

電氣爐鑄鐵の性質に就て(II)

(昭和 25 年 4 月本會講演大會にて講演)

木下 禾大* 小田原章男* 木下 勝行*

ON THE PROPERTIES OF CAST IRON MELTED BY AN
ELECTRIC FURNACE (II)

Toshihiro Kinoshita, Akio Odawara, Katsuyuki Kinoshita

Owing to investigate the properties of cast iron melted by an electric furnace, we have freshly held the Matsumura's repeated test and O_2 analysing test, and report its test results.

The results obtained are summarised as follows:—

- (1) Cast iron melted by an electric furnace contains more O_2 (FeO) and H_2 gas than melted by cupola.
- (2) The more the O_2 (FeO) content, the more abnormal the graphite distribution. The more abnormal the graphite distribution, the lower the impact value. This is the cause of brittleness of cast iron melted by an electric furnace.
- (3) The more the H_2 content, the more easily be found the shrinkage cavity. This is the cause of shrinkage cavity of cast iron melted by an electric furnace, we assumed.

I. 緒 言

筆者等はさきに電氣爐鑄鐵の一般的性質に就て、現場作業の結果をキュボラ鑄鐵と比較して検討を試みたが¹⁾、その本質的の問題には尙多く未解決の點を残して居た。特に一般的に問題となる機械的性質に就ては、通常の試験結果では明らかな差異を見出すことがむづかしく、そのために電氣爐の操業を調節する資料とするには不充分であるので、一つの試みとして松村式繰返衝撃試験を行つて見た。その結果、この試験法が他の機械的試験に比して相當明らかな差を示すことを知り、これを用いて電氣爐鑄鐵の本性に對しての究明を試みたのである。

又第 1 報以後の操業結果を検討した處、鹽基性電氣爐²⁾では操業中に Si が酸化減少する場合には機械的性質が劣ることを認め、この原因を鑄鐵中の酸素 (FeO?) と推定し、不充分乍ら酸素の分析を試みた。この結果と松村式衝撃試験の結果とは可成りの關聯性を示し、鑄鐵中の酸素が、その性質に影響することが推定されるに到つた。

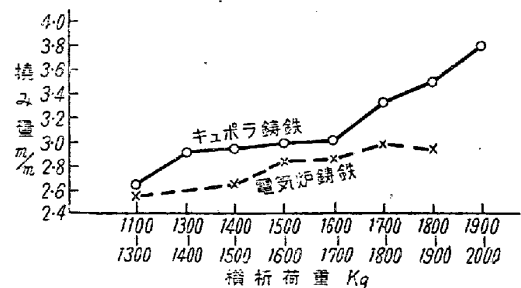
尙鑄鐵中の水素の分析をも試み、電氣爐鑄鐵はキュボラ鑄鐵より、一般に水素含有量多く、これが引けを起す一つの因子となつて居ることを推定するに到つた。

更にこれらの試験結果から、電氣爐鑄鐵がキュボラ鑄鐵に比して特別のものではなく、鑄鐵中に上記の瓦斯含有量が増加するにつれて次第に性質が悪化して電氣爐鑄鐵の一般的性質を示すに到るものであり、キュボラ鑄鐵にもこの傾向は認められるものであることが明らかになり、これ迄の研究が結局、鑄鐵の性質の究明になつたことを痛感した。

本報告では第 1 報以後の試験の結果を報告し、將來の鑄鐵性質の研究に對する一段階としたい。

II. 松村式繰返衝撃試験に就て

第 1 報¹⁾にも報告した様に、普通の機械的試験では、電氣爐、キュボラ兩鑄鐵の差は明瞭には示されにくいものである。一例として第 1 圖の様に略同一成分のものに就



第 1 圖 同一荷重に對する撓み量の差

* 西日本重工業長崎造船所

第1表 松村式衝撃値, 成分, 機械的性質

項目 爐種	符 號	成 分			T.C. + Si	機 械 的 性 質				荷重 / 撓	荷重 × 撓	松 村 式		降 伏 力	
		T.C.	Si	Mn		抗張力 kg/mm ²	横折荷 重 kg	撓 量 mm	硬 度 H. B.			谷 徑 mm.	衝 撃 回 數		
電 氣 爐 鑄 鐵	A	3.15	2.07	0.63	5.22	28.6	1739	3.4	217	512	5920	12.01	23	23.7	
	B	3.10	2.09	0.63	5.19	26.3	1746	3.6	207	485	6300	11.99	20	22.1	
	C	3.09	2.15	0.82	5.24	19.8	1629	3.1	229	526	5050	12.00	9	17.1	
	D	2.92	1.92	0.67	4.84	29.8	1755	3.1	217	566	5500	12.04	57	23.0	
	E	2.82	2.03	0.86	4.85	24.3	1754	3.03	241	580	5300	12.03	8	19.9	
	F	2.82	1.79	0.75	4.61	30.4	1894	3.05	243	621	5780	12.00	30	21.9	
	G	2.98	1.86	0.75	4.84	25.2	1770	4.08	217	434	7210	11.98	34	18.7	
	H	3.19	1.91	0.71	5.10	24.8	1649	3.8	212	433	6260	11.99	21	19.1	
	J	2.96	1.77	0.88	4.73	30.5	1837	3.1	229	593	5700	11.99	11	21.8	
	K	2.74	1.52	0.75	4.26	28.4	1875	2.73	241	687	5110	11.98	4	17.4	
	L	3.09	1.92	0.61	5.01	26.3	1646	3.6	207	458	5930	12.01	20	20.2	
	平均		2.99	1.91	0.73	4.90	26.8	1754	3.33	223	536	5824	12.00	21.0	19.1
	キ ュ ポ ラ 鑄 鐵	A ₁	3.30	1.68	0.57	4.98	18.8	1439	4.2	176	340	6010	12.05	15	12.7
		B ₁	3.12	1.72	0.60	4.84	27.0	1938	4.2	207	462	8130	12.00	57	18.7
C ₁		3.26	2.15	0.53	5.41	20.8	1365	3.0	183	380	4920	12.00	12	18.0	
D ₁		3.12	1.76	0.59	4.88	26.3	1652	3.9	197	425	6450	11.99	35	18.6	
E ₁		3.25	—	0.63	—	26.2	1597	4.0	181	399	6390	12.04	19	—	
F ₁		3.28	2.54	0.62	5.82	21.0	1555	3.9	190	398	6060	12.02	11	21.2	
G ₁		3.21	1.73	0.65	5.94	25.0	1300	3.0	184	433	5200	12.02	25	17.4	
H ₁		3.07	1.64	0.67	4.71	28.3	1700	3.7	211	459	6790	12.00	49	18.7	
J ₁		3.42	2.52	0.86	5.94	26.1	1816	4.8	199	379	8710	11.99	41	—	
K ₁		2.75	1.19	0.67	3.94	32.6	1938	4.2	174	462	8140	11.99	75	15.6	
L ₁		3.06	2.26	0.86	5.32	30.4	1890	3.7	229	511	7000	12.00	74	27.6	
平均		3.18	1.85	0.64	5.09	26.2	1663	3.93	194	425	6774	12.00	37.5	19.5	

但し降伏力 = 0.403 × 19.5 (4.4 - T.C.) + 0.402 × 15 (Si) により算出す

第2表 電気爐鑄鐵とキユポラ鑄鐵の成分, 機械試験結果の比較

符 號	材 質	判 定	成 分			T.C. + Si	Sc	E	出度 銑 温 °C	機 械 的 性 質			黒 鉛 形		共 晶 黒 鉛 デ ン ド ラ イ ト		
			T.C.	Si	Mn					抗張力	荷重	撓	分 布	幅 長 さ			
電 氣 爐 鑄 鐵	b	1B	良	3.22	2.6	0.96	5.82	0.94	0.91	1460	14.05	1050	4.45	不均一	大	伸びず	有 有 有 有 有
	c	"	不良	3.23	2.27	0.55	5.50	0.92	0.87	1450	5.02	970	2.2	"	小	"	
	g	2B	良	3.05	1.47	0.57	4.52	0.81	0.70	—	28.3	1790	4.03	"	小	伸びて いる	
	j	"	"	2.83	1.89	0.62	4.72	0.77	0.66	1450	25.1	1696	3.18	"	中	伸びず	
	k	"	"	3.11	1.87	0.62	4.98	0.85	0.78	—	26.2	1518	4.45	"	小	伸びて いる	
	m	"	不良	2.99	1.95	0.71	4.94	0.82	0.73	1455	19.6	1461	2.93	"	小	伸びず	
	平均			3.07	2.01	0.67	5.07	0.85	0.78	1454	19.79	1414	3.54	不均一	小	伸びず	
キ ュ ポ ラ 鑄 鐵	b ₁	1B	良	3.30	1.68	0.57	4.98	0.89	0.91	1450	18.75	1430	4.2	均一	小	伸びず	有 有 有 有 有
	c ₁	"	不良	3.12	1.72	0.60	4.84	0.85	0.87	1445	27.0	1938	4.2	不均一	大	"	
	g ₁	2B	良	3.12	1.76	0.59	4.88	0.85	0.70	1445	26.8	1652	3.9	均一	大	伸びて いる	
	j ₁	"	"	3.06	2.26	0.86	5.32	0.87	0.66	1440	30.35	1890	3.63	"	中	伸びず	
	k ₁	"	"	2.75	1.19	0.67	3.94	0.71	0.78	1445	32.6	1938	4.2	"	大	伸びて いる	
	m ₁	"	不良	3.07	1.69	0.67	4.71	0.83	0.73	1430	28.25	1700	3.67	"	大	伸びず	
	平均			3.07	1.71	0.66	4.76	0.83	0.78	1443	27.29	1758	3.97	均一	小	伸びず	

て (C=3.0~3.2%, Si=1.8~2.0%), 或る範囲内の荷重のものに対する撓み量を比較すると、一應キューボラ製のものが電氣爐製のものに比して撓み量が大きい様な結果は示すが、その差は僅少で、これからすぐに電氣爐鑄鐵の諸条件を云々するには不都合である。普通現場的には電氣爐製のものは、いはゆる脆い、(特に衝撃、熱應力に對して) ということが常識となつて居るので、これに類似した性質を示すものとして松村式繰返衝撃試験を採用して見た。試験機の衝撃荷重は、50.7kg·mm であり、試験片の寸法は 15φ×170mm で R=1.5mm の溝を試験片の中央に切つたものである。試験結果を總括したものが第1表であるがこれによると、キューボラ、電氣爐兩鑄鐵の差が可成著しく示されて居る。然し、一面兩者共に甚しい變動があり、果してこの結果が鑄鐵の本性に何れ程の關聯性を持つかは、尙疑問の餘地もあるが、これ迄の試験結果の中で、最も兩者の差を明らかに示すものとして興味あるものである。

III. 電氣爐鑄鐵の組織

一般に電氣爐鑄鐵の黒鉛分布は不均一であり、且つ共晶、デンドライト等の異狀組織を示すことが認められて居るが、筆者等の調査の結果も第2表に示される様に、これらのことを裏附けるものである。これと前述の松村式衝撃試験の結果を直ちに關聯させることは或は無理かも知れないが、黒鉛の分布と、脆さの關係を求める意味で比較を試みたものが第3表である。即ち、衝撃試験結果の低いもの、高いもの、各3本を、キューボラ、電氣爐鑄鐵兩方から抽いて、黒鉛組織を調査した。

この結果を見ると、電氣爐、キューボラを問はず衝撃値

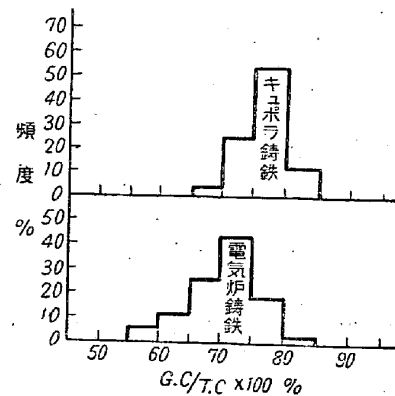
第3表 松村式衝撃試験結果と黒鉛形状との關係

爐種	符號	松村式値	黒鉛形状			デンドライト	共晶黒鉛
			分布	幅	伸量		
電氣爐	C	9	不均一	大	伸びている	有	有
	E	8	不均一	中	伸びず		
	K	4	不均一	小	伸びず		
キューボラ	A ₁	15	不均一	小	伸びている	有	有
	C ₁	12	〃	大	伸びず		
	F ₁	11	〃	大	伸びている		
電氣爐	F	30	均一	中	伸びず	〃	〃
	G	34	〃	中	〃		
	D	57	不均一	大	伸びている		
キューボラ	B ₁	57	均一	大	伸びている	有	有
	K ₁	75	〃	小	〃		
	L ₁	74	〃	大	伸びず		

の低いものは黒鉛の分布が不均一で、且つ共晶黒鉛、デンドライトが出易いことを示して居り、黒鉛の伸び、幅等は餘り差異は認められない。即ち一般的に鑄鐵の脆さに最も影響するものは黒鉛の分布状態であり、共晶黒鉛、或はデンドライト等の出現は最も嫌はれるものであることが推定される。且つ、これは電氣爐鑄鐵のみの現象でなく、キューボラ鑄鐵でも同様の傾向があることが知られた。

IV. 鑄鐵の脆さに就て

前述の様に黒鉛の異狀組織、或は分布不均一のものは脆い性質(特に衝撃に對して)を示すので、更に黒鉛化の状況を検討した。一般に電氣爐鑄鐵の破面は白味がかつて居ると言はれて居るが、筆者等の操業結果によつても第2圖に示す様に電氣爐の方が黒鉛化が順調でないことが知られる。これは黒鉛の異狀分布と相まつて、鑄鐵中に、黒鉛の析出を阻止する因子が存在することを暗示し、更に大膽な想像が許されるならば、それが鑄鐵の脆さを左右する一原因と考えられるのである。



第2圖 電氣爐鑄鐵とキューボラ鑄鐵の黒鉛化の比較

V. 酸素の影響に就て

電氣爐鑄鐵の脆さ、黒鉛の異狀分布、組織の原因として、これ迄考えられて居るものに酸素の影響がある。然し、これに就ては具體的の資料に乏しく、單に推論に止まつて居た。最近電氣爐の操業が検討される様になつて爐内氣相の酸化性が議論され、更に筆者等の結果も、鹽基性電氣爐操業で Si が酸化減少する場合には性質が悪化することを示して居り、何等かの形の、鑄鐵中の酸素が問題となつて來た。筆者の一人は、先に鑄鐵中の酸素が、機械的性質其他に及ぼす影響に就て考察を試みたが²⁾ これらの結果からも、電氣爐鑄鐵の脆さに關聯して酸素を取上げる論據があるものと信ずる。然し、この酸

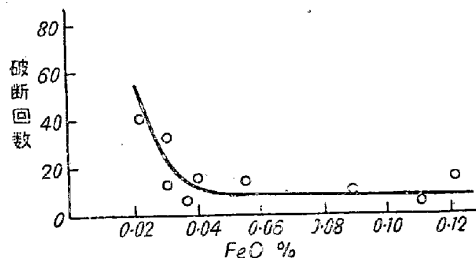
第4表 FeO 含有量の多いキユボラ鑄鐵の松村式衝撃回数及び黒鉛の形状と分布

符 號	松村式 衝撃回 數	黒 鉛 形 状				デンド ライト	共 晶 黒 鉛	FeO %	装 入 配 合 %		
		分 布	幅	伸	量				八 幡 銑 Gray	White	砂型銑
A ₁	6	不均一	小	伸びている	多		有	0.0349	100	—	—
A ₂	5	〃	大	〃	多		〃				
B ₁	8	〃	中	〃	多	有	〃	0.0389	80	—	20
B ₂	13	〃	中	彎 曲	多		〃				
D	6	〃	小	伸びている	多		〃	0.0522	40	—	60
J ₁	4	〃	中	〃	中		〃	0.1067	—	60	40
J ₂	5	〃	中	〃	多		〃				
K ₁	6	〃	中	伸 び ず	多		〃				
K ₂	16	〃	中	伸 び ず	多	有	〃	0.1204	—	40	60

素の存在の状況或は酸化物の種類等に就ては尙疑問も多いが、分析法の関係上、一應 Al によつて Al₂O₃ となる酸素 (FeO?) を考えることにしたい。(分析法は温鹽酸法により、熔湯に Al を加えて Al₂O₃ を定量し、これから FeO として酸素を求める。)

今 FeO の含有量の高いもの (一般のキユボラ鑄鐵の平均 FeO 含有量は 0.01~0.03% である。) に就て、黒鉛の分布、形状、衝撃値の関係を調査したものを第4表に示したがこれによると、酸素含有量の多いものは松村式衝撃値は低く、組織は全部共晶黒鉛を含み、組織は極めて異状である。尙このことは電氣爐のみならずキユボラに就ても同様であるという興味ある結果を與えて居る。

更にこれ迄試験した試料について、FeO と松村式衝撃試験の結果を整理すると第3圖が得られた。これによると FeO が、脆さに對して顯著な影響を及ぼすことが知られる。



第3圖 松村式線返衝撃回数と FeO との関係

VI. 電氣爐鑄鐵の酸素量

これ迄に考察を加えた様に電氣爐鑄鐵の性質を決定する素因として、酸素量の多いことが考えられる。これを確かめるために數種の銑鐵を使用して、配合を同一とし、1t キユボラ及び 1t 酸性電氣爐で熔解し、酸素の分析

を行なつたものが第5表である。酸素量としてはキユボラのものも相當高い値を示して居るが、それは別としても同一配合によつて熔解した結果の酸素量 (FeO) が略キユボラの二倍に達することから、明らかに電氣爐鑄鐵が酸素を多く含む素因を持つことが理解される。

尙これ迄の電氣爐 (鹽基性)、キユボラ鑄鐵の酸素量 (FeO) の平均値を比較すると第6表の通りで矢張電氣爐の方が酸素が多いことを示して居る。

第5表 銑鐵及び爐種に依る酸素量 (FeO 量) の比較

銑鐵種類	銑鐵中の FeO 量	キユボラ鑄鐵中の FeO 量	電氣爐鑄鐵中の FeO 量
本溪湖銑	0.0595	0.0504	0.1193
鞍山銑	0.0412	0.0451	0.0939
八幡銑	0.0632	0.0485	0.0742
有佐銑	0.0597	0.0499	0.0807
印度銑		0.0862	0.2186
平均	0.0559	0.0560	0.1172

第6表 電氣爐鑄鐵及びキユボラ鑄鐵に於ける平均酸素量 (FeO) 比較

爐 種	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Total O ₂
電氣爐鑄鐵	0.021	0.0169	0.0355	0.018
キユボラ鑄鐵	0.0380	0.0110	0.0230	0.0253

VII. 電氣爐鑄鐵の水素量

これ迄は主として鑄鐵の脆さ、機械的性質に就て検討を加え、その結果酸素 (FeO) の影響を確認したのであるが、電氣爐鑄鐵の今一つの缺陷として、引け易いことが認識されて居るので簡単にこれを確かめることにした。鑄鐵中の水素分析は未解決の點もあるが、學振法にならない筆者等の一人が發表した方法によつた。³⁾

電氣爐，キューボラ兩方に就て比較したものが第7表であるが，これによると，明らかに電氣爐鑄鐵が水素量が多いことを示して居る。又引け巢を再現する試験として，キューボラ鑄鐵に故意に水素を含有せしめた熔湯で，楔形試験片を鑄造して引け巢の状態を調査した。その試験結果を第8表に示した。唯この場合には取鍋中の水分を熔湯中に吸収させたものであるため，同時に酸素の影響も考えられることを附記する。第8表の結果から見ると水素含有量の増加と共に引け巢は次第に大きくなることを示し，少くとも，引け巢に対して水素が一因をなすことが推測される。

第7表 電氣爐鑄鐵とキューボラ鑄鐵の含有水素量の比較

電氣爐鑄鐵の H ₂ 量 (cc/100gr)		キューボラ鑄鐵の H ₂ 量 (cc/100gr)	
Tap 前	Tap 後	シリンダー カバー材	普通鑄鐵
3.04	3.37	2.45	2.52
3.75	4.05	3.75	2.09
2.88	3.19	2.41	2.08
2.80	2.98	3.16	2.28
3.48	3.88	2.84	1.51
平均 3.19	3.50	2.92	2.10

第8表 引け巢に及ぼす水素の影響

符 號	黒味塗付		沸騰 時間 (秒)	H ₂ cc/ 100gr	引 け 巢	引位 置 巢	鑄込 温 度
	底面	側面					
1	100%	100%	11	3.14	小	▽	1315°C
2	—	100%	7	3.20	小	▽	131.°C
3	100%	50%	10	2.84	小	▽	1315°C
4	—	50%	10	3.88	大	▽	1314°C
5	100%	—	12	3.76	大	▽	1310°C
6	—	—	—	1.46	ナシ	ナシ	1310°C

VIII. 總 括

第1報に引續き電氣爐鑄鐵の性質を明らかにするため

に，新らしく松村式繰返衝撃試験，酸素 (FeO) 分析試験等を行つた結果を報告したが，これらを總括すると次の通りである。

(1) 電氣爐鑄鐵はキューボラ鑄鐵に比して衝撃抗力低くその變動も甚だしい。

(2) 電氣爐鑄鐵はキューボラ鑄鐵に比して黒鉛化も少く，黒鉛の分布不均一であり，且つデンドライト，共晶黒鉛等を發生し易い。

(3) この様な異狀黒鉛組織と衝撃抗力の間には明らかな關聯性が認められる。

(4) 更に衝撃抗力と酸素量 (FeO) との間には關聯があり，衝撃抗力の低いものは酸素量多く，且つ黒鉛が異狀分布を示して居る。

(5) これらのことから電氣爐鑄鐵の脆い性質は，その中の酸素含有量多く，ために異狀黒鉛分布となるためであることを推論し，實際操業の資料についてこれを確かめた。

(6) 電氣爐鑄鐵はキューボラ鑄鐵に比して水素含有量多く，このために引け巢が發生し易いと考えられる。

(7) 以上の結果は電氣爐鑄鐵に限られたものでなく，鑄鐵一般の性質であり，この解明は鑄鐵の本性を研究するための一つの手懸りとなるものと信じる。

本報告の結果，電氣爐鑄鐵の異狀性質の原因が明らかとなつたので，更にこれらの因子を除去する様な實際の操業を研究し，電氣爐鑄鐵の性質を改善したいと考える。
(昭和25年8月寄稿)

文 献

- 1) 木下，小田原，高木. 日本金屬學會誌，13卷，5號。
- 2) 木下，中島. 昭和24年10月，鐵鋼協會秋季講演大會發表
- 3) 木下，原. 昭和24年10月，鐵鋼協會秋季講演大會發表。