

# 鹽基性電氣爐鋼熔解中の $\text{SiO}_2$ 及び $\text{Al}_2\text{O}_3$ の變化に就て\*

## 鐵鋼中の非金屬介在物の研究(II)

(日本鐵鋼協會第 29 回講演大會講演 昭 18.4. 於東京)

荒 木 逸 夫\*\*

ÉTUDE SUR DES INCLUSIONS NON MÉTALLIQUE DANS L'ACIER  
(2e PARTIE, LA VARIATION DES  $\text{SiO}_2$  ET  $\text{Al}_2\text{O}_3$  DANS LE BAIN AU COURS DE  
LA FUSION DE L'ACIER AU FOUR ÉLECTRIQUE)

Ituwo Araki

**RÉSUMÉ:**—Quand on prélève un petit échantillon de l'acier du bain et détermine la quantité des inclusions non métallique, on a suppose que cette valeur serait le total des inclusions produites par l'oxydation ou par la réduction forcée ( $Q_1$ ), des inclusions produites de la charge, du fond du four, de la paroi latérale du four etc. ( $Q'_1$ ), des inclusions produites pendant le refroidissement de l'acier fondu ( $Q_2$ ), des inclusions produites après la solidification de l'acier fondu ( $Q_3$ ). Et on a donné la quantité de  $Q_1$ ,  $Q'_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  en fonction de la vitesse du refroidissement et le rapport entre de la quantité des  $\text{SiO}_2$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3$  comme  $Q_2$  et Si et Al dans l'acier. Sous les résultats obtenus on a cherché la variation des  $\text{SiO}_2$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dans le bain au cours de l'opération du four électrique basique et montré que les inclusions  $Q_2$  sont très important pour cette variation.

### I 緒 言

第 I 報<sup>1)</sup>に於て鋼中の  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の分離定量法としての温硝酸法の吟味を行ひ、その一分析方法を報告し、尙この方法を用ひて測定せる 鹽基性電氣爐鐵熔解中の、その量的變化の一例を擧げておいたが、本報告に於ては、これに引續き行つた、30 熔解中の一部の實測値並びにそれに対する考察に就て述べる事とする。

### II 實測の詳細

#### 1. 使用電氣爐

使用せる電氣爐は、公稱容量 6t の弧光式鹽基性電氣爐で、鋼浴面積 450 0000  $\text{mm}^2$ 、鋼浴の深さ 410 mm、爐床はマグネシヤである。

#### 2. 製品化學成分

第 1 表に示す如く 30 熔解中 A 鋼種は 23 熔解、B 鋼種は 5 熔解、C 鋼種は 2 熔解である。

第 1 表 製品化學成分

鋼種別	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
A	0.33/0.37	0.25<	0.40/0.60	1.4/1.8	0.4/0.8	—
B	0.23/0.30	0.30<	0.55<	2.5/3.0	0.5/1.0	0.25/0.35
C	0.28/0.35	0.35<	0.60<	3.0/3.5	0.5/0.9	—

\* 本報告は分析試料採取方法の重要性に就てと題し行つた講演の一部で第 I 報との關係上上記の如く改題する。

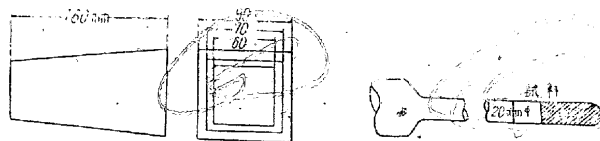
\*\* 神戸製鋼所

#### 3. 熔解方法

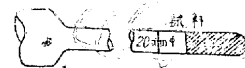
熔解方法は各熔解毎に多少の變化はあつたが、大差なく従つてその代表例として熔番 5590 の作業記録を第 2 表に示す。

#### 4. 試料採取方法

試料採取時期は熔落、除滓直前、Fe-Si 投入直前、出鋼直前取鍋とし、熔鋼は第 1 圖の如き鑄型に鑄込み、かくして得た約 3kg の鋼塊は、第 2 圖の如く、徑 20mm の丸棒に鍛延、底端部より約 1/3 の部分を分析用試料に供した。



第 1 圖



第 2 圖

#### 5. 分析方法

C, Si, Mn は通常の方法、 $\text{SiO}_2$  及び  $\text{Al}_2\text{O}_3$  は、第 1 報で詳細に報告せる如く、試料を 1:3 の温硝酸に溶解し、その熔解残渣中より  $\text{SiO}_2$  を弗化水素硫酸法、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  を、オキシン法により定量する方法を用ひた。

#### 6. 實測結果

第 3 表に實測結果の詳細を示す。今各熔解期に於ける C, Si, Mn,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の平均値を求め、圖示すれば第 3 圖の如くなる。尙記録中空欄の處は、都合により記録が取れなかつたもので、別に採取せる試料の分析値を以てすれば、

第2表 熔浴解作業記録 (熔番 5690)

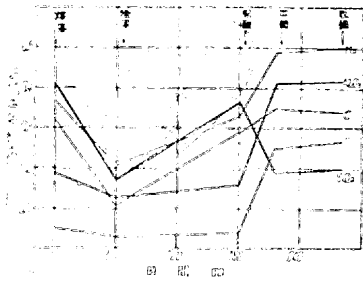
材料名稱	重量 kg	時刻	作業記録	鋼浴成分%										鋼成成分%												
				C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	CaO	MgO	CaF <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>2</sub>	C.C	F.C			
製爐材料	400	6 10	裝爐始																							
	5950	7 35	通電 (120V)																							
	15	8 30	石灰 50kg																							
	90	9 00	" "																							
	90	9 35	" "																							
	110	10 05	熔落 (105V)	.47	.09	.50	.013	.017	.15	1.92	.12	21.90	3.48	6.86	1.81	12.48	13.95	29.95	9.04	0.22	0.21	0.10		痕跡		
	50	" "	鐵錠 25kg																							
		10 30	" "																							
		10 45	" "																							
		11 05	" "																							
附加材料		" "	螢石 15kg																							
		" "	Fe-Mn 5kg																							
		11 22	試料採取	.20	.02	.21	.014	.021	.16	1.59	.03	20.12	3.38	7.92	1.48	8.93	9.81	27.71	16.28	0.13	0.14	0.17		痕跡		
		11 30	除渣																							
	25	11 32	脫渣滓 (CaO160, CaFe80, C 15)																							
	65	11 40	" (CaO160, CaF <sub>2</sub> 50, C 15)																							
	28	12 20	Ni 5kg																							
	4	12 30	Fe-Cr 65kg																							
	0.3	13 05	試料採取	.35	.09	.54	.018	.005	.15	1.63	.67	22.45	2.48	1.44	.40	.32	39.72	22.62	9.68	.04	.58	.27		痕跡		
		13 06	Fe-Si 28kg																							
材料		13 14	Fe-Ti 4kg																							
		13 14	砂型試驗																							
		13 15	引ケ良破面良																							
		13 15	Al 0.3kg																							
		13 22	Fe-Mn 20kg																							
		13 22	砂型試驗	.35	.25	.54	.018	.005	.15	1.62	.67	26.01	2.82	2.35	.80	.29	33.70	25.42	8.12	.05	.57	.27		痕跡		
	" "	引ケ良破面良																								
	13 30	試料採取	.36	.24	.51	.017	.008	.16	1.56	.64																
	13 30	取出																								

第 3 表

熔番	鋼種	分 析 結 果																								
		C %					Si %					Mn %					SiO <sub>2</sub> %					Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %				
		熔落	除滓前	Si前	出鋼前	取鋼	熔落	除滓前	Si前	出鋼前	取鋼	熔落	除滓前	Si前	出鋼前	取鋼	熔落	除滓前	Si前	出鋼前	取鋼	熔落	除滓前	Si前	出鋼前	取鋼
4944	B	0.24	0.09	0.30	0.29	0.29	0.02	0.01	0.02	0.30	0.29	0.21	0.33	0.51	0.50	0.0020	0.0014	0.0038	0.0017	0.0013	0.0010	0.0002	0.0019	0.0062	0.0054	
5461	A	0.31	0.08	0.31	0.33	0.30	—	0.01	0.21	0.30	0.29	0.35	0.43	0.58	0.58	0.0035	0.0016	0.0023	0.0034	0.0020	0.0006	0.0004	0.0009	0.0062	0.0040	
5603	A	0.33	0.11	0.28	0.34	0.28	0.02	0.03	0.26	0.28	0.55	0.18	0.50	0.51	0.51	0.0017	0.0007	0.0024	0.0029	—	0.0040	0.0003	0.0032	0.0049	—	
5632	A	0.39	0.13	0.28	0.33	0.33	0.02	0.05	0.35	0.25	0.42	0.21	0.51	0.46	0.46	0.0048	0.0006	0.0021	0.0006	0.0011	0.0030	0.0012	0.0015	0.0011	0.0016	
5608	A	0.32	0.11	0.32	0.42	0.37	0.02	0.04	0.23	0.23	0.21	0.18	0.52	0.52	0.52	0.0026	0.0013	0.0033	0.0023	—	0.0013	0.0021	0.0034	0.0028	—	
5627	A	0.53	0.18	0.33	0.33	0.36	0.02	0.02	0.25	0.25	0.40	0.20	0.38	0.44	0.44	0.0019	0.0023	0.0018	0.0007	0.0054	0.0018	0.0006	0.0018	0.0064	0.0038	
5453	A	0.29	0.16	0.36	0.35	0.36	—	—	0.22	0.22	0.34	0.24	0.61	0.51	0.51	0.0046	0.0020	0.0048	0.0029	0.0026	0.0008	0.0003	0.0019	0.0016	0.0074	
5590	A	0.47	0.15	0.35	0.35	0.36	0.01	0.02	0.24	0.24	0.52	0.21	0.54	0.52	0.52	0.0049	0.0006	0.0031	0.0017	0.0010	0.0017	0.0012	0.0017	0.0043	0.0028	
5647	A	0.43	0.10	0.27	0.35	0.36	0.02	0.02	0.24	0.23	0.27	0.21	0.54	0.50	0.50	0.0012	0.0021	0.0052	0.0027	—	0.0003	0.0007	0.0008	0.0025	—	
5687	C	0.29	0.07	0.22	0.30	0.31	0.02	0.01	0.21	0.26	0.32	0.23	0.45	0.45	0.45	0.0015	0.0007	0.0030	0.0019	0.0025	0.0001	0.0003	0.0003	0.0030	0.0014	
5838	B	0.25	0.08	0.21	0.25	0.25	—	—	0.28	0.30	0.31	0.20	0.32	0.48	0.48	—	0.0015	0.0047	0.0025	0.0015	—	—	—	0.0043	0.0042	
5468	A	0.27	0.12	0.30	0.32	0.32	—	—	0.30	0.30	0.44	0.29	0.58	0.52	0.52	0.0035	—	0.0023	0.0034	0.0020	0.0006	—	0.0009	0.0062	0.0040	
5867	A	0.28	0.16	0.30	0.33	0.33	0.04	0.03	0.28	0.28	0.31	0.21	0.33	0.54	0.54	—	0.0040	0.0022	0.0028	—	—	—	0.0018	0.0039	0.0058	
5705	A	0.26	0.06	0.27	0.32	0.36	0.07	0.03	0.26	0.26	0.27	0.21	0.36	0.48	0.48	—	0.0033	0.0015	0.0015	—	—	—	0.0021	0.0013	0.0016	
5411	A	0.23	0.06	0.30	0.34	0.38	0.03	0.03	0.09	0.22	0.40	0.27	0.38	0.38	0.38	—	0.0024	0.0021	0.0012	—	—	—	0.0009	0.0033	0.0019	
5555	A	0.20	0.05	0.28	0.37	0.37	0.05	0.03	0.25	0.25	0.23	0.19	0.35	0.54	0.54	—	0.0117	0.0004	0.0009	—	—	—	0.0004	0.0036	0.0036	
5589	A	0.49	0.07	0.27	0.38	0.33	0.05	0.03	0.23	0.25	0.44	0.18	0.50	0.51	0.51	—	0.0011	0.0016	0.0021	0.0053	0.0005	0.0005	0.0005	0.0046	0.0046	
5495	A	0.36	0.09	0.32	0.32	0.32	0.05	0.01	0.23	0.23	0.44	0.19	0.37	0.49	0.44	—	0.0019	0.0019	0.0027	0.0021	0.0044	0.0020	0.0005	0.0040	0.0050	
5642	A	0.31	0.07	0.30	0.33	0.33	0.08	0.05	0.23	0.23	0.46	0.17	0.25	0.45	0.44	—	0.0046	0.0079	0.0027	0.0021	0.0016	0.0026	0.0030	0.0048	0.0050	
5605	A	0.21	0.17	0.37	0.40	0.39	0.02	0.01	0.21	0.26	0.28	0.28	0.37	0.59	0.59	—	0.0030	0.0030	0.0018	0.0009	0.0016	0.0026	0.0030	0.0048	0.0050	
5617	A	0.40	0.18	0.33	0.45	0.43	0.06	0.06	0.22	0.23	0.49	0.21	0.32	0.55	0.48	—	0.0030	0.0057	0.0012	—	0.0023	0.0032	0.0013	0.0058	—	
5626	A	0.38	0.14	0.27	0.33	0.35	0.01	0.01	0.25	0.23	0.53	0.19	0.32	0.37	0.52	—	0.0028	0.0029	0.0003	—	0.0020	0.0018	0.0017	0.0038	—	
5779	A	0.27	0.14	0.32	0.37	0.38	0.02	0.02	0.24	0.30	0.35	0.22	0.40	0.40	0.40	—	0.0039	0.0018	0.0034	0.0023	—	—	0.0028	0.0060	0.0067	
5870	A	0.34	0.13	0.30	0.36	0.36	—	—	0.25	0.28	0.31	0.17	0.36	0.54	0.54	—	0.0023	0.0016	0.0014	0.0024	—	—	0.0036	0.0047	0.0086	
5857	C	0.24	0.16	0.27	0.31	0.31	—	—	0.34	0.29	0.27	0.21	0.33	—	0.53	—	0.0090	0.0010	0.0011	0.0020	0.0010	0.0010	0.0005	0.0027	0.0032	
5712	B	0.35	0.03	0.22	0.29	0.29	—	—	—	0.31	0.42	0.19	0.27	0.49	0.49	—	—	0.0056	—	0.0017	—	—	0.0008	—	0.0018	
5699	A	0.34	0.20	0.33	0.37	0.34	0.07	0.03	0.23	0.27	0.53	0.23	0.48	0.48	0.48	—	—	0.0013	0.0022	0.0012	—	—	—	—	—	
5835	A	0.28	0.03	0.28	0.35	0.35	0.06	0.03	0.31	0.30	0.39	0.21	0.31	0.49	0.49	—	0.0015	0.0047	0.0025	0.0015	—	—	—	0.0043	0.0042	
5843	B	0.23	0.05	0.19	0.23	0.23	0.06	0.03	0.23	0.22	0.27	0.18	0.32	0.48	0.48	—	0.0009	0.0020	0.0006	0.0010	—	—	—	—	—	
5863	B	0.28	0.16	0.30	0.27	0.27	0.04	0.03	0.28	0.30	0.31	0.21	0.33	0.50	0.50	—	—	0.0041	0.0022	0.0028	—	—	0.0018	0.0039	0.0058	
平均		0.32	0.11	0.29	0.29	0.34	0.04	0.03	0.25	0.27	0.37	0.21	0.33	0.49	0.50	0.0041	0.0017	0.0037	0.0019	0.0020	0.0019	0.0013	0.0016	0.0041	0.0042	

〔備考〕 (1) 製鋼時間平均 通電→熔落 174' 熔落→除滓 65' 除滓→脱酸 124' 脱酸→出鋼 35' 全時間 6'38"

(2) 使用脱酸劑平均 Si 0.21% Mn 0.18% Ti 0.02% Al 0.006% Ca-Si (取鋼) 0.019%



第 3 圖

補充し得たものもあるが、試料採取の同一條件を嚴格に守るため、特に記入しなかつた。

### III 實測値に對する考察

第3圖に示された變化は、前記の如く、ほぼ同一の熔解法により熔解され、且試料採取並に分析方法も、出來得る限り同様の條件で得た値の平均を示してゐるので、相當信頼してよいものと考へる事が出来る。さてこの結果によれば、上述の如き熔解條件に於ける電氣爐鋼熔解中の SiO<sub>2</sub> 實測値は、熔落より除滓前まで減少し、次に還元滓投入後反對に増加し、Fe-Si 投入後出鋼迄の間に再び減少し、更に取鍋試料の値は、出鋼前の値と大差なき傾向を示してゐる。又 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は脱酸劑投入前迄は、SiO<sub>2</sub> と同様の變化をなすが、その變化は SiO<sub>2</sub> に比し微弱である。然るに脱酸劑投入後、反對に急激に増加し、この値は取鍋試料までほぼ持ち越されてゐる。次にかくの如き變化に對し若干の考察を試みてみよう。一般に熔鋼より前記の如き方法で採取した試料中の SiO<sub>2</sub> 及び Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を、次の如く分類する事とする。

- Q: 全量
- Q<sub>1</sub>: 強制酸化或は強制脱酸に依り生じたもの
- Q'<sub>1</sub>: 原料、爐床、爐壁等より生じたもの
- Q'<sub>2</sub>: 熔鋼の冷却凝固過程に生じたもの
- Q'<sub>3</sub>: 熔鋼が凝固完了後に生じたもの

而して  $Q = Q_1 + Q'_1 + Q_2 + Q_3$  とする

従つて Q を検討するためには、Q<sub>1</sub>, Q', Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub> の各々を詳細に吟味する必要がある。

#### 1. Q<sub>1</sub>

周知の如く、鋼の精鍊には、先づ鐵錒石を加へ、酸化反應を起さしめる。これを強制酸化と稱する、強制酸化により鋼中の Si, Mn, Al 等は、何れも酸化され、酸化物となつて熔鋼中に析出懸濁し、次いで浮揚する。酸化反應が終れば、平衡或は過剰にある酸素を除去するために、いはゆる脱酸劑たる Si, Mn, Al 等を加へ、酸素をこれ等の酸化物に變へ、強制酸化の場合と同様に、熔鋼より驅逐する。こ

れを強制還元と稱する事とする。Q<sub>1</sub> はかくして生成した SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を意味するものとする。従つて Q<sub>1</sub> はその熔解溫度に於ける熔鋼中に現存せるもので、これのその時に



第 4 圖

於ける眞の値は、その溫度から急冷し、熔鋼が凝固するまでの間に、これ等が浮揚し去らぬ様にして、試料を採取すれば

求められる筈である。今この關係を圖示すれば第4圖の如くなる。

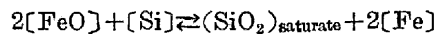
即ち熔鋼が凝固する迄の冷却速度が、或る一定の大きさに達すると、介在物 Q<sub>1</sub> は全然浮び上らずに、曲線 I に示す如く、一定値即ち眞の値を示すであらう。然るにこの際機械的な攪拌作用、或は後に説明する如く、熔湯が冷却途中に於て析出する介在物があつて、これがそれ等の浮揚を容易ならしめ得る如き場合には、曲線 II に示す如く、その臨界冷却速度は右へ移轉するものと想像される。

#### 2. Q'<sub>1</sub>

これは原料たる屑鐵、銑鐵、或は差物中に最初より含有されてゐたもの及び爐床爐壁等から入り來つた介在物を意味し、その溫度に於ける熔鋼中に現存し、試料採取時に於ける舉動は、Q<sub>1</sub> と全く同様であると考へる事が出来る。

#### 3. Q<sub>2</sub>

これは熔鋼の冷却凝固過程に生ずる介在物、換言すれば、熔鋼の溫度低下により、析出する脱酸生成物である。先づ SiO<sub>2</sub> に就て考へてみる。Fe-O-Si 系の平衡の中、最も簡単な場合として

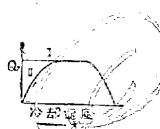


即ち  $[Si][FeO]^2 = 1/K_{(Si)} = K^{Si}$  が擧げられる。K<sup>Si</sup> は Körber, Oelsen<sup>2)</sup>, 柴田博士, 田尻學士<sup>3)</sup> の研究によれば、第4表の如くである。

第 4 表

溫度 °C	1550	1600	1650	
K <sup>Si</sup> × 10 <sup>4</sup>	Körber	2.7	7.1	21.0
	Oelsen			
	柴田 田尻	2.54	5.68	12.13

表に示す如く、兩者の値には高溫に於ては相當の開きがあるが、溫度の上昇と共に K<sup>Si</sup> が增大してゐる事は確である。尙これは、鋼滓が SiO<sub>2</sub> で飽和してゐる場合で、實際の鹽基性鑛滓の場合とは、種々の點で大分趣を異にするが、定性的にはその關係は適用して差支ないものと考へる。故に實際操業の場合に於ても、溫度低下に従ひ、平衡は SiO<sub>2</sub> の析出する方向へ移動するものと考へてよい。従つて冷却の條件がこの平衡の移動に影響し、析出する SiO<sub>2</sub>

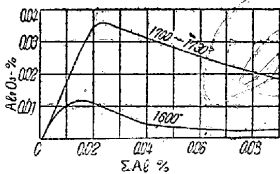


の量がこれに關係する事は、當然考へられる事で、その關係は第5圖の如く推定する事が出来る。

第5圖 即ち曲線Iに示す如く、冷却速度が大

なるときは、SiO<sub>2</sub>の析出が阻止されるが、或る冷却速度以上に達すれば、析出が完了し、その値はほぼ一定となるであらう。然るに實際測定の場合 SiO<sub>2</sub>は析出しつゝ、一方に於て浮揚するから、兩者を併せ考へると、曲線IIの如き形を取るものと想像される。尙溫度低下による平衡の移動のため、析出する SiO<sub>2</sub>の理論量に關しては、解明が困難であるが、これに就ては後に再論することとする。

次に Q<sub>2</sub> としての Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> である。Fe-O-Al 系に就て、J. Chipman<sup>4)</sup> は、計算にて鋼中の [Al] と、殘留すべき [FeO] の量的關係を、又 H. Wentrup, G. Heiber<sup>5)</sup> は實驗にて、この平衡關係を求めてゐるが、何れも Fe-Si-O 系と同様、その平衡は溫度の低下に従ひ、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> を析出する方向にある事を示し、特に後者はこの間に析出する Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の量を、計算並びに實測の兩方より求め、第6圖の如き結果を得てゐる。



第6圖

而して實測の場合析出する Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の量が、凝固までの冷却速度により影響される事は、SiO<sub>2</sub>の場合と變りなく、その曲線は第5圖と全く同様な傾向にあると考へる事が出来る。

4. Q<sub>3</sub>

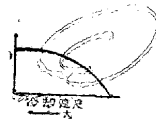
これは熔鋼の凝固完了後に析出すべく想像される介在物を意味する。今同一熔鋼から汲み取り、20mm×120mmの丸型鐵金型に鑄込んだ急冷小鋼塊2本の中、1本はその儘、他の1本はこれを黒鉛中に埋め、1300~1350°C、6h 燒鈍し、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>の量を測定せる結果は、第5表に示す如く後者の方が一般に高値を示す。

第5表

試料番號	%	急冷試料	燒鈍試料	備考
1	SiO <sub>2</sub>	0.0034	0.0043	Cr-Mo 鋼
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0044	0.0045	
2	SiO <sub>2</sub>	0.0045	0.0068	"
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0016	0.0016	
3	SiO <sub>2</sub>	0.0030	0.0047	C 鋼
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0012	0.0013	
4	SiO <sub>2</sub>	0.0023	0.0038	"
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0122	0.0084	

即ち高温に於て或る平衡にあつた熔鋼が、冷却凝固區間

を急冷された場合、その間の析出すべき介在物、即ち Q<sub>2</sub> が凝固後特に高温範圍を極めて徐冷する時は、一部析出するのではないかと考へる。然しながら一方析出を阻止された状態にあるものと、既に析出したものとが、分析時のいはゆる分離方法、或は試薬等に對して如何なる舉動を示すかの問題が、未だ十分明かにされてゐないので、これ等の



第7表

事に關しては今後の研究に俟つ必要があるが、今上記 Q<sub>3</sub>なるものを假定すれば、このものゝ量も前記同様の冷却速度の影響を受け、その状態は

第7圖の如く想像される。

以上述べた如く、Q<sub>1</sub>、Q<sub>1</sub>'、Q<sub>2</sub>、Q<sub>3</sub> 従つてその含量たる Q は、冷却速度により實測値を異にする恐れが十分ある事が想像される。小林博士<sup>6)</sup> は酸性平爐小型熔鋼試料に於て急冷せるものと、稍緩除の凝固せしめたものゝ介在物量を分析せる結果多くの場合、前者が後者に比し僅少な結果を示す事を報告されたが、著者は約 2.5 kg の同一熔鋼を 20 mm×120mm 丸型鐵鑄型に鑄込んだ場合と、50mm 徑底の黒鉛坩堝中で徐冷せる場合の SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 量の比較を行つた處、第6表に示す如く冷却速度の相違により、測定値に相當大なる變動のある事を確め得た。

第6表

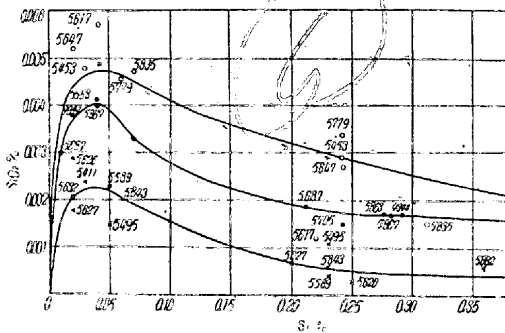
試料番號	%	急冷試料	徐冷試料	備考
1	SiO <sub>2</sub>	0.0024	0.0030	Cr-Mo 鋼
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0012	0.0012	
2	SiO <sub>2</sub>	0.0026	0.0034	"
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0040	0.0045	
3	SiO <sub>2</sub>	0.0029	0.0043	C 鋼
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0009	0.0019	
4	SiO <sub>2</sub>	0.0032	0.0052	"
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0014	0.0019	
5	SiO <sub>2</sub>	0.0023	0.0027	"
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0122	0.0080	
6	SiO <sub>2</sub>	0.0021	0.0026	"
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0014	0.0016	

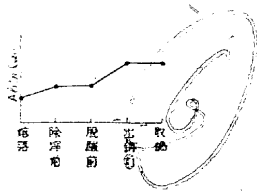
〔註〕 徐冷試料の冷却速度は試料 (1,2), (3,4), (5,6), の順に小。

従つて第3表の實測値は、特に前述の試料採取法を確實に行つたものみに限定したのであるが、その方法を再び吟味してみるに、第1圖に示した鑄型の形狀及び熔鋼の量より考へて、全體が極端な急冷或は徐冷をしたとは考へられぬし、又これを鍛造したのであるから、外周部の急冷部分も中心部の比較的徐冷部分も平均されてゐて、その値はその時の熔湯中に實在せる Q<sub>1</sub>、Q<sub>1</sub>' 及び冷却途中に析出する Q<sub>2</sub>、Q<sub>3</sub> 等の含量 Q の眞値に Comparable な値を示してゐるものと想像される。故に今これ等の推論を以て、第

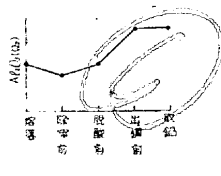
3 表及び第3圖の示す結果を検討してみる事とするが、その前に再び  $Q_2$  なる  $SiO_2$ 、即ち温度の低下により凝固までに析出すべき  $SiO_2$  に就て考へてみる。

前に述べた如く、實際の鹽基性電氣爐鋼滓の如き、 $SiO_2$  を以て飽和されてゐない熔融鋼滓と平衡にある C, Si, Mn 等を含む熔鋼から、温度低下に依り析出すべき  $SiO_2$  の量を理論的に求める事は困難であるが、著者はこれを實際操業の結果たる第3表から定性的に得んとし、還元期強制脱酸剤たる Fe-Si 投入直前の熔湯中の Si と O とは、ほぼ平衡状態にあると考へられるので、この際に得られた試料の  $SiO_2$  量は、殆ど  $Q_2$  と考へる。又 Fe-Si 投入後、出鋼前まで  $Q_1$  たる  $SiO_2$  が激増すべきに拘らず、事實は却つてこれが著減してゐるのは、Fe-Si 投入によるいはゆる強制脱酸にて生じた  $SiO_2$  は、悉く浮揚し去り、 $Q_2$  即ち冷





第 11 圖



第 12 圖

又 Q<sub>2</sub> の變化は第 6 圖が正しいものとすれば、第 12 圖の如くなる筈である。

第 12 圖に於ては SiO<sub>2</sub> の場合と異り、注目すべきは Al の投入により、Q<sub>2</sub> たる Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、尙上昇の途をたどりつゝある事で、全體的な變化は第 3 圖と全く相似である。

即ち Q<sub>2</sub> なる Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、普通脱酸劑として投入する程度の Al によつては、SiO<sub>2</sub> の如く減少しないが、又一方窒化鋼の如く多量の Al を投入するものに於ても、その量が特に増大する懸念もない事が判る。又一般に Q<sub>1</sub>, 即ち強制酸化或は脱酸により生じた Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は、爐中に於ても容易に浮揚し難い様に考へられてゐるが、Al 約 1% を含む窒化鋼屑を、30% 程度装爐材料として使用した場合の熔落並に除滓前の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の測定によれば、第 7 表に示す如く、通常装爐材の場合と同様に Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は減少してゐて、ある條件の下に於ては、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> も相當速に浮揚する事が推測される。

但し上例に示す脱酸後の急増は、Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub> 共に理論的に増加するので、その何れが主たるものかの判別はつきかねる。

第 7 表

溶 落 除 滓 前	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %		
	0.0225	0.0267	0.0217
0.0017	0.0023	0.0009	

最近の研究によれば鋼中の酸化物系介在物の主成分は、SiO<sub>2</sub> 及び Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> であると考へられてゐる。而して以上の結果によれば、上記の如き熔解法に於ては、この量に最も影響するものは、鋼が冷却凝固中に生じたもの、即ち Q<sub>2</sub> であつて、強制酸化或は脱酸にて生じたもの、特に SiO<sub>2</sub> は比較的速に浮揚し去つてゐるものと看做す事が出来る。從

つてこれ等の推論を實際操業に適用すれば、例へば早期強制脱酸の活用、仕上脱酸の時期並びに温度、或は脱酸劑の種類量等の問題に關し、理論的な種々の示唆を受ける事が出来る。

## VI 結 言

溶解中の鋼浴から小試料を採取し、SiO<sub>2</sub> 及び Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の量を測定する時、この示す値 Q は次の如きものゝ合量であると考へた。

$$Q = Q_1 + Q'_1 + Q_2 + Q_3$$

Q<sub>1</sub>: 強制酸化或は強制脱酸に依り生じたもの

Q'<sub>1</sub>: 原料、爐床、爐壁等より生じたもの

Q<sub>2</sub>: 熔鋼の冷却凝固過程に生じたもの

Q<sub>3</sub>: 熔鋼が凝固完了後に生じたもの

而して Q<sub>1</sub>, Q'<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub> が冷却速度により變化する状態、並びに Q<sub>2</sub> として析出する SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の量と鋼中の Si, Al の量との關係を推考し、この結果からほゞ一定の熔解方法を以て熔解せる、鹽基性電気爐鋼溶解中の SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の變化を検討し、かくの如き熔解法に於て、この變化に大なる影響を與へてゐるものは、Q<sub>2</sub> なる事を推定し、尙これに對する二三の考察を述べた。

尙本研究の發表を許可された神戸製鋼所及び終始御懇篤な御指導と御鞭撻を賜はつた中央研究部兼特殊鋼部長取締役川上義弘博士並びに御援助下さつた現場研究の各位に對し深謝の意を表する。

## 文 獻

- 1) 荒木: 鐵と鋼 第 26 年 第 1 號 14 頁
- 2) Körber u. Oelsen: Mit. K.-W. Inst. Eisenforsch., **15**, (1933)
- 3) 柴田, 田尻: 金屬學會 第 6 卷 第 2 號 43 頁
- 4) J. Chipman: Trans. A. S. Met. **22** (1934)
- 5) H. Wentrup u. Heibr: Arch. Eisenh. **13** (1939) 15
- 6) 小林: 鐵と鋼 第 28 年 第 6 號 646 頁
- 7) 太田: 鐵と鋼 第 27 年 第 7 號 441 頁