

JAERI-M
7593

連続重合反応装置によるテトラフルオルエチ
レン-プロピレンの放射線乳化共重合 (V)
(種々の反応器内の線量率分布の測定)

1978年3月

渡辺 博正・岡本 次郎

この報告書は、日本原子力研究所が JAERI-M レポートとして、不定期に刊行している研究報告書です。入手、複製などのお問い合わせは、日本原子力研究所技術情報部（茨城県那珂郡東海村）あて、お申しこしください。

JAERI-M reports, issued irregularly, describe the results of research works carried out in JAERI. Inquiries about the availability of reports and their reproduction should be addressed to Division of Technical Information, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, Japan.

連続重合反応装置によるテトラフルオルエチレン-
プロピレンの放射線乳化共重合 (V)
(種々の反応器内の線量率分布の測定)

日本原子力研究所高崎研究所開発試験場

渡辺 博正・岡本 次郎

(1978年2月7日受理)

テトラフルオルエチレン-プロピレンの放射線乳化共重合反応においては、水の放射分解で生成するラジカルのポリマー粒子中への進入速度が重合速度、重合度に影響するため線量率は重要な因子の一つとなる。

特に、連続重合反応においては、モノマーの消費速度は、反応器内の滞留時間、モノマー供給量と線量率によって決まることを考慮する必要がある。

そこで、この報告では、種々のタイプの反応器内の線量率とその分布をコバルトガラス線量計により測定した。

コバルト線源から18cmの所では、線量率は、管型反応器の場合、その中央部で、 $1.0 \times 10^6 \text{R/h}$ で、両側では $5.5 \times 10^5 \text{R/h}$ である。この分布はコバルト線源からの距離が大きくなるにつれて小さくなり、槽型反応器の場合も同じ傾向を示す。

高い線量率を必要とする反応の場合は槽型反応器より管型反応器の方が良いことが明らかとなった。

Radiation-Induced Emulsion Copolymerization of
Tetrafluoroethylene with Propylene in Flow System V
Dosimetry in the reactors

Hiromasa WATANABE and Jiro OKAMOTO

Pilot Scale Research Station,
Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment,
JAERI

(Received February 7, 1978)

In the radiation-induced copolymerization of tetrafluoroethylene and propylene, the dose rate is one of the most important because entry of radiolytical radicals from water into polymer particles influences polymerization rate and molecular weight.

The dose rate and its distribution in various reactor were thus measured by cobalt glass dosimeter.

In the pipe reactor, 18 cm from the cobalt-60 source, the dose rate is 1.0×10^6 R/h at the middle and 5.5×10^5 R/h on both sides. Dose rates decrease with increase of the distance from the cobalt-60 source. This is also the case in the vessel-type reactor.

When high dose rate is required, the pipe reactor is advantageous over the vessel-type one.

Keywords : Emulsion, Copolymerization, Tetrafluoroethylene, Propylene, Flow System, Dose Rate, Polymer Particle, Molecular Weight, Cobalt Glass Dosimeter, Pipe Reactor, Vessel Reactor

目 次

1. はじめに	1
2. 実 験	1
2.1 測定試料の調製	1
2.2 測 定 点	1
2.3 照 射	2
2.4 測定方法	2
3. 結果と考察	2
3.1 測定結果	2
3.2 反応容器の線量率分布	2
3.3 反応器内の平均線量率	3
3.4 平均線量率と反応器位置との関係	3
引 用 文 献	4

CONTENTS

1.	INTRODUCTION	1
2.	EXPERIMENTAL	1
2.1	Sample preparation	1
2.2	Position for measurement	1
2.3	Irradiation	2
2.4	Measuring method	2
3.	RESULTS AND DISCUSSION	2
3.1	Results	2
3.2	Distribution of dose rate in reactor	2
3.3	Average dose rate in reactor	3
3.4	Relation between the dose rate and the position of reactor	3
	REFERENCES	4

1. はじめに

乳化重合反応の反応速度、分子量、および分子量分布を支配する因子として、触媒濃度¹⁾、反応の場であるポリマー粒子中のモノマー濃度を左右する温度、圧力²⁾、粒子数に関する乳化剤濃度¹⁾、テトラフルオロエチレン-プロピレン系のような気体モノマーを対象とする共重合の場合におけるモノマー組成とモノマーの供給法が重要な問題である³⁾。

テトラフルオロエチレン-プロピレン共重合反応に関する基礎的研究が放射線法で実施された^{1~12)}。

重合速度は、線量率の0.7~1乗に比例すること¹⁾、飽和圧力までは圧力の一次に比例すること^{2, 12)}、低温ほど有利であること²⁾、乳化剤濃度は臨界ミセル濃度以上が望ましいこと²⁾、テトラフルオロエチレン：濃度が高い方が有利であること^{2, 6~8)}、供給律則にならないよう定圧仕込み法をとることが望ましい結果を得³⁾、また分子量は線量率の上昇に伴い、幾分か減少する以外はそれほど問題がなく線量率が $\sim 10^6$ R/hまでは十分実用に耐えうる分子量の重合体をうるることができるなどを明らかにした⁶⁾。

これらの研究はバッチあるいはセミフロータイプの反応器を用いて行ったもので反応条件、重合方法についての基礎研究であった。

さらにこの研究を進展させ放射線重合法の工業化を企て、特にSTYの増大を目的として、高テトラフルオロエチレン領域における反応、高温、高圧下における反応、後効果重合、高線量率下における反応などとプロセスに問題となる気液接触、ラテックスの安定性などを考慮して連続重合反応装置の設計製作を行った^{13~17)}。

本報では従来の基礎的データにもとづいて設計製作を行った連続重合反応装置の特徴を明らかにするため、またモノマー供給と転化率との関係、モノマー組成制御、分子量などを支配し基本因子となりうる反応器内の線量率分布の測定を行った。

2. 実 験

2.1 測定試料の調製

通常のコバルトガラス(13mm×45mm×1.5mm t)では管型反応器(内径9.8mm)内に入らないので、半分に切断して用いた。その他の反応器の場合はそのままの形状のものを用いた。コバルトガラスは一度使用したものであるため510℃で約15時間アニールしたのち、表面をメタノールでふき、照射前の透過度を予め測定した。

2.2 測定点

管型反応器は10本の反応器(図1参照)から構成されている。測定は10本の反応管のうち上から1番目、4番目、7番目、10番目の4本で行った。また1本の反応管には図2に示

1. はじめに

乳化重合反応の反応速度、分子量、および分子量分布を支配する因子として、触媒濃度¹⁾、反応の場であるポリマー粒子中のモノマー濃度を左右する温度、圧力²⁾、粒子数に関する乳化剤濃度¹⁾、テトラフルオロエチレン-プロピレン系のような気体モノマーを対象とする共重合の場合におけるモノマー組成とモノマーの供給法が重要な問題である³⁾。

テトラフルオロエチレン-プロピレン共重合反応に関する基礎的研究が放射線法で実施された^{1~12)}。

重合速度は、線量率の0.7~1乗に比例すること¹⁾、飽和圧力までは圧力の一次に比例すること^{2, 12)}、低温ほど有利であること²⁾、乳化剤濃度は臨界ミセル濃度以上が望ましいこと²⁾、テトラフルオロエチレン：濃度が高い方が有利であること^{2, 6~8)}、供給律則にならないよう定圧仕込み法をとることが望ましい結果を得³⁾、また分子量は線量率の上昇に伴い、幾分か減少する以外はそれほど問題がなく線量率が $\sim 10^6$ R/hまでは十分実用に耐えうる分子量の重合体をうるることができるなどを明らかにした⁶⁾。

これらの研究はバッチあるいはセミフロータイプの反応器を用いて行ったもので反応条件、重合方法についての基礎研究であった。

さらにこの研究を進展させ放射線重合法の工業化を企て、特にSTYの増大を目的として、高テトラフルオロエチレン領域における反応、高温、高圧下における反応、後効果重合、高線量率下における反応などとプロセスに問題となる気液接触、ラテックスの安定性などを考慮して連続重合反応装置の設計製作を行った^{13~17)}。

本報では従来の基礎的データにもとづいて設計製作を行った連続重合反応装置の特徴を明らかにするため、またモノマー供給と転化率との関係、モノマー組成制御、分子量などを支配し基本因子となりうる反応器内の線量率分布の測定を行った。

2. 実 験

2.1 測定試料の調製

通常のコバルトガラス(13mm×45mm×1.5mm t)では管型反応器(内径9.8mm)内に入らないので、半分に切断して用いた。その他の反応器の場合はそのままの形状のものを用いた。コバルトガラスは一度使用したものであるため510℃で約15時間アニールしたのち、表面をメタノールでふき、照射前の透過度を予め測定した。

2.2 測定点

管型反応器は10本の反応器(図1参照)から構成されている。測定は10本の反応管のうち上から1番目、4番目、7番目、10番目の4本で行った。また1本の反応管には図2に示

したように、中央と中央から左右に30cm離れた点にコバルトガラスを置いた。槽型反応器の場合、5ℓ反応器の場合のコバルトガラス配置図をそれぞれ図3.4に示した。

2.3 照射

管型反応器の場合は反応器中心と線源中心との距離がそれぞれ18.8cm, 38.8cm, 68.8cm, 108.8cmの位置で照射を行った。このときの照射時間はそれぞれ10分, 30分, 2時間であった。なお30分以下の照射では、線源の上昇、下降時の照射を考慮し、照射時間とし20秒を加算して計算した。同様に槽型反応器の場合も予想される線量率を考慮し照射時間を設定した。

2.4 測定方法

コバルトガラスの透過度の測定には日立製の分光光度計(B9型, Hitachi UV-VIS Spectrophotometer)を用いた。通常のビーム幅は5mm×10mmであるが、コバルトガラスの幅が約6.5mmなので、フィルターの位置に3mm×10mm穴の絞り板を入れて使用した。また試料ホルダーにはスペーサーを入れ、コバルトガラスが中央部に位置するようにした。なお、ビーム幅が通常の場合と3mm×10mmに絞った場合とでは同一試料の透過度に差異は認められなかった。

3. 結果と考察

3.1 測定結果

管型反応器、5ℓ反応器と気液分離槽の測定結果をそれぞれ表1, 2に示した。

照射済コバルトガラスの透過度は時間の経過とともに増加するが線量率の計算式(1)では、透過度の経時変化は

$$\dot{X} = f_a \cdot X_0 \tau^{-1} \dots\dots\dots (1)$$

補正される¹⁸⁾。しかし、表1に示した結果では、照射終了後、0.5~1.6時間後に測定した結果と2.2~2.5時間後に測定した結果とでは、その線量率に10%程度の差が生じた。この原因は明らかでないが、ここでは測定までの時間が0.5~1.9時間のデータを採用した。

3.2 反応器内の線量率分布

管型反応器の線源からの距離が18.8cm, 38.8cm, 68.8cm, 108.8cmの4種類についての反応器内線量率分布を図5に示した。図5はx軸に線量率の対数を、y軸に反応器の高さを、

したように、中央と中央から左右に30cm離れた点にコバルトガラスを置いた。槽型反応器の場合、5ℓ反応器の場合のコバルトガラス配置図をそれぞれ図3.4に示した。

2.3 照射

管型反応器の場合は反応器中心と線源中心との距離がそれぞれ18.8cm, 38.8cm, 68.8cm, 108.8cmの位置で照射を行った。このときの照射時間はそれぞれ10分, 30分, 2時間であった。なお30分以下の照射では、線源の上昇, 下降時の照射を考慮し、照射時間とし20秒を加算して計算した。同様に槽型反応器の場合も予想される線量率を考慮し照射時間を設定した。

2.4 測定方法

コバルトガラスの透過度の測定には日立製の分光光度計(B9型, Hitachi UV-VIS Spectrophotometer)を用いた。通常のビーム幅は5mm×10mmであるが、コバルトガラスの幅が約6.5mmなので、フィルターの位置に3mm×10mm穴の絞り板を入れて使用した。また試料ホルダーにはスペーサーを入れ、コバルトガラスが中央部に位置するようにした。なお、ビーム幅が通常の場合と3mm×10mmに絞った場合とでは同一試料の透過度に差異は認められなかった。

3. 結果と考察

3.1 測定結果

管型反応器, 5ℓ反応器と気液分離槽の測定結果をそれぞれ表1, 2に示した。

照射済コバルトガラスの透過度は時間の経過とともに増加するが線量率の計算式(1)では、透過度の経時変化は

$$\dot{X} = f_a \cdot X_0 \tau^{-1} \dots\dots\dots (1)$$

補正される¹⁸⁾。しかし、表1に示した結果では、照射終了後、0.5~1.6時間後に測定した結果と2.2~2.5時間後に測定した結果とでは、その線量率に10%程度の差が生じた。この原因は明らかでないが、ここでは測定までの時間が0.5~1.9時間のデータを採用した。

3.2 反応器内の線量率分布

管型反応器の線源からの距離が18.8cm, 38.8cm, 68.8cm, 108.8cmの4種類についての反応器内線量率分布を図5に示した。図5はx軸に線量率の対数を、y軸に反応器の高さを、

z 軸に反応器の横方向の距離をとり 1 2 点の実測値に基づいて反応器内の線量率分布を立体的に図示してある。反応器内の線量率分布は図から明らかなように、反応器が線源に近づくほど大きくなり、また反応器高さ方向の分布より横方向の分布の方が大きい。

3.3 反応器内の平均線量率

反応器内の平均線量率を正確に求めることは難しく、測定値の他にその測定値が代表しうる反応容積の寄与を考慮しなければ重合反応における平均線量率としては不適當である。

今図 2 において実測値が得られているのは B, E, H の 3 点 (1 本の反応管について) であるが、この 3 点の実測値から A, C, D, F, G, I の点における線量率を内挿あるいは外挿により推定することは可能である。また B ~ H までの各点は、その点から左右に 5 cm ずつの空間、反応容積にして約 7.5 ml の代表点とみなしうる。一方 A 点, I 点は図 2 の反応器詳細図で明らかなように、反応管の継手の部分を含んで代表されなければならないが、丁度継手内の容積が約 3.7 ml で、A, I 点は他の点と同様に約 7.5 ml の反応容積を代表しうる。すなわち、A ~ I の各点は同一の反応容積を代表するから反応容積の寄与はなく、単に線量率のみの算術平均で平均線量率を求めることができる。

最も線量率分布の大きい、反応器の位置の線源から 18.8 cm の場合について、前述の方法により平均線量率を求めた。

図 6 は、反応管 № 1, № 4, № 7, № 10 の 4 本の横方向の線量率分布を 3 点の実測値から推定したもので、この図から、各反応管における A, C, D, F, G, I 各点の線量率を推定できる。また、これらの推定値と実測値から、図 7-1, 7-2 に示すように、反応器縦方向の線量率分布が推定され、1, 4, 7, 10 以外の反応管内の A ~ I 点の線量率が得られる。このようにして得られた各点の線量率を一覧表にして表 3 に示した。また、各反応管および全体の平均線量率を各点の線量率の算術平均値として併せて表 4 に示した。

この結果、このようにして得られた平均線量率は 9.55×10^5 R/h となり、1 2 点の実測値の算術平均値 9.45×10^5 R/h と良く一致している。

したがって、反応器の線源からの距離が大きく、線量率分布がこの場合よりも小さいときは、実測した 1 2 点の線量率の算術平均値をもって平均線量率としても問題がないと考えられる。

反応器の線源からの距離が 18.8 cm, 38.8 cm, 68.8 cm, 108.8 cm のときの平均線量率は 1 2 点の実測値の算術平均値として、それぞれ 9.45×10^5 , 4.89×10^5 , 2.28×10^5 , 9.90×10^4 R/h となる。同様に槽型反応器、5 l 反応器についても測定ができる。槽型反応器の結果を図 8 に、5 l 反応器の結果を図 9-1 ~ 3 に示した。

3.4 平均線量率と反応器位置との関係

図 10 に管型反応器、槽型反応器、および 5 l 反応器内の平均線量率と反応器の線源からの距離との関係を示した。管型反応器と槽型反応器における、この関係はその傾向において良い一致を示している。5 l 反応器の場合は横方向の線量率分布が比較的小さい (表 3 の D, E, F,

G, H, I 点参照)の部分の平均値をとったため、線源からの距離が小さくとも、平均線量率の低下が少なくなっているものと考えられる。

引用文献

1. O. Matsuda, J. Okamoto, N. Suzuki, M. Ito, and A. Danno. J. Polym. Sci. 12, 1871 (1974)
2. O. Matsuda, J. Okamoto, Y. Tabata and S. Machi *ibid.*,
3. 松田, 鈴木, 伊藤, 岡本, JAERI-M 5501 (1974年1月)
4. G. Kojima and Y. Tabata, J. Macromol. Sci. Chem., A-6 417 (1972)
5. G. Kojima and Y. Tabata *ibid.*, A-7 783 (1973)
6. O. Matsuda, J. Okamoto, N. Suzuki, M. Ito and Y. Tabata *ibid.*, A-8 775 (1974)
7. N. Suzuki, O. Matsuda and J. Okamoto *ibid.*, A-8 793 (1974)
8. N. Suzuki, O. Matsuda and J. Okamoto J. Polym. Sci. 12 2045 (1974)
9. N. Suzuki, O. Matsuda and J. Okamoto J. Appl. Polym. Sci., 18, 2457 (1974)
10. N. Suzuki and J. Okamoto, J. Polym. Sci. 12, 2693 (1974)
11. N. Suzuki and J. Okamoto, J. Macromol. Sci. Chem., A-9 285 (1975)
12. 松田, 伊藤, 鈴木, 岡本, 団野, 田畑, JAERI-M 5071 (1973年2月)
13. 渡辺, 岡本, 松田, 町, JAERI-M 7495 (1978年1月)
14. 岡本, 渡辺, 松田, 町, JAERI-M 7496 (1978年1月)
15. 渡辺, 岡本, JAERI-M 7497 (1978年)
16. 渡辺, 岡本, 松田, 町 JAERI-M 7498 (1978年2月)
17. 渡辺, 岡本 JAERI-M 7492 (1978年1月)
18. 中村, 田中 JAERI-M 5976

G, H, I 点参照) の部分の平均値をとったため, 線源からの距離が小さくなっても, 平均線量率の低下が少なくなっているものと考えられる。

引用文献

1. O. Matsuda, J. Okamoto, N. Suzuki, M. Ito, and A. Danno. J. Polym. Sci. 12, 1871 (1974)
2. O. Matsuda, J. Okamoto, Y. Tabata and S. Machi *ibid.*,
3. 松田, 鈴木, 伊藤, 岡本, JAERI-M 5501 (1974年1月)
4. G. Kojima and Y. Tabata, J. Macromol. Sci. Chem., A-6 417 (1972)
5. G. Kojima and Y. Tabata *ibid.*, A-7 783 (1973)
6. O. Matsuda, J. Okamoto, N. Suzuki, M. Ito and Y. Tabata *ibid.*, A-8 775 (1974)
7. N. Suzuki, O. Matsuda and J. Okamoto *ibid.*, A-8 793 (1974)
8. N. Suzuki, O. Matsuda and J. Okamoto J. Polym. Sci. 12 2045 (1974)
9. N. Suzuki, O. Matsuda and J. Okamoto J. Appl. Polym. Sci., 18, 2457 (1974)
10. N. Suzuki and J. Okamoto, J. Polym. Sci. 12, 2693 (1974)
11. N. Suzuki and J. Okamoto, J. Macromol. Sci. Chem., A-9 285 (1975)
12. 松田, 伊藤, 鈴木, 岡本, 団野, 田畑, JAERI-M 5071 (1973年2月)
13. 渡辺, 岡本, 松田, 町, JAERI-M 7495 (1978年1月)
14. 岡本, 渡辺, 松田, 町, JAERI-M 7496 (1978年1月)
15. 渡辺, 岡本, JAERI-M 7497 (1978年)
16. 渡辺, 岡本, 松田, 町 JAERI-M 7498 (1978年2月)
17. 渡辺, 岡本 JAERI-M 7492 (1978年1月)
18. 中村, 田中 JAERI-M 5976

表1 管型反応器内線量測定結果

試料 番号	線源からの 距離(cm)	試料の 位置	照射時間 (Hr)	Blank 透過度 (%)	測定までの 時間(Hr)	透過度 (%)	線量率 (R/hr)	測定までの 時間(Hr)	透過度 (%)	線量率 (R/hr)
1	108.8	1-左	2.0	88.6	0.5	34.0	9.13×10^4	24.6	38.0	8.35×10^4
2	"	1-中	"	88.4	"	32.8	9.50×10^4	"	36.2	8.88×10^4
3	"	1-右	"	90.2	"	33.6	9.45×10^4	"	37.0	8.86×10^4
4	"	4-左	"	89.9	0.6	32.7	9.73×10^4	24.7	36.6	8.95×10^4
5	"	4-中	"	88.1	"	30.0	1.04×10^5	"	34.7	9.33×10^4
6	"	4-右	"	89.0	"	31.2	1.01×10^5	"	35.1	9.31×10^4
7	"	7-左	"	89.9	0.65	32.2	9.90×10^4	24.8	36.3	9.04×10^4
8	"	7-中	"	88.1	"	29.5	1.06×10^5	"	33.1	9.87×10^4
9	"	7-右	"	89.4	"	31.4	1.01×10^5	"	34.9	9.43×10^4
10	"	10-左	"	89.1	0.7	33.1	9.51×10^4	25.0	37.0	8.72×10^4
11	"	10-中	"	88.9	"	30.2	1.05×10^5	"	34.0	9.67×10^4
12	"	10-右	"	89.2	"	32.2	9.82×10^4	"	36.1	9.02×10^4
13	38.8	1-左	0.505	88.8	1.5	30.5	4.11×10^5	22.0	34.7	3.72×10^5
14	"	1-中	"	88.5	"	24.6	5.05×10^5	"	28.8	4.56×10^5
15	"	1-右	"	88.0	"	30.2	4.12×10^5	"	34.4	3.72×10^5
16	"	4-左	"	87.0	1.5	26.0	4.73×10^5	22.1	29.8	4.32×10^5
17	"	4-中	"	88.7	"	20.0	6.02×10^5	"	23.8	5.48×10^5
18	"	4-右	"	88.9	"	26.0	4.82×10^5	"	29.8	4.42×10^5
19	"	7-左	"	88.0	1.6	25.8	4.82×10^5	22.2	29.2	4.47×10^5
20	"	7-中	"	87.6	"	19.5	6.09×10^5	"	23.0	5.59×10^5
21	"	7-右	"	89.4	"	26.0	4.85×10^5	"	29.8	4.45×10^5
22	"	10-左	"	87.5	1.6	28.8	4.30×10^5	22.3	32.3	3.98×10^5
23	"	10-中	"	88.9	"	23.0	5.39×10^5	"	26.9	4.90×10^5
24	"	10-右	"	89.0	"	29.1	4.33×10^5	"	32.9	3.97×10^5
25	18.8	1-左	0.172	88.5	1.5	44.8	7.18×10^5	4.4	45.3	7.18×10^5
26	"	1-中	"	88.2	"	35.7	9.97×10^5	"	36.4	9.91×10^5
27	"	1-右	"	88.1	"	44.9	7.11×10^5	"	45.1	7.17×10^5
28	"	4-左	"	88.4	1.6	38.7	9.00×10^5	4.5	39.5	8.09×10^5
29	"	4-中	"	88.3	"	29.2	1.26×10^6	"	30.0	1.24×10^6
30	"	4-右	"	88.9	"	38.3	9.20×10^5	"	39.3	9.04×10^5
31	"	7-左	"	89.0	1.65	38.7	9.09×10^5	4.6	39.5	8.99×10^5
32	"	7-中	"	89.3	"	30.9	1.20×10^6	"	32.0	1.17×10^6
33	"	7-右	"	89.1	"	38.9	9.04×10^5	"	40.1	8.81×10^5
34	"	10-左	"	88.5	1.7	39.3	8.83×10^5	4.7	40.2	8.70×10^5
35	"	10-中	"	89.0	"	33.1	1.11×10^6	"	34.0	1.09×10^6
36	"	10-右	"	89.0	"	41.5	8.22×10^5	"	42.0	8.21×10^5
37	68.8	1-左	0.505	88.9	1.8	52.0	1.93×10^6	3.0	53.0	1.88×10^6
38	"	1-中	"	88.4	"	48.0	2.20×10^6	"	49.3	2.12×10^6
39	"	1-右	"	89.0	"	50.7	2.03×10^6	"	51.8	1.96×10^6
40	"	4-左	"	88.5	1.8	48.0	2.21×10^6	3.1	48.8	2.16×10^6
41	"	4-中	"	88.5	"	43.7	2.56×10^6	"	44.9	2.47×10^6
42	"	4-右	"	88.9	"	47.2	2.28×10^6	"	48.1	2.23×10^6
43	"	7-左	"	88.2	1.9	47.0	2.27×10^6	3.2	48.0	2.21×10^6
44	"	7-中	"	89.1	"	42.7	2.69×10^6	"	44.1	2.58×10^6
45	"	7-右	"	89.0	"	45.9	2.39×10^6	"	48.0	2.24×10^6
46	"	10-左	"	88.7	1.9	48.6	2.17×10^6	3.3	50.0	2.08×10^6
47	"	10-中	"	88.1	"	44.9	2.43×10^6	"	46.7	2.31×10^6
48	"	10-右	"	89.2	"	48.9	2.16×10^6	"	50.4	2.08×10^6

表2 5ℓ反応器内の線量測定結果

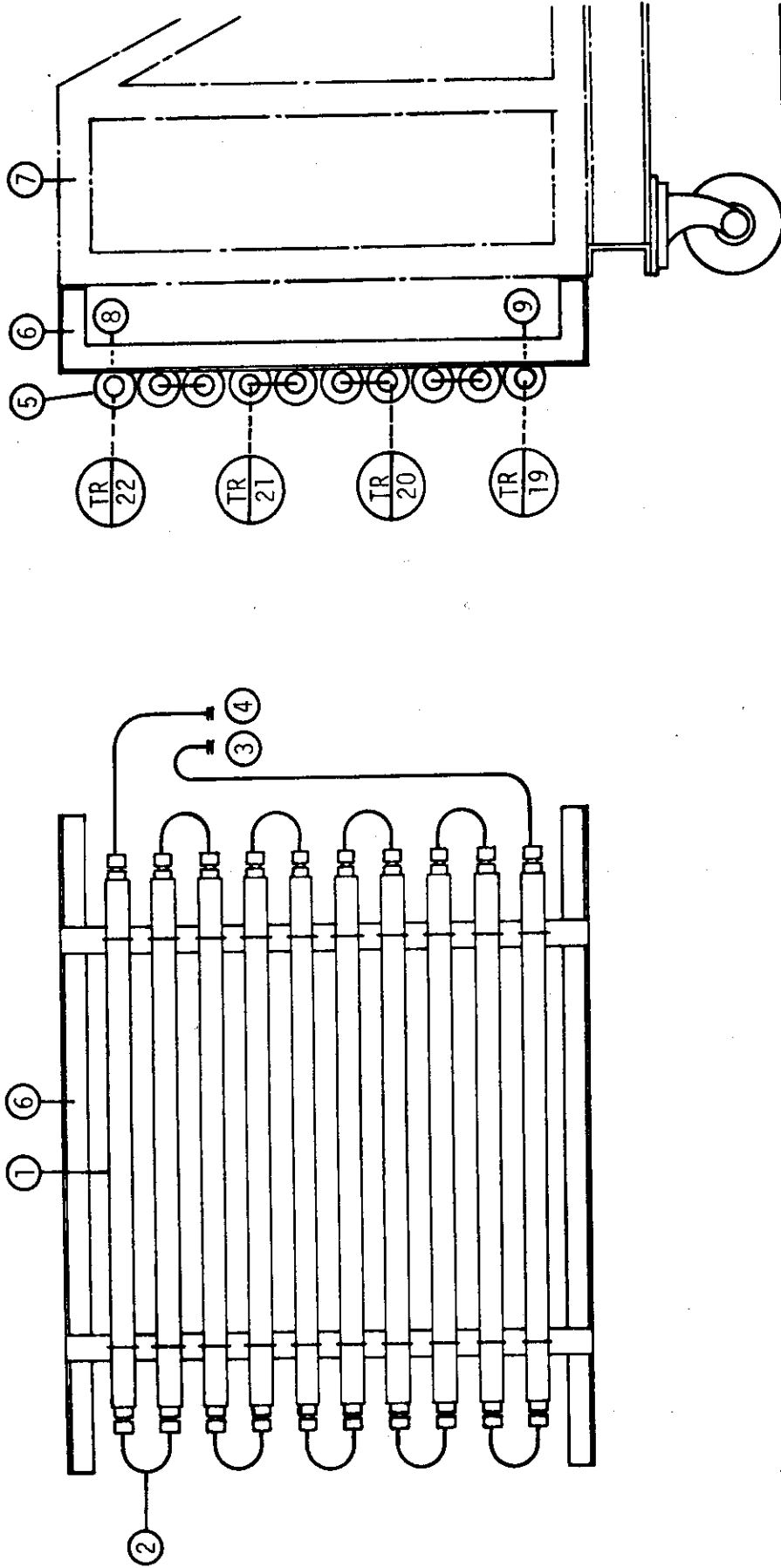
L (cm)	照射時間 (Hr)	測定点	フランクの透 過度 (%)	測定までの時間 (Hr)	透過度 (%)	線量率 (10 ⁵ R/hr)	測定までの時間 (Hr)	透過度 (%)	線量率 (10 ⁵ R/hr)
50	0.5	A	89.6	2.0	52.6	1.91	4.0	53.8	1.85
	"	B	88.2	"	52.1	1.95	"	53.1	1.90
	"	C	88.5	"	52.9	1.89	"	54.1	1.83
	"	D	88.8	"	55.5	1.72	"	56.3	1.68
	"	E	89.6	"	54.6	1.78	"	55.5	1.73
	"	F	88.3	"	55.0	1.75	"	55.7	1.72
	"	G	88.9	"	55.8	1.70	"	56.8	1.65
	"	H	88.6	"	55.1	1.74	"	55.9	1.71
	"	I	88.1	"	54.8	1.76	"	56.0	1.70
	"	J	88.1	"	39.6	3.04	"	40.9	2.93
	"	K	88.9	"	65.4	1.12	"	66.0	1.10
	"	L	88.4	"	66.5	1.06	"	67.7	1.00
	"	M	88.2	"	72.5	0.743	"	74.5	0.649
	"	N	88.4	"	81.2	0.330	"	81.7	0.310
124	2.0	A	88.5	1.0	55.6	0.427	2.5	56.8	0.411
	"	B	89.1	"	53.7	0.459	"	55.4	0.434
	"	C	88.4	"	52.3	0.483	"	53.9	0.459
	"	E	89.0	"	55.4	0.430	"	57.0	0.408
	"	H	88.7	"	56.0	0.420	"	57.7	0.396
	"	J	89.0	"	42.0	0.694	"	43.8	0.655
	"	K	88.1	"	65.05	0.285	"	66.5	0.266
	"	L	88.6	"	52.7	0.476	"	54.1	0.456
	"	M	88.6	"	69.4	0.225	"	70.6	0.211
"	N	89.7	"	79.4	0.103	"	80.7		
85	1.0	A	89.3	1.0	56.4	0.825	2.0	57.5	0.795
	"	B	88.8	"	54.8	0.893	"	55.7	0.854
	"	C	88.4	"	53.8	0.910	"	54.9	0.880
	"	E	88.6	"	56.3	0.828	"	58.0	0.780
	"	H	88.7	"	57.2	0.799	"	58.2	0.773
	"	J	89.0	"	42.4	1.36	"	43.5	1.32
	"	K	88.5	"	65.6	0.551	"	66.8	0.522
	"	L	88.8	"	60.9	0.685	"	62.4	0.646
	"	M	89.0	"	73.0	0.357	"	74.4	0.325
"	N	89.0	"	81.7	0.153	"	82.2	0.143	
30	0.25	A	88.9	1.0	53.5	3.67	"		
	"	B	88.8	"	52.1	3.86	"		
	"	C	88.7	"	54.0	3.60	"		
	"	E	88.7	"	54.0	3.60	"		
	"	H	88.9	"	53.6	3.65	"		
	"	J	88.7	"	38.7	6.20	"		
	"	K	88.4	"	65.0	2.26	"		
	"	L	89.0	"	71.3	1.59	"		
	"	M	89.2	"	73.9	1.33	"		
"	N	89.1	"	79.6	0.798	"			

表3 管型反応器内の各点における線量率の推定

	反応器内各点の線量率 (10 ⁵ R/hr)										各反応管の平均 線量率 (R/hr)
	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
1	5.6	7.18*	8.6	9.6	9.97*	9.5	8.4	7.11*	5.5		7.94 × 10 ⁵
2	6.4	8.2	9.8	11.0	11.5	11.0	9.8	8.3	6.4		9.16 × 10 ⁵
3	6.95	7.7	10.5	11.9	12.2	11.8	10.4	9.0	6.9		9.71 × 10 ⁵
4	7.2	9.00*	10.9	12.0	12.6*	12.0	10.9	9.20*	7.2		1.01 × 10 ⁶
5	7.3	9.0	10.9	12.0	12.5	12.0	10.9	9.2	7.4		1.01 × 10 ⁶
6	7.4	9.1	10.8	11.9	12.2	11.9	10.8	9.2	7.4		1.01 × 10 ⁶
7	7.4	9.09*	10.5	11.6	12.0*	11.6	10.4	9.04*	7.4		9.89 × 10 ⁵
8	7.4	9.0	10.4	11.3	11.8	11.3	10.2	8.8	7.2		9.71 × 10 ⁵
9	7.4	9.0	10.3	11.1	11.4	11.0	10.0	8.6	7.0		9.53 × 10 ⁵
10	7.3	8.83*	10.1	10.9	11.1*	10.8	9.7	8.22*	6.6		9.28 × 10 ⁵
平均線量率 (R/hr)										9.55 × 10 ⁵	

反応管の番号 (上から)

* 印は実測値



① 反応管(10本) ② 連結管 ③ ラテックス入口(HV-126) ④ ラテックス出口(HV-127)
 ⑤ 保温材 ⑥ 取付架台(新設) ⑦ 既設槽型反応器架台 ⑧ 温水入口 ⑨ 温水出口

図 1. 管型反応器

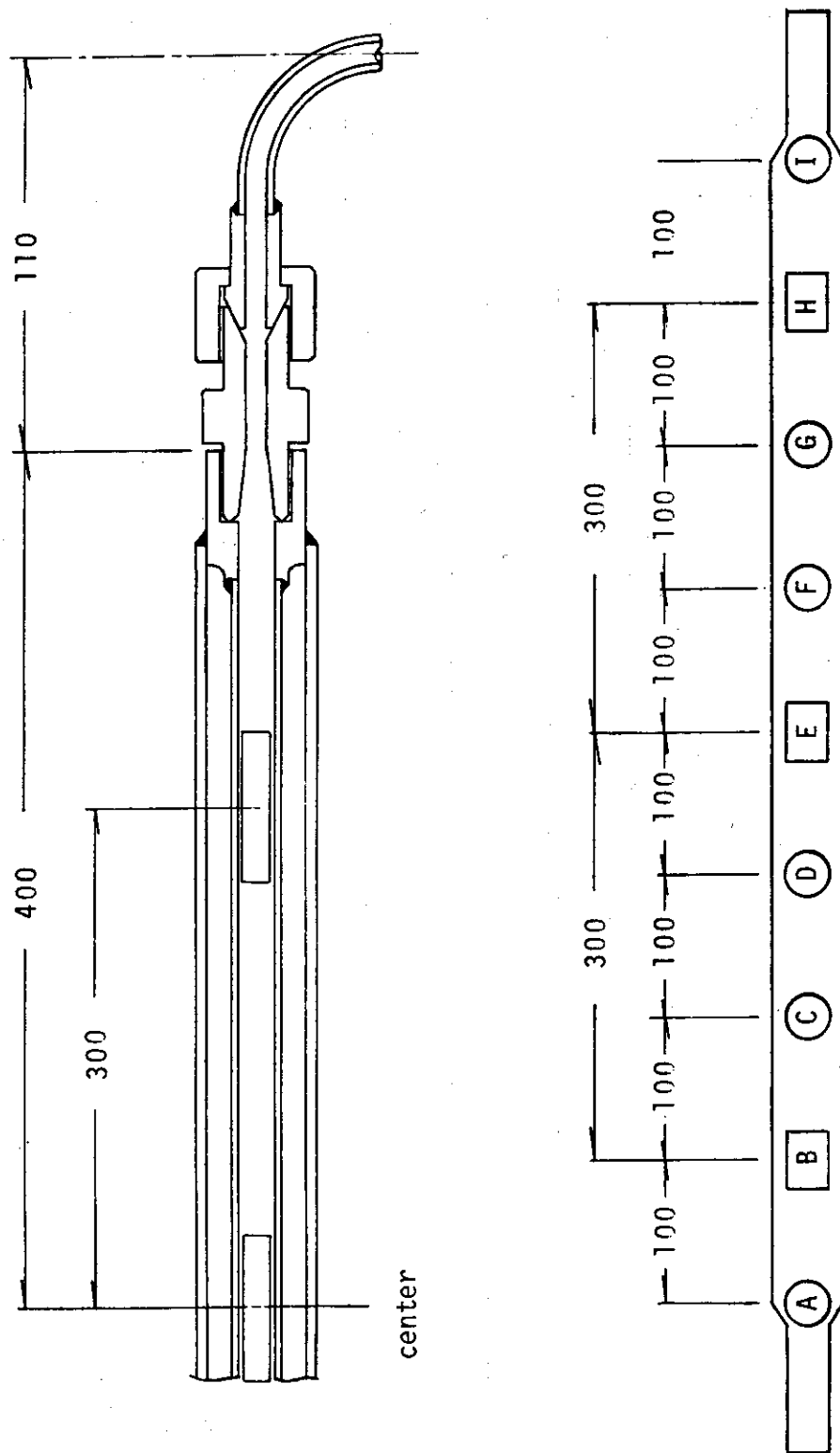


図 2 管型反応器におけるガラス線量計の位置 (mm)

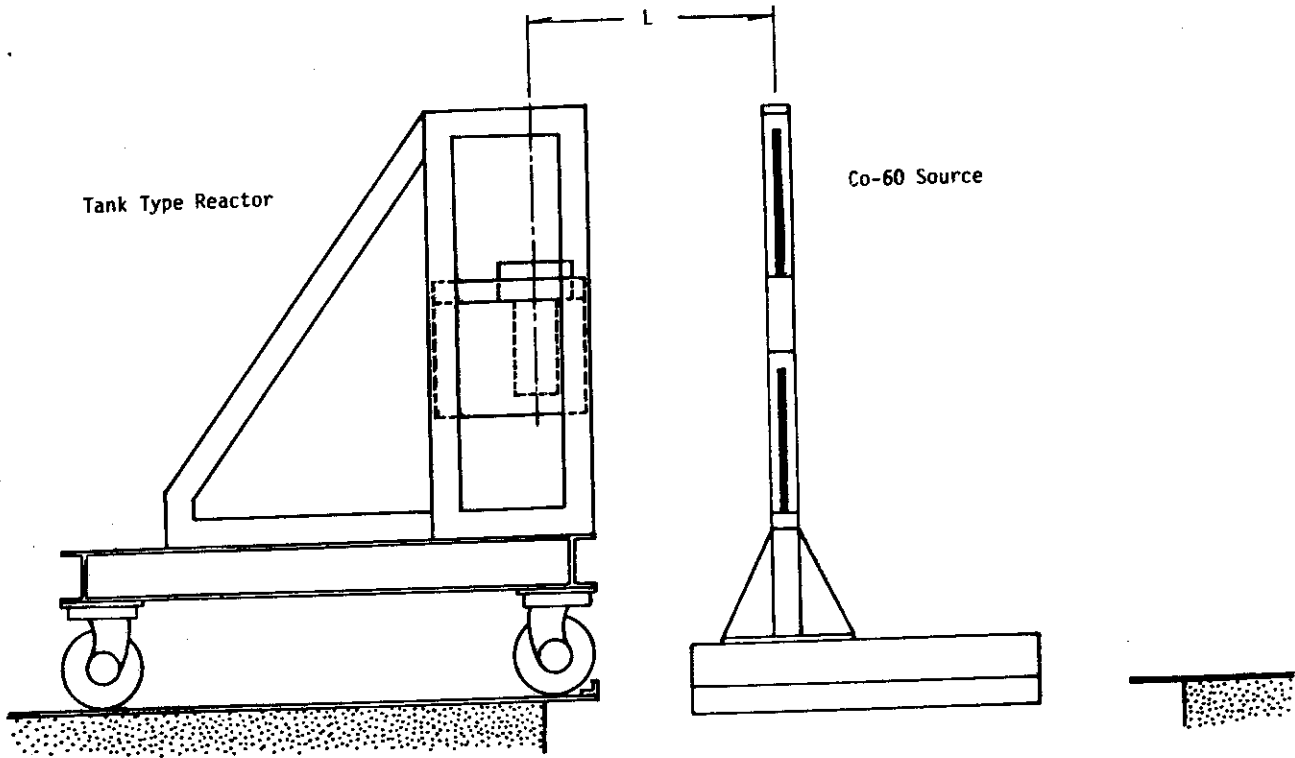


図 3. 槽型反応器と線源との位置関係

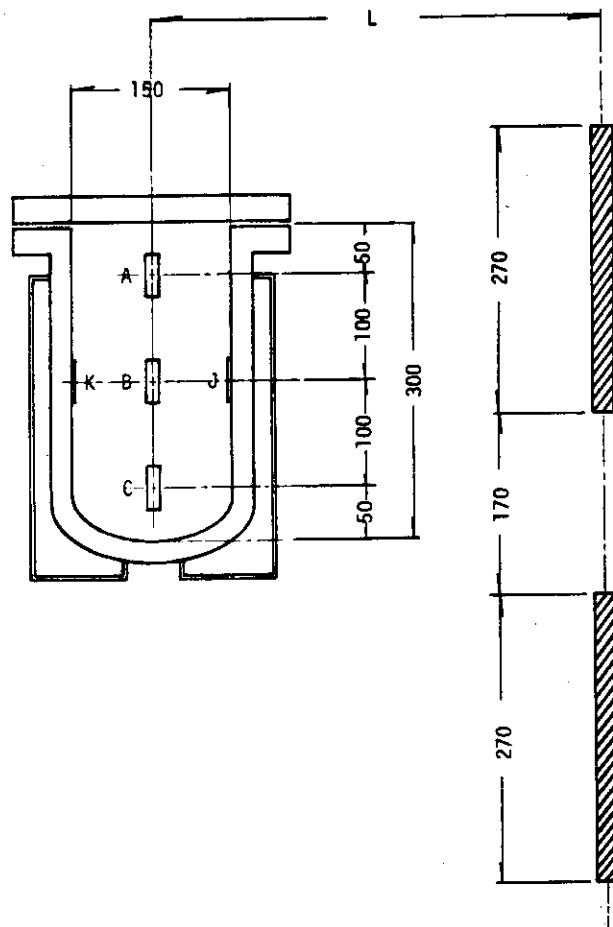


図 4. 5ℓ反応器と線源および測定点との関係

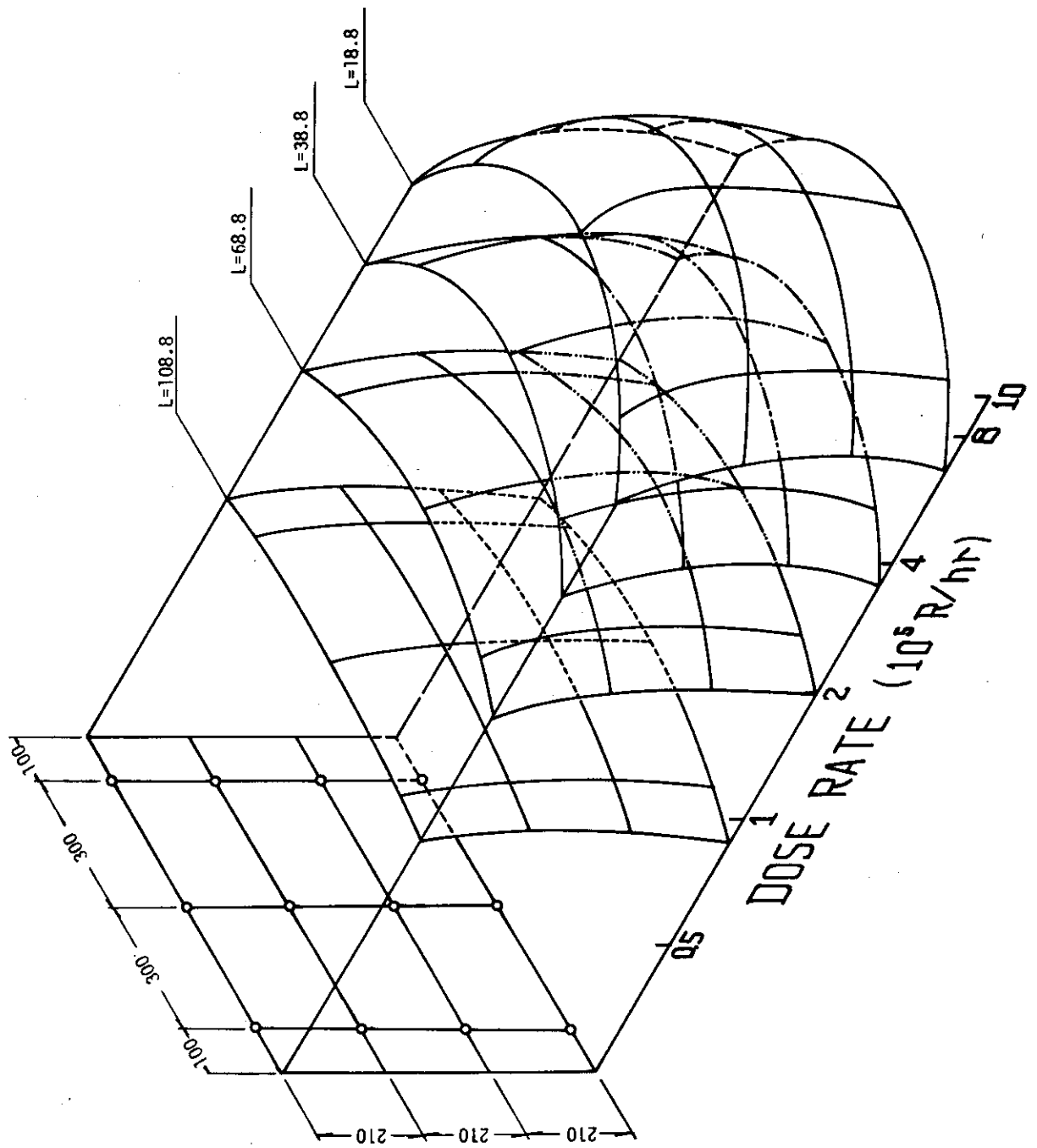


図 5. 管型反応器内の線量率分布

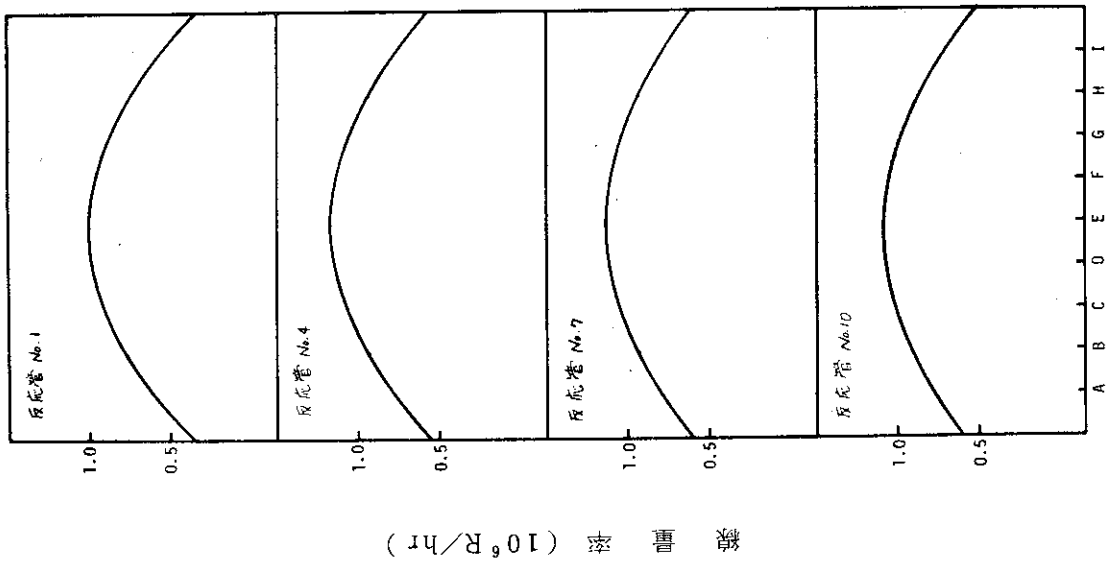
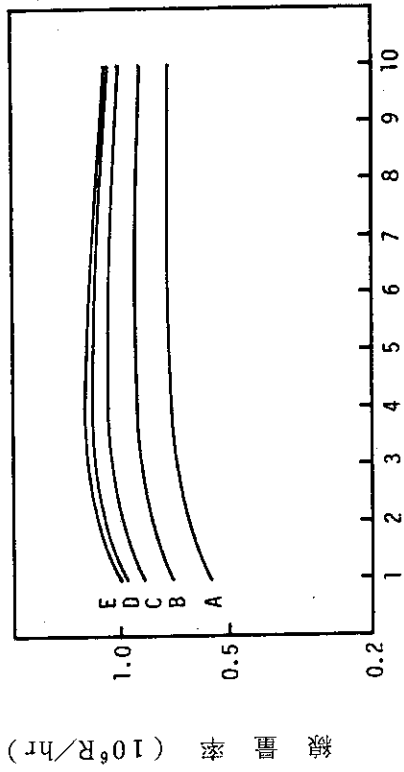


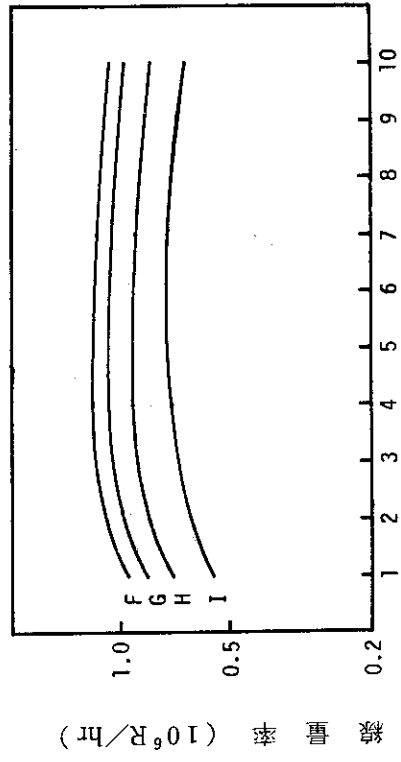
図 6. 反応器内横方向の線量率分布 (L=188 cm)

反応器内の位置



反応管の番号 (上から)

図 7-1 反応器内縦方向の線量率分布 (L=188 cm)



反応管の番号 (上から)

図 7-2 反応器内縦方向の線量率分布 (L=188 cm)

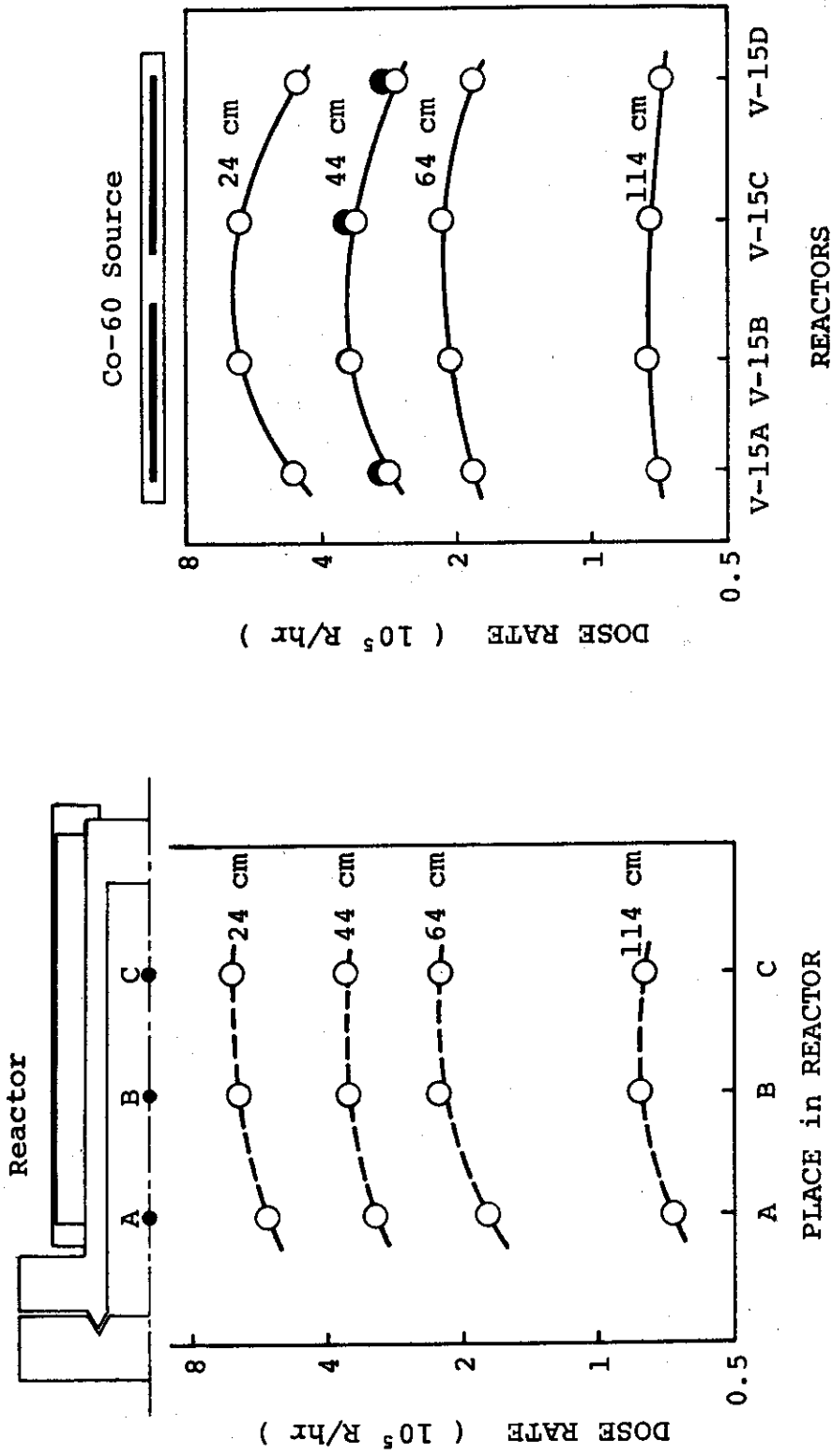
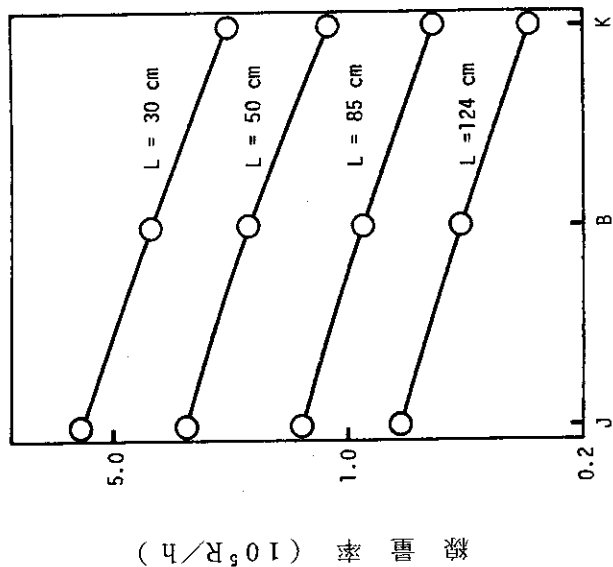
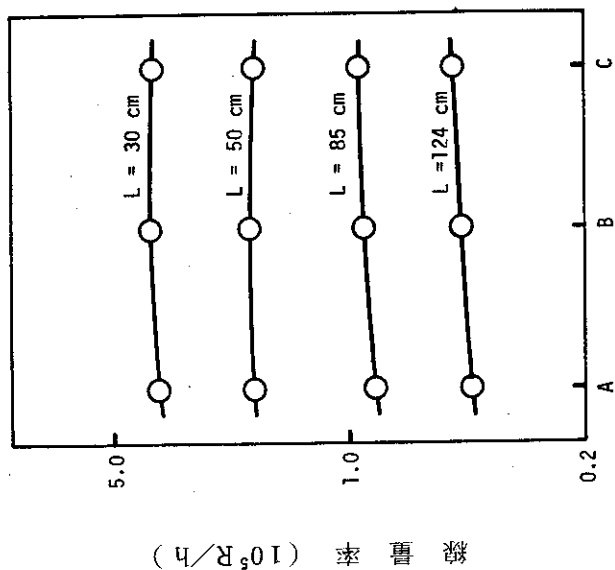


図 8-1 槽型反応器内における縦方向の線量率分布

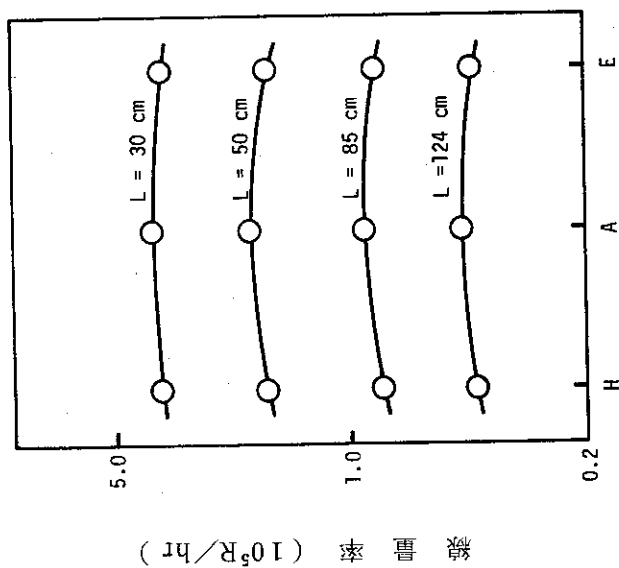
図 8-2 槽型反応器内における各槽内の線量率分布



測定位置 (B は中心)



測定位置 (B は中心)



測定位置 (A は中心を示す)

図 9-1 5ℓ 反応器内における横方向の線量率分布

図 9-2 5ℓ 反応器内上・下方向の線量率分布

図 9-3 5ℓ 反応器内前後方向の線量率分布

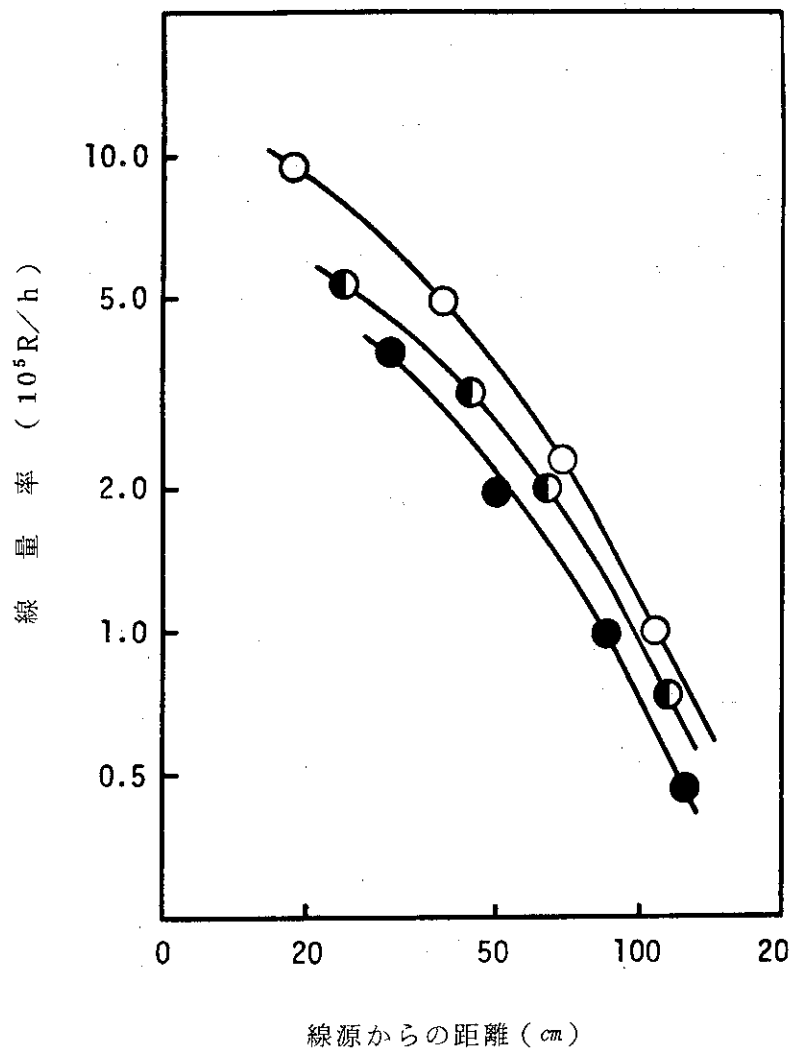


図 10. 各反応器内の平均線量率

○管型反応器, ●槽型反応器, ●5 l 反応器