

- 8) 小島, 佐野: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 23
 9) J. CHIPMAN & R. WASCHWITZ: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 227 (1963), p. 472
 10) 的場, 郡司, 桑名: 鉄と鋼, 45 (1959) p. 1328
 11) D. C. HILTY & W. CRAFTS: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 180 (1955), p. 116
 12) 坂尾, 佐野: 日本金属学会誌, 23 (1959), p. 236
 13) J. CHIPMAN: J. Iron & Steel Inst. (U.K.) 180 (1955), p. 97
 14) 郡司, 的場: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 758
 15) N. A. GOKCEN & J. CHIPMAN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 192 (1952), p. 171
 16) J. CHIPMAN & T.C.M. PILLAY: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 221 (1961), p. 1277
 17) J. CHIPMAN, J. C. FULTON, N. A. GOKCEN & G. R. CASKEY: Acta. Met., 2 (1954), p. 439
 18) A. M. SAMARIN et al, (盛利貞: 学振報告・19委 6941 ソ連科学アカデミー報告, 冶金と燃料 (1961) 2, p. 115)
 19) D. C. HILTY, W. D. FORGENG & R. L. FOLKMAN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min. Met & Pet. Eng., 203 (1955), p. 253
 20) J. CHIPMAN: "Basic Open Hearth Steel-making" (AIME, 1951) p. 658
 21) C. R. TAYLOR & J. CHIPMAN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met & Pet. Eng., 154 (1943), p. 228
 22) E. T. TURKDOGAN & J. PEARSON: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 173 (1953), p. 217
 23) H. B. BELL, A. B. MURAD & P. T. CARTER: J. Metals, 4 (1952), p. 718
 24) H. B. BELL: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 201 (1963), p. 116
 25) H. SCHENCK & G. WIESNER: Arch. Eisenhüttenw., 27 (1956), p. 1
 26) F. D. RICHARDSON: "Physical Chemistry of Steelmaking (1956), p. 55
 27) D. A. DUKELOW & G. DERGE: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 218 (1960), p. 136
 28) K. TESCHE: Arch. Eisenhüttenw., 32 (1961), p. 437
 29) W. J. LAPITZKI: Chem. Abst., 32 (1938), p. 465
 30) J. B. GERO, T. B. WINKLER & J. CHIPMAN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 188 (1950), p. 341
 31) 足立, 森田: 学振19委-6209 (1961)
 32) E. T. TURKDOGAN & J. PEARSON: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 175 (1953), p. 393
 33) 関口春次郎: "溶接用鋼線材についての新提案" 溶接学会, (1952), p. 6

脱炭速度におよぼす炭素, 酸素の到達速度の影響*

(脱炭反応の速度論的研究—VI)

藤井毅彦**・浦

知***

Effect of Arriving Velocities of Carbon and Oxygen on the Rate of Decarburization in Liquid Iron.

(Kinetic study of decarburization in molten steel—VI)

Takehiko FUJII and Satoru URA

Synopsis:

The author has pointed out in previous reports that the rates of transfer and diffusion of reacting elements and reacted products are important in the process of decarburization as the reaction $C + O \rightleftharpoons CO$ takes place very rapidly.

The previous reports also stated that there are two regions in the process where the arriving velocities of carbon and oxygen determine the rate of decarburization, and the transi-

* 昭和37年4月本会講演大会にて発表 昭和39年11月日30受付

** 住友金属工業株式会社和歌山製鉄所, 理博 *** 住友金属工業株式会社和歌山製鉄所

tion point in between the two regions is 0.30% carbon in a basic open hearth furnace, and 0.15% in a small high frequency furnace.

The author clarifies here that the rate of decarburization is increased with the increase of agitation effect of metal in a high frequency furnace, especially in the low carbon range, and further that the rate of decarburization in the oxygen steel making process in a basic open hearth furnace is increased with the increase of oxygen flow rate, and the transition point where the rate-determining step changes from oxygen diffusion to carbon diffusion is also raised to a higher carbon range.

(Received 30 Nov. 1964)

1. 緒 言

さきに第 I 報¹⁾～第 V 報⁵⁾において脱炭反応を速度論的にとりあつかい、塩基性平炉ならびに高周波炉の実験結果を解析することにより、脱炭反応においては溶鋼中の炭素 \underline{C} と酸素 \underline{O} と一酸化炭素 \underline{CO} 間の平衡反応 $\underline{C} + \underline{O} \rightleftharpoons \underline{CO}$ は非常に速く、むしろ鋼滓—溶鋼の界面と気相—溶鉄の界面とを通じて反応物質および生成物が移動する速度ならびに界面附近の拡散速度が重要であることを明らかにした。すなわち鋼滓が存在しない高周波炉の脱炭反応は主として自由表面において、気相から侵入した酸素が \underline{C} と反応して、直ちに \underline{CO} として再び気相に帰ることにあり、 \underline{C} の到達速度が大なるときは、脱炭速度は気相酸素の到達速度で決まり、 \underline{C} の到達速度が小なるときは、速度は \underline{C} の到達速度で決まる。また 100 t 塩基性平炉の脱炭速度を測定した結果、 $\underline{C} > 0.30\%$ では脱炭速度が炭素濃度に無関係に一定である相当に広い炭素濃度の領域が存在するが、 $\underline{C} < 0.30\%$ になると、脱炭速度の減少は炭素濃度と直線的関係にある。これは高周波炉の場合と同様に $\underline{C} \geq 0.30\%$ の領域では反応面への到達速度が、溶鋼炭度の方が酸素よりも大きく、脱炭速度は酸素の到達速度できまり、 $\underline{C} < 0.30\%$ の領域では、溶鋼炭素の到達速度が小さくなり、脱炭速度は溶鋼炭素の到達速度によつてきまるからである。ただこの限界が高周波炉の場合は約 $\underline{C}; 0.15\%$ であるのに対し、平炉の場合は約 $\underline{C}; 0.30\%$ であるのは両者の容量、攪拌状況の差によるものと考えられる。

この点は脱炭反応の機構を解明する上に最も重要な問題であり、また現在の塩基性平炉に大量の気体酸素を使用して製鋼能率を増進する製鋼法、さらに直接純酸素のみで精錬を行なう上吹転炉法においてはこの問題が現場的にも重要な段階となる。したがって著者は 100, 200 t 塩基性平炉、実験用高周波炉の実験結果をもとにして、さらにこの点について考察を加えた。

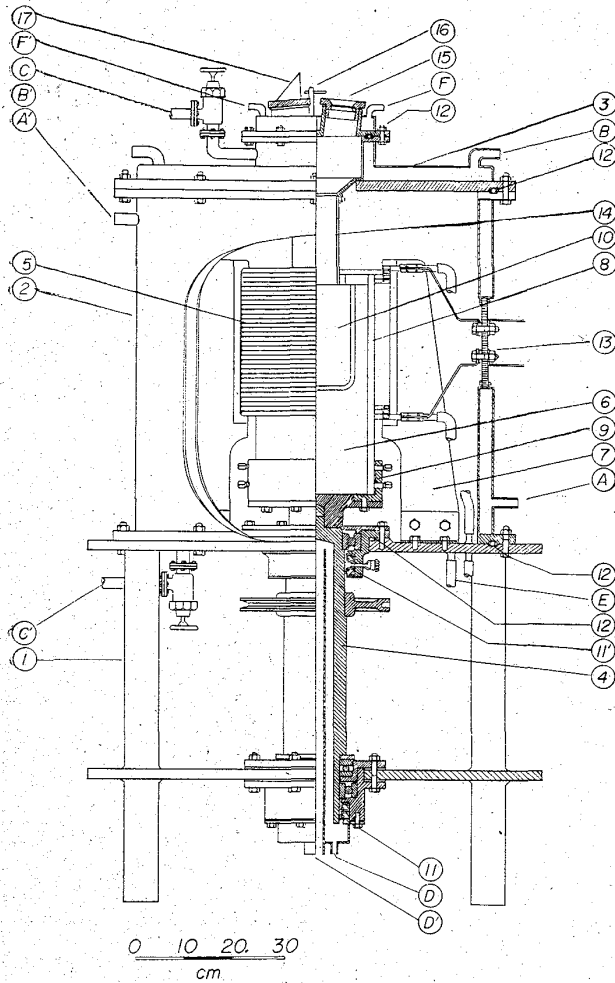
2. 脱炭速度におよぼす溶鋼攪拌の影響

2.1 実験装置

この溶解炉は第 III 報³⁾の溶解炉が真空管式 10kW 高周波発振機(周波数 450kC)を使用した溶解重量 1.4 kg の小型高周波炉であるのに対して、水銀火花式 50kW 高周波発振機(周波数 15~30kC)を使用した溶解重量最大約 20 kg の大型実験用高周波溶解炉である。そして溶解の際に一定の雰囲気の下で溶解できるように、要所にパッキングを使用した鉄製円筒(640φ×730)内で溶解を行なうものである。そして溶解には純マグネシアるつぼを使用し、必要なときにはるつぼ全体を溶解中に廻転しうようになっている。(ただし本実験では回転は行なわなかつた。)

2.1.1 高周波溶解炉

炉の詳細は Fig. 1 に示すように、不透明石英管(8)内におさめられた純マグネシアるつぼ(10)(外径170φ, 内径150φ, 内高250)内で溶解を行なう。高周波発振装置よりの電力は、銅線によりマイカレックス板に取り付けられた銅製ターミナル(13)を通じて、コイル(5)の両端に導かれている。コイル(外径300φ, 内径260φ, 32turn)はマイカレックス板製コイル止めで支持され、コイル止めはさらに(7)で支持され、これは底部の鉄板に固定されている。るつぼ(10)は不透明石英管(8)(外径245φ, 内径200φ, 高さ500)の中に入れ、純マグネシアンの粉末でライニングする。その不透明石英管をベークライト製止め(9)に固定し、その止めをさらに鉄製の回転軸に固定する。回転軸は上下の支持板にベアリングで固定され、さらに下の鉄板にはスラストボールベアリングが取り付けられている。そしてその中間にプーリーを置き、モーターよりの回転を伝える。また回転軸内は回転部の温度の上昇を防止するために冷却水(D)(D')で冷却されている。この炉は一定のガス雰囲気にすることができ、また真空(低圧)にも排気できるようになっている。すなわち炉全体を鉄製円筒(2)の中に入れ、大気と遮断するために要所にパッキングを使用している。また回転部のシールはオイルシール(11)をほどこし、回転中も外気と遮断しうようになっている。炉の上部には温度測定用の孔(17)と試料採取用の孔(15)を設け、鉄製円筒の外部は冷却水(A)(A')で冷却され、上部もさらに



- 17 Prism for temp. measurement
- 16 Shutter
- 15 Sight and sampling hole
- 14 Al₂O₃ tube
- 13 Power joint
- 12 "O" ring (Rubber packing)
- 11 Oil seal
- 11' Oil seal
- 10 MgO crucible
- 9 Bakelite disc
- 8 SiO₂ tube
- 7 Coil supporter
- 6 MgO powder
- 5 Induction coil
- 4 Driving steel shaft
- 3 Steel canopy
- 2 Steel shell
- 1 Steel frame
- F Water inlet
- F' Water outlet
- E Water inlet for induction coil
- D Water inlet
- D' Water outlet
- C Vacuum valve (Argon inlet)
- C' Vacuum valve (Argon outlet)
- B Water inlet
- B' Water outlet
- A Water inlet
- A' Water outlet

Fig. 1. High-frequency induction rotating furnace.

(B)(B')(F)(F') で冷却されている。

2・1・2 高周波発振機

水銀火花式 50kW 高周波発振機 (誘導加熱式, 富士

電波製) を使用したが, 定格出力は

変圧器出力電力: 15,000~18,000 V

高周波電流: 最大 1,000 A

周波数: 15~30k.C

2・1・3 試料採取

溶鋼の試料採取は下端を封じた内径 10mm φ の不透明石英管で行なつた。すなわち下端から 30mm 上に小孔を開け, その下部に Al の細線を入れ, 石英管の先を溶鋼中につけ, 孔から管の内部へ溶鋼が流入するようにした。なお試料採取に際しては鉄製円筒内へ石英管を入れねばならず, その間に空気が侵入する可能性があるため, 石英管を入れる孔はできるだけ小さくし, また鉄製円筒内の気相の圧力は大気圧より少し高くして空気の侵入を防止した。

2・1・4 温度の測定

温度の測定は Pt-Pt·Rh 熱電対と光高温計の両方で行なつた。熱電対で溶鋼の温度を直接に測定するほうが正確であるが, 熱電対を溶鋼中につけるときの上部の孔を開けるので雰囲気空気が混入する。したがって特殊の目的には Pt-Pt·Rh 対を用い, 通常の測定には光高温計を使用することとして両者の間の補正を行なつた。その関係は Fig. 2 に示すごとく良好な相関関係が得られた。

2・1・5 気相の調節

第Ⅲ報³⁾と同様に工業用の窒素ガスを酸化銅炉, ピロガロール, 重クロム酸カリ, 苛性カリ, 濃硫酸, 五酸化燐, 塩化カルシウムを通して乾燥ならびに洗滌を行ない, 流量計をへて反応炉へ吹き込む。また酸素は工業用酸素を酸素溜に貯蔵し, 重クロム酸カリ, 苛性カリ, 濃硫酸, 五酸化燐, 塩化カルシウムを通して流量計をへて

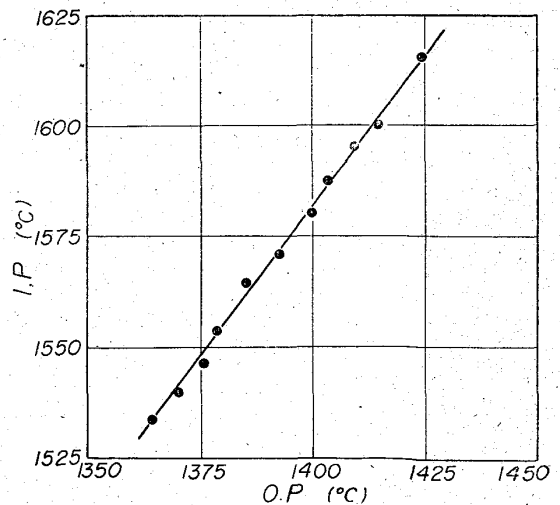


Fig. 2. Temperature of immersion pyrometer and optical pyrometer.

Table 1. Composition of electrolytic iron.

Elements	C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%	Cr%	O%
Electrolytic iron	0.01	0.01	tr	tr	0.005	0.01	tr	0.129

窒素ガスと混合し、反応管へ吹き込む。ガスの分析はオルザットガス分析装置を使用し、反応炉の前と後で行ない、気相の調節には正確を期した。

2.2 実験方法

電解鉄 14kg を酸化を防ぐために窒素を流しながら加熱溶解し、それに適当量の加炭を行なった後、窒素気流中に酸素を所定の濃度で混入して炉内を所定の気相に調節した。そして溶鋼温度を 1600°C に一定に保ち、15 min ごとに試料を採取し、約 2 hr の実験を行なった。このようにして溶鋼の炭素濃度 1.00~0.60% の高炭素領域と 0.20~0% の低炭素領域の脱炭速度を酸素 0, 2, 5, 8% の一定気相中で測定した。実験に使用した電解鉄の成分は Table 1 の通りである。

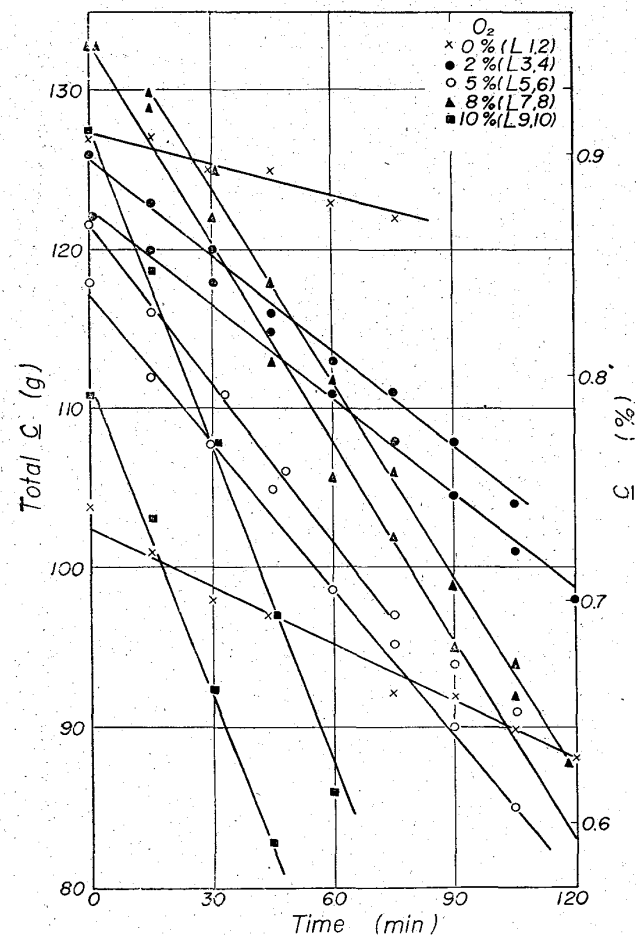


Fig. 3. Decarburization in large high-frequency induction furnace (atmosphere; oxygen + nitrogen. 1600°C) —high carbon range—

電解鉄自身の酸素濃度は高いが、溶解中に加炭を行なうので第1回の試料採取時には $C-O$ 平衡値にほぼ近い値を示している。

気相には窒素+酸素を用いたが、この混合ガスの流速は常に 7 l/min に保持し、脱炭速度におよぼす流速の影響を一定にした。また溶鋼温度は実験中 1600°C の一定温度に保った。本実験においては気相の酸素濃度が10%以下であるので、溶鋼表面には酸化膜はあらわれず、光高温計の温度の測定は正確である。

なお採取した試料の炭素の分析は燃焼法で、酸素の分析は真空溶融法で行なった。

2.3 実験結果

2.3.1 高炭素領域

C ; 1.00~0.60% の高炭素領域の気相の酸素濃度がそれぞれ 0, 2, 5, 8, 10% の場合の実験 (溶鋼温度はいづれも 1600°C) の結果は Fig. 3 に示す通りである。気相の酸素濃度が一定の場合には、全炭素量は時間とともに直線的に減少し、しかもその直線の傾斜には再現性がある。これは第Ⅲ報³⁾においても述べたように、脱炭反応は気相酸素濃度が一定の場合には、溶鋼炭素濃度にかかわらず、一定速度で進行することを示している。ただこの図にも示すように気相中に酸素が全然存在しない場合でも一定速度で脱炭反応が進行する。これは第Ⅲ報³⁾においても述べたように、るつぼ材の MgO が C により還元されるためであり、したがって実験結果より気相酸素との反応による脱炭速度 (rate of decarburization by gaseous oxygen) を計算するには実験結果から計算した全脱炭速度 (total rate of decarburization) からるつぼ壁との反応による脱炭速度を差引かなければならない。また脱炭速度は普通単位時間当たりの炭素量の減少をパーセントであらわすが、これは種々の反応容器中で行なわれ、また溶鋼の量が異なる場合の反応速度を比較する場合には不適當であり、全炭素含有量 g の減少量で脱炭速度をあらわしたほうが絶対的な速度をあらわし得るから、第Ⅲ報と同様に脱炭速度は全部全炭素含有量 (g) の単位時間当たりの減少量であらわした。ただ本実験の溶解重量は 14kg に一定にしてあるから、これから $-dC/dt$ (%/min) は直ちに計算できる。

Table 2 にはこのようにして実験結果より計算した全脱炭速度と気相酸素との反応による脱炭速度を示す。

Table 2. Rate of decarburization in large furnace and small furnace. (High carbon range)

Atmosphere			Temp. °C	Ch. No.	Large furnace			Small furnace	[A]/[B]
N ₂ or A %	O ₂ %	P _{O₂} mmHg			Total rate of decarburization -dC/dt (g/min)		Rate of decarbu- rization -dC/dt [A] (g/min)	Rate of decarburization -dC/dt[B] (g/min)	
					Observed value	Mean value	Mean value		
100	0	0	1600	L 1	0.0800	0.1000	0	0	—
				L 2	0.1200				
98	2	15.2	"	L 3	0.2000	0.2050	0.1050	0.0104	10.0
				L 4	0.2100				
95	5	38.0	"	L 5	0.2950	0.3025	0.2025	0.0132	15.3
				L 6	0.3100				
92	8	60.8	"	L 7	0.4170	0.4170	0.3170	0.0367	8.6
				L 8	0.4170				
90	10	76.0	"	L 9	0.7300	0.6775	0.5775	0.0545	10.5
				L 10	0.6250				

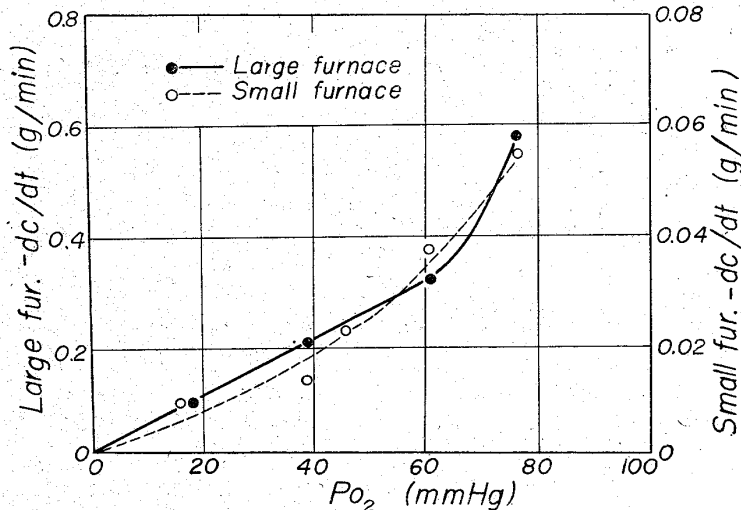


Fig. 4. Rate of decarburization by gaseous oxygen vs. oxygen pressure of gas in large and small furnaces. 1600°C

また同時に第Ⅲ報³⁾において述べた小型高周波炉の酸素0, 2, 5, 8, 10%の雰囲気のもとにおける脱炭速度を示してある。大型炉の脱炭速度と小型炉の脱炭速度の比を計算すると多少のばらつきはあるが、いずれも10以上の値になる。しかるに小型炉の純マグネシアるつぼの内径は60φであり、大型炉の純マグネシアるつぼの内径は150φであるから、溶鋼の表面積の比は6.25である。第Ⅳ報において述べたように気相酸素との反応は主としてガス相と接触する溶鋼の自由表面でおこり、また脱炭速度は自由表面積に比例するから、大型炉の脱炭速度は小型炉の脱炭速度の6倍前後でなければならない。それにもかかわらず10倍以上の脱炭速度を示し、この関係はFig. 4に示すように気相の酸素の分圧にかかわ

らずほぼ一定である。つぎにこの実験の際のC-O関係をFig. 5に示す。同図には小型炉のC-O関係も示してあるが、C; 0.20%以上の高炭素領域では小型炉の平均酸素含有量が0.0030~0.0040%³⁾であるのに対して、大型炉では0.0050%であり、やや高い。

2.3.2 低炭素領域

雰囲気中の酸素量5%の場合のC < 0.15%の低炭素領域における脱炭曲線をFig. 6に示す。また比較するために小型炉の脱炭曲線もFig. 6に示してある。これよりわかるように大型炉の方が脱炭曲線の傾斜が大きく、脱炭速度の早いことを示している。この曲線より脱炭速度を計算し、脱炭速度とC含有量との関係を示すとFig. 7のとおり、C含有量が極度に減少した場合(約0.02%)の脱炭速度(%/min)は大型

炉、小型炉ともに同じであるが、それよりもC含有量の高い場合(約0.03~0.10%)は大型炉の方が小型炉に比較して脱炭速度が大きい。例えばC; 0.10%のときの脱炭速度を比較すると大型炉の脱炭速度は小型炉の脱炭速度(g/min)の約20倍である。つぎにFig. 8にはこの実験の際のC-O関係を示すが、大型炉、小型炉ともに1気圧のC-O平衡曲線以下であるが、その値には大差はなく、やや小型炉の方が酸素含有量が高い程度である。

2.3.3 低炭素領域における溶鋼の酸化

低炭素領域における溶鋼のC-O関係はFig. 8の通りであるが溶鋼の酸化と脱炭との関係を示すとFig. 9のようになる。脱炭が早くおこなわれると溶鋼も早く酸化し、脱炭と酸化が同速度で行なわれることを示しており、

Fig. 8 にも示すように $\underline{C}-\underline{O}$ が一定の関係を保持しながら脱炭、酸化が進行することがわかる。

実験中における $\underline{C}\% \times \underline{O}\%$ の値の平均値は大型炉では L11; 702×10^{-6} , L12; 616×10^{-6} , 小型炉では C67; 844×10^{-6} , C68; 844×10^{-6} である。

2.4 結果の考察

以上の大型炉を使用して高炭素領域、低炭素領域の脱炭速度を測定した結果と小型炉の同一条件下の実験結果を比較するとつぎの通りである。

1. 高炭素領域における大型炉の脱炭速度は小型炉の脱炭速度の約 10 倍である。
2. 低酸素領域 (0.15% 以下) における大型炉の脱炭速度と小型炉の脱炭速度を比較すると、たとえば \underline{C} ; 0.10% では約 20 倍であり、その差は \underline{C} 量の減少とともに小さくなり、約 \underline{C} ; 0.02% で 10 倍になる。
3. 脱炭反応が行なわれているときの $\underline{C}-\underline{O}$ 関係は大型炉と小型炉ではそれ程差はないが、強いていえば高炭素領域では大型炉の方がやや高く、低炭素領域では小型炉の方がやや低い傾向が認められる。

4. \underline{C} ; 0.15% 以下の低炭素領域における脱炭と溶鋼の酸化はある一定の $\underline{C}-\underline{O}$ 関係を保持しながら進行する。

これらの差異の原因について考察を加えてみると小型炉は真空管式 10 kW 高周波発振装置を使用し、その周波数は約 450k.C であるのに対し、大型炉は水銀火花式 50 kW 高周波発振装置を使用し、その周波数は 15~30 k.C で周波数が低い。したがって溶鋼のるつぼ内における攪拌は小型炉に比較して、周波数の低い大型炉の方が大きい。

鋼滓が存在しない高周波炉の脱炭反応は第 V 報⁵⁾ においても述べたように主としてガス相と溶鋼が接触している自由表面において、気相から侵入した酸素が \underline{C} と反応してただちに CO としてふたたび気相に帰ることにある。そして自由表面直下の溶鋼内の速度勾配は小さく、境界層が無視されるが、溶鋼内部から自由表面に現われた \underline{C} は表面に沿って流れているうちに、気相酸素と結合して次第に減少し、薄い酸化鉄皮膜が生成する。さらに自由表面直上についてはつぎのように考察した。自由表面直上に気相の Fe-O 反応相なるものを考え、この相 (a) 鉄の蒸気、この蒸気圧 (1 mmHg; 1600°C) は自由表面から遠ざかるにつれて漸次減少している。(b) FeO 分子ならびにその大きさの異つた FeO 滴、(c) 分圧の下つた酸素分子、(d) 生成した CO ならびに

CO₂ 分子が共有する薄い層で、溶鋼への酸素の侵入に対して一つの障壁となるものである。

小型炉のるつぼの内径は 60φ であるのに対して大型炉のるつぼの内径は 150φ であり、自由表面積は 6.2

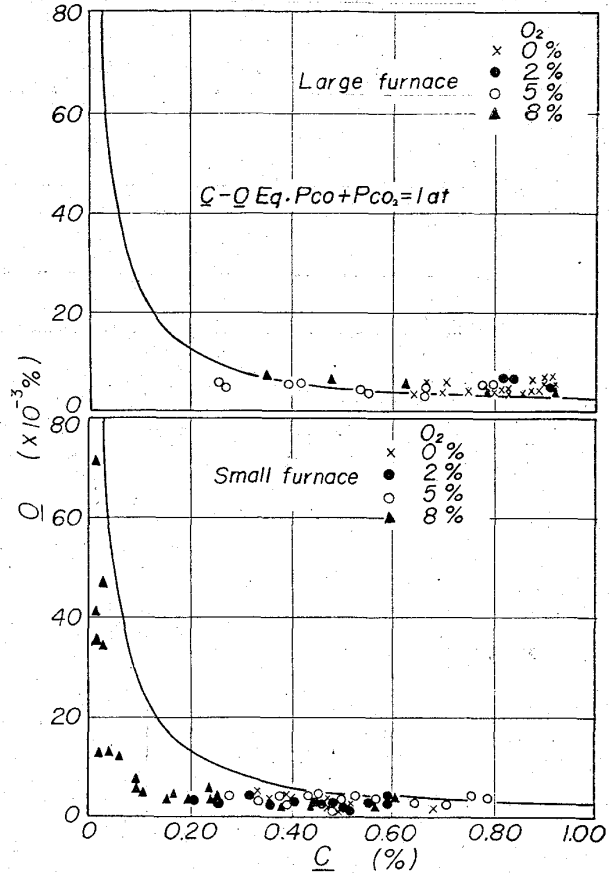


Fig. 5. $\underline{C}-\underline{O}$ relation in large and small furnaces 1600°C.

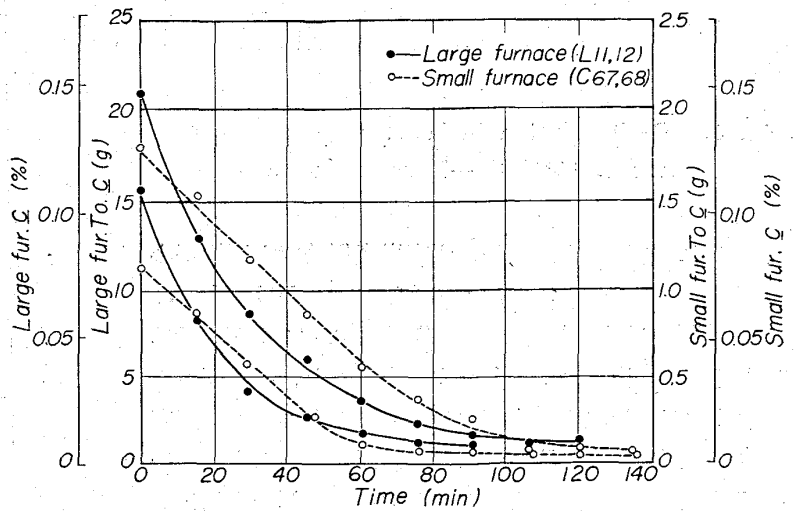


Fig. 6. Decarburization in large and small high-frequency induction furnaces. (atmosphere; oxygen 5% + nitrogen 95%) 1600°C —low carbon range—

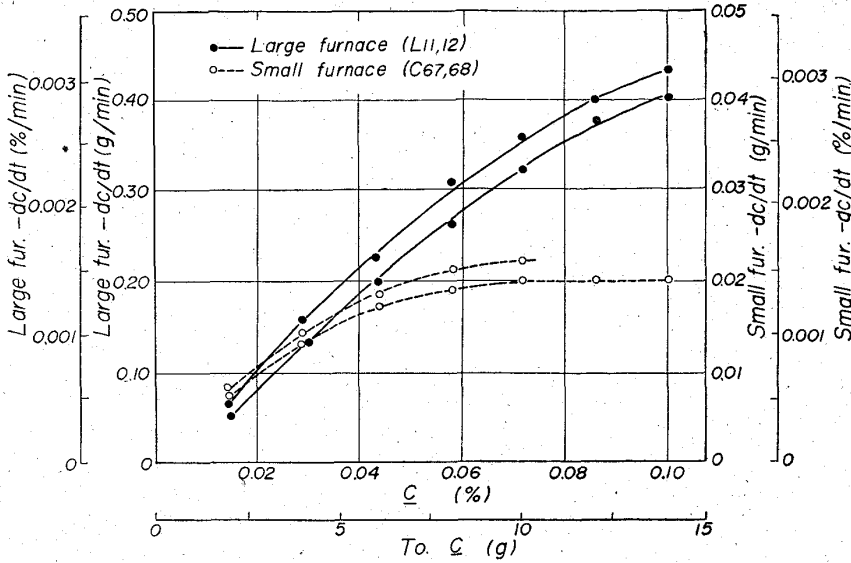


Fig. 7. Total rate of decarburization by gaseous oxygen vs. C in large and small high-frequency induction furnaces. atmosphere; O_2 5% + N_2 95% $1600^\circ C$ —low carbon range—

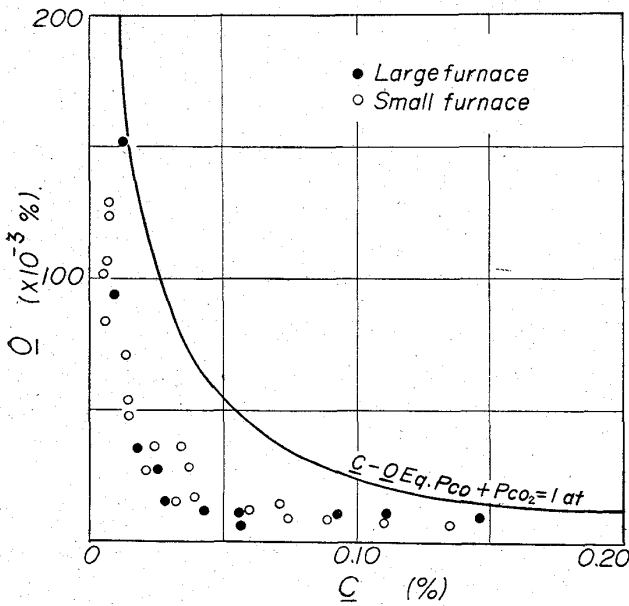


Fig. 8. $C-O$ relation in large and small furnaces. $1600^\circ C$ —low carbon range—

倍である。それにもかかわらず高炭素領域で大型炉が小型炉に比較して約 10 倍の脱炭速度を示すわけである。また高炭素領域(本実験では C ; $0.60 \sim 1.00\%$)では脱炭速度は C 濃度にかかわらず一定であり、反応面への到達速度が溶鋼炭素の方が酸素よりも大きく、脱炭速度は酸素の到達速度で決まる⁵⁾。したがって溶鋼中の $C-O$ 関係がわからないにもかかわらず高炭素領域で約 10 倍の脱炭速度を示すことを説明するには自由表面の構成が変化し、酸素の到達速度が大きくなったと考えなければならない。すなわち周波数が低いために溶鋼の攪拌が大

きくなり、自由表面直下の酸化膜の厚さが薄くなり、また自由表面直上の $Fe-O$ 反応相も何らかの変化を示し、気相酸素が到達し易くなり、自由表面積の増加 6.2 倍に対して約 10 倍の脱炭速度を示すものと思われる。つぎに低炭素領域 ($C < 0.15\%$) では溶鋼炭素の到達速度が小さくなり、脱炭速度は溶鋼炭素の到達速度によつてきまるから、大型炉の方が溶鋼の攪拌がはげしく、溶鋼炭素の到達速度が増大することにより脱炭速度は増大する (C ; 0.10% で大型炉は小型炉の約 20 倍) ことは容易に説明し得る。

また脱炭反応中の $C-O$ 関係が大型炉と小型炉で大差ないことは、脱炭反応が主として自由表面でおこり、気相中の酸素と溶鋼中の炭素が直接反応して脱炭反応が進行することを立証するものである。

3. 塩基性平炉による酸素製鋼の脱炭速度

3.1 当所塩基性平炉の脱炭速度

つぎに当所 100 t, 200 t 塩基性平炉において大量に酸素吹精を行なつて脱炭速度を測定した。鋼種は最終 C ; $0.08 \sim 0.14\%$ の低炭素キルド鋼であり、溶銑注入後にただちに 100 t 平炉ではランス 5 本、200 t 平炉では

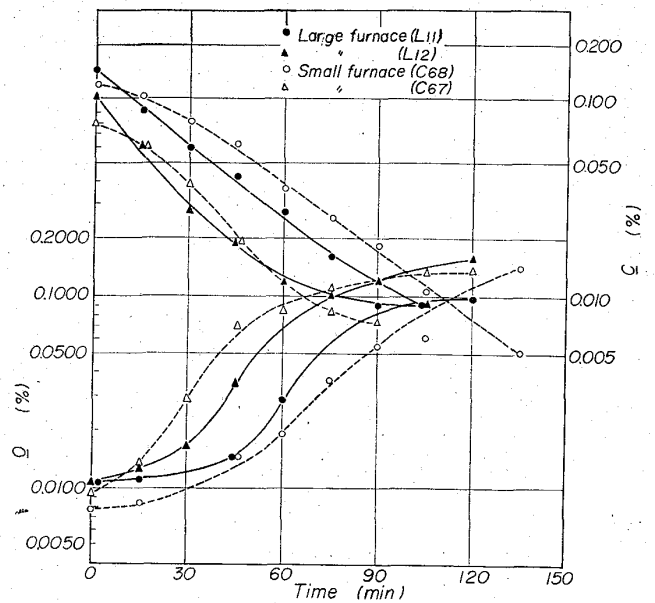


Fig. 9. Carbon removal and oxidation of metal vs. time in large and small high-frequency induction furnace. O_2 ; 5% $1600^\circ C$ —low carbon range—

Table 3. Oxygen flow of a basic open hearth furnace.

Heat No.	Lancies	O ₂ flow					
		m ³ /t		m ³ /min		(m ³ /min)/lance	
		Cut.	Bess.	Cut.	Bess.	Cut.	Bess.
N38	8	13.20	10.60	44.0	40.0	5.5	5.0
N39	8	8.70	6.63	29.0	35.5	3.6	4.4
N40	5	19.60	6.25	29.7	16.4	5.9	3.3
N41	5	14.30	11.70	28.6	27.8	5.7	5.6
N42	5	14.05	9.50	28.6	31.6	5.7	6.3
N43	5	11.80	11.30	28.1	28.2	5.6	5.6
Normal heat average	3	11.12	6.07	16.2	14.2	5.4	4.7

(Pressure: 5kg/cm²·lance)

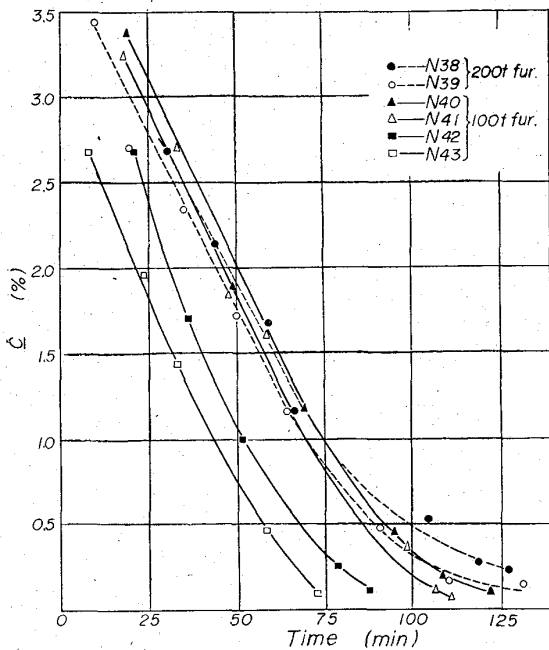


Fig. 10. Decarburization in a basic open hearth furnace.

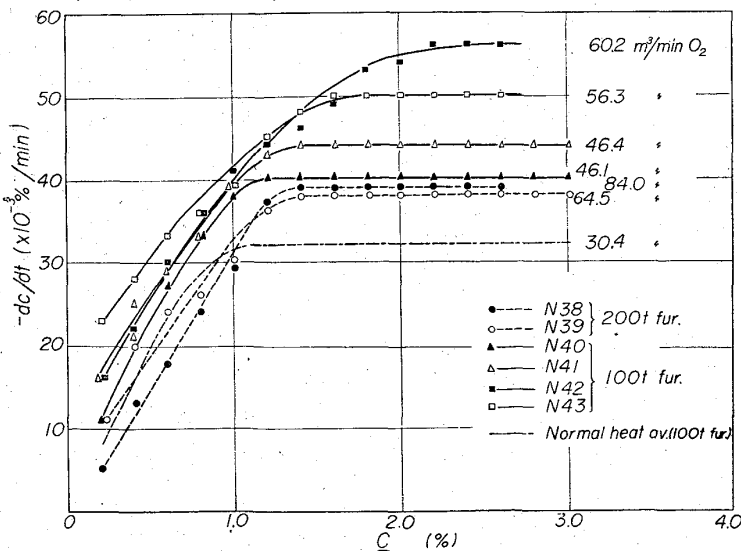


Fig. 11. Rate of decarburization vs. \underline{C} in a basic open hearth furnace.

ランス8本を使用して Table 3 に示す流量で酸素を吹き込み精錬を行なった。そして試料の採取は注鉄後 15 min 毎に行なつて、脱炭曲線を描いた。その脱炭曲線は Fig. 10, Table 3 に示す通りである。これによると精錬初期の脱炭は直線的に行なわれているが、末期に近づくにつれて彎曲し、脱炭速度が小さくなることを示している。この脱炭曲線より脱炭速度を計算し、脱炭速度と溶鋼 \underline{C} 濃度との関係を示すと Fig. 11 のようになる。

これより吹精酸素量が増加（酸素の圧力はランスで 5 kg/cm² に一定である）すると脱炭速度は増加するが、脱炭速度が \underline{C} 濃度にかかわらず一定である領域と、脱炭速度が \underline{C} 濃度に比例して減少する領域にわけられることがわかる。このことは第 II 報²⁾ においても示した通りである。ただ第 II 報²⁾ の鉍石法ないしは少量の酸素吹精を行なった溶解では脱炭速度が \underline{C} 濃度にかかわらず一定である領域は同一溶解内でも脱炭速度にかなりのばらつきが認められたが、大量の酸素吹精を行なった本実験結果ではばらつきは認められず、同一脱炭速度を示す。つぎにこの2つの領域の間の変更点は吹精酸素量の増加と共に高炭素濃度に移行することが認められる。これは \underline{C} 濃度にかかわらず脱炭速度が一定の領域は反応面へ到達する酸素量が脱炭速度を決定しており、脱炭速度が \underline{C} 濃度に比例して減少する領域は溶鋼中の \underline{C} の到達速度が脱炭速度を決定しているから、吹精酸素量が増加するとこの両者が平衡する \underline{C} 濃度が高くなることによつて起こる現象である。そして脱炭速度が \underline{C} 濃度に比例して減少する領域の脱炭速度自体も吹精酸素量が増加すると大きくなる。

なお第 III 報³⁾ において 100 t 塩基性平炉の鉍石法の際のこの変更点は約 \underline{C} : 0.30% であることを示したが、その際の脱炭速度は平行部で $6 \sim 10 \times 10^{-3} \%$ /min であつたから、Fig. 11 の関

係とよく一致するわけである。また 100 t 平炉と200 t 平炉を比較すると、t 当りの酸素吹精量に換算していずれも同一の傾向にあり、t 当りの酸素吹精量と最高脱炭

速度との関係を見ると、Fig. 12 のように炉容には関係なく両者の間にはほぼ直線関係のあることが知れる。

3.2 各社の塩基性平炉の脱炭速度

昭和 36 年 8 月の第 19 回製鋼部会において各社の酸素製鋼の脱炭速度を川鉄、千葉がまとめて報告し⁶⁾、さらに東北大学不破先生により脱炭反応について理論的な解説⁷⁾が行なわれた。この時に各社の脱炭速度とC濃度との関係が2つの型に分かれることが報告されたが、これには溶鋼のC濃度範囲が十分検討されていなかったので各社の data をまとめてみると Fig. 13 のようになる。この Fig. 13 には Fig.11の曲線が入れてあるが、これと比較すると多少のばらつきはあるが、傾向はわれわれの得た実験結果と同じであることがわかる。

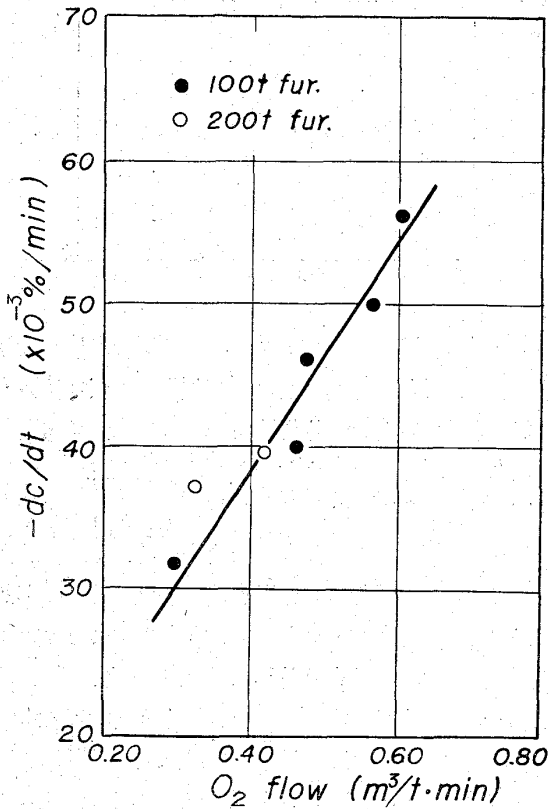


Fig. 12. Rate of decarburization vs. O₂ flow in a basic open hearth furnace.

4. 結 言

脱炭速度におよぼす炭素、酸素の到達速度の影響を実験用高周波炉と塩基性平炉により明らかにし、高周波炉においては溶鋼の攪拌が大きくなると脱炭速度が大きくなり、とくに溶鋼Cの到達速度が脱炭速度を決定する低炭素領域での増大が大きく、また塩基性平炉では吹精酸素量の増加とともに脱炭速度が増大するのはもちろんであるが、脱炭速度が到達酸素量によって決定される領域より、到達溶鋼炭素量により決定される領域に移行する変更点のC濃度が高くなることが判明した。

文 献

- 1) 藤井毅彦: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 788
- 2) 藤井毅彦: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 1135
- 3) 藤井毅彦: 鉄と鋼, 45 (1951), p. 1248
- 4) 藤井毅彦: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 12
- 5) 藤井毅彦: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 473
- 6) 川鉄, 千葉: 第19回製鋼部会提出資料 (No. 539) (昭和36年8月)
- 7) 不破祐, 的場幸雄: 第19回製鋼部会提出資料 (No. 537) (昭和36年8月)

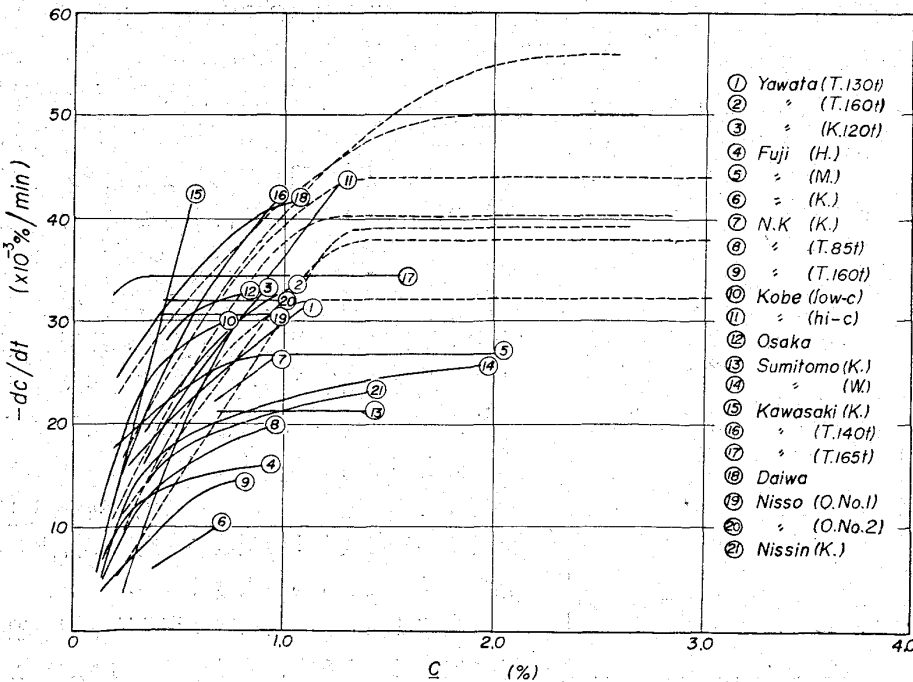


Fig. 13. Rate of decarburization vs. C in many basic open hearth furnaces.