砂を乾燥する時はその濕りたる時よりも粘着力大なるものなり、如何程の粘着力となるものかを次に研究せり、此の場合には粘着力の大きさは濕りたる時よりも可なり大なるものなる故、前



第十八圖

述の試験法にては試験する能はず、それ故に第十八圖の如く 15 ㎝だけ距りたる二つの支點上に試料を乗せその中央に力 F を加へ F を次第に増して試料が破折する時の F を測定すれば、それより歪力即ち粘着力を計算することを得、F は槓杆の臂の比を適當に調整して大小種々に加減せり（普通の金屬の材料試験機と同様なる理論より）その結果

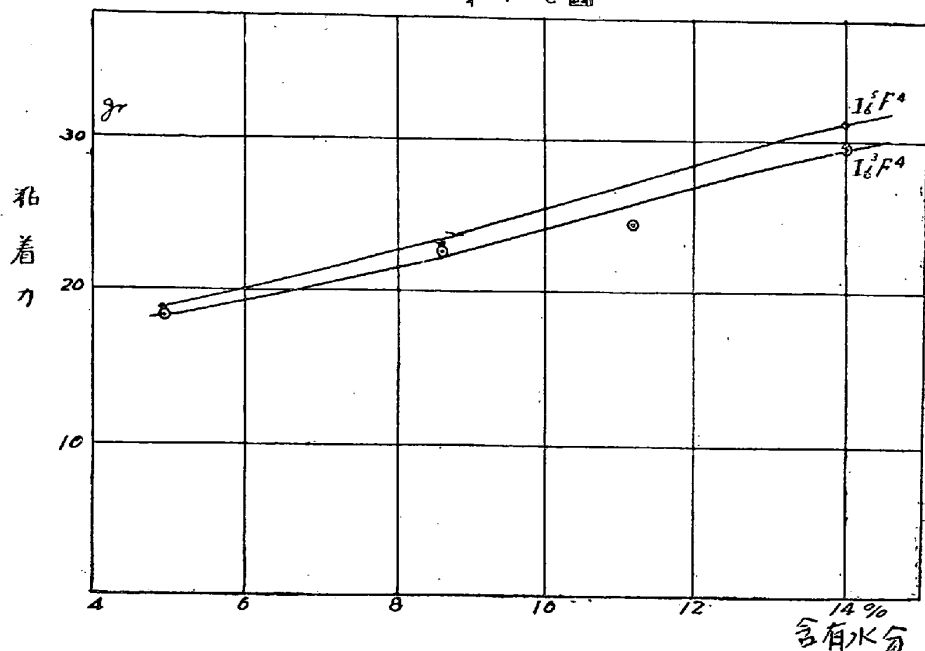
第十三表の如し、水分は初め前と同様に約 9 % 前後のものなり、乾燥の時間は 100 乃至 200 度（攝氏）の温槽中にて約 20 時間とす。

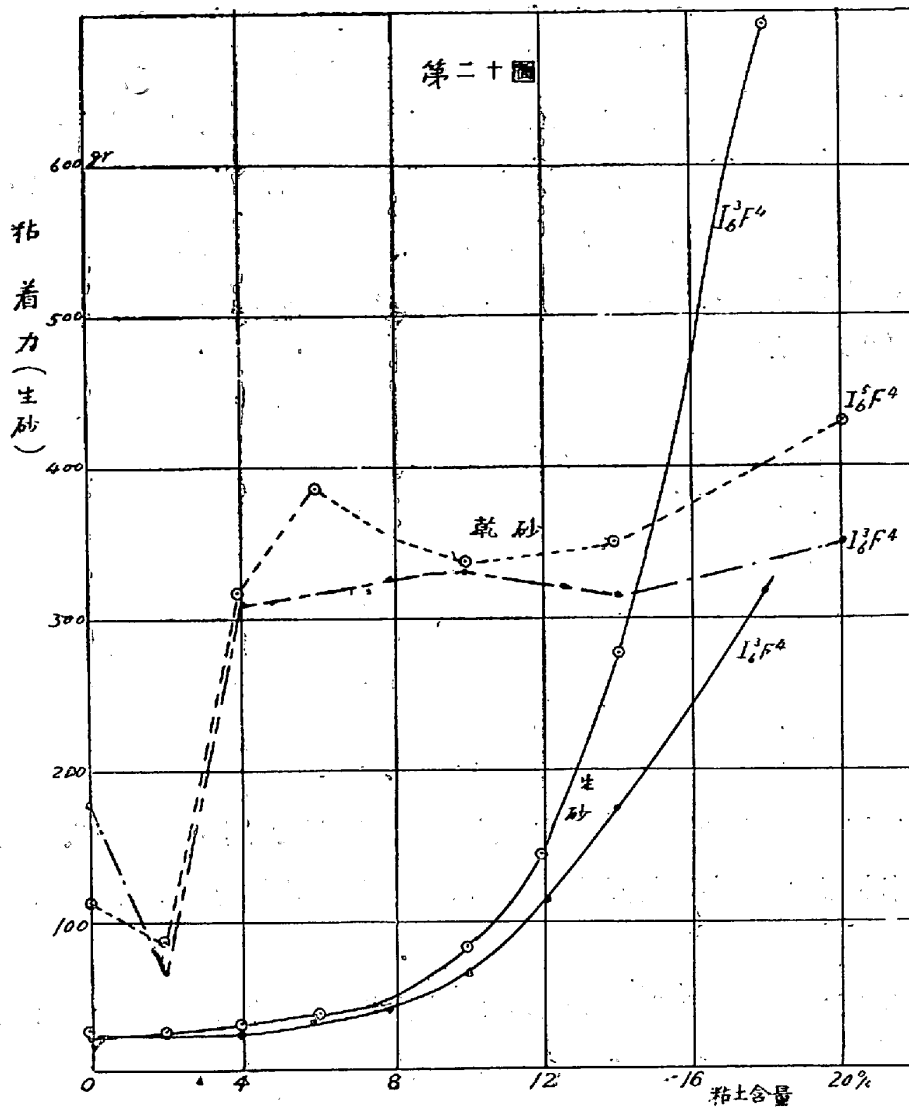
粘土の量 (%)	處理方	粘着方 (gr.)	粘土の量 (%)	處理方	粘着力 (gr.)
0	$I_8^3F^4$	254	8	$I_8^3F^4$	273
"	$I_8^5F^4$	300	"	$I_8^5F^4$	409
2	$I_8^3F^4$	328	10	$I_8^3F^4$	404
"	$I_8^5F^4$	380	"	$I_8^5F^4$	499
4	$I_8^3F^4$	506	15	$I_8^3F^4$	373
"	$I_8^5F^4$	571	"	$I_8^5F^4$	425
6	$I_8^3F^4$	620	20	$I_8^3F^4$	289
"	$I_8^5F^4$	717	"	$I_8^5F^4$	563

此の結果を見ると粘着力は粘土の量を増すに従つて次第に増せども 8 % 以上入るれば却つて減少す而してその増加率も濕りたる砂の場合よりも僅少なり、但しその粘着力は孰れも濕りたる砂よりも著しく大なり。

(C) 芦屋産中子砂 此の砂は二島産のものよりも粒多少大きく粘土量多少少なき故粘着力も小なり。

第十九圖





第十四表

水分(%)	處理方	粘着力 (gr.)	水分(%)	處理方	粘着力 (gr.)
4.96	$I_6^1F^4$	18.17	11.20	$I_6^1F^4$	20.48
"	$I_6^2F^4$	68.10	"	$I_6^3F^4$	24.21
"	$I_6^3F^4$	18.60	"	$I_6^4F^4$	25.51
"	$I_6^5F^4$	18.08	"	$I_6^5E^4$	28.34
8.66	$I_6^1F^4$	20.04	"	$I_6^6F^4$	28.34
"	$I_6^2F^4$	21.67	14.05	I_6^7	22.05
"	$I_6^3F^4$	22.48	"	I_6^8	23.70
"	$I_6^5F^4$	20.55	"	I_6^9	29.36
"	$I_6^6F^4$	22.77	"	I_6^{10}	30.13
"	$I_6^8F^4$	21.96			

之を圖示すれば第十九圖の如くなり即ち粘着力は水分と共に殆ど直線的に増す、此の砂に粘土を入れたる時の影響は第十五表の如し。

第十五表

水分(%)	粘土の量 (%)	処理方	粘着力 (gr.)	水分(%)	粘土の量 (%)	処理方	粘着力 (gr.)
8.38	2	I ₃ F ⁴	23.50	7.30	10	I ₃ F ⁴	67.40
"	"	I ₄ F ⁴	24.92	"	"	I ₄ F ⁴	81.80
8.38	2	I ₅ F ⁴	26.44	7.30	10	I ₅ F ⁴	85.25
"	"	I ₆ F ⁴	21.68	"	"	I ₆ F ⁴	100.90
8.57	4	I ₃ F ⁴	25.31	7.49	12	I ₃ F ⁴	112.60
"	"	I ₄ F ⁴	29.00	"	"	I ₄ F ⁴	114.75
"	"	I ₅ F ⁴	31.40	"	"	I ₅ F ⁴	143.50
"	"	I ₆ F ⁴	33.53	"	"	I ₆ F ⁴	173.30
8.00	6	I ₃ F ⁴	34.10	7.16	14	I ₃ F ⁴	175.8
"	"	I ₄ F ⁴	36.17	"	"	I ₄ F ⁴	258.5
"	"	I ₅ F ⁴	40.08	"	"	I ₅ F ⁴	278.5
"	"	I ₆ F ⁴	45.88	"	"	I ₆ F ⁴	298.3
7.468	8	I ₃ F ⁴	39.20	7.90	18	I ₃ F ⁴	319.0
"	"	I ₄ F ⁴	44.84	"	"	I ₄ F ⁴	434.7
"	"	I ₅ F ⁴	74.34	"	"	I ₅ F ⁴	698.5
"	"	I ₆ F ⁴	60.15				

之を圖示すれば第二十圖の如し、圖より明かなる如く、粘着力に對する粘土の影響は初め8%位までは僅少にして漸進的なれども10%以上粘土を含むに至れば急激に増加し行く、次ぎに此砂に粘土を種々の割合に混じ乾燥したる後の粘着力は下の如し、此の時初めの水分は8乃至8.5%の間にあり、而して乾燥の時間は前例の場合と同じく100乃至200度にて約20時間なり。

第十六表

粘土の量(%)	処理方	粘着力(gr)	粘土の量(%)	処理方	粘着力(gr)
0	I ₃ F ⁴	724.0	8	I ₃ F ⁴	1306.0
"	I ₅ F ⁴	459.2	"	I ₅ F ⁴	1422.0
2	I ₃ F ⁴	274.2	10	I ₃ F ⁴	1330.0
"	I ₅ F ⁴	246.5	"	I ₅ F ⁴	1358.0
4	I ₃ F ⁴	1239.0	14	I ₃ F ⁴	1263.0
"	I ₅ F ⁴	1278.0	"	I ₅ F ⁴	1503.5
6	I ₃ F ⁴	1516.5	20	I ₃ F ⁴	1411.0
"	I ₅ F ⁴	1546.0	"	I ₅ F ⁴	1730.0

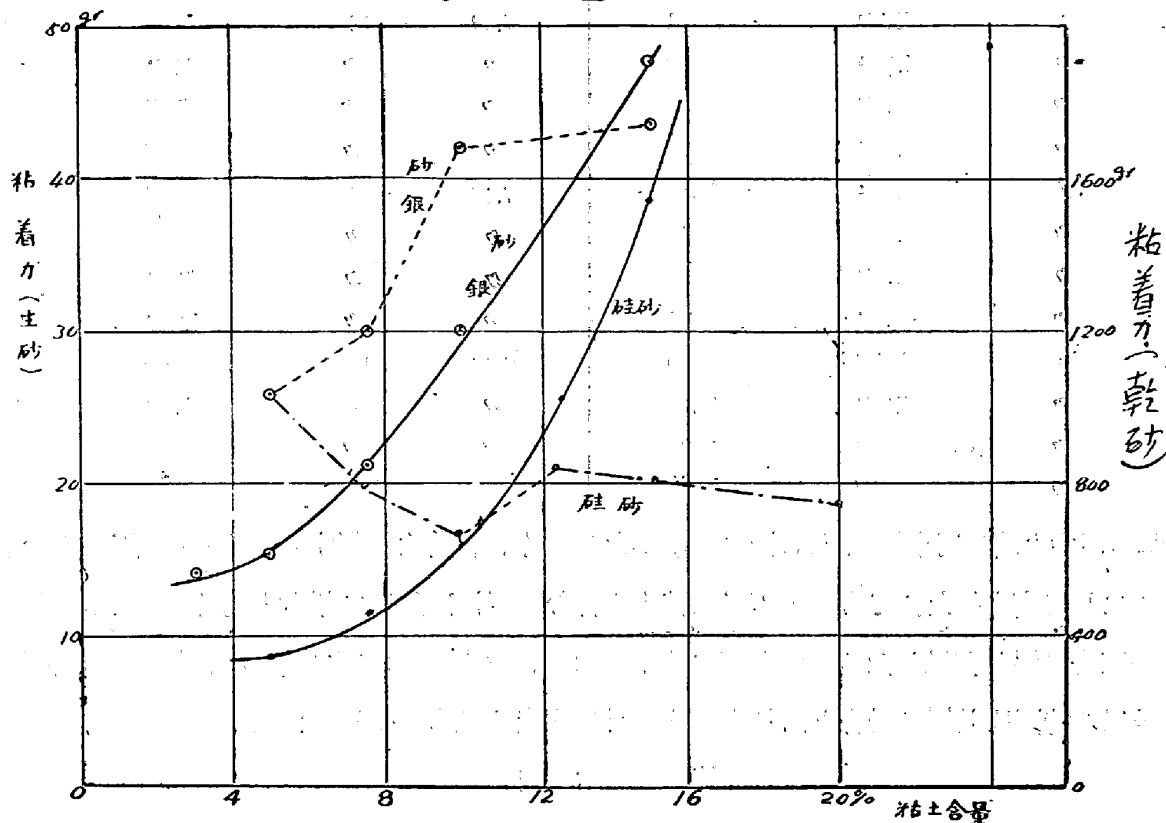
之を圖示すれば第二十圖點線の如し、之を見れば粘着力は粘土の量4%までは急激に増加すれどもそれ以後は緩かに増加す、而して処理方即ち打固め方には大なる影響なし、表又は圖より知らるゝ如く芦屋砂は二島産のそれに比し生砂の時は粘着力小なれどもそれを乾燥したる後は前者は遙かに後者を凌ぐ、これ一にその砂の粒の粗細並に均一不均一によるものならん。

(d) 刈田産腐砂 此の砂は別に粘土を混することなくそのまま使用に堪ゆるものなる故此處にては單に水分の影響のみを見たり。

第十七表

水分(%)	處理方	粘着力(gr)	水分(%)	處理法	粘着力(gr)
5.69	$I_3^2F^4$	108.1	〃	$I_3^2F^4$	160.0
〃	$I_3^2F^4$	188.8	8.79	$I_3^2F^4$	110.9
7.21	$I_3^2F^4$	129.0	〃	$I_3^2F^4$	121.4
			乾燥したるもの	$I_3^2F^4$	1454.0

第二十一圖



之より見れば此の砂の粘着力はその中に含まるゝ水分の量7乃至8%の間にて最大値ある筈なり、而して乾燥後の粘着力は極めて大なり、以上は可鍛鑄物用の鑄物砂(屑砂並に中子砂を含む)の粘着力なり、次に鑄鋼用の砂につき簡単に述べ。

(e) 硅砂 此の砂に就き粘土の量を種々加減したる時 F^4 の粘着力及びそれを乾燥したる時の粘着力を出せり、此の場合初めの處理法は凡て $I_3^2F^4$ の場合を求め他は省略せり。

第十八表

水分(%)	粘土の量(%)	粘着力		水分(%)	粘土の量(%)	粘着力	
		生砂(gr)	乾砂(gr)			生砂(gr)	乾砂(gr)
8.01	5	17.08	1046.0	8.22	12.5	55.45	846.0
8.21	7.5	23.14	793.5	8.38	15	85.20	809.5
8.09	10	35.50	664.5	8.32	20	203.00	756.0

之を圖示すれば第二十一圖の如くなり、圖より硅砂に混する粘土の量を増加し行けば粘着力は生砂の場合には對數的に増加し行き乾砂の場合には寧ろ減少す。

(f) 銀砂 前と同様に試験せし結果次の表の如し。第十九表は重に小型用の膚砂なり。

第十九表

水分(%)	粘土の量(%)	粘着力(gr)		水分(%)	粘土の量(%)	粘着力(gr)	
		生砂	乾砂			生砂	乾砂
7.54	2.5	28.28	—	7.78	10	60.38	1680.0
7.21	5.0	83.07	1046.0	8.02	15	100.75	1740.0
7.25	7.5	42.77	1199.0				

之を圖示すれば第二十一圖の如し、生砂の時は硅砂と相似たりと雖も乾砂の時は粘着力は粘土の量と共に増加す。

大型用の鑄物砂に就ては次の如き結果を得たり。

第二十表

水分(%)	粘土の量(%)	処理方	粘着力(gr)	水分(%)	粘土の量(%)	処理方	粘着力(gr)
7.51	10	I ₃ F ⁴	15.67	7.27	16	I ₃ F ⁴	84.80
"	"	I ₃ F ⁴	16.02	"	"	I ₅ F ⁴	114.10
—	12	I ₃ F ⁴	21.53	—	18	I ₃ F ⁴	140.30
—	"	I ₅ F ⁴	36.35	—	"	I ₆ F ⁴	196.80
7.73	14	I ₃ F ⁴	44.38	7.45	20	I ₃ F ⁴	206.00
"	"	I ₅ F ⁴	60.00	"	"	I ₅ F ⁴	253.70

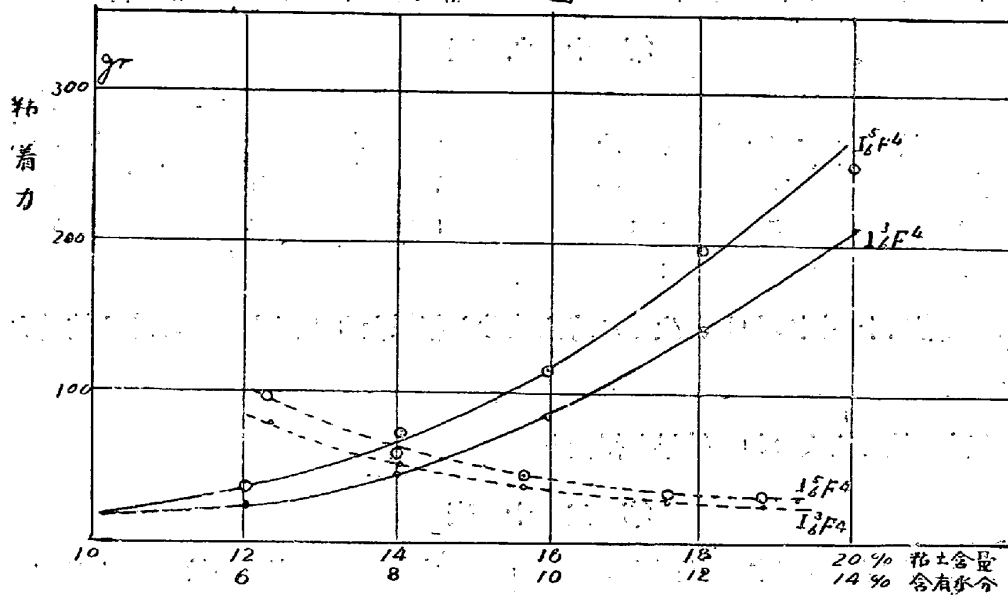
粘土の量を15%として種々水分を變へたる場合は第二十一表の如し、それを圖示すれば第二十二圖の如し。

第二十一表

水分(%)	処理方	粘着力	水分(%)	処理方	粘着力
6.315	I ₃ F ⁴	79.6	9.71	I ₅ F ⁴	42.7
"	I ₅ F ⁴	96.6	11.60	I ₃ F ⁴	27.1
8.06	I ₃ F ⁴	51.9	"	I ₅ F ⁴	33.0
"	I ₅ F ⁴	71.5	12.86	I ₃ F ⁴	27.4
9.71	I ₃ F ⁴	38.8	"	I ₅ F ⁴	32.0

之より見れば此の砂の粘着力は粘土の量の増加と共に對數的に増し水分の増加に對しては減少す、即ち此の砂は粒が最も粗大なるものなる故粘土量も從つて多量入るゝを要せり、されば此の砂は前述の可鍛鑄鐵用の砂とはその趣きを異にす、從つて水分の影響は前述のものとは異り 6%以下にて最大値を採る處あり、緒論に於て照會せる雑誌に掲出しある論文にては5%乃至6%の間にて粘着力の最大値ありと云ふ、これと此の試験の結果とを照會すれば該論文にて試験せる砂は多分普通大物用鑄物砂か粘土の多量に含む鑄物砂ならんかと思考す、尙ほ粒の大きさにより粘着力が如何に變り行くかを決定するを得れども之は可なりの日數を要する事且つ上述の試験の結果によりても大體砂の粘着力に對する觀念を得たることなれば尙ほ詳しき試験は後日に譲り、次に砂に對する種々の附粘着性物質に付き研究試験せり。

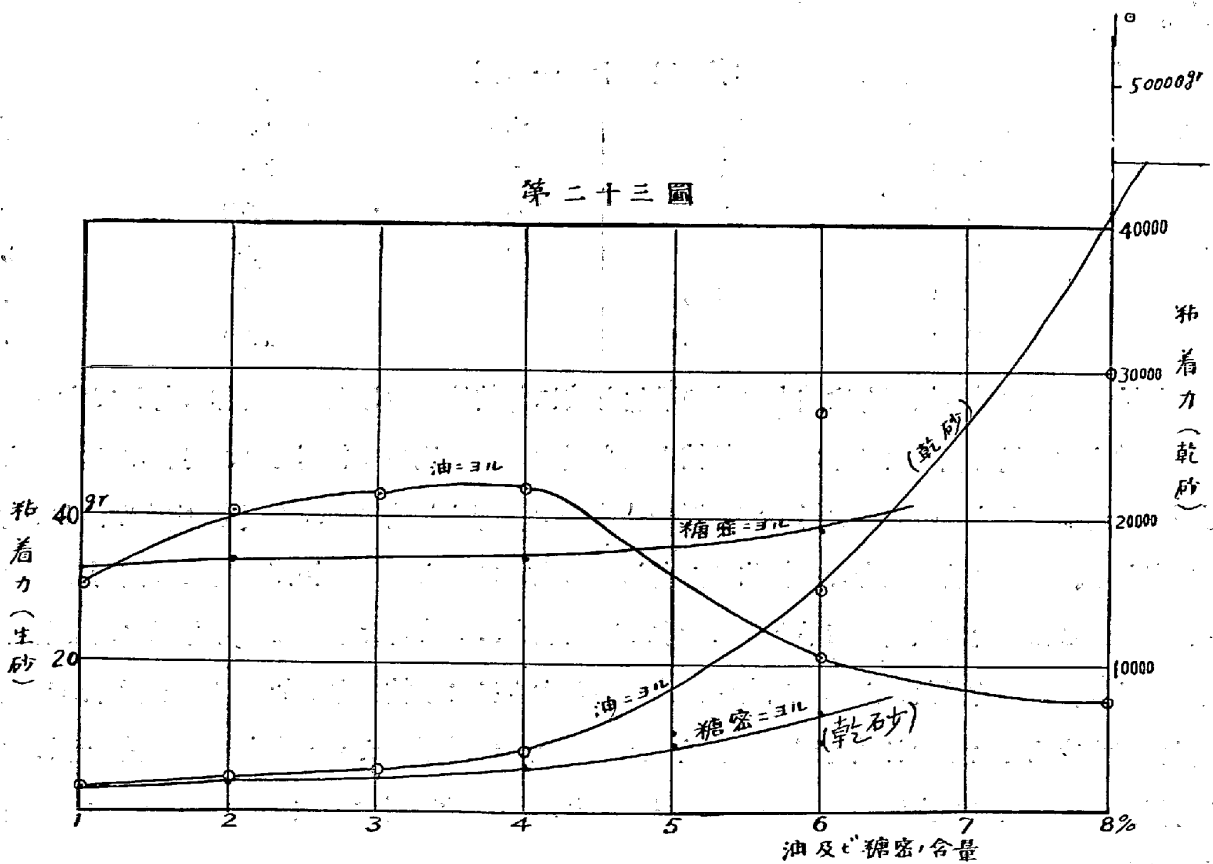
第二十二圖



(g) 附粘着性物質

(i) 糖密 此處にて糖密と云ふものは砂糖精製の際出づる殘糖の如き者なりと云ふドロドロしたる黒き液なり、而して試験の結果此の糖密の約半分は水分なり、故に調合に際しては水分の量約・8%になる様にせり、粘土は7%入る、砂の突き固め方は凡て I₃F⁴ を採用せり、これ此の程度が丁度實際現場にてなし居るものと同等のものなればなり、その結果次の如し。

第二十三圖



第二十二表

糖密の量(%)	水分(%)	粘着力		糖密の量(%)	水分(%)	粘着力(gr)	
		生砂	乾砂			生砂	乾砂
1.0	7.90	32.75	1634	4.0	7.36	34.74	{ 3238 4934
2.0	7.81	34.27	1845	5.0	7.13	36.40	{ 5950 4853
3.0	7.11	32.81	2653	6.0	7.03	38.83	{ 4794 6853

乾燥は100乃至200の温槽の中にて約8時間放置してなせり、乾砂の場合同種のものにも粘着力の違ふは乾燥の度違ふため生じたるものなり、即ち良く乾きたるものよりも強し。

之を圖示すれば第二十三圖の如くなり、これを見れば生砂の場合は糖密の量を増すと共に粘着力は直線的に増し乾砂の場合にはその増加の状況對數曲線的なり、即ち糖密は粘着力の方面より考ふれば乾砂の場合特に有效なるものなり。

(ii) 油 此處に用ゐたる油は大豆油にして常に本鑄物工場にて使用するものなり、その結果下表の如し、粘土含量は前例と同様7%にしてその處理方は I^3F^4 にして水分は油と合せて8%になる様に調合せるものなり表の數値にて圖示せるものは第二十三圖の如くなり。

第二十三表

油の量(%)	水分(%)	粘着力(gr)		乾燥時間(hr)
		生砂	乾砂	
1.0	7.24	30.40	1676	24
2.0	6.16	4106	2287	24
3.0	5.33	42.36	2544	24
4.0	4.07	44.67	4236	24
6.0	1.68	21.14	{ 27475 15420	47
8.0	0.22	15.47	{ 30260 55400	47

生砂の場合は油の量4%なる時最大の粘着力を有し、それより尙ほ油の量を増すと急に粘着力を減少す、乾砂の場合は糖密の時と同様に對數曲線的に變化す而してその増加度は糖密の時よりも急なり

(iii) 油及び糖密を共含する時 結果だけを擧ぐ、粘土の量又は處理方等は前と同じ。

第二十四表

油の量(%)	糖密の量(%)	水分(%)	粘着力(gr)		乾燥時間(hr)
			生砂	乾砂	
2.0	1.0	5.79	30.48	7650	23.5
"	2.0	5.50	33.90	5758	23.5
"	3.0	5.35	35.00	7490	23.5
"	4.0	5.13	39.83	{ 11.100 7.100	23.5
4.0	1.0	4.14	38.00	—	—
"	2.0	4.57	39.92	14870	23.5

4.0	3.0	3.07	43.12	{ 13535 25710	23.5
4.0	4.0	3.17	48.64	{ 20510 14440	"
6.0	1.0	1.71	21.02	{ 14420 27970	48
6.0	2.0	2.16	21.90	{ 24980 33690	"
6.0	3.0	1.66	23.60	27580	"
6.0	4.0	1.51	27.90	29400	"

之より見れば粘着力を増大せしむる爲めには油が最も有效なることを知る。

(h) 次に砂を乾燥すべき温度及び時間を種々變へて試験せる結果を擧ぐれば下の如し。

此の時使用せし砂は芦屋産砂にしてそれに7.5%の木節粘土と4%の水及び油とを混じたるものにつき試験せり、初め前述の如くして作りたる砂型を温槽に入れ半ば乾燥したる後、或る一定の温度に或る時間保持し、それを取り出して試験せり、温槽の温度下の如し。

時間	Am h 11-0	h m 11-30	Pm h 12-0	h m 12-40	h m 1-10	h m 1-40
温度	141°	165°	163°	185°	200°	168°
時間	Pm h 2-0	h m 2-50	h m 3-10	h m 3-40	h 4-0	h m 4-50
温度	149°	149°	131°	115°	116°	115°

試験の結果は次の如し。

第二十六表

加熱温度 (°C)	加熱時間 (hr)	粘着力 (gr)	加熱温度 (°C)	加熱時間 (hr)	粘着力 (gr.)
hot bath	のみにて加熱せるもの	783	200	6	674
150	2	7710	250	2	2573
150	4	8738	250	4	1388
200	2	5490	300	2	729
200	4	6081	300	4	692

250 度にて6時間以上加熱せるものは愈々脆弱となり測定し得ず。又300度にて4時間以上のものも又脆弱にして測定し得ず、而して400度以上に加熱すれば一時間加熱するも脆弱となる、即ち油を全く蒸發せしめざる前に最大の粘着性を與ふる處あるなり、初め油を入れたる時の如く強大なる粘着力を利用し可謂長壽鑄型 (Long life mould) なるものに適用せんと思ひしも此の試験にそれが全く不可能なること知られたり。

終りに以上試験したる砂は如何なる形状をなすものなるかを示すためにその寫眞を擴大して撮り巻尾に掲げたり、此處にては凡て50倍に擴大せり。此の寫眞より明かなる如く刈田産膚砂は微細なる圓滑の形状を呈す故にその粒の細かき割合に通氣率は小ならざるべし、二島産砂及び芦屋産砂も孰れも天然産のものなれば圓みを帶ぶ、珪砂も粒大なれども圓みを呈するより見ればこれは天然産のものな

らん、銀砂は人工的に破碎せるものなる故粒は大小不同にして殊に微細なる粒のもの多し而して形状も角張れり、之れ粒の大なる割合に通氣率小なる所以なり。

五、耐火度試験

耐火度試験に使用せし 爐はタンマン式電氣抵抗爐にして 1300度以下は豫め更正を施したる 熱度計 (Pyrometer) を使用し、それ以上の溫度に對してはゼーゲル錐を使用せり、溫度の上昇の速度を加減するために此の電氣爐用變壓器の一次側に無誘導の抵抗器を入れ以て隨意に欲するまゝの加熱速度を求むるを得たり、試験すべき砂はこれを細粒に擦り碎きたる後それにて普通のゼーゲル・コーンと同形の錐を作り、1300度以上の時はゼーゲル錐と此の試料とを相對的位置に竝列せしめて溫度を高め兩錐が同時に倒れたる場合を觀測してその耐火度を定め、1300度以下の時は試料を爐の中央に直立せしめその直ぐ側に白金及び白金—ロヂュームの熱電對を挿入し、試料が倒れかゝる時より、屈曲して90度位に曲りたる時の溫度を測定せり、此の後の場合には爐の溫度を高むる速度は極めて緩かにせり、測定の結果を擧ぐれば下の如し。

第二十七表

砂の種類	耐火度		備考
	Pyrometerニテ	Segor coneト比較シテ	
二島産膚砂	測リシ溫度 1482°	定メタル溫度	1449°ニテ尖端ヨリ曲リ初ム
蘆屋産中子砂		1710°(S. K. 32)	
刈田産膚砂		1750°(S. K. 34)	S. K. 345 トハ 34 番ト
鑄鋼用硃砂		1760°(S. K. 34.5)	35番トノ中間ヲ意味ス
鑄鋼用銀砂		1760°(S. K. 34.5)	
木節粘土		1670°(S.K. 30)	
酸性白土		1535°(S.K. 15)	

之より見れば二島産膚砂以外は耐火度良好なり、此の砂の耐火度の低きは後章にて説明せられる如く酸化鐵の含有量大なるためなり。

上表に示せる S.K. は東工業試験所のゼーゲル錐の番號にしてその指示溫度は普通參考書に掲げられ居るものと多少違ふ故參考までに次に掲ぐ而して此表は最近獨逸より來れるゼーゲル錐番號とも同様のものなり。

第二十八表

番 號	變形溫度	番 號	變形溫度	番 號	變形溫度
S. K. 10	1300°C	S.K. 19	1520°C	S.K. 33	1730°C
11	1320	20	1530	34	1750
12	1350	26	1580	35	1770
13	1380	27	1610	36	1790
14	1410	28	1630	37	1825
15	1435	29	1650	38	1850
16	1460	30	1670	39	1980
17	1480	31	1690	40	1920
18	1500	32	1710		

六、焼付の理論

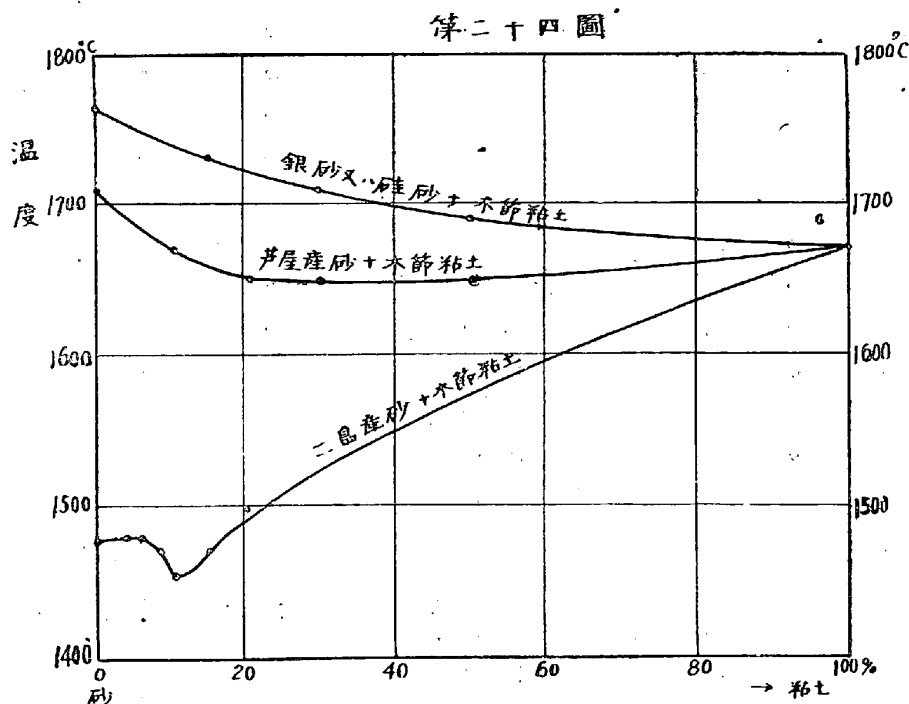
鼠鉄鑄物の如く熔湯の温度低くその凝固點も低きものに於ては砂の焼付の現象を見ること稀なれども當工場にて行はるゝ鑄物は可鍛鑄鐵にして熔湯の温度は炭素量なき爲め可なり高く焼付きの起ること稀ならず、鑄鋼の場合に於ても勿論然りとす、此の焼付なる現象は何によりて起るか、而して如何にせばその焼付を防ぐことを得るかを知ることは極めて肝要なることなり、而してその鑄物が焼鈍後亜鉛鍍金をなす必要ある時は殊に然りとす。

先づ何故に焼付が起るかを探究せん、鑄型用屑砂又は中子砂として天然産砂に粘着性を増すために主として粘土を加へ時として油とか糖密とかを僅かに加ふる場合もあり、前章にて述べたる如く耐火度としては二島産砂を除けば他は凡て可なり優良なるものなり即ち1700度以上の耐火度を有す、而して木節粘土の耐火度は此等のものより多少劣れども尙ほ1670度まで加熱せざれば熔解せず、一方鑄型に注入する熔湯の温度は可鍛鑄鐵の場合に於て高くとも1400乃至1450度位のものにして1500度に達すること稀れなり、さればかゝる温度の熔湯を注入してそれが砂又は粘土に接觸するも此等砂又は粘土は熔着する筈なき理なれども實際は熔着す、シリカを主成分とする砂とアルミナ及びシリカを主成分とする粘土とが混合したる場合恰も異種の金屬が熔融し合ふ時その合金の融解點が低下するが如くその耐火度が遞下するにあらざるか、これを確かむるために上述の砂に木節粘土を種々の割合に混じて、それにてゼーゲル錐の如き形の試料を作り、前章に述べたる如くしてその耐火度を測定せり。その結果下の如し。

第二十九表

配 合	耐 火 度	備 考
二島産砂ノミ	1482°(Pyrometer = ヨル)	頭部ノ曲リ初メノ温度1449°
二島産砂96(%)木節粘土4(%)	1483°(")	" " 1439°
" 94 " 6	1483°(")	" " 1439°
" 92 " 8	1473°(")	" " 1434°
" 90 " 10	1455°(")	" " 1436°
" 85 " 15	1474°(")	" " 1446°
" 80 " 20	1502°(")	" " 1472°
" 70 " 30	1540°(Seeger cone = ヨル)	
木節粘土ノミ	1670°(")	
蘆屋産砂ノミ	1710°(S.K. 32)	
蘆屋産砂90(%)木節粘土10(%)	1690°(S.K. 31)	
" 85 " 15	1650°(S.K. 29)	
" 80 " 20	1650°(S.K. 29)	
" 70 " 30	1650°(S.K. 29)	
" 50 " 50	1650°(S.K. 29)	
硅砂ノミ	1760°(S.K. 34.5)	
硅 砂 85(%)木節粘土15(%)	1730°(S.K. 33)	
" 70 " 30	1710°(S.K. 32)	

硅砂 50(%)	木節粘土 50(%)	1690°(S.K. 31)
銀砂ノミ		1760°(S.K. 34.5)
銀砂85(%)	木節粘土15(%)	1730°(S.K. 33)
〃 70	〃 30	1710°(S.K. 32)
〃 50	〃 50	1690°(S.K. 31)



之を曲線に畫けば第二十四圖の如し、是等より見れば砂に粘土を加へたる時は幾分かは耐火度遞下すれどもその影響たるや極めて少なし、即ち木節粘土を加へたるがために耐火度を下げ焼付が生ずるものとは考へられず、他に原因を求めざるべからず鑄物砂に入る不純物としては此粘土の外には主として黒鉛及び熔湯凝固後の酸化により生ずる酸化鐵となり、その他のものは例令入りても僅少にして砂の耐火度を下ぐるに至らざるべし、黒鉛の熔融點は3000度以上のものにしてそれが他のもの（砂を指す）と作用し合ふとは考へられず、それ故次に此の鐵の酸化物が如何に木節粘土又は砂に影響するかを見たり、鐵の酸化物としては化學的處理にて純粹のものを求むるを得れども此處にては實際の場合に起る現象に近からしむるために鐵板を約1000度に數十時間保持して自由に酸化せしめその酸化鐵を脱落して使用せり、されば此の酸化鐵の中にはヘマタイト Fe_2O_3 もあるべく又マグネタイト Fe_3O_4 もあるべし、此の酸化鐵と粘土又は砂とを種々に配合混和して耐火度試験をなせり、その結果次表の如し。

第三十表

配 合	耐 火 度	備 考
木節粘土 20(%) 酸化鐵 80(%)	1181°	頭部ノ曲リ初ムル温度 1176°
〃 30 〃 70	1162°	〃 〃 1148°
〃 40 〃 60	1176°	〃 〃 1148°

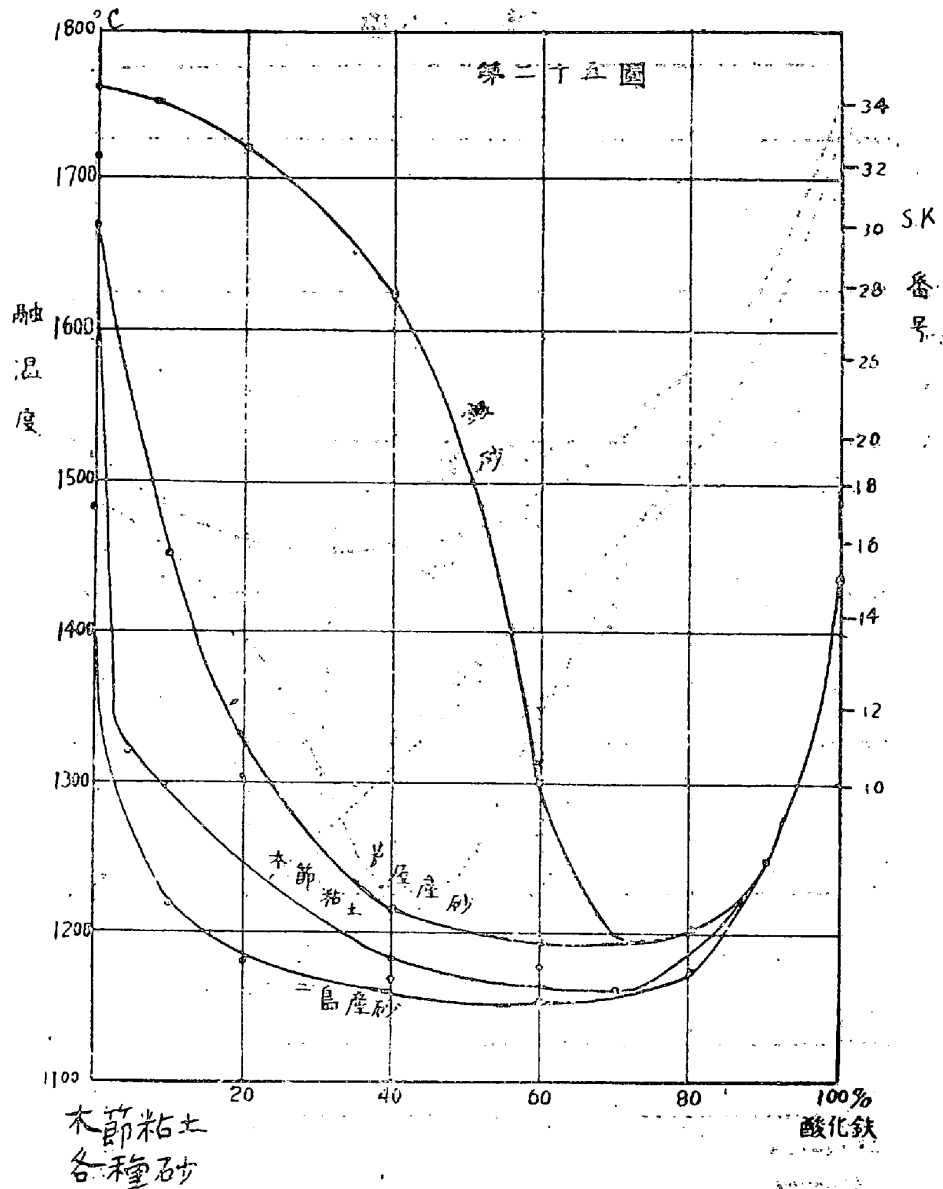
〃	60(%)	〃	40(%)	1181°	〃	〃	1157°	此ノ四ツハ 温度上昇ノ 途中1148° ニテ試料ノ 表面ノ處々 ヨリブツブ ツト泡立ツ
〃	80	〃	20	1302°	〃	〃	1280°	
〃	90	〃	10	1300°	〃	〃	—	
〃	95	〃	5	1320°	〃	〃	—	
酸化鐵ノミ				1435°(S.K. 15)				
二島産砂	90(%)	酸化鐵	10(%)	1218°	頭部ノ曲リ初ムル温度		1195°	
〃	80	〃	20	1180°	〃	〃	1151°	
〃	60	〃	40	1170°	〃	〃	1151°	
〃	40	〃	60	1154°	〃	〃	1138°	
〃	20	〃	80	1175°	〃	〃	1175°	
蘆屋産砂	90(%)	酸化鐵	10(%)	1450°(S.K. 16)	1405° = テ表壁泡立ツ			
〃	80	〃	20	1330°	頭部ノ曲リ初ムル温度		1300°	
〃	60	〃	40	1217°	〃	〃	1193°	
〃	40	〃	60	1198°	〃	〃	1175°	
〃	20	〃	80	1198°	〃	〃	1175°	
銀砂	90(%)	酸化鐵	10(%)	1750°(S.K. 34)				
〃	80	〃	20	1720°(S.K. 325)				
〃	60	〃	40	1630°(S.K. 28)				
〃	40	〃	60	1310°	1290° = テ曲リ初ム			
〃	30	〃	70	1200°	此二ツハ一時 = 熔融ス			
〃	20	〃	80	1195°				
〃	10	〃	90	1246°				

之を圖示すれば第二十五圖の如し、之を以て見れば酸化鐵の影響は甚大にして銀砂硅砂の如き耐火性の砂にても酸化鐵60%も入れば酸化鐵それ自身の耐火度よりも遙かに低くして熔くる様になれり二島産砂には既に酸化鐵を含む故それに僅かの酸化鐵を加ふることにより著しく耐火度を減ず、反對に酸化鐵の含有量少なきもの程その添加により耐火度を減ずる程度少なし、又アルミナ Al_2O_3 の含有量の程度は二島産砂蘆屋産砂及び銀砂若くは硅砂の順序に減少す、それ故アルミナに對する酸化鐵の影響を見る必要あり、此處に於ては化學的處理により純粹なるアルミナを作り、それに前記の如き酸化鐵を加へて試験せり、その結果下の如し。

第三十一表

配 合		耐火度
Alumina / 量	酸化鐵 / 量	
100 %	0	2020° (之レハ P. G. H. Boswell 著 Refractory sand ヨリ採ル)
80	20%	1790° 以上(S.K. 36 以上)
60	40	1790° (S.K. 36)
40	60	1770° (S.K. 35)
20	80	1435° (S.K. 15)

之を圖示すれば第二十六圖の如くなり、之より見ればアルミナと酸化鐵とは作用し合ひてもそれにより熔融點を下ぐること少なし、而して此の二種のものとの反應ありても減少す、ある極限あり即ち酸

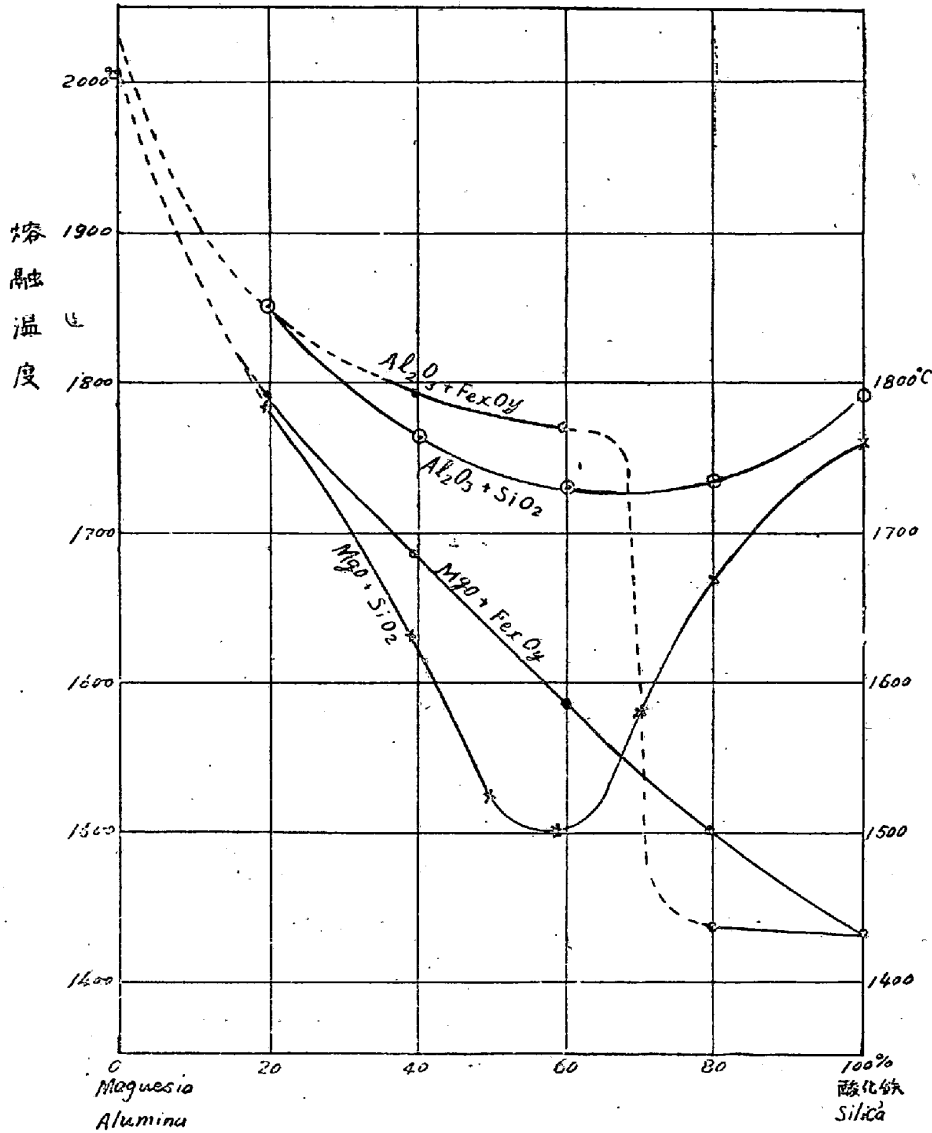


化鐵多くなれば互の反應はなくなり熔融點は酸化鐵のそれと等しくなる、之にてアルミナに對する酸化鐵の影響は知られたり、次にアルミナと共存するシリカに對して互が如何なる影響を呈するものなるかを知る必要あり、夫故前記銀砂又は硅砂の内シリカの結晶粒のみを擇り分けそれを純シリカと見做し、それにアルミナを種々の割合に配合せりその耐火度は第三十二表の如し、尙ほ之を圖示すれば第二十六圖の如くなり、これより見ればシリカとアルミナを混合すれば各單獨に存在する時よりもその熔融點低し、但しその低下せしむる程度は僅少なり。

第三十二表

配 合	耐 火 度
Al ₂ O ₃ 80% SiO ₂ 20%	1850° S.K. 39)
60 40	1760°(S.K. 345)
20 80	1730°(S.K. 33)
0 100	1790°(S.K. 36)

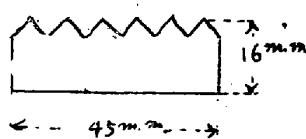
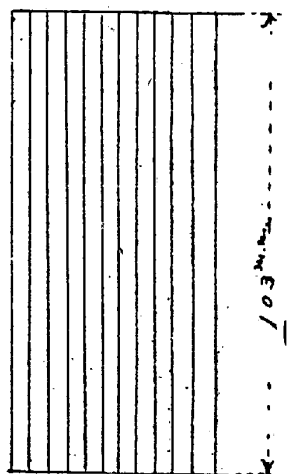
第二十六圖



アルミナとシリカとが單獨に機械的に混合し居る場合は上記の結果にて充分なれども、若しそれが互に熔融し合へる状態にては果してその熔融點が上記の價をとるものなるか、之れを確かむるがためにシリカ及びアルミナを 60 乃至 40 の割合に配合し上記の如く細粒に碎きて混合しそれを一度互によく熔融せしめたる後再び細粒に打碎きて試料を作り耐火度試験をなせしに約 S. K. 33 即ち上記の機械的に混和せるものと始んど變はりなし、砂の主成分を見るに主としてシリカにしてそれに多少のアルミナ及び酸化鐵を含み CaO, TiO 等も含む場合あれどもその量は極めて少し、されば砂に酸化鐵を加へたる時その熔融點を遞下せしむるは一に砂中のシリカと酸化鐵の化學反應によるものなること想像するに難からず而して此砂に粘土を僅かに混じたるものにて作りたる鑄型の中に熔湯を注入したる場合何故に焼付くか、化學分析表より見るも酸化鐵の量は左程多からず、故にそれ自身だけにては熔湯の溫度位にては決して熔融狀となるものにあらず他に原因ある筈なり、元來鐵を加熱して行く時は 180 度位より多少酸化し始め酸化物の膜の厚薄により種々着色して見ゆ而して Ac_1 點以上

即ち約 750 度以上より漸くその酸化の程度激しくなり、それより温度尙ほ昇るに従つて急激にその酸化の度を増すものなり、而して熔融状の鐵にても空氣又は酸素に接する表面は甚しく酸化の起るものなり今熔湯を鑄型に注入するに當り、それが空氣に曝露さるゝ表面は例令その時間が短かきにせよ、多少は酸化せらるゝものなり而して普通砂型の如く凹凸甚しき程その酸化は甚しかるべし、かゝる表面酸化は熔湯が凝固したる後にも續くものなり、此處に出來たる酸化物は砂と密接に接觸するものにしてその接觸面にてシリカと酸化鐵との量が前掲の曲線に示さるゝ如き熔融點を低むるに適當なる比に達し而も尙ほ鑄物の温度高き時はその熔融は愈々進行しそれが鐵の表面に固着し、此處に焼付の現象が萌すものと思考せらる、鑄物の大なる者程焼付の多きはこれがためなり、又二島産砂の如く酸化鐵の含有量多き砂の時はその砂の中に含有せらるゝ酸化鐵は鑄物の表面に發生せられたる酸化鐵と相待ちて、此の作用を促進するものなり、以上の如く焼付は主として酸化鐵の作用なることを尙ほ實驗

第二十七圖



により確かむるがため二島産砂及び芦屋産砂に種々の割合に酸化鐵を混じて第二十七圖の如き鑄型を作りそれに熔湯（その温度 1400 度前後）を入れ出來たる鑄物をタンブラーにて處理したる後その焼付の状態を見たるに二島産砂にては凡て焼付きて比較に都合悪しかりしも芦屋産砂にては酸化物を多く入る程焼付の程度が甚しくなることを知られたり、此の實驗にては酸化鐵の量 2%、5%、7.5% 及 10% まで採れり、即ち焼付は主として酸化鐵のためなること、これより知らるゝ事柄なり、尙ほ砂の古き程（幾回も鑄型に使用したるもの程）焼付きの甚だしきは古き程酸化鐵の量を増すためなるべし、此處に於て焼付の原因は上記の如く知られたる理なるが如何にして此の焼付を防ぐべきか次に研究せり。

マグネシア MnO はシリカ及びアルミナと共に極めて良好なる耐火材なり、されば此のものにて砂型の表面を被覆すれば如何なる結果を持ち來すかを知らんがため先づマグネシアと酸化鐵及びシリカとの反應を研究せり、即ちマグネシア粉と是等のものと種々の割合に混合して試験材料を作り前と同様に耐火度を測りしに下の如くなり、マグネシアの耐火度は此處にては測られず P. G. H. Boswell の Refractory sand に掲出しある温度 1990 度を採る。

第三十三表

配 合			配 合		
Magnesia	酸化鐵	耐火度	Magnesia	Silica	耐火度
20%	80%	1500°(S.K. 18)	20%	80%	1670°(S.K. 30)
40	60	1580°(S.K. 26)	30	70	1580°(S.K. 26)
60	40	1690°(S.K. 31)	40	60	1500° S.K. 18)
80	20	1790°(S.K. 36)	50	50	1520°(S.K. 19)

60	40	1630°(S.K. 2s)
80	20	1780°(S.K. 35.5)

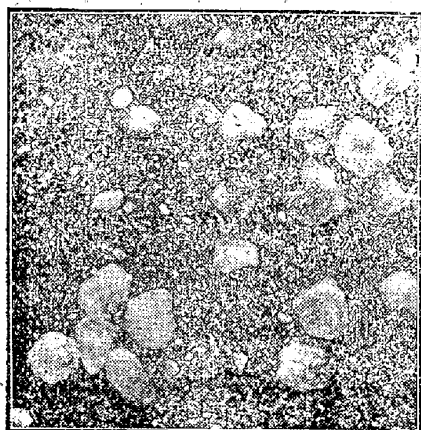
之を圖示すれば第二十六圖の如し、これを見ればマグネシアに對する酸化鐵の影響は恰も直線的に耐火度を遷下せしむ、マグネシアとシリカとは一方は鹽基性なるに後者は酸性のものなれば互に化學反應してその熔融點を下ぐるものなることは初めより豫想せられたり、而して圖より此等二つの要素が結合すれば各單獨のものよりも著しく耐火度を減少せしむ、かゝる化學反應ありて熔融點を下ぐるものはそれを高温度に保つ時間にも影響するものなる故今マグネシアとシリカとが互に熔融したる後の熔融點は果して各要素を互に機械的に結合したるものの夫れと一致するか否かを確かむるために、マグネシア 40 % シリカ 60 % の配合のものを作り初め之れを良く熔融せしめ然る後にそれを粉にして試料を作り試験せしに S. K. 12 即ち 1350 度となれり前記機械的混合の試料に比し 150 度低し、これより見れば上述の如き混合物を一度熔融したる後はその熔融點は著しく下ることを知らるゝ故之れを酸化鐵とシリカとの場合に適用せんに、此の場合にても上記の場合よりも熔融點下るものと思考す、例へば二島産砂にては酸化鐵は此研究にて作りたる試料の如き機械的混合よりよくシリカと結合し居る筈なれば、その砂の熔融點がシリカと酸化鐵の機械的混合の試料より出したる曲線圖より求めたる熔融點（同成分の儘の混合の）よりも著しく低きはこれがためなり、而して又酸化鐵により最も低められたる熔融點即ち 1130 度はそれを求むるに長時間を要して加熱したる結果なれば實際の熔融點よりも多少は高からんもその差は僅少ならんかと思考す、而して實際焼付の場合にては寧ろ機械的結合より進みし結果と見る方至當とするが故前述の温度は實際の場合に近からん、ライム (Lime) も又マグネシアと同様に耐火材なれども鹽基性なればマグネシアと同様な作用をなすものと思考して大差なからん。

かゝるライム又はマグネシアに對するシリカ及びその他の酸性の耐火物質の作用を知り置くことは熔鐵用爐の建造に肝要なるものなるを以て特に斯くの如く試験し参考に資せる次第なり。

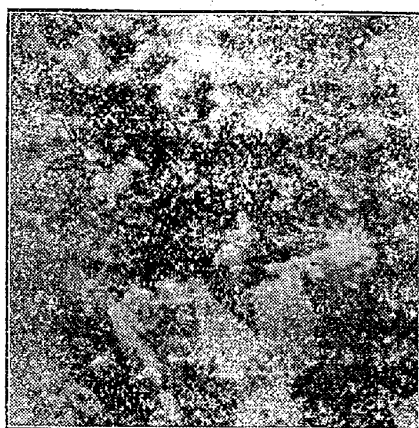
マグネシアに對する酸化鐵の影響は前記の如くシリカに對する場合よりも良好なる故マグネシアを木節粘土と共に種々の割合に混じて耐火度試験をなせしに餘り良結果を得られず且つマグネシアは他のものに比し價格も低廉ならず殊にシリカに對し惡影響ある故、マグネシアを用ふることは面白からず。

次に焼付は酸化鐵に起因するものなれば鐵の酸化物の發生を少なからしむるか、又は發生せし酸化鐵を直接砂に接觸せしめざる様にすれば可なり酸化物の發生を防ぐために鑄型中に含まるゝ空氣中の酸素をしてこれが鐵と結合する前に他のものと結び付きて鐵の酸化を少なからしむること必要なり、そのために現場にては鑄型を作りて仕上ぐる時黒鉛粉を散布するは之れがためなり、即ち一は空氣中の酸素の一部と黒鉛とが作用して酸化炭素を作り他方黒鉛のために鐵は直接に砂に接觸せしめざる様にす、夫故此の場合には殆んど焼付かず、黒鉛はそれを赤熱しても外の木炭又は石炭の如く直ちに燃

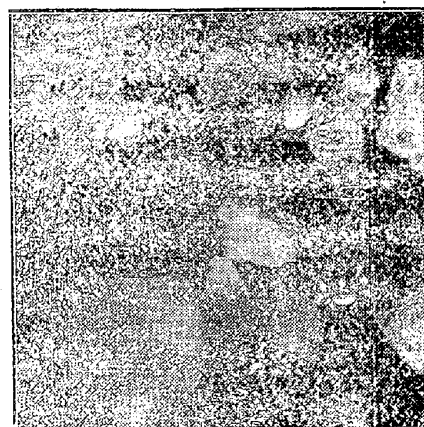
えすす其燃焼の速度かなり遅し、今二島産砂に粘土5%を混じそれに黒鉛を2, 5, 7.5 及び10%の割合に混じたるものにて第二十七圖の如き鑄型を作りその中に熔湯(温度1400度前後)を入れて焼付の状況を見たり、出来たる鑄物はタンブラー中にて處理して砂の落ち具合を見てその程度を定めたり、之れにて見れば黒鉛の量を増す程焼付の程度少く10%の黒鉛を入れたるものにては殆んど落砂せり即ち焼付かず、次に黒鉛の代わりに木炭粉を使用せしに結果良好にして木炭5%だけ入れしのみにて既に黒鉛10%入れたるものに匹敵す、之れ木炭は黒鉛より酸素と化合し易きがためなり、中子砂に油を入れて焼付より免るゝを得るは油は主として水炭化物にしてその中の炭素は酸素と化合し



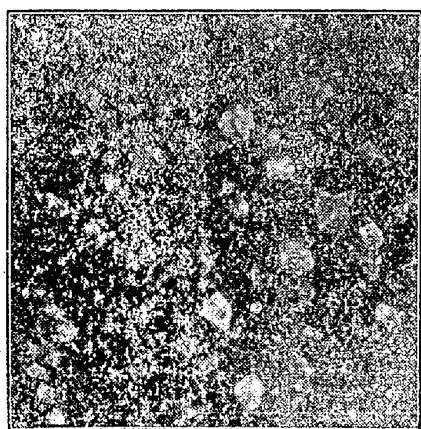
二島産屑砂 ×50



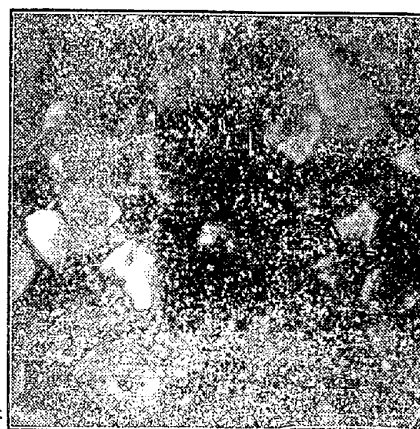
蘆屋産中子砂 ×50



鑄鋼用銀砂 ×50



刈田産屑砂×50



鑄鋼用硅砂×50

て酸化炭素を生ずべく水素も又酸素と化合する故にしてその化合の速度たるや前の木炭又は黒鉛の比にあらず、かなり速かなる故此の場合には主として空気中の酸素をとりたるために焼付より免るゝものならん、斯くの如く凡て脱酸劑となるべき物質を鑄物砂の表面に散布して完全に脱酸すれば此の焼付を防止すること至難のことにあらざるべし。

七、結 論

以上にて鑄物砂の性質が大體知られたる理なり、即ち普通の鑄物砂、二島産砂、蘆屋産砂、刈田産砂(以上可鍛鑄鐵用)鑄鋼用硅砂及び銀砂等につき第一に通氣試験をなし、此等の砂に混すべき粘土及び水分が如何に通氣に影響を及ぼすものなるか、其結果を表に擧ぐると共に曲線に畫きて一目瞭然

たらしめ、次に此等の砂に粘土及び水分を混和せし時の粘着性試験をなしてその影響が如何になり居るかを知れり、此の二つの性質を知れば砂にて鑄型を作る際に如何に處理すれば宜しきか又その作りたる鑄型に熔湯を入れし時中にありたる空氣又は新しく發生せし瓦斯をして充分速かに排除せしむることを得るか豫測し得べからしむ、その奈邊の程度が最も適當なるかは鑄物の大きさ又は形狀により一定ならず、その邊の加減は當事者の考へに依りて定むべきものにして其ため凡て實際の場合のものと比較研究せり、而して又各種砂の化學分析、粒の粗細の程度及び耐火度等凡て試験せる故、此處になせる研究の結果を熟讀會得すれば、任意の砂に就きてその化學分析並びに機械分析をなせばそれによりその砂の通氣性並びに粘着性に對する水分及び粘土の影響等を豫測し得べく、耐火度等をも豫定することを得べし。

砂の焼付きを防ぐためには出來得べくんば黒鉛粉を凡て表面に一様に行渡る様にすること肝要なれども普通鑄物の形狀は種々雜多にしてかく黒鉛を行渡らせること不可能の場合極めて多し、かゝる場合には砂に石炭粉又は木炭粉を適當に混じたるものを使用しその焼付きより免るゝを得べし、而して實際の場合にはそれが實行の難易あることなれば當事者は適宜考案を巡らすべくその爲めにその焼付きの主たる理由を述べ參考に供せし次第なり。

終りに此の研究報告を公表し一般當事者の參考に供せしむる事に同意されし、戸畑鑄物株式會社の厚意を謝し又研究をなすに當り當會社研究課の吉田良邦君の熱心な助力に對し感謝致します。(終)

現代的基礎産業としての石炭及鐵工業を 論じ併せて其資源の獨占傾向に及ぶ

小 島 精 一

本篇は大正十三年十二月十日偕行社に於ける日本鐵鋼協會講演の稿本なり、同講演にては結言として本邦製鐵業政策の前途に及びたるも茲には都合にて之を略せり、尙ほ之は拙著「鐵鋼業發展史論」中の一節なれば重ねて同書の一部として發表すべし。

一、緒言—帝國主義の支柱としての炭鐵業

(一)現代産業の物質的基礎としての石炭と鐵—之に關する諸學說、殊にパプロヴィツチの「シンヂケート冶金工業の政策としての帝國主義」に就いて 國家の盛衰又は廣く人類發展の歴史を主として唯物的に説明せんと欲する人々は前世紀末葉以來の資本主義的文明の目醒しき飛躍と其ために生じた種々の争鬪の根因を主として鐵と石炭との二つに歸せぬ事は少い。「鐵と石炭との文明」と常に稱呼される文句は、決して單なる譬喩的意味だけに止まらない。

私は前章にブーダンが世界大戰の原因を如何に鐵工業の發展を中心として説明したかを紹介した。