

© 1990 ISIJ

技術報告

# 炭素飽和溶鉄相からのキッシュ・ グラファイトの浮上

井 上 亮\*・水 渡 英 昭\*<sup>2</sup>

## Flotation of Kish Graphite Precipitated from Carbon-saturated Iron Melt

Ryo INOUE and Hideaki SUITO

### Synopsis :

The flotation of carbon precipitated from carbon-saturated iron melt has been studied as a function of temperature drop, cooling rate, stirring and sulfur content in metal. Under the experimental conditions such as temperature (1450°C), the temperature drop (50~240°C) and the cooling rate (14.6~150°C/h), the amount of carbon floated to the top of the metal phase was observed to increase with increasing the degree of the temperature drop and with decreasing the cooling rate. The rate of flotation for the flaky-type graphite (Kish graphite) was much faster than that for the sphere-type precipitated carbon. Furthermore the rate of flotation was accelerated by stirring, and increased by the addition of sulfur.

**Key words :** flotation ; kish graphite ; precipitated carbon ; carbon-saturated iron.

### 1. 緒 言

高炉からの出鉄後に溶鉄温度の降下に伴って析出する鱗片状の過飽和炭素はキッシュ・グラファイト (以下 KG と称す) と呼ばれている。著者らは前報<sup>1)</sup>において、高炉系スラグ、脱珪スラグ、ソーダ系スラグおよび含 CaF<sub>2</sub> 系スラグからの KG の浮上分離に関する研究を行った。その結果、炭素飽和溶鉄とスラグが共存する場合、メタル相から析出した KG はスラグ-メタル界面のメタル側に集積すること、攪拌などによりいったんスラグ中に入り込んだ KG はスラグ上部に浮上することを見出した。さらに、KG 表面の SEM 観察から、スラグ層内を浮上する際に KG 表面のメタル粒が脱落することがわかった。

本研究では KG の回収率を高めるための基礎的知見を得ることを目的とし、炭素飽和溶鉄中の KG の浮上について、冷却温度差、冷却速度、攪拌および表面活性元素である硫黄濃度の影響を明らかにしたので報告する。

### 2. 実 験 方 法

LaCrO<sub>3</sub> 製発熱体を有する縦型抵抗炉を用い、脱酸

Ar 気流中 (150 ml/min) で溶解を行った。実験温度は PID 自動温度調節器により設定した。あらかじめ黒鉛るつぼ中、1400°C で溶製した Fe-C 合金 80 g を高純度 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> るつぼ (内径 24 mm, 高さ 150 mm) 中に装入し、1450°C で溶解後、緻密な高純度黒鉛棒 (直径 8 mm, 長さ 300 mm) で攪拌しながら 30 min 保持した。その後黒鉛棒を取り出し、メタル表面に C が浮遊していないことを確認してから、冷却速度 14.6, 60 または 150°C/h で温度降下を開始した。温度降下中攪拌する実験では、冷却開始から所定温度 (以下、固化温度と称す) 到達 1 min 前まで高純度 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 棒により約 100 r.p.m. で攪拌を行った。固化温度に到達後るつぼごと炉外に取り出し、るつぼ外壁を流水中に浸漬しながらメタル表面に He を吹き付けて凝固させた。試料上部に付着している KG を取り除いた後、上部から約 1 mm のメタル部分を研磨して除去した。試料を上部から縦方向に 4~7 分割し、各部について酸素気流中燃焼-電量滴定法 (JIS-Z-2615) による全 C 濃度分析および顕微鏡観察を行った。

一定温度で炭素飽和溶鉄に精製 KG を添加した実験では、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> るつぼ内底部に精製 KG 0.5 g を入れ、あらかじめ黒鉛るつぼ中、1350°C で溶製した Fe-C 合金

平成元年 4 月本会講演大会にて発表 平成元年 7 月 7 日受付 (Received July 7, 1989)

\* 東北大学選鉱製錬研究所 工博 (Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy, Tohoku University, 2-1-1 Katahira Aoba-ku Sendai 980)

\*<sup>2</sup> 東北大学選鉱製錬研究所 Ph. D (Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy, Tohoku University)

をその上に置いた。1354°Cで加熱溶解後、高純度Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>棒で攪拌してKGをメタル中に分散させ5min保持した。精製KGとは、製鉄所現場で採取されたKGを10%HF-27%HCl水溶液中で1h煮沸し、蒸留水で洗浄後乾燥および篩分けを行ったものであり、0.25~1.0mmの大きさで固定C濃度98.4%のものを用いた。

### 3. 結果および考察

本実験条件下でのメタル試料中各部のC濃度をTable 1に与える。

攪拌せずに冷却した実験におけるメタル中の析出Cの分布状態について顕微鏡観察を行った。その結果、冷却速度150°C/hでは固化温度1392°Cの場合、厚さ3~10μm、長さ30~200μmの細かなKGがメタル浴上部よりその深さの約80%までの間で認められ、直径3~30μmの球状に近い析出Cがメタル全体に分布していた。固化温度が低下すると共にKGは厚く長くなり、KGが認められるメタル浴深さも上部に移動しており、固化温度1210°Cでは厚さ50~200μm、長さ400~

1000μmのKGがメタル浴深さの約40%まで存在した。このことからKGは温度降下に伴って成長しながら浮上することがわかる。直径10~30μmの球状に近い析出Cはメタル全体に分布していた。一方、冷却速度14.6°C/hでは固化温度1399°Cにおいてメタル浴深さの約65%までKGが分散していたが、固化温度1349°CではKGはメタル表面近傍に認められるにすぎなかった。いずれの実験でも凝固時のHe吹付けによりKGが浮上から飛散逸失することが観察された。また、メタル全体に球状に近い析出Cが分布し、いくつかの実験においてメタル底部のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のつぼとの界面に近づき付着するように微かにKGが認められたことから、温度降下に伴ってKGおよび球状に近いCがメタル全体から析出し、KGは浮上したと思われる。

炭素飽和溶鉄および黒鉛の比重はそれぞれ6.6~7.1g/cm<sup>3</sup><sup>2)</sup>および2.25g/cm<sup>3</sup><sup>3)</sup>であり、この比重差の故に析出したKGおよび球状に近いCは容易に浮上すると考えられる。C飽和溶鉄を冷却する場合、冷却速度が小さければ初晶として鱗片状のKGが現れる<sup>4)</sup>。メタル中に球状に近い析出Cが分布し、KGがメタル上部に

Table 1. Analysed carbon content in metal for various experimental conditions.

No.	Initial temperature (°C)	Quenching temperature (°C)	Cooling rate (°C/h)	Depth (mm)	Weight (g)	[%C]
1	1453	1392	150	1~7.5	8.308	4.75
				8.0~12.5	7.968	4.93
				13.0~20.0	18.976	5.03
				20.5~27.7	13.268	5.05
				28.2~35.1	12.368	5.05
				35.6~45.0	15.380	4.97
2	1453	1399	14.6	1~7.7	13.484	4.93
				8.2~15.8	15.450	5.06
				16.3~23.8	11.142	5.03
				24.3~30.6	12.656	4.92
				31.1~36.8	12.977	4.90
				37.3~45.8	10.290	4.78
3-1	1450	1348	150	1~4.2	5.492	4.75
				4.7~10.8	14.952	4.85
				11.3~15.5	11.780	4.95
				16.0~19.5	10.336	4.93
				20.0~23.2	8.940	4.96
				23.7~27.2	7.216	4.94
27.7~39.8	17.028	4.90				
3-2	1453	1348	150	1~5.8	10.416	4.78
				6.3~11.4	9.218	4.92
				11.9~18.6	12.100	4.98
				19.1~24.8	10.229	4.98
				25.3~32.0	12.162	4.94
				32.5~40.0	13.602	4.92
40.5~45.1	8.273	4.90				
4	1453	1349	60	1~3.3	4.158	4.78
				3.8~11.7	14.219	4.82
				12.2~16.5	7.782	4.95
				17.0~21.1	7.393	5.03
				21.6~27.5	10.674	4.97
				28.0~33.1	9.139	4.95
33.6~46.1	22.639	4.94				
5	1451	1349	14.6	1~8.5	8.965	5.40
				9.0~18.8	11.941	5.10
				19.3~27.4	15.321	4.67
				27.9~36.8	15.226	4.58
				37.3~50.2	24.372	4.62
6	1452	1210	150	1~7.6	12.179	4.77
				8.1~14.3	16.209	4.75
				14.8~20.6	14.879	4.73
				21.1~28.1	18.173	4.72
				28.6~39.4	13.652	4.70
7*	1452	1348	150	1~5.9	10.104	4.76
				6.4~14.2	11.240	4.83
				14.7~21.9	14.536	4.82
				22.4~33.3	13.828	4.82
8*	1451	1349	60	1~6.0	6.412	4.67
				6.5~11.1	8.641	4.86
				11.6~15.0	8.123	4.86
				15.5~19.1	8.852	4.87
				19.6~23.4	8.635	4.85
				23.9~28.0	8.480	4.85
28.5~39.0	13.308	4.77				
9*2	1354	1354	0	1~7.3	11.339	4.72
				7.8~12.8	11.070	4.81
				13.3~20.2	10.953	4.83
				20.7~25.8	6.638	4.81
10*3	1452	1349	150	1~5.3	7.105	4.73
				5.8~8.3	4.872	4.86
				8.8~16.2	13.206	4.82
				16.7~24.0	10.925	4.84
				24.5~31.4	11.635	4.82
				31.9~40.9	10.808	4.78
11*4	1451	1348	150	1~6.0	5.835	4.58
				6.5~9.3	4.957	4.70
				9.8~13.3	6.722	4.65
				13.8~17.3	6.686	4.74
				17.8~25.6	16.108	4.74
				26.1~37.5	17.003	4.70

\* Stirring (100 r.p.m) \*2 1%KG added \*3 0.1%S \*4 0.3%S

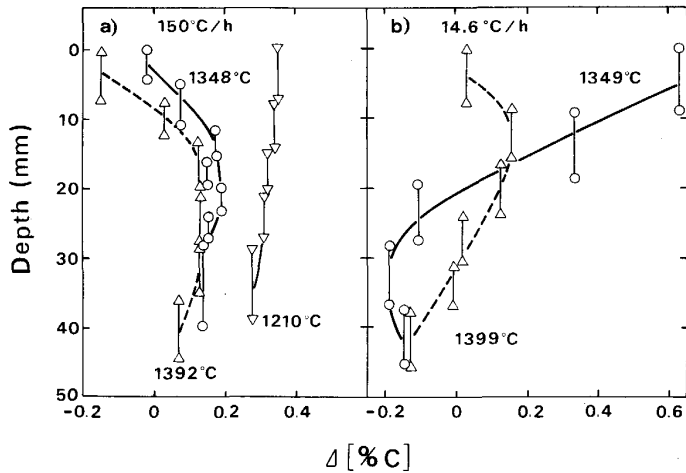


Fig. 1. Variation of  $\Delta$  [%C] with depth as a function of quenching temperature at cooling rate of a) 150°C/h and b) 14.6°C/h.

認められるのは KG の浮上しやすさを示している。この KG の炭素飽和溶鉄中での浮上について、固化温度、冷却速度、攪拌および S 濃度の影響を検討した結果を以下に述べる。

3・1 固化温度および冷却速度の影響

攪拌せずに 150°C/h あるいは 14.6°C/h で温度を低下させた実験について、(1)式で表される C 濃度差  $\Delta$  [%C] とメタル浴深さの関係を Fig. 1 に示す。

$$\Delta[\%C] = [\%C]_{anal.} - [\%C]_{sat.} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 $[\%C]_{anal.}$  は Table 1 に与えた全 C 分析値である。 $[\%C]_{sat.}$  は固化温度  $T_1$  (°C) における飽和 C 濃度の計算値であり、(2)式から求められる。

$$[\%C]_{sat.} = 1.30 + 0.00257T_1 - 0.36[\%S]^{0.5} \dots\dots(2)$$

つまり、 $\Delta$  [%C] はメタル各部での過飽和 C 量に対応することになり、析出 C が全量浮上した場合には  $\Delta$  [%C]=0 となる。

Fig. 1 中に示した温度は固化温度を表す。また、試料各部の長さを○△▽印を結んだ直線で表す。Fig. 1a) より、冷却速度が 150°C/h の場合、固化温度が低いほどメタル各部の  $\Delta$  [%C] 値は大きくなっている。固化温度が 1210°C では  $\Delta$  [%C] 値はメタル表面に向かって徐々に増加する傾向を示すが、1348°C および 1392°C ではメタル上部の  $\Delta$  [%C] 値が中央部よりも低くなっている。その理由は次のように考えた。メタル上部を表面から約 1 mm 研磨除去し、残りの部分について C 分析を行っているためメタル表面層の C 濃度は明らかではないが、試料を凝固させる際にメタル表面に He を吹き付けたことにより表面近傍のメタル浴が乱されて析出 C のメタル上への浮上が促進されたと思われる。一方、固化温度 1210°C ではメタル表面に KG が厚く集積している上にメタルの粘性が高いため、He 吹付けの影響は少ないと考えられる。Fig. 1b) の冷却速度

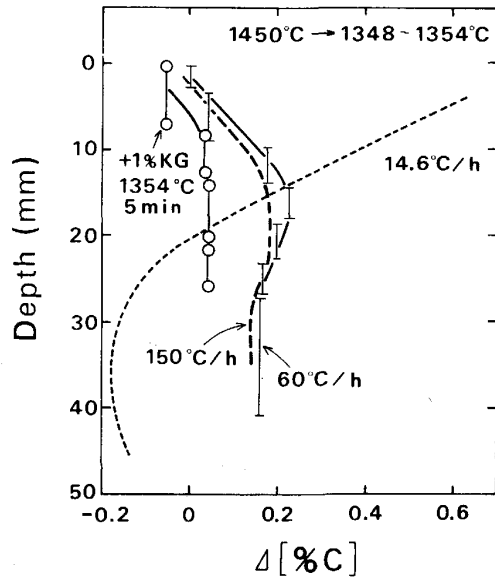


Fig. 2. Variation of  $\Delta$  [%C] with depth as a function of cooling rate.

14.6°C/h の場合、固化温度が低い方がメタル上部の  $\Delta$  [%C] 値が大きく、析出 C が密集していることがわかる。図中、 $\Delta$  [%C] 値が負、すなわち C 濃度が溶解度よりも低値となっている部分もあるが、その理由は本研究からは明らかでない。

固化温度を約 1350°C と一定にして、冷却速度を 14.6, 60 および 150°C/h と変化させた実験結果を Fig. 2 に示す。冷却速度が 60°C/h と 150°C/h ではメタル中の  $\Delta$  [%C] 値分布に大きな差が認められないが、14.6°C/h では著しく異なる。

温度降下前にはメタル中の C は飽和であることから、温度低下に伴う C 濃度の理論変化量  $\Delta$  [%C]\* は(3)式で表される。

$$\Delta[\%C]^* = [\%C]_{sat.}^* - [\%C]_{sat.}$$

$$=0.00257(T_2 - T_1) \dots\dots\dots(3)$$

ここで、 $[\%C]_{sat}^*$  および  $T_2$  は温度降下開始前の飽和 C 濃度および保持温度 (1450°C) である。(1)式および(3)式から、メタル各部の C 分析値 $[\%C]_i$  および重量  $W_i$  を用いて、メタルから分離した析出 C 量の理論析出 C 量に対する割合 Floated C ratio (以下、FC 比と称す) は(4)式で与えられる。

$$\text{Floated C ratio} = \frac{\sum_i ([\%C]_{sat}^* - [\%C]_i) \cdot W_i}{\sum_i \Delta[\%C]^* \cdot W_i} \times 100(\%) \dots\dots\dots(4)$$

FC 比=100(%) は析出した C の全量がメタル上に浮上分離し、FC 比=0(%) は析出 C がメタル表面上に全く浮上しないことを意味する。

Fig. 3 に FC 比と固化温度および冷却速度の関係を示す。同一冷却速度では固化温度が低いほどメタルから浮上分離した析出 C 量は多い。同一固化温度では、冷却速度が 60°C/h と 150°C/h で FC 比にほとんど差がないが、14.6°C/h と極端に遅い冷却の場合にはメタルから分離した KG 量は著しく多くなる。この結果は前述した顕微鏡観察における固化温度、冷却速度と KG の浮上状態の関係にも対応する。

鱗片状である KG の浮上を調べるために次の実験を行った。炭素飽和溶鉄の底部に 0.25~1.0 mm の大きさの KG をメタル重量の 1% 装入し、1354°C 一定で攪拌してメタル中に分散させた後、5 min 保持した。攪拌終了直後の KG の分散状態は調べていないが、メタル表面に KG がわずかに浮上しているにすぎなかったことから、大部分の KG はメタル中に分散していたか、あ

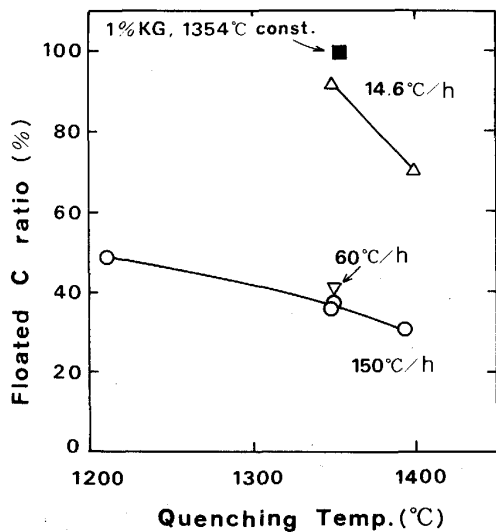


Fig. 3. Floated carbon ratios plotted against quenching temperature.

るいはメタル底部に残留していたと思われる。5 min 保持後にはメタル表面に浮上した KG 量は顕著であった。実験後のメタル各部での  $\Delta[\%C]$  値および FC 比をそれぞれ Fig. 2 および 3 に示す。Fig. 2 において、冷却による C 析出の実験と比べメタル各部での  $\Delta[\%C]$  値が小さくなり、1354°C における飽和 C 濃度に近づいている。Fig. 3 から、KG の 99% がメタル上に浮上していた。析出によって生じた KG とは大きさが異なるものの、KG の浮上速度は大きいことがわかる。

温度降下によりメタル中に析出した C がメタルとの比重差のゆえに容易に浮上するならば、KG がメタル上部にあり球状に近い析出 C がメタル全体に分布していたことは説明されない。この点について、浮上速度と析出 C の大きさの関係から以下のように考察した。

粒子が静止浴中を重力方向に運動する場合、浮上方向を正にとると、定常状態において(5)式の運動方程式が成り立つ。

$$-\rho_s Vg + \rho Vg - CA\rho u^2/2 = 0 \dots\dots\dots(5)$$

ここで、 $\rho_s$ ,  $V$ ,  $A$ ,  $u$  はそれぞれ浮上する粒子の密度、体積、進行方向の断面積、終末浮上速度である。また、 $\rho$  は浴密度、 $C$  は抵抗係数、 $g$  は重力加速度である。 $C$  は浴が非圧縮性であればレイノルズ数  $Re$  の関数となる。(5)式の第1項は重力項、第2項は浮力項、第3項は抵抗力項を表す。

KG 以外の析出 C を便宜的に直径  $d_c$  の球形であると仮定すると、Stokes の法則から  $C$  を求めることにより、この球体の  $u$  は(6)式で表される<sup>6)</sup>。

$$u = g(\rho - \rho_s)d_c^2 / (18\mu) \dots\dots\dots(6)$$

ここで、 $\mu$  は炭素飽和溶鉄の粘度<sup>7)</sup>である。

析出 C の直径と浮上速度の関係を 1300°C について

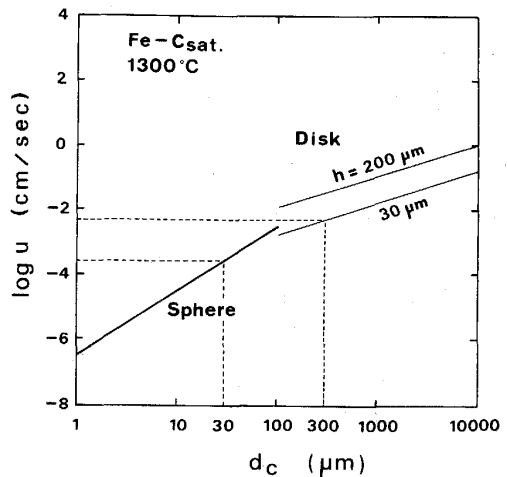


Fig. 4. Logarithms of floating rate plotted against diameter of carbon.

Fig. 4 に示す。Stokes の法則が成り立つ  $Re$  の値の範囲から (6) 式は  $d_c \leq 3 \text{ mm}$  で適用可能である。1400°C の計算結果は図に示した 1300°C の値の約 1.2 倍にすぎず、 $u$  の温度依存性はほとんど無視できる。Fig. 4 から、直径 10~30  $\mu\text{m}$  の球形に近い析出 C について  $u$  の値は  $4 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-4} (\text{cm/s})$  であり、小さいほど浮上が遅く実験時間内に十分浮上しきれないことがわかる。

一方、KG は前報<sup>1)</sup> で示したように六角板状であるが、これを便宜的に直径  $d_c$ 、厚さ  $h$  の円板とみなし (5) 式を解くと (7) 式が得られる。

$$u = g(\rho - \rho_s) d_c \cdot h / (12\mu) \dots\dots\dots (7)$$

(7) 式による KG の直径と浮上速度の関係を厚さ 30  $\mu\text{m}$  および 200  $\mu\text{m}$  について Fig. 4 に示す。厚さ 30  $\mu\text{m}$ 、長さ 300  $\mu\text{m}$  の KG の  $u$  の値は  $5 \times 10^{-3} (\text{cm/s})$  であり、球状に近い析出 C よりも速やかに浮上することがわかる。この大きさによる浮上速度の相違が、10~30  $\mu\text{m}$  の球状に近い析出 C がメタル全体に分布し、それよりも大きい KG がメタル上部にある理由であると考えられる。メタル表面近傍の C および凝固時にメタルから飛散した C を SEM 観察したところ、数百  $\mu\text{m}$  以上の球状に近い C は認められなかった。同一冷却速度では固化温度が低いほど、また同一固化温度では冷却速度が小さいほど、固化温度に到達するまでの時間が長く、析出 C はメタル上部まで浮上することから、Fig. 3 の FC 比と固化温度および冷却速度の関係が説明される。特に KG は前述したように温度降下に伴って粗大化するため、さらに浮上しやすくなる。KG の粗大化およびメタルからの回収率向上を考えれば、大きい冷却温度差と低い冷却速度が効果的である。

### 3.2 攪拌の影響

固化温度 1348°C、冷却速度 150°C/h と一定にし、攪拌の影響を調べた結果を Fig. 5 に示す。約 100 r.p.m. で攪拌しながら冷却することによりメタル各部間の C 濃度差が小さくなりほぼ一定になると共に、1348°C における飽和 C 濃度に近づいている。Fig. 3 において冷却速度 60°C/h および 150°C/h で固化温度約 1350°C の場合の FC 比はそれぞれ 41% および 35% であったが、冷却中の攪拌により FC 比はいずれの場合も 81% まで増加した。顕微鏡観察によれば、メタル中に KG はほとんど認められず、球状に近い析出 C がメタル全体に分布していた。このことから、攪拌は冷却速度に関係なく、特に KG の浮上に効果があることになる。

Fig. 2 に示した 1354°C 一定で KG の浮上を調べた実験結果を Fig. 5 に与える。この実験では一定温度で

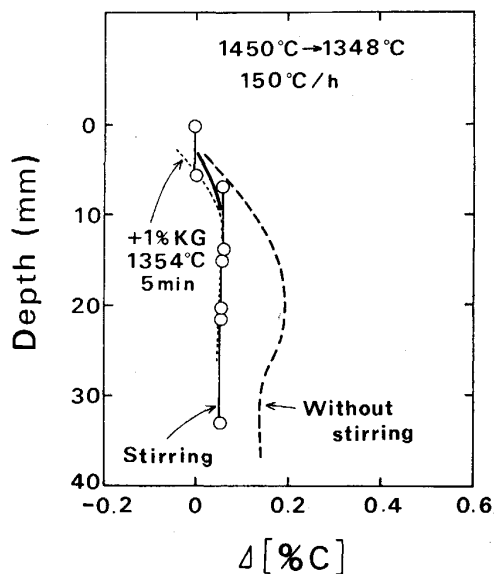


Fig. 5. Effect of stirring on the variation of  $\Delta [\%C]$  with depth.

過飽和 C として KG を加えており、温度降下がないため KG 以外の球状に近い析出 C が存在しないものである。Fig. 5 から明らかなように、この実験結果は攪拌しながら 150°C/h で冷却した際の C 濃度分布とほぼ同じであった。Fig. 3 より、析出した KG と大きさは異なるものの、0.25~1.0 mm の大きさの KG のみの浮上における FC 比は 99% であり、攪拌しながら冷却した実験結果よりも FC 比は 18% 高い。このことから、球状に近い析出 C の浮上は Fig. 4 にも示したとおり遅く、攪拌によっても十分ではないことがわかる。

### 3.3 硫黄の影響

界面活性効果を有することが知られている S は溶鉄中に 0.03~0.05% 含まれており、析出 C の形状および浮上に影響をおよぼすことが考えられる。

固化温度約 1350°C、冷却速度 150°C/h としてメタル中の S 濃度を 0.1% および 0.3% とした実験結果を Fig. 6 に示す。メタル中の S 濃度が上昇するにつれてメタル各部の C 濃度は固化温度での飽和値に近づいている。FC 比と S 濃度との関係を Fig. 7 に与える。メタル中の S 濃度が増加するにつれてメタル上に浮上した C 量は多くなることがわかる。

これらの試料のメタル表面近傍の顕微鏡写真を Photo. 1 に示す。S を含まない場合 (a) と比べて S 濃度が b) 0.1% S および c) 0.3% S のいずれも KG は細くなりわん曲、分岐が著しくなっている。従来、S の界面活性効果によってこのような現象が生じることが報告されており<sup>8)</sup>、Photo. 1 の KG の形状変化と一致す

る。固化時にるつばから飛散したCは、0.1%Sの場合は厚さ5~10 $\mu\text{m}$ 、長さ50~300 $\mu\text{m}$ 、0.3%Sでは厚さ2~5 $\mu\text{m}$ 、長さ30~150 $\mu\text{m}$ のわん曲を伴った片状黒鉛が多層に重なり合ったものであった。

浮上速度を計算によって求める際にはわん曲および分岐を有するCを球あるいは円板として取り扱うことができないため、Fig. 7のFC比におよぼすSの影響を

浮上速度の面から説明することはできないが、このKG形状の変化が浮上速度を大きくしていることが考えられる。また、炭素飽和溶鉄中にSが添加されることによりメタルの密度が微かに上昇する<sup>2)</sup>と共に粘性が著しく低下する<sup>9)</sup>ことも、FC比が増加する理由と考えられる。

実際の溶鉄に含まれている不純物によるKG形状の変化を調べるために、0.6%Si-0.7%Mn-0.1%P-0.05%Sを含む炭素飽和溶鉄を1450 $^{\circ}\text{C}$ から1124 $^{\circ}\text{C}$ まで14.6 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ で冷却した。その結果、これら不純物を含まない炭素飽和溶鉄から析出したKGの厚さが120~200

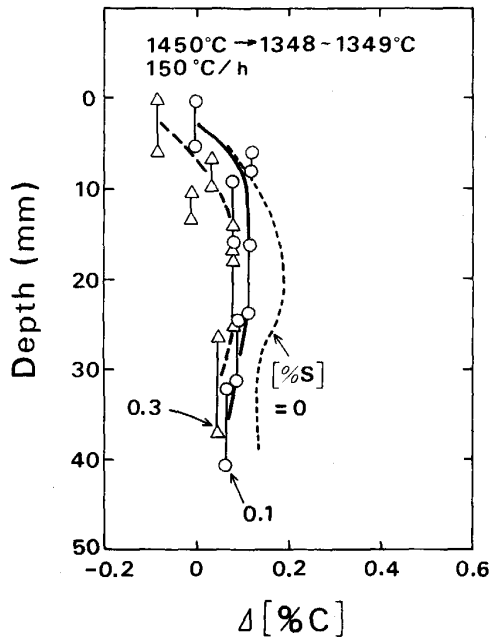


Fig. 6. Effect of sulfur content in metal on the variation of  $\Delta[\%C]$  with depth.

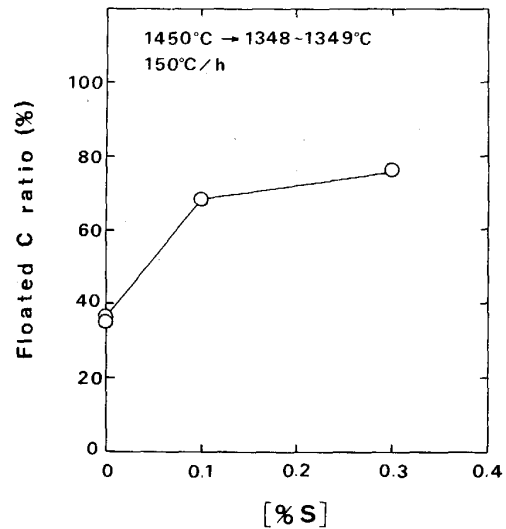
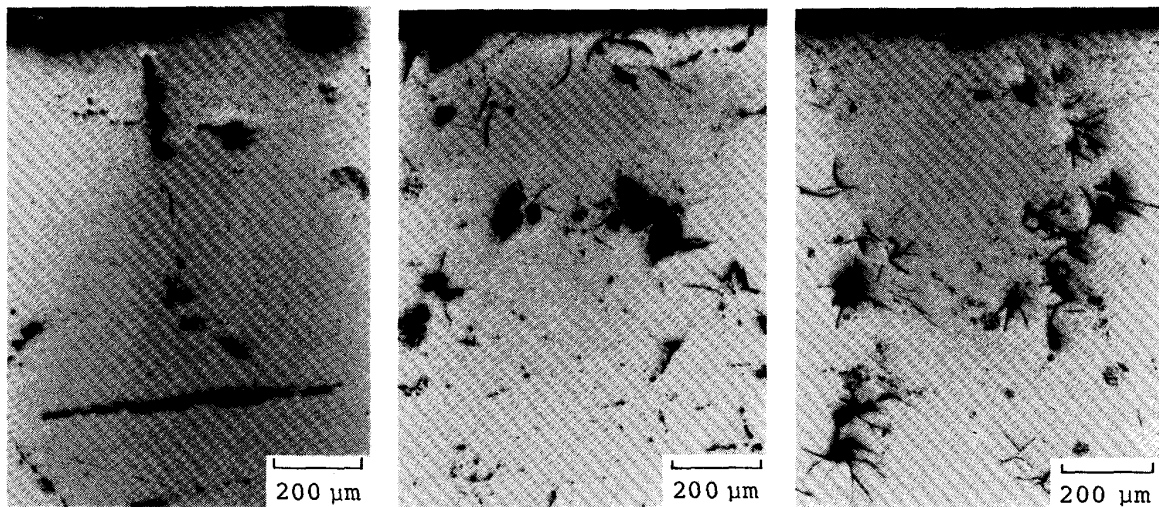


Fig. 7. Floated carbon ratio plotted against sulfur content in metal.

1450 $^{\circ}\text{C}$   $\rightarrow$  1348~1349 $^{\circ}\text{C}$ , 150 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$



a) 0% S

b) 0.1% S

c) 0.3% S

Photo. 1. Effect of sulfur content in metal on the shape of carbon precipitated from metal phase.

$\mu\text{m}$ であったのに対し、30~50  $\mu\text{m}$ と薄くなっていた。KGの形状におよぼすSの影響は0.01%でも認められるとする報告<sup>8)</sup>があるが、Si、Pが炭素飽和溶解度を下げ<sup>5)</sup>、KGの生成を促進する効果がある<sup>4)8)</sup>ことから、実際の溶銑から生じたKGの形状におよぼす不純物の影響は複雑である。

#### 4. KGの回収

本研究結果および前報<sup>1)</sup>で示したKGのスラグ層からの浮上分離に関する研究結果をあわせて、KGの有効な回収法については以下のように考えられる。

メタル中でのKGの成長および浮上については、高炉からの出銑後の温度降下が大きいほど、また、冷却速度が小さいほど有効である。後者は溶銑鍋あるいはトピードカーの保温性の改善により可能であろうが、前者は製鋼工程との関連で制限を受ける。KGの浮上に関して攪拌は効果があり、スラグ-メタル界面のメタル側に集積したKGが攪拌によってスラグ上に浮上した<sup>1)</sup>ことから、攪拌はKGの回収に欠かせない。

いったんスラグ中に入り込んだKGは付着していたメタル粒を脱落させながら自然に浮上するが、スラグ中に酸化鉄があればKGは燃焼してしまう。スラグの粘性が低いほどKGは速やかにスラグ中を浮上する。特にソーダ系スラグ中を浮上する場合は $\text{Na}_2\text{O}$ とKGの反応も考えられるが、KG表面のメタル粒および脱珪スラグ粒が除去されるので、新たに付着したソーダ系スラグを水処理で落とすことにより高品位のKGを得ることができると思われる。KGの高純度化について著者らが行った研究<sup>10)</sup>によれば、 $\text{Na}_2\text{O}-\text{B}_2\text{O}_3$ 系フラックスを用いてKGを洗浄し、湿式処理でフラックス分を除去

することにより、固定C濃度99.95%のKGが得られている。

#### 5. 結 言

炭素飽和溶鉄中の析出Cの浮上について、冷却温度差、冷却速度、攪拌およびS濃度の影響を調べ、以下の結論を得た。

1)冷却温度差が大きく冷却速度が小さいほどKGは厚く長くなった。また、メタル上部まで浮上し、メタルから浮上分離したC量は多くなった。

2)メタル浴を攪拌することによりメタル中のKGの浮上が促進された。

3)メタル中のSは析出Cの浮上を促進した。また、析出Cの形状を細く短くする作用があった。

#### 文 献

- 1) 井上 亮, 水渡英昭, 米谷章義, 橋本 透: 東北大学選研彙報, **43** (1987), p. 15
- 2) 足立 彰, 森田善一郎: 溶鉄・溶滓の物性値便覧 (日本鉄鋼協会編) (1972), p. 1
- 3) 金属データブック (日本金属学会編) (1974), p. 9 [丸善]
- 4) 鋳物便覧 (日本鋳物協会編) (1978), p. 837 [丸善]
- 5) F. NEUMANN, H. SCHENCK and W. PATTERSON: *Giesserei*, **23** (1959), p. 1217
- 6) 八田四郎次, 前田四郎: 化学工学概論 (1973), p. 273 [共立出版]
- 7) M. I. AVALIANI, A. B. KAPLUN, M. F. KRUTKO and I. A. VASHUKOV: *Izv. Chernaya Met.* (1977) **2**, p. 123
- 8) 後藤明弘, 大出 卓, 大平五郎, 井川克也: 鋳物, **46** (1974), p. 1054
- 9) N. E. BODAKIN, B. A. BAUM, G. V. TYAGUNOV and M. N. KUSHNIR: *Izv. Akad. Nauk SSSR, Metallurgiya* (1977) **2**, p. 71
- 10) 井上 亮, 水渡英昭: 東北大学選研彙報, **44** (1988), p. 214