

論文

ガス・溶鉄間反応速度におよぼすガス流速の影響*

伊藤公允**・佐野幸吉***・有野俊介****

Influence of the Flow Rate of Gas on the Rate of Reaction between Molten Iron and Gas

Koin ITO, Kokichi SANO and Shunsuke ARINO

Synopsis:

Experiments were done on the rate of decarburization of molten iron with CO_2 -Ar mixtures. The rate of reaction at the whole surface of melt varied almost proportionally to the flow rate of gas, but deviated remarkably from the linear relation at high flow rates. If the blowing tube approached to melt, the rate of reaction increased. When the interface area was changed with magnesia ring of i.d. $2r$, the rate of reaction was proportional to r , but not to r^2 . When the velocity of gas stream was high, it was clarified that the outer parts of metal surface attributed hardly to decarburization. A linear relation was found between the flow rate of gas and the rate of decarburization per unit area of melt at the front of the blowing tube. As the results, it seems probable that the difference of attribution in different localities to the proceeding of reaction is caused by the difference of velocity of gas stream at different localities at the interface. Variations of the rate of decarburization were also tried to be explained by means of the gas boundary layer theory.

(Received Sept. 2, 1968)

1. 緒 言

製鋼反応、とくに酸素製鋼法に関連して多くの酸化性ガスによる溶鉄の脱炭反応の速度論的研究が行なわれてきた。それらのほとんどは実験温度が高温であるため化学反応の速度は非常に速いと考えて反応全体の律速段階が気液二相間の物質移動であるとして解析されてきた。最近の研究ではガスによる脱炭反応の活性化エネルギーの値として数 kcal 程度の値が報告されるようになり¹⁾²⁾、この点からも気相と溶鉄表面との間の物質移動が律速段階であると考えられる。しかし脱炭速度の値は測定条件によつて大きく変化している。

ここでは CO_2 ガスによる脱炭反応を例として溶鉄表面上のガス流速の変化にともなう反応速度の変化を検討した結果を報告する。またこれまで著者らはこの種の反応を二重境膜説を適用して解析を試みてきたので、いわゆるガス境膜の厚さの値、およびこれに関するわれわれの見解についても触れてみよう。

2. 実 験

反応に用いた装置の概略を Fig. 1 に示す。前報³⁾まで使用した装置とは坩堝位置を上下に調節できるように

反応管の底蓋に昇降台を付加した点が変わっているが、その他の部分は全く同じである。内径 38 mm、深さ 50 mm のマグネシヤ坩堝に電解鉄 300 g を装入し溶融、脱炭後グラファイト片を投入溶解して約 1% C の溶鉄を作り 1600°C においてそれぞれ所定の CO_2 -Ar 混合ガスにより脱炭反応を行なわせ、反応中適当時間ごとに溶鉄の一部を石英管吸上法で採取し水中急冷したものを分析して炭素濃度の変化を追跡した。今回の実験では混合ガスの流量を変え、ガス吹付け管と溶鉄面との距離を変え、またマグネシヤ円板に種々の径の孔をあけたリングを溶鉄表面においてガス・溶鉄の接触面積を変え、それぞれの変化にともなう脱炭反応の速度の変化を調べた。測温はすべて Pt/PtRh 熱電対により比較補正した光高温計を用いた。

3. 結 果

まず高アルミナ製、内径 9 mm、外径 13 mm のガス吹付け管先端と溶鉄面との距離を変えて脱炭速度の変化

* 昭和43年4月本会講演大会にて発表

昭和43年9月2日受付

** 名古屋大学工学部 工博

*** 名古屋大学工学部 理博

**** 富士製鉄(株)広畑製鉄所

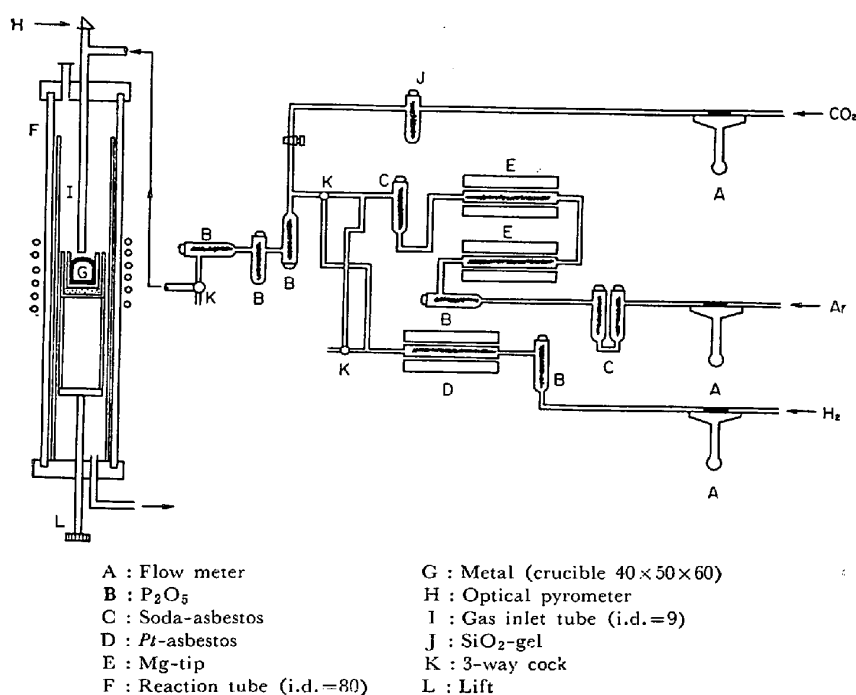


Fig. 1. Apparatus.

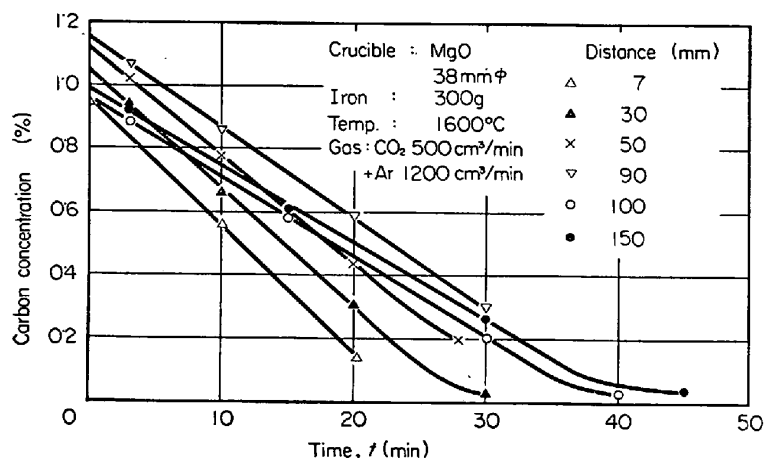


Fig. 2. Examples of decarburization curves.

を調べた。送入ガスは CO_2 500 cm³/min, Ar 1200 cm³/min から成る 混合ガスで得られた 脱炭曲線の 数例を Fig. 2 に示す。脱炭曲線はいずれも約 0.1% C 以上ではほとんど直線であり、溶鉄表面に酸化物は現われず、この範囲では明らかにガス側の物質移動が律速段階であると考えられる。約 0.1% C 以下になると溶鉄表面に酸化物が流動しはじめ、脱炭速度が低下して炭素濃度にも依存するようになると考えられる。本研究では前者の 0.1% C 以上の直線部分の勾配、すなわちガス側の物質移動が律速段階の主体である範囲における脱炭速度だけが問題である。ガス吹付け管と溶鉄表面との距離 l cm と脱炭速度との関係を Fig. 3 に示す。距離が小さくなるにしたがって脱炭速度は大きくなったが、全ガス流量

1700 cm³/min の場合には CO_2 消費率の低いある一定値に近づいているようである。これに対して同じ混合比でガス流量 510 cm³/min の場合には測定した範囲ではまだ脱炭速度は増してゆくが $l = 0.5$ cm で CO_2 消費率が 70% を越えており、ほぼ極限に達していると考えられる。以上の結果から、あとの実験では吹付け管と溶鉄表面との距離を 7 mm 一定にした。

CO_2/Ar 混合比を 5/12 一定にしてガス送入速度 V cm³/min を変化させ、これによる脱炭速度の変化を調べた結果を Fig. 4 に示す。同図には前報³⁾に報告した純 CO_2 ガスによる脱炭速度も付け加えたが、いずれも流量約 1000 cm³/min まではほとんど直線的に変化しているがそれ以上では直線関係から大きくはずれて、流量を増したほど脱炭速度は増加しなかつた。また同図に内径 4 mm のガス吹付け管を用いた場合の結果を破線で示したがこの場合には明らかに曲線関係が認められた。

つぎに溶鉄表面に半径 r cm の同心の孔をあけた溶鉄表面と同じ径のマグネシヤ環を浮かせて送入ガスとの接触面積 $F = \pi r^2$ の変化による脱炭速度の変化を調べた。マグネシヤ環は外周での厚さ約 3 mm、下面は溶鉄表面にできるだけ合わせるように曲面をつけ、孔の周囲は溶鉄面に沿って流れるガス流の状態に影響を与えないように薄刃状にした。測定結果を Fig. 5 に示す。脱炭速度は接触面積に比例せず、森ら⁴⁾の報告とよく似た傾向を示し、藤井⁵⁾の結果とは全くちがっている。Fig. 5 を書き直すと Fig. 6 に示すように脱炭速度が r にほぼ比例することがわかった。また同図から明らかのようにガス流量が大きい場合には溶鉄表面の外周部分に、反応の進行にほとんど寄与しない領域が存在することが推定される。同図において $r = 0$ の点の脱炭速度、すなわち孔がないマグネシヤ円板を溶鉄表面にのせた場合の脱炭速度が坩堝による脱炭速度、すなわち Fig. 4 における $V = 0$ の点の脱炭速度に比べて相当に大きくなったが、これは実験の途中で分析試料を採取し溶鉄量が減少して液面が低下したときにマグネシヤ板が液面から離れないで円滑に降下できるようにマグネシヤ環外径を坩堝内径より約 1 mm 小さくしたので、マグネシヤ環外側の溶鉄表面におけるガスによる脱

炭速度は接触面積に比例せず、森ら⁴⁾の報告とよく似た傾向を示し、藤井⁵⁾の結果とは全くちがっている。Fig. 5 を書き直すと Fig. 6 に示すように脱炭速度が r にほぼ比例することがわかった。また同図から明らかのようにガス流量が大きい場合には溶鉄表面の外周部分に、反応の進行にほとんど寄与しない領域が存在することが推定される。同図において $r = 0$ の点の脱炭速度、すなわち孔がないマグネシヤ円板を溶鉄表面にのせた場合の脱炭速度が坩堝による脱炭速度、すなわち Fig. 4 における $V = 0$ の点の脱炭速度に比べて相当に大きくなったが、これは実験の途中で分析試料を採取し溶鉄量が減少して液面が低下したときにマグネシヤ板が液面から離れないで円滑に降下できるようにマグネシヤ環外径を坩堝内径より約 1 mm 小さくしたので、マグネシヤ環外側の溶鉄表面におけるガスによる脱

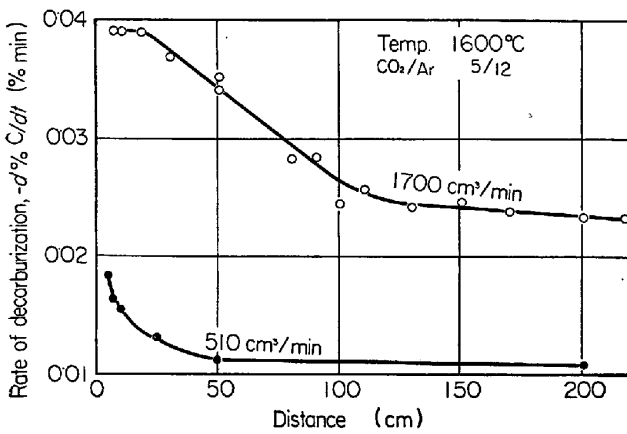


Fig. 3. Relations between the height of blowing tube from metal surface and the rate of decarburization.

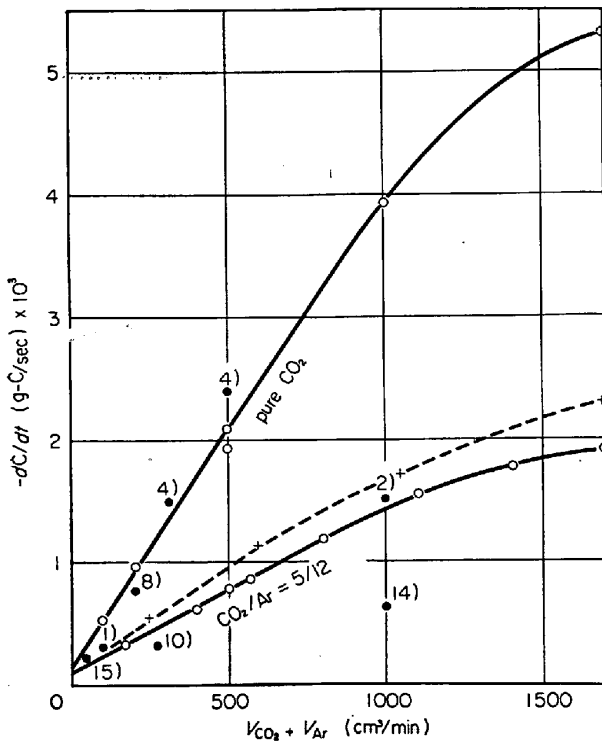


Fig. 4. Relations between the flow rate of gas and the rate of decarburization.

炭反応の速度を含むためであろう。

4. 考 察

Fig. 3 に示した結果からガス流量に関係なく吹付け管先端と溶鉄表面との距離が大きくなるに従つて脱炭速度が小さくなる, すなわち CO_2 消費率が低下することが明らかである。これはガス流が周囲のガスにより分散しその結果希釈されるとともに溶鉄面でのガス流速が低下するためと考えられる。また距離を小さくした場合にガス流量の小さいほうが CO_2 消費率は大きくなっている。これはガス流量が変わると溶鉄表面でのガスの流線が変

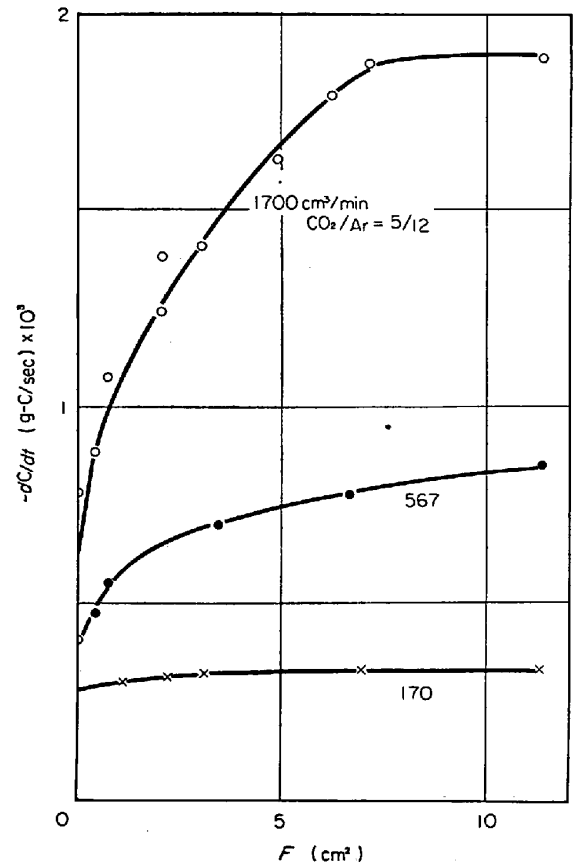


Fig. 5. $-dC/dt$ vs. area of gas/metal interface.

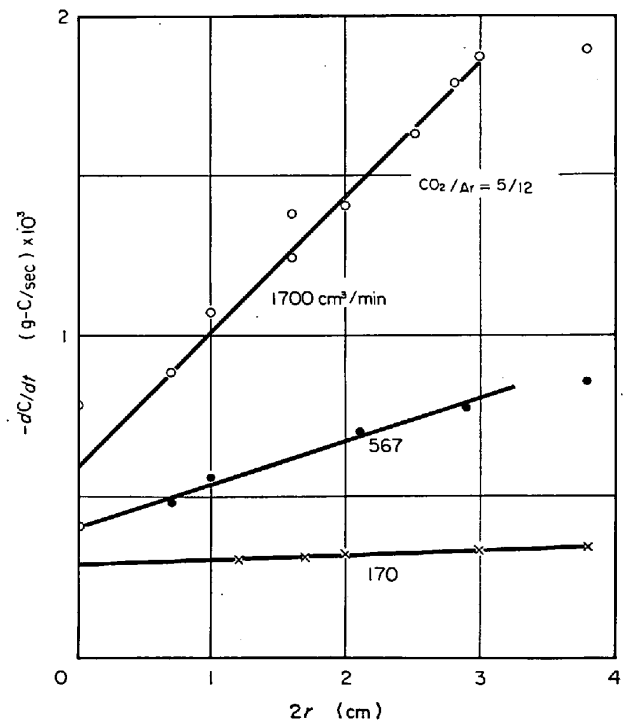


Fig. 6. Relation between the diameter of gas/melt interface and the rate of decarburization.

化することを示唆するものであろう。

Fig. 4 に示したガス流量変化による脱炭速度の変化は近似的に次式で表わすことができる。

$$-dC/dt = k_1 F V \dots\dots\dots (1)$$

溶鉄表面におけるガス流の状態が流量によつて変化せず、吹付け管から出るときの速度に比例した線速度で流れるとすれば、溶鉄表面におけるガスの平均線速度 $\bar{u}$ は V に比例するから(1)から

$$-dC/dt = k_1' F \bar{u} \dots\dots\dots (2)$$

が得られる。

反応界面積変化による脱炭速度の変化からは Fig. 6 に示したように $r < 1.5 \text{ cm}$ の範囲では

$$-dC/dt = k_2 V r \dots\dots\dots (3)$$

という関係が得られる。この式をガス・溶鉄接触面積 $F = \pi r^2$ について微分すれば

$$\frac{d(-dC/dt)/dr}{dF/dr} = \frac{k_2 V}{2\pi} \cdot \frac{1}{r} \dots\dots\dots (4)$$

が得られる。この式から、吹付けられたガス流が溶鉄面に当たった点を原点 ($r = 0$) として、そこから r の距離にある溶鉄面は全脱炭反応の進行に対して r^{-1} に比例する weight を有することが理解される。すなわち溶鉄表面のどこにおいても同じように反応が進行するのではなく、原点から離れるにしたがつて反応の進行に寄与する割合が減少することを(4)は表わしている。

Fig. 6 の結果から溶鉄表面の中心部分の単位界面積当たりの脱炭速度とガス流量との関係を求めると Fig. 7

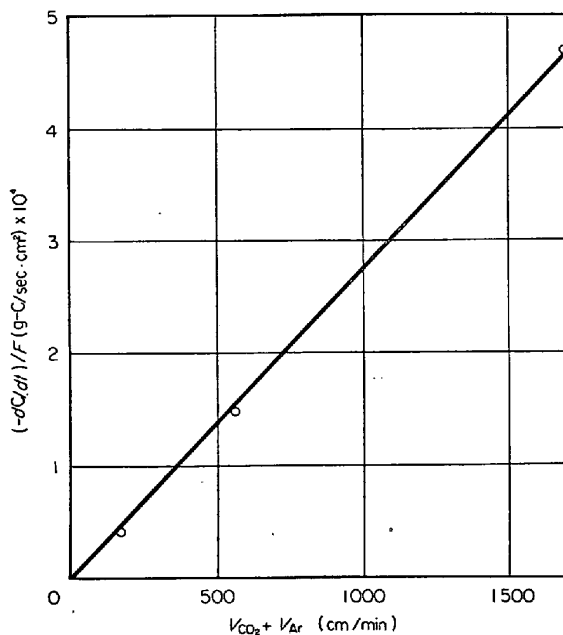


Fig. 7. Relation between the flow rate of gas and the rate of decarburization per unit area of the interface at the front of blowing tube.

に示すように測定した全範囲で(1)の関係が成立つた。この場合にはまた溶鉄面上の気流の状態に関係なく V と $\bar{u}$ とが比例すると考えられるから(2)の関係を表わしている。これに反して Fig. 4 において $V > 1000 \text{ cm}^3/\text{min}$ の範囲では(1)および(2)の関係から大きくはずれたのは前出のガス・溶鉄界面の外周部分に生ずるほとんど反応に寄与しない面積も含めて脱炭速度を求めたためである。

ここでつぎのように理想的な仮定をしてみよう。吹付け管から垂直に溶鉄表面に当たつたガスが $r = 0$ の点から溶鉄表面に沿つて一定の厚さ a で外へ流れると仮定すると中心から r の距離におけるガスの線速度 u_r は次式により与えられる。

$$u_r = V/(2\pi r a) \dots\dots\dots (5)$$

これを(4)に組み合わせると

$$\frac{d(-dC/dt)}{dF} = k_2 a u_r \dots\dots\dots (6)$$

が得られる。これは(2)と全く等価であり、溶鉄表面はそれぞれその点におけるガス流速に比例した weight で反応の進行に寄与することを表わしている。また逆に考えれば脱炭反応の進行にほとんど寄与しない溶鉄面の外周部分に接しているガスはほとんど流動していないと想像される。

これまで著者らは化学工学において異相間の物質移動に対してよく適用されている二重境膜説を一般的にガス溶鉄間反応速度の解析に用いてきた。高炭素濃度範囲(この場合には約 0.1% C 以上)での溶鉄のガスによる脱炭反応についてもガス境膜説を適用して境膜厚さを求めた⁴⁾がこれを今回の結果により検討してみよう。一般にガス側の物質移動が律速段階である場合に反応が一方向的に進行し、逆反応の影響が無視される本研究のような測定条件では、ガス流量が一定であれば反応速度式は

$$-dC/dt = kF(p_{\text{CO}_2} - p_{\text{CO}_2}^i) \dots\dots\dots (7)$$

の形で与えられる。ここで k は比速度定数、 $p_{\text{CO}_2}^i$ は二相の界面で反応、 $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ が平衡に達していると仮定してその平衡定数から計算される界面における CO_2 分圧であり $p_{\text{CO}_2}^i \cong 0$ になる。ガス拡散層理論に従うならば速度係数 k は D/δ で表わされるから $F = \pi r^2$ とおき(3)と比べると k が r^{-1} に比例し、

$$\delta = k_3 r \dots\dots\dots (8)$$

なる関係が得られる。この δ はガス・溶鉄界面全体についての平均であり、中心から r の距離にある点における境界層厚さ δ_r は(7)を同様にして(4)と組み合わせると次式で表わされる。

$$\delta_r = k_3' r \dots\dots\dots (9)$$

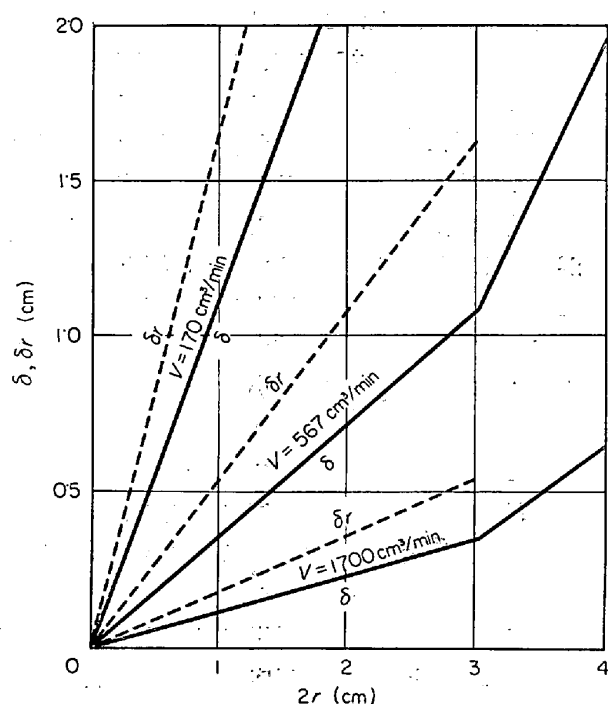


Fig. 8. Variations of the thickness of gas-diffusion layer with r , somewhat schematically.

またガス流速との関係は(5)の仮定を適用すれば

$$\delta = k_4 \bar{u}^{-1} \quad \dots \dots \dots (10)$$

$$\delta_r = k_4' u_r^{-1}$$

が得られる。以上から明らかなように速度係数 k と δ および δ_r は測定条件により支配される。ここでは測定条件のうちガス流速に着目し、その関数として δ を考えてみた。Fig. 6 から δ と r との関係を求めると Fig. 8 の実線が得られ、溶鉄・ガス界面の中心部 1 cm^2 での δ の値はガス流量 $1700\text{ cm}^3/\text{min}$ の場合に 0.12 cm であり溶鉄全表面についての平均の δ の約 $1/5$ になった。またガス流量 $567\text{ cm}^3/\text{min}$ の場合は 0.4 cm になり、ガス流量と δ との関係は Fig. 7 から明らかなように(10)の双曲線関係である。この関係を拡張すればガス流速が大きいほど脱炭速度が大きくなり (δ が小さくなり) 最後には溶鋼内部から表面への C の供給速度より表面へのガス供給速度が大きくなると律速段階が溶鉄側の C の移動に移行し、反応速度は C 濃度の関数になり、ガス側の反応条件には無関係になることが考えられる。最近森ら⁷⁾ は Ar ガスによる溶鉄の脱炭速度を測定し、ガス側の抵抗がなくなる測定条件を求めている。この結果を本研究の条件に適用すれば炭素濃度 1% 以上の範囲で脱炭速度が極限値に達するためにはガス流量を大体 $100\text{ l}/\text{min}$ 程度にしなければならない。このときの吹付け管先端におけるガス流速は数 $10\text{ m}/\text{sec}$ になる。

ガス流速を増すと脱炭速度が増大することは実際に転

炉製鋼で見い出されている傾向と一致する。しかし転炉の反応条件ではガス流速が非常に大きく上述したように律速段階がガス側の移動であるか、または界面における化学反応あるいは溶鉄側の移動に移っているかはこれまでの実験ではまだ判定できない。ただガス吹付けにより生ずる溶鉄面の孔の深さがガス流速増大にともなつて深くなり有効反応面積が増加するから脱炭速度はガス流速の 1 次以上の項に比例することになるであろう。

著者らはこれまでガスによる溶鉄の脱炭反応を含めて一般的にガス・溶鉄間反応の速度論に対して上述のガス境膜理論を適用してきた。もともとガス境膜説(二重境膜説)は化学工学において気液間物質移動速度を解析し蒸留とか吸収塔などの設計を行なうために、比較的わかりやすく実験結果によくあう理論として認められてきたものであつて実際の反応機構と一致するかどうかはその主目的ではなかつたと言つてよいであろう。しかし著者らは当初にガス・溶鉄間反応の機構がこの理論で十分に説明されることを示した⁶⁾。すなわち脱炭反応ではガス側境界層中を H_2O 分子とガス・溶鉄界面で生成した H_2 および CO 分子とが相互拡散により移動し、これが律速段階になると考えて測定結果をうまく説明することができた。その際、測定された反応速度係数に Ar 中の H_2O と CO 分子の相互拡散係数(理論値)を入れて拡散層の厚さ δ_G として約 0.6 cm が得られた。この値が境界層厚さとして考えるには大きすぎるという理由から拡散層の存在について種々検討が加えられてきた⁶⁾。境界層理論のほかに機構的にはもつと確からしいと考えられている理論として分子浸透説とか界面更新説とかがあるが、これらがより正しいとする実験的証明はまだ全く不十分であり境膜説にとつて変わるほどの根拠はない。現状では正体不明の拡散層厚さ δ が同様に仮想的な平衡到達時間 θ または界面更新頻度 ν などに置き換えられるだけで単なるパラメーターの交替にすぎない。さらに境膜説で用いる有効境膜厚さ δ は流れの本体が乱流である場合にも伝熱測定によれば流体力学における層流底層の厚さの数倍以上であることが知られており、前者はすでに理論構成の際の本来の物理的な意味からは相当にはずれており計算上のパラメーターになつていようである。さらに著者らおよび他の多くの研究者の実験室的規模の測定条件ではレイノルズ数から考えてガス流の本体も層流であるから、拡散層の厚さが非常に大きくなるのは当然であろう。

最近後藤ら⁹⁾ は固体炭素および溶融鉄炭素合金表面に CO_2 ガスを吹き付けて $\text{CO}_2 + \text{C}$ (または C) $\rightarrow 2\text{CO}$ 反応を起こさせてその際の反応界面の法線方向の酸素ポテン

シャル変化をセラミック酸素電池を用いて直接測定した結果を報告している。それによれば溶鉄表面における CO_2 分圧は非常に小さく、壺方へ10数 mm にわたって分圧勾配が存在している。この厚さは Fig. 4 の関係から (7) により算出した値とほぼ同じである。この分圧勾配の生ずる機構はまだ明らかでないと言われているが、この結果からも著者らとしてはガス拡散層による反応機構の説明は妥当であると考えている。

本実験において得られた結果は上述のように層流領域のガス流による高周波攪拌浴での反応に関するものであるからこれをそのまま転炉製鋼の場合のようにガス流速が非常に大きく当然乱流領域にあり、溶鉄がガス流および CO 気泡の発生浮上によつて強く攪拌される反応条件にまで拡張することはまったく無意味であるかもしれないが脱炭速度を求めてみよう。ランスから出た O_2 気流が 100m/sec の流速で溶鉄表面に当たるとそこに深さ約 0.5m の穴が生ずる。この穴の表面で脱炭が直接進行するにせよいつた FeO が生成し、それが他の場所で脱炭反応を進行させるにせよ O_2 ガスの消費が穴の内面で大部分すんでしまうと考えるとその消費速度は全脱炭速度と共存元素の酸化速度の和になる。Fig. 7 の流速と脱炭速度との関係は約 30% CO_2 -Ar 混合ガスについてのものであるから、これを純 O_2 ガスの関係に換算すると流速 100m/sec で $0.6 \text{ g} \cdot \text{C} / \text{cm}^2 \cdot \text{sec}$ が得られる。穴の形状が知られていないからガス・溶鉄接触面積を正確に求められないので全脱炭速度を計算することはできないが、共存元素の酸化に要する分を含めて $2 \sim 3.5 \text{ kg} \cdot \text{C} / \text{sec}$ 相当の酸素消費速度になると考えられる。この結果は実際の転炉操業で得られている値と同じ order である。

5. 従来の報告との比較検討

本研究の結果をこれまでに他の研究者が報告している測定条件と脱炭速度との関係と比較してみよう。すべての点について測定条件が明記されている報文は多くないがそのおもなものからガス流量と脱炭速度との関係を求めると Fig. 4 に示したようにガス吹付け管と溶鉄表面との距離およびガス組成を考慮に入れば説明できる点を占めている。

ガス・溶鉄界面積と脱炭速度との関係を調べた報告を検討してみると、藤井⁹⁾はマグネシヤリングを溶鉄表面にのせて界面積を変えて O_2 -Ar 混合ガスにより脱炭速度を測定しているが、その結果は $r^2 \sim r^3$ に比例し本研究の結果とは非常に異なっている。これは MgO 円板の孔の縁が厚いため溶鉄面上のガスの流線が変化して有効界

面積が計算値よりはるかに小さくなったためか、あるいは O_2 による脱炭が発熱反応であるから界面の温度上昇が影響したためと考えられる。これに対して森ら⁴⁾の結果は本研究結果によく似ているが吹付け管を細く (約 4 mm) して線速度を増しているためかガス流量が小さい範囲でも溶鉄表面の周辺部にほとんど反応に寄与しない界面が大きく現われているようである。坂上¹⁰⁾は坩堝径を変えて界面積を変化させて測定し、界面積変化があまり反応速度に影響しないと述べているが、これはガス流速が小さくまた坩堝径を変えているのでガス流に対する坩堝壁の影響が支配的な反応にあまり寄与しない界面を増減したにとどまつたためであろう。

多くの研究結果は脱炭反応の律速段階がガス側あるいは溶鉄側の物質移動であることを示しているのに対して SWISHER¹¹⁾は CO_2 - CO 混合ガスを用いて脱炭速度を測定し、高炭素濃度範囲から脱炭速度が炭素濃度の 1 次式で表わされることから化学反応が律速段階であると述べている。しかし著者らは先に H_2O -Ar 混合ガスから溶鉄への酸素溶解速度が溶鉄中の酸素濃度に関係なく水蒸気分圧の 1 次式で表わされる¹²⁾のに対して反応生成物である H_2 の影響が無視できないような H_2O - H_2 -Ar 混合ガスからの酸素溶解速度が水蒸気分圧および酸素濃度の 1 次式で表わされる¹³⁾ことを示した。この脱炭反応の場合にもつぎに述べるように物質移動が律速段階であるとして二重境膜説によつても十分に説明できると考えている。すなわち界面における化学反応は非常に速く常に平衡に達していると仮定すれば脱炭速度は気相から溶鉄表面への CO_2 の移動速度、(7) により与えられるとともに溶鉄内部から表面への C の移動速度で表わした

$$\frac{dC}{dt} = k_L F ([C^i] - [C]) \dots\dots\dots (11)$$

によつても与えられ、 $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$ の平衡定数を K とすると界面における値の間に

$$p_{\text{CO}_2} \cdot [C^i] = p_{\text{CO}}^2 / K \dots\dots\dots (12)$$

が成り立つ。本研究のような測定条件では $[C^i]$ が相対的に低下するまで $p_{\text{CO}_2} \gg p_{\text{CO}} \cong 0$ であり反応速度は p_{CO_2} の 1 次式 (7) で表わされる。しかし p_{CO} が p_{CO_2} に比べて非常に大きい場合には p_{CO_2} は p_{CO} に対して無視しうるほど小さくならず、また $p_{\text{CO}} \cong p_{\text{CO}_2}$ とみなすことができるから (7), (11) および (12) の 3 式を適当に変形すると反応速度は近似的に p_{CO_2} の 1 次式でも $[C]$ の 1 次式でも表わされる。したがつて脱炭速度が炭素濃度の関数になるからといってその反応が化学反応律速であるとは言い切れない。

6. 総 括

著者らは先に H_2O 分圧または CO_2 分圧を変えた混合ガスを一定流速で溶鉄面に吹付けて脱炭反応の速度を測定し、その結果からガス側の物質移動が律速段階であり、二重境膜説に基づくガス拡散層説によつて反応速度の解析を試みた。今回は CO_2 -Ar 混合ガスによる脱炭速度と送入ガス流速との関係について実験し、つぎの結果が得られた。

1) 溶鉄表面全体についての単位面積当たり脱炭速度は Fig. 4 から明らかなようにガス流速が小さい範囲では近似的にガス流速に比例して増加したが、流速が大きくなると増加率が減少し比例関係からのずれが著しくなった。

2) 中心に丸い孔をあけたマグネシヤ円板を溶鉄表面にのせてガスとの接触面積を変えて脱炭速度の変化を調べて反応速度が界面積に比例せず、孔の径に比例する結果が得られた。これから溶鉄表面がどこでも同じ割合で反応の進行に寄与するのではなく、中心からの距離に反比例する割合で反応に寄与することが確かめられた。また Fig. 6 に示したようにガス流速が大きい場合には溶鉄表面の外周部に反応の進行にほとんど寄与しない部分があることがわかった。

3) 溶鉄面の中心部分における単位面積当たり脱炭速度とガス流速との間には Fig. 7 に示したように直線関係が得られた。これと Fig. 4 との違いは、ガス流速が大きくなるとガス・溶鉄界面の外周部に垢壁の影響をうけて送入ガスが流れない部分が生じ、これがしだいに大きな割合を占めるようになる、すなわち反応の進行に

ほとんど寄与しない面積の割合が増し、前者ではこの面積を除いて脱炭速度を求めているのに対して後者ではこの面積も含めて全速度を求めていることにより生じたと考えられる。

4) ガス流の速度は溶鉄表面上の位置により異なることが期待されるので、界面の位置による反応寄与の変化をガス流速の変化と結びつけて考察した。両者の間には比例関係が見い出された。

5) 以上の脱炭速度、速度定数の変化を著者らがこれまで適用してきたガス境膜説における δ_G の変化に置き換えてガス流速に関して考察し、その内容について検討した。

文 献

- 1) 丹羽, 渡辺, 伊藤, 前川, 中川: 学振19委4791, Dec. 1957
- 2) 郡司, 片瀬, 青木: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1828
- 3) 佐野, 伊藤, 有野, 竹之内: 鉄と鋼, 53 (1967), p. 1193
- 4) 森, 坂田, 保原: 鉄と鋼, 53 (1967), S. 326
- 5) 藤井: 鉄と鋼, 46 (1960), p. 12
- 6) 伊藤, 佐野: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 876
- 7) 森, 鈴木: 学振19委 8777, Jul. 1968
- 8) 川上, 後藤, 染野: 鉄と鋼, 53 (1967), S. 325
学振19委 8586, Oct. 1967
- 9) 川上, 後藤, 染野: 鉄と鋼, 54 (1968), S. 121
- 10) 坂上: 鉄と鋼, 52 (1966), p. 1738
- 11) J. H. SWISHER and E. T. TURKDOGAN: Trans. AIME, 239 (1967), p. 602
- 12) 伊藤, 佐野: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1652
- 13) 伊藤, 佐野: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 17
- 14) 藤井: 鉄と鋼, 45 (1959), p. 1248
- 15) 不破, 的場: 鉄と鋼, 52 (1966), S. 37