

この場合には溶質の運動論的因子が入ってくるためと推論した。このように凝固前面での各溶質の動きはかなり取扱いが面倒なのであろう。

3) 水溶液での沈殿生成との対比においてコロイドの存在まで類似性をおしすすめて考えているわけではない。しいて考えてみるならば、各酸化物のまわりの金属鉄の自由電子のため極く表面に近いところで中和されて電場は遠くにおよばないであろうが電気二重相の存在は当然考えられる。

【質問】 名大工 理博 佐野 幸吉

マイクロ介在物の大部分は凝固時の均質核生成ではなく、固相表面における不均質核生成によるものであることに関する実証を示していただきたい。

溶質成分の濃縮層における状況、たとえば温度分布などによって影響を受けないものか。

【回答】

実験的な経験事実はもち合わせないがつぎのように考える。

(A) 鋼塊中のマイクロ介在物の分布、結晶粒の境界での存在状態のデータおよび(B)凝固前面での温度分布、過飽和度を考慮するならば、凝固前面で固相を核として鉄自体とともに介在物が成長していくことが推論される。なお、前述の過飽和度は見かけの偏析の少ない急激な冷却固化の部分で著しく、平衡分配係数で示されるようなゆつくりした固化のところでは小さいことに留意すべきである。しかし脱酸剤投入時生成分散した微粒の酸化物が成長する時間のないまま固相に trap される可能性を全く否定するものではない。また、御指摘のように凝固途中で物質核生成が起こることはエネルギー的に無理であつて凝固先端の方が格好な場所であらう。

## 講演：大型鋼塊の沈殿晶部に発生する大型酸化物系介在物の成因について\*

日鋼室蘭 理博 中川 義隆

【質問】 富士広畑 浅野 鋼一

1) 凝固時に  $\text{SiO}_2$  が析出することに関しては同意見であるが、その際、析出点としては、凝固前面の凹凸部か、もしくはすでに浮遊している微小介在物であると考えられる。凝固前面の凹凸部と考えた場合には、析出後間もなく凝固鋼に補促され、大型介在物に成長する可能性は少ないと考えられる。したがって大型介在物になるような場合には凝固前面に浮遊中の小粒子が析出点と考えられる。その際、この小粒子の分子が  $\text{SiO}_2$  の析出挙動にきわめて大きな影響を与えるものと考えられる。

2) たとえば、浮遊小粒子の数が多き場合には、小粒子1個に析出する  $\text{SiO}_2$  の量は少なく、介在物はあまり大きく成長しないと考えられる。

このような観点から小粒子の起源となる1次脱酸生成物の分布、ひいては脱酸方式そのものが2次脱酸生成物の粒度に大きく影響すると考えられる。この点に関してはどのように考えられるか。もし実験事実があれば知りたい。

【回答】

2) の例で凝集肥大を考えるべきであると思う。小粒子の起源として1次脱酸生成物のみでなく、空気による溶鋼の酸化生成物、耐火物の微小片、耐火物と溶鋼との反応生成物、鋼滓および鋼滓と耐火物との混合反応物その他、なども当然考えるべきであつて、前掲表1の組成がそれを説明している。

この場合、脱酸方式が変われば溶鋼の耐火物に対する反応性なども異なってくるため、多少の影響はあると考えられるが、単に脱酸方式のみによつて律することはむずかしいと考える。(ただしAlなどによる強力脱酸と、Siなどの脱酸では  $\text{SiO}_2$  の析出そのものに時期的にも根本的違いがあると考えられる)。

【質問】 富士室蘭 伊藤 幸良

いわゆる鋼塊沈殿晶部の負偏析の成因は凝固速度の遅い部分での凝固にともなう溶質成分の濃化浮上であり、またこの部分に大型介在物が多いのも遅い凝固による脱酸反応の進行および反応生成物の凝集肥大が原因であると述べているが、もしそうだとすれば鋼塊頭部あるいは中央部の横断面において表面からある程度内側の凝固速度の遅い領域にも負偏析および大型介在物が存在してしかるべきと考える。われわれの調査したキルド鋼塊ではこのような現象は認められていないが、この点に関してのご意見なり調査結果なりをおうかがいしたい。

【回答】

中央部または頭部(押湯の下)の横断面において、柱状晶の根本付近で各成分がわずかながら負偏析を示すことがある。(鉄と鋼, 46 (1960) p. 298 参照)しかし、すでに前に示しましたように経過時間が経つにしたがつてこの部分の溶鋼の各成分は濃化します。したがって、鋳込直前の溶鋼成分とはかなり異つており、必ずしも負偏析を示さないものと考えている。また、この部分は前にも発表しましたようにサンド分析値などが多少高くなる。(鉄と鋼, 40 (1954) p. 1110)しかし、この部分は沈殿晶部に比較し多少とも介在物の浮揚の機会に恵まれているのでほかの原因による微小介在物なども沈殿晶部よりは少ないため、凝集肥大し難く、また、たとえ大きくなつても、位置の関係より凝固までに浮揚し去るものと考えている。

【討論】 鋼管技研 大久保益太・榊井 明

本論文に対しわれわれの意見はつぎの通りである。

れわれわれのデータをまとめると、鋼塊底部の中央へ酸化物が集まる現象は、すでに生成ないしは存在していた介在物と、濃化現象により生成する2次の介在物との2種類に分けて考えねばならない。結論からさきに述べると、鋼塊底部中心へ介在物が集合する現象を説明する沈殿晶説は前者の場合にのみ適応できるものであり、後者の場合には別の現象である。したがって講演2の論文は後者の機構のみを説明するものであつて、それをもつて前者の場合に起こる現象を否定はできない。

われわれは現在手持ちのデータおよび知識から、鋼塊底部中心へ介在物が集合し、欠陥(地疵, 超音波探傷不良)を多発するのはつぎの3つの現象によるものと考えている。

1) 沈殿晶説による集合(特に SALMON らの考え方)

\* 鉄と鋼: 52 (1966) 10, p. 1678~1681

2) 浮上分離不能状態に早くからなる鋼塊底部中心へ  
介在物の物理的まき込み

3) 濃化現象

これらの3つの現象のうち、どれが主体となるかは介在物の特性(大きさ, 組成, 発生時期など), 鋼塊の脱酸度, その他いろいろな造塊条件によつて決まる. 1), 2) はすでに凝固前から介在物が存在している場合でないといふことは, 3) は弱い脱酸度の鋼やリムド鋼のように溶解酸素量の高い鋼塊にのみ起こりうる.

写真1に示す介在物は, 脱酸生成物が  $Al_2O_3$  であるような鋼の鋼塊底部に多発する大型地疵の写真である. これと同じ鋼種の鋼塊高さ方向の  $Al_2O_3$  の分布は図1の通りで, 表層部は取鍋濃度と一致し, 高さ方向で均一分布をしているが, 軸心部では鋼塊底部で取鍋濃度の約2倍近くに濃化し, 頭部では逆に低くなつてゐる. 他方この鋼塊の Sol Al は各位置で 0.014~0.017% 程度であり, これと平衡する酸素量を学振推奨式で計算すると, 鋳込み温度近くで (1550°C) 0.00018~0.00016% となり無視できる. したがつて上記の場合では第3の現象は無視できる.

SALMON<sup>1)</sup> の考えでは鋼塊底部へ集まる介在物を結晶沈降説で説明し, さらに介在物が固体であればあるほど選択的に鋼塊底部中心へ集合してくるとしている. もしこれが正しいとすれば, 鋼塊底部で生成する写真1の地疵は介在物の固体の割合が大きくなればなるほど巨大化の傾向を持つはずである. われわれの地疵に関するデータから図2の結果が得られた(詳しくは文献2)を参照). すなわち脱酸生成物の介在物の固体部分が多くなつてくると介在物は沈殿部へ集まり, 写真1のように1つの

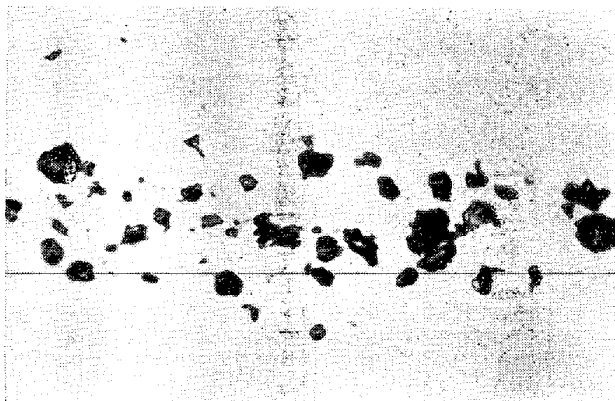


写真1 地 疵 ×450

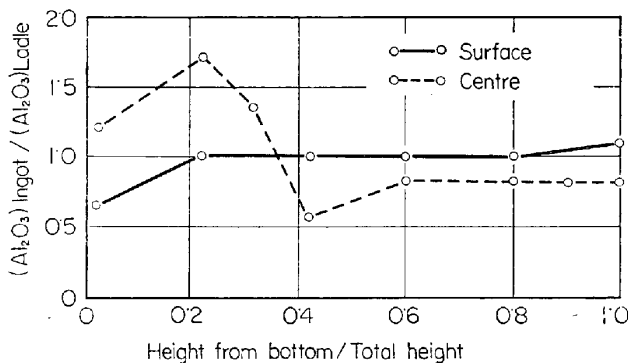


図1 6t 鋼塊における  $Al_2O_3$  の分布

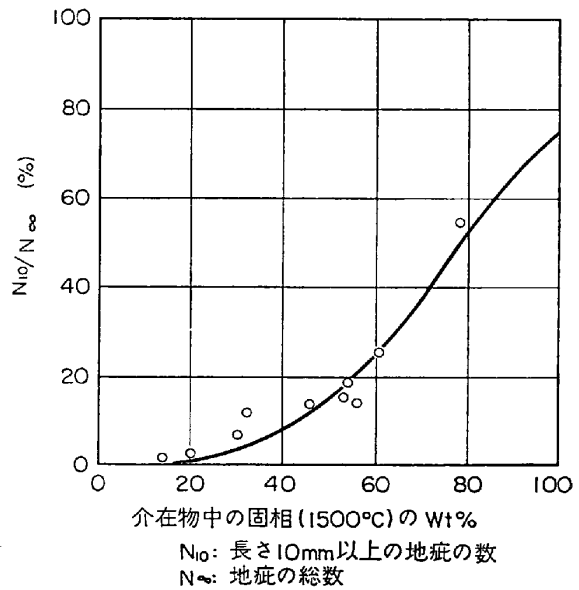


図2 地疵と介在物との関係

介在物は小さくとも全体としては巨大地疵になるようになる. 以上のわれわれの地疵に関するデータは必ずしも沈殿説を必要とするものではないが, その理論と矛盾する点はなく, 討6 (10号p. S 503~506) の最も主体をなす濃化現象では説明できない.

また次表に示すような介在物も大型鋼塊底部中心に残り, 欠陥として現われた. この鋼種は Sol Al は 0.03~0.04% の鋼種であるから下記の介在物は脱酸生成物でも

FeO	MnO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
0.9	11.9	48.2	32.0	8.3

なければ, 2次生成物でもない. このような介在物は1個で存在し, それ自体が非常に大きい. またこの介在物は融点も低いので SALMON らの対象とした介在物とも全く異なる. したがつてこのような介在物は2)の現象によつてできたものであろう. しかしこの現象については未知な点が多く, 1) および3)の現象以外にも鋼塊底部中心に介在物が多くなる現象があるというにすぎない.

【回答】

Alを大量に使用した大型鍛造用鋼塊の経験が少なく適確なお答はできないが, 偏平鋼塊の場合では鋼塊中心底部に  $Al_2O_3$  の高い部分が局部的にとときどき発現するが, その横方向の分布では周辺部が高値を, 内部に入りにしたがつて段々低値となり, 中心で最も高くなるようである. むしろこの部分の押出し, 凝集により最終凝固部の中心が高値を示しているのではないかと考える. ただし  $Al_2O_3$  の偏在が著しく試料採取位置のわずかな違いでばらつきが非常に困難を感じている.

1) 最初に介在物を2種類に分類して説明しているが厳密に分類することが可能であろうかということにむしる疑問を持つ. 私はむしろ「すでに生成ないしは存在していた介在物」と「濃化現象により生成する2次の介在物」との相互の強い関係によつても, 肉眼的大きさの介在物が発現すると考えている. そして, 本文に発表した砂疵の組成そのものがこれを裏付けていると考えられる.

前者を核として後者が生成し、また、後者が媒体となつて前者が肥大するなどの機構を考えると、これらの砂疵の生成は容易に理解できると思う。

2) 沈殿晶説の本質的討論や Al を多量に使用したような場合で凝固時に脱酸生成物が生成するとしても、きわめてわずかな量であると考えられる場合については、詳細は省略するが、 $Al_2O_3$  の高いような場合は濃化現象だけでは大型介在物の生成を説明できないことは当然であるが、といつてお説のような沈殿晶説での説明を必ずしも必要としない。むしろこの場合は、凝固時の押し出し作用と凝集に原因を求むべきと考える。

【質問】 川鉄千葉 中西 恭二

1) 肉眼的に識別可能な程度の大きさの介在物が均一な溶鋼中に凝固後まで残存し得るかどうかの実験について知りたい。溶製方法、注入方法により鑄型へ注入されるまでにすでに浮上してしまつた可能性はないか。また実際の鑄型に比べて浮上距離がわずかであるが実際の鑄型との相似性についてはどのように考えるか。

2) 以下のような考え方についてどのように考えるか意見を伺いたい。

溶鋼中に  $N^2/cm^3$  の密度で半径  $r_0$  の微小鉄結晶が存在しているものとすれば半径  $R_0$  の介在物が浮上する距離  $h$  の間に  $\pi R_0^3 h N$  コに相当する鉄結晶が付着する。距離  $h$  浮上した介在物は沈殿晶説が主張するように逆に下部へ向かつて沈降するものとしたら (1) 式が浮力打消のため成り立つ。

$$\frac{4\pi}{3} R_0^3 (\rho_{Fe} - \rho_s) g \leq \frac{4\pi}{3} r_0^3 (\rho_{Fe}^s - \rho_{Fe}) g \pi R^2 h N \dots\dots\dots (1)$$

ただし  $\rho_{Fe}$  = 溶鋼の密度  
 $\rho_{Fe}^s$  = 固体鉄の密度  
 $\rho_s$  = 介在物の密度  
 $g$  = 重力加速度

(1) 式より

$$h \geq \frac{R_0 (\rho_{Fe} - \rho_s)}{\pi N r_0^3 (\rho_{Fe}^s - \rho_{Fe})} \dots\dots\dots (2)$$

図1より沈殿晶の中心から上部沈殿晶境界までの距離は約 450 mm である。

ゆえに  $450 \text{ mm} > h$  であるような  $N r_0^3$  が合理的な値として与えられれば沈殿晶の生成は不可能ではない。

この条件を書き改めると

$$\phi = \frac{4\pi}{3} \cdot N r_0^3 > \frac{4 \times R_0 \times (\rho_{Fe} - \rho_s)}{3 \times 45 \times (\rho_{Fe}^s - \rho_{Fe})} \dots\dots\dots (3)$$

$R_0 = 50 \mu = 5 \times 10^{-3} \text{ cm}$ ,  $\rho_{Fe} - \rho_s \cong 4 \cdot 2$ ,  $\rho_{Fe}^s - \rho_{Fe} \cong 0 \cdot 6$  とおけば

$\phi \cong 10^{-3}$  と与えられる。

ゆえに  $r_0 = 3 \text{ \AA}$  とすると  $N \cong 10^{20}/\text{cm}^3$  となる。

この値は、十分な過飽和度と与えられるなら従来の核生長理論から類推して不合理な値とは考えられない。

すなわち沈殿晶を生起する微小鉄結晶の存在は不可能とは考えられない。

【回答】

1) 注入されるまでにすでに浮上してしまつた可能性は確かにあると思われる。しかし注入直前の  $Al_2O_3$  の

量と、鋼塊中の  $Al_2O_3$  の平均的値より考えて、注入されるまでにきわめて多量浮上して系外にでたとは考えられない。これは、 $Al_2O_3$  の分布が鋼塊の冷却方法によつて影響を受けている点よりも推定可能かと思われる。

$SiO_2$  に関しては、凝固過程中的新しい生成が考えられるので明確なことはいえないが、傾向としては  $Al_2O_3$  の場合と同じようなことがいえると思える。

また、実際の鑄型との相似性については、われわれは鍛造用の大型鋼塊に Al を多量に用いた経験がないので適確なお答はできかねるが、3~6 t の普通鋼塊中や砂型鋼塊などで Al を多量に使用した場合、鑄込前の  $Al_2O_3$  より鋼塊内の平均的  $Al_2O_3$  量がつねに低値を示すこと、また、鋼塊肩部に  $Al_2O_3$  が集積していることをしばしば経験しており、本実験と同じような挙動であろうと考えている。さらに本実験以下の大きさの鋼塊については、図のような傾向があり、大体同一傾向を示している。

2) 本討論会で沈殿晶説の可否を論ずることは非常に大きな問題でもあり、別の機会にゆずりたいと考える。

しかし、中西氏の計算に近いことが実際におきていると仮定すると、逆に肉眼的な大きさの介在物が沈殿晶の部分には発生しないことになる。すなわち図2のように、介在物に微小鉄結晶が付着すると仮定すると、介在物の表面積は、およそ  $314 \times 10^{-6} \text{ cm}^2$ 、微小鉄結晶の球の断面積はおよそ  $28 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$ 、 $1 \text{ cm}^3$  中の微小鉄結晶の球の断面積の総和は  $28 \times 10^{-16} \times 10^{20} = 28 \times 10^2 \text{ cm}^2$  となり、介在物は微小鉄結晶で幾重にも取りまかれてしまい、 $R_0 = 50 \mu$  以上には大きくなることができないと考える。

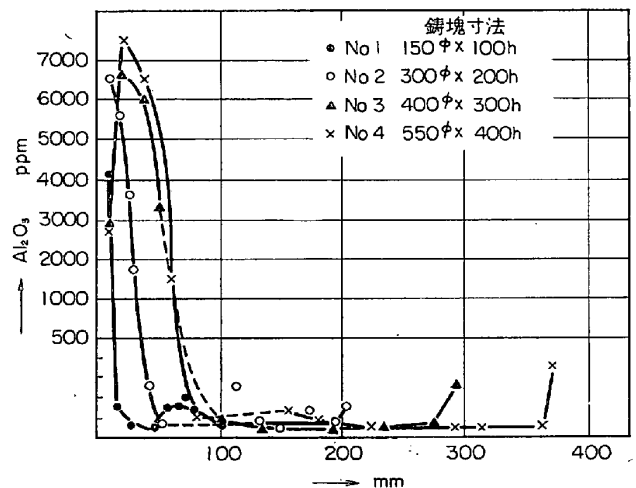


図1 鑄塊内垂直方向における  $Al_2O_3$  の分布

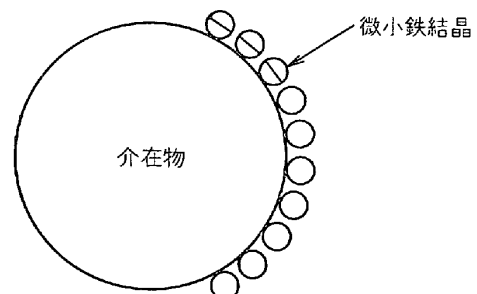


図 2

表 1 介在物の大きさにおよぼす保持時間の影響  
Fe-O-Si 系 Si : 0.1%

hr	介在物個数	大きさ番号														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	SiO <sub>2</sub> (Fe·Mn)SiO <sub>2</sub>	477 135	83 7	16	3 2	1	1									
1	SiO <sub>2</sub> (Fe·Mn)SiO <sub>2</sub>	332 313	202 178	64 61	8 14	4 4	1 4	1	1	1						
2	SiO <sub>2</sub> (Fe·Mn)SiO <sub>2</sub>	144 101	109 112	66 61	40 51	9 10	9 8	4 6	1 6	2	1	1				1
3	SiO <sub>2</sub> (Fe·Mn)SiO <sub>2</sub>	128 108	115 83	68 66	43 32	8 9	6 6	4 1	1 3	3		1				1

S : 0.3%

hr	介在物個数	大きさ番号														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	SiO <sub>2</sub> (Fe·Mn)SiO <sub>2</sub>	921 323	77 21	16 6	5 2	1	1									
1	SiO <sub>2</sub> (Fe·Mn)SiO <sub>2</sub>	259 184	165 144	116 65	52 35	10 8	2	2								
2	SiO <sub>2</sub> (Fe·Mn)SiO <sub>2</sub>	583 283	229 122	85 43	22 7	1 1	1			1	1					
3	SiO <sub>2</sub> (Fe·Mn)SiO <sub>2</sub>	550 340	208 126	64 51	22 5	1	3	1		1			1			

注) ・大きさ番号の「1」は 6.25 μφ の介在物を表わしている。・保持時間「0」の標準試料の介在物読みとりは視野 130~170 mm<sup>2</sup> について行なつた。その他は 88 mm<sup>2</sup>

【質問】 名大工 佐野 幸吉

半凝固状態で一定時間保持して介在物の凝集肥大の程度を調べられた実験において、液相線と固相線との中間温度の選び方によつて、肥大の程度にどのような影響があるか。

実験は珪素およびマンガンによる脱酸の場合であつたが、アルミニウム脱酸でも同様の結果が得られるか。

【回答】

各種実験条件を変えての実験を行なつている。たとえば、保持時間を変えた結果の 1 例をあげると表 1 のようになる。

しかし各種条件と介在物の肥大程度との定量的関係は現在のところ得られていない。Al脱酸の場合も同じである。これについては、来春の講演会にして詳細に発表したいと考えている。

【回答意見】

凝固過程と凝固後の鋼塊内酸素量の比較は、御指摘の研究(鉄と鋼: 44 (1958), p. 652 の他に「鋳物」36 (1964), p. 989 などにもすでに発表している。

しかし、いずれもが沈殿晶部の凝固後の酸素量が、凝固前の同位置の酸素量よりも増加しているという結果は得られていない。沈殿晶により少しでも酸化物が沈殿晶部に集められるとすると、凝固後の酸素量が凝固前の酸素量より多少とも高値を示すはずであると考えたわけで、したがつて、凝固前後の酸素量にあまり変わらない、あるいは、凝固前の方が高いということは、沈殿晶的説明ではむずかしいことを示したわけである。

【質問】 北大理 丹羽貴知蔵

貴研究は凝固過程の諸現象を直接調査研究されている

点で、従来このような研究が少ないだけに多くの知見を与えてくれるように思う。

沈殿晶説により凝固過程の種々の現象を説明するには実験事実が多くの矛盾を含むことはわかる。そのなかで介在物の生成の立場からも沈殿晶説を否定されているようですが沈殿晶説は溶鋼の凝固進行の過程を説明するものであつて介在物の生成とは独立に議論されるべきである。そのうえで正しい凝固進行過程を把握しながら介在物が固相に発現する理由を論じなければならぬと考えるがいかかか。負偏析部の発現の現象は沈殿晶の有無、濃化溶鋼浮揚とは独立に、筆者が講演中に述べたように凝固にともなう溶質の偏析として説明しただけでもよいと思われるがいかかか。

【回答】

お説の通りと思う。しかし、本討論会は「凝固時の脱酸進行により鋼塊内に生成する大型介在物」が主題で、このような原因が大きく影響していると考えられる大型介在物があらわれることを沈殿晶説ではどうも上手に説明できないと申したわけで、本講演では沈殿晶そのものについての本質的な否定はしていない。この点については別の機会でもまとめて見解を述べたいと考えている。また、凝固にともなう溶質の偏析としてだけの説明で負偏析の説明は可能かと思うが、実用鋼塊の場合、先生の Cl<sub>CO</sub> の値は濃化溶鋼の浮揚の影響を受けるものと考えられる。

【意見(紙上討論)】 八幡技研 工博 一戸 正良

理博 森 久

鋼塊内の大型介在物の成因は、単に 1 つの現象や理論で割り切れるものではなく、炉内溶鋼より鋼塊凝固にい

たる諸現象を、広い視野に立つて総合的に考察してゆく必要がある。その中で筆者らが現在考えている2, 3の点を述べると

#### 1) 介在物の起源

注入溶鋼中の介在物の起源として、炉内スラグの溶鋼への混入懸濁、脱酸生成物、耐火物の損耗、注入流の酸化による生成物があり、これらが、単独にまたは集合しあるいは種(あえて核とはいわない)となつて溶鋼との反応により変成もしくは生長し、大きなものは浮上し、溶鋼表面に浮んだものはスカムとなり、小さなものは残留して介在物となる(後述)

この場合、鋼種や作業条件によつて、いかなる起源のものが支配的になるかを解明してゆくことが重要である。

#### 2) 湯の動き

注入溶鋼中の介在物ならびに凝固中に析出した介在物が、鋼塊中にいかなる量いかなる分布をするかについては、凝固中の湯の運動が重要なポイントの1つであり、これを無視することはできない。鑄型内での横方向からの冷却効果により、注入流による攪拌がおさまるにつれて、凝固前面に沿つて下降する溶鋼の熱的対流が生じ、鋼塊の中央部では、これを補償する速度の上昇流が存在する。この下降流には、鋼塊凝固中の温度分布から考えて当然結晶片が含まれているが、これらの下降流がその速度に対応した大きさの介在物を伴うことは、十分に考えられる。

#### 3) 滞留

凝固の進行につれて下降流に含まれる結晶片の含有率が高くなり(下降溶鋼流の平均比重が高くなり)粘度も増大するにつれ、下降流の一部はそのまま底部に滞留する確率が大きくなり、結晶片を含んだ底部粘調相の厚さが次第に厚くなる。

この粘調層内にすでに存在している介在物ならびに粘調相残溶鋼からその後の凝固中に析出する介在物は、その後の浮上が妨げられ、大部分が残留する結果となろう。粘調層の滞留からこの部位の完全凝固までにはかなりの時間を要し、この時間は鋼塊が大きいほど長くなるので、介在物が凝集もしくは生長して大型化する傾向は大鋼塊ほど著しいと考えられる。

#### 4) 注入温度

注入温度の高いものでは大型介在物が発生し難いことは周知の事実であるが、取鍋内および鑄型内における介在物の凝集・浮上速度には、注入温度が溶鋼の粘度ならびに熱的対流速度などに影響するため大きな効果を有しており、また注入温度の高いときは底部粘調層の生成時期がおくれるために、ここに滞留させられる介在物量も少なくなるのであろう。

【反論】 八幡技研 一戸正良・森 久

1) 中川氏は、砂型鋼塊の偏析調査から不純物の分離浮揚を推定し、結晶片の沈降を否定されているが、砂型では側面よりの冷却はなほだ緩慢であつて、凝固中の熱的対流速度や凝固前面に介在物がトラップされる確率も金型とは異なり、実際に用いられる金型の場合にはあてはまらない。砂型での調査のみで沈殿晶説を否定し去ることはあまりにも飛躍である。

2) 結晶片の発生する場所について「湯の内部の任意の場所に……」と文献例を引用されているが、これは任意の場所ではなく「鋼塊内でその温度勾配にしたがい凝固前面(Solidus)とLiquidusの間の範囲」と考えるべきである。

#### 3) 沈殿晶帯

凝固進行中の沈殿晶部の状況は、結晶片を含んだ粘調層状であり、微密な固体のみの集積ではない。これはR-Iオートラジオグラフの測定により明らかであり、また等凝固面(線)の形は中川氏の提出されたものと同様である。現在までの多数の鋼塊切断面観察から明らかなくとく、沈殿晶部は△型になつており、その化学成分および結晶(マクロ)組織は、これを境界としてその側面とはなほだ明瞭な差を示している。このような現象は偏析分離のみでは説明はつかないと考える。

#### 【回答】

##### 1) 介在物の起源

まったく同感で意見はない。

##### 2) 湯の動き 3) 滞留

湯の動き一否定しない。当然のことと思うがその速度、持続時間(開始する時間 終了する時間)についての疑問、したがつて、本論文に示したような大型介在物生成への寄与についての結論をだすのは、相当のdataと十分な検討が必要と考える。

たとえば、本論文のように、きわめて大型の鋼塊で押湯を電弧加熱しているような場合の湯の動きなど、滞留一結晶片を含んだ底部粘調相の存在、すなわち、貴考による滞留層のようなものができ、それが本論文に示したような大型介在物生成にかなり寄与しているということを考えており、この点は同じような見解と思うが、その層が湯の動きのみで説明することは、少し、飛躍があると考える。

##### 4) 注入温度

注入温度の高いものでは、大型介在物が発生し難いことは周知の事実という見解は同意いたしかねる。

たしかに、大型鋼塊において耐火物や鋼滓がそのまま入つたような大型介在物で(成田氏への回答参照された)しかも比較的急冷部に生成するものは、注入温度が高いほど減少する。また、凝固の速い小型鋼塊の大型介在物について同様な傾向はある。しかし、本論文に示した位置の大型介在物と注入温度の関係は明瞭でなく、高温注入の方がむしろ危険であるというdataを持つている。貴意見の中にもあるように、大型介在物に対し画一的な生成原因や、発現機構をもつて説明できない点に私どもも苦勞しているわけである。

#### 【反論に対する回答】

##### 1) および3)の項目に対して

丹羽先生に対する回答と同じにつき省略する。

##### 2)の項目

お説のとおりで、そのように考えなければますますおかしくなると思う。