

無ニッケル非磁性鑄鐵の研究

谷 村 照*

I 緒 言

非磁性鑄鐵は既に文獻¹⁾や特許報告に紹介せられ現在迄に相當使用せられて居るが第1表にその數例を示す様に孰れもニッケルを多く含む。昨今の事情では無ニッケルの非磁性鑄鐵が欲しい。

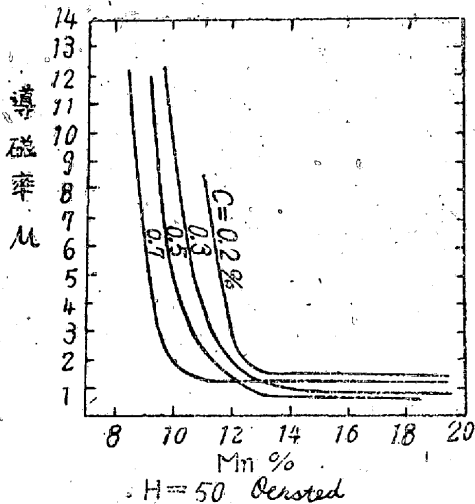
第1表 ニッケルを含む非磁性鑄鐵の化學成分

名 稱	T.C.	Si	Ni	Cr	Cu	Mn	其他
Niresist	3.75-3.1	1.25-2	12-15	15-40	5-7	1-15	
Nomag	2.5-3.0	2-2.5	9-10			6-5	
Nicosilal	2	5	18	2-5		1	
日立製作所 非磁性鑄鐵	2.6-3.6	2.0-4.0	5-15	0.4-4	0.1-4	4-10	Al 0.1-6.0

本研究はこの目的に應じて行つたものである。

II 高マンガン鑄鐵と不感磁性

不感磁性の鐵鋼を得るには變態點を降下し常溫で γ 組織を生ぜしめる元素を與ふ可きである。ニッケルとマンガンはこの代表的元素であるが、今ニッケルが使用出来ぬとすれば高マンガン鑄鐵を主體とすべきは明かである。現在約 Mn 14%, C 1% の鋼は γ 組織を有し各種の用途に用ひられるが非磁性鋼としても使用し得られる。遠藤氏²⁾は第1圖に示す如く高炭素鋼に於ては、10% 以上マンガ



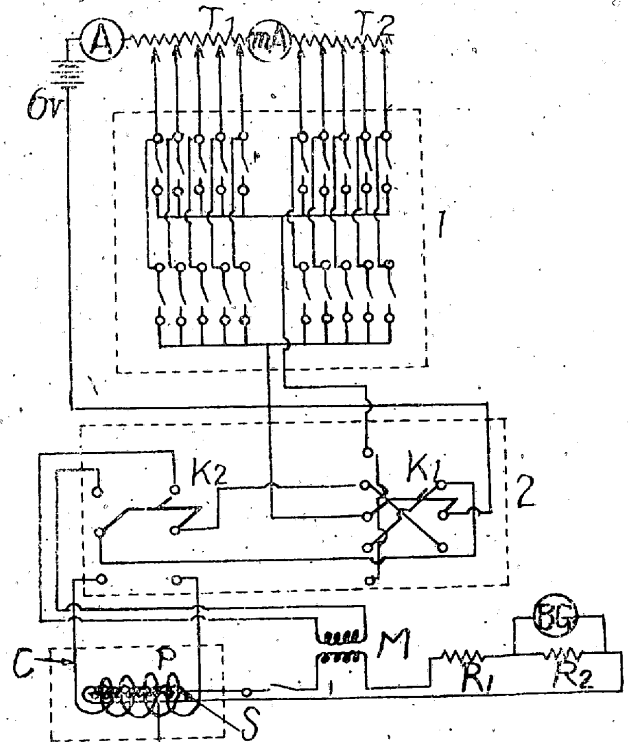
第1圖 マンガン鋼の導磁率とマンガン量との關係

ンを含むと非磁性となる事を明かにしてゐる。然るに鑄鐵に在りては、マンガンをこの様に多く含む場合には、化合炭素が極めて安定となり白鉄となる。白鉄化した鑄鐵は硬くて脆いといふ機械的の弱點、切削性の困難を伴ふのみならず、Mn が炭化物となつてセメント組織に入る割合が多くなる。Mn は地鐵に固溶するから變態阻止の効果があるので、組織に炭化物が増せば、これだけオーステナイト化に有效なマンガンの割合が減る事になる。依て非磁性鑄鐵を得る目的にはマンガン量は變態阻止に必要な限度に止め、一方セメントの分解を促す元素を加へて、極力鼠鉄組織にする事が肝要である。若し添加元素が變態阻止と黒鉛化促進の兩作用を持つ

ものであれば申分が無い。ニッケルはこの様な元素であるが本研究では問題外としてゐる。ニッケルに稍似た元素は銅である。銅は黒鉛化を促す事はよく知られてゐるが、變態點の降下作用は殆ど云ふに足らぬ程度である。この様に考へて來ると、無ニッケル非磁性鑄鐵を得る爲には、變態阻止にマンガンを利用し、一方これにより生ずる安定なセメントを、強力な黒鉛化能力を持つ元素を以て分解するといふ方法を探る可きである。谷口博士³⁾のチル鑄鐵の研究によれば、諸元素の中 Al は白鉄の分解能力が最も大で、Si, Ti がこれに次ぎ Cu, Ni, Co, P, C 等の順序である。予の研究では原料的に得易い Al と Si を選んだ。Al は黒鉛化能力から云つて良いが、これが多くなると鑄造性が悪く酸化膜が生じてそれが混入し易くなる。然し乍ら Al 2% 迄ならば鑄造時に注意すれば鑄物が出来る。先に述べた様に銅はニッケルの様に變態阻止の力は強くないが鑄造性を助け且黒鉛化能力を助けるので有利と考へた。依て本研究では Mn-Si-Al 系及び Mn-Si-Al-Cu 系の鑄鐵に就て磁性を調べた。

III 實 験 方 法

鞍山鉄を主材料とし Fe-Al, Fe-Si, Fe-Mn 等の中間合金と白鉄。電氣銅を配合し坩堝溶解により試料を作つた。試料の成分は第2表以下に示す如く C を約 3.2%, Si を約 3% に一定し、Al を主實驗に於ては 2% に一定し、Mn 量を變化せしめた。Mn-Si-



1) 電流變化用スイッチ盤 2) 切換スイッチ盤 P パーミヤメーター BG バリステイックガルバンメーター C 磁化コイル S サーチコイル M 標準相互誘導器 K₁ 轉極スイッチ R₁ 抵抗箱 R₂ シャント r₁r₂ 抵抗 A, mA 電流計

第2圖 導磁率測定裝置結線圖

* 九州帝大工學部

Al-Cu 系に於ては、C, Si, Al を一定にし、Cu を 0, 1, 2% の三種とし更に Mn 量を變化せしめた。

導磁率測定を試料は直径 12 mm, 長さ 120 mm の丸棒の砂型鑄物である。試料の破面は鼠銑であるが、地鐵がオーステナイト乃至はマルテンサイトである故、切削が困難でグラインダーを以て直径 10 mm, 長さ 100 mm の丸棒に仕上げ、導磁率を測り一方硬度試験と顯微鏡組織検査とを行つた。

導磁率はバリスティック法で測つたが第 2 圖にその結線圖を示す。磁化コイル C に流す電流は圖の如く多くの抵抗と各スキッチを用ひて切り換へ得る様にした。磁場の強さは

$$H = \frac{4\pi iN}{10 \cdot l}$$

N 磁化コイル捲數 (1717)
l 平均磁場の長さ (40 cm)
i 電流 (アンペア)

の式により求められる。

試料の磁氣感應 $4\pi J = B - H$ を求める爲には豫め標準相互誘導器 (0.01 ヘンリー) を以てガルバノメーターの振れと $B - H$ が簡單な關係となる様に調整して置く。斯くしてパーミヤメーター P 中に試験片を入れて一定の電流を磁化コイルに流しつスキッチ K_1 にて轉極してガルバノメーターの振れを読む。それに相當する $B - H$ の値が分るから導磁率は $\mu = 1 + \frac{B - H}{H}$ として知る事が出来る。

μ の値は磁化コイルの電流を 0.05~2.00 A 迄變化して測つたが餘り弱い磁場では μ の測定誤差が入り易い。依て各種試料の μ の比較には $H = 107.82$ エルステッドの場合の値を用ひた。

各試料の導磁率は、鑄造状態と 900°C に 30 mm 加熱後水焼入した状態とで測つた。鑄造状態で可成り大きい μ の値のものでも火焼入によりオーステナイト化すれば小さい値となる。但し焼入に際し表面に酸化膜が出ずる場合には μ が僅かながら大きく出る。焼入試料に於ては酸洗後に μ を求めた。

第 2 表 銅を含まざる鑄鐵

試料番號	化 學 成 分					導磁率 μ (2.0 A)		組 織		硬度(ヴィツカース)	
	T.C.	Si	Cu	Al	Mn	鑄造の儘	焼入後	鑄造の儘	焼入後	鑄造の儘	焼入後
	NMA 60	3.42	3.12	0	1.72	6.87	4.107	1.150	A+M(1/4)	A	235
NMA 65	3.53	3.10	0	2.05	7.68	2.020	1.320	A+M(微)	A	197	139
NMA 70	3.52	3.10	0	1.54	8.15	1.343	1.230	A	A	183	160
NMA 75	3.43	3.22	0	1.58	8.38	1.351	1.320	A+C(少)	A	163	184
NMA 80	3.35	2.94	0	2.00	8.58	1.370	1.360	A+C	A	171	171
NMA 85	3.11	2.97	0	1.31	8.89	1.420	1.420	A+C	A	187	163

A: オーステナイト M: マルテンサイト C: 炭化物

第 3 表 銅を 1% 含む鑄鐵

試料番號	化 學 成 分					導磁率 μ (2.0 A)		組 織		硬度(ヴィツカース)	
	T.C.	Si	Cu	Al	Mn	鑄造の儘	焼入後	鑄造の儘	焼入後	鑄造の儘	焼入後
	NM 40	2.87	2.90	1.01	2.05	3.87	20.941	13.892	M	M	386
NM 45	2.91	2.85	1.01	2.10	4.69	17.231	9.718	M	M+A(1/5)	370	303
NM 50	2.98	3.12	0.98	2.06	5.09	14.912	6.862	M	M+A(1/3)	360	315
NM 55	3.11	3.49	1.03	1.17	5.52	12.148	2.322	M	A+M(少)	369	205
NM 60	3.03	3.39	0.95	1.57	5.87	8.216	1.204	M+A	A	323	186
NM 65	3.04	3.10	1.01	1.69	6.45	5.943	1.130	M(1/2)+A(1/2)	A+C(少)	314	191
NM 58	3.43	2.99	1.06	1.62	6.94	2.164	1.145	A+M(少)	A	194	154
NMC 61	3.15	3.03	1.03	1.84	7.00	1.545	1.153	A+M(微)	A	167	157
NMC 63	3.48	2.99	0.99	1.65	7.23	1.417	1.174	A+M(微)	A	162	139
19	2.98	3.08	1.00	1.99	7.42	1.150	1.112	A	A	—	—
20	3.00	3.40	1.03	2.05	7.97	1.164	1.137	A	A	—	—
21	2.93	3.31	1.04	2.10	8.43	1.198	1.162	A	A	—	—
13	2.98	2.92	1.02	2.19	8.92	1.217	1.154	A	A	—	—
22	2.95	3.01	1.02	1.95	9.06	1.216	1.202	A	A	—	—
23	3.05	3.13	1.03	1.96	9.42	1.218	1.167	A	A	—	—
24	2.88	3.21	1.05	2.14	9.96	1.262	1.218	A	A	—	—

第 4 表 銅を 2% 含む鑄鐵

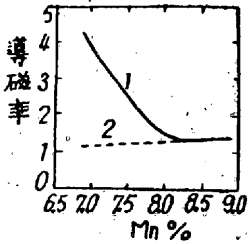
試料番號	化 學 成 分					導磁率 μ (2.0 A)		組 織		硬度(ヴィツカース)	
	T.C.	Si	Cu	Al	Mn	鑄造の儘	焼入後	鑄造の儘	焼入後	鑄造の儘	焼入後
	NMB 40	2.89	3.15	1.96	0.79	4.30	13.753	7.770	M+A(少)+C(少)	M+A(少)	327
NMB 50	3.21	2.97	1.95	0.51	5.02	9.904	3.328	M+(1/2)+A(1/3)+C(少)	A(4/5)+M(1/5)	296	212
NMB 55	3.06	3.19	2.00	0.58	5.58	6.825	1.341	A(5/6)+M(1/6)+C(少)	A+M(微)	292	171
NMB 60	3.20	3.17	1.97	1.59	6.79	1.280	1.153	A+M(少)+C(少)	A	143	151
NMB 65	3.16	3.11	1.91	1.79	6.86	1.201	1.144	A+C(少)	A	145	138
NMB 45	2.94	2.73	1.97	0.67	6.95	1.158	1.096	A+C(少)	A	194	174
NMB 70	3.28	3.09	2.04	1.73	7.81	1.213	1.193	A+C(少)	A	154	145
NMB 75	3.19	3.16	2.01	1.80	8.55	1.288	1.202	A+C(少)	A	171	145
NMB 80	3.22	3.03	1.95	1.88	8.70	1.267	1.227	A+C(微)	A	160	155
NMB 85	3.09	3.05	1.98	2.03	8.98	1.345	1.281	A+C(少)	A	155	144

第5表 アルミニウムの量を変へたる鑄鐵

試料 番 號	化 學 成 分					導磁率 μ (2.0A)		組 織	
	T.C.	Si	Cu	Al	Mn	鑄造の儘	焼入後	鑄造の儘	焼入後
14	3.08	2.98	0.98	1.09	9.16	1.310	1.337	A	A
15	2.95	3.01	1.02	1.95	9.06	1.216	1.202	A	A
16	2.80	2.90	1.02	3.00	9.09	1.217	1.172	A	A
17	2.98	2.88	1.08	4.14	9.11	1.178	1.102	A	A

IV 實驗の結果

試料の成分と導磁率、組織、硬度の關係を第2~5表に示した。又鋼を0, 1, 2% 等各類別の鑄鐵に就き Mn と導磁率との關係を第3~5圖に示す。

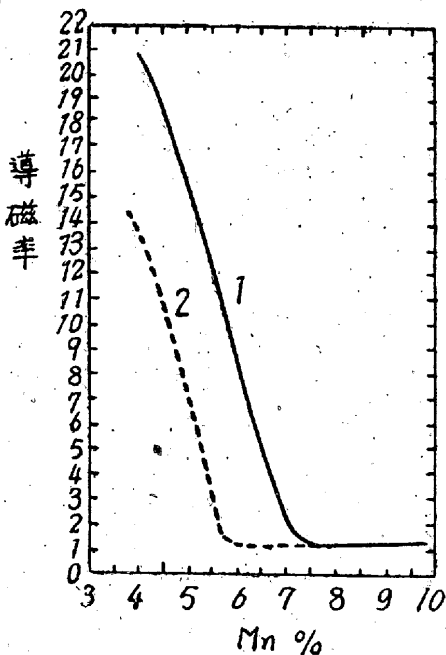


1. 鑄造状態 2. 焼入後
Cu 0 Al 2%
H=107.82 Oersted

第3圖 銅を含まざる鑄鐵の導磁率とマンガン量との關係

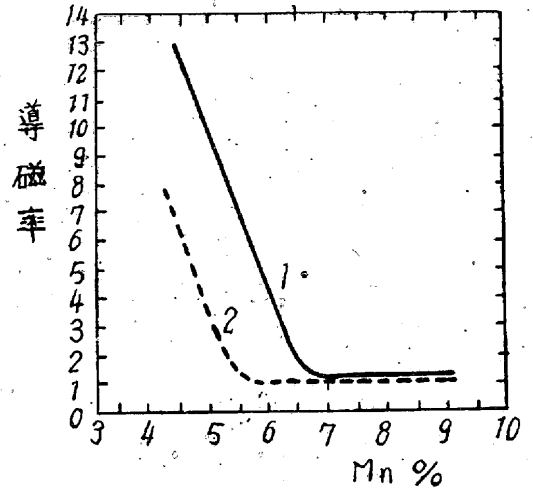
1. 銅を含まざる場合 これに依れば Cu の無い場合には Mn が略8%以上のとき鑄造状態で非磁性となる。遠藤氏の研究によれば、C 0.7% の鋼に於て Mn 10% 以上で非磁性となる事が示されてゐるが、鑄鐵では C のみならず他の不純物も鋼より多い爲か Mn の必要限量が低い。又これを焼入すれば更に Mn が少なくて済む。又第2表と第2圖を見るに Mn が必要限度以上増す時には僅かであるが導磁率が反つて大きくなる傾向を示す。Norburg と Morgan の研究結果にも Mn の高いものに導磁率が大きく出ている。その理由は顯微鏡組織と照合してセメントイドの増加によるものと考へられる。

2. 銅の影響 Cu を1% 含む試料に於ては(第4圖) Mn の必要量は鑄造状態で約7.4%, 焼入した場合には約6% 以上である。



1. 鑄造状態 2. 焼入後 Cu 1% Al 2%
H=107.82 Oersted

第4圖 銅を1% 含む鑄鐵の導磁率とマンガン量との關係



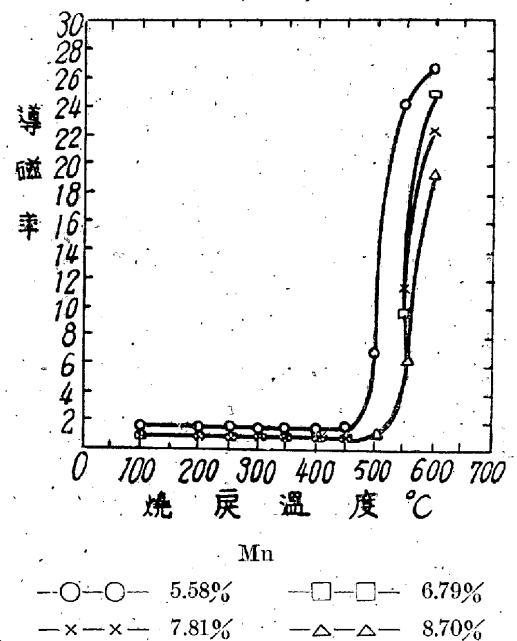
1. 鑄造状態 2. 焼入後 Cu 2% Al 2%
H=107.82 Oersted

第5圖 銅を2% 含む鑄鐵の導磁率とマンガン量との關係

Cu を2% 含むものでは(第5圖)鑄造状態で Mn 6.8%, 焼入した場合には5.6% 以上である。即ち Cu は明かに鑄鐵の非磁性化に有效である。

3. アルミニウムの影響 アルミニウムは銅とは異り導磁率を小さくする直接の效力を持たぬ様である。第5表にその例を示す。但しアルミニウムは化合炭素の分解を促し、その結果は地鐵に固溶する Mn の量を多くする爲、間接的には非磁性化を助長する。珪素もこれと同様である。

4. 焼戻による導磁率の變化 非磁性鑄鐵が若し使用中に加熱される場合にはオーステナイトがマルテンサイトに變る爲に急に導磁率が増す懸念がある。依て Cu 2% を含む Mn 量を異にする數種の非磁性鑄鐵に就き、焼戻の影響を試験した。豫め 900°C から水焼入をした完全な非磁性試料を 100°C から 50°C おきに 600°C 迄、各温度に 3 mn 間保持し室温放冷をした。その結果を第6圖に示す。これに依れば、Mn の含有量が前記の必要限度以上であれ



第6圖 焼入せる非磁性鑄鐵の焼戻温度と導磁率の變化

ば、500°C 迄は非磁性を保ち、これ以上の温度になれば Mn 量に應じて導磁率が急に増す。

5. 電気抵抗 非磁性鑄鐵が電気機器に用ひられるに當り、電気抵抗の大きい事が希望される場合が多い。元來鑄鐵は鋼に比して、不純物が大きいだけに電気比抵抗が大きい。Partridge⁵⁾の研究でも知られる様に、Si, Al, Mn は孰れも比抵抗を高める。本研究で取扱つた數種の鑄鐵の電気比抵抗を第6表に例示したが、Mnが多

い。但し組織の黒鉛化を促す爲 Si と Al を添加する必要がある。銅の添加は有效であつて、これに依り Mn の必要量を下げる事が出来る。焼入によつて Mn の必要量を少くする事も出来る。このオーステナイト組織は 450°C 以下では安全である。この材質で遺憾な點は切削性の悪い事である。これが改善には今後の研究に俟つものが多い。

第6表 無ニッケル非磁性鑄鐵の電気比抵抗

試料番號	化學成分					電気比抵抗 microhm/cc
	T.C.	Si	Al	Cu	Mn	
NMA 65	3.53	3.10	2.05	0	7.68	155
NM 55	3.11	3.49	1.17	1.03	5.52	137
NMC 63	3.48	2.99	1.65	0.99	7.23	165
NMB 55	3.06	3.19	0.58	2.00	5.58	137
NMB 65	3.16	3.11	1.79	1.91	6.86	197
NMB 85	0.09	3.08	2.03	1.98	8.98	223

くなる程比抵抗が増す。又 Mn, Si, Al が同様であれば Cu の多いものが抵抗が大きい。ニッケルは電気比抵抗を増加するものであるが、文獻による含ニッケル非磁性鑄鐵の比抵抗が 140~160 microhm/cc の程度であるが、本研究の無ニッケル鑄鐵に於てもこれと大差が無く Cu を含むものは更に大きい。

V 結 言

無ニッケル非磁性鑄鐵としては、マンガン 8% 以上を含めるとよ

文 獻

1) Dawson, S.E.: Foundry Trade Journal Vol. 29, 1924, May 29, p. 437
 渡邊軍治: 日本ニッケル時報 2 卷, 2 號, 391 頁
 仁科 存: 日本ニッケル時報 7 卷, 1 號, 51 頁
 藤原唯義: 鐵と鋼 19 (昭 8), 11, 893 頁
 日本ニッケル情報局 (J. N. I. B.) 作業指針 C-6-A, 176, 322, 347 頁
 日本ニッケル情報局: 技術彙報 B-6-A, 80 頁
 渡邊軍治: 日立評論 18 (昭 10), 9, 541 頁
 2) 遠藤 信: 日本金屬學會誌 6 (昭 17), 4, 197 頁
 3) 谷口光平: 八幡製鐵所報告 15 (昭 11), 1, 61 頁
 4) Norburg, A. L., Morgan, E.: Iron and Steel Institute, Carnegie Scholarship Memoirs 23 (1934), p. 107
 5) Partridge, J. H.: Iron and Steel Institute Carnegie Scholarship Memoirs, 17 (1928), p. 157

日本鐵鋼協會記事

理事會 (昭和 19 年度第 7 回) 19-9-6, 17-0~19-30 於協會々議室

出席者 會長 吉川晴十 理事 足立逸次 石田四郎 佐々川 清
 前會長 依國一 監事 三島徳七 常務委員 石原善雄 志村繁隆
 網谷俊平 吉城肇蔚 主事 金谷三松

協議事項 1. 鐵鋼要覽配分法檢討 2. 東北支部(仙臺) 東海支部
 (名古屋) 北陸支部(富山) 中國支部(廣島) 九州支部(八幡)
 朝鮮支部(京城) 滿洲支部(鞍山)建設の件を評議員會に附議の
 件決定. 3. 10 月 15 日(日)第 6 回(東京)地方講演會開催の件
 決定. 4. 會員異動統計表

名譽 會員	維持會員		贊助 會員	正會員	准會員	計
	會員數	持口數				
入會者	—	—	—	+23	+33	56
退會者	—	—	—	-1	-1	-2
死亡者	—	—	—	-1	-1	-2

轉格者

7 月末現在 16 79 (203) 25 3211 4170 7501

退會者氏名 正會員 太田嘉太郎君 准會員 三輪國光君

正會員 矢島忠利君 准會員 鷺尾洋治君

逝去せられたり哀悼に堪へず、茲に謹みて弔意を表す

報告事項

- 第 6 回鹽基性平爐研究會 19-8-17 17.00~20.00 於協會々議室
 出席者 委員長吉川晴十君 幹事芥川武君 甲藤新君 竹入信
 君 田中清治君 主事金谷三松
 協議事項 (1) 委員總會に提議すべき原案の準備 (2) 第 4 回委員
 總會を來る 9 月 17 日(日) 10 時より海軍鐵鋼工業會にて
 開催のことに決定

2. 地方講演會概況

	第 1 回(東京)	第 2 回(關西)	第 3 回(九州)
開催年月日	19-6-11 (日)	19-6-27 (火)	19-7-15 (土)
會 場	東京帝大法文 經教室	大阪府立商工 經濟會	八幡製鐵所技 能者養成所
出席者 實際出席/ (所要會員に 對する%)	325/(12%)	250/(17%)	150/(27.3%)
講演の種類及 數	熔解關係 10	熱處理關係 8	銑鐵關係 6 但し講演中「熔 鑄爐に依る砂鐵 精鍊」八木貞之 助君は 90 分に互 る講演ありたり