

及び 1,200°C で焙焼すると Pb, Zn 除去率は何れも 91~96.5% に達し Pb, Zn 含有量は何れも 0.1~0.2% の程度迄下げる事が出来る。

7) 鐵、マンガン鑛中に含有する Pb, Zn の揮發除去を實作業として行ふ場合には少くとも 5% 以上の無煙炭粉又は骸炭粉を配合して相當に長いロータリー、キルンの中で焙焼を行ひ、キルンの排出口に至る迄に配合せる炭素

質燃料を充分に燃焼し盡し、排出口の最後の部分を 1,200°C ~1,250°C の高温で酸化性氣圈の下で加熱して、試料は熔融せしめずして、相當固く焼結せしめるのを最も良しと考慮する。(完)

本研究を行ふに當り、選鑛研究室助手佐藤信一君及び若杉二郎君の援助に擔ふ處が多い、茲に記して聊か感謝の意を表したい。

## 熔鋼に於ける炭素と酸素との平衡(補遺)

(日本鐵鋼協會第 14 回講演大會講演)

的 場 幸 雄\*

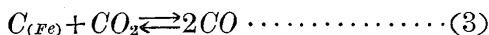
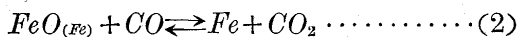
### THE CARBON-OXYGEN-EQUILIBRIUM IN MOLTEN STEEL.

By Satio Matoba. Kogakushi

SYNOPSIS:—In the previous paper of his investigations author showed the carbon and oxygen equilibrium in the molten steel fairly expressed by the two conjugated equilibria,  $FeO_{(Fe)} + CO \rightleftharpoons Fe + CO_2$  (2) and  $C_{(Fe)} + CO_2 = 2CO$  (3) Principal part of that present paper is the investigation of the temperature relationship of these equilibria up to 1,650°C. According to his results of experiments, as far as the gaseous compositions are unchanged, the solubility of carbon in molten Steel in equilibrium with CO and CO<sub>2</sub> mixture, tends to decrease and the contrary is true with oxygen solubility. The relationship of equilibrium constant and temperature also found for equilibrium (2),  $\log K_2 = 7,450/T - 4.66$ , and for equilibrium (3),  $\log K_3 = -8,800/T + 7.40$ .

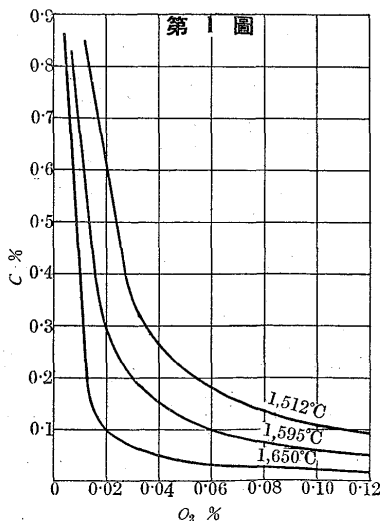
### I. 緒 説

前報<sup>1)</sup>に於て著者は、製鋼に際しこの所謂炭素反應としては、平衡瓦斯相中に CO<sub>2</sub> を認めて



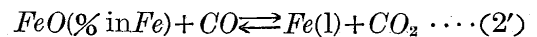
の兩式を同時に成立するものと考ふべき事を實驗的に述べ1,560°C 附近に於ける此等の平衡の平衡恒数を報告した。残る主要なる問題は、此の平衡關係が温度の變化に依つて如何に推移するかの點である。

C. H. Herty<sup>2)</sup> は、

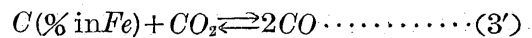


熔鋼に於ける酸素と炭素との相關係の溶解度曲線として數種の温度に對して第 1 圖の如き報告を發表して居る。

又 J. Chipman<sup>3)</sup> は、熱力學的計算に依り (2) 及び (3) 式の自由エネルギーの變化を次の様に與へた。



$$\Delta F^\circ = -34,650 + 21.10 T$$



$$\Delta F^\circ = 40,080 - 34.45 T$$

Herty の研究は、平爐に於ける實驗的の數値であるが共存すべき瓦斯相の組成には觸れて居らず Chipman の研究は、紙上の計算であつて未だ實證を経て居らぬ。

### II. 著者の實驗

實驗の方法、装置及試料、其他の要點は悉く前報告<sup>1)</sup>に述べた通りである。併し温度が高いので最早白金白金ロヂウム熱電對は使用する事が出来ず、總て良く補正された光

\* 東北帝國大學

1) 的場幸雄 鐵と鋼 第 20 卷 第 12 號 837 頁 昭和 9 年

2) C. H. Herty, jr., Min. and Met. Invent. Bull. No. 34.1927.

3) J. Chipman, Trans. Am. Soc. for Metals, Vol. XXII, No. 5, 1934, p. 385.

第 1 表

實驗 番 號	平衡溫度 (°C)	保時 時間 (分)	裝入 <sup>2)</sup>		瓦斯組成 <sup>3)</sup>		鋼塊分析			平衡關係 <sup>4)</sup>	
			C%	O <sub>2</sub> %	CO%	CO <sub>2</sub> %	C%	O <sub>2</sub> %	FeO%	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>
										$\frac{p_{CO_2}}{p_{CO} \cdot [FeO]}$	$\frac{p^2_{CO}}{p_{CO_2} \cdot [C]}$
A- 808	1,555~1,570	60	0.08	0.0421	96.2	3.8	0.065	0.032	0.1437	0.275	375
801	1,560~1,575	60	"	"	96.0	4.0	0.063	0.0345	0.1549	0.269	366
805	1,550~1,570	45	"	"	"	"	0.058	0.038	0.1706	0.244	397
806	1,550~1,570	55	"	"	"	"	0.060	0.037	0.1661	0.251	384
B- 403	1,555~1,570	40	0.04	0.0425	96.2	3.8	0.075	0.028	0.1257	0.314	325
402	1,560~1,580	60	"	"	95.8	4.2	0.060	0.036	0.1616	0.271	364
401	1,550~1,565	50	"	"	"	"	0.050	0.042	0.1886	0.232	437
406	1,555~1,565	45	"	"	"	"	0.053	0.035	0.1572	0.279	412
A- 824	1,600~1,620	30	0.08	0.0421	95.8	4.2	0.047	0.0295	0.1147	0.204	462
826	1,580~1,600	35	"	"	95.6	4.4	0.037	0.039	0.1749	0.263	556
829	1,605~1,630	40	"	"	96.0	4.0	0.043	0.044	0.1976	0.211	537
823	1,590~1,620	30	"	"	"	"	0.053	0.056	0.2512	0.166	432
B- 327	1,570~1,600	30	0.03	0.0429	96.4	3.6	0.066	0.043	0.1933	0.193	394
323	1,600~1,630	20	"	"	95.8	4.2	0.039	0.0395	0.1766	0.248	556
326	1,600~1,620	45	"	"	95.8	"	0.045	0.0525	0.2355	0.186	490
329	1,590~1,610	30	"	"	96.0	4.0	0.048	0.034	0.1527	0.272	479
A- 842	1,630~1,650	10	0.08	0.0421	96.0	4.0	0.046	0.055	0.2482	0.168	496
847	1,630~1,660	15	"	"	96.2	3.8	0.036	0.0395	0.1787	0.221	676
848	1,620~1,650	10	"	"	95.6	4.4	0.033	0.0575	0.2584	0.178	624
845	1,640~1,660	20	"	"	96.2	3.8	0.043	0.0615	0.2762	0.143	569
B- 221	1,640~1,660	15	0.02	0.0428	96.4	3.6	0.032	0.044	0.1984	0.188	804
225	1,620~1,650	10	"	"	95.6	4.4	0.041	0.069	0.3104	1.148	513
227	1,650~1,660	10	"	"	"	"	0.029	0.058	0.2614	0.176	716
228	1,630~1,650	15	"	"	96.2	3.8	0.049	0.037	0.1667	0.237	496

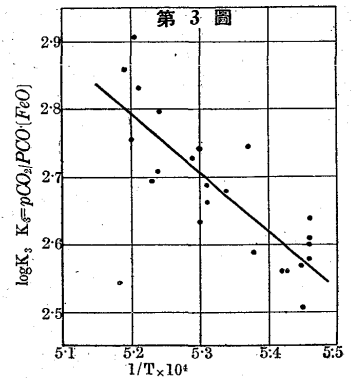
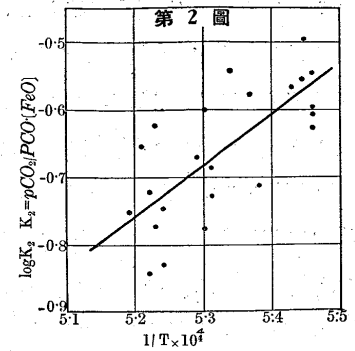
註 1) A は平衡點より炭素量多き裝入、B は少き裝入を以て出發す。2) 計算上の裝入組成、3) 瓦斯中には常に 5% 以下の N<sub>2</sub> を主とする他の瓦斯を含み、反應室内の壓力を約 5 cm (Hg) として (CO+CO<sub>2</sub>) 分壓を略し、1 とし、表には CO+CO<sub>2</sub>=100% としての組成を示す。4) 平衡關係には瓦斯組成を除きすべて重量百分率を使用す。

學高溫計を用いたのであるが、大體 ±10°C の範圍で信頼する事が出来る。又平衡溫度への保持時間は耐火材料の品質の關係から 1,610°C 附近に約 30 分、1,650°C 附近では辛うじて 15 分を保持し得るに過ぎない有様であつたが、この程度の保持時間でも溫度が高いから 1,560°C の場合に鑑みて、平衡は達せられて居ると信ずる。平衡瓦斯相としては CO=94, 96, 98% を撰んだが 96% の場合が比較的一致した結果が得られ、且つ實驗回数も多いので、其の結果を一括し第 1 表に掲げた。

是に依ると (2) 式の平衡恒數  $K_2 = p_{CO_2}/p_{CO} \cdot [FeO]$  は溫度の上昇と共に漸減し、(3) 式の平衡恒數  $K_3 = p^2_{CO}/p_{CO_2} \cdot [C]$  の値は反對に溫度の上昇に伴つて増加して行く事が觀察される。

III. 實驗結果の考察

a) 溫度と平衡恒數との關係 或る化學反應の平衡恒數の常用對數と絕對溫度の逆數の間には一般に直線的な關係がある。著者の得た實驗の結果から、此の關係を圖上に求めて見ると K<sub>2</sub> に對して第 2 圖 K<sub>3</sub> に對しては第 3 圖が得られる。是等の圖上に表れる點は、實驗の甚しき困難の

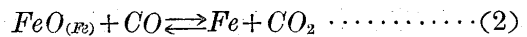


故に可なりの範圍に分散しては居るが、最小自乗法に依つて是等の點が表はす直線の實驗式を求めると

$$K_2 \text{ に對して } \log K_2 = 7,450/T - 4.66$$

$$K_3 \text{ に對して } \log K_3 = -8,800/T + 7.40$$

が得られ、従つて各平衡に於ける自由エネルギーの變化を示す式は次の様になる。



$$\Delta F^\circ = -34,069 + 21.31 T$$

第 2 表

溫度	K <sub>2</sub>		K <sub>3</sub>	
	Chipman	實驗式	Chipman	實驗式
1,500°C	0.457	0.347	380	275
1,550	0.347	0.269	525	372
1,600	0.269	0.209	708	501
1,650	0.209	0.162	933	661
1,700	0.166	0.132	1,230	871



$$\Delta F^\circ = 40,242 - 33.84 T$$

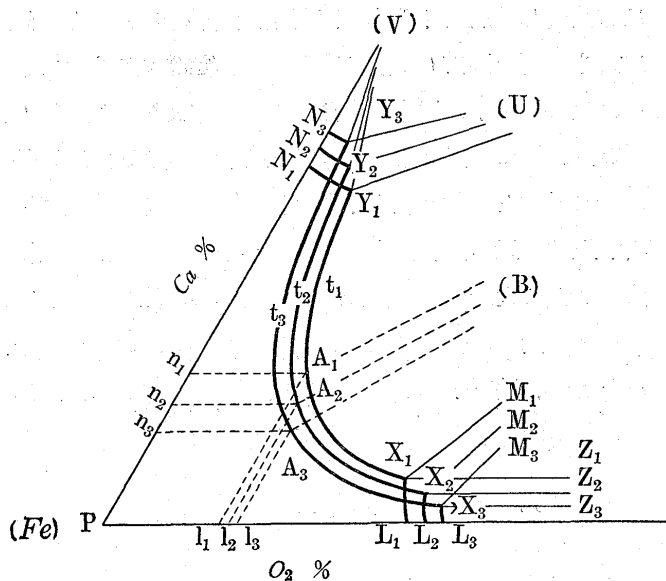
是は Chipman が純粹の熱力學的計算に依つて得た値と相當によく一致し、著者の實驗式に依る各溫度に對する平衡恒數と Chipman の式に依る恒數とを比較すると第 2 表である。

今 (2) 式に就て云へば、溫度の上昇と共に平衡恒數 K<sub>2</sub> の値が減少するのであるが、換言すると同一組成の瓦斯と

平衡する熔鋼中の酸素濃度は温度の上昇に従つて増加する事を示すのである。又(3)式に就て云へば丁度反對で、温度の上昇に伴つて平衡恒数  $K_3$  も又増大する。是は換言すれば熔鋼中の炭素溶解度は同一組成の瓦斯と平衡して居る限り、温度の上昇と共に減少する事を語つて居るのである

b) 熔鋼に於ける炭素と酸素との平衡圖 著者は既に前報告の第4圖に於て<sup>1)</sup> 1,560°C 附近に於ける  $Fe-C-O_2$  系の定性的状態圖を示した。此處には、熔鋼相中の炭素と酸素の相關的溶解度曲線の温度に依る變移を示す事にする

第4圖



第4圖は  $Fe-C-O_2$  系状態圖の鐵の溶融點以上の温度  $t_1, t_2, t_3$  に於ける鐵隅の水平斷面を示す。(前報告第4圖界域L参照) 今  $t_1 < t_2 < t_3$  とすれば  $Fe-C$  及び  $Fe-O_2$  系状態圖で明かな通り  $N_1 < N_2 < N_3$  であり  $L_1 < L_2 < L_3$  である。然るに本研究に於て  $CO$  及び  $CO_2$  混合瓦斯と平衡に在る熔鐵相中の炭素量は瓦斯組成が不變なるに於ては、温度の上昇と共に減少し、同じく酸素量は増大する事が確められた。従つて一定瓦斯組成 B の下に平衡する熔鋼の組成  $A_1$  は、温度の上昇に伴つて  $A_2, A_3 \dots$  と變化し、常に  $A_1, A_2, A_3 \dots$  の組成は夫々、炭素に就ては  $n_1 > n_2 > n_3 \dots$ 、酸素に就ては  $l_1 < l_2 < l_3 \dots$  でなければならぬのである。斯くして C. H. Hertly の熔鋼に於ける炭素及び酸素の相關的溶解度曲線は、瓦斯相の組成の表示なき爲め甚だ不完全なものと云はなければならぬ。

本實驗に於て得た平衡恒數から、數種の温度に於ける瓦斯組成と夫れに平衡する熔鋼の組成を算出して表示すると第3表の通りで、是等の數字は各々の場合に達し得べき脱

酸の最高限度を示して居るのである。

第3表

$CO_2$ %	1,550°C			1,600°C			1,650°C		
	C%	FeO%	O <sub>2</sub> %	C%	FeO%	O <sub>2</sub> %	C%	FeO%	O <sub>2</sub> %
2.0	0.129	0.0549	0.0122	0.096	0.0975	0.0217	0.073	0.1259	0.0280
3.0	0.084	0.0831	0.0162	0.063	0.1477	0.0329	0.043	0.1907	0.0425
4.0	0.062	0.1122	0.0250	0.046	0.1993	0.0444	0.035	0.2573	0.0573
5.0	0.049	0.1415	0.0315	0.036	0.2514	0.0560	0.027	0.3245	0.0723
6.0	0.040	0.1712	0.0381	0.029	0.305	0.0679	—	—	—
7.0	0.033	0.2026	0.0451	—	—	—	—	—	—

實驗の製鋼爐に於ては、瓦斯相と熔鋼相との間に鑛滓相が介在して居て若干の假設なしには瓦斯相と熔鋼相が直接平衡して居るとは考へられないが、平爐内の瓦斯相は本研究で取扱つたものに比べると遙かに酸化性の者が多く、従つて特別な還元剤を用ひない限り充分に酸素量少き鋼の製造は理論的に困難であり、又同一瓦斯組成の下に於ては高温に溶融する程、鐵相中の酸素の溶解度は増加するのであるから製鋼の全期を通じて過熱する事は避けなければならぬ。特に電氣製鋼の如く温度を自由に上昇せしめ得る場合は大いに戒心すべき點であらう。併し他の脱酸剤を用ひ、その脱酸生成物を熔鋼中より分離せしむる等の意味では低温なるは不都合な點もある。

#### IV. $FeO + CO \rightleftharpoons Fe + CO_2$ に就て

以上の研究に於ては、熔鋼と瓦斯相の平衡を論ずるのに常に  $FeO$  及び  $C$  は熔鋼中に溶解して居る場合を取扱つた。然るに瓦斯相中の  $CO_2$  が漸次増加するに従つて熔鋼中の  $FeO$  濃度も増加し遂に飽和し更に進んで  $FeO$  の遊離相を生じ  $FeO + CO \rightleftharpoons Fe + CO_2$  なる平衡が成立する。 $CO$  及び  $CO_2$  混合瓦斯中にて  $Fe$  及び  $FeO$  が共存する場合の瓦斯組成に就ては、多くの研究があるけれども、夫等は何れ

第4表 (H. Schenck)

T	°C	$\log \frac{p_{CO}}{p_{CO_2}}$	CO%	器底物
1,600	1,327	0.56	78.2	$Fe(固) + FeO(固)$
1,643	1,370	0.58	79.2	$Fe(固) + FeO(固) + FeO(液)$
1,650	1,377	0.60	80.0	$Fe(固) + FeO(液)$
1,700	1,427	0.73	84.5	"
1,750	1,477	0.84	87.4	"
1,792	1,519	0.93	89.5	$Fe(固) + Fe(液) + FeO(液)$
1,800	1,527	0.94	89.8	$Fe(液) + FeO(液)$
1,850	1,577	1.03	91.6	"
1,900	1,627	1.12	92.9	"
1,950	1,677	1.20	94.1	"

も  $FeO$  及び  $Fe$  が固相なる場合で、最近 D. W. Murphy, W. P. Wood and W. E. Jominy<sup>4)</sup> 等に依つて

<sup>4)</sup> D. W. Murphy, W. P. Wood and W. E. Jominy, Trans. Am. Soc. for Steel Treating, Vol XIX 1932, p. 193.

$FeO$  が融體なる範圍迄測定せられ、更に是に基いて H. Schenck<sup>5)</sup> は  $Fe$  相も又熔融する溫度まで擴張計算を行つた。H. Schenck の計算に依る此の平衡の平衡恒數  $K'_2 = p_{CO}/p_{CO_2}$  及び瓦斯組成は第 4 表の如くである。

著者は實驗的に此の關係を求める爲めに次の研究を行つた。熔鋼面に於ける酸化被膜の有無は適當な濾光硝子を使

第 5 表

溫度		瓦斯組成		還元(R) 或は 酸化(O)	鋼塊の 酸素量
°C	T	CO <sub>2</sub>	$\log \frac{p_{CO}}{p_{CO_2}}$		
1,540	1,813	12.4	0.849	R	0.140
1,550	1,823	12.2	0.857	R	0.164
		13.6	0.803	O	0.182
		14.4	0.774	O	0.192
1,560	1,833	12.0	0.865	R	0.172
		13.8	0.796	O	0.190
1,570	1,843	11.8	0.873	R	0.184
		12.4	0.849	R	0.192
		14.0	0.788	O	0.214
1,580	1,853	12.0	0.865	R	0.188
		12.4	0.849	R	0.198
1,590	1,863	10.4	0.936	R	0.206
		11.8	0.873	O	0.230
		12.0	0.865	O	0.236
1,600	1,873	10.0	0.954	R	0.204
		10.4	0.936	R	0.210
		11.6	0.882	R	0.220
1,610	1,883	9.8	0.934	R	0.236
		11.6	0.882	O	0.240
		12.2	0.857	O	0.254
1,620	1,893	11.6	0.882	O	0.250
		10.2	0.944	R	0.240
1,630	1,903	8.2	1.049	R	0.234
		9.6	0.974	O	0.274
		10.0	0.954	O	0.284

用すれば、識別するに差程困難はない。併し光學高溫計を使用するには酸化被膜の有無は大きな影響がある。著者は種々な瓦斯組成の中にて種々な溫度に電解鐵を熔融して、溫度と瓦斯組成、酸化皮膜の生成の關係を調べて第 5 表、第 5 圖の如き結果を得

た。此の際の溫度の測定には無論酸化被膜の有無に従つて別々に補正された光學高溫計を用ひ、電解鐵は豫め空氣中に溶解して相當量の酸素を含ませて置き、瓦斯相との平衡を促進する様にした。蓋し酸化被膜を生ずる場合アラン

ダム製坩堝を使用するも 10 分間以上の熔解保持は殆んど困難だからである。

著者の實驗値は H. Schenck の計算値に比べると稍相異があつて、熔鋼に對して酸化被膜を形成し始める瓦斯中の  $CO_2$  含有量は稍多く、又其の際に於ける  $Fe$  相中の酸素含有量は C. H. Hertzy<sup>2)</sup> 或ひは又 F. Körber u. W. Oelsen<sup>6)</sup> が測定したものに比べると著しく低い。彼等の値は系中に  $C$  を含まぬ場合であり、著者の場合は  $CO$  及び  $CO_2$  瓦斯相を考へて居るので、差異はこの點に在ると思はれる。即ち既に  $FeO$  相を生じ、直接瓦斯及び熔鋼相は相接觸して居なくとも、瓦斯相は鑛滓相を飽和し、熔鋼に迄も影響を及ぼして居る事を有力に實證するものである。此の際の熔鋼中の炭素濃度は微少で充分なる正確を期し得ないが、總てを通じて 0.008% 以下の程度である。是に依つて見ると  $FeO$  相と平衡に在る  $Fe$  相中の炭素濃度は事實上零に近いが、而も猶この微小なる炭素量が酸素溶解度に對して大なる影響を示して居る事は注目すべきである。此の實驗の結果に依り、第 4 圖の  $X_1, X_2, X_3$  點の位置が解り、是と平衡する瓦斯組成  $M_1, M_2, M_3$  は溫度高きに従つて  $CO_2$  少き側に移動する事を知る。

## V. $FeO_{(Fe)} + C \rightleftharpoons Fe + CO$ に就て

$FeO_{(Fe)} + C_{(Fe)} \rightleftharpoons Fe + CO$  (1) は製鋼に就ての研究の中最も多くの研究の對稱となつた平衡である。著者は既に前報告に於て、此の平衡は製鋼に際しての炭素反應を示すものとしての缺點を實驗的に指摘したのであるが、相律的に考へても又此の平衡は炭素反應を示すものと云ふ事が出来ない。

普通の意味で製鋼の平衡は、定壓、定溫に於て一變系として取扱ひ得るものと解されて居る。更に具體的に云ふならば、定壓定溫の下では、鐵相中の炭素と酸素の濃度は單獨に變化する事は出来なくとも、相互的には變化する事が出来なければならないのである。

從來一般に製鋼に際しての炭素反應として取扱はれて居る  $FeO_{(Fe)} + C_{(Fe)} \rightleftharpoons Fe + CO$  (1) は、 $Fe, C, O_2$  の三成分系であつて相の數は、液相と瓦斯相各一の二相である故に定壓とすれば自由度は 2 で、溫度を撰ぶも平衡は猶決定されぬが、瓦斯相若くは液相が定まると平衡は不動のも

<sup>5)</sup> H. Schenck, "Physikalische Chemie der Eisenhüttenprozesse". Bd. I. Nachtrag, Julius Spvinger, Berlin, 1932.

<sup>6)</sup> F. Körber und W. Oelsen, St. ü. Eisen, Bd. 52. 1932, S. 133; H. Schenck, "Physikalische Chemie der Eisenhüttenprozesse" Bd. I. S. 132.

のとなる。然るに今の場合瓦斯相は純  $CO$  で既に決定して居るから、是に平衡する液相の組成も又定壓、定温に於て一定して居ると見なければならぬ。蓋し同一瓦斯相の下に定壓定温にて平衡する液相の組成が無数にある事は考へ難いのである。即ち此の場合此の平衡式は定壓定温で一變系として取扱ふ事が出来ず、従つて一般の炭素平衡の通念に叛くものである。この意味で(1)式は相律的にも一般の炭素平衡としては不適當で、又状態圖上この形の平衡式が成立し得るのは  $C$  が獨立相として存在し得る範圍で、従つて  $FeO_{(Fe)} + C_{(Fe)} \rightleftharpoons Fe + CO$  ではなくて、 $FeC_{(Fe)} + C_{(Fe)} \rightleftharpoons Fe + CO$  としてである。

第4圖の  $Y_1, Y_2, Y_3$  點は即ち  $C$  又は  $Fe_3C$  の存在に於て  $CO$  と  $Fe$  相が平衡に在る點で、著者はこの點の組成を定める爲に下記の様な實驗を行つた。即ち  $CO$  の流通下に於て過量の  $C$  と共に黒鉛坩堝を用ひて白銑を熔融したのである。其の實驗の装置及試料等はすべて從來述べられるものと同じである。然るに過量の炭素ありて高温度なる爲め、坩堝材料中より珪素が  $Fe$  相中に還元参加し、その含有量は常に 0.1 乃至 0.3% に及び實驗の結果は著しくその影響を受けた事は否めない。

實驗の結果は第6表の如きもので、その前半は炭素を加

第6表 試料分析

CO 氣流中 $C$ を加へず坩堝アランダム												
熔融温度	1,550°C				1,600°C				1,650°C			
$C\%$	0.85	0.66	1.02	0.92	1.25	1.15	1.06	1.33	1.55	1.35	1.65	1.50
$Si\%$	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
CO 氣流中 $C$ を加ふ、坩堝黒鉛												
熔融温度	1,550°C				1,600°C				1,650°C			
$C\%$	4.23	4.44	4.15	4.22	4.30	4.60	4.54	4.62	4.75	4.80	4.58	4.64
$Si\%$	0.15	0.16	0.10	0.14	0.20	0.22	0.15	0.14	0.32	0.50	0.30	0.45

へずしてアラムダム坩堝を用ひ  $CO$  氣流中で電解鐵を熔融したる場合、後半は黒鉛電極より削り出せる黒鉛坩堝を用ひたる場合である。第一の場合に於ては、状態圖上より考へれば  $CO$  瓦斯に依り次第に加炭されて遂に第4圖の  $Y$  點の組成に近きものが得らるべき理なるも、數時間に亘つて熔融を續くるも加炭の程度は豫想よりも遙かに低いものであつた。第二の場合は特に炭素を加へた事もあるが加へなくとも黒鉛坩堝より盛んに加炭されるけれども同時にその不純物中の珪酸の還元も少くなく、結局の飽和點の炭素量は、 $Fe-C$  系の場合に比して猶低き値に止まつて居た。是は還元参加したる珪素の影響とすると共に、猶若干の酸素があつて其の爲めに著しく炭素濃度を減じて居ると見るべきで、此の場合に於ける酸素濃度は僅少にして、著者の水素還元法で測定する事は困難であるが種々な事情を綜合して 0.003% 以下と想像される。

## VI. 結 論

本報告に於て著者は次の諸項を説明した。

(1) 熔鋼に於ける炭素と酸素との平衡を示す  $FeO_{(Fe)} + CO \rightleftharpoons Fe + CO_2$  及び  $C_{(Fe)} + CO_2 \rightleftharpoons 2CO$  の平衡恒數と温度との關係は、夫々前式に對しては  $\log K_2 = 7,450/T - 4.66$  後者に對しては  $\log K_3 = -8,800/T + 7.40$  にして従つて

(2) 同一組成の瓦斯と平衡に在る熔鋼の炭素量は温度の上昇に従つて減じ、酸素量は増加する。

(3)  $FeO, CO$  及び  $CO_2$  と共存する  $Fe$  相及び  $C$  若くは  $Fe_3C$  及び  $CO$  と共存する  $Fe$  相の組成を研究した。

以上 (昭和10年6月於仙臺)