

森隆資氏, 村上康雄氏ならびに関係者の諸氏に深く謝意を表する次第である。

文 献

- 1) A. HULTGREN and G. PHRAGMÉN: Trans. Met. Soc. AIME, 135(1939), p. 133
- 2) A. HAYS and J. CHIPMAN: Trans. Met. Soc. AIME, 135 (1939), p. 85
- 3) 石原重利: 鉄と鋼, 40 (1954), p. 403, p. 487
- 4) E. SCHÜRMANN, P. HADJISAROSA and O. PETER: Arch. Eisenhüttenw., 35 (1964), S. 739
- 5) P. NILLES: J. Iron Steel Inst. (U.K.), 202 (1964), p. 601
- 6) 松野淳一, 岡野忍: 鉄と鋼, 52 (1966), p. 1522
- 7) 大久保益太, 榊井明, 佐藤秀樹, 三好俊吉: 学振19委-8352, (1966)
- 8) 共同研究会, 第34回製鋼部会資料, (1966), 川崎製鉄株式会社技術研究所
- 9) J. A. BURTON, R. C. PRIM and W. P. SLICHTER: J. Chem. Phys., 21 (1953), p. 1987
- 10) H. R. BELDING: "Basic Open Hearth Steel-making" AIME., (1951), p. 340
- 11) 福島政治: "ソ連の製鋼法"
- 12) 森 久, 松尾翠, 縄田義訓, 田中功, 北条朝彦: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1754
- 13) 成田貴一, 谷口政行, 久次米章: FAPIG., (1966) 43, p. 280
- 14) 成田貴一: 燃料および燃焼, 34 (1967), p. 729
- 15) 菅野五郎, 成田貴一, 富田昭津, 森隆資: 鉄と鋼, 53 (1967) 10, p. 507
- 16) W. A. FISCHER: Arch. Eisenhüttenw., 31 (1960), p. 365

超大型リムド鋼塊の偏析について*

菅沢清志**・池田隆果**・丸川雄浄**・荒木泰治***

On Segregation in a Super Large Rimmed Ingot

Kiyoshi SUGAZAWA, Takami IKEDA,

Katsukiyo MARUKAWA and Taiji ARAKI

Synopsis:

A study has been made of sulphur segregation in 22 t and 33 t ingots. The former has 2800 mm in height, and the latter has 1030 mm in thickness, both of which are almost the limiting sizes for their blooming mill capacity.

The results reported here are summarized as follows:

- i) Position of the maximum segregation is raised up towards top side in a longer ingot, and is lowered down in a thicker ingot.
- ii) The maximum segregation of sulphur in an ingot may not be increased even in the 33 t ingot, but the analysis from center sheets indicates that the 33 t ingot shows higher segregation than ordinary 17t ingot.
- iii) The amount of sulphur segregation is, however, determined predominantly by the ladle analysis. The authors also pointed out that the maximum segregation ratio $[(\max. S - \text{ladle } S) \times 100 / \text{ladle } S]$ is increased with increasing the sulfur content in the ladle.
- iv) Those results mentioned above are discussed, referring to the experimental data on solidification in the core zone of ingot.

(Received Feb. 28, 1968)

1. 緒 言

製鋼, 圧延能率および歩留の向上のためには鋼塊を大型化することが要求される。鋼塊を大型化する場合, 鋼塊の幅は製品寸法などによつておのずから規制されるため, 鋼塊高さを増すか, あるいは厚さを増すかの2つの方向しか残されていない。鋼塊の大型化には設備, 作業面においても2, 3の問題を含んでいるが, とくに品質

の面からは頭部偏析や底部の沈殿晶的現象が大きくなる危険があり, これらの点について十分な検討がなされなければならない。現在一般に用いられている, いわゆる大型リムド鋼塊は10~20 tで高さ約2 m, 厚さは600~

* 昭和42年10月本会講演大会討論会にて発表
昭和43年2月28日受付

** 住友金属工業(株)和歌山製鉄所

*** 住友金属工業(株)中央技術研究所

Table 1. Dimensions of test ingots and their molds.

Mold name	Mold			Ingot	
	Width (mm)	Thickness (mm)	Height (mm)	Height (mm)	Weight (kg)
W15 S 4 F*	1480	795	2400	2210	17250
W22U 4	1477	795	3000	2800	22000
W33 S 6	2010	1030	2800	2360	33000

* Mold for standard ingot. (When another ingot is compared with test ingots, the ingot size will be shown in each case.)

800 mm のものが多い。著者らは今回、リムド鋼塊としては最大級の 22 t および 33 t 鋼塊を製造し、その鋼塊形状の偏析におよぼす影響について検討を行なった。

2. 試験鋼塊および試験方法

今回試験鋼塊として製造した鋼塊の寸法は Table 1 に示すとおりである。すなわち、高さの高い鋼塊として W22U 4 (22 t)、厚さの厚い鋼塊として、W33 S 6 (33 t) を採用した。鋼塊高さは当和歌山製鉄所の均熱炉深さから限度が定まり、鋼塊厚さは分塊能率の面からの制約がある。したがって、ここに採用した鋼塊は現在の設備面からそれぞれ高さ、厚さに関するほぼ限度のものである。

試験鋼塊は各 1 本を縦断し、その断面での偏析調査を行なう一方、33 t 鋼塊についてはスラブの段階で偏析調査を行なった。また実用的な問題として、成品における品質を調査する目的で数多く試験鋼塊を鋳込み、さらに比較用として Table 1 に示す W15 S 4 F (17 t) を同時に鋳込んで、製鋼、圧延条件をほぼ一定にした冷延鋼板について偏析その他材質試験を行なった。なお対象鋼種はここでは極低炭素鋼である。

3. 鋼塊内成分偏析

3.1 鋼塊サルファプリントならびに S 分布状態

22 t 長尺鋼塊および 33 t 鋼塊の縦断面のサルファプリントの写真をそれぞれ Photo. 1 および 2 に示している。これらの写真から鋼塊の大型化による濃厚偏析は比較的少なく、良好なものと考えられる。なお、鋼塊中央部付近に腕曲した偏析の不連続線がみえるのは、型抜時に鋼塊が揺動されたために生じたものと思われる。

この鋼塊のプリント面およびその他スラブに圧延した鋼塊の横断面から分析試料を採取し、偏析調査を行なった。本報告では、これら鋼塊内偏析調査の中から、もつとも偏析しやすく、品質上に問題となる S の偏析について主として論じることとする。



Photo. 1. Sulphur print of 22t long size ingot.

鋼塊内偏析のデータは従来、数多く報告され、偏析におよぼす各種要因の影響が種々論じられている。したがって今回の鋼塊の偏析をどのような観点から検討するかは大いに議論のあるところと思われるが、本報告では他の細かい要因を一応度外視して、鋼塊高さ、厚さ、重量の点に焦点を絞って検討してみる。

まず今回の鋼塊調査結果を概括的に眺めると Fig. 1 の

サルフールプリント

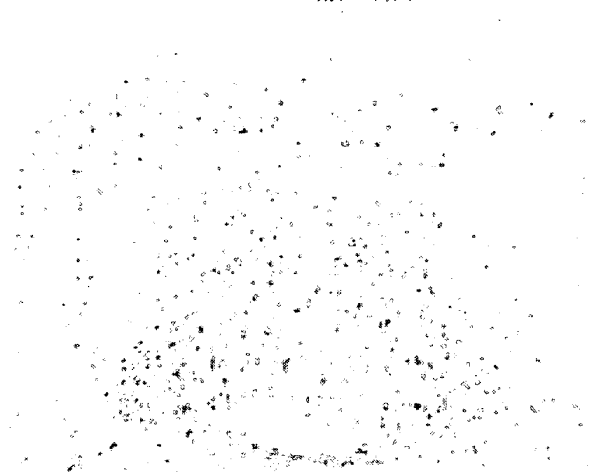


Photo. 2. Sulphur print of 33t ingot.

ようになる。同図は鋼塊中心線の偏析を示し、参考として当社の一般鋼塊 (13~17 t) の偏析状態¹²⁾も示している。この図からみられることは一般鋼塊、長尺鋼塊、33 t 鋼塊の3者で偏析位置を異にしていること、および最高偏析は 33 t 鋼塊もそれほど大きくなっておらず、

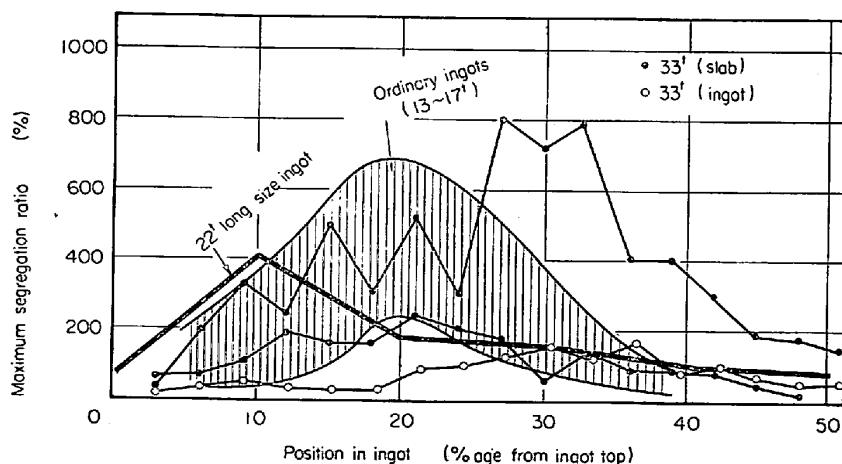


Fig. 1. Sulphur distribution pattern in test ingots (ingot center axis)

むしろ偏析の非常に低い鋼塊もあることに注目される。そこで以下に偏析位置と最高偏析率の2点について従来報告されたデータと比較しながら検討をすすめてみる。

3.2 最高偏析位置

最高偏析位置についてはすでに加藤ら³⁾、森永ら⁴⁾、当社¹⁾など鋼塊厚さ、偏平度との関係が報告されており、種々の鋼塊、スラブからのデータを鋼塊厚さに対してプロットすると Fig. 2 のようになる。図がかなりのばらつきをもっているのは各鋼塊によつてトラックタイム、高さ、偏平度など種々の要因が含まれているためと考えられる。しかし全般的傾向として鋼塊厚さが厚くなるにつれて最高偏析位置は下部にはいり、33 t 鋼塊もそのばらつきの範囲内で従来の鋼塊と傾向を一にしている。また 22 t 長尺鋼塊では同一厚さの鋼塊にくらべて偏析位置が上部に上つていることも加藤ら³⁾の得た傾向と一致している。なお森永ら⁴⁾は鋼塊厚さと偏析帯の広がりとの関係について報告しているが、今回の 33 t 鋼塊で比較的偏析の高かつた鋼塊について比較すると、彼らの基準として 300% の偏析率の範囲は 33 t 鋼塊で約 30% の鋼塊範囲にわたり、彼らの示す関係のほぼ延長上にすることが知られる。

3.3 最高偏析率

最高偏析の度合について論ずる場合、(最高 S % - 取鍋 S %) × 100 / 取鍋 S % を最高偏析率として以下に考えてみる。

Fig. 3 は最高偏析率におよぼす鋼塊重量の影響を加藤ら³⁾の示した図の上に当社の鋼塊縦断の結果をプロットしたものである。なおそのほかに 33 t 鋼塊ではデータが少ないためにスラブでの結果を、また参考として森永ら⁴⁾のスラブ調査結果もプロットしている。同図からみて加藤らによつて得られているほぼ直線的な関係からはかなりのずれを生じ、33 t 鋼塊はその延長上にこないこと、同じ重量でも偏析率はかなりの幅をもつてばらついていることがわかる。すなわち、偏析率の上限は 20 t 程度までは直線的に増加しているが、それ以上はそれほどには偏析は増加しないようである。また同図中のプロットのばらつきについてはここでも前節の場合以上に種々の要因は考えられるが、Fig. 4 に示されるように取鍋 S すな

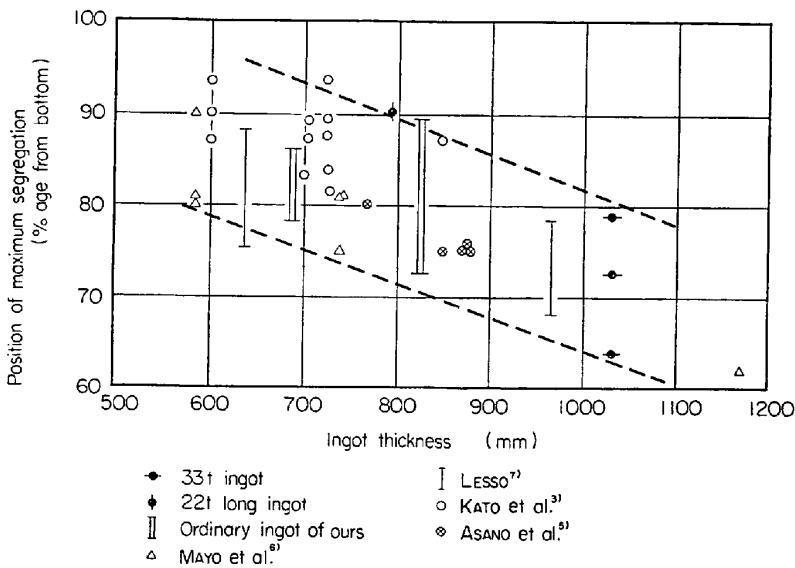


Fig. 2. Relation between ingot thickness and position of maximum segregation.

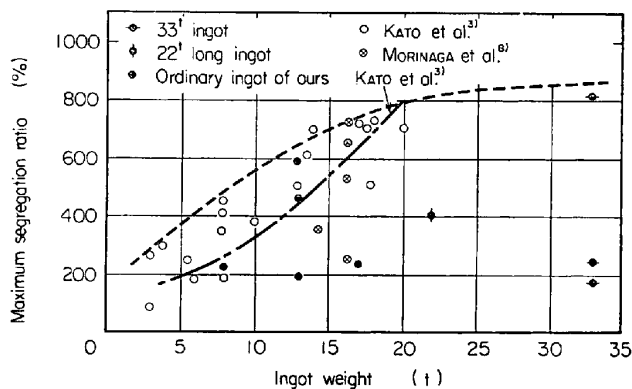


Fig. 3. Relation between ingot weight and maximum segregation ratio.

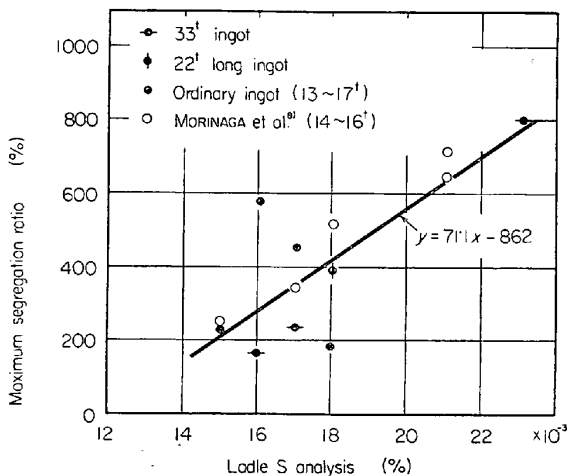


Fig. 4. Relation between ladle S analysis and maximum segregation ratio.

わち、注入溶鋼のS含有量がこれに大きな影響を与えているようである。同図には森永ら⁸⁾の示した結果に当社

鋼塊のデータをプロットしているが、両社の鋼塊でよい一致を示している。しかしながらこの関係はデータ数が少なく、偏析率は他の要因によっても変化するので画一的なものではない。ただ、今回の33t鋼塊についてほぼ同様の条件で鑄込まれたものであり、これら3鋼塊における偏析率の相違は取鍋S値の影響によるところが大きいと考えられる。

以上は製造条件の異なる多種の鋼塊について、また試料採取法も異なるものを一括整理したもので正確な検討とはいえないが、これらの結果から33t鋼塊のような超大型リムド鋼塊の偏析パターンに関するおよその知見が得られたといえる。すなわち鋼塊の大型化によつてはそれほど大きな偏析を示さず、取鍋Sの管理が重要なポイントとなると考えられる。なおS以外の成分偏析についても調査したが、とくに異なつた傾向はなく、0.20% C程度の中炭素鋼におけるCの偏析値は従来の鋼塊のものとほぼ同程度であつた。

4. 冷延鋼板における偏析

鋼塊あるいはスラブにおける偏析調査とならんで実用上もつとも関心の深い冷延鋼板の偏析について述べる。この試験は第2章にて触れたように、22tあるいは33t鋼塊を比較用17t鋼塊と同一チャージに鑄込んで比較したものである。分析試料は鋼塊高さの10%おきに鋼塊中心部とあるものは幅の1/4にあたる部分とから全厚みについて採取された。なおこれと同じ場所から鋼板の機械的性質その他も試験したがそれについては別報⁹⁾にあるので参照されたい。

4.1 成分偏析 (C, Mn, P, S, O, N)

Fig. 5および6はそれぞれ22t長尺鋼塊および33t鋼塊の成分分析結果をチャージ別に17t鋼塊と比較して示したものである。Fig. 5より、チャージ間で若干差異はあるが22t鋼塊と比較鋼塊の間でどの成分ともほとんど差がないことがわかる。一方Fig. 6において、33t鋼塊のS偏析は底部材ではほとんど差はないが、頭部材では33t鋼塊のほうがやや高い結果となつている。CおよびMnは一般に取鍋分析値より低く、がいして33t鋼塊のほうが低い。この原因は造塊時の溶鋼の空気酸化の度合が33t鋼塊の場合に大きいためと考えられる。また33t鋼塊でOが若干高いものは、このCの差によるものと考えられる。Nについても33t鋼塊

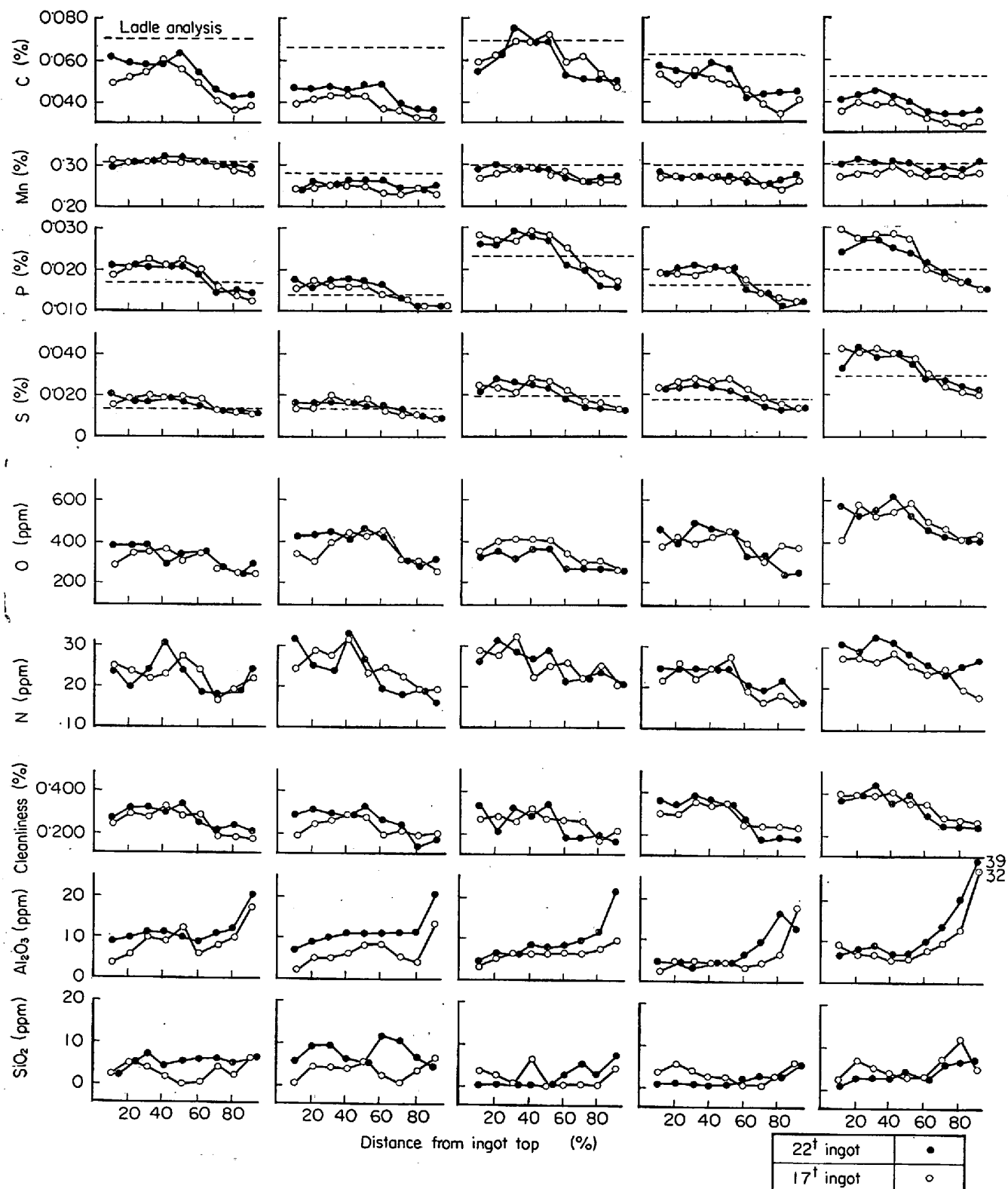


Fig. 5. Segregation of elements in center sheets from 17 t and 22 t long ingot.

がやや高そうであるがこれも鋳込中の空気との接触による窒素の吸収によるものと考えられる。

ここでS偏析についてさらに検討してみる。上述のように 33 t 鋼塊の頭部S値が比較鋼塊にくらべてやや高

いことは前章の鋼塊内偏析結果と矛盾する点である。しかしながら鋼板における分析値は鋼塊全厚さ方向の平均値であるため、鋼塊軸心部周辺の偏析帯の幅に関するものである。すなわち、コア部の凝固過程における未凝

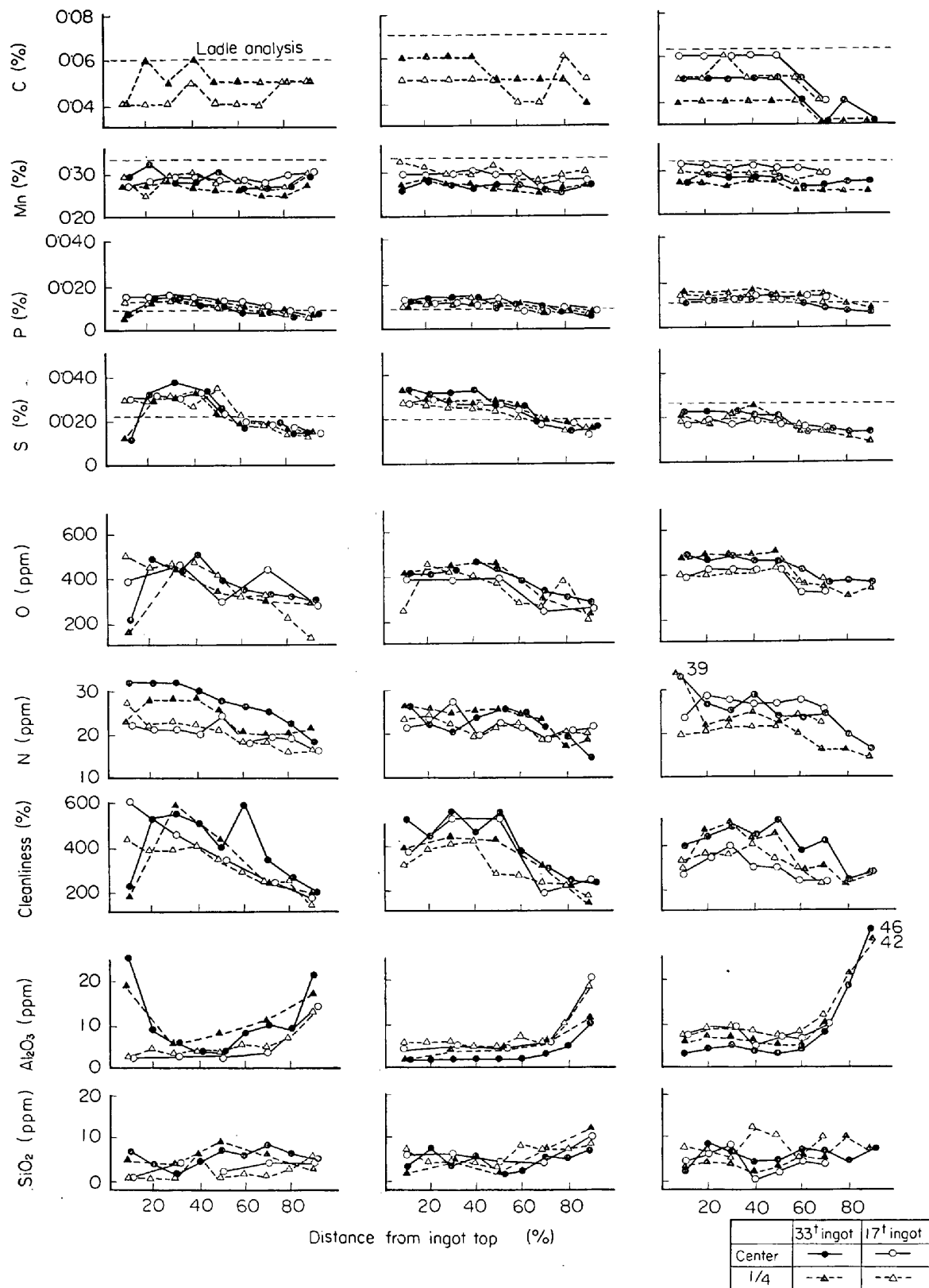


Fig. 6. Segregation of elements in sheets from 17t and 33t ingot.

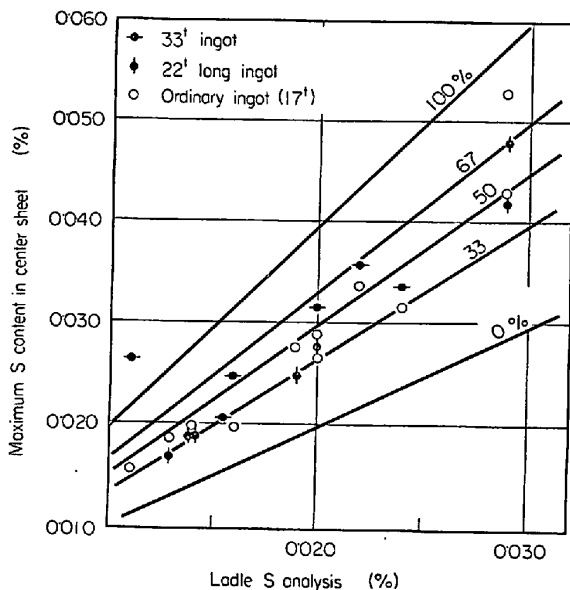


Fig. 7. Relation between ladle S analysis and maximum S content in center sheet. Segregation ratio is shown by straight lines and figures.

固部の濃度分布（とくに鋼塊高さ方向の）と、凝固後のいわゆる濃厚偏析帯の広がり問題となる。したがって、実用的には後に述べるような凝固条件と密接に関連した鋼塊内偏析パターンが十分検討されねばならないであろう。ついで、この鋼板での S 最高偏析値を鋼塊別に、取鍋 S 値に対してプロットしてみる。結果は Fig. 7 に示すように、各鋼塊とも一般に取鍋 S 値に対して直線的な関係で表わされ、最高偏析値は鋼塊形状以上に取鍋 S 値の変動によつて決定されることは明らかである。また、同図中に偏析率を表わす直線を示しているが、これと対比して、わずかではあるが取鍋 S 値の高いほど偏析率も上昇していることがわかる。

4.2 非金属介在物

Fig. 5 および 6 には学振第 3 法による非金属介在物清浄度測定結果と、酸溶解法による分析結果を示している。清浄度については、頭部は硫化物介在物が多いこともあつて S の偏析と同様のことがいえる。一方 Al_2O_3 の分析値はいずれの鋼塊も鋼塊底部で増大し、いわゆる沈殿晶の現象を呈している。しかし鋼塊間の差はあまり明確なものではなく、ただ 33 t 鋼塊でときに異常に高い値が検出されていることが指摘できる程度である。

5. リムド鋼塊コア部の凝固速度と偏析に関する考察

リムド鋼塊の偏析を考える場合、鋼塊の凝固状態、溶鋼の動きとそれともなう溶質の移動現象、溶質の分配

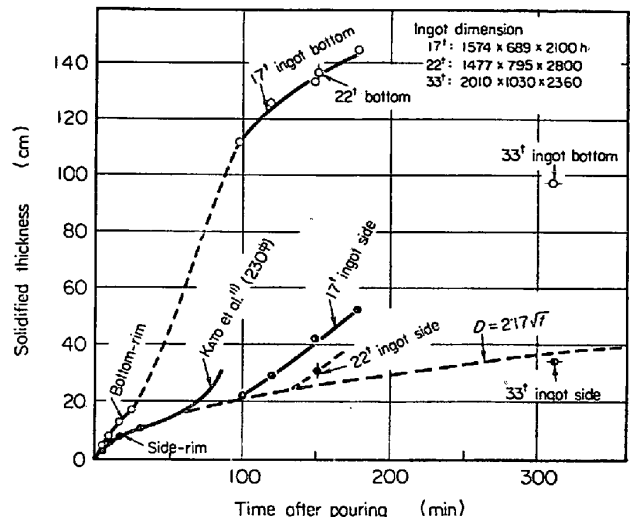


Fig. 8. Progress of solidification in ingot with time after pouring.

係数など、必ずしも正確に判明しない点も多いために実際の現象を十分解明できないのが現状である。著者らはこれらの問題を解明する一助とするため、鋼塊内部の凝固速度を推定する実験を行なつた。以下には、その結果と今回の調査結果などを参照して大型リムド鋼塊の偏析に関する 1 つの考察を行なつた。

5.1 リムド鋼塊コア部の凝固速度

著者らは 17 t 偏平リムド鋼塊 (1574×689×2000hr) の鑄込み後一定間隔に Au を投入し、鋼塊切断後放射化することによつてリムド鋼塊の凝固速度を測定したことがある。その結果は Fig. 8 の左下側の数個の点で示されている。図中●印は鋼塊短辺側からの凝固位置、○印は底面からの凝固位置を示している。これと同種の試みは基礎共同研究会、非金属介在物部会によつても神鋼 10 t 鋼塊 (1530×600×1800hr) の長辺側からの横方向について行なわれ¹⁰⁾、側面からの凝固速度は両者の結果が非常によく一致し、また従来の凝固式にも近い値が得られている。したがつて側面からの凝固は Fig. 8 の破線で示すようにほぼ $D = 2.17\sqrt{t}$ (cm-min) に沿つて進行するものと考えられる。しかし、これらの凝固速度はリム層形成時のもので、ごく初期の凝固速度である。これに対して内部の濃厚偏析と関連の深いコア部の凝固についてはほとんど知られていない。著者らは上記凝固速度測定に際し、コア部の凝固速度を知る目的で蓋置き後、4 回にわたつて鋼塊を揺動し、サルファプリントの濃淡によつてそのときの凝固位置を判定した。その鋼塊のサルファプリントを Photo. 3 に示す。このサルファプリントの濃淡部の位置と鑄込後からの経過時間との関係を示したのが、Fig. 8 にプロットされている。この結果、

底部からの凝固速度は側面からの速度よりはるかに大であること、側面からの凝固速度は初期は従来から考えられている凝固式と合致するが内部にはいと加藤ら¹¹⁾が小鋼塊から得たように凝固は加速されると考えられる。一方今回試験を行なった 33 t および 22 t 長尺鋼塊の偏析試験鋼塊でも、型抜時、鋼塊が揺動されサルファプリントに明らかな濃淡を生じた。その状況は前に示したとおりであるが、その型抜時期と濃淡位置との関係を同じく Fig. 8 にプロットしている。ここでいう側面凝固はいずれも短辺側からの凝固である。この図から 22 t 長尺鋼塊は凝固速度測定鋼塊に比して厚みが 100 mm 厚いためか、側面からの凝固はやや遅れている。しかし底部からの凝固をみるとほぼ同様である。一方、33 t 鋼塊ではさらに鋼塊厚さが大のため、側面は長時間にわたってほぼ平方根則に沿って凝固が進行しており、底部からの凝固は前述の鋼塊にくらべて非常に遅れていることがわかる。このような凝固条件の相違は鋼塊内の偏析パターン、および最高偏析と関係が深いものと考えられ、以下に若干の検討を加えてみる。

5.2 偏析位置、最高偏析に関する考察

以上の凝固速度の関係から大型鋼塊の偏析現象を考えてみると、これらを定性的に説明することができる。まず底面からの凝固が側面に比して非常に大きいことは一般に最終凝固位置である最高偏析位置が非常に高い位置にくることを意味するもので、実際に最高偏析位置は頭部から 10~30% の位置にあるのはそのためである。そしてことに長尺鋼塊でその位置が上昇することは、Fig. 8 からみて長尺鋼塊は側面の凝固に比して底面の凝固の進行が早いことによるものと考えられる。一方 33 t 鋼塊のように、鋼塊厚さがはるかに厚くなった場合には側面の凝固は加速時期が遅れ、底面からの凝固も著しく遅れている。そこで凝固の最終段階を考えると（正確には伝熱計算を行なう必要があるが）未凝固部は時間の経過につれておそらく広い範囲にわたって過冷却の状態が形成され、そのとき、急速な凝固が行なわれていわゆる広い濃厚偏析帯が形成される結果となる。こうした考えは厚みの厚い鋼塊あるいはトラックタイムの短い鋼塊の偏析帯が底部よりにはいり、かつ多山偏析を形成しながら

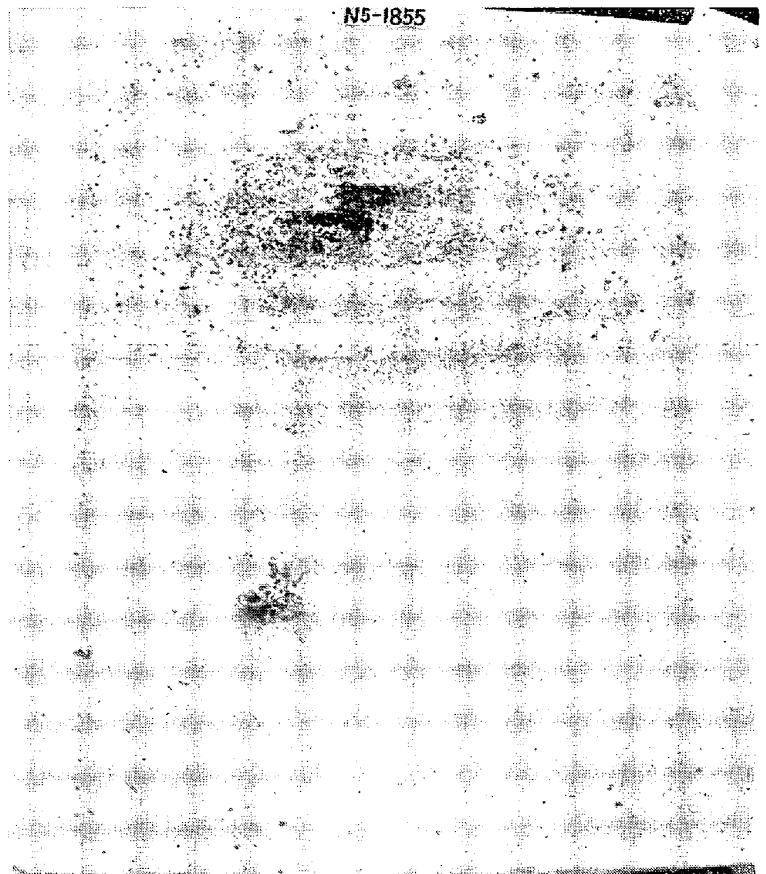


Photo. 3. Sulphur print of 17t ingot moved in order to measure solidification rate in core zone.

らその範囲が広くなることを説明するものである。

ここでこれらの考えと現在知られている諸結果を参考にして、もう少し定量的に偏析度をとりあつかってみよう。そのための資料として鋼塊内の偏析状態を鋼塊長辺側から水平方向に細かく分析して調べてみた。鋼塊は基礎共同研究会にて報告した 13 t 鋼塊²⁾ (1155×825×2000hr) で、その結果は Fig. 9 に示すとおりである。

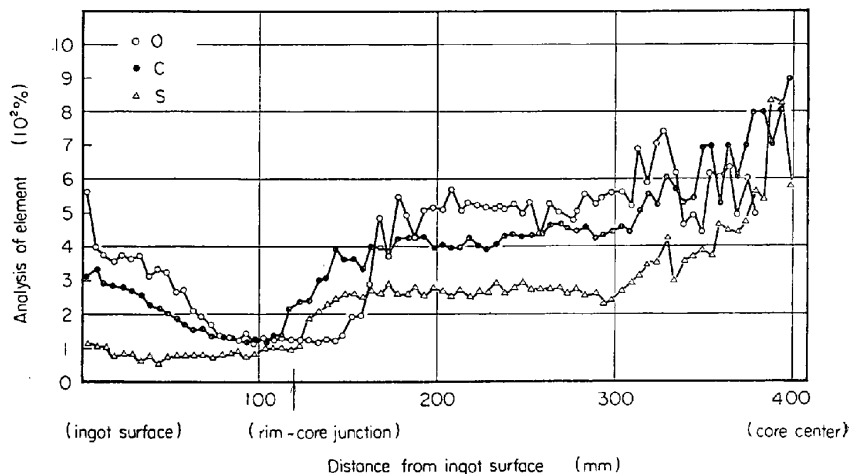


Fig. 9. Segregation pattern along horizontal direction of 13t rimmed ingot (70% height of ingot).

Table 2. Average S contents in the intermediate part of core zone in 13t ingots.

Heat	Ladle S (%)	Ingot mark	Pouring method	Av. S content* (%)
A	0.018	S 1 S 4	Top poured Bottom //	0.0199 0.0193
B	0.016	S 2 S 5	Top // Bottom //	0.0162 0.0163
C	0.017	S 3 S 6	Top // Bottom //	0.0151 0.0164

* Averaged 13 points throughout ingot transverse section excluding solid shin, rim zone, and max. segregation zone.

この結果は鋼塊高さ方向頭部から 30% の位置を水平に眺めた場合で、この位置でのコア中心は最大偏析位置より数パーセント下の部分に相当する。この図でとくに S に着目する。リミングアクションが停止した後のコア部の凝固途上では、ほぼ一定の S 含有量で凝固が進行し、中心部の最終凝固位置の付近で急激な S の増加がみられる。すなわち、この部分で最終的に凝固が進行し、最高偏析を形成したと考えられる。いまこのコア中間層のいわゆる水平部分の S 濃度について考えてみる。Fig. 9 に示した鋼塊と同一シリーズの試験鋼塊 6 本について各鋼塊の縦断面片側半分について 25 ケ所（高さ方向に 5、水平方向に 5 ケ所）の分析値がある。そのうちからソリッドスキン部、リム層、および最終凝固部（頭部より 10%、30% 位置の中心部）を除く 13 ケ所の S 値を平均した結果 Table 2 に示すようにほぼ取鍋分析値と一致する値を得た。

Fig. 9 に示す水平部分の S 値は取鍋値の約 1.5 倍で高いがこれは鋼塊頭部のためであり、同じコア中間層も鋼塊高さ方向に濃度勾配が存在する。この濃度勾配はコア部の凝固過程で未凝固部溶鋼中の濃化溶鋼が比重差による浮上によつて形成されたものと考えられる。したがつてこの濃度勾配は底部の凝固速度の遅い鋼塊ほど大きくなと考えられ、先に 33 t 鋼塊より製造した冷延鋼板での偏析を論じる上に局部的最高偏析のみならず全域の偏析パターンと関連して重要なポイントになるものである。

しかしながら、いま最高偏析のみを考えるにあつて物質バランスの考えからコア中間層の S 値を平均値で考えた一つのモデルを組み立ててみる。すなわち、リミングアクションが行なわれている間に溶鋼の組成が HAYES ら¹²⁾の偏析の式によつてあらわされるとし、これに BURTON ら¹³⁾の実効分配係数の考え方を適用する。リミングアクションが終つてコア部が凝固するときは凝固鋼の S 値が取鍋 S 値と同じ値であるとする。そして未凝固部の体積比が α となつた時点で瞬間的に凝固が完了し、その

ときまで濃化していた S がそのまま濃厚偏析帯を形成するとする。このことは換言すれば、リミング時に濃化した S 量がすべて濃厚偏析帯 (α) に集まつたとした場合のモデルである。

HAYES らの式によれば W_s 、だけ凝固したときの溶鋼中 X 成分の濃度 (C_X^L) は (1) 式であらわされる。

$$C_X^L = C_X^L(0) [W_i - W_s] / W_i^{K-1} \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 $C_X^L(0)$: 凝固前液相濃度

W_i : 全鋼塊重量

W_s : リム層凝固量

K : リミングアクション時の実効分配係数

ここで実効分配係数 K は平衡分配係数を K^* とすれば、BURTON らの式より、凝固速度を f 、拡散膜厚さを δ 、拡散係数を D として、

$$K = K^* / \{ K^* + (1 - K^*) \exp(-f \cdot \delta / D) \}$$

で表わされるものとする。最高偏析値を $C_X^{\max}$ であらわすと最高偏析率 $[(C_X^{\max} - C_X^L(0)) / C_X^L(0)]$ は本モデルにおいて、濃厚偏析帯の重量比を α とおいて (2) 式のように表わされる。

$$\text{最高偏析率} = \frac{100}{\alpha} \left(\frac{W_i - W_s}{W_i} \right) \left\{ \left(\frac{W_i - W_s}{W_i} \right)^{K-1} - 1 \right\} \dots \dots \dots (2)$$

ここで W_s はリム層重量であるから $(W_i - W_s) / W_i$ はコア部の重量比である。この式からもわかるように最高偏析率はコア部の占める体積が大（リム層比が小）のときおよび最終凝固範囲 α が大きいときに小さくなる。これらの場合はいずれも先に示した 33 t 鋼塊のような超大型鋼塊の場合にあてはまり、最高偏析率が上がらない要素となつている。

上に求めた (2) 式を 1 つの実験式と考えて、取鍋 S 値 $[C_X^L(0)]$ の最高偏析率におよぼす影響度合について検討してみよう。(2) 式において $C_X^L(0)$ によつて変化する項は K である。 K は K^* によつて定められるが現在極低 S 領域での Fe-S 系平衡状態図は十分明らかでな

Table 3. Calculated result of S segregation ratio in terms of equilibrium distribution coefficient on the basis of the present model.

K^*	K	$(W_i - W_s) / W_i$	α	Segregation ratio (%)
0.05	0.47	0.5	0.03	730
0.15	0.75	0.5	0.03	330
0.25	0.83	0.5	0.03	200

In order to calculate K from K^* , $f \cdot \delta = 0.8 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{sec}^{14) 15)}$, and $D_s = 4.7 \times 10^{-5} \text{cm}^2/\text{sec}^{16)}$ were used.

い。しかし少なくとも現在知る範囲においても S の低下により平衡分配係数は増大する傾向にあり、その変化量も液相線の勾配が非常にゆるやかであることより相当大きいことが想像できる。いま仮りに $C_L^S(0)$ の変化によつて平衡分配係数が $0.05 \sim 0.25$ に変化した場合の最高偏析率への影響を (2) 式によつて計算してみる。この計算には K^* から K への変換に際して f , δ , D の値が必要だが最近、松野ら¹⁴⁾、榎井ら¹⁵⁾の計算から凝固中の $f \times \delta$ の値はほぼ一定で、 $0.8 \times 10^{-2} \text{cm}^2/\text{sec}$ 程度の値が得られているのでこの値を採用した。その結果は Table 3 に示すようになり、先の Fig. 4 に示した関係と傾向が一致するようになる。換言すれば (2) 式をモデルとした計算によれば実際の鋼塊にあらわれた現象に対応させるには S が $0.015 \sim 0.023\%$ の変化に対応して K^* が $0.25 \sim 0.05$ 程度に変化せねばならないことになる。

しかしながら今回提案した偏析に関するモデル式 (2) は完全なものでなく今後の詳細な検討に待つところが多く残されている。今回はその問題の提起にとどめたい。

6. 結 言

従来の鋼塊と高さ、厚さをそれぞれ現在の設備的限度まで大にした 22 t 鋼塊と 33 t 鋼塊の偏析状態をとくに S について通常鋼塊と比較しながら検討した。その結果、偏析位置は高さの高い鋼塊は頭部よりへ、厚さの厚

い鋼塊は底部よりへ移ることを認めた。最高偏析については鋼塊内の局部的偏析は 33 t 鋼塊でも高くなることはないが、冷延鋼板の分析値からは 33 t 鋼塊のほうが高くなる。このことは偏析を考える場合に軸心部周辺の偏析帯の幅が重要な意味をもつことであり、厚さの厚い鋼塊についてその点の偏析パターンに注目せねばならない。一方最高偏析値は鋼塊、成品とも鋼塊形状の差よりは取鍋 S 値の変動によつて決定的となり、取鍋 S 値の増加は偏析値のみならず、偏析率の増加ももたらす。そしてその理由について S の変化による S の平衡分配係数の変化をあげ、一つの単純化した経験的モデル式からその可能性について議論を行なつた。

文 献

- 1) 波木, 荒木: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 453
- 2) 住友金属: 鉄鋼基礎共研, 非金属介在物部会報告 5-12
- 3) 加藤, 松田, 徳重: 鉄と鋼: 49 (1963) 6, p. 888
- 4) 森永, 北川, 佐藤, 泉: 鉄と鋼, 50 (1964) 2, p. 166
- 5) 浅野, 大橋: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p. 1517
- 6) H. W. MAYS, S. B. PRELLWITZ and M. B. JACOBS: Open Hearth Proc., 39 (1956), p. 146
- 7) H. F. LESSO: Open Hearth Proc., 44 (1961) p. 175
- 8) 森永, 北川, 佐藤, 泉, 星野: 鉄と鋼, 50 (1964) 6, p. 894
- 9) 菅沢, 池田, 丸川, 荒木: 住友金属, 19 (1967) 2, p. 142
- 10) 神戸製鋼: 鉄鋼基礎共研, 非金属介在物部会報告 5-15
- 11) 加藤, 大岡: 鉄と鋼, 43 (1957) 9, p. 1046
- 12) A. HAYES and J. CHIPMAN: Trans. AIME, 135 (1939), p. 85
- 13) J. A. BURTON, R. C. PRIM and W. P. SLICHTER: J. Chem. Phys., 21 (1953), p. 1987
- 14) 松野, 岡野: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p. 1522
- 15) 榎井, 佐藤, 大久保, 三好: 鉄と鋼, 53 (1967) 3, p. 382
- 16) 斎藤: 東北大選研報, 12 (1956), p. 27