

(87) 塩基性電弧炉および酸性平炉溶製の 20t 鋳塊ならびに真空鑄造製 20t 鋳塊の内部組織

(塩基性電弧炉 および 酸性平炉溶製の大型鍛鋼材に関する比較検討ならびに真空鑄造塊に関する研究—Ⅱ)

神戸製鋼所, 中央研究所

○菅野 五郎・成田 貴一
宮本 醇・小山 伸二

高砂工場 PP1770~1773
長谷場泰造・鈴木 定雄

Internal Structure of 20-ton Heavy Steel Ingot Made by Basic Electric Arc Furnace and Acid Open Hearth Furnace as Well as that of 20-ton Steel Ingot Made by Vacuum Casting.

(Study on specifications of heavy steel forgings made by basic electric arc furnace and acid open hearth furnace as well as investigation on vacuum casting—Ⅱ)

Gorō SUGANO, Kiichi NARITA,
Atsushi MIYAMOTO, Sinji KOYAMA,
Taizō HASEBA and Sadao SUZUKI.

I. 緒 言

塩基性電弧炉および酸性平炉溶製の大型鍛鋼材に関する比較検討ならびに真空鑄造法に関する研究の一環として、前報¹⁾に引続き本報では塩基性電弧炉および酸性平炉で溶製した鋳塊ならびに塩基性電弧炉で溶製して真空鑄造を適用した鋳塊の内部性状について比較検討をおこなった。以下かんたんにその実験結果を報告する。

II. 実験方法

供試材は公称 25t 住友式 (三極) 塩基性電弧炉ならびに公称 60t メルツ式酸性平炉で溶製し、大気中で鑄造した 20t 波型鋳塊 2 本および塩基性電弧炉で溶製し、真空鑄造を適用した 20t 波型鋳塊 1 本の三種であり、鋳塊は押湯部を切りすてたのち、頭部から底部にかけてほぼ六等分し、つぎにこれらの鋳塊の中心軸に沿って厚さ 30mm の板状試片を切出し、横方向および縦方向の各実験に供した。供試材の一般化学成分組成を示すと Table 1 のとおりである。

以上のようにして採取した横方向および縦方向の各供試材について、マクロ腐食およびサルファー・プリント組織、染色浸透試験、磁気探傷試験、化学分析、ガス分

析、光学顕微鏡および電子顕微鏡の観察、X線回折などをおこなった鋳塊の凝固組織、内部欠陥の現出傾向ならびに各種成分元素の偏析現象などを調べた。

III. 実験結果ならびに考察

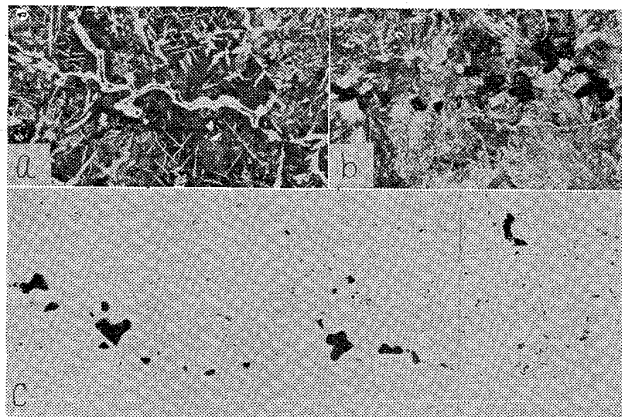
1. 鋳塊の内部欠陥

鋳塊の内部欠陥を調べるために鋳塊の縦方向および横方向の各供試材について、染色浸透試験ならびに磁気探傷試験を行なった結果によれば、鋳塊内における欠陥の発生傾向は、酸性平炉溶製の鋳塊が塩基性電弧炉溶製の鋳塊よりもかなり少ない。また塩基性電弧炉溶製の鋳塊では真空鑄造を適用することによつて内部欠陥はかなり減少する。この内部欠陥は主として鋳塊頭部のいわゆる V 偏析域および逆 V 偏析域に多く検出され、鋳塊底部あるいは外周部には比較的少ない。検出された内部欠陥を光学顕微鏡で観察した結果の 1 例を Photo. 1 に示す。

Photo. 1 より明らかなように、これら欠陥はフェライト網中に存在する場合とそうでない場合とがあり、いずれもその形状から推察して、収縮孔によるものと考えられるが、これら欠陥は鍛圧用鋳塊としては実際上ほとんど問題にならないほど小さなものである。本実験の範囲内においては鍛圧用大型鋳塊においてしばしば問題となる致命的な砂キズあるいは砂カミなどの欠陥はほとんど検出されなかつた。

2. 鋳塊の内部組織

鋳塊の縦断面のサルファー・プリント組織を示すと Photo. 2 のとおりであり、いずれの供試鋳塊においても大差はないが、とくに塩基性電弧炉溶製の大气中で鑄造した鋳塊は、他の二鋳塊に較べて、逆 V 偏析帯が鋳塊



(a), (b) Etched by 5% nital
(c) No etched ×15 (1/2)

Photo. 1. Internal defects of found in the steel ingot (No. 2).

Table 1 Chemical composition of specimens. (%)

Specimens No.	Kind of Steel	C	Mn	Si	P	S	O	N
No. 1	S45C	0.47	0.62	0.27	0.048	0.021	0.0067	0.0076
No. 2	S45C	0.42	0.58	0.29	0.021	0.012	0.0030	0.0060
No. 3	S45C	0.43	0.62	0.26	0.022	0.019	0.0089	0.0054

Note: Specimens No. 1 and No. 3 are open air castings melted by basic electric arc furnace and acid open hearth furnace respectively, and No. 2 is vacuum casting melted by basic electric arc furnace.

の中心近くにまでおよんでいる。また酸性平炉溶製の鑄塊には顕著なV偏析は認められない。一方いわゆる沈澱晶域は酸性平炉溶製の鑄塊がもつとも広く、ついで塩基性電弧炉溶製の真空鑄造鑄塊、大気中鑄造鑄塊の順にせまくなつており、このことは後述の C, P, S などの元素の偏析傾向ともよく一致している。

マクロ腐食による鑄塊の凝固組織は本質的にはいずれの鑄塊も同じであり、沈澱晶域の状態はサルファー・プリント組織においてみとめられる状態とほぼ同じである。

一方樹枝状晶の大きさは全般的に酸性平炉溶製の鑄塊がもつとも小さく、ついで塩基性電弧炉溶製の真空鑄造鑄塊、大気中鑄造鑄塊の順に大きくなつている。

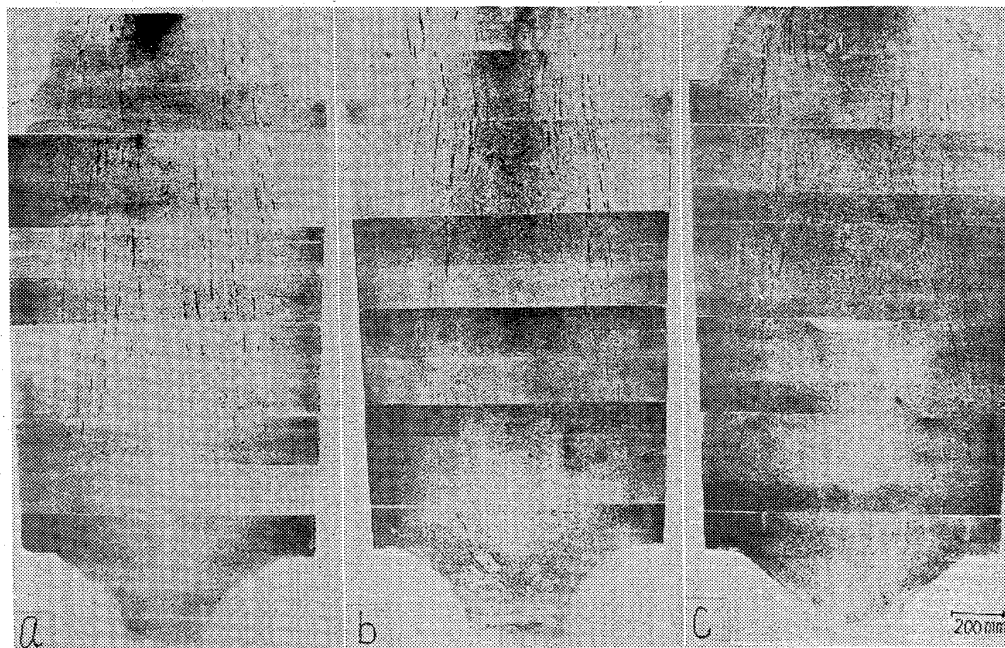
一つの鑄塊内においては横方向では外周部がもつとも小さく、中間部がもつとも大きく、中心部ではまた若干小さくなつており、鑄塊の縦方向では、頭部になるにつれて大きくなる傾向がある。このような樹枝状晶の大きさと前述の内部欠陥には関係があり、樹枝状晶の大きい部分に内部欠陥が多く認められる傾向がある。

3. 鑄塊内における各元素の偏析

1) 炭素, リンおよび硫黄

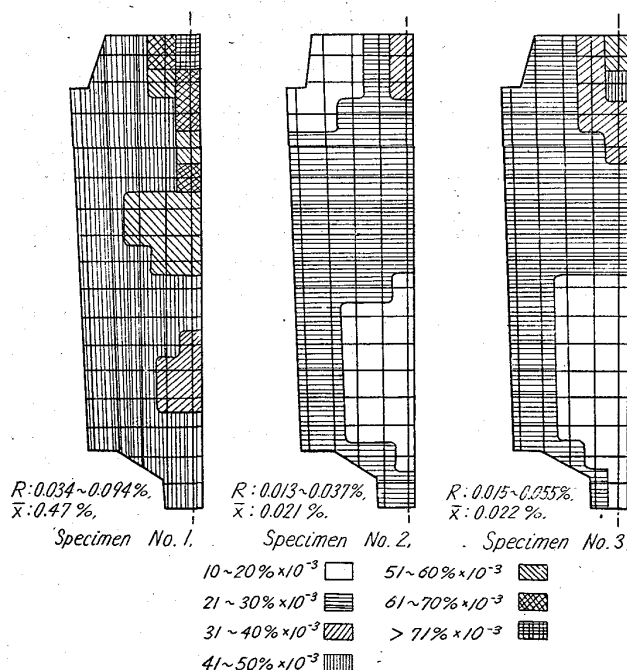
前述のようにして採取した供試材について鑄塊内における C, P および S などの元素の偏析を調べた結果の内 P および S について示せば Fig. 1~2 のとおりである (C については省略する)。鑄塊内における C, P および S の分布傾向はいずれの鑄塊においてもほぼ同じであり、精錬および造塊法の相異による影響よりもむしろ鑄塊の大きさによる影響の方が大きく、本実験におけるような同じ大きさの鑄塊においてはほとんど差が認められない。いずれの鑄塊においても、底部側の中心域(沈澱晶)および鑄塊全体を通じて外周部では C, P, S の量はもつとも少なく、押湯下部がもつとも多い。すなわち沈澱晶域および外周部は負偏析、押湯下部はいちじるしい正偏析を示している。偏析の程度は塩基性電弧炉溶製の鑄塊の方が酸性平炉溶製の鑄塊よりもやや少なく、真空鑄造鑄塊は三種のうちでもつとも少ない。

このような C, P および S の偏析傾向は、理論上これら元素の含有量に関係なくおこる現象であるが、偏析の程度はこれら元素の含有量が少なければ少ないほど小さいと考えられる。なお真空鑄造鑄塊中における P および S の偏析程度が他の二鑄塊に較べて比較的小さいのは、本実験において真空鑄造に供用した溶鋼そのもの中の P および S 量もともと他の二鑄塊に較べてかなり少なかつたためである。



(a) Specimen No. 1, (b) Specimen No. 2, (c) Specimen No. 3

Photo. 2. Sulphur print-structure of the longitudinal cross section of 20 t ingots.

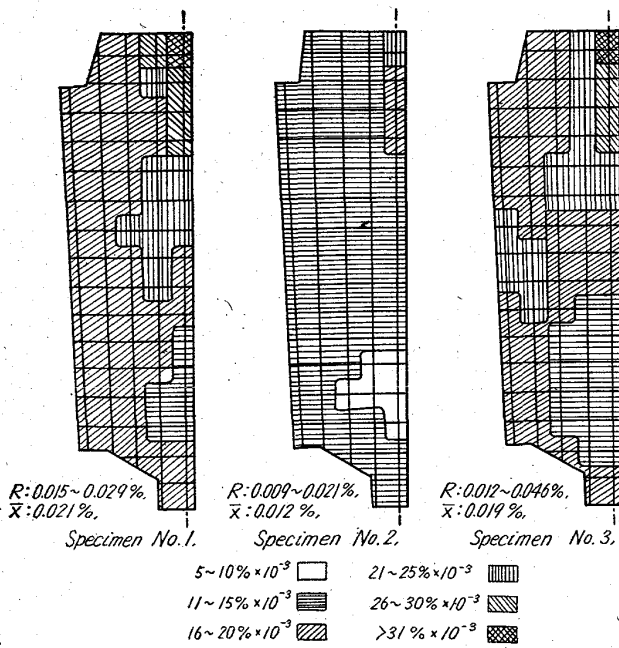


Note: Sampling position is corresponding to the node point of figure.

Fig. 1. Distribution of the phosphorus in the steel ingots.

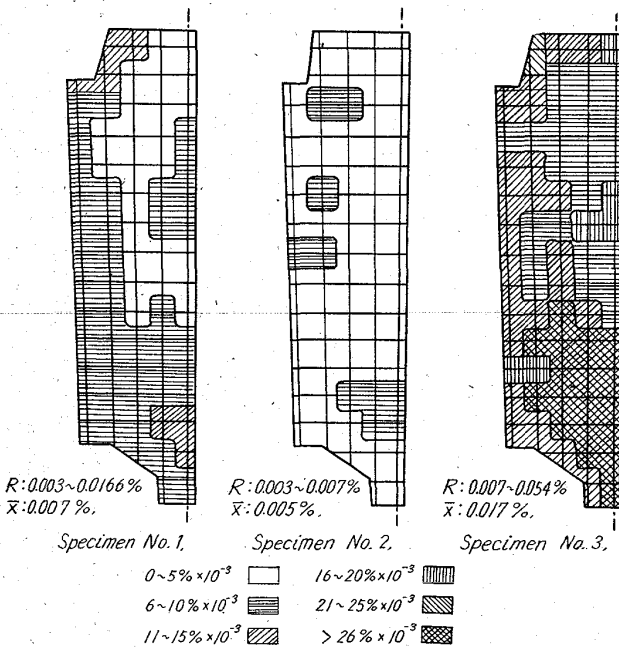
2) 非金属介在物

温硝酸法によつて定量した酸化物系介在物の鑄塊内部における分布を調べた結果は Fig. 3 のとおりであり、酸化物量は酸性平炉溶製の鑄塊がもつとも多く、塩基性電弧炉溶製の真空鑄造鑄塊はもつとも少ない。酸性平炉溶製の大気中鑄造鑄塊、塩基性電弧炉溶製の真空鑄造鑄塊および真空鑄造鑄塊中の全酸化物量の比率はほぼ 12:5:3 であり、また酸化物系介在物の構成成分、すなわ



Note: Sampling position is corresponding to the node point of figure.

Fig. 2. Distribution of the sulphur in the steel ingots.



Note: Sampling position is corresponding to the node point of figure.

Fig. 3. Distribution of the total oxide inclusion in the steel ingots.

ち MnO , SiO_2 , Al_2O_3 成分の比率はそれぞれ 31 : 61 : 8, 21 : 70 : 9 および 0 : 9 : 91 であり, 真空鑄造を適用することによつて酸化物系介在物が大巾に減少するとともにその構成成分にもかなり大きな変化が認められる¹⁾. 酸化物系介在物の偏析傾向はいずれの供試鑄塊においてもほぼ同様の傾向を示し, 沈澱晶域に大きく正偏析している. これは溶鋼の凝固がすすみ, 自由晶が形成され

るとともに, 酸化物が自由晶に吸着あるいは捕捉されて自由晶の沈降とともに鑄塊の下部に集積される結果であると考えられる. このような傾向は酸化物系介在物のとくに多い酸性平炉溶製の鑄塊に顕著であり, 酸化物系介在物の比較的少ない塩基性電弧炉溶製の鑄塊では小さく, 真空鑄造鑄塊はさらに小さい.

硫化物系介在物は鑄塊の S 含有量によつて決まり, いずれの鑄塊においても硫化物は押湯下部および逆 V 偏析帯に濃縮されており, とくに後者の部分に認められる硫化物は比較的粗大であり, 連鎖状に析出している. 偏析の程度は Table 1 に示したように S および P 含有量の比較的多い酸性平炉溶製の鑄塊がもつとも大きく, 塩基性電弧炉溶製の真空鑄塊がもつとも少ないのは当然であろう.

また JIS 法に準拠しておこなつた清浄度の測定結果によれば, いずれの鑄塊においても押湯下部, 逆 V 偏析帯および沈澱晶域が比較的悪く, 鑄塊外周部はもつとも清浄である. 押湯下部および逆 V 偏析帯における清浄度の低下は主として A_1 系介在物に, また沈澱晶域における清浄度の低下は主として A_2 および B 系介在物によるものである. いずれにしても真空鑄造鑄塊の清浄度がもつともすぐれており, これに比較すれば酸性平炉溶製の鑄塊および塩基性電弧炉溶製の大気中鑄造鑄塊は若干劣つている.

3) 非金属介在物の結晶学的形態

供試鑄塊内における非金属介在物の光学顕微鏡の観察結果によれば, 酸性平炉溶製の鑄塊および塩基性電弧炉溶製の大気中鑄造鑄塊に存在する代表的な介在物は, 硫化物 (Fe, Mn) S, シリカおよび共晶状の組織を有する珪酸塩であるが, 一方真空鑄造鑄塊に存在する代表的な介在物は硫化物, アルミナおよびアルミノ・ケイ酸塩である.

4) ガス成分

真空溶融法ならびに Kjeldahl 法によつて, O および N の定量をおこなつた結果によれば, O 量は酸性平炉溶製の鑄塊の方が塩基性電弧炉溶製の鑄塊よりも多く, いずれの場合にも O は鑄塊の底部側が頭部側よりもやや多い傾向がある. ところが真空鑄造を適用することによつて O 量は約 50%¹⁾ 低減し, 鑄塊内における O の偏析はかなり少なくなる.

一方 N は塩基性電弧炉溶製鑄塊の方が酸性平炉溶製鑄塊よりもかなり多いが, N の偏析傾向には一定の関係は認められない. また前者の場合真空鑄造を適用することによつて N 量は約 30%¹⁾ 低減する.

IV. 結 言

酸性平炉溶製の大気中鑄造鑄塊, 塩基性電弧炉溶製の大気中鑄造ならびに真空鑄造を適用した鑄塊について大型鍛圧用鑄塊としての鑄塊の内部組織ならびに性状におよぼす溶製法および造塊の影響について比較検討をおこなつた. その実験結果によれば, 鑄塊の内部欠陥については本実験の範囲内において酸性平炉溶製の鑄塊がもつとも健全であるが, 沈澱晶附近に酸化物系介在物が多く存在し, 欠陥発生の危険性を有している. また塩基性電弧炉溶製の鑄塊においては, 押湯下部, V 偏析帯, 逆 V 偏析帯に収縮孔に起因する考えられる欠陥誘発の要素

が潜在しているが、これらは真空鑄造を適用することによつて防止できるものと考えられる。

文 献

1) 下瀬, 成田, 宮本: 鉄と鋼, 49 (1963), p.765

(88) R-H真空脱ガス法における溶鋼の環流速度および混合状況の測定

富士製鉄, 広畑製鉄所 No.64250
 渡辺省三・渡辺秀夫・浅野鋼一
 中山正時・工博 宮川一男・工博○野村悦夫
 Measurement of Circulation Rate of Molten Steel and Mixing in Ladle in R-H Vacuum Degassing Process.
 Syozo WATANABE, Hideo WATANABE
 Koichi ASANO, Masatoshi NAKAYAMA,
 Dr. Kazuo MIYAGAWA and Etsuo NOMURA.

I. 緒 言 PP1773~1775

R-H 環流式真空脱ガス法において、限られた時間内で良好な脱ガス効果を達成する操業法確定のため、溶鋼の環流速度および取鍋中の混合状態の把握は重要である。この環流速度および混合状態を測定するため、ラジオアイソトープ ^{198}Au を使用して、種々試験した結果を報告する。

II. 実験方法

R-H 環流式脱ガス処理槽の概略図および実験に使用した計器の取付場所を Fig. 1 に示す。

(1) 流速測定原理

^{198}Au を Fig. 1 の上昇管直下に挿入し、下降管でその放射能を測定すると、Fig. 2 とのような放射能変化図が得られる。この図において、 a から b までは挿入した ^{198}Au が全部 1 回環流したことを示し、 b 以後はその ^{198}Au が鍋内の溶鋼と混合して、再び環流されながら ^{198}Au が稀釈されていく過程である。流速がいちじるし

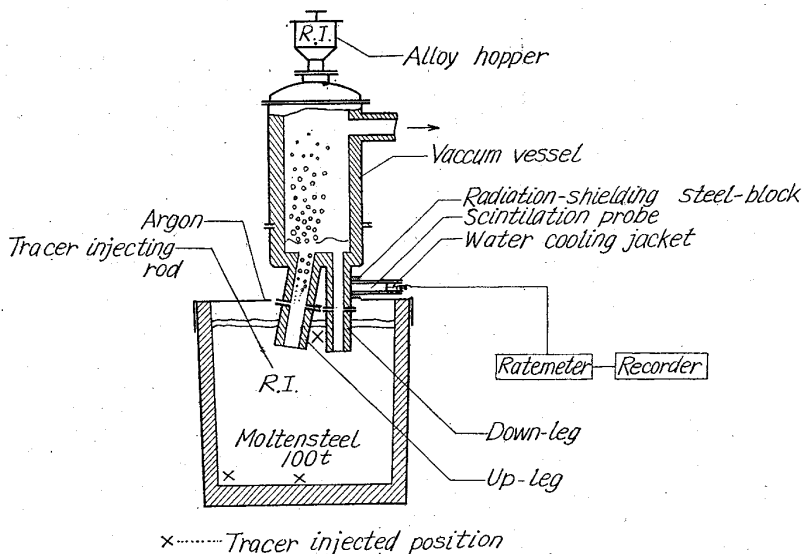


Fig. 1. R-H degasser and radioactive detector.

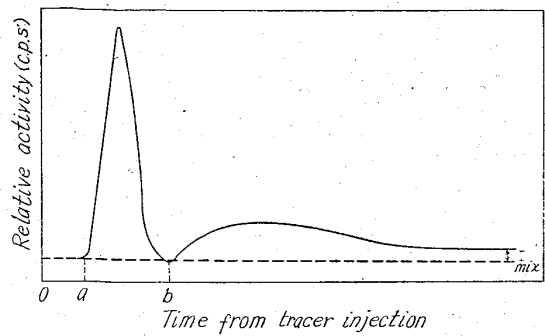


Fig. 2. Schematic change of relative activity detected at down-leg.

く速くなく、かつ一定であるときは、挿入した ^{198}Au の全放射能計数は一定であるから次の式が成立する。

$$I_{\text{mix}} \times \frac{W}{V} \int_a^b Idt$$

ただし、 I_{mix} は ^{198}Au が完全に混合された後の計数率(counts/sec), V は下降管を通る溶鋼の速度(t/sec), W は取鍋内の全溶鋼量(t)である。上式から環流速度 V が計算しうる。

(2) 溶鋼の循環状態の測定

溶鋼の混合が行なわれにくいと考えられる取鍋内の底部および表面最上層の溶鋼の循環状態を測定するため、Fig. 1 に示す場所 (×印) に ^{198}Au を挿入し、下降管もしくは上昇管に到達するまでの時間および放射能変化を測定した。

(3) 線源および挿入棒

実験に使用したラジオアイソトープ ^{198}Au は英国の The Radio-Chemical Center から輸入されたもので、半減期が 2.87 day であるので実験は短期間に集中して行なつた。1 回の測定に約 100 mc を使用した。

^{198}Au はまずアルミニウムまたは鉄のカプセルに封入しこれを長さ 7 m の挿入棒の先端に取付けた。挿入棒には、 ^{198}Au が溶鋼中の所定の深さで決められた時間に溶解するようにモルタル被覆をした。また確実に所定の位置に達するようにガイド設備を用いた。

(4) 線源投入方法

^{198}Au の投入方法は上昇管に挿入する方法と真空槽上のホッパーから投入する方法を比較したが、二つの方法の間には特に差は見られなかつた。 ^{198}Au を封入するカプセルにはアルミニウムと鉄とが考えられるが、実験の結果、アルミニウムカプセルの方が環流状況の測定に適していることがわかつた。

(5) 測定装置

検出器は Fig. 1 に示すようにシンチレーションデテクタ (神戸工業製) を使用しレートメーターおよびレコーダー (YEW 製) による連続測定法を採用した。デテクターは鉄ブロックに固定し下降管にできるだけ近づけるとともに水冷装置を取付けた。レコーダーのチャートスピードは 150mm/sec, 記録用ペン平衡到達時間は 1 sec 以