

## 論 文

UDC 669.18.046.558.3 : 669.046.552

## Al-Si 合金による鋼の脱酸について\*

草川 隆次\*\*・吉田 千里\*\*\*

田村 芳昭\*\*\*・小野 創\*\*\*

## The Deoxidation of Steel with Al-Si Alloy

Takaji KUSAKAWA, Chisato YOSHIDA,

Yoshiaki TAMURA, and Hajime ONO

## Synopsis:

The mechanism on the deoxidation of molten iron with Al and Al-Si alloy deoxidizer was investigated by using induction furnace and Tammann furnace.

The experimental results were summarized as follows.

1) The deoxidation of molten iron with Al was not effective in air. But under the Ar atmosphere, the decrease of total oxygen content was remarkable.

2) In the beginning of deoxidation with Al-Si alloy in air, the reaction between Al and O was much faster than the reaction between Si and O.

Al was consumed immediately, but Si was remained sufficiently as soluble Si at that time. Subsequently Si reacted with oxygen in air and protected the reoxidation of molten iron by the formation of  $\text{SiO}_2$  particles.

3) The yield of Al in the beginning of deoxidation was increased by Si. Flake like primary  $\alpha$  in Al-Si alloy protected Al-Si eutectic against consumption of Al, when the deoxidizer was added into molten iron.

(Received July 1, 1972)

## 1. 緒 言

製鋼における脱酸は非常に重要なものの一つであり、古くより多くの研究<sup>1)~8)</sup>が行なわれている。とくに近年、さらに有効な脱酸効果を考慮した複合脱酸剤が使用されるようになり、それらについても現在まで数多くの研究が行なわれ、かなりの成果が認められてきている。しかし、今だにすべての点で見解が一致しているわけではなくさらに検討の余地が残されている。そこで本研究では、複合脱酸機構解明の一手段として、Al-Si 脱酸剤を用いて、脱酸現象をとらえることを目的とし、攪拌浴のもとで、Al および組成の異なる2種類の Al-Si 脱酸剤添加後の Al, Si, O の経時変化の比較検討を主として行なった。

また従来の脱酸の研究では、脱酸剤が短時間で溶鉄中に均一に分散するとして、酸化物の成長、浮上分離に関して検討が行なわれてきた。しかし脱酸剤の種類により添加された脱酸剤の溶鉄中への溶解、酸素との反応という溶解過程に差が生じ、最近この溶解過程の研究<sup>9)10)</sup>が

重要視されてきている。

したがって本論文では、Ar 雰囲気中および大気中における脱酸過程、脱酸剤添加初期の脱酸過程、および Al, Si の溶鉄への拡散について実験し、考察を加えた。

## 2. 脱酸剤と分析方法

使用脱酸剤は、Table 1 に示すとおり Al (以後 AL と表示する) および Al-Si 合金 (以後 AS と表示する) を溶製したものを使用した。Al-Si 合金の組成は Al : Si が 2 : 1 の場合 (AS 3-1) と 1 : 2 の場合 (AS 4-1) のものである。

分析用試料は、脱酸剤添加後、石英管にて吸上げサンプリングを行ない、水中急冷したものを用いた。酸素分析は、アルゴンキャリアトラップ法、Si 分析は JIS 規格重量法 G1212 と G1312 を併用し、Al 分析は原子吸光法によった。残査はヨーンアルコール法で抽出し、原

\* 昭和47年4月本会講演大会にて発表

昭和47年7月1日受付

\*\* 早稲田大学理工学部 工博

\*\*\* 早稲田大学 大学院

Table 1. Chemical composition of deoxidizer (%).

Deoxidizer	Element				
	Al	Si	Fe	C	Ti
AS 3-1	61.3	34.8	1.6	0.063	0.03
AS 4-1	34.5	62.2	1.6	0.041	0.03
AL	99.8	0.07	0.13		

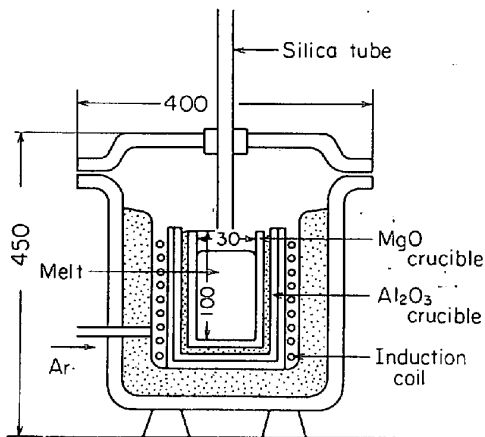


Fig. 1. Schema of experimental apparatus under Ar atmosphere.

子吸光法で分析した。ただし Ar 雰囲気での実験では、残渣が少ないため、残渣分析を行なうことはできなかった。

### 3. Ar 雰囲気における脱酸過程

#### 3.1 実験方法

Fig. 1 に示すような Ar 雰囲気気密容器内にある高周波誘導溶解炉を使用し、電解鉄を 200 g 溶解した。るつぼは内径 30 mm、外径 40 mm、高さ 100 mm のマグネシアルツボを使用した。溶鉄温度は 1600°C とし脱酸剤は石英管を通して上部より溶鉄の表面に添加した。Ar 流量は 3 l/min で、圧力は 1 気圧である。Al 脱酸の場合には、添加量 0.1, 0.3% であり、Al-Si 脱酸の場合には AS4-1 のみを用い、Al 量として 0.1% の添加量である。脱酸剤添加後、石英管 (内径 7 mm) を用いて試料を吸上げサンプリングし水中急冷した。

#### 3.2 実験結果

Fig. 2 に全 O 量の経時変化を示す。AS 4-1 の 0.1% 添加は総添加量では、ほぼ 0.3% となり、Al 脱酸の場合と同一添加量である。上半分の図面は全 O 量の絶対値を示し、下半分は初期酸素量に若干のバラツキがあるため、初期値をそろえるため、 $O_{t=t}/O_{t=0} \times 100(\%)$  という表示にした。 $O_{t=0}$  は、脱酸添加直前の酸素量で  $O_{t=t}$  は添加後 t 分における酸素量である。Fig. 2 によると Al 脱酸は 1 分後にほぼ平衡状態になっていると考えら

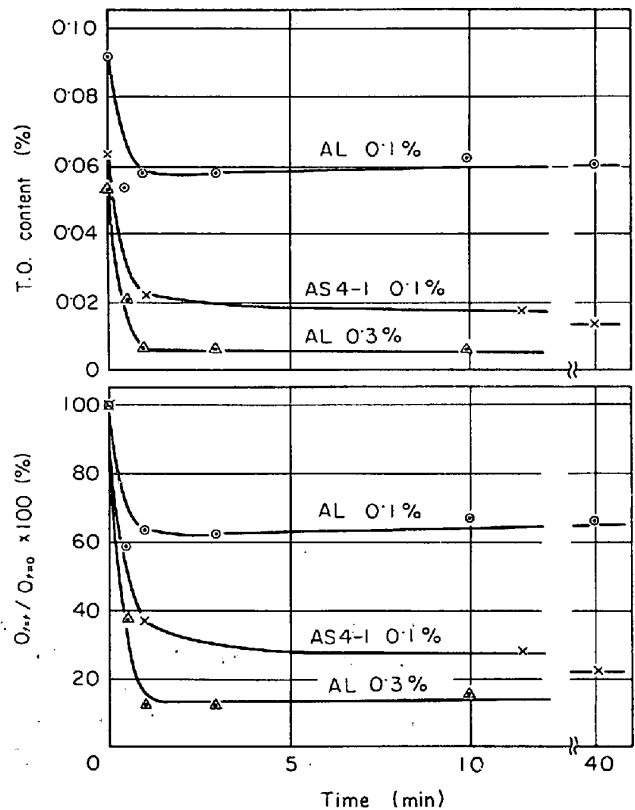


Fig. 2. Variation of oxygen content with time.

れる。しかし、前述したようにサンプリング量の関係上全 Al 量と全 O 量の分析のみであるため、この場合  $[T. Al\%]^2 \times [T. O\%]^3$  を計算すると 0.1% および 0.3% 添加とも  $10^{-4}$  のオーダーであり、HILTY, CHIPMAN らの値 (1600°C で HILTY は  $K'=3 \times 10^{-9}$  CHIPMAN は  $10^{-14}$ ) とかなりへだたつた値となっている。したがって本実験条件では、溶解量が少ないこともあり、平衡論的検討は不適當であろう。一方 AS 4-1 での全 O 量は時間とともに徐々に減少している。これは残留する Al, Si と酸素との反応がまだ徐々に進行しているか、それとも微細な  $Al_2O_3$  系介在物が凝集などの成長により、浮上除去されているのか現在の段階では明らかではない。しかし少なくとも本実験結果から Ar 雰囲気のもとでは、Al-Si 脱酸よりも Al 脱酸の方が有効であることがわかる。

### 4. 大気中における脱酸過程

#### 4.1 実験方法

高周波誘導溶解炉を使用し、各実験とも電解鉄 1 kg を大気溶解した。Fig. 3 に示すように、るつぼは内径 50 mm のマグネシアルツボである。溶鉄温度は 1600°C で 10~20 min 保持した後、大気中で脱酸剤を上より表面に添加した。添加量は Al 量として 0.1, 0.3, 0.5% である。他の実験条件は前述の Ar 雰囲気での実験と

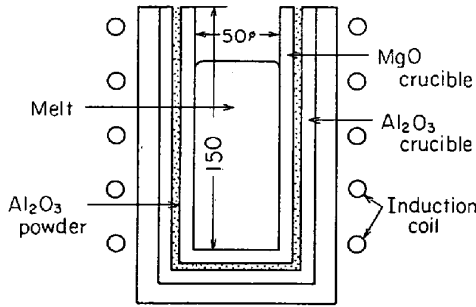


Fig. 3. Schema of experimental apparatus under air.

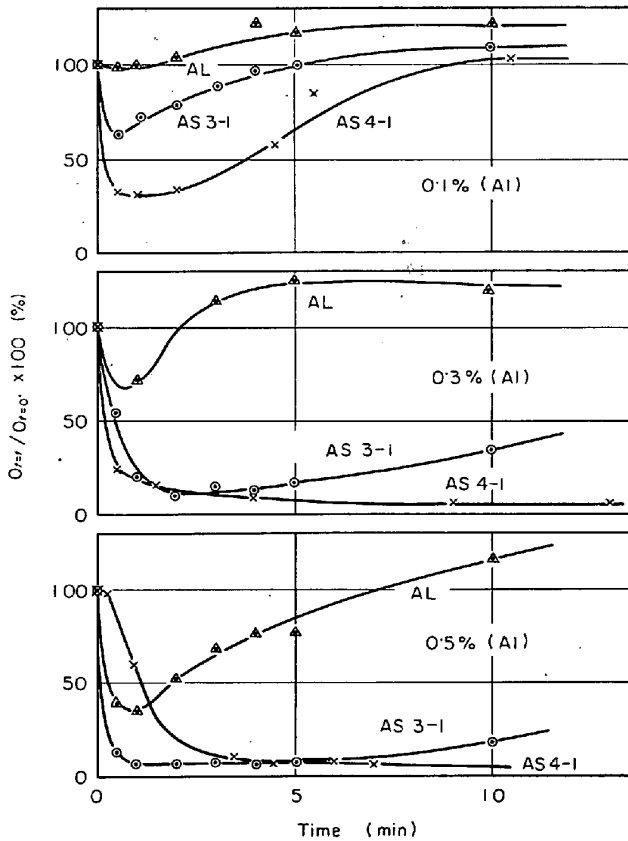
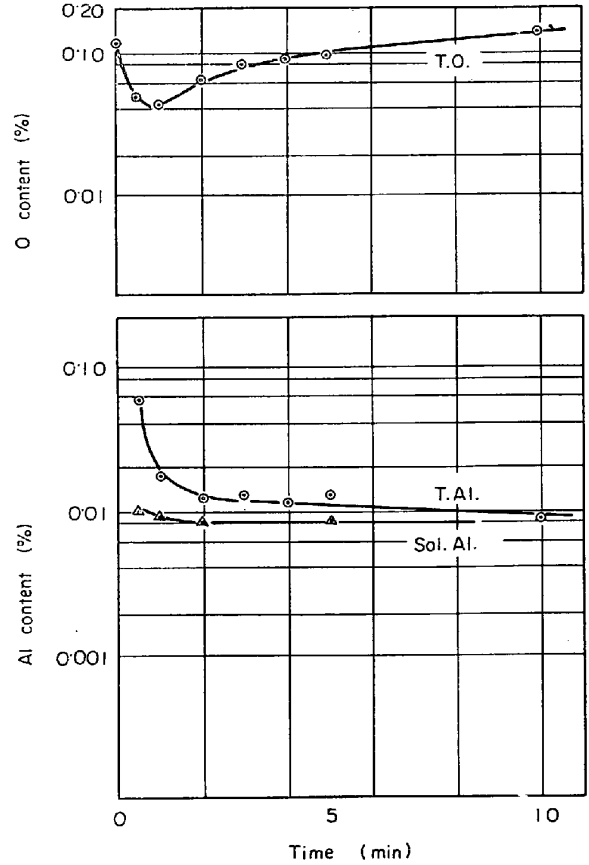


Fig. 4. Variation of oxygen contents with time.

同様である。

4.2 実験結果

Fig. 4 に Al 脱酸, AS 3-1, AS 4-1 脱酸における全O量の経時変化をまとめて示す. 添加量は Al 量として 0.1, 0.3, 0.5% の 3 種類で, 当然 Al よりも Al-Si 脱酸の方が総添加量は多くなる. 図中縦軸の表示は  $O_{t=10}/O_{t=0} \times 100(\%)$  である. Al 脱酸の場合は, ほとんど数分で再酸化しており, 特に 0.1% 添加の場合, その傾向が大である. これは溶鉄表面で脱酸剤のかなりの量が脱酸に寄与せずに消費されてしまったと考えられる. 本実験条件では, Al はあまり脱酸効果が認められなかった.



T.Al: Total Aluminium content in molten iron  
Sol.Al: Soluble Aluminium content in molten iron

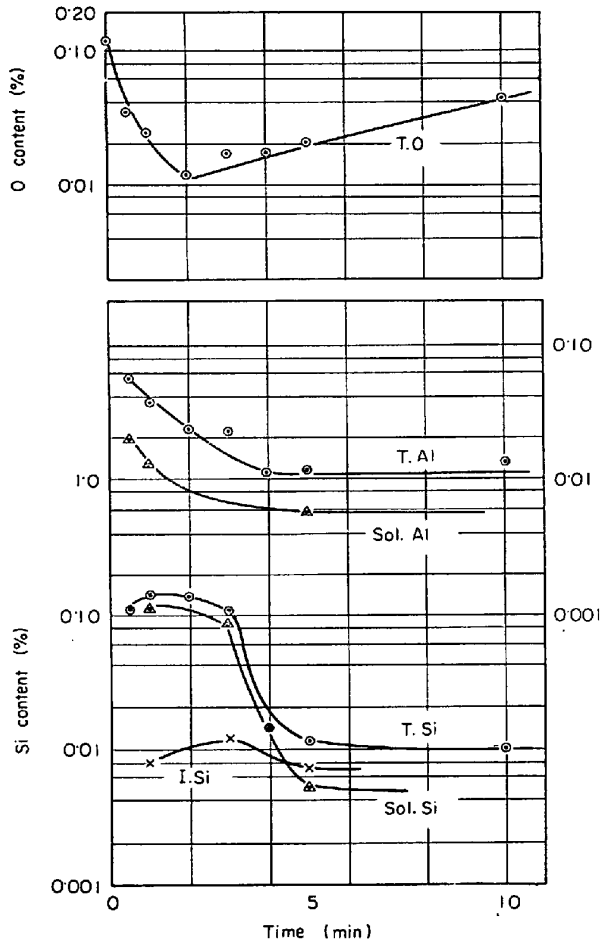
Fig. 5. Variation of Al and O contents (AL 0.5% added)

0.3% 添加になると, AS 3-1, AS 4-1 は, かなり再酸化を防いでおり, 0.5% 添加になると, AS 4-1 では全く再酸化現象がみられなかった. Fig. 4 でとくに Al 脱酸の場合, 再酸化により酸素量が 100% をこえるものがあるが, これは脱酸剤添加後の反応熱や, 溶解炉の性質上, 若干溶鉄温度が時間とともに上昇する傾向にあり, その結果酸素溶解度が上昇したためと考えられる.

次に Al 脱酸と Al-Si 脱酸における Al, Si, O の各元素の挙動について Fig. 5~Fig. 8 に述べることにする.

4.2.1 Al 脱酸

本研究では, 前述したように 0.1, 0.3, 0.5% 添加の実験を行なったが, その一例として Fig. 5 に Al を 0.5% 添加した場合を示し, その結果について検討する. Fig. 5 において縦軸は対数目盛で, T.O. の記号は全O量, T. Al は全 Al 量, Sol. Al は溶解 Al 量を示している. 全O量は脱酸剤添加直前において 0.12% であったが, 添加後 1 min で 0.04% に低下する. しかし大気からの再酸化が激しく数分でもとの値にもどっている.



T.O: Total Oxygen content  
 T.Si: Total Silicon content  
 T.Al: Total Aluminium content  
 Sol.Al: Soluble Aluminium content  
 Sol.Si: Soluble Silicon content  
 I.Si: Silicon content as non metallic inclusion

Fig. 6. Variation of Al, Si and O contents (AS 3-1 0.3% added).

Alの挙動をみると、添加後30secで全Al量は0.06%であり、そのほとんどが、介在物としてのAlとして存在し、それが浮上した後、完全に脱酸過程を終了する。5min以後では、溶解Al量は0.01%で他の研究よりも若干残留Al量が高いと思われるが、ほぼ全Al量は溶解Alとして存在していると考えてよいと思う。

4.2.2 Al-Si 脱酸

AS 3-1をAl量として0.3%および0.5%添加した時の脱酸結果をFig. 6とFig. 7に示す。Fig. 6における図中の表示はFig. 5と全く同様である。ただしT.Siは全Si量、Sol.Siは溶解Si量、I.Siは介在物としてのSi量を示している。全O量は添加後2minで0.01%まで低下した後、徐々に再酸化の傾向がみられる。Alの一部は脱酸初期においては溶解Alとして存在しているが、その時点でSiも、ほとんどが溶解Si

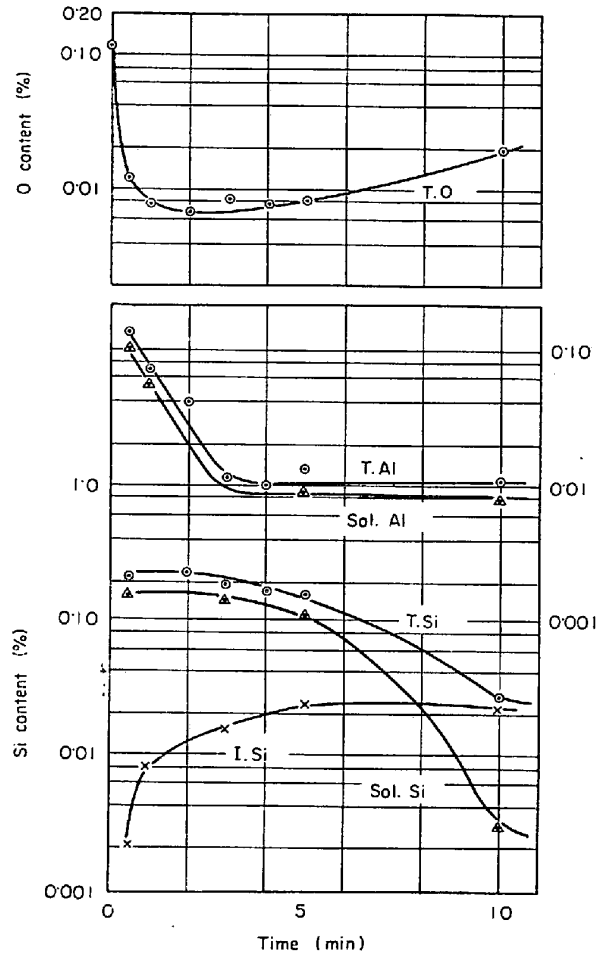


Fig. 7. Variation of Al, Si and O contents (AS 3-1 0.5% added).

として溶鉄中に存在している。しかし全Al量はその後3minで、0.01%程度に低下し、以後Siは急激に消費する。その後大気からの酸素の供給により、急激な再酸化が起こる。

Fig. 7でも同様な傾向がみられるが、Al添加量が多いため、Fig. 6におけるよりも全O量の減少速度は大である。Alは脱酸初期において溶解Alとして存在しているが、数分でそれは消費される。そのときSiは大部分が溶解Siとして存在し、Fig. 6と同様に溶解Siが大気からの酸素によりSiO<sub>2</sub>として浮上し消費される。10min以後の各元素の挙動は不明であるが、Fig. 6との類似現象からAlとSiがともに0.01%に低下した後、再酸化が急激に起こると推定できる。

AS 4-1はAlとSiの比が1:2の脱酸剤であるが、この合金をAl量として0.3%添加した場合のAl, Si, Oの挙動をFig. 8に示した。ここではAl量がFig. 7の場合と比べて少ないため全O量の減少はゆるやかである。AlはAS 3-1の場合と同様に数分で減少してし

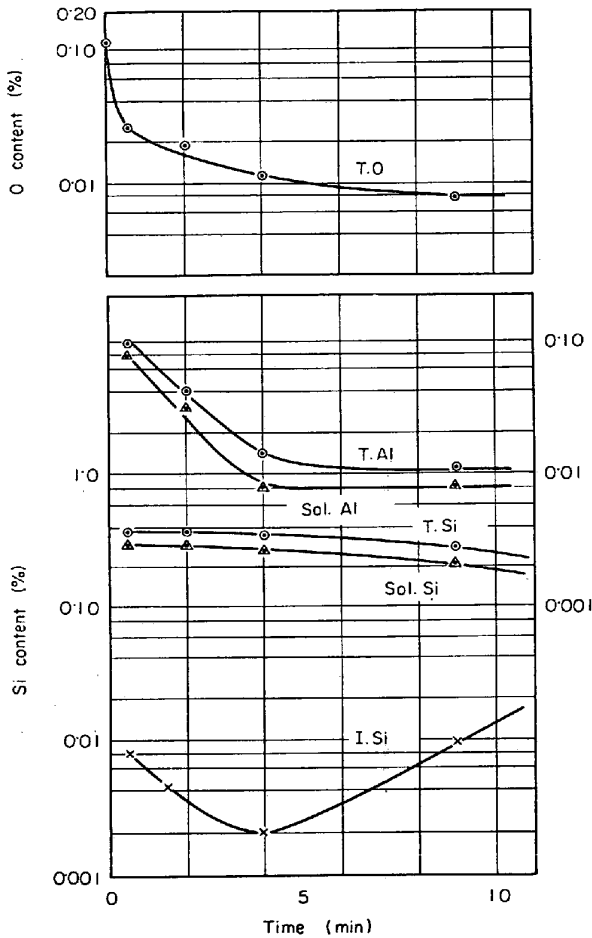


Fig. 8. Variation of Al, Si and O contents (AS 4-1 0.3% added).

まうが、Si はその後もほとんど消費されておらず、したがって本実験では 10 min 以上にわたって再酸化を完全に防止している。また介在物としての Si は脱酸剤添加直後に 0.008% 存在していたが、これは Al-Si の Si 比が大きいため、初期に Si も脱酸に作用したものと考えられる。

## 5. 脱酸剤添加初期の挙動

### 5.1 実験方法

溶鉄中での脱酸剤の初期分散状態を検討するために、タンマン炉 (17 KVA) を用い炉内温度均一部に Fig. 9 に示すようなアルミナルツボ内に内径 20 mm のタンマン管を設置し電解鉄を 100 g 溶解し、1600°C に保持した。その後上部より脱酸剤 Al, Al-Si 合金を溶鉄表面に添加し、速かに炉外空冷を行なった。この場合、脱酸剤添加後、溶鉄が凝固するまでに約 20 sec を要した。添加量は Al 量として 1.5 g を基準とした。このようにして得られた試料を縦割りにして断面観察を行なった。

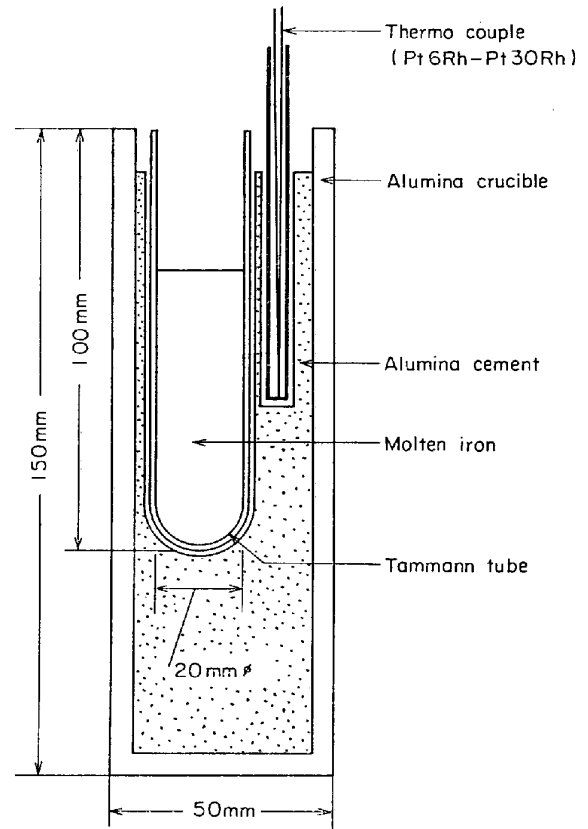


Fig. 9. Schema of experimental apparatus to observe the deoxidation phenomena in Tammann furnace.

### 5.2 実験結果

得られた試料の断面図を Fig. 10 に示す。脱酸剤としては、AL, AS 3-1, AS 4-1 を用いた。図中の点状の部分、介在物が密集してみられた所であり、顕微鏡および EPMA 観察により  $Al_2O_3$  系であることがわかった。図から明らかなように介在物生成範囲は、Al よりも Al-Si 合金添加の方が大きく、それも脱酸剤中の Si 量が増すほど溶鉄内部に広がっている。したがって、溶鉄内への脱酸剤の初期の分散という点に関しては、AS 4-1 がよいということになる。これら脱酸剤の密度は、AL が 2.70, AS 3-1 が 2.57, AS 4-1 が 2.46 g/cm<sup>3</sup> とほとんど差は認められず、介在物分布範囲の相違の原因は、脱酸剤の密度とは考えられない。一方脱酸剤の融点は、AL は 660°C, AS 3-1 は 890°C, AS 4-1 は 1200°C で、これらには大きな相違がある。Al 添加の場合は、Al が急激に液体状態になり、CHIPMAN ら<sup>11)12)</sup> の提案するように溶鉄内で脱酸剤表面が酸化され内部にある未反応 Al の溶鉄への溶解が阻止されるだろう。しかし Al-Si 合金では、脱酸剤の融点が高く、固体状態を保つ時間が長くなり、VERTMAN ら<sup>13)</sup> が主張するように急熱による脱酸剤の内部応力の増加、内部ガス膨張な

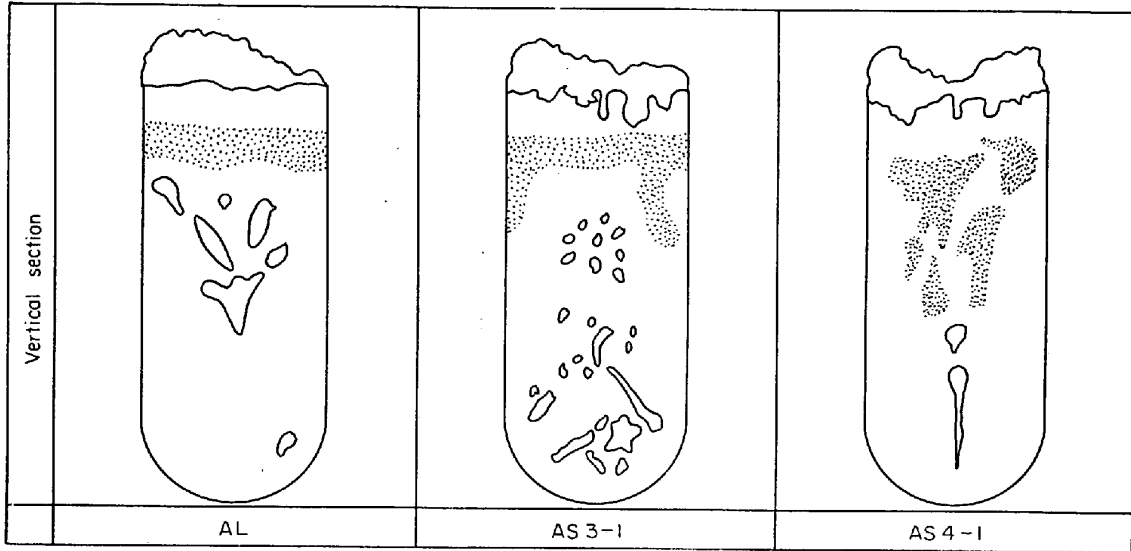


Fig. 10. Illustration of dispersion of inclusions (Deoxidizer-AL, AS3-1, AS4-1).

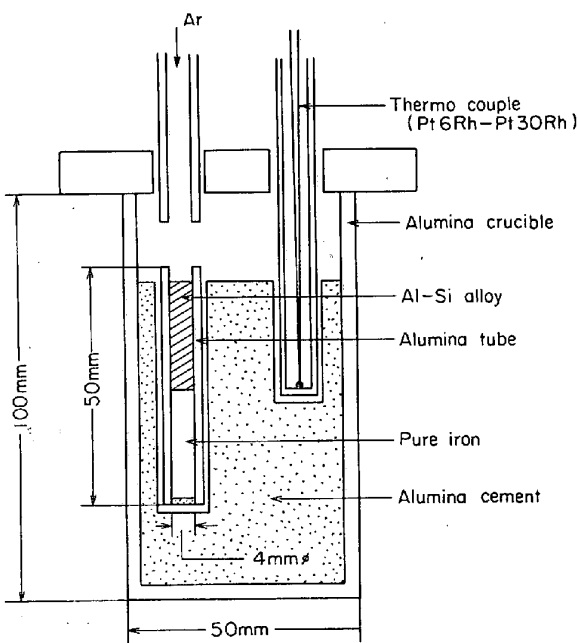


Fig. 11. Schema of experimental apparatus for diffusion couple method in Tammann furnace.

どによる局部的爆発により溶鉄内部に深く入り込むことができると考えられる。

### 6. Al および Si の溶鉄への拡散

#### 6.1 実験方法

脱酸の速度論的研究の第一段階として拡散現象を把握するため、Diffusion Couple 法<sup>14)</sup>により、Al, Si おのこの見かけの拡散係数を測定した。実験装置は、Fig. 11 に示すように、高さ 100 mm、内径 50 mm のルツボを

タンマン炉の温度均一部に設置し、その中に、最高温度 1700°C で 15 min 間保持に十分耐えるものとして、内径 4 mm の高純度溶融アルミナ管を熱電対と対称の位置に置いた。拡散温度は、1600°C とし、温度測定は、Pt-6Rh-Pt 30 Rh 熱電対を使用した。拡散容器の内径 4 mm というのは、斎藤ら<sup>14)</sup>によつて示されたように、対流を防止し、分析にさしつかえない値である。

拡散試料としては、純鉄は、日本鉄鋼協会純鉄部会共通試料 No. 960 の脱酸純鉄を素材として使用し、これと水素-水蒸気および乾水素中でゾーン精製<sup>15)</sup>し、酸素、不純物金属元素、介在物を除去した後、直径 4 mm までスウェーピングし、塩酸で表面を洗浄したものを 25 mm の長さで切断して拡散試料とした。Al, Al-Si 合金は、Table 1 に示す組成のものを、アルゴン雰囲気中で溶解し、石英管にて、吸い上げサンプリングを行ない、水中急冷後、注意深く石英管をとり除き、拡散用試料とした。そして、両拡散試片とも接触面は、エメリーパーで研磨し平滑な面とした。

拡散容器内には、上方に、Al, Al-Si 合金、下方に純鉄を配置して、溶融拡散時の密度差によつて生ずる自然対流を防止した。拡散時には、上方より 300 cc/min のアルゴンガスを吹き付け、拡散対の酸化を防止した。

所定の拡散時間後、試料を 5 mm ごとに切断し分析用試料とした。

そして、拡散係数値は、FICK の第二法則、

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (D \frac{\partial c}{\partial x})$$

より、MATANO-BOLTZMANN によつて求められた解

$$D(c') = -1/2t(dx/dc)_{c=c'} \int_0^{c'} x dc$$

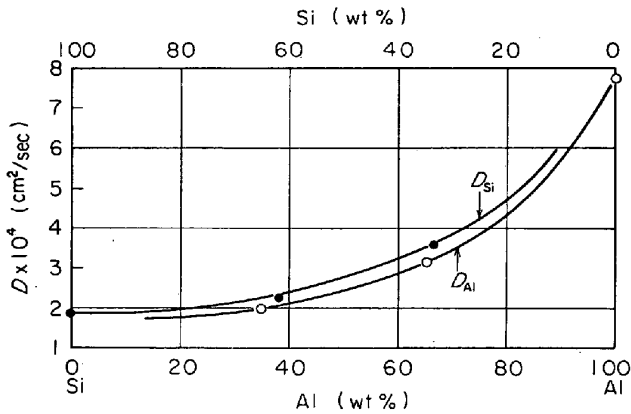


Fig. 12. Apparent diffusion coefficient of Al-Si alloy.

から図式的に求めた。

## 6.2 実験結果

Fig. 12 に Diffusion Couple 法により求めた実験結果を示す。図中横軸は wt% で縦軸が拡散係数である。横軸で 35 Alwt% の部分が AS 4-1 で、61 Alwt% の部分が AS 3-1 脱酸剤の Al と Si のそれぞれのみかけの拡散係数である、Al の純鉄中への拡散係数は  $7.78 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{sec}$  で、Si は  $1.97 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{sec}^{16)}$  であり、Al 拡散係数は Si のそれに比べて 4 倍大きな値である。Fig. 12 より明らかなように、Si のみかけの拡散係数は Al 量が増加するにつれて大きくなっている。一方 Al は Si 量が増加するにつれて小さくなっている。そして Al-Si 合金における Al, Si のみかけの拡散係数は、ほとんど同じ値をとることがわかる。

この実験結果を、前述の脱酸剤添加初期の過程と比較すると、拡散係数と Fig. 10 の結果が全く逆の傾向でありかつその移動距離に大きな差がある。したがって溶解過程においては、拡散係数はそれに影響を与えるほどの因子ではないことがわかる。

## 7. 考 察

### 7.1 脱酸剤の溶解過程

Fig. 10 における Al と Al-Si 合金の溶解過程の差と Fig. 12 におけるみかけの拡散係数から、溶鉄中での初期の脱酸剤の分散に寄与するのは、VERTMAN らのいう脱酸剤添加時の急熱による内部応力の増加、脱酸剤内部のガス膨張などによる局部的爆発作用が支配的であり、拡散は大きな影響力をもたないということが推定できる。

一方、大気における脱酸過程で、脱酸剤添加直後の Al の歩留が興味ある点と考えられ、Fig. 13 にその結果を示した。縦軸が、Al の歩留で、横軸が Si 量である。横軸において 0% は Al 脱酸、35% Si は AS 3-1 脱酸、

また 61% Si は AS 4-1 脱酸である。図中 0.1, 0.3, 0.5% は Al 量としての脱酸剤添加量である。添加量が大きいくほど、Al, Al-Si 脱酸とも Al の歩留が向上するが、Si の存在によりさらに添加初期における Al の歩留が向上する。したがって雰囲気が大気における脱酸直後の Al の歩留という点では、AS 4-1 がもつとも有効である。ここで脱酸剤添加直後での Al の歩留の向上に対

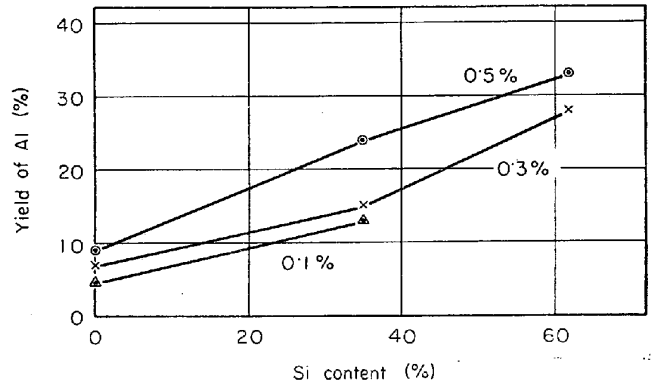
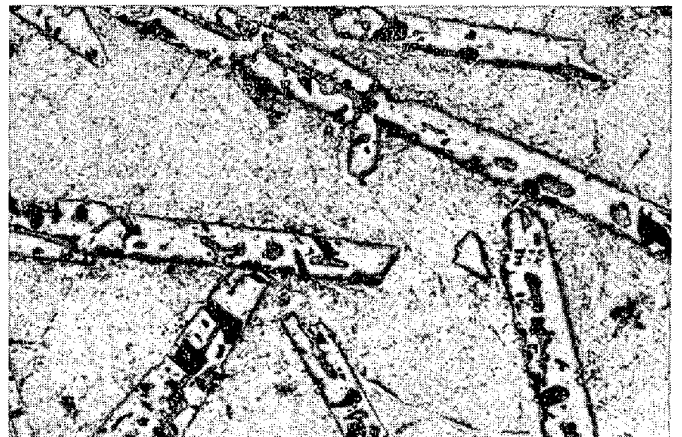


Fig. 13. Relation between yield of Al and Si content in Al-Si deoxidizer in various addition amount.



AS 3-1



AS 4-1

$\times 50$  (7/8)

Photo. 1. Microstructure of Al-Si alloy.

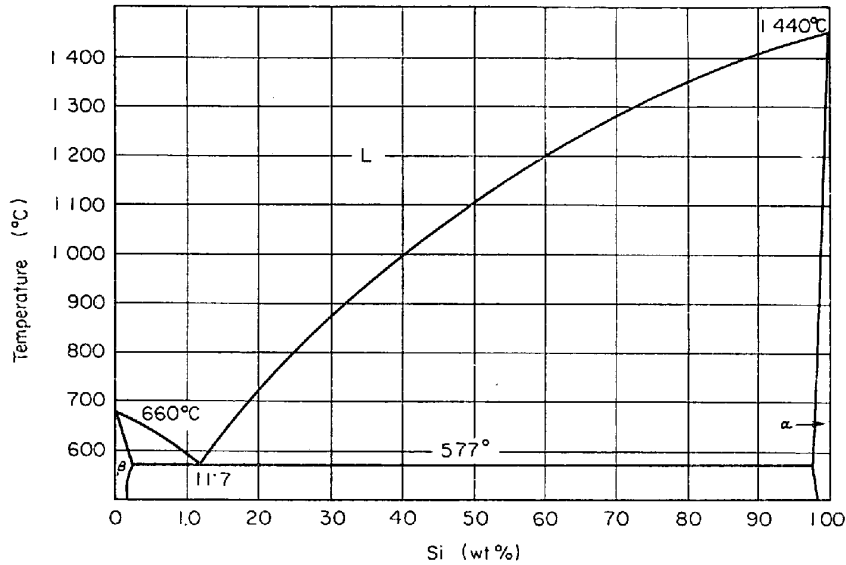


Fig. 14. Al-Si equilibrium diagram<sup>17)</sup>.

する Si の役割であるが、これは脱酸剤のマイクロ組織に、大きな原因があると思う。すなわち Photo. 1, および Fig. 14 の Al-Si 平衡状態図からわかるように、Al-Si 合金は AS 3-1, AS 4-1 とともに初晶の板状の  $\alpha$  により Al-Si 共晶がとり囲まれている形態となつている。特に AS 4-1 は板状の  $\alpha$  が強固である。したがつて脱酸剤を溶鉄に添加しても  $\alpha$  が Al-Si 共晶を保護する形となり、初期の Al の歩留が向上すると考えられる。以上より、Al-Si 脱酸剤は、添加時には初晶  $\alpha$  に囲まれて有効に Al-Si 共晶が酸鉄内に入り Al の急激な酸化を板状  $\alpha$  が防止しており、さらに局部的爆発などの作用により溶鉄内に広く分散し、脱酸反応を起こすものと考えられる。最近とくに種々の検討が行なわれている溶鉄への脱酸剤の溶解過程の研究に、さらに脱酸剤それ自体の検討をも加えなくてはならないと思う。

7.2 脱酸反応

Fig. 6 (AS 3-1, 0.3%添加) において Al と Si の経時変化をみると、Al は添加直後に急激に減少しているが、Si はあまり反応しておらず、溶解 Al がなくなる時期までほぼ一定であることがわかる。同様なことが、Fig. 7 (AS 3-1, 0.5%添加), Fig. 8 (AS 4-1, 0.3%添加) でもみられる。これらの図面から Al-Si 脱酸を行なつた場合脱酸反応初期において、Al の方が優先的に脱酸反応に寄与することがわかる。しかし添加量の少ない場合 (0.1%添加の場合) において Si 量の多い AS 4-1 の場合には、幾分その傾向がみられるが、Si 量の少ない AS 3-1 になると脱酸剤添加後 30 sec で Al も Si も一定値まで減少し、その傾向は明確ではない。したがつて添加量の多い場合には、Al が優先的に作用し、添

加量が少ない場合には、Si も初期において、脱酸反応に寄与しているのではないかと推定できる。

Fig. 15 は、Fig. 5 (Al 単独脱酸, 0.5%添加) と

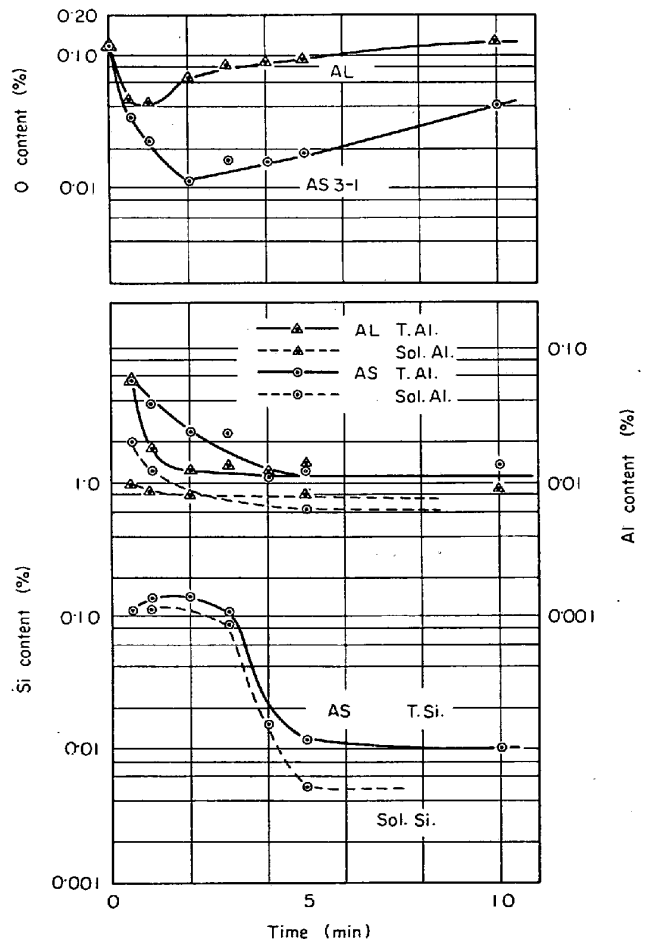


Fig. 15. Comparison between AL (0.5%) and AS 3-1 (0.3%).



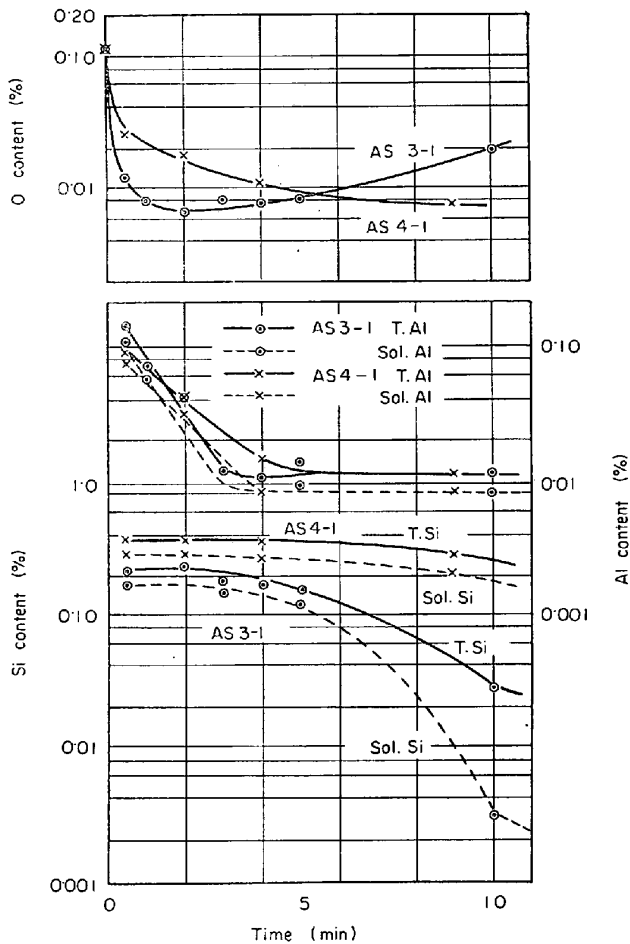


Fig. 16. Comparison between AS 3-1 (0.5%) and AS 4-1 (0.3%).

Fig. 6 の結果をまとめて示したものである。これらは総添加量は、ほぼ等しいものである。Fig. 15 で大きな相異点は、全O量の減少速度である。全O量の減少は、AS 3-1 の方が大きく、Al 脱酸ではあまり効果が認められない。これは Ar 雰囲気での結果、すなわち Al 脱酸のほうが全 O 量の減少に関しては有効であるということ、全く逆の結果である。これは脱酸剤添加初期の挙動でも述べたように、Al 脱酸では、大気の場合溶鉄表面での消費もあつて脱酸に有効に作用しないことが原因していると考えられる。

Fig. 16 に大気における AS 3-1 の 0.5% 添加と、AS 4-1 の 0.3% 添加の図面をまとめて示してある。両者は総添加量では、ほぼ等しく AS 3-1 の方は Al の添加量が多く、AS 4-1 の方は Si の添加量が多い。Fig. 15 で初期の酸素の減少速度を比べてみると Al の多い AS 3-1 の方が大きいことがわかる。また Fig. 4 の全 O 量の経時変化をみると、Al の添加量が増加するにしたがつて初期における酸素量の減少速度が大きくなっている傾向がみられる。以上のことより、初期において脱

酸速度を大きくするには、Si よりも Al の方が有効であることがわかる。

### 7.3 溶鉄の再酸化に対する Si の役割

Fig. 6, Fig. 7 において、酸素と Si の経時変化をみると全 O 量の上昇時期と、溶解 Si の少なくなった時期が大体一致している。一方 Fig. 8 (AS 4-1, 0.3% 添加) では、サンプリング期間中ほとんど再酸化は起きていない。これは Si の添加量の多いため、溶解 Al がほぼ一定値になつても溶解 Si が十分に存在していて、大気から供給される酸素に対して反応し、再酸化を防止しているからであろう。Fig. 16 における Si の挙動からも再酸化と Si の関係ははつきりする。WAUDBY らの研究<sup>18)</sup>と若干の相違があるが、本実験条件では、Al の消耗が激しいために、Al よりも長期間溶鉄中に存在できる Si の方が、再酸化防止には有効であろうと思われる。

## 8. 結 言

### 8.1 Al 脱酸について

大気中での実験では、Al は有効に作用せず、数分で再酸化現象がみられた。一方 Ar 雰囲気での実験では全 O 量の減少に関しては Al-Si 脱酸よりも有効であることがみられ、Al 脱酸は添加時の雰囲気重要な因子であることがわかった。

### 8.2 Al-Si 脱酸について

大気中において添加量が Al 量として 0.3% 以上すなわち添加量が比較的大の場合は、主として脱酸初期に Al が優先的に作用し、急に Al は消費される。しかし Si はその時点で溶解 Si として十分に存在し、以後大気から溶湯に供給された酸素に対して  $\text{SiO}_2$  となり浮上し再酸化を防止する。Si が消費された時点で全 O 量の上昇がみられる。

### 8.3 Al-Si 脱酸における Si の役割

Si の役割としては、まず脱酸剤添加直後における Al の歩留の向上が考えられる。これは考察の項でも述べたように板状の初晶  $\alpha$  が Al-Si 共晶を保護して溶鉄内に入るからである。また Al-Si 合金の場合は、添加による急熱のため、内部応力の増加、局部的爆発作用を伴い、溶鉄内に広く分散することが考えられる。

一方 Al-Si 脱酸において、Al が消費された後も、Si は溶解 Si として溶鉄内に残留し、溶鉄の再酸化防止の役をする。

## 文 献

- 1) W. A. FISHER and M. WAHLSTER: Arch. Eisenhüttenw., 28(1957), p. 601
- 2) 佐野, 塩見, 松下: 鉄と鋼, 51(1965), p. 19

- 3) 宮下: 鉄と鋼, 52(1966), p. 1049
- 4) 川和, 大久保: 鉄と鋼, 53(1967), p. 1569
- 5) 坂上, 川崎, 鈴木, 佐藤: 鉄と鋼, 55(1969), p. 550
- 6) K. TORSELL, M. OLETTE: Rev. Mét., 66(1969), p. 813
- 7) 草川, 渡辺: 鉄と鋼, 54(1968), p. 75
- 8) 浅野, 中野: 鉄と鋼, 57(1971), p. 1943
- 9) 鰐部, 佐野: 日本金属学会誌, 30(1966), p. 674
- 10) 伊藤, 近藤, 前田, 佐野: 鉄と鋼, 57(1971), p. 1933
- 11) 長谷川, 盛: 日ソ製鋼物理化学シンポジウム論文集(1969), p. 66
- 12) J. CHIPMAN: Trans. AIME, 224(1962), p. 1288
- 13) A. A. VERTMAN: 日ソ製鋼物理化学シンポジウム論文集, (1969), p. 126
- 14) 斎藤, 川合, 丸谷: 選研報告, 9 (1953), p. 271
- 15) 草川, 鷺崎, 吉田: 鉄と鋼, 57(1971), p. 965
- 16) 草川, 山上: 鉄と鋼, 56(1970), S 444
- 17) H. SPENGLER: Metall, 9(1955), p. 181
- 18) P. E. WAUDBY, F. G. WILSON: International Symposium on Metallurgical Chemistry (1971)