

土木研究所資料 第1823号

雨天時下水の処理に関する調査

昭和 57 年 3 月

建設省土木研究所
下水道研究室

Copyright © 56 F.S. by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be
reproduced by any means, nor transmitted, nor
translated into a machine language without the
written permission of the Director of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

I 序 文

本調査報告書は、「合流式下水道の改善に関する調査」の一環として行われた、「合流式下水道越流水に関する調査」をまとめたものである。

本報告書は本論においてスワールとヘリカルという慣性力と重力を利用した新しい下水処理装置に関する基礎的研究結果を示し、付録においてスワールの実下水を用いた予備調査結果及び合流式下水道における下水量及びBOD負荷量の流れに関する調査結果を示している。

本調査は、弓倉純一、中村栄一、加藤善明が担当した。

建設省土木研究所下水道部
下水道研究室長 星 隈 保 夫

Ⅱ 要 約

1 スワール型固液分離装置

- スワールにおいては単純な沈殿原理によってのみ除去が行われているわけではないが、装置内の除去機構を考える場合、単粒子沈降速度を求めておく必要がある。
- 装置内での二次流の発生位置は、流入口から45度～180度回転した地点である。
- 比重が1付近（スタイロンL, S）の濁質の除去率を上げるためには、滞留時間を大きくとる必要がある。
- 稼動後に装置内に残留した砂等の沈殿物に対して、かき寄せ装置を設置するなど何らかの対策が必要である。

2 ヘリカル型固液分離装置

- 装置内の除去機構は、拡幅部が管頂勾配をとっている本実験装置では、曲線部の流下方向の流速が小さいことから二次流の影響は小さく、沈殿によって除去の大部分が行われていると考えられる。
- 比重が1付近（スタイロンL, S）の濁質や粒径が細かい（石炭粉）濁質に於いては、ヘリカルの60度では90秒以下の滞留時間で除去率が急に低下し、ヘリカルの90度では滞留時間が大きくなるにつれて除去率が良くなる傾向が見られた。
- 稼動後に装置内に残留する沈殿物の除去のために、かき寄せ装置の設置などの対策が必要である。

目 次

1. はしがき	1
2. スワール型固液分離装置	2
2-1 装置の概要	2
2-2 装置の説明	2
2-3 調査内容	3
2-4 調査結果	6
2-5 考 察	53
3. ヘリカル型固液分離装置	55
3-1 装置の概要	55
3-2 装置の説明	55
3-3 調査内容	56
3-4 調査結果	59
3-5 考 察	169
4. あとがき	172
参考文献	172
付録Ⅰ. 雨天時下水のスワールによる処理実験結果	173
付録Ⅱ. わが国の平均的な合流式下水道における下水流量及びBOD負荷量の流れ	185

1. は し が き

現在、合流式下水道においては、雨天時において未処理の越流水が公共用水域へ流入している状況である。公共用水域の水質保全を行う場合に、これらの越流水を処理することが必要である。本文では、スワール及びヘリカルという新しい2つの処理技術について検討した結果を示している。

スワールは当初、合流式下水道の越流水の調整装置として開発されたものであり、その後、最初沈殿池、沈砂池、侵食防止装置へと応用研究がなされている。スワールの研究例としては、米国のランカスター（ペンシルバニア州）において直径7.3 mのスワール調整装置と直径2.4 mのスワール沈砂装置を連結し、55haの排水区（上流管渠能力 $1.1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{日}$ 、スワール設計流量 $97.65 \text{ m}^3/\text{日}$ ）を受け持ったものなどがある。

ヘリカルは、スワールと比較して研究例が少なく、今後の研究が必要である。

2. スワール型固液分離装置

2-1 装置の概要

雨天時における水質の汚濁防止を考える場合、先ず第一に既存の合流式下水道システム全体の見直しと、正常に運転されていない流量調節装置の改善、管理を適切に行うことが必要である。雨水吐き、ポンプ場などの越流地点での流量調節装置の故障は、晴天時にも越流を生じるなど思わぬ弊害が発生する場合がある。

理想的な雨天時越流水の調節処理装置の機能として、流量制御の面からは、処理場、放流先への分流量を正確に行うということ、水質面からは、越流水の清浄化と遮集管へ濃縮した形の雨水を送るという量、質両面からの要求を満足すべきものを備えていなければならない。特に公共用水域の水質保全が重要視されている現在、水質面からの対応が求められている。

アメリカでは、古くから雨天時の合流式下水道から未処理で放流される越流水が、重大な汚濁源であることが認識され、越流地点で何らかの処理を行うことを検討してきた。そこで、米国環境保護庁（EPA）では、下水道の整備地域及び未整備地域からの流出水処理、調節するために、スワール型の固液分離装置（以下スワールとする）の開発を行った。

スワールは、イングランドのブリストルで Smisson が行ったヴォルテックス型の調節装置の実験に続いて開発されたものである。スワールの浮遊物除去は、比較的短期間の滞留時間中に起る重力による沈殿効果と、回転によって発生した慣性力による固液分離作用の2つによってなされる。スワールは滞留時間が短いという利点の他に、可動部分のない静的な装置であり、消費電力もほとんどなく、また維持管理もほとんど必要ないという利点を有している。

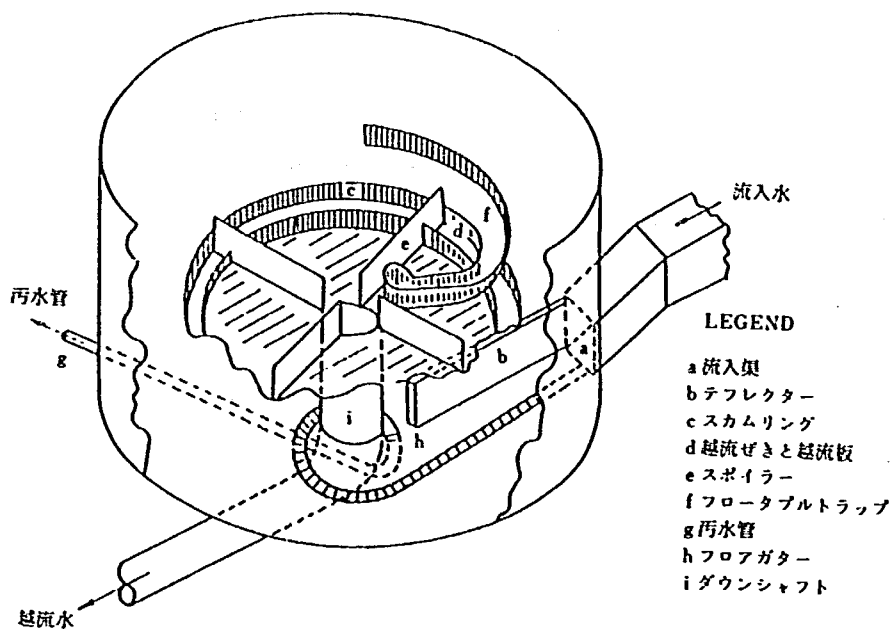
スワールは、雨天時越流水の簡易処理装置として供することを主眼として開発されたわけであるが、一次処理を目的とした沈砂装置、または浸食防止装置として用いる場合も原理的にほとんど差がないと思われ、合流式下水道システムの改善を図る場合、公共用水域の水質保全の為に有力な装置となると考えられる。

2-2 装置の説明（原理）

スワールが沈殿池と異なっている点は、固液分離の際に重力の他に固体に働く慣性力も利用しているところである。（概観図参照）

流入下水は、円形のスワールに接線方向の向きに導入され、流入口付近の流向制御板によって方向が定められ、出来る限り長い距離をとるように周辺部を回って水が流れるよう工夫されている。これが、いわゆる一次流である。一次流が流下方向に向きを変える（回転する）ことによって、二次流が発生する訳であるが、これにより表面付近の水は外側へ、底面付近の水は内側へ押しやられる。これは、河川の湾曲部でよく見られる現象である。つまり、河川の流水が、その内側に土砂を堆積するのと同じことである。

このようにして沈殿性の固形物や、慣性力によって分離された固形物は外側から中心へと運ばれ、汚水管から流出するわけである。また、浮遊性の固形物も浮遊物（スカム）トラップによって除去され、



スワール型固液分離装置の概観図

残された大部分の水は、処理水として越流堰を越えて放流される。

スワールの流量調節は、中心部の円形越流堰と底部に設けられたオリフィスによって行われ、これはダムとオリフィスの関係と同じ仕組みである。

2-3 調査内容

今回の調査に用いた実験装置は、建設省土木研究所で製作した直径0.90m、水面積0.62m²、越流堰の高さ0.25m、容量0.16m³、設計流量0.6m³/分のスワール型固液分離装置(写2-1)である。調査内容は以下の3項目である。

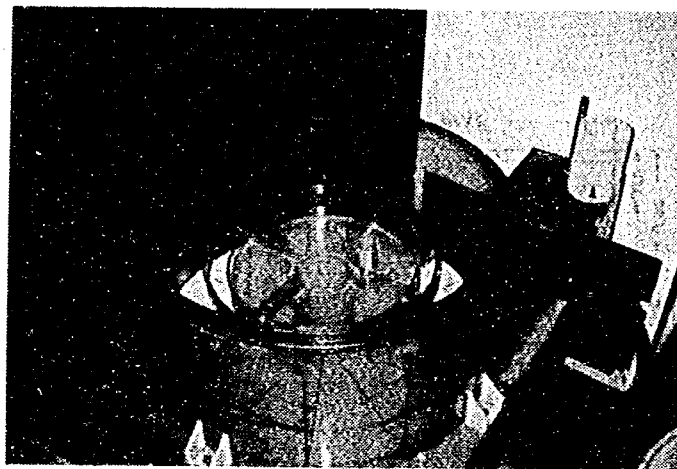


写真2-1 スワール型固液分離装置

2-3-1 比重及び粒度と除去率に関する調査

まず、水道水により設定流量になるようにスワールを稼動しておく。

粒度調整した試料5種類（スタイロン2種、細砂2種、石炭粉）についてそれぞれの実験毎にあらかじめ水とよくなじませておいたものを乾燥重量 τ 100g スワールの流入口前の調整槽に、瞬間的に投入し、次の手順で濁質（試料）の採集を行った。

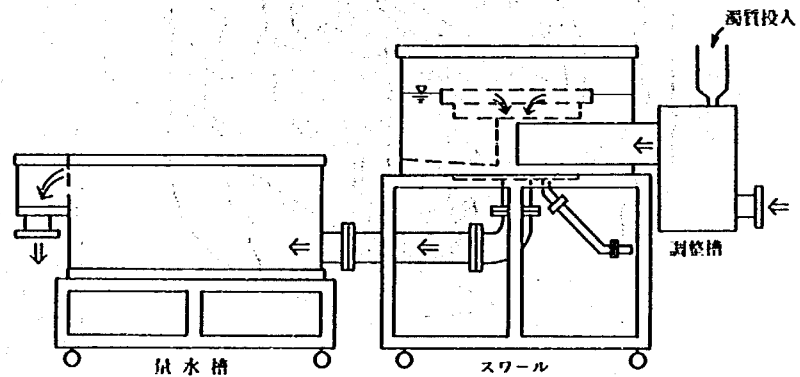


図2-1-1 実験装置概略図(スワール)

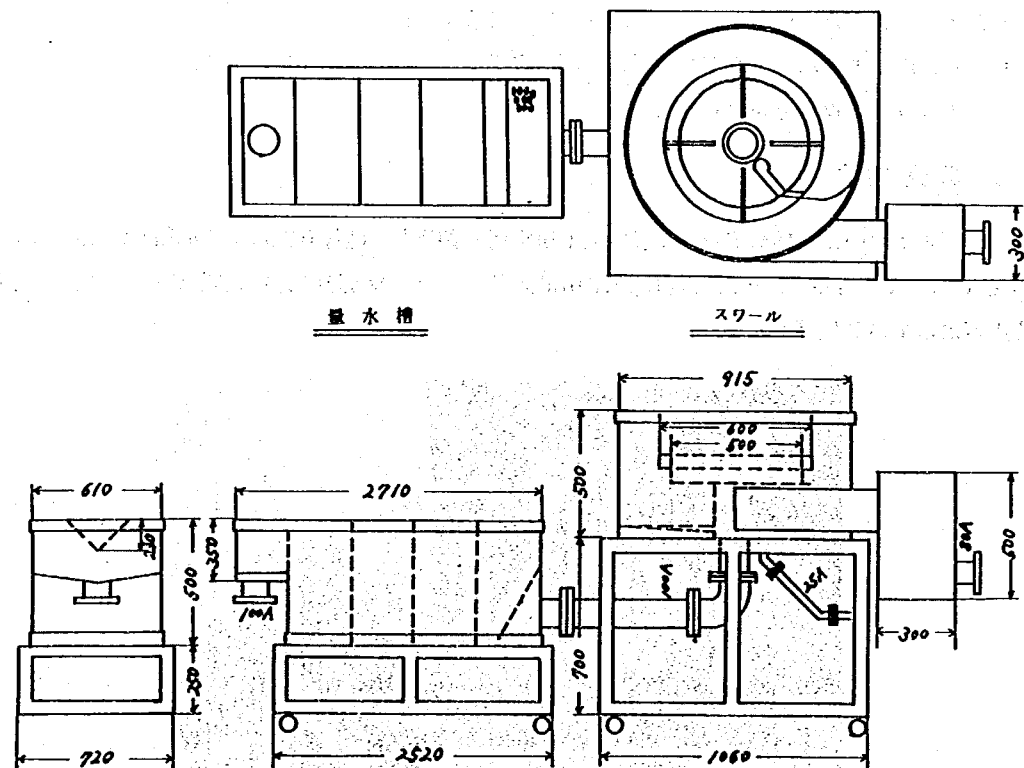


図2-1-2 実験装置詳細図

i) 試料投入後、装置内で投入試料の移動が見られなくなるか、ほとんど除去が完了したと思われるまで設定流量で移動した。今回は、移動がほとんど見られなくなった時間に余裕を少しとって、投入後5分間移動させた。

5分間に汚水管から流出したものを採集し、乾燥後重量を測定して、これをa(g)とした。

ii) aを採集した後、水の供給を停止し、汚水管からの引き抜きのみで水位を低下させた。給水停止後から槽内の水がなくなるまでの間に汚水管から流出した濁質を採集し、乾燥後重量を測定し、これをb(g)とした。

iii) bを採集した後、槽内に残留している濁質を汚水管より掃き出し、乾燥後重量を測定して、c(g)とした。

以上、i)、ii)、iii)の操作を1回の実験とし、各試料とも3設定流量について計15回実験を行った。除去率は、 $(a+b+c)/100 \times 100\%$ として算出した。

尚、本実験では、試料(濁質)の採集の際、目の大きさが、0.105mm, 0.074mmのフルイの間に、二重に重ねたさらしを挟んだもの採集器として用いたが、採集器の回収効率を調べるため、予備実験として各試料を0.105mm, 0.074mm, さらしの順でとし、その回収量を求めた結果を表2-1に示す。尚、汚水管流出量は0.084m³/分で一定量とした。

表2-1 各試料の回収率

試料	スタイロンL	スタイロンS	細砂L	細砂S	石炭粉
試料重量(g)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
0.105mmのふるいに残ったもの(g)	100.0	100.0	99.6	99.6	88.4
0.074mmのふるいに残ったもの(g)	0.0	0.0	+	+	2.8
さらしに残ったもの(g)	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
総回収量(g)	100.0	100.0	99.6	99.6	92.3
総回収率(%)	100.0	100.0	99.6	99.6	92.3

○重量は乾燥重量

○+は0.1g未満を表わす。

2-3-2 流速測定調査

図2-2に示した1, 2, 3, 4地点の上, 中, 下の計12点における各流量条件下で流速を測定した。

量水槽の三角堰水位により流量を調整し、各測定点の接線方向の流速を測定した。この場合においては3回の値を平均してその地点の流速とした。流速測定は、微流速計(三光精密社製, SV-108型)を用いて、10秒間の羽の回転数をカウンターにて読み取り、あらかじめ作成しておいた回転数(N/10sec)-流速(m/sec)の関係より流速を求めた。

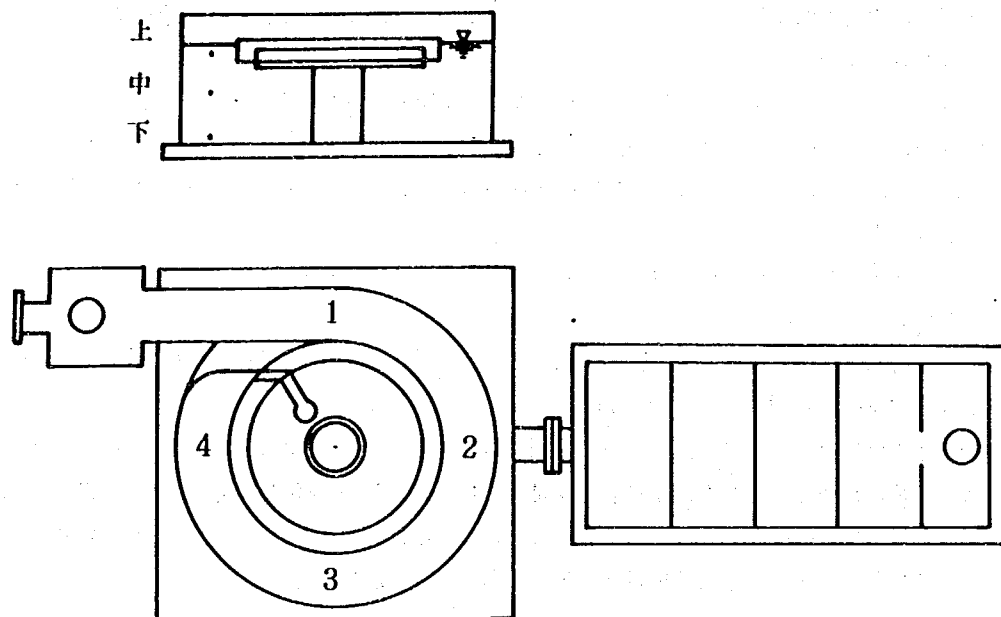


図 2-2 スワールにおける流速測定点
(1～4 においてそれぞれ 3 測定点)

2-3-3 単粒子の挙動調査

装置内に設定水量の水を流し、ターゲットとなる単粒子を放ち、この移動をビデオカメラによって撮影し、後にこれを図化した。このとき、撮影と同時に目視による単粒子の位置確認も並行して行い、ビデオによる結果との調整を行った。

追跡に用いた単粒子は、除去率実験に用いた試料を細工して人工的に整型したものである。比重 1.0 を対象としてスタイロンを用い、その粒径 1, 2, 5mm, 比重 1.5 を対象として塩化ビニールを用い、粒径 2mm の以上 4 種類である。

注) 3 項目の調査で行っている流量設定は、すべてスワールの越流水口下端に接続した量水槽の直角三角堰越流水位を測定することによって操作した。

直角三角堰の越流水位 h と流量 Q の関係は、水理公式集から次式で求められる。

$$Q = C \cdot h^{5/2} \quad (\text{m}^3/\text{sce})$$

$$Q = 1.354 + \frac{0.004}{h} + \left(0.14 + \frac{0.2}{\sqrt{D}} \right) \left(\frac{h}{B} - 0.09 \right)^2$$

但し、 $B = 0.60 \text{ m}$, $D = 0.12 \text{ m}$

尚、汚水管からの流出量は、10秒間の採水量の 3 回の平均から求めた。

2-4 調査結果

2-4-1 除去率調査結果

濁質の物理特性を表2-2、除去率を図2-3、また、水面積負荷とともにまとめたものを表2-3に示す。

表2-2 濁質の物理特性

種 類	試 料	粒 径 (mm)	比 重
ス タ イ ロ ン	ス タ イ ロ ン L	2.0 ~ 0.84	1.07
	ス タ イ ロ ン S	0.84 ~ 0.21	"
細 砂	細 砂 L	1.19 ~ 0.42	2.63
	細 砂 S	0.42 ~ 0.11	"
石 炭 粉	石 炭 粉	0.42 ~ 0.21	1.66

注；スタイロンはプラスチックが主成分の赤色物質

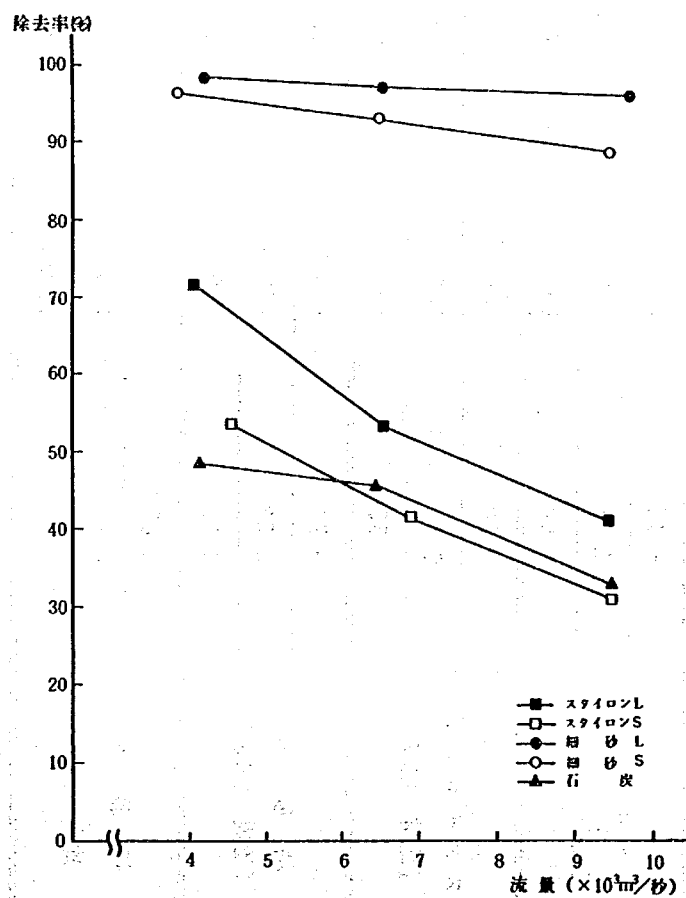


図2-3 流量と除去率の関係 (スワール)

表2-3 スワールによる除去率

試 料	流量($\times 10^{-3} \text{m}^3/\text{sec}$)	投入重量(g)	回収量(g)	除去率(%)	水面積負荷($\text{m}^3/\text{m}^2\text{日}$)
スタイロン L (比重 1.07)	9.46	100.0	41.0	41.0	1320
	6.53	100.0	53.2	53.2	910
	4.04	100.0	71.5	71.5	560
スタイロン S (比重 1.07)	9.50	100.0	31.1	31.1	1320
	6.87	100.0	41.4	41.4	960
	4.52	100.0	53.6	53.6	630
細 砂 L (比重 2.63)	9.74	100.0	95.7	95.7	1360
	6.53	100.0	97.7	97.7	910
	4.17	100.0	98.5	98.5	580
細 砂 S (比重 2.63)	9.47	100.0	88.4	88.4	1320
	6.49	100.0	93.0	93.0	900
	3.85	100.0	96.4	96.4	540
石 炭 (比重 1.66)	9.50	100.0	33.1	33.1	1320
	6.46	100.0	45.4	45.4	900
	4.13	100.0	48.4	48.4	580

細砂のように2.63 というような比重の大きな物質は、設計流量付近でも90%近い除去率となっている。粒径の相違による除去率の違いは、LとSの間でみて最大で5%程度である。

スタイロンL、Sや石炭粉は、細砂に較べて相当低い除去率となっている。スタイロンは、比重が1.07であり、重力による沈殿効果が小さいためと考えられる。さらに、LとSで粒径の相違によるものと考えられる除去率の違いが見られ、各設定流量で10~15%異なっている。石炭粉については、比重が1.68にも拘らず成分の約50%が0.074mm以下とシルト分より細かい粒子であるために余り良い除去率となっていない。

2-4-2 流速測定結果

各設定流量での地点別流速を表2-4、5、図2-4、5に示す。

地点1は流入口付近の為、下層の流速が大きく、流速は下、中、上層の順に小さくなっており、この関係は、流入量の変化に左右されていない。地点2から3にかけて各ケースとも上、中、下層の逆転が見られる。これは、流入口から45度~180度回転した付近で主方向の流速に対して、表面近くの水が外側へ底面近くの水が内側へという旋回流つまり二次流が強くなることが影響しているものと考えられる。

表2-4 流速測定結果（スワール、1回目）

地点 \ 測点	上	中	下
1	29.4	35.3	48.3
2	31.3	38.1	41.5
3	42.5	42.0	39.2
4	39.4	41.3	38.8

流 量

0.65 m³/分

単位 cm/sec

地点 \ 測点	上	中	下
1	27.8	30.1	38.8
2	23.8	28.5	30.3
3	32.5	30.3	30.0
4	31.2	30.0	28.0

流 量

0.48 m³/分

単位 cm/sec

地点 \ 測点	上	中	下
1	21.9	24.4	30.9
2	20.6	23.4	24.4
3	25.6	25.3	24.4
4	24.4	24.4	23.5

流 量

0.34 m³/分

単位 cm/sec

表 2-5 流速測定結果 (スワール, 2回目)

地点 \ 測点	上	中	下
1	26.3	34.1	49.0
2	33.3	39.6	44.3
3	47.5	43.9	40.3
4	45.0	40.2	37.9

流 量
0.68 m³/分

単位 cm/sec

地点 \ 測点	上	中	下
1	25.0	28.0	34.4
2	27.5	30.7	33.9
3	37.9	35.0	34.1
4	34.5	32.4	30.2

流 量
0.49 m³/分

単位 cm/sec

地点 \ 測点	上	中	下
1	22.0	22.2	26.0
2	17.5	22.6	24.5
3	24.4	24.5	23.8
4	23.6	22.4	20.5

流 量
0.31 m³/分

単位 cm/sec

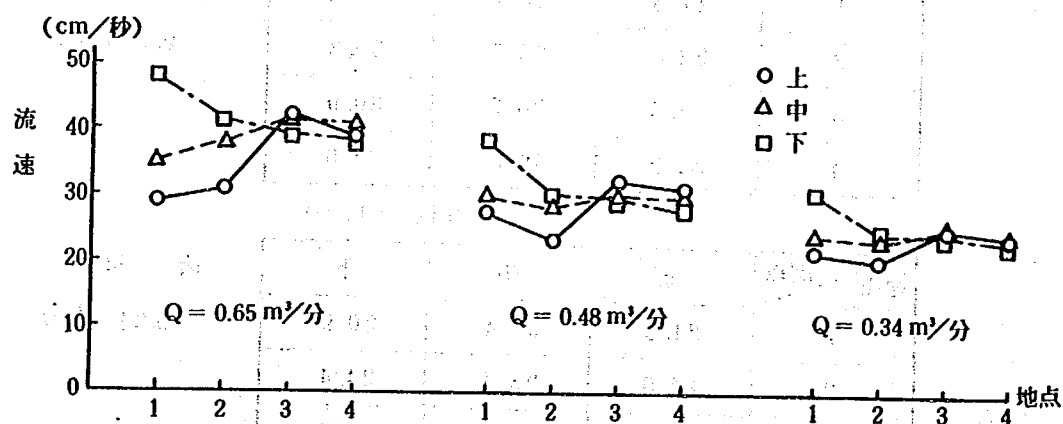


図 2-4 流速測定結果 (1回目)

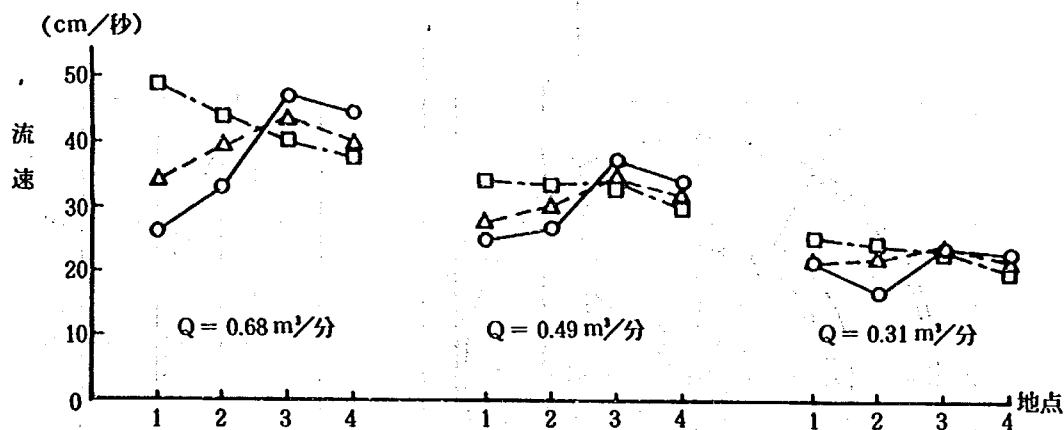


図 2-5 流速測定結果 (2回目)

2-4-2 単粒子の追跡結果

単粒子の追跡は、二次流の測定が微流速計では不可能であったため、間接的に水の流れを把握すること、単粒子の比重、粒径の大小による装置内での軌跡の相違の概略を把握することを目的として行った (図 2-6-1~41)。全体的な傾向として以下の数点が指摘出来る。

- i) 粒子は、投入点から装置側壁にはほぼ平行に移動し、投入点 (流入口) から約45度回転した付近から外側方向へふくらむ。
- ii) 粒子が流下方向の流れでなく二次流の影響を受けるのは、投入点から45度~180度の間と考えられる。
- iii) 粒子の着底までの浮遊距離は、比重が小さい程、粒径が小さい程、流量が大きい程、及び投入点の位置が高い程長い傾向がある。
- iv) 粒子は着底後、二次流の影響を受け装置の内側へ引き寄せられる。これは、汚水口付近で特に顕著である。
- v) 着底後の粒子の移動速度は、浮遊中に較べかなり遅い。

図 2-6-1~41 の注

- 注) 1. 側面図の場合、各プロットを単に直線的に結んでいるだけである。
2. プロットの手前で線が途切れているのは、途切れた地点で単粒子が停止し、その後移動しなかったことを示す。
3. 図が煩雑になるので平面図にフロアゲターは示していない。

種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：1 mm
 流量：0.27m³/分
 投入点：上

1回目 ▲-----▲

△着底点

プロットは2秒間隔

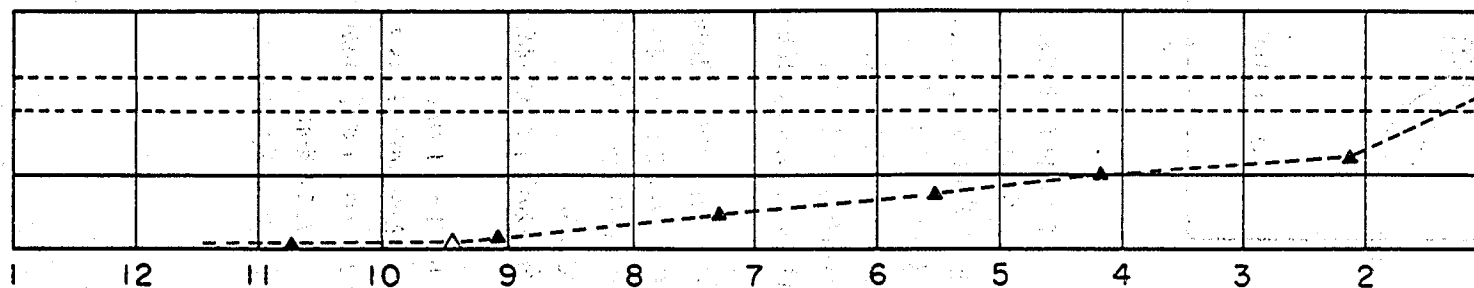
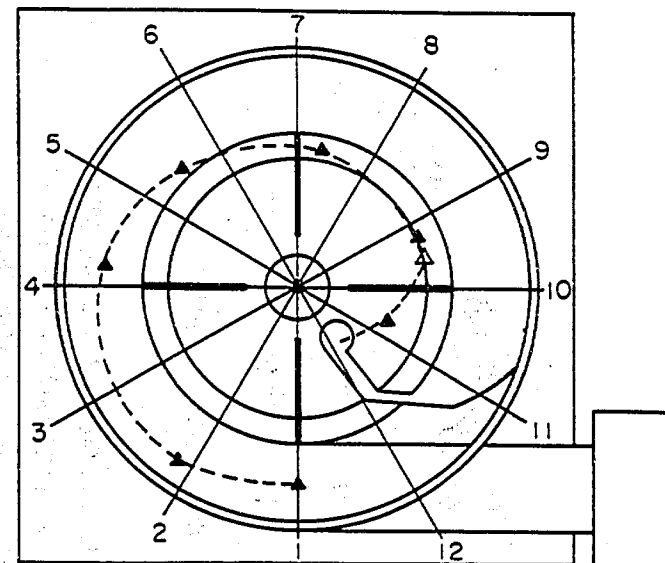


図2-6-1 単粒子の追跡図（スワール）

種類：スタイロン

比重： 1

粒径： 1 mm

流量： $0.27\text{m}^3/\text{分}$

投入点： 上

2回目 ■-----■

□ 着底点

プロットは2秒間隔

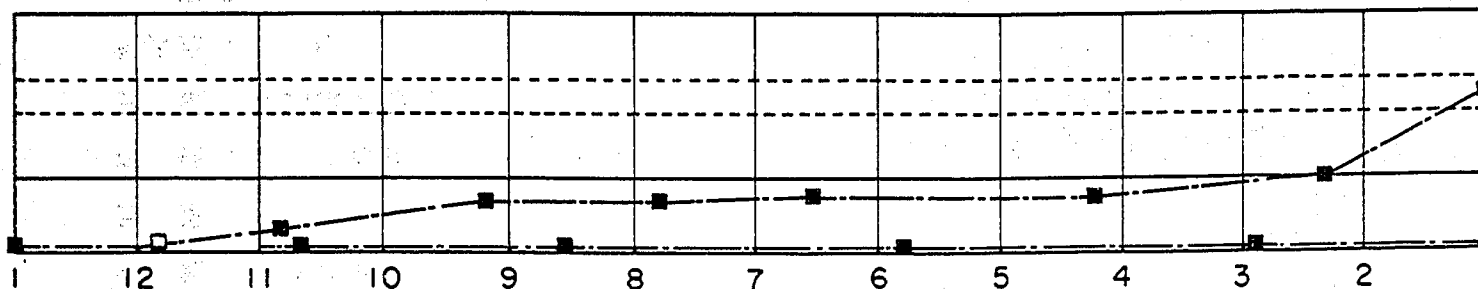
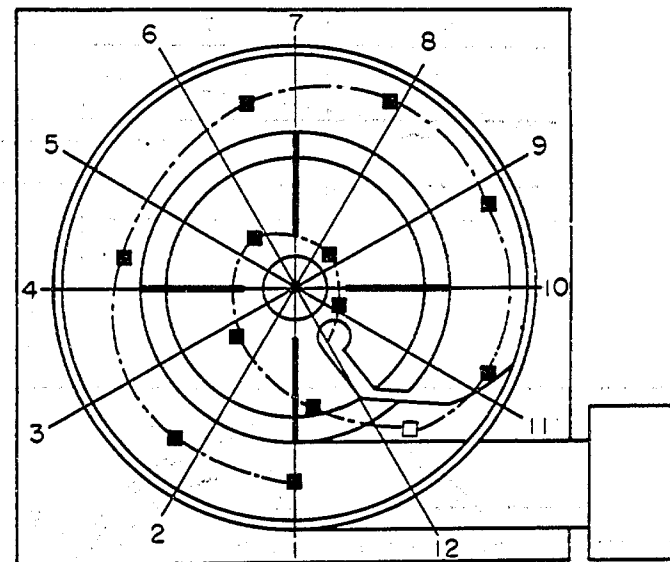


図2-6-2 単粒子の追跡図（スワール）

種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.27m³/分

投入点：中

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

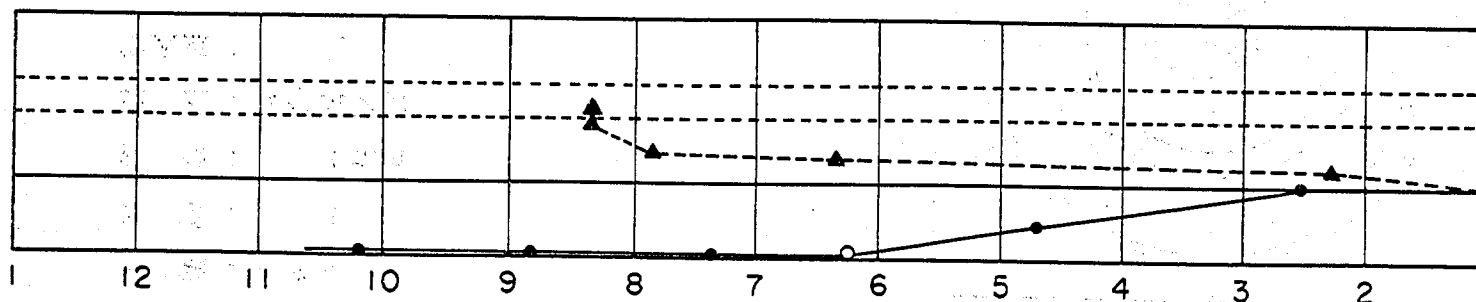
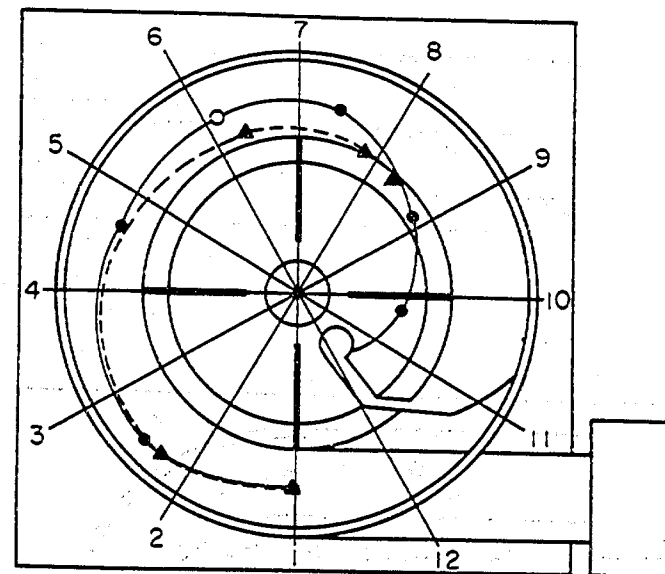


図2-6-3 単粒子の追跡図（スワール）

種 類 : スタイロン

比 重 : 1

粒 径 : 1 mm

流 量 : $0.27\text{m}^3/\text{分}$

投入点 : 中

3回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

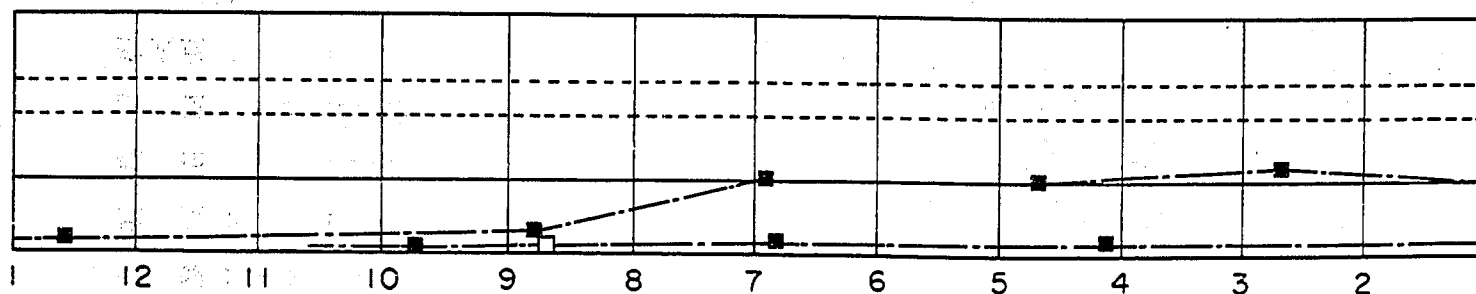
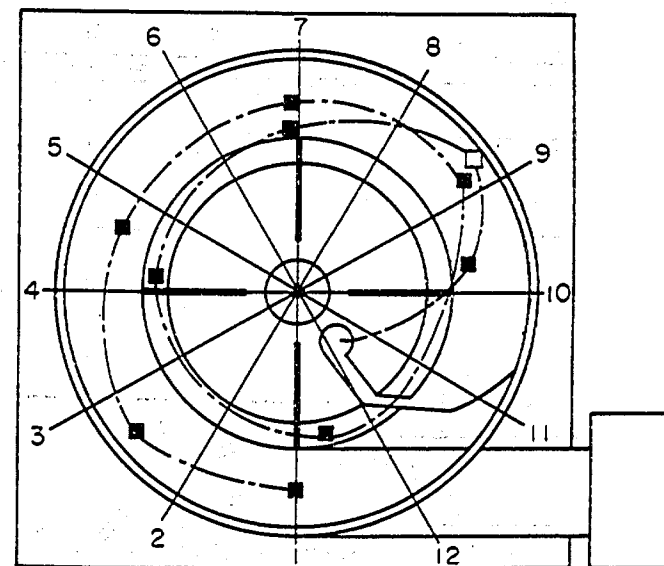


図2-6-4 単粒子の追跡図(スワール)

種 類：スタイロン

比 重： 1

粒 径： 1 mm

流 量： $0.27\text{m}^3/\text{分}$

投入点： 下

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

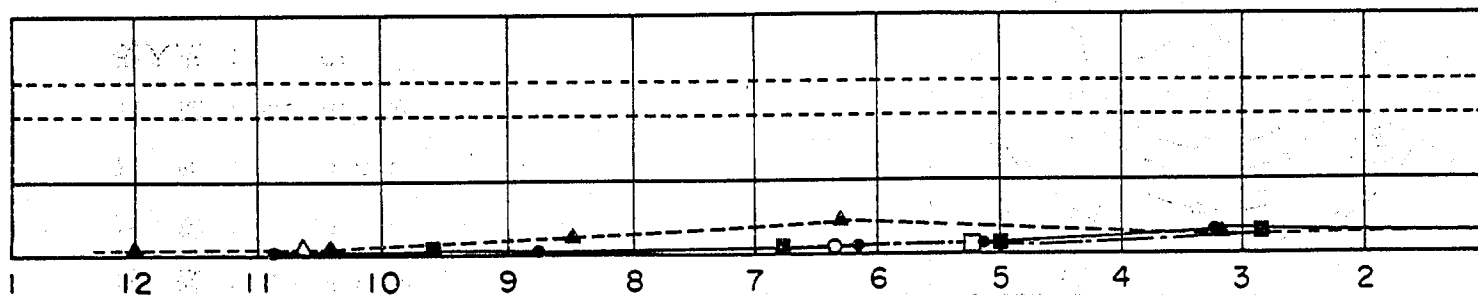
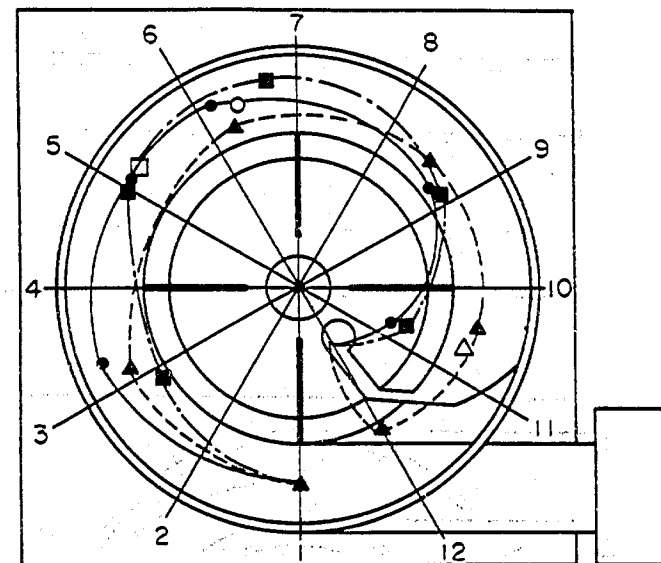


図 2-6-5 単粒子の追跡図 (スワール)

種 類：スタイロン

比 重： 1

粒 径： 1 mm

流 量： 0.6 2m³/分

投入点： 上

1 回目 ●——●

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

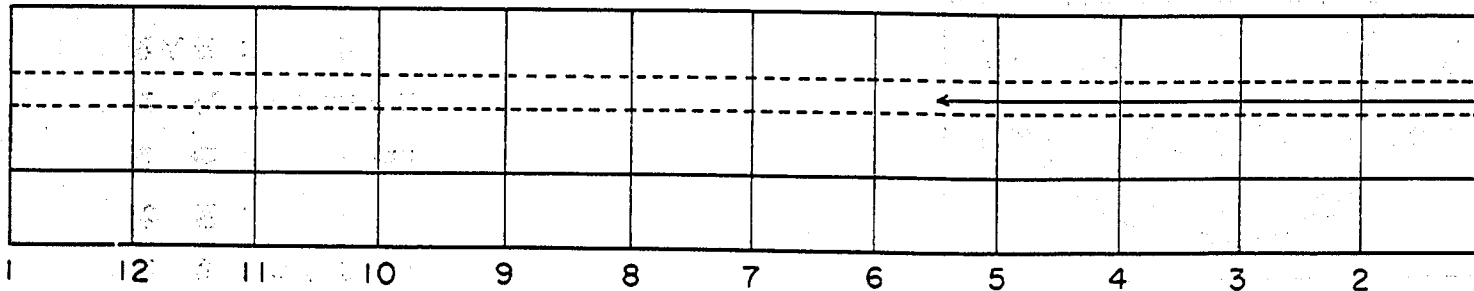
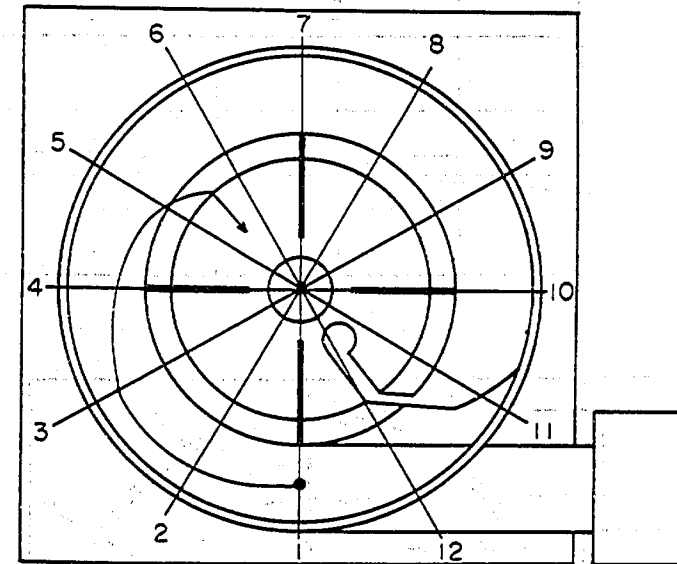


図 2-6-6 単粒子の追跡図 (スワール)

種類：スタイロン

比重： 1

粒径： 1 mm

流量： $0.62\text{m}^3/\text{分}$

投入点： 上

2回目 ▲-----▲

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

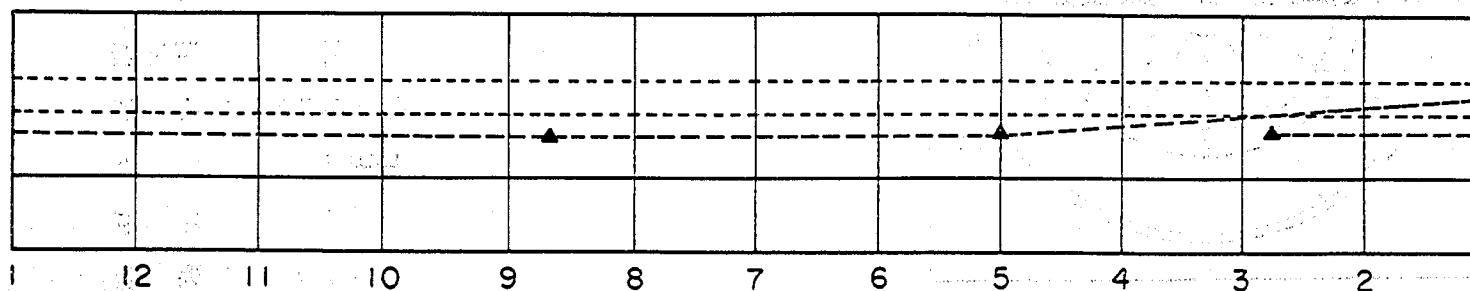
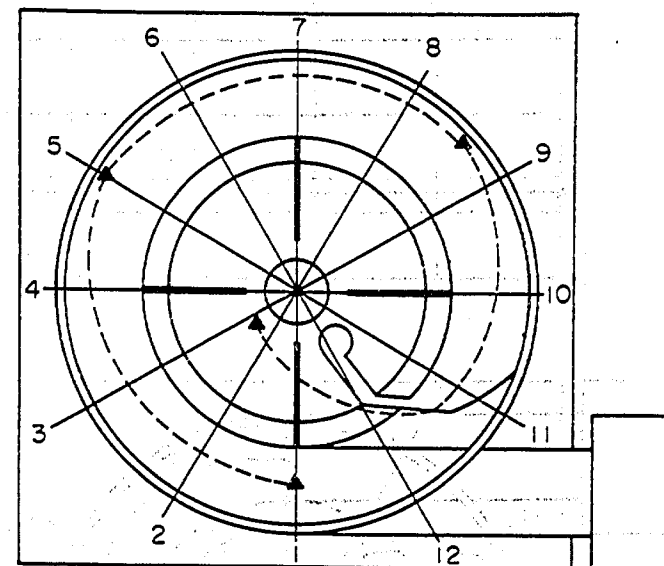


図2-6-7 単粒子の追跡図（スワール）

種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.62m³/分

投入点：中

1回目 ●——●

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

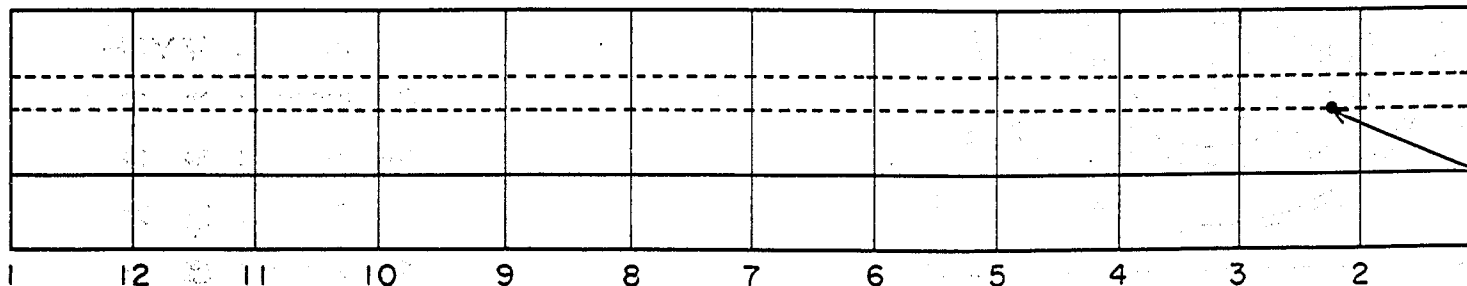
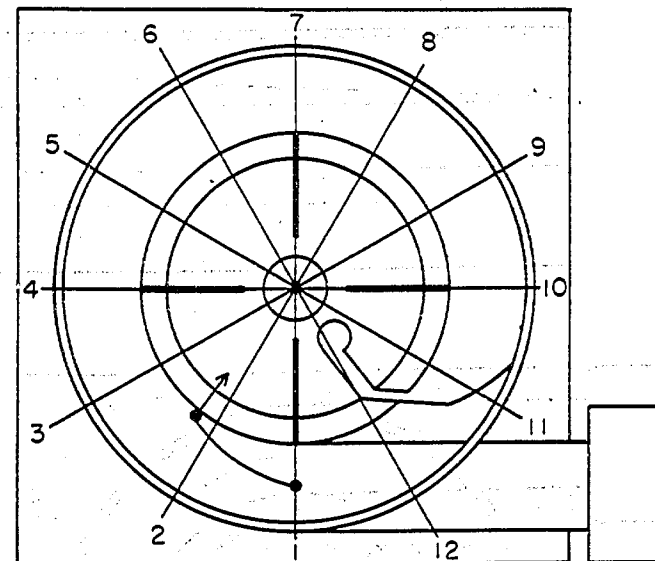


図2-6-8 単粒子の追跡図(スワール)

投入点：中

2 回 目 ▲-----▲

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

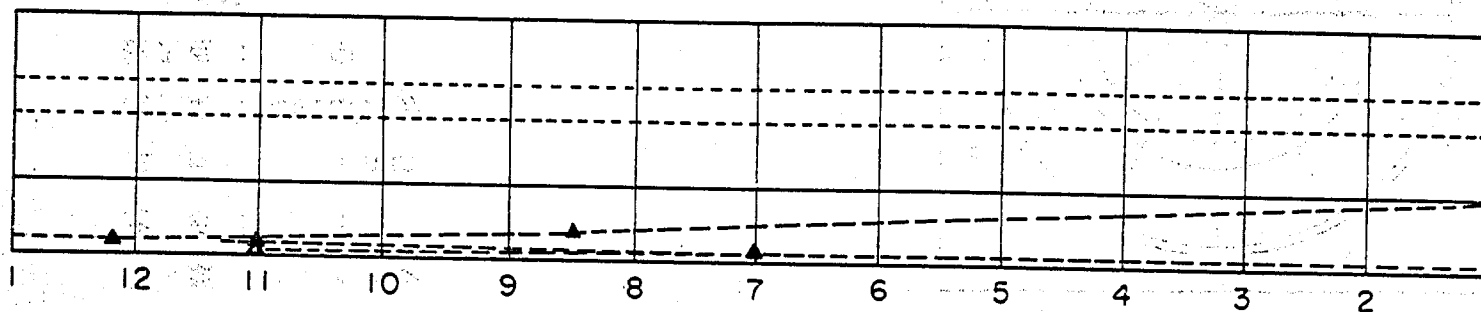
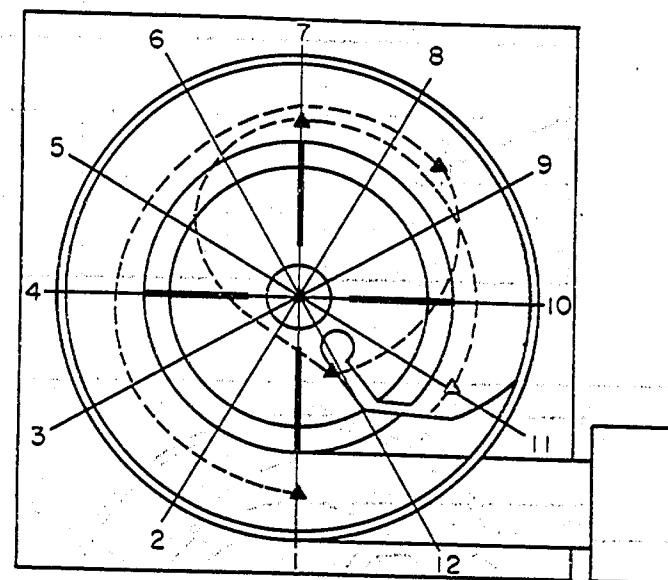


図 2-6-9 単粒子の追跡図 (スワール)

種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.6 2m³/分

投入点：下

2回目 ▲-----▲

○△□ 着底点

● プロットは2秒間隔

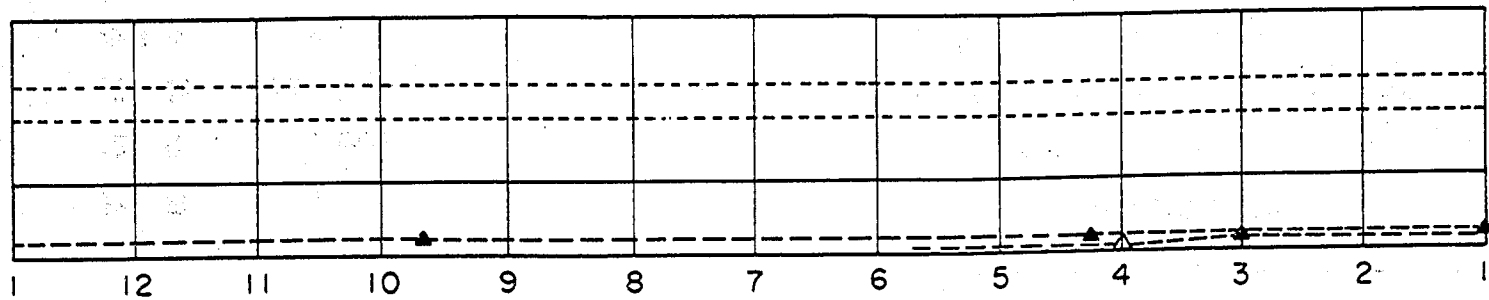
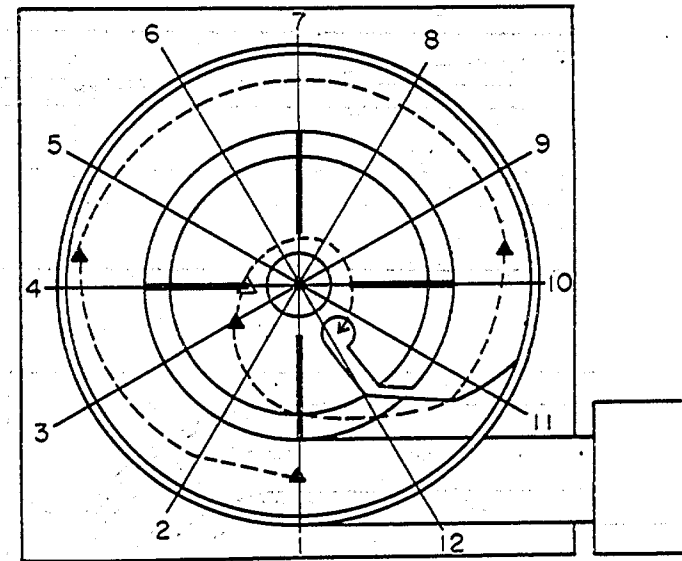


図2-6-10 単粒子の追跡図（スワール）

種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：1 mm
 流量：0.62m³/分
 投入点：下

3回目 ■-----■
 ○△□ 着底点
 プロットは2秒間隔

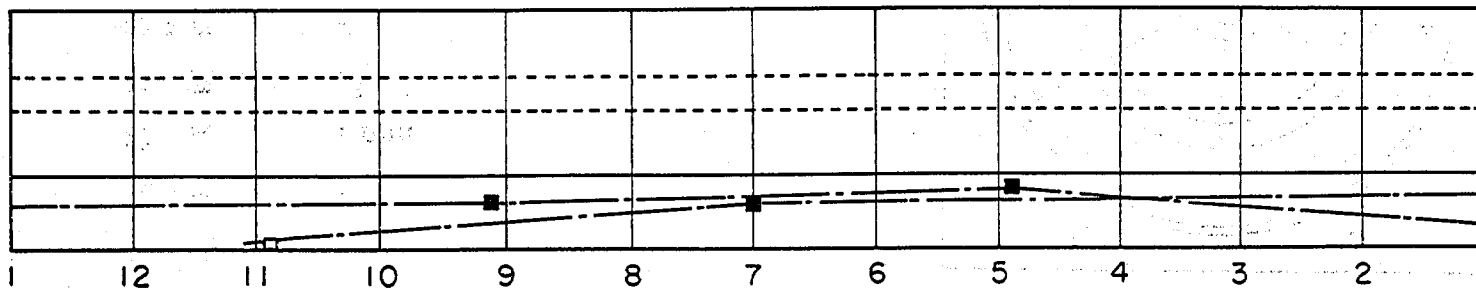
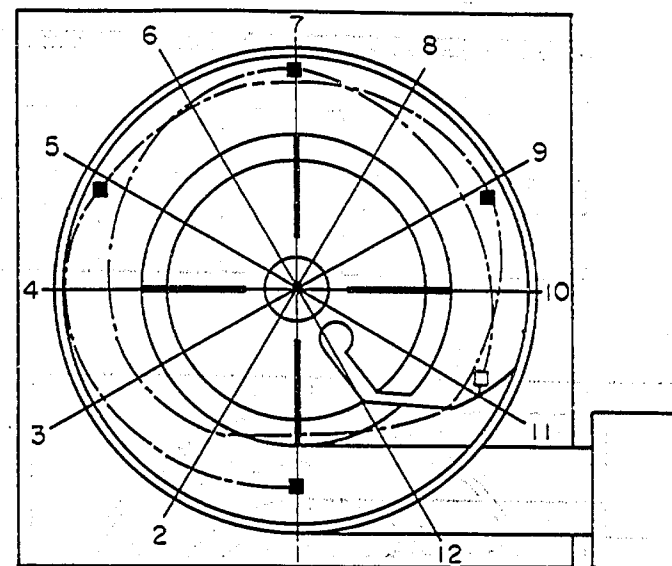


図2-6-11 単粒子の追跡図（スワール）

種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.27m³/分

投入点：上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

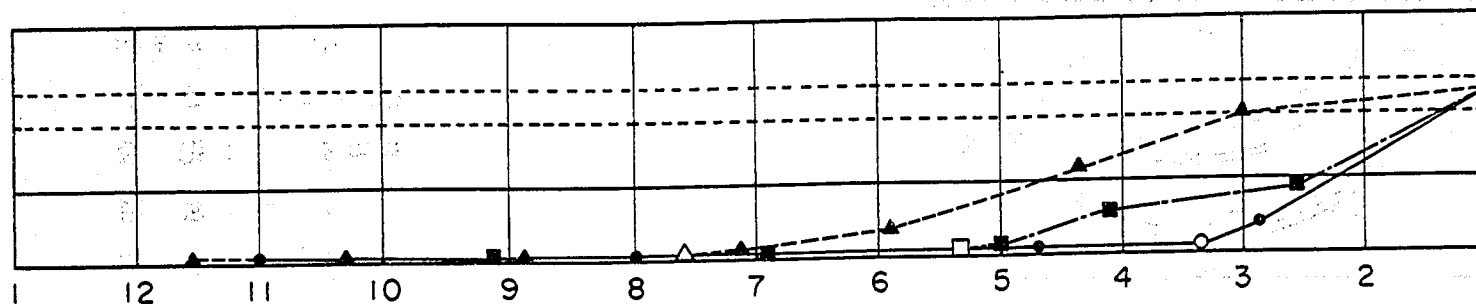
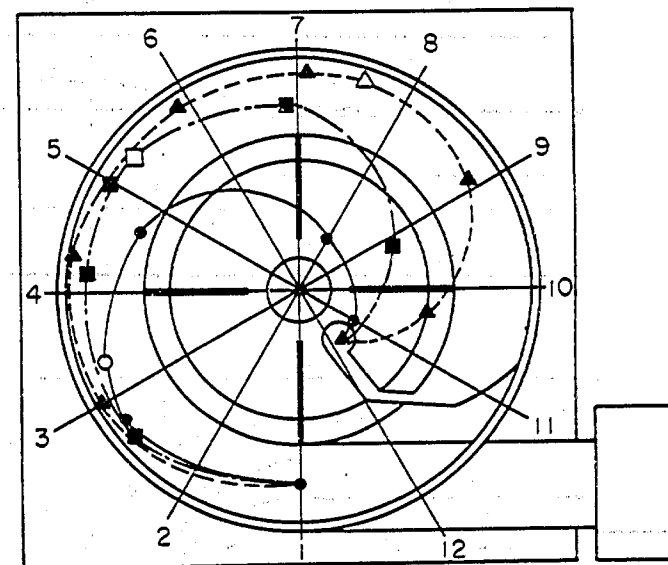


図2-6-12 単粒子の追跡図(スワール)

種類：スタイロン

比重： 1

粒径： 2 mm

流量： $0.27 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点： 中

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

○△着底点

プロットは2秒間隔

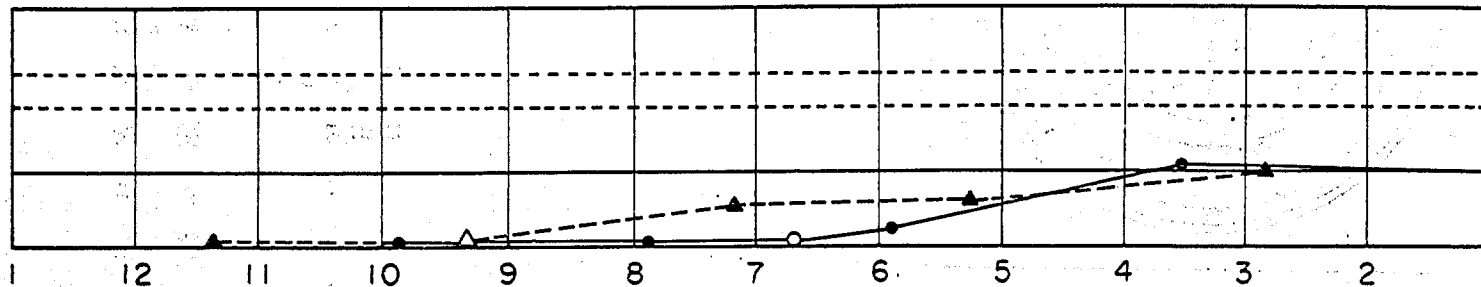
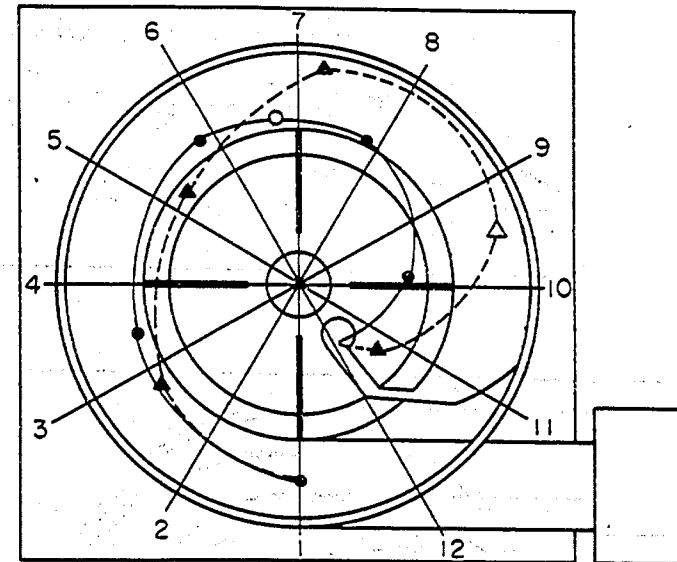


図2-6-13 単粒子の追跡図（スワール）

種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：2 mm
 流量：0.27m³/分
 投入点：中

3回目 ■-----■
 □ 着底点
 プロットは2秒間隔

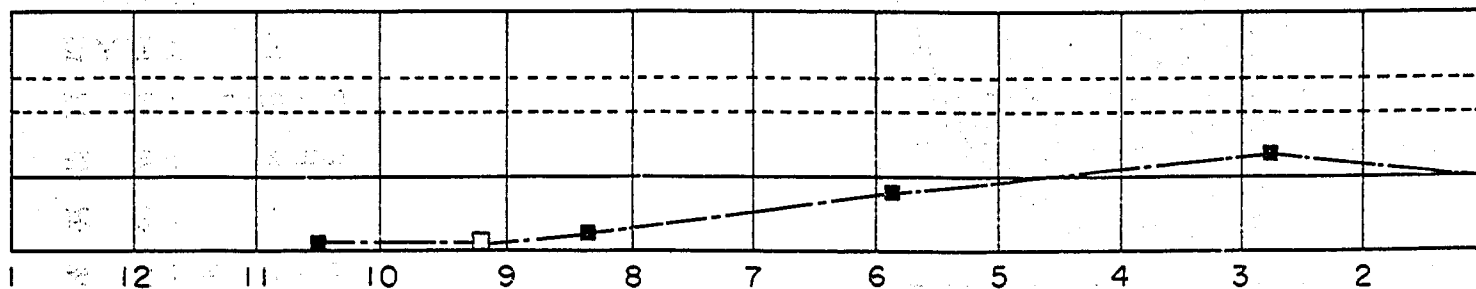
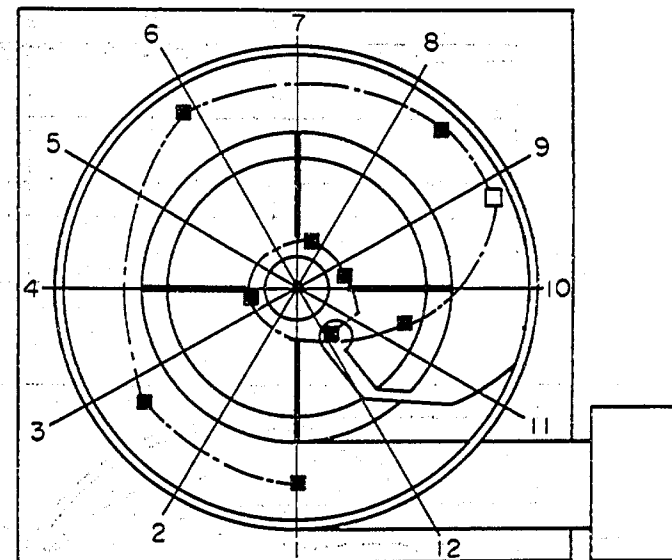


図2-6-14 単粒子の追跡図(スワール)

種 類：スタイロン

比 重： 1

粒 径： 2 mm

流 量： 0.27m³/分

投入点： 下

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

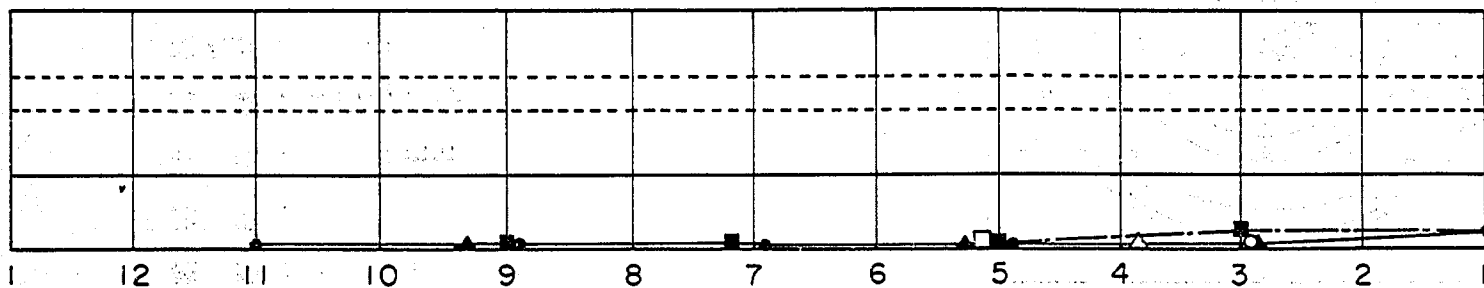
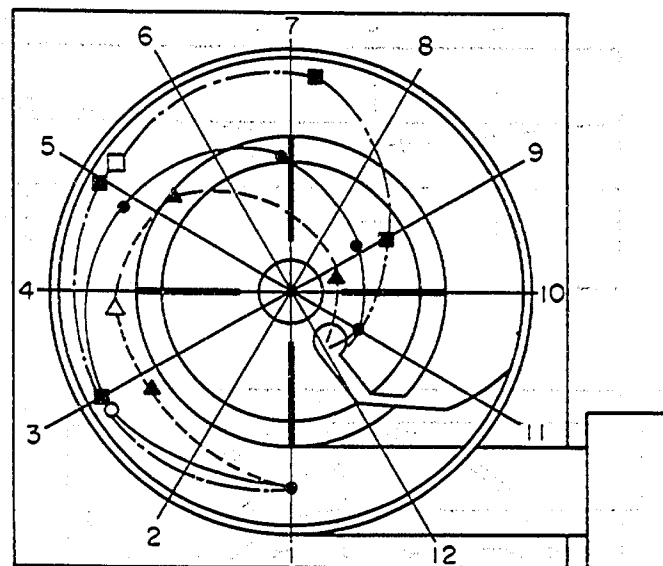


図 2-6-15 単粒子の追跡図 (スワール)

種類：スタイロン
比重：1
粒径：2 mm
流量：0.62m³/分
投入点：上
1回目 ●——●

○着底点
プロットは2秒間隔

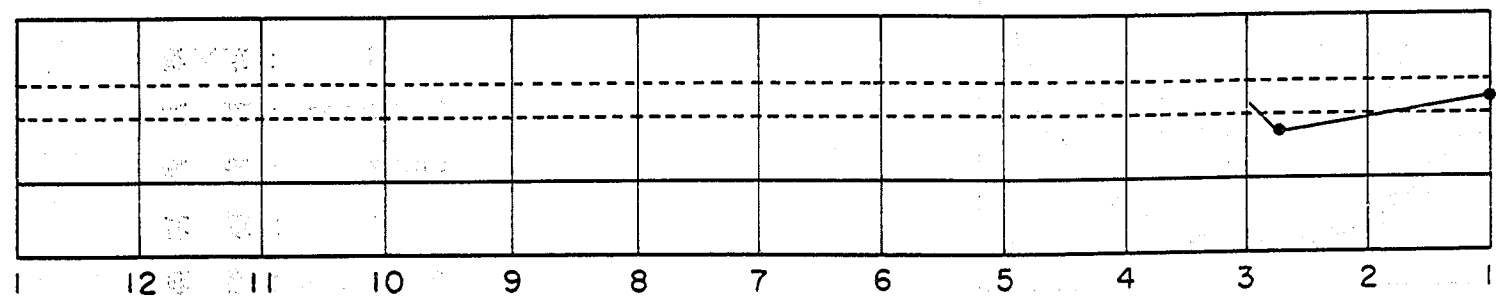
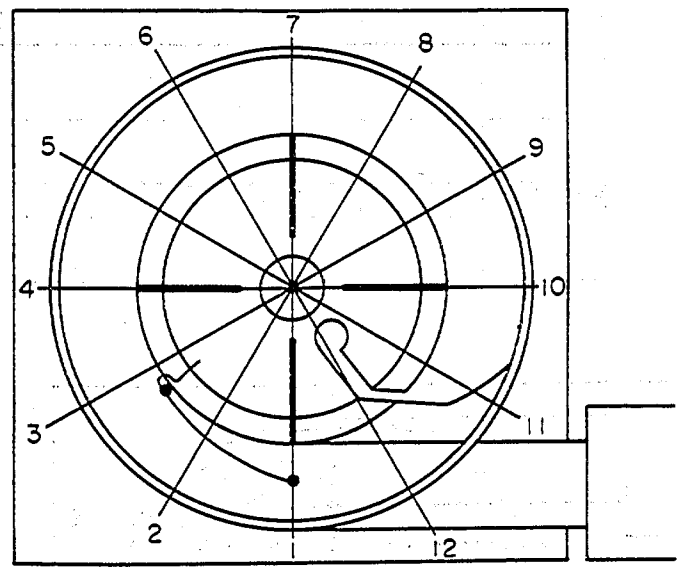


図2-6-16 単粒子の追跡図(スワール)

種類:	スタイロン
比重:	1
粒径:	2 mm
流量:	0.62m ³ /分
投入点:	上

2回目 ▲-----▲

△ 着底点

プロットは2秒間隔

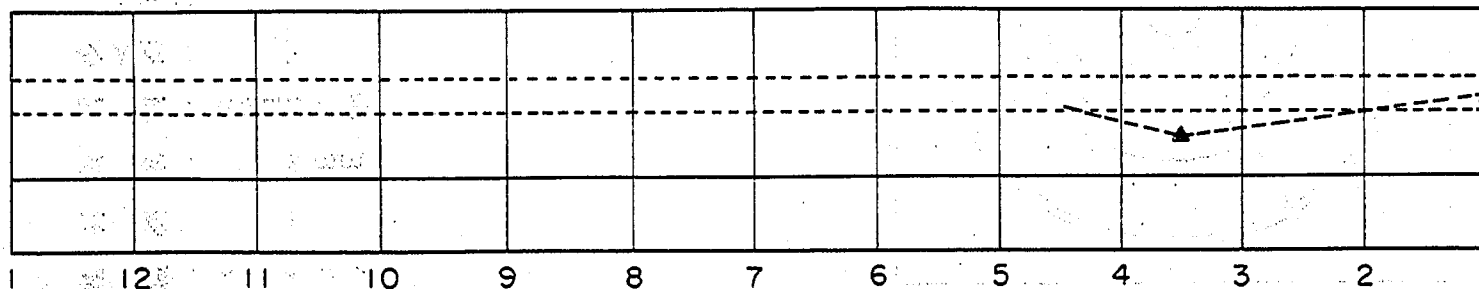
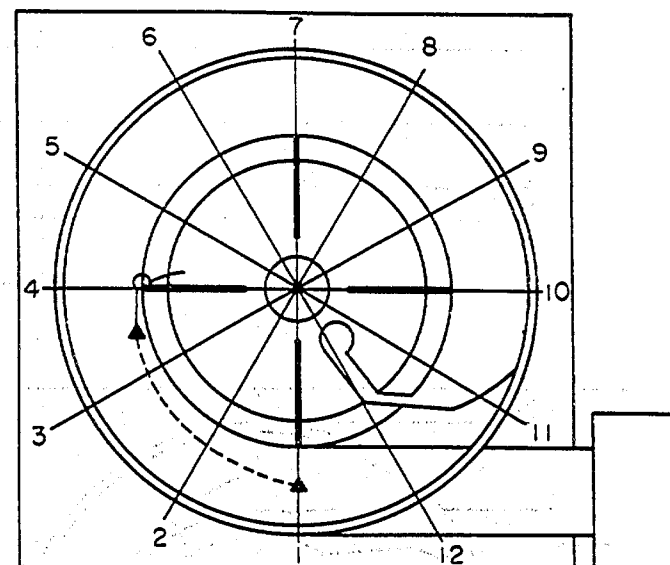


図2-6-17 単粒子の追跡図(スワール)

種 類：スタイロン
 比 重： 1
 粒 径： 2 mm
 流 量： 0.6 2m³/分
 投入点： 上

3 回 目 ■-----■
 □ 着底点
 プロットは 2 秒間隔

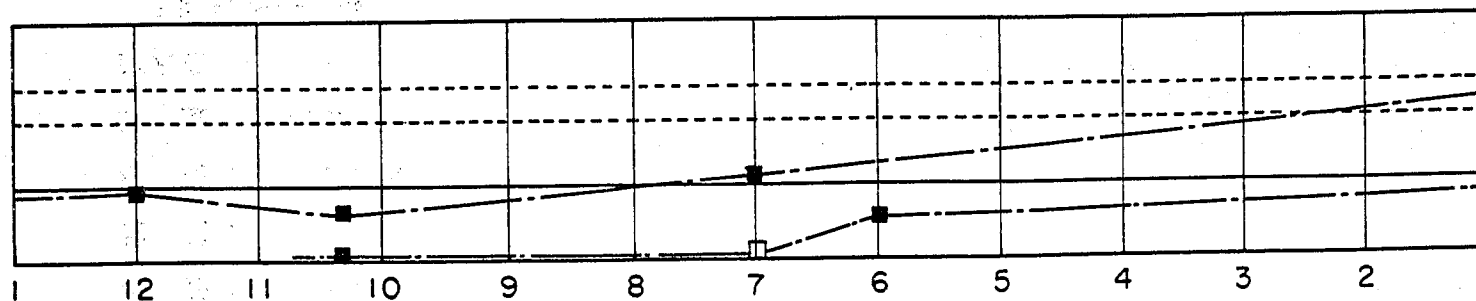
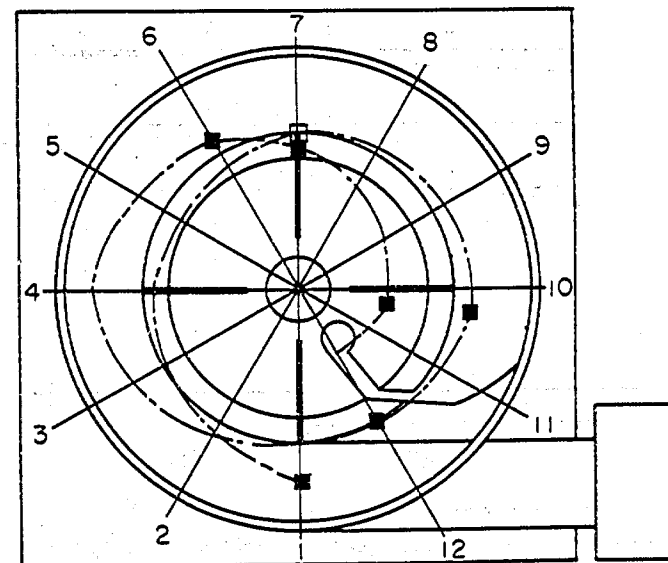


図 2-6-18 単粒子の追跡図 (スワール)

種 類：スタイロン

比 重： 1

粒 径： 2 mm

流 量： $0.62\text{m}^3/\text{分}$

投入点： 中

1 回目 ●——●

○ 着底点

プロットは 2 秒間隔

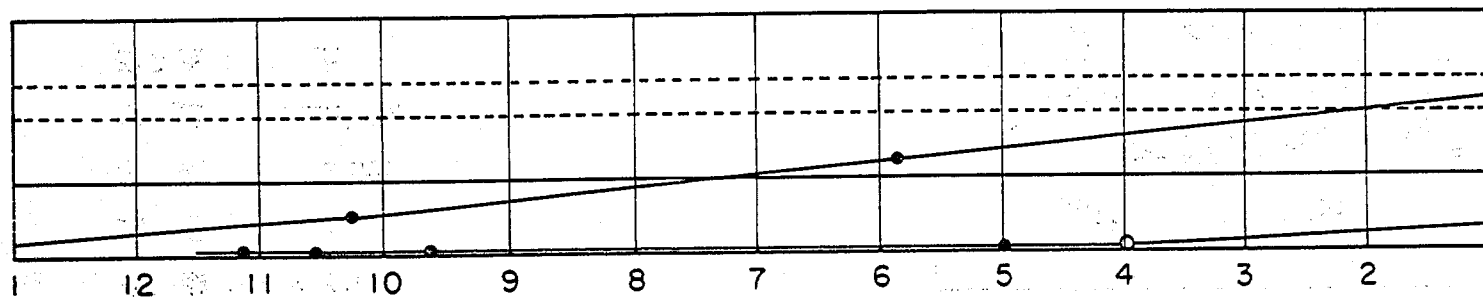
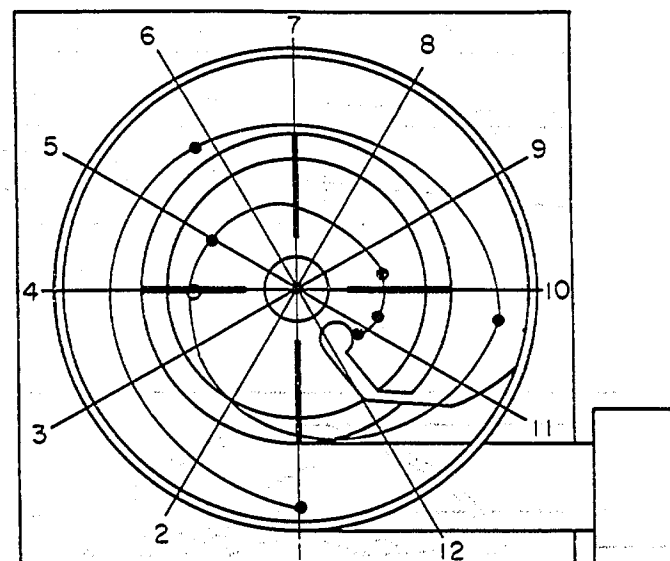


図 2-6-19 単粒子の追跡図 (スワール)

種 類：スタイロン

比 重： 1

粒 径： 2 mm

流 量： $0.62 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点： 中

2 回目 ▲-----▲

△着底点

プロットは 2 秒間隔

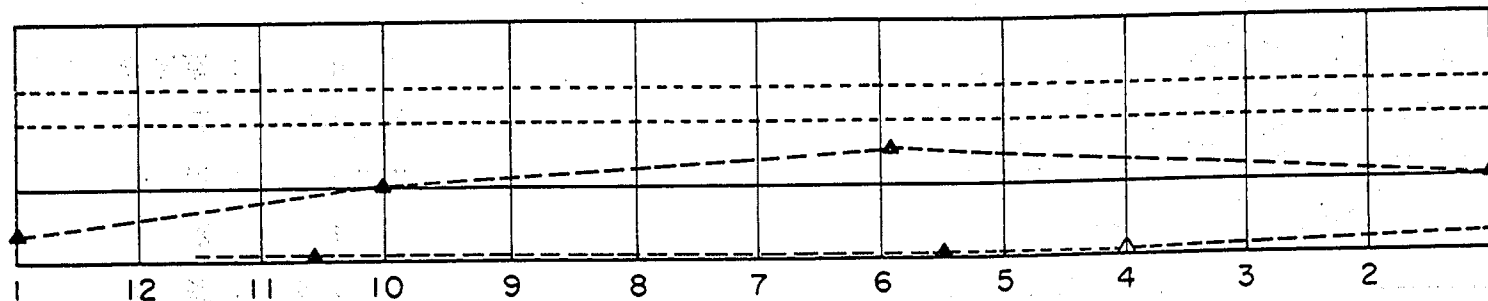
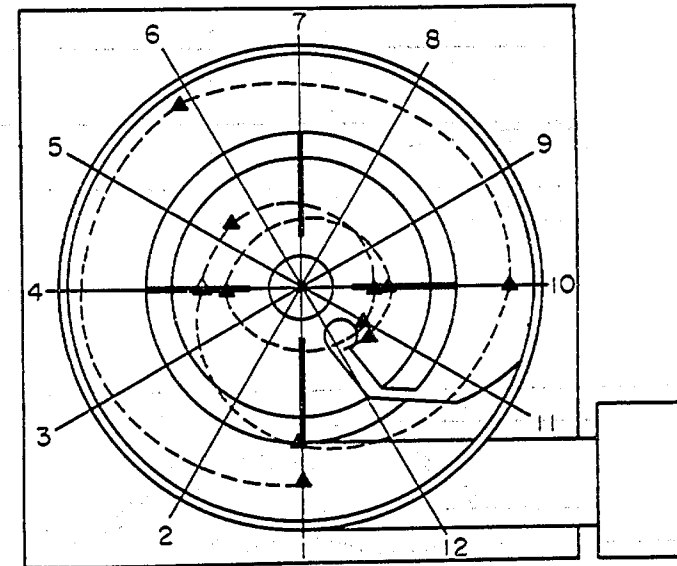


図 2-6-20 単粒子の追跡図 (スワール)

種類：スタイロン

比重： 1

粒径： 2 mm

流量： $0.62 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点： 中

3回目 ■-----■

□ 着底点

プロットは2秒間隔

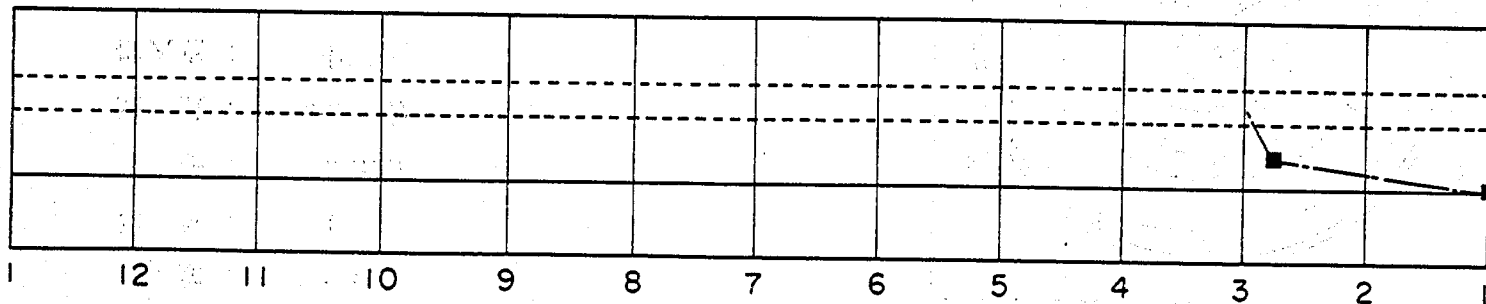
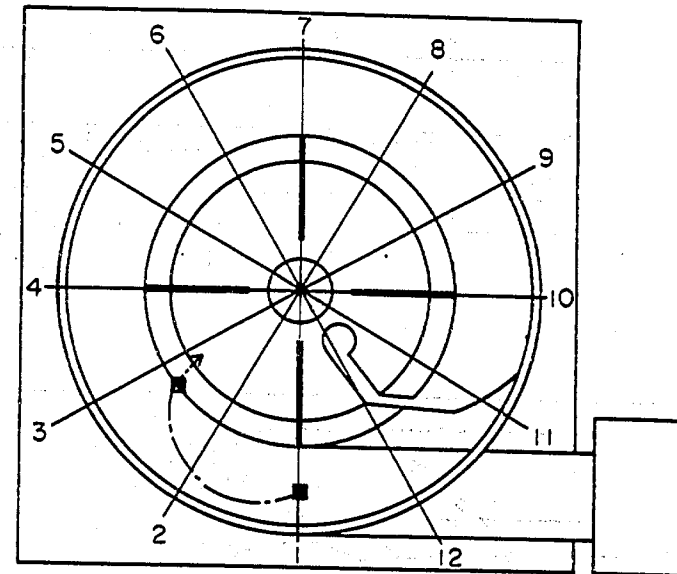


図2-6-21 単粒子の追跡図 (スワール)

種類：スタイロン

比重： 1

粒径： 2 mm

流量： 0.62m³/分

投入点： 下

1回目 ●——●

○着底点

プロットは2秒間隔

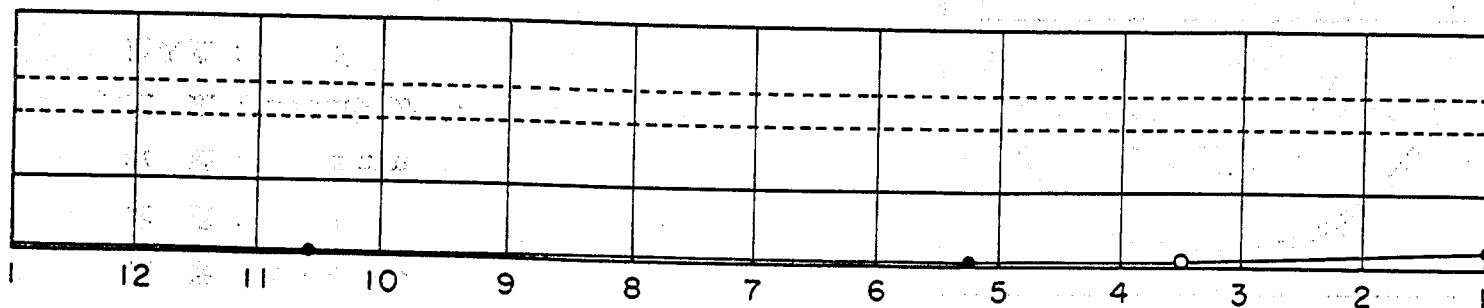
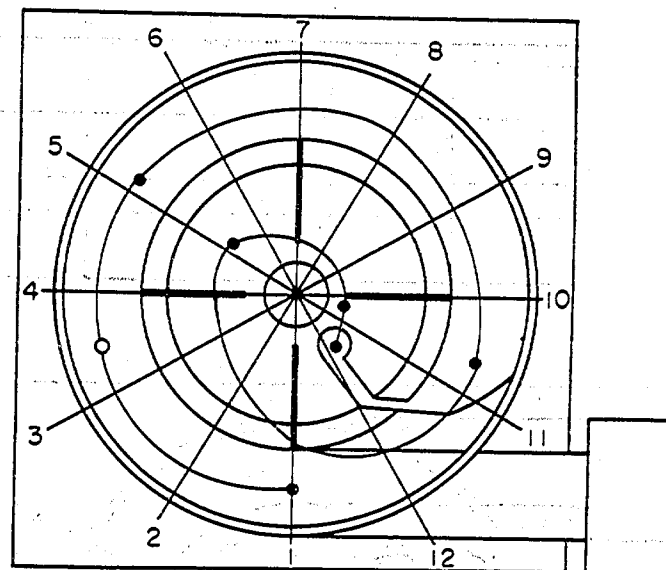


図2-6-22 単粒子の追跡図(スワール)

種 類：スタイロン

比 重： 1

粒 径： 2 mm

流 量：0.62m³/分

投入点： 下

2 回目 ▲-----▲

△着底点

プロットは 2 秒間隔

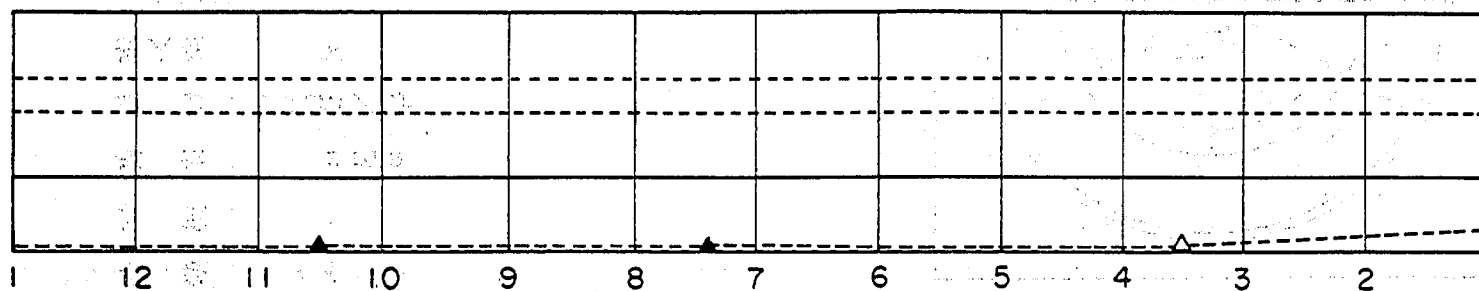
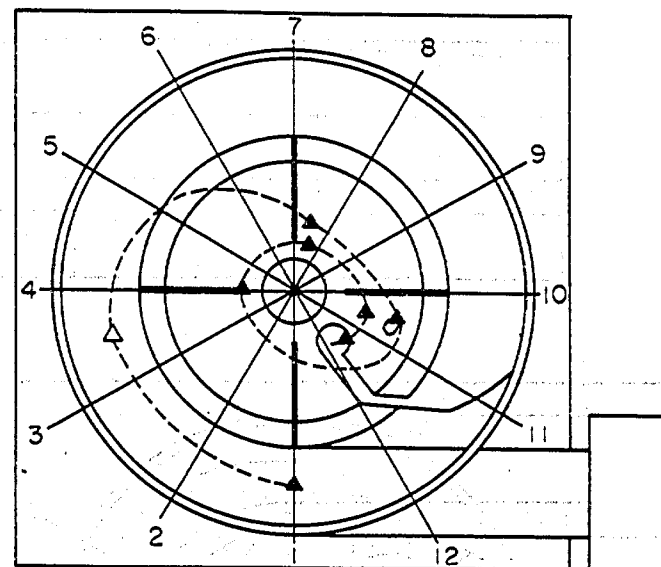


図 2-6-23 単粒子の追跡図 (スワール)

種 類：スタイロン

比 重： 1

粒 径： 2 mm

流 量： $0.62\text{m}^3/\text{分}$

投入点： 下

3 回目 ■——■

□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

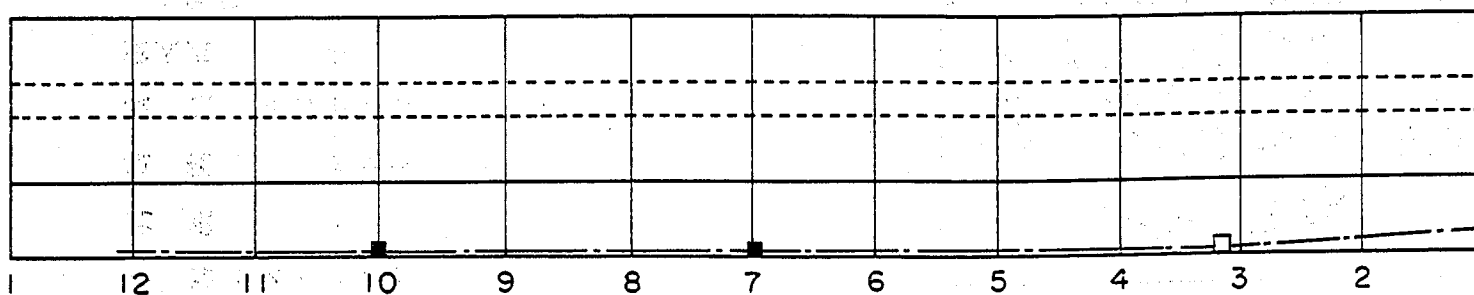
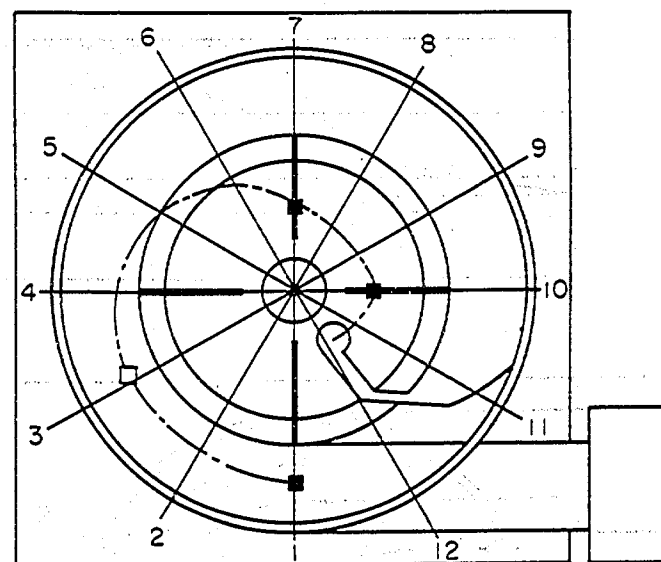


図 2-6-24 単粒子の追跡図 (スワール)

種 類：スタイロン

比 重： 1

粒 径： 5 mm

流 量： $0.27 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点： 上

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

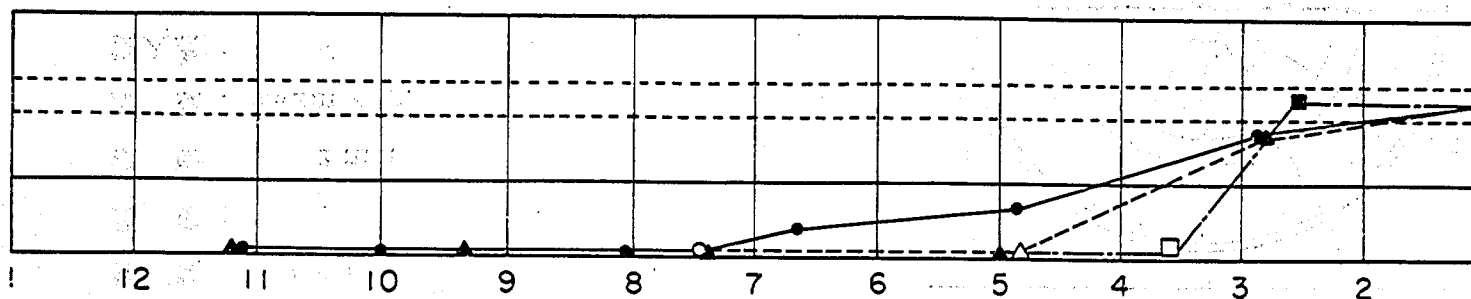
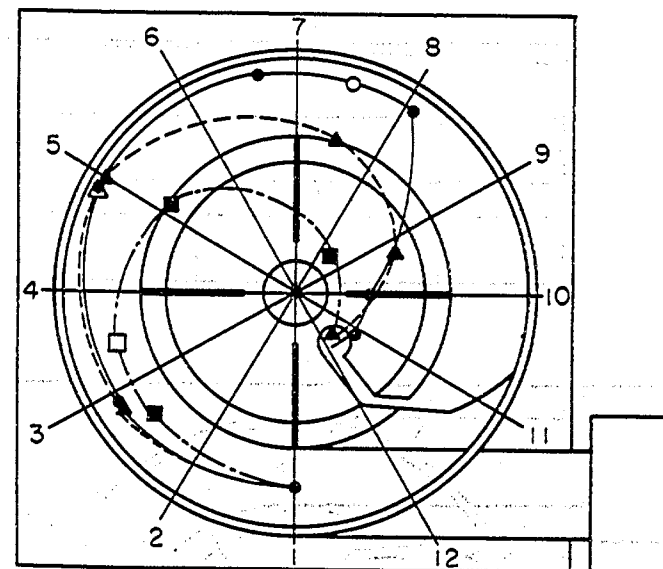


図 2-6-25 単粒子の追跡図 (スワール)

種 類：スタイロン

比 重： 1

粒 径： 5 mm

流 量：0.27m³/分

投入点： 中

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

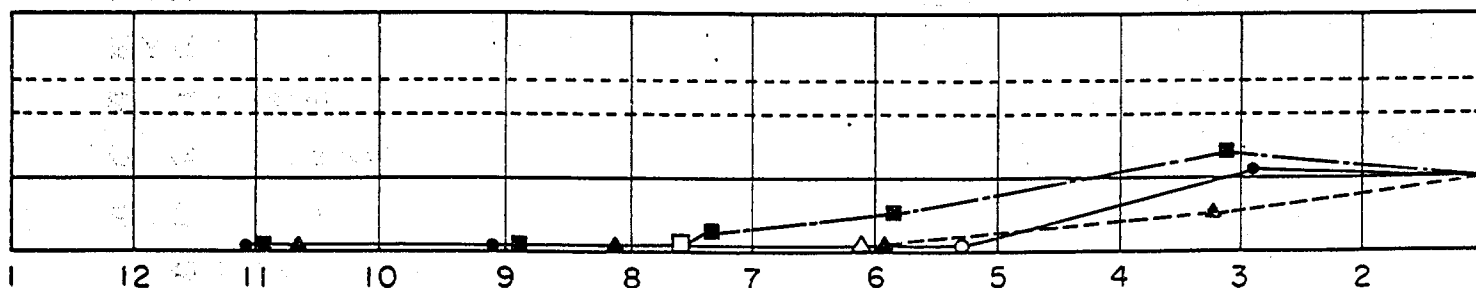
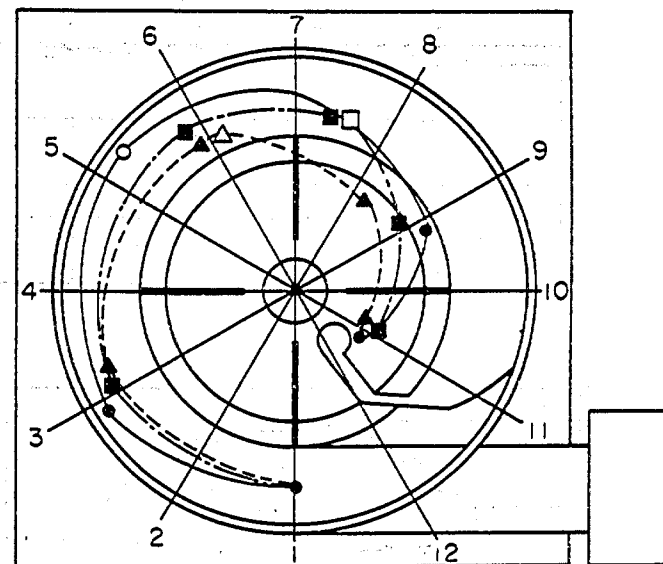


図 2-6-26 単粒子の追跡図 (スワール)

種類：スタイロン

比重： 1

粒径： 5 mm

流量： $0.27\text{m}^3/\text{分}$

投入点： 下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

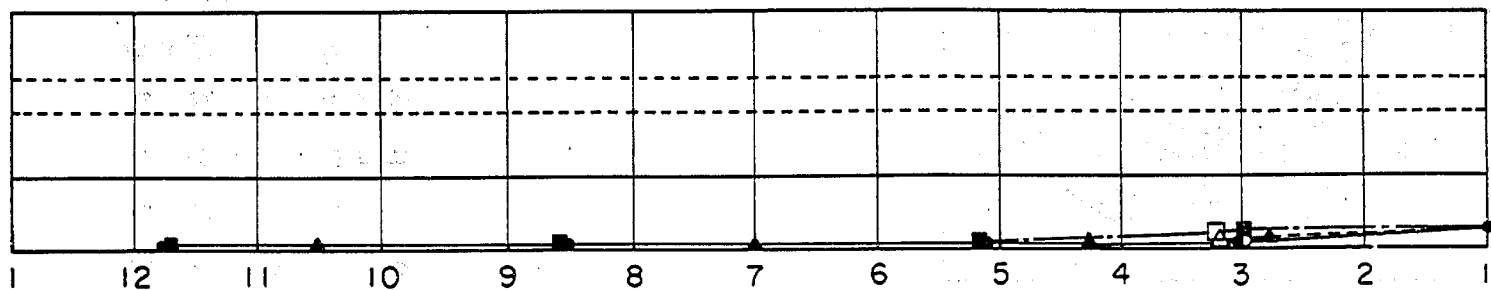
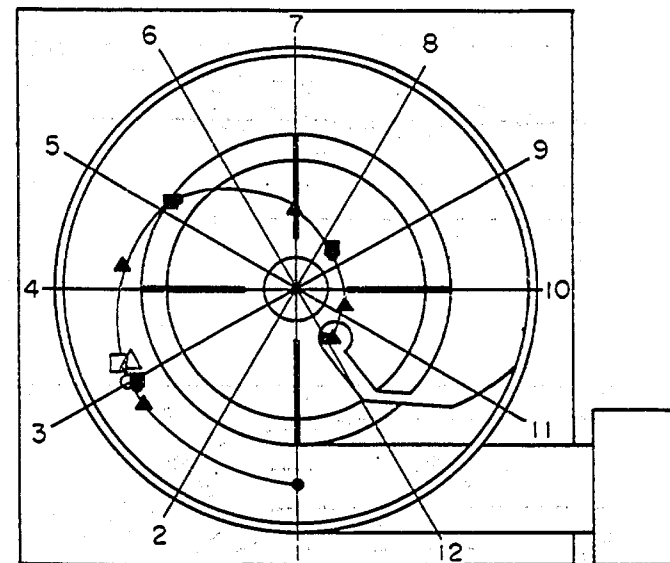


図2-6-27 単粒子の追跡図（スワール）

種類：スタイロン

比重： 1

粒径： 5 mm

流量： $0.62\text{m}^3/\text{分}$

投入点： 上

1回目 ●——●

○着底点

プロットは2秒間隔

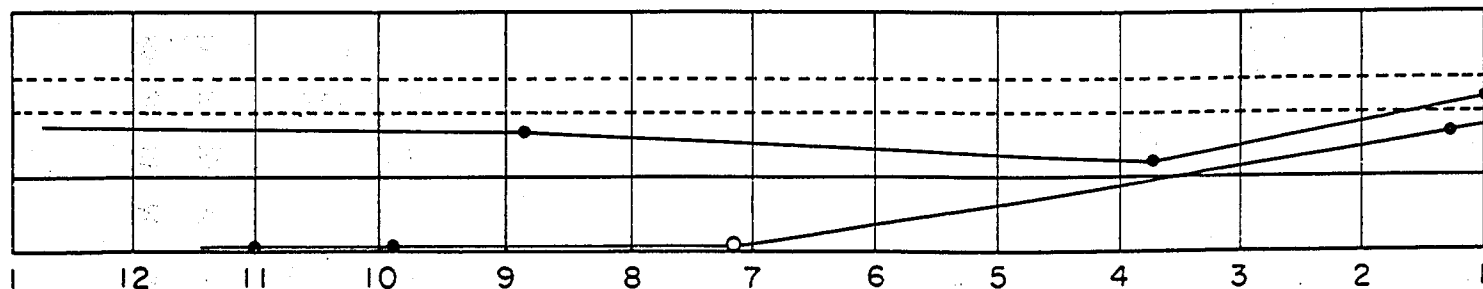
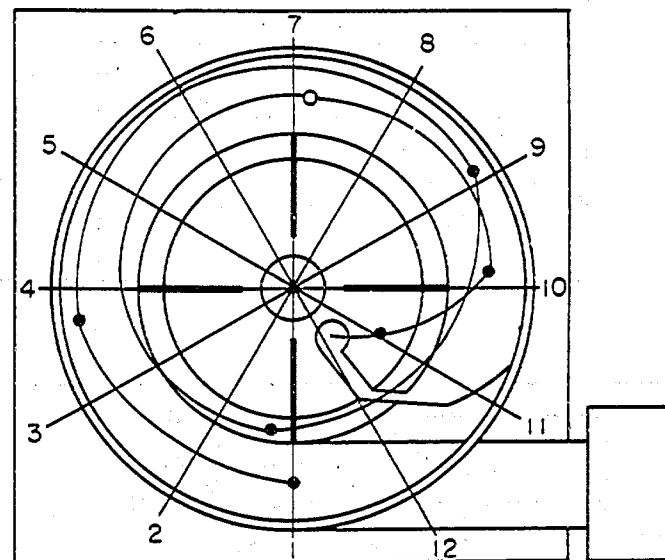


図2-6-28 単粒子の追跡図（スワール）

種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：上

2回目 ▲-----▲

△着底点

プロットは2秒間隔

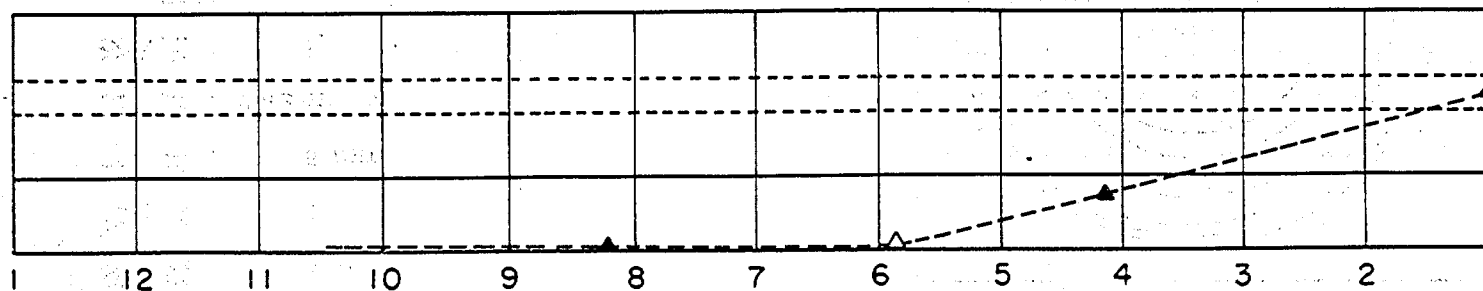
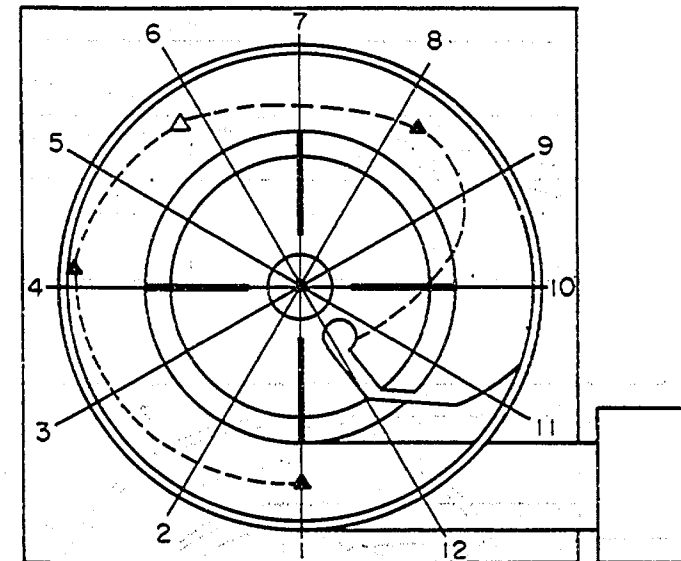


図2-6-29 単粒子の追跡図（スワール）

種類：スタイロン

比重： 1

粒径： 5 mm

流量： $0.62 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点： 上

3回目 ■——■

□ 着底点

プロットは2秒間隔

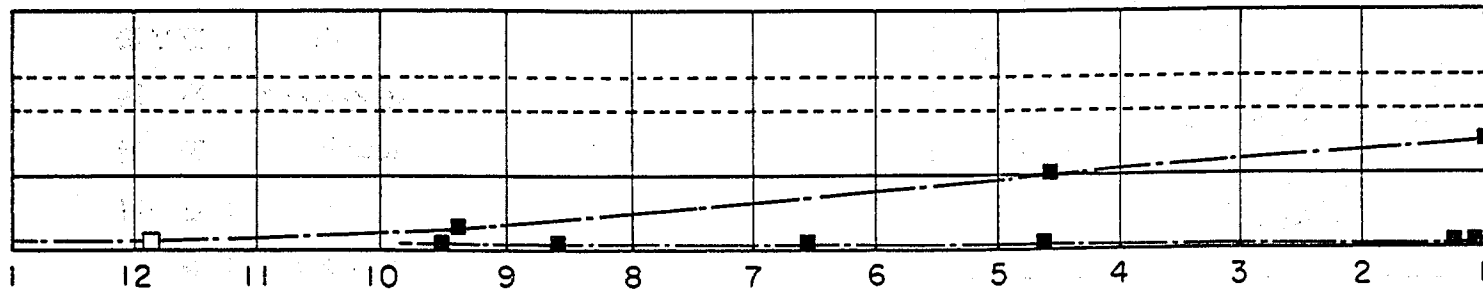
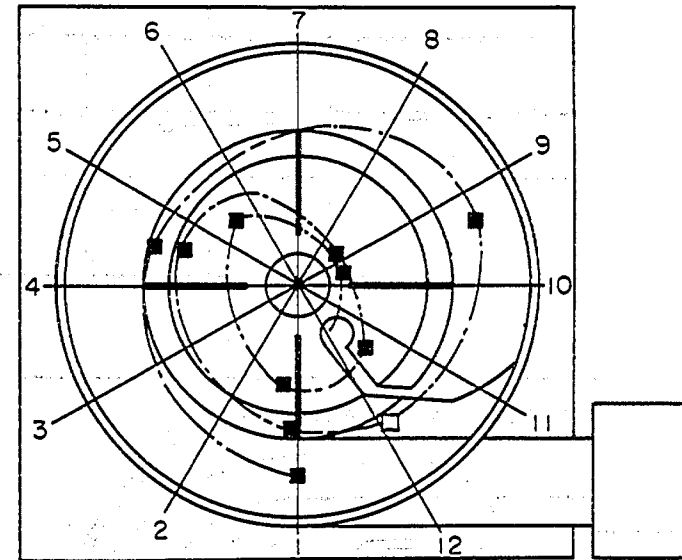


図2-6-30 単粒子の追跡図（スワール）

種 類：スタイロン

比 重： 1

粒 径： 5 mm

流 量： $0.62 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点： 中

1 回目 ●——●

○ 着底点

プロットは 2 秒間隔

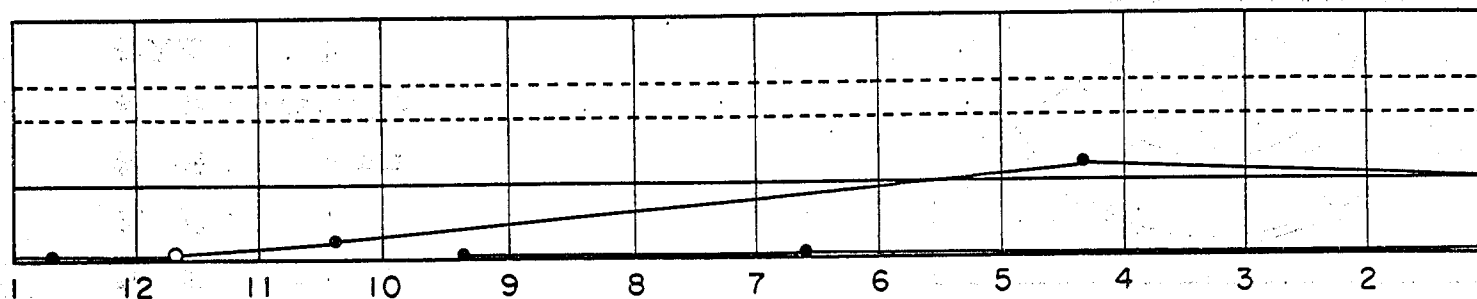
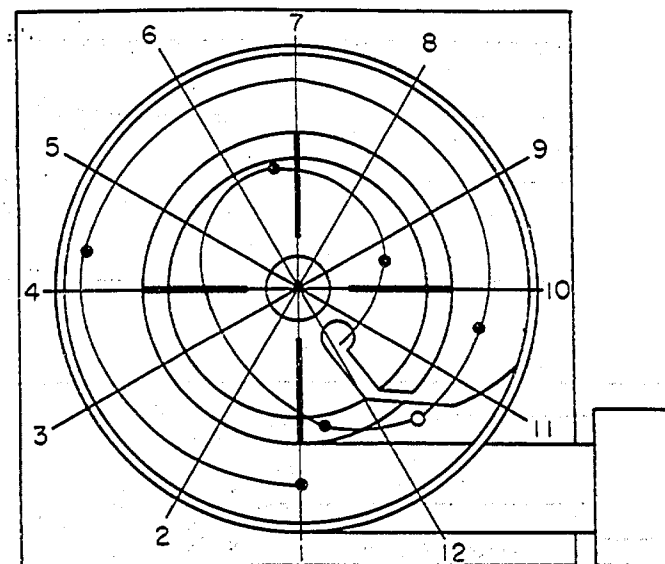


図 2-6-31 単粒子の追跡図 (スワール)

種類：スタイロン

比重： 1

粒径： 5 mm

流量： $0.62\text{m}^3/\text{分}$

投入点： 中

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-----■

△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

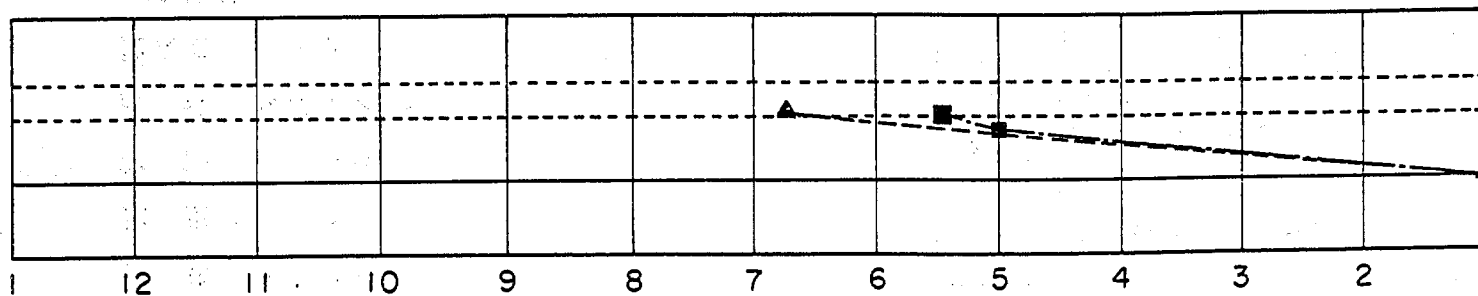
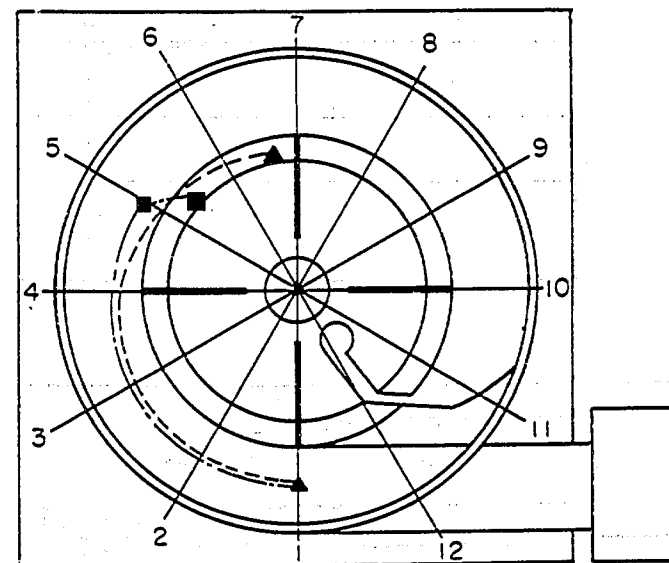


図2-6-32 単粒子の追跡図（スワール）

種類：スタイロン

比重： 1

粒径： 5 mm

流量： $0.62 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点： 下

1回目 ●——●

○着底点

プロットは2秒間隔

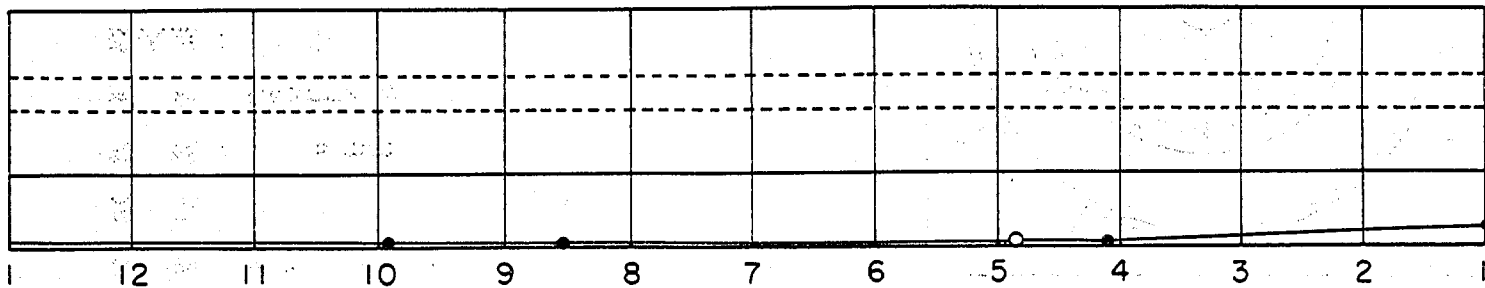
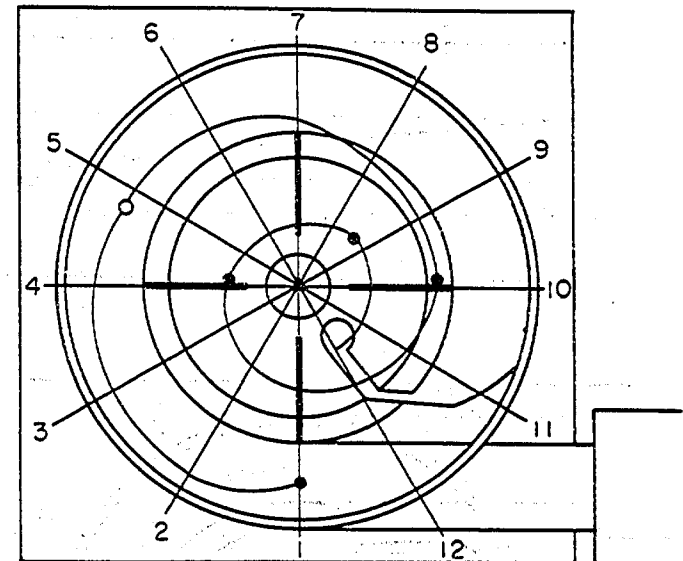


図2-6-33 単粒子の追跡図(スワール)

種 類：スタイロン

比 重： 1

粒 径： 5 mm

流 量： $0.62\text{m}^3/\text{分}$

投入点： 下

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-----■

△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

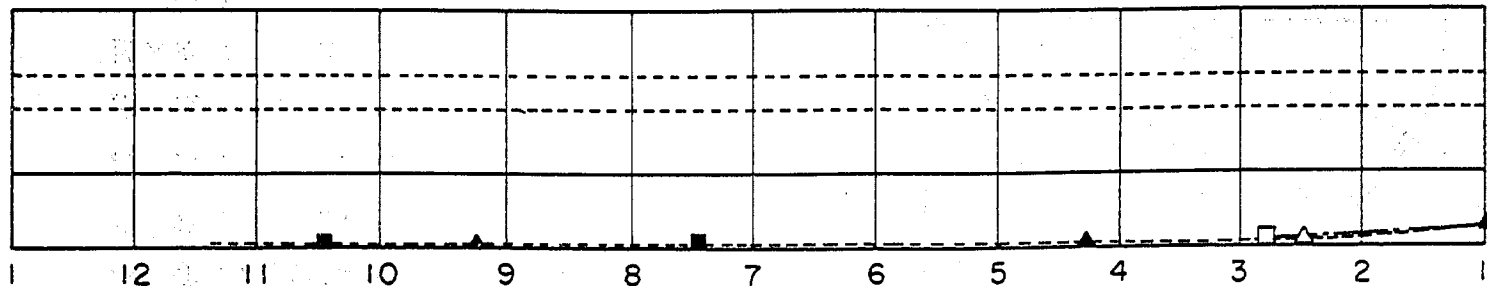
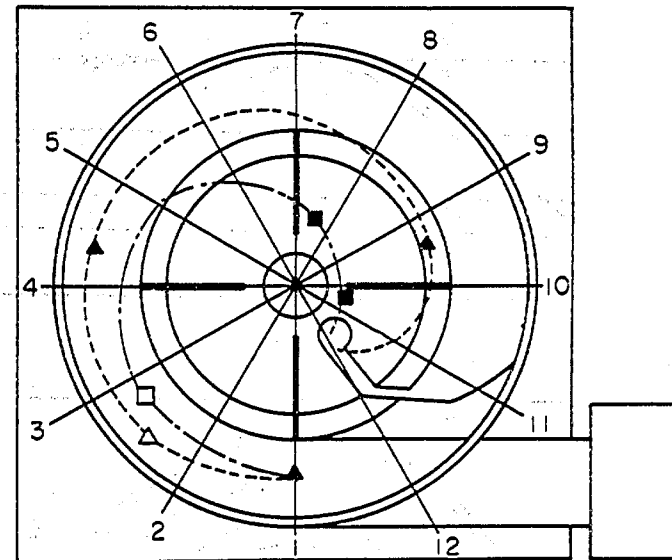


図 2 - 6 - 34 単粒子の追跡図 (スワール)

種 類：塩化ビニール

比 重： 1.5

粒 径： 2 mm

流 量： $0.27 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点： 上

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

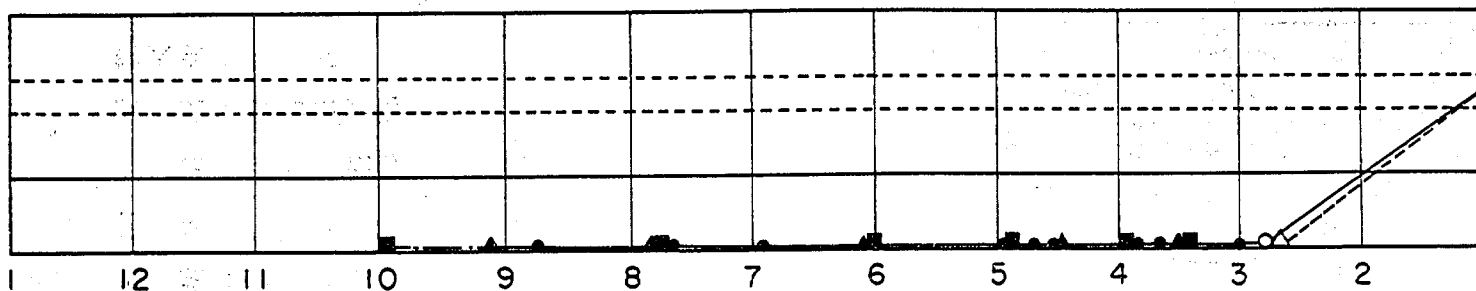
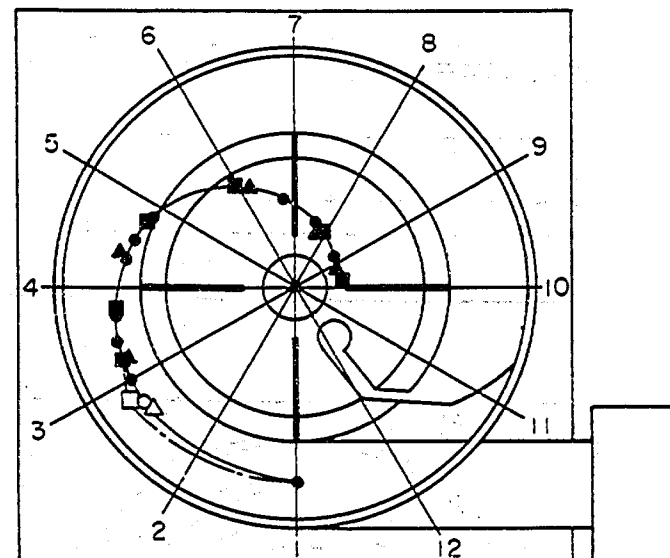


図 2-6-35 単粒子の追跡図 (スワール)

種 類：塩化ビニール

比 重： 1.5

粒 径： 2 mm

流 量： $0.27 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点： 中

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

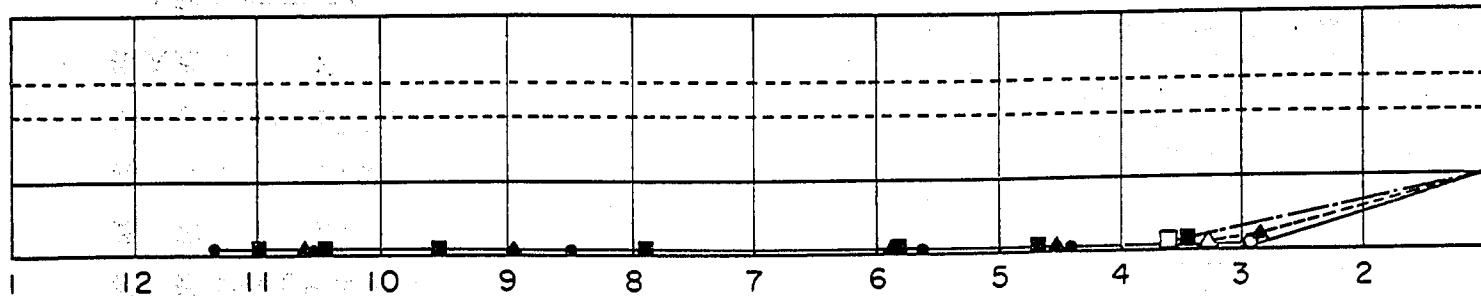
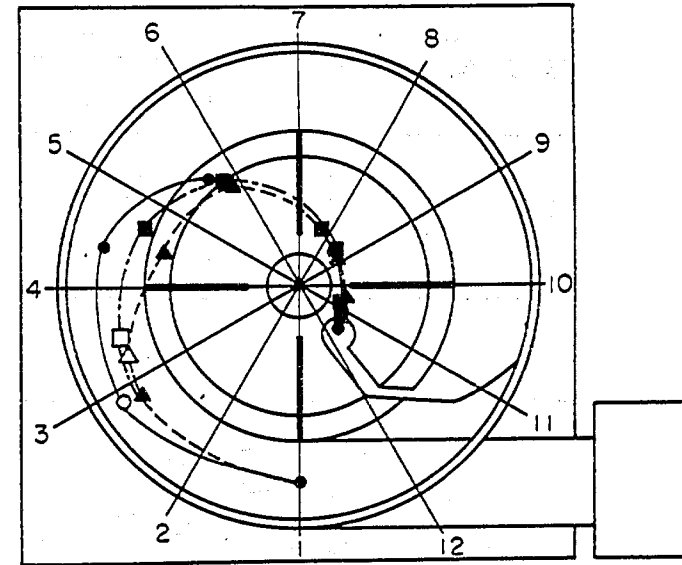


図 2-6-36 単粒子の追跡図 (スワール)

種 類：塩化ビニール

比 重： 1.5

粒 径： 2 mm

流 量： $0.27\text{m}^3/\text{分}$

投入点： 下

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

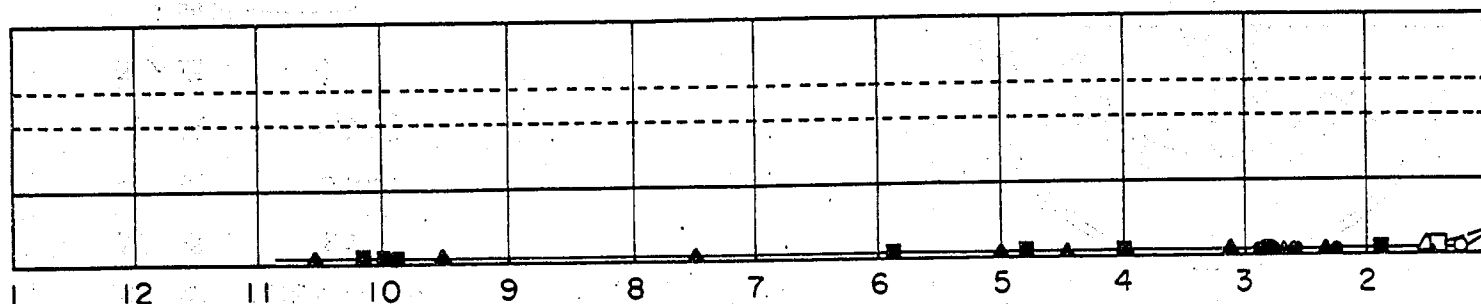
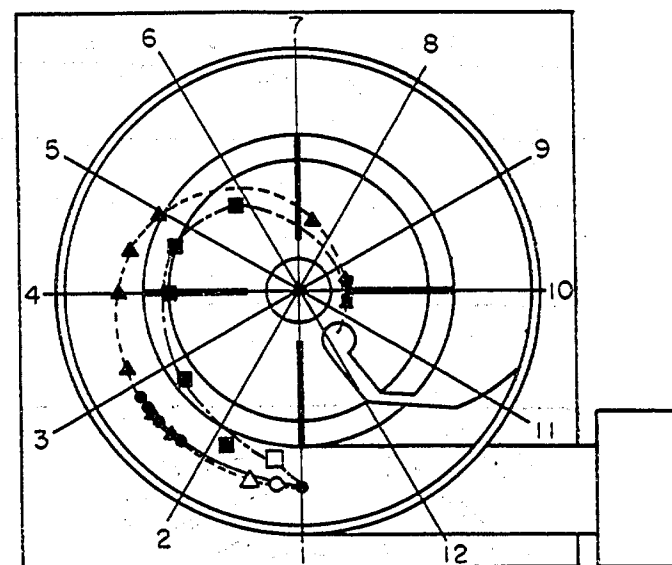


図 2-6-37 単粒子の追跡図（スワール）

種 類：塩化ビニール

比 重： 1.5

粒 径： 2 mm

流 量： 0.62 m³/分

投入点： 上

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

○△ 着底点

プロットは 2 秒間隔

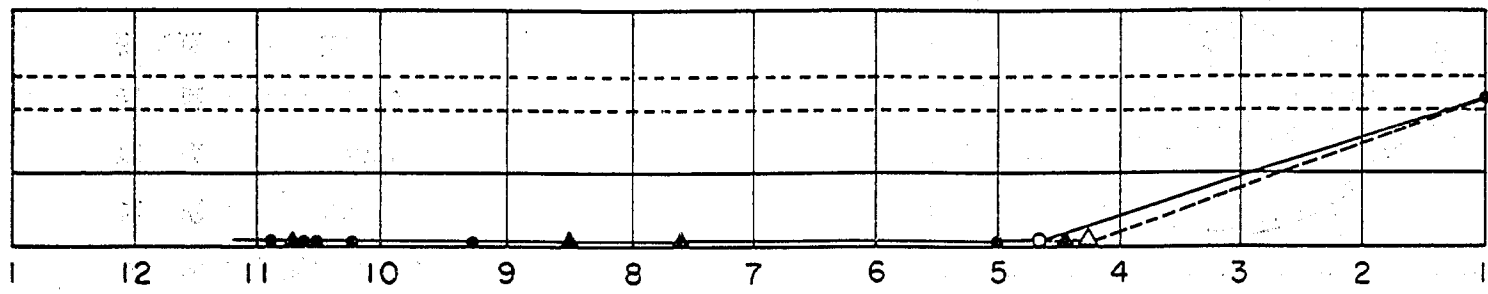
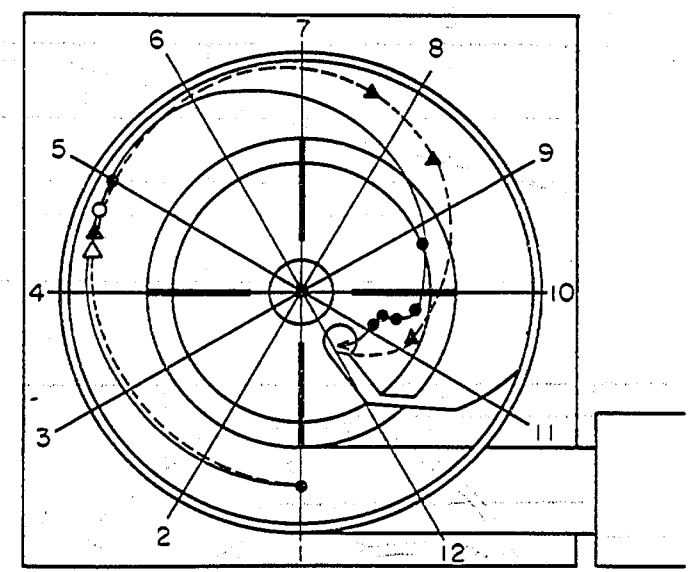


図 2-6-38 単粒子の追跡図 (スワール)

種 類：塩化ビニール

比 重： 1.5

粒 径： 2 mm

流 量： $0.62 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点： 上

3 回目 ■—■

□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

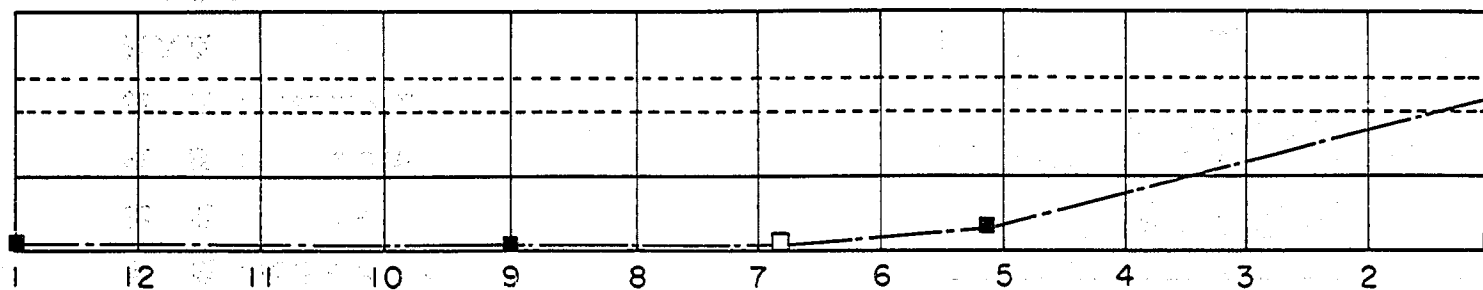
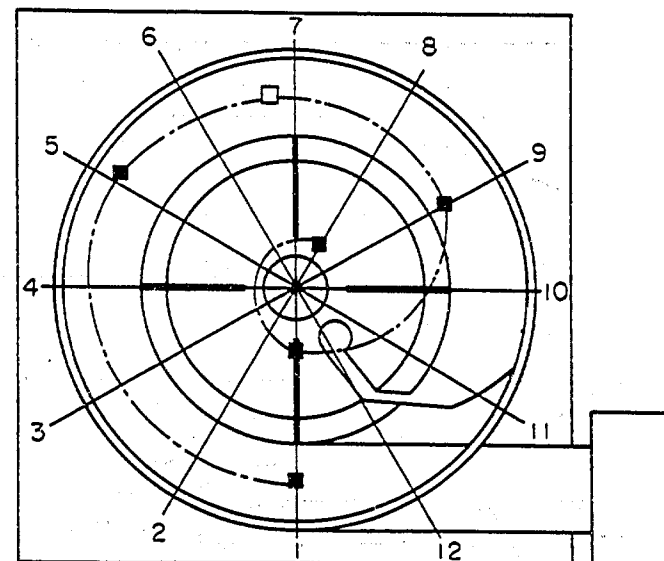


図 2-6-39 単粒子の追跡図 (スワール)

種 類：塩化ビニール

比 重： 1.5

粒 径： 2 mm

流 量： $0.62\text{m}^3/\text{分}$

投入点： 中

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

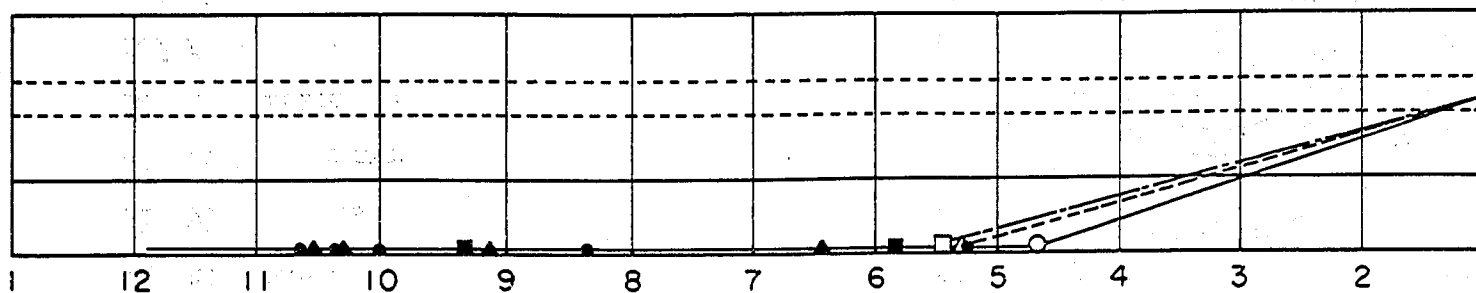
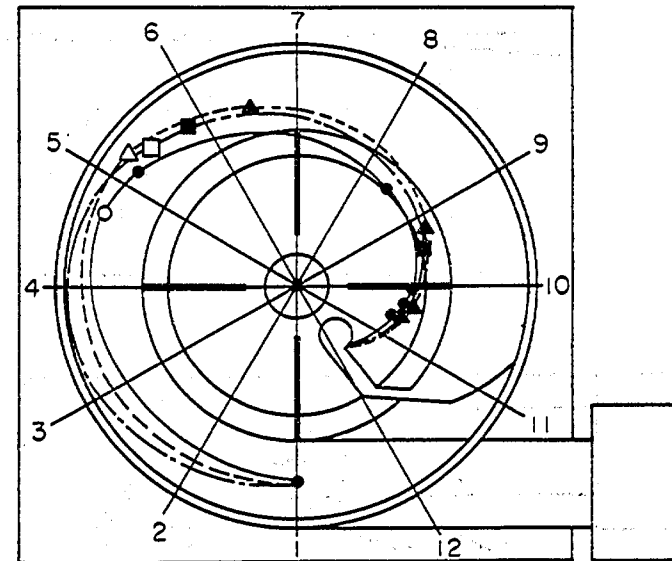


図 2-6-40 単粒子の追跡図 (スワール)

種 類：塩化ビニール

比 重： 1.5

粒 径： 2 mm

流 量：0.62m³/分

投入点： 下

1 回目 ●——●

2 回目 ▲---▲

3 回目 ■- - -■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

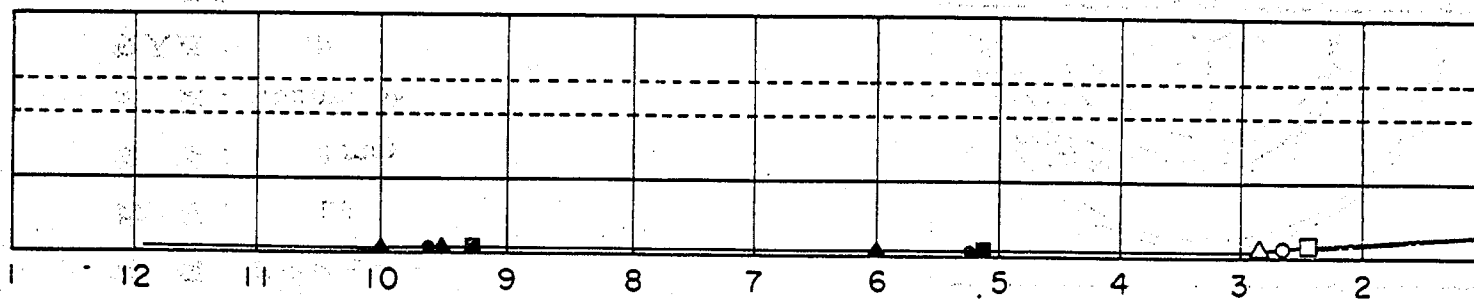
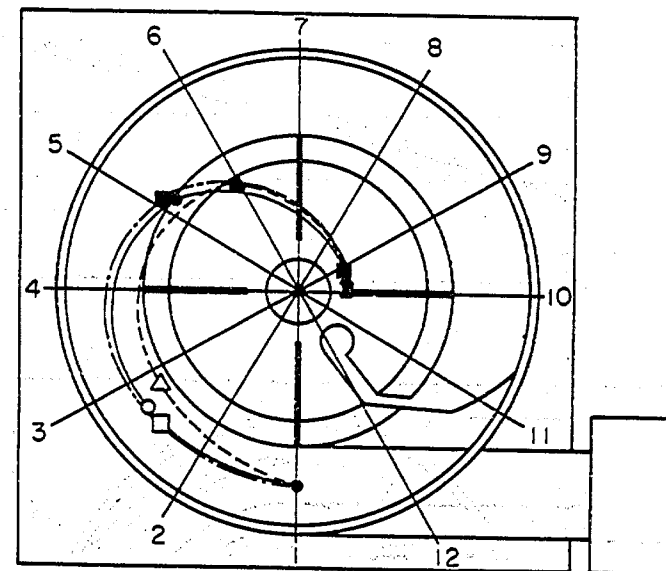


図2-6-41 単粒子の追跡図(スワール)

2-5 考 察

雨天時の合流式下水越流水等の処理を行なう場合、下水中の浮遊物を、雨水流入期間中処理装置内に溜めておき、砂分や非溶解性物質を可能な限り越流水中から取り除くことが必要ではないかと考える。ただし、スワールは、物理的な処理装置であるため、凝集剤の添加等を行なわない場合、溶解性の物質の除去は基本的に不可能である。

スワールにおける固形物の除去は、沈殿と二次流による固液分離という2つの要素が複雑に関係して行われる。

ここで、下水中の固形物を球状と仮定して、装置内の粒子の挙動を考察してみる。

一般に単粒子が静水中を沈降する場合、最初は重力によって加速されるが、極めて短時間の中に重力と抗力がほぼ平衡状態となり、一定の最終速度となって沈降する。そこで粒子の直径を d (cm)、その密度を ρ_s (g/cm³)、最終沈降速度を V_s (cm/秒) とすると、重力と抗力が釣り合った状態では、次式が成り立つことが知られている。

$$(\rho_s - \rho) \cdot g \cdot \frac{\pi d^3}{6} = C_D \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \rho \cdot \frac{V_s^2}{2} \quad (2-1)$$

ただし、 ρ : 水の密度 (g/cm³)、 g : 重力加速度 (cm/秒²)、 C_D : 抵抗係数
上式から、各粒子の沈降速度が求められる。また、粒子が微細で、レイノルズ数 $Re = d \cdot V_s / \nu$ (ν : 水の動粘性係数, cm²/秒) が1以下の場合には、ストークスの公式より求められる次式

$$V_s = \frac{1}{18} \cdot \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right) \cdot g \cdot \frac{d^2}{\nu} \quad (2-2)$$

を用いることが出来る。以下において、除去率調査に用いた濁質の沈降速度を求める。

本調査では、スタイロンを2種 (粒径 2.0~0.84mm, 0.84~0.21mm)、細砂を2種 (粒径 1.19~0.42mm, 0.42~0.11mm) と分けているが、計算にあたってスタイロン (粒径 2.0~0.21mm)、細砂 (粒径 1.19~0.11mm)、石炭粉 (粒径 0.42~0.01mm) の3種を想定して、各々の粒度分析結果から、その60%粒径のスタイロン; 1.1mm, 細砂; 0.42mm, 石炭粉; 0.12mm を対象とした。水温が10℃の場合、水の動粘性係数は $\nu = 0.0131$ (cm²/秒) であるので、静水中の各粒子の沈降速度 V_s は、

(2-1) 式よりスタイロン; 1.96 (cm/秒)
細砂; 7.84 (cm/秒)、(2-2) 式より石炭粉; 0.39 (cm/秒) となる。従ってスワールの浮遊物除去が単なる沈殿除去のみによって行われると考えると、単粒子が図-7に示す軌跡をとったとする (装置の最も内側を通

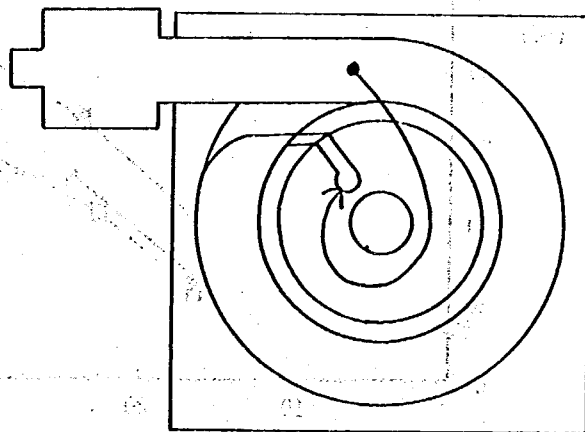


図2-7 単粒子の軌跡

過する場合)と、その軌跡の延長距離を流される間に、水表面から槽底に落下すると想定して、最も沈降速度が小さい石炭粉の水面積負荷を求めると $32 \text{ (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日)}$ 程度となり、装置の稼働中の水面積負荷が、これ以下なら100%の除去が期待出来るものと思われる。しかしながら本調査の水面積負荷は、表2-3に示すように3ケースともはるかに大きい値となっている。流入量が $0.25 \text{ (m}^3/\text{分)}$ のときの水面積負荷は、 $580 \text{ (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日)}$ であり、これと石炭粉の沈降に必要な水面積負荷との比率が0.06であるにもかかわらず、48%余りの除去率を示していることは、単なる沈殿原理によってのみスワールの除去が行われていないことは明らかである。因に、各濁質の粒径から求めた100%除去に必要な水面積負荷の範囲は、スタイロン； $6 \sim 410 \text{ (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日)}$ 、細砂； $47 \sim 2800 \text{ (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日)}$ 、石炭粉； $0.2 \sim 160 \text{ (m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日)}$ である。これより細砂を除いては、不利な条件下にあるにも拘らず、スタイロン、石炭粉がある程度の除去率を示していることは、二次流による除去機能が大きく作用していると考えられる。つまり比重が1付近、または微細な粒子は、2-4-3の単粒子の追跡調査からも考察されるように二次流によって複雑な軌跡をとることからも伺える。

一方、滞留時間と除去率の関係(図2-8)からは、スタイロンL,Sのように比重が1付近の物質では、滞留時間を大きくとれば除去率が良くなることがわかる。

スワールの除去を効果的に行うためには、着底した粒子は再浮上しにくく内側に引き寄せられる傾向があること、流入水深が深いものは早く着底すること、また流入点から回転方向に90度～180度回転した付近で二次流が卓越することなどを考慮して、装置の改良、運転を行うことが有効と考える。

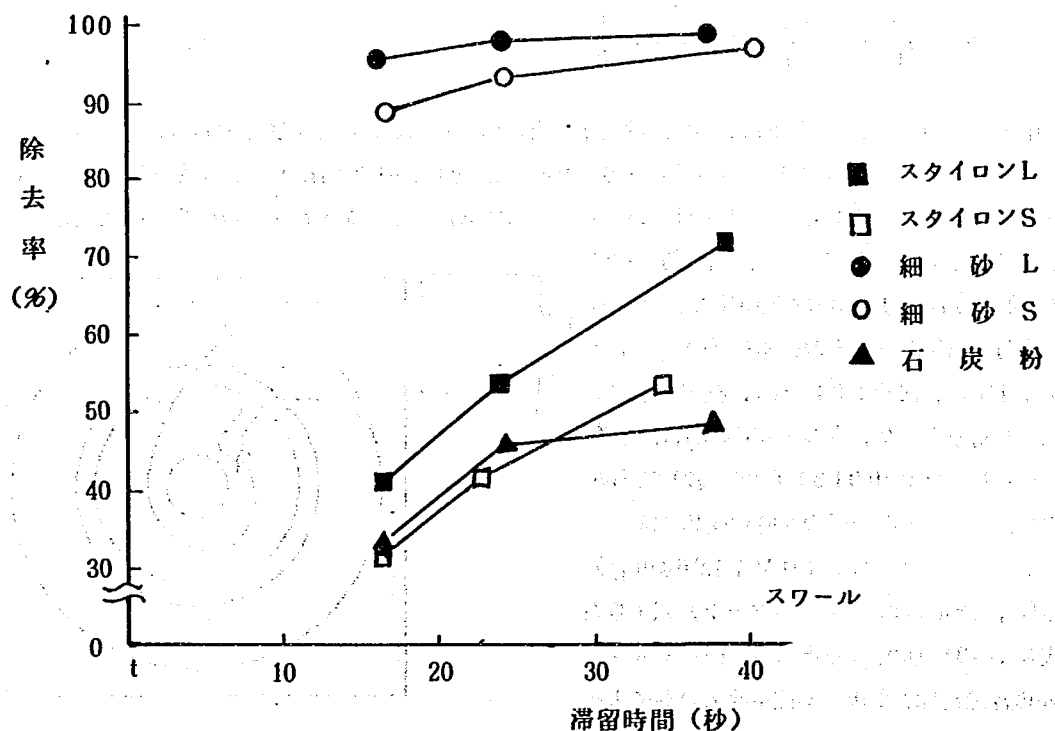


図2-8 滞留時間と除去率の関係

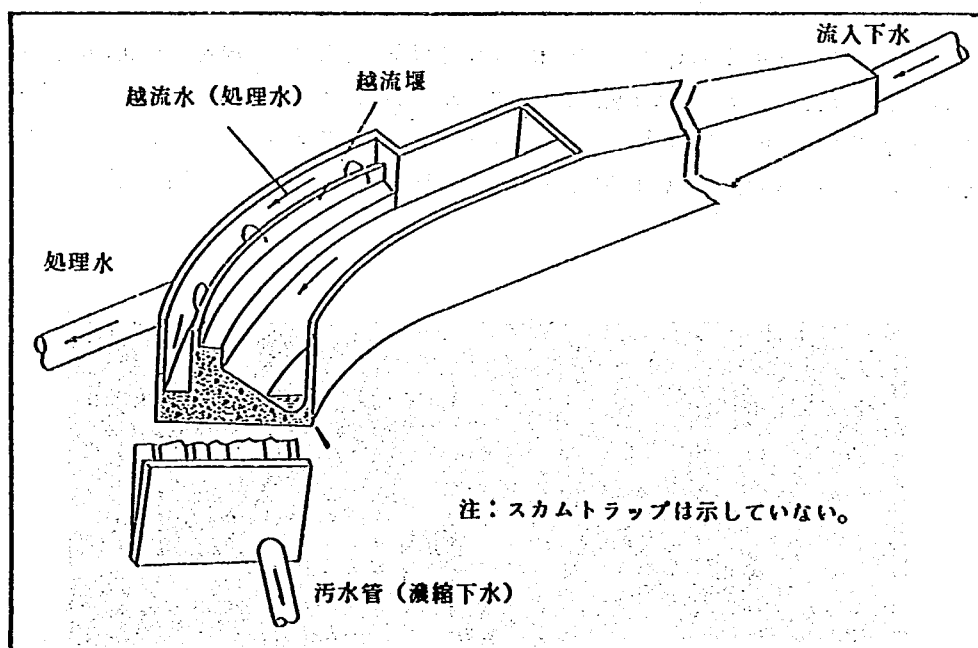
3. ヘリカル型固液分離装置

3-1 装置の概要

ヘリカル型の固液分離装置（以下ヘリカルとする）も、スワールと同様に雨天時の合流式下水道の越流水を浄化して放流する。つまり固形分を取り除くことを目的として開発されたものである。ヘリカルは、アメリカのAPWAの1969~70年の調査結果として発表されたもので、水理模型の調査は、カナダのモントリオールのLasalle水理学研究所で行われ、水理模型による研究は、アメリカのペンシルバニア州フィラデルフィアのGeneral Electric Companyによって行われた。

ヘリカルの特徴は、流入口から曲線部に掛けての直線部分が覆蓋され、除々に流下方向に水理学的な勾配を持つように拡幅されていることである。

ヘリカルの浮遊物除去もスワールと同じで、重力による沈殿効果と、慣性力を利用した螺旋流という二次流による固液分離効果の2つによってなされる。又、機械的な部分はなく、電力消費もなく、維持管理もほとんど必要としない装置である。



ヘリカル型固液分離装置の概観図

3-2 装置の説明（原理）

ヘリカルはスワールと同様、重力による沈殿効果と二次流による固液分離効果の2つの作用によってSS成分の除去を行うものである。

本装置は、直線部分から曲線部分に掛けての二次流の発生による固液分離作用（SS成分の除去）を

有効に利用する為の工夫がなされている。

二次流を発生させるべき流入口から曲線部までの直線部分は、一般に流入口径の3倍の口径になるように管頂勾配か管底勾配が水路に設けられ、前述のように上部が覆蓋されている。次に、この二次流によって表面付近の水は外側に、底部の水は内側にと引き寄せられ固形物の除去が行われる訳である。また、曲線部全体に渡って内側から外側に向けて、つまり水路底から外側に向けて昇り勾配がついており、二次流による流下を助けている。

実際の稼動時には、以上のような作用で固液分離が行われて、越流堰を越えたものが処理水として放流される。固形物は、高水量の間はその大部分が水路底に沈殿しており、低水量（晴天時下水量とも言い換えられる）のときに、徐々に自掃作用によって汚水口より運び出される。浮遊物は、越流堰の内側方向に設けられたスカム板によって留められ、水位低下に従って下降して、後に沈殿物とともに汚水口より流出する。

ヘリカルの流量制御は、主に汚水口の調節によって行われ、これもオリフィスとダムの関係と同じである。

3-3 調査内容

今回の調査に用いた実験装置は、建設省土木研究所で製作したもので、流入口径 0.15m、拡幅部 2.25m、直線部 0.75m、曲線部の半径 2.7m でヘリカル90度の場合、水面積 2.32m^2 、容量 0.73m^3 ヘリカル60度の場合、水面積 1.55m^2 、容量 0.56m^3 というものである（写3-1）。調査内容は、スワールと同様に以下の3項目について行い、操作手順や流量調節は、スワールと同じ方法で行っている。

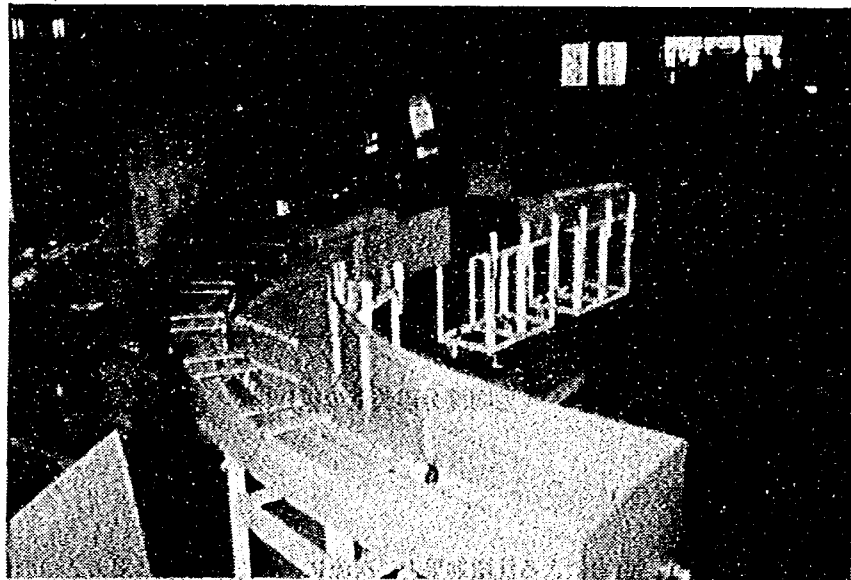


写真3-1 ヘリカル型固液分離装置

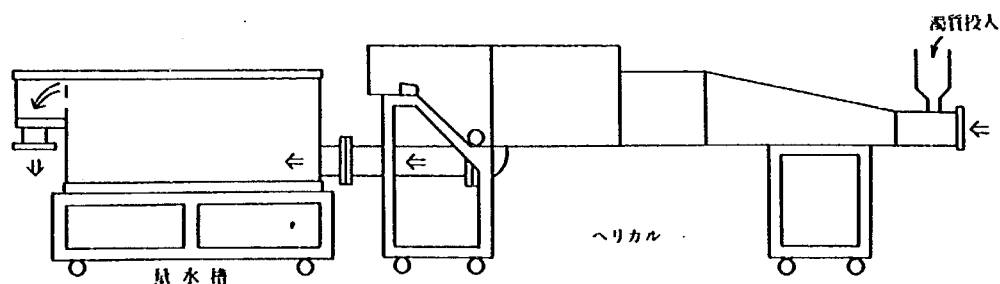


図3-1-1 実験装置概略図（ヘリカル）

3-3-1 比重及び粒度と除去率に関する調査

曲線部の振る角度を90度、60度として、各角度で各々15回実験を行った。尚、汚水管流出量は、 $0.044\text{m}^3/\text{分}$ で一定量とした。

3-3-2 流速測定調査

図3-2に示した7地点において上、中、下で各設定角度（表3-1）における各流量条件下での流速の測定を行った。

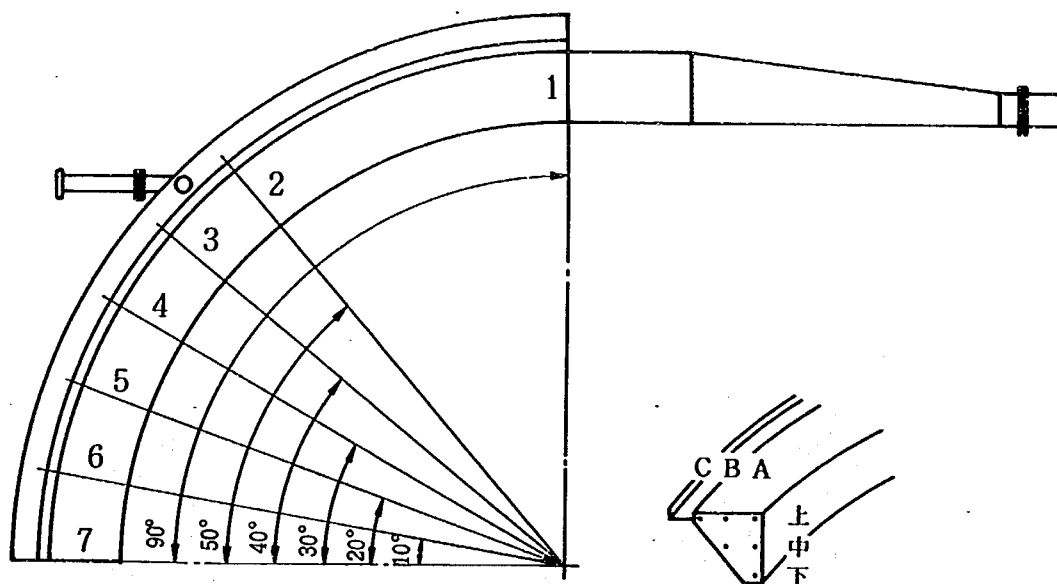


図3-2 ヘリカルにおける流速測定点
(1～7においてそれぞれ6測定点)

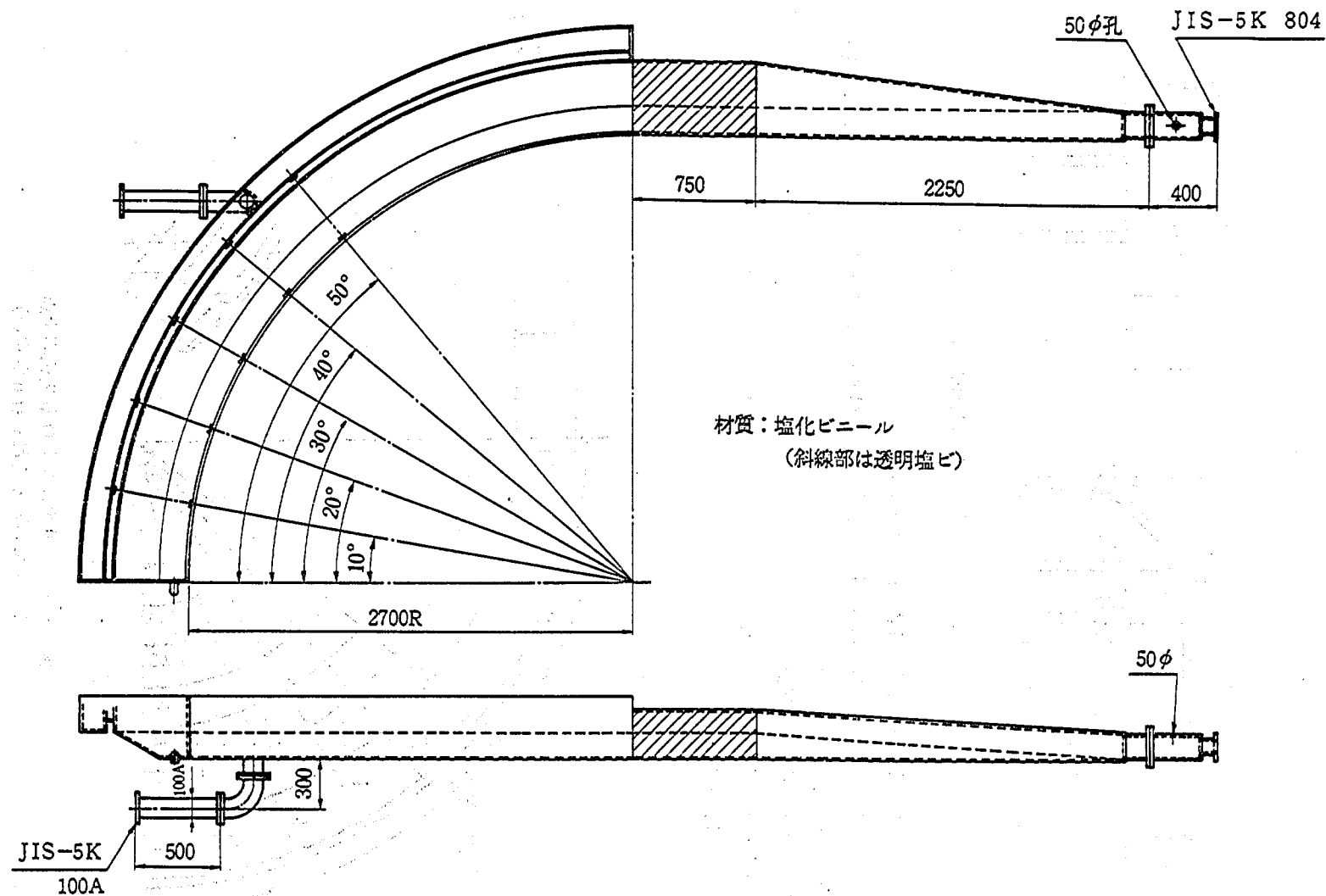


図 3 - 2 - 1 実験装置詳細図

表3-1 単粒子の装置内での軌跡の追跡実験ケース

三角堰 水位 (cm)	比 重	装置 粒 径 (mm)	ヘリカル	
			90°	60°
10	1.0	1	○	○
		2	○	○
		5	○	○
	1.5	2	○	○
14	1.0	1	○	○
		2	○	○
		5	○	○
	1.5	2	○	○

3-3-3 単粒子の挙動調査

曲線部の角度90度、60度について、単粒子による各設定量条件下での投入後の挙動を追跡した。

3-4 調査結果

3-4-1 除去率調査結果

各濁質の除去率を図3-3、4に、水面積負荷とともにまとめたものを表3-2、3に示す。

細砂の場合、比重が大きいため好結果が得られることは十分予想されたが、60度、90度に限らずどちらも100%近い除去率となっている。

スタイロンL、Sや石炭粉は、細砂に比べて除去率は劣っているものの、設定最大流量でも60度で65%程度、90度で70%程度となっている。但し、スタイロンL、石炭粉は、60度、90度ともに流量増による除去率の低下が見られる。

ヘリカルは60度、90度どちらの場合も、装置内に沈殿していた量がそのまま除去量となっていることは、この装置の特徴として考慮すべき点であると考えられる。

3-4-2 流速測定結果

各設定流量での地点別流速を表3-4～9に、90度から60度までの4ケースを図化したものを図3-5～8に示す(図中のA、B、C及び上、中、下は図3-2のとおり)。

ヘリカルもスワールと同様に、曲線部入口(地点1)から曲線部(地点2)に掛けて上、中、下層の流速の逆転が起っている。曲線部の角度が90度から少なくなるに従って、逆転位置が曲線部入口方向に移動している傾向がみられる。

ヘリカルの中の水の流れは、拡幅部の直線部分を通過している為に、曲線部入口付近でも、その流

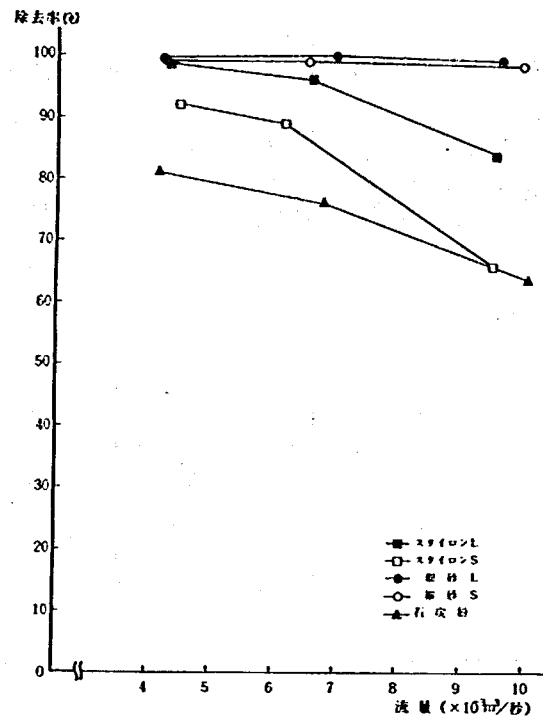


図 3-3 流量と除去率の関係 (ヘリカル60度)

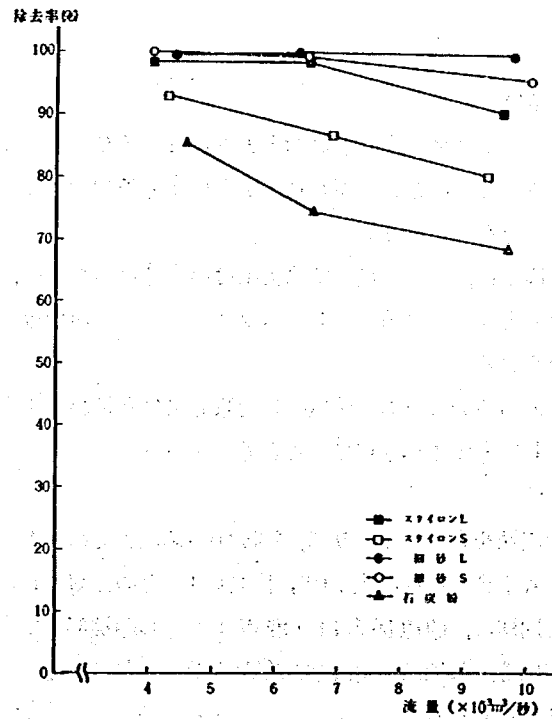


図 3-4 流量の除去率の関係 (ヘリカル90度)

表 3-2 ヘリカルによる除去率 (60 度)

試 料	流 量 ($\times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{sec}$)	投入重量(g)	回 収 量 (g)				除 去 率 (%)	水面積負荷 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$)
			a	b	c	総 量		
スタイロン L (比重 1.07)	9.51	100.0	0.1	1.6	82.3	84.0	84.0	320
	6.59	100.0	+	1.7	94.5	96.2	96.2	220
	4.31	100.0	+	2.3	96.2	98.5	98.5	150
スタイロン S (比重 1.07)	9.47	100.0	0.6	4.4	61.3	66.3	66.3	320
	6.14	100.0	0.4	3.1	85.6	89.1	89.1	210
	4.46	100.0	0.1	1.6	90.4	92.1	92.1	150
細 砂 L (比重 2.63)	9.60	100.0	+	+	99.4	99.4	99.4	325
	6.94	100.0	+	+	100.0	100.0	100.0	235
	4.18	100.0	+	+	99.6	99.6	99.6	140
細 砂 S (比重 2.63)	9.93	100.0	+	+	98.6	98.6	98.6	340
	6.51	100.0	+	+	99.2	99.2	99.2	220
	4.24	100.0	+	+	99.3	99.3	99.3	140
石 炭 粉 (比重 1.66)	10.03	100.0	1.2	1.4	61.3	63.9	63.9	340
	6.77	100.0	0.7	2.0	73.6	76.3	76.3	230
	4.13	100.0	0.6	1.1	79.3	81.0	81.0	140

(+) は 0.1 g 未満を表す。

表 3 - 3 ヘリカルによる除去率 (90 度)

試 料	流 量 ($\times 10^{-3} \text{m}^3/\text{sec}$)	投入重量(g)	回 収 量 (g)				除 去 率 (%)	水面积負荷 ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{日}$)
			a	b	c	総 量		
スタイロン L (比重 1.07)	9.61	100.0	+	2.8	87.6	90.4	90.4	250
	6.53	100.0	+	1.3	97.1	98.4	98.4	170
	4.04	100.0	+	1.2	97.3	98.5	98.5	105
スタイロン S (比重 1.07)	9.35	100.0	0.1	1.9	78.1	80.1	80.1	240
	6.88	100.0	0.2	7.1	79.4	86.7	86.7	180
	4.28	100.0	+	5.0	88.1	93.1	93.1	110
細 砂 L (比重 2.63)	9.76	100.0	+	0.1	99.3	99.4	99.4	250
	6.35	100.0	0.1	0.1	99.8	100.0	100.0	165
	4.40	100.0	+	+	99.6	99.6	99.6	115
細 砂 S (比重 2.63)	10.03	100.0	+	+	95.5	95.5	95.5	260
	6.51	100.0	+	+	99.4	99.4	99.4	170
	4.04	100.0	+	0.1	99.9	100.0	100.0	105
石 炭 粉 (比重 1.66)	9.67	100.0	0.4	0.6	67.3	68.3	68.3	250
	6.58	100.0	0.8	0.3	73.3	74.4	74.4	170
	4.57	100.0	+	1.8	83.7	85.5	85.5	120

(+)は 0.1 g 未満を表す。

表 3 - 4 流速測定結果 (ヘリカル90度)

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	16.5	9.3	7.4	15.7	3.6	16.5
2	7.2	8.2	9.0	10.4	11.7	13.0
3	7.2	7.2	7.2	8.8	10.8	10.9
4	0.1	1.8	2.3	5.2	7.8	9.3
5	0.1	0.4	0.6	0.7	6.8	6.3
6	0	0.1	0.1	0.6	2.4	3.4
7	0	0	21.3	0	0	0

流 量
0.65 m³/分

単位 ; cm/sec

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	11.8	9.2	4.6	6.4	1.8	11.3
2	6.3	6.7	7.0	7.2	8.2	7.9
3	5.0	3.1	5.0	6.3	7.5	8.1
4	0.5	0.5	2.8	4.7	4.5	6.4
5	0	0	0	0.1	3.2	4.5
6	0	0	0	0	0.2	1.3
7	0	0	19.5	0	0	0

流 量
0.43 m³/分

単位 ; cm/sec

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	7.9	6.3	1.0	2.9	2.5	4.4
2	2.2	2.9	4.0	4.0	5.5	4.3
3	2.2	0.9	2.4	3.6	3.9	4.5
4	0.1	0.3	0	2.0	1.8	2.8
5	0	0	0	0.5	0.8	1.5
6	0	0	0	0	0.1	0
7	0	0	20.5	0	0	0

流 量
0.26 m³/分

単位 ; cm/sec

表 3 - 5 流速測定結果（ヘリカル80度）

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	15.1	10.3	7.4	14.0	6.5	17.4
2	8.0	7.5	7.4	9.5	12.3	11.5
3	2.5	4.8	6.5	8.4	9.8	10.2
4	0	0.1	3.2	4.7	7.5	7.3
5	0	0	0	0.1	6.0	4.1
6	0	0	11.6	0	0	0

流 量
0.64 m³/分

単位；cm/sec

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	12.8	8.9	4.7	6.2	6.3	12.0
2	6.9	6.9	6.3	7.4	9.0	7.9
3	3.2	3.3	5.1	6.1	7.3	7.4
4	0	0	0	5.3	4.9	5.8
5	0	0	0	0.6	4.0	3.3
6	0	0	11.8	0	0	0

流 量
0.43 m³/分

単位；cm/sec

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	6.5	4.0	5.5	2.7	7.5	6.4
2	4.8	4.3	4.9	4.9	5.3	4.8
3	2.4	1.0	2.0	4.4	4.7	4.8
4	0	0	0	3.0	3.4	3.7
5	0	0	0	0	0	1.8
6	0	0	12.1	0	0	0

流 量
0.30 m³/分

単位；cm/sec

表 3 - 6 流速測定結果（ヘリカル70度）

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	14.8	11.9	5.6	9.5	8.6	16.7
2	7.7	8.3	7.4	9.8	10.8	11.3
3	1.7	3.4	4.2	7.4	9.4	9.0
4	0	0	0	3.2	6.4	5.7
5	0	0	16.4	0	0	0

流 量

0.64 m³/分

単位；cm/sec

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	12.7	10.2	3.4	7.2	7.4	9.3
2	6.1	5.9	6.2	6.6	7.0	7.2
3	3.0	1.9	3.9	5.8	6.2	7.1
4	0	0	0	2.8	4.3	4.9
5	0	0	15.9	0	0	0

流 量

0.43 m³/分

単位；cm/sec

測点 地点	A			B		
	上	中	下	上	中	上
1	7.8	5.9	3.4	2.7	6.1	6.0
2	3.6	3.7	2.6	4.2	4.9	4.9
3	0	0	0.1	3.5	2.6	3.8
4	0	0	0	0.7	1.4	2.1
5	0	0	16.1	0	0	0

流 量

0.27 m³/分

単位；cm/sec

表 3 - 7 流速測定結果（ヘリカル60度）

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	15.1	9.7	6.6	14.8	7.7	17.4
2	3.9	4.0	3.4	7.8	8.1	8.2
3	0	0	0	2.3	6.1	7.0
4	0	0	16.1	0	0	0

流 量

0.64 m³/分

単位；cm/sec

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	11.9	8.8	4.5	7.8	4.2	10.1
2	3.8	4.4	3.4	5.4	6.6	5.5
3	0	0	0	2.1	4.0	4.3
4	0	0	16.3	0	0	0

流 量

0.44 m³/分

単位；cm/sec

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	7.4	3.0	4.2	1.5	2.8	5.2
2	1.3	1.6	1.8	2.8	3.4	3.1
3	0	0	0	0.9	0.8	2.8
4	0	0	15.3	0	0	0

流 量

0.25 m³/分

単位；cm/sec

表 3 - 8 流速測定結果 (ヘリカル50度)

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	15.8	10.9	4.4	15.0	5.9	16.8
2	0	0	0	5.9	3.4	6.9
3	0	0	13.9	0	0	0.9

流 量

0.64 m³/分

単位 ; cm/sec

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	11.0	9.4	3.3	4.9	2.9	8.6
2	0	0	0	2.3	1.8	3.8
3	0	0	12.9	0	0	0

流 量

0.42 m³/分

単位 ; cm/sec

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	6.3	8.1	2.4	2.0	5.5	5.2
2	0	0	0	0	0	0.6
3	0	0	13.9	0	0	0

流 量

0.26 m³/分

単位 ; cm/sec

表 3 - 9 流速測定結果 (ヘリカル40度)

測点 地点	A			B		C
	上	中	下	上	中	上
1	11.0	5.7	5.7	2.6	5.9	8.1
2	0	0	14.8	0	0	0

流 量

0.27 m³/分

単位 ; cm/sec

水位12 cm及び14 cmは、装置内の水があふれたため、実験を中止した。

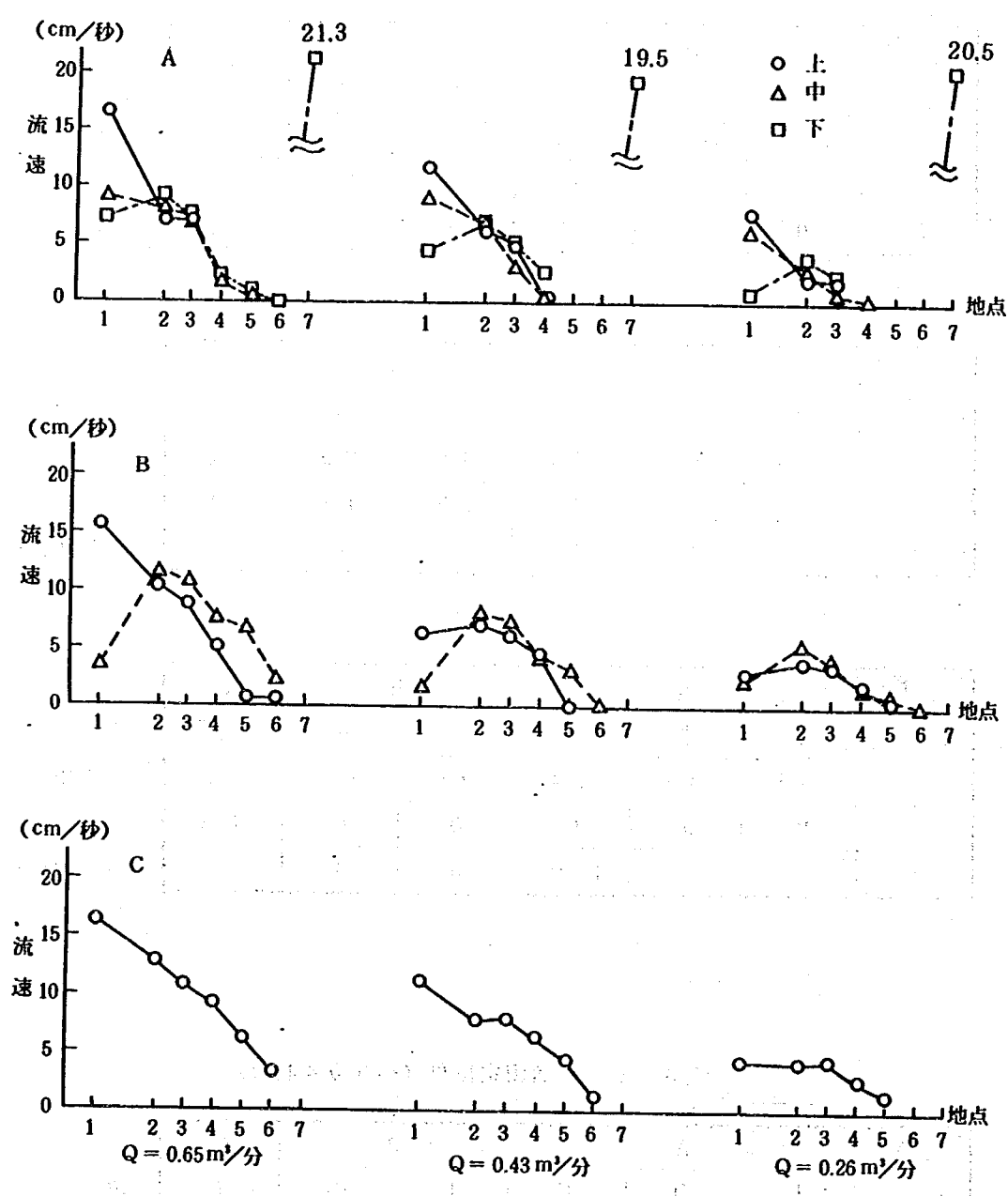


図3-5 流速測定結果 (ヘリカル90度)

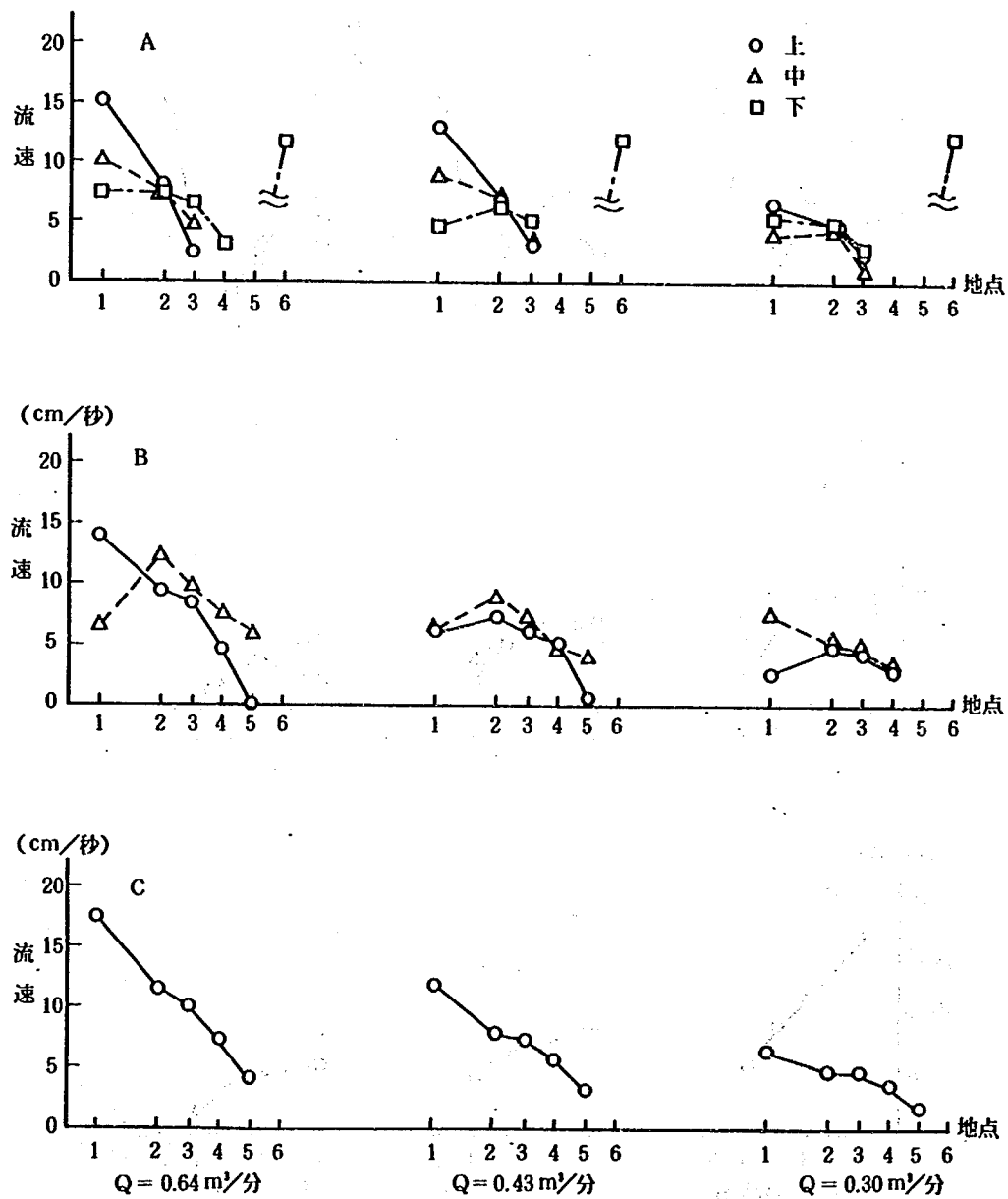


図3-6 流速測定結果 (ヘリカル80度)

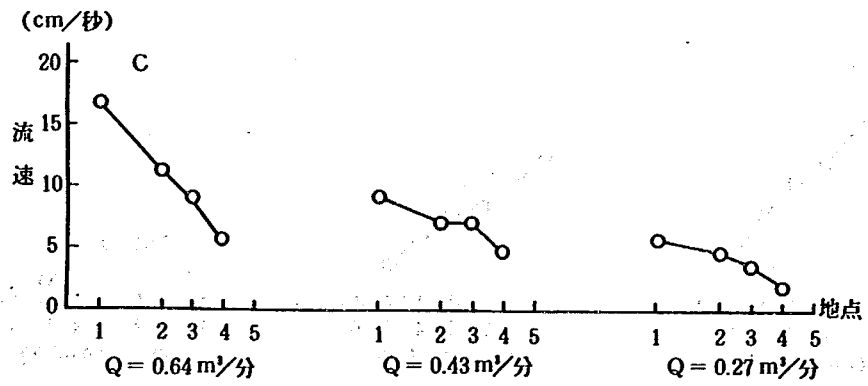
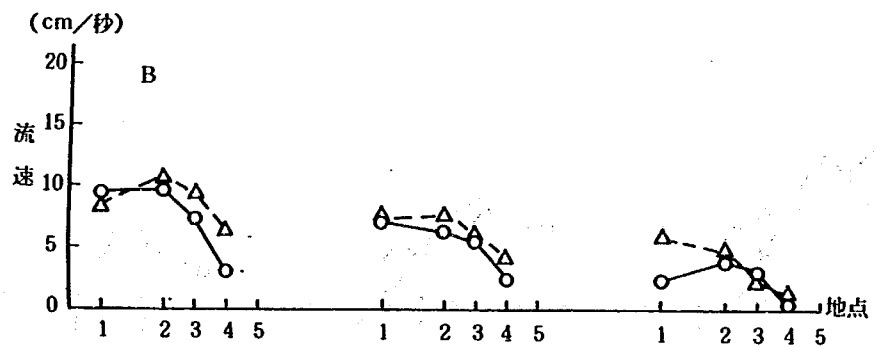
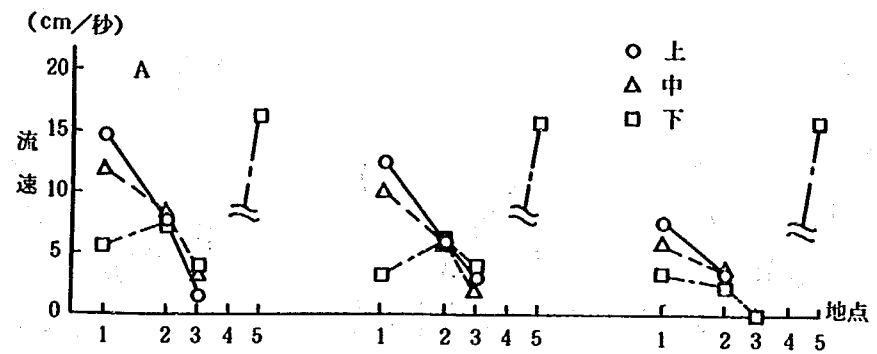


図3-7 流速測定結果 (ヘリカル70度)

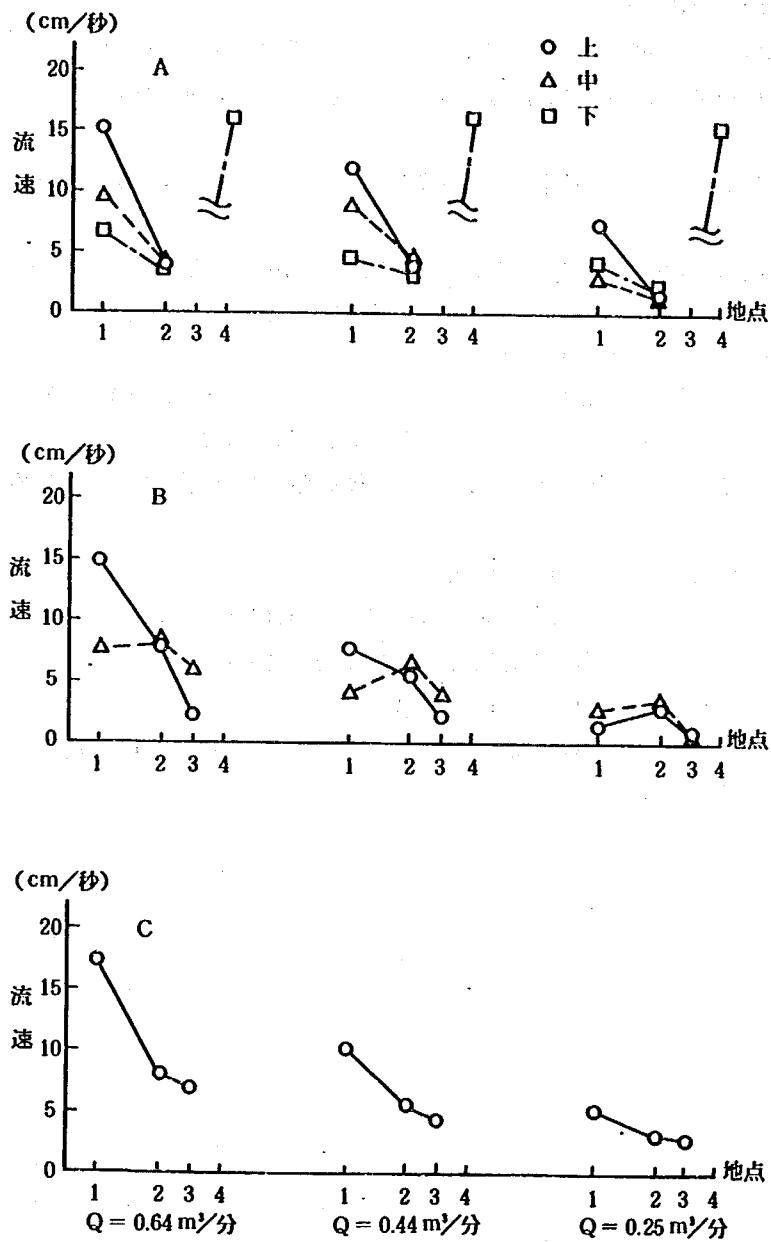


図3-8 流速測定結果 (ヘリカル60度)

速はスワールに較べて小さく（約半分）、流下するに従って0に近い値となっている。

（尚、表中の0の場合は、水の移動を流速計が感知出来なかったものと考え、図に表わさなかった。）

3-4-3 単粒子の追跡結果

流速測定 of 補足調査的な意味で行なったが、以下の数点を指摘することが出来る。

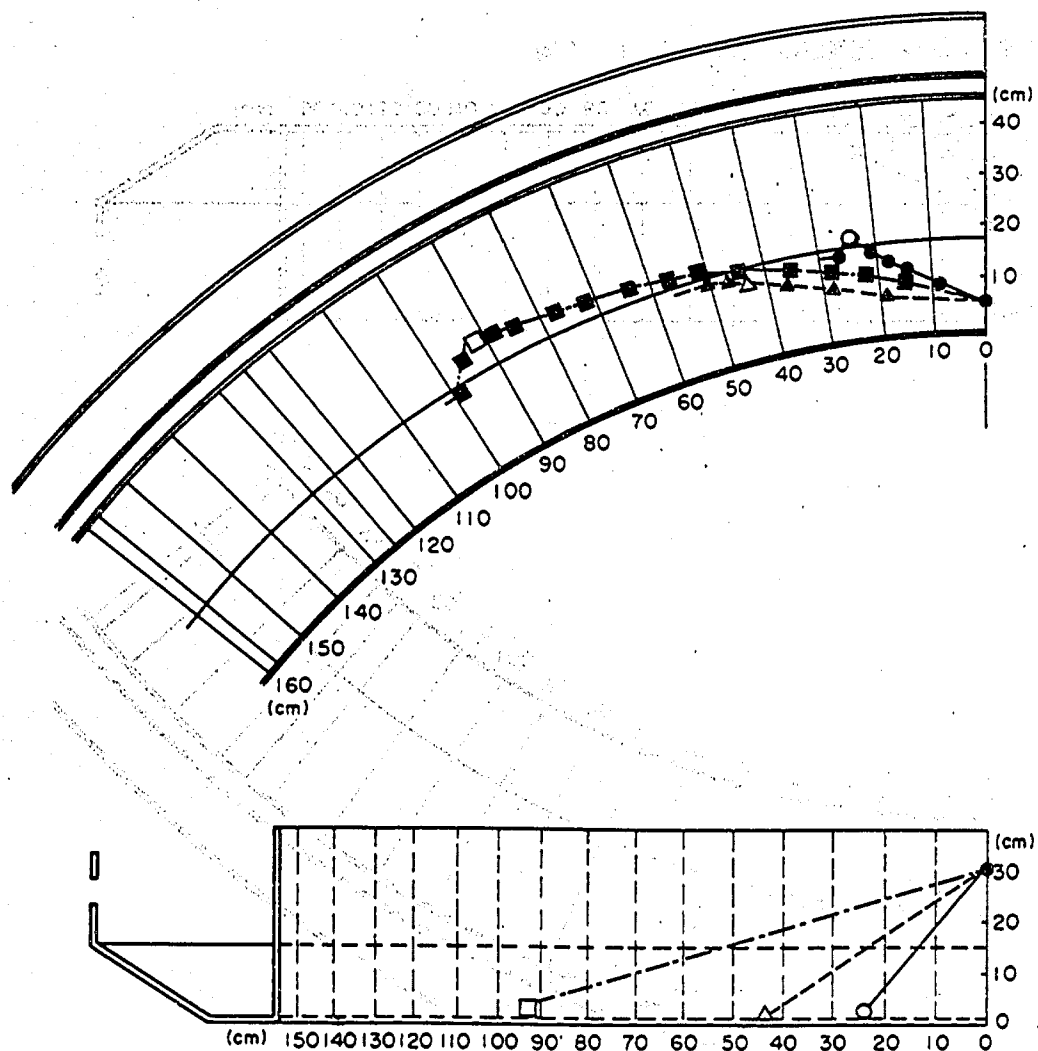
調査結果を、ヘリカル60度について、図3-9-1～48、ヘリカル90度について、図3-10-1～48に示す。

- i) 投入点から着底点までの到達距離は、装置内の流量が大きい程、比重が小さい程、粒径が小さい程長い。
- ii) 粒子は投入点から着底点まで、ほぼ装置内側の側壁に平行に移動する。
- iii) 着底後、粒子は底面の内側（斜面と底面の接線）方向へ引き寄せられ、そこから装置内側の側壁にほぼ平行に移動し、汚水口より流出する。
- iv) 比重が1.5の粒子は、斜面に着底後、底面まで装置の中心方向に転がり、底面に到達すると直接底面に着底したものと同様にほとんど静止したままで移動しない。
- v) 比重が1の粒子は、着底後かなり動くが、その移動速度は、浮遊中に較べて極めて遅い。

図3-9-1～48と図3-10-1～48の注

注) 着底点までの浮遊距離は、90度と60度とでほとんど相違はなかった。

1. 側面図及び平面図は、投入点と着底点を直線的に結んであり、途中のプロットは省いてある。
2. 側面図では、着底後のプロットは省略している。
3. 平面図でプロットの先の線が途切れているのは、途切れた地点で単粒子が停止し、その後移動しなかったことを示す。



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

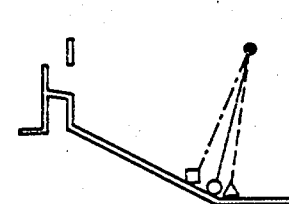
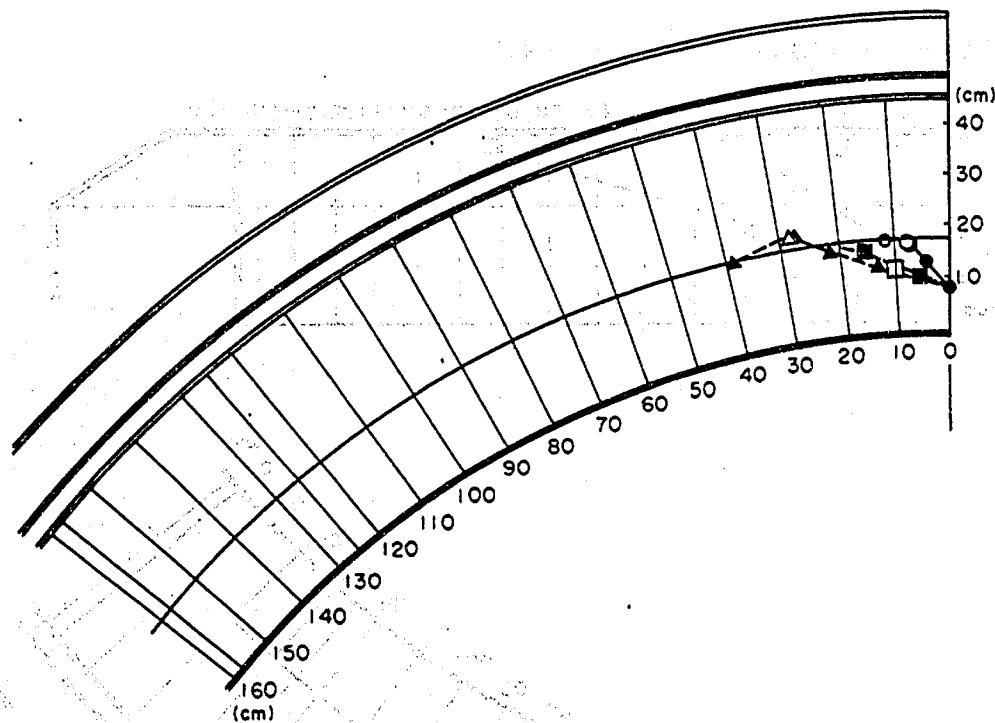


図3-9-1 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：1 mm
 流量：0.27 m³/分
 投入点：A-中

1回目 ●——●
 2回目 ▲-----▲
 3回目 ■-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

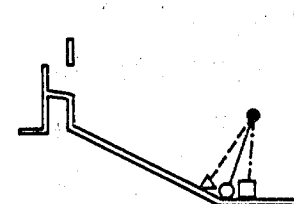
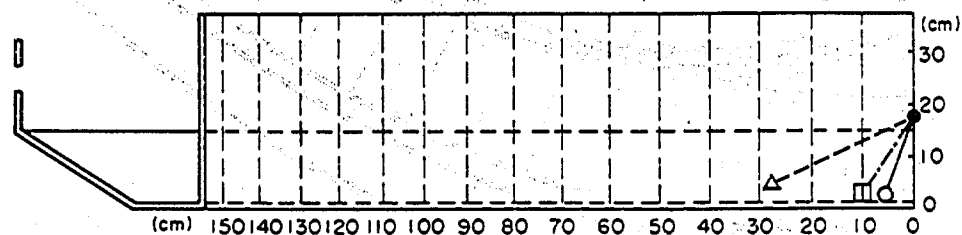
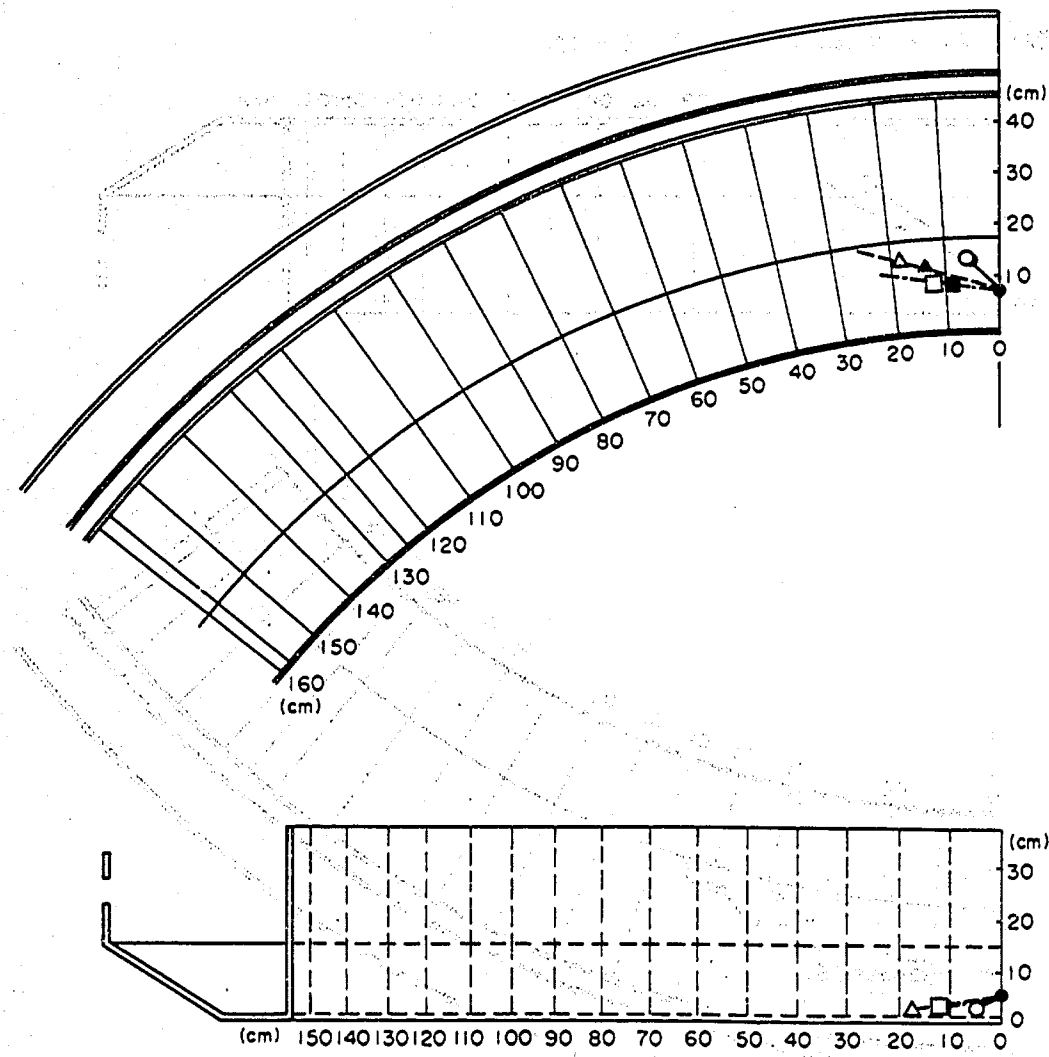


図3-9-2 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）

75-



種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：1 mm
 流量：0.27 m³/分
 投入点：A-下

1回目 ●——●
 2回目 ▲-----▲
 3回目 ■-.-.-■
 ○△□着底点

プロットは2秒間隔
 着底後は30秒間隔

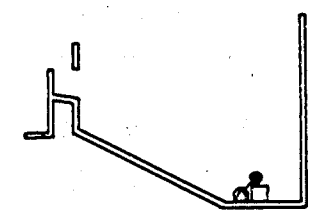
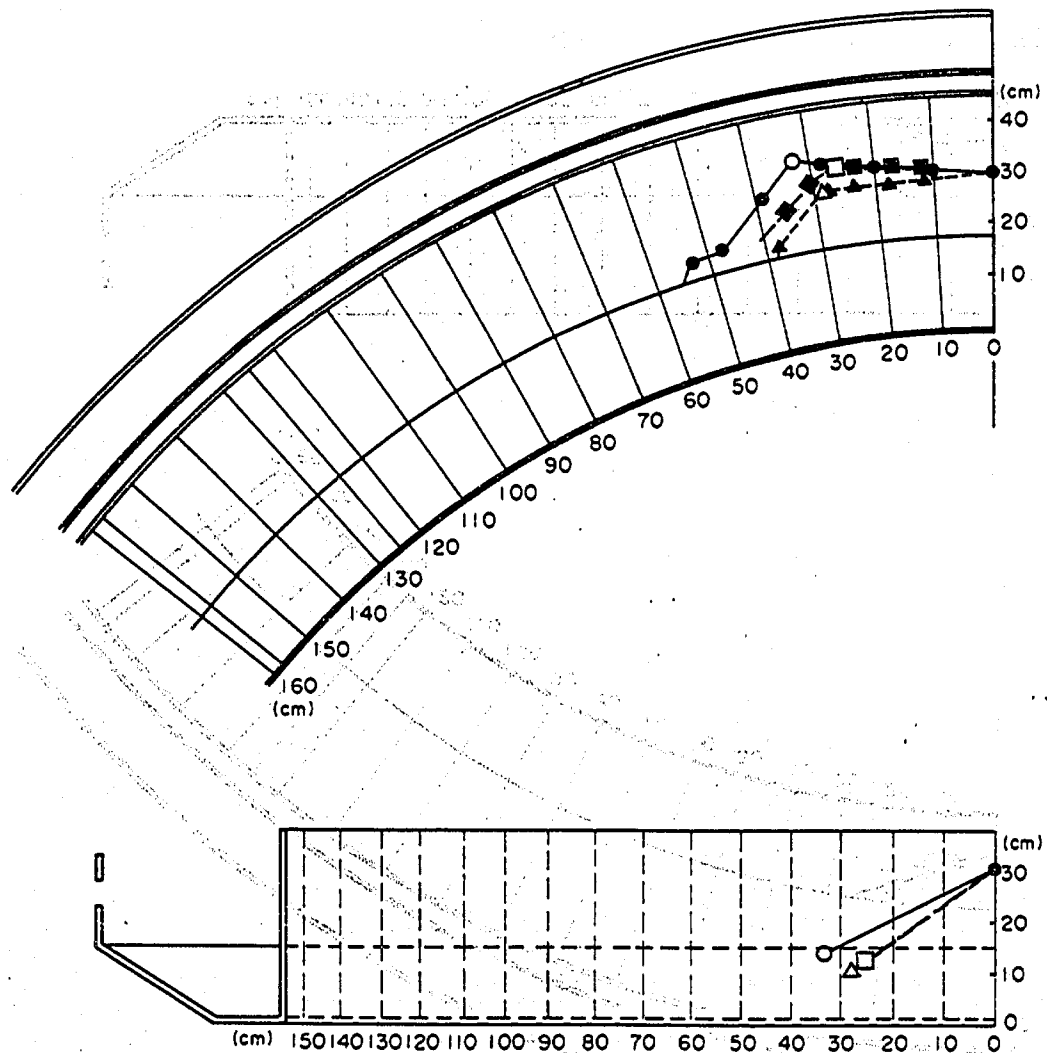


図3-9-3 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

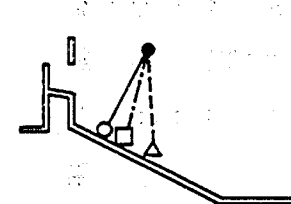
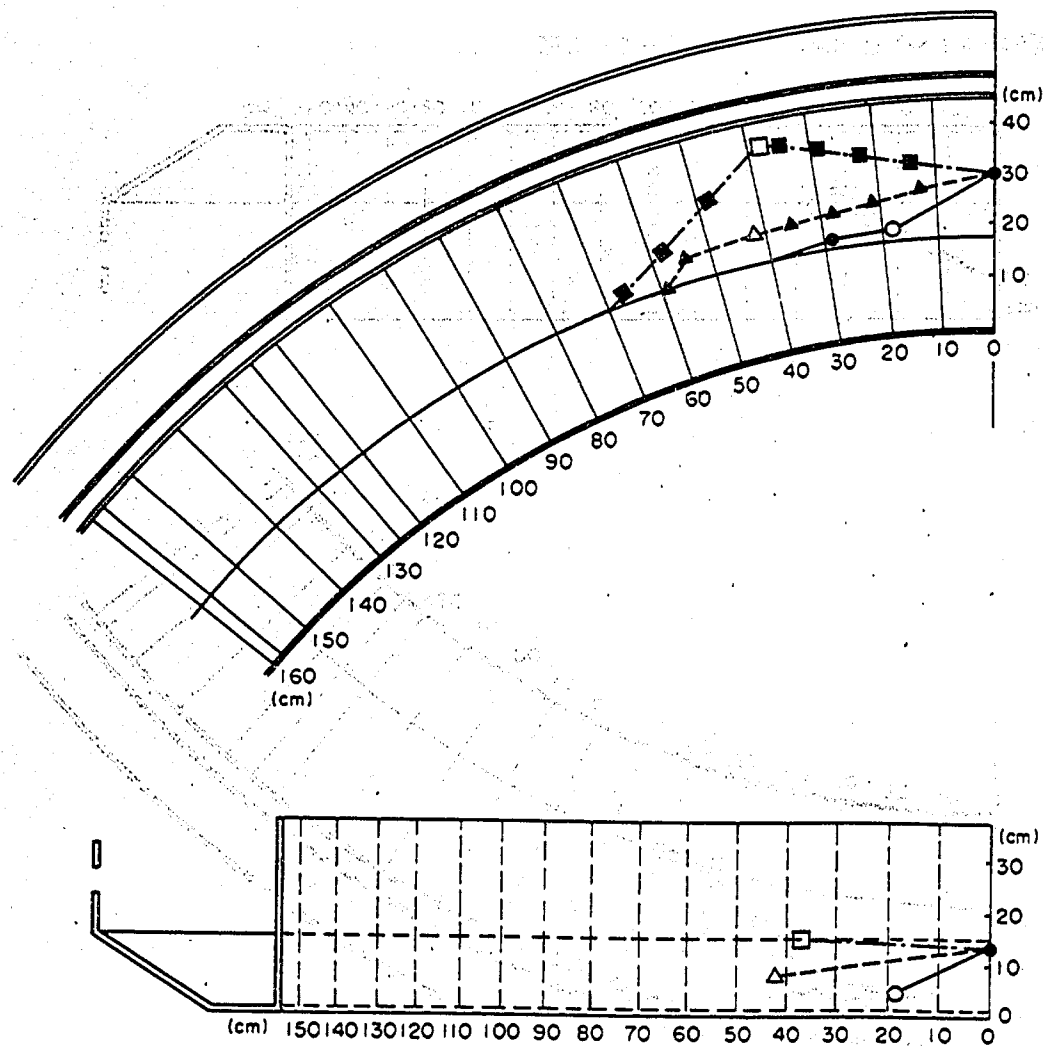


図3-9-4 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

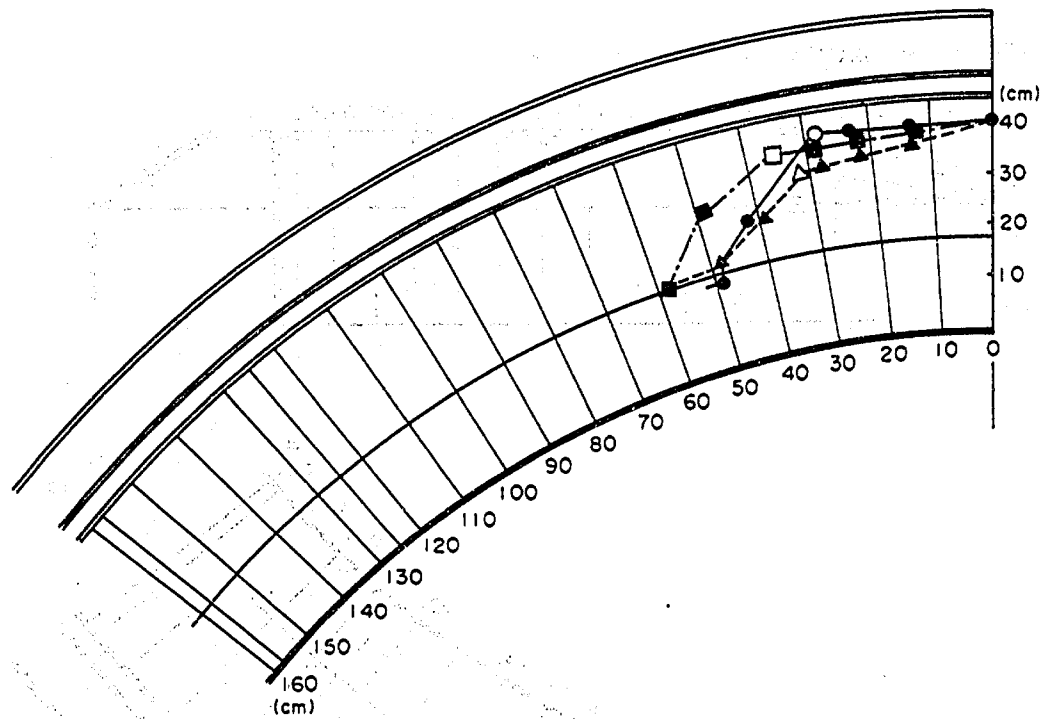
3回目 ■-----■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

図3-9-5 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

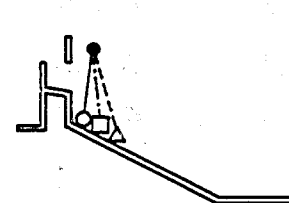
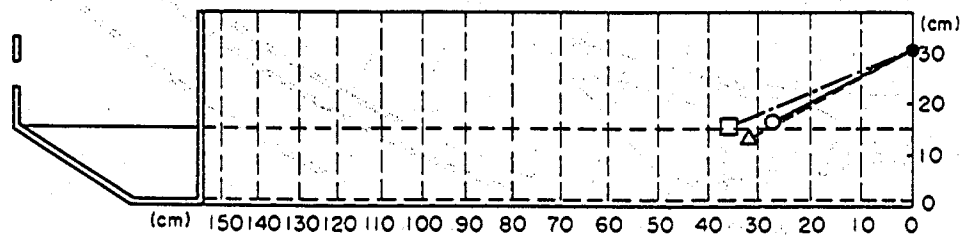
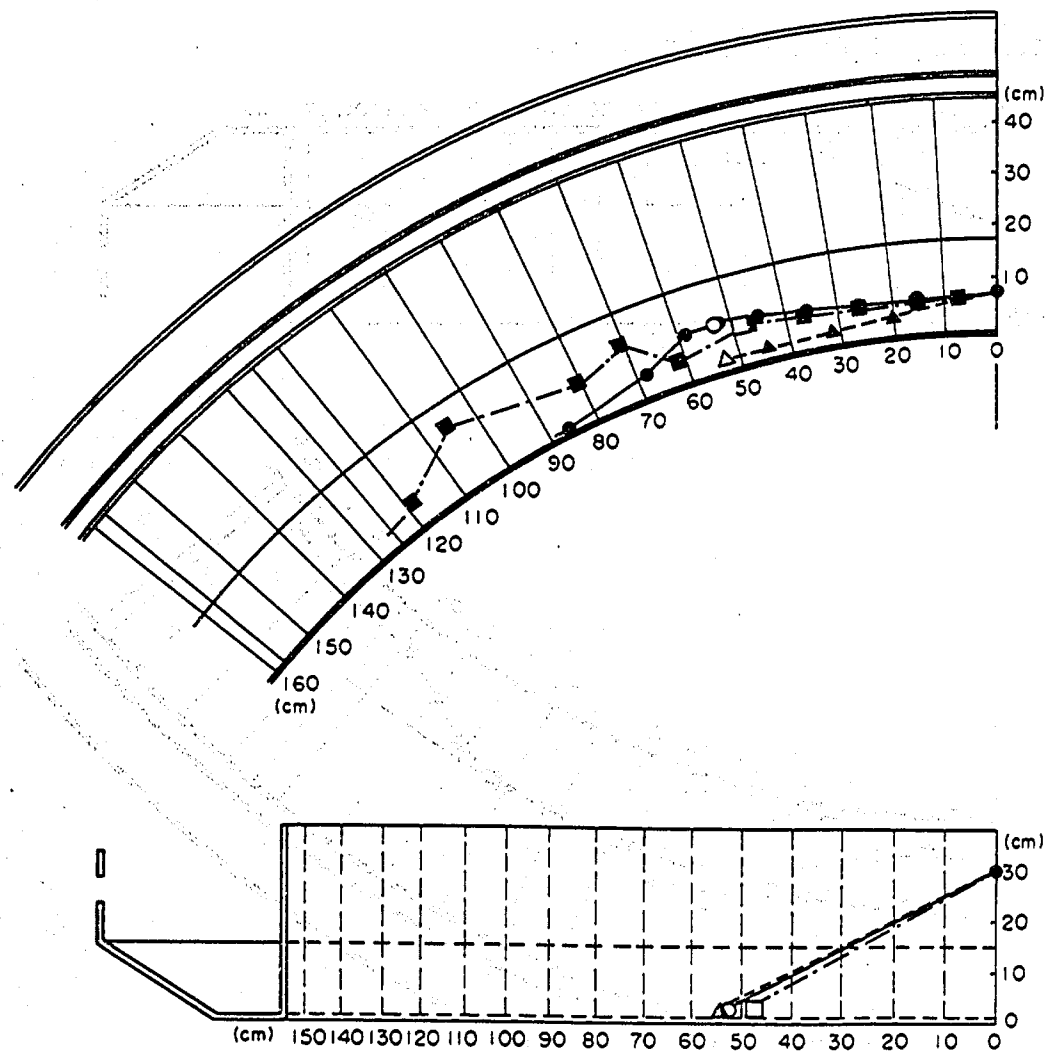


図3-9-6 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

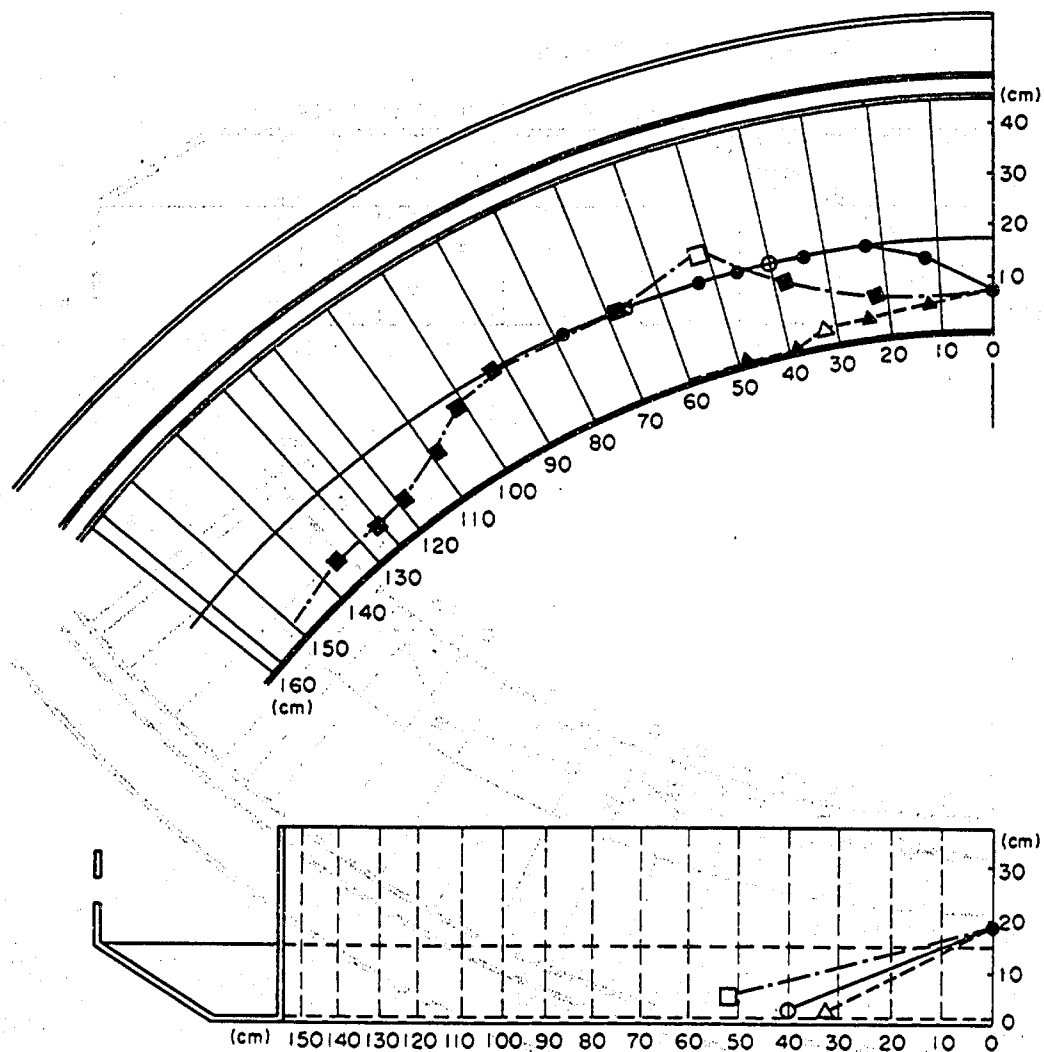
3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

図3-9-7 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：1 mm
 流量：0.62 m³/分
 投入点：A-中

1回目 ●——●
 2回目 ▲-----▲
 3回目 ■-----■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

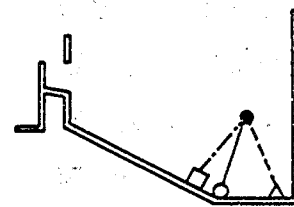
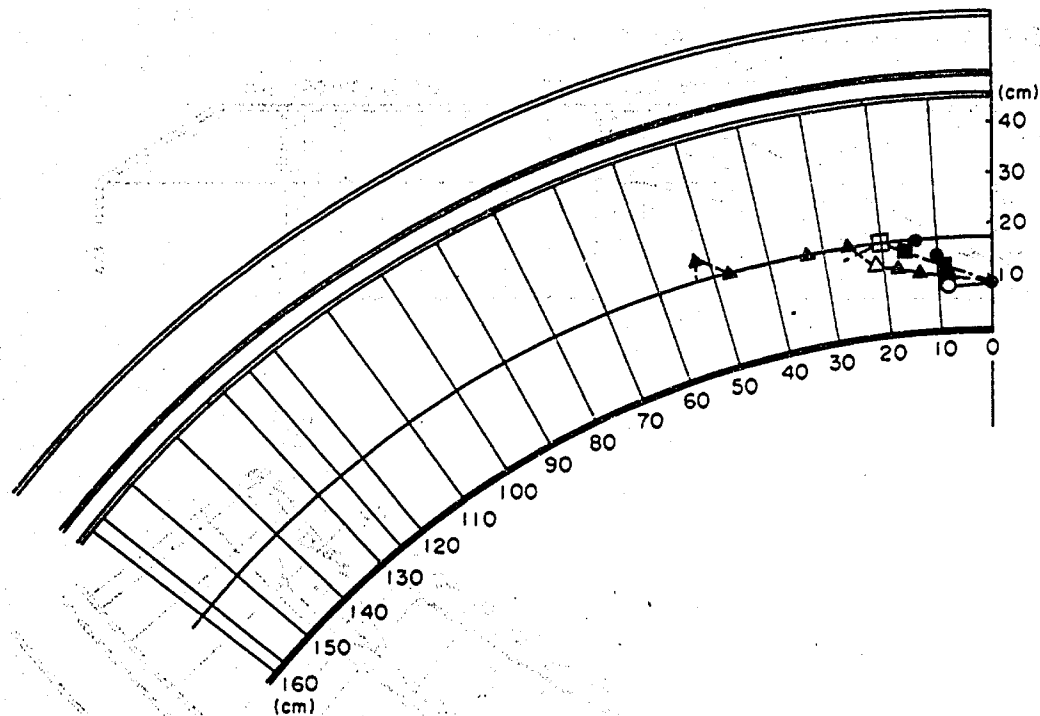


図3-9-8 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A-下

1回目 ●——●

2回目 ▲---▲

3回目 ■---■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

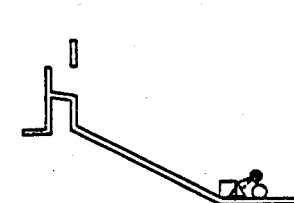
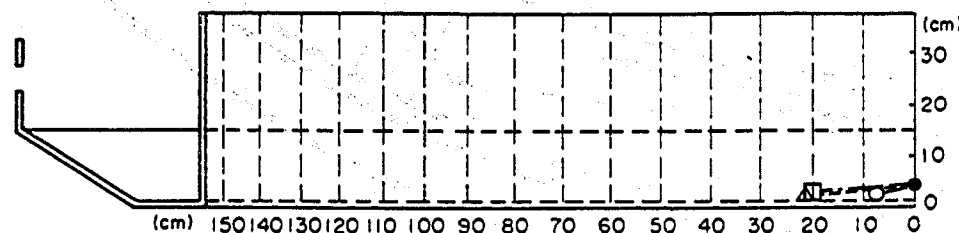
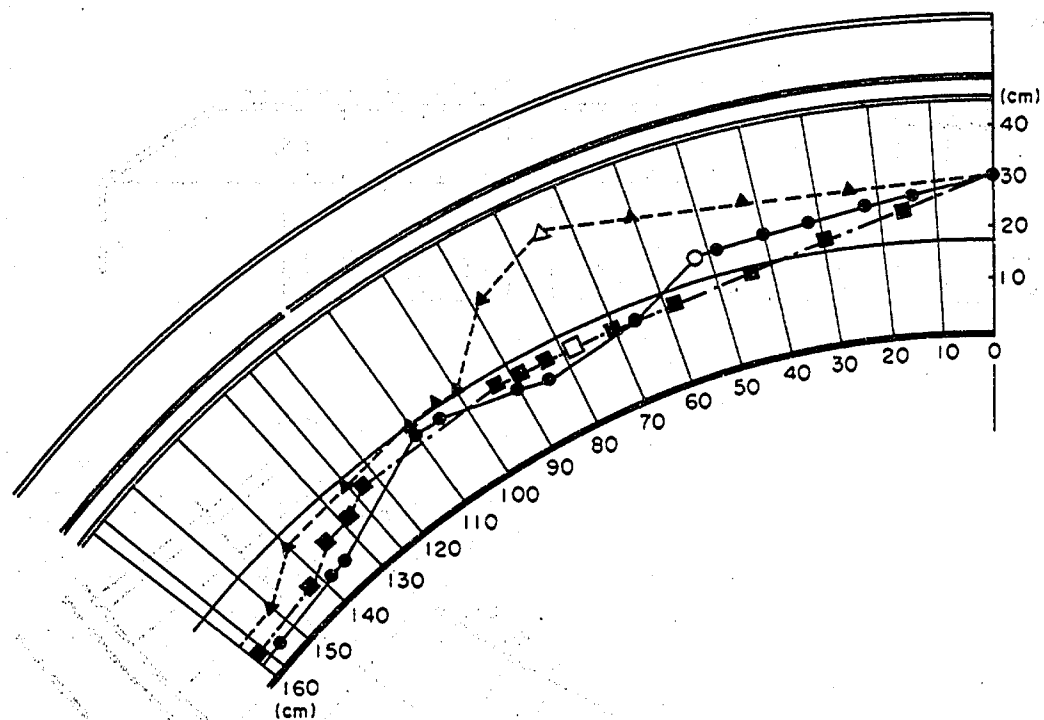


図3-9-9 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：B-上

1回目 ●——●

2回目 ▲---▲

3回目 ■-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

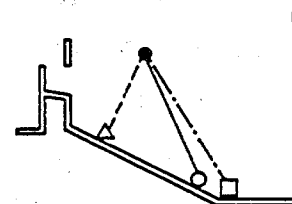
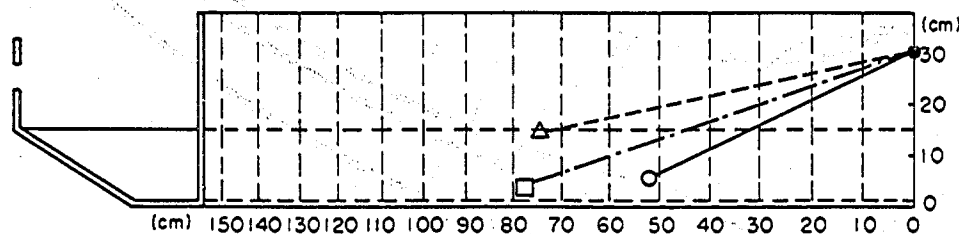
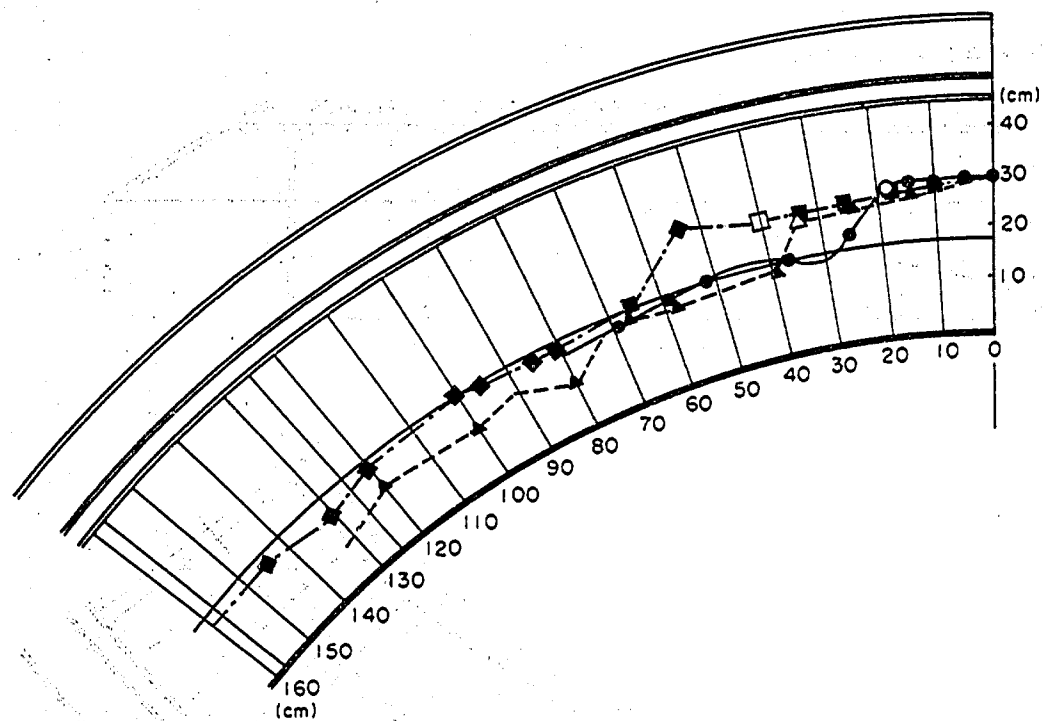


図3-9-10 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：B-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

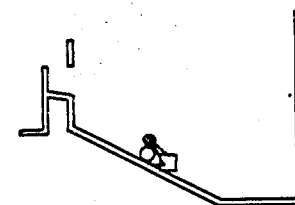
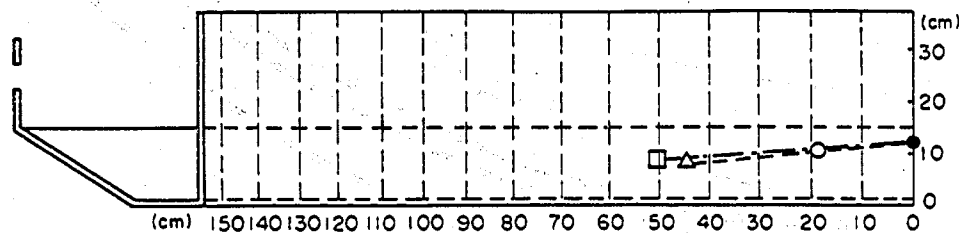
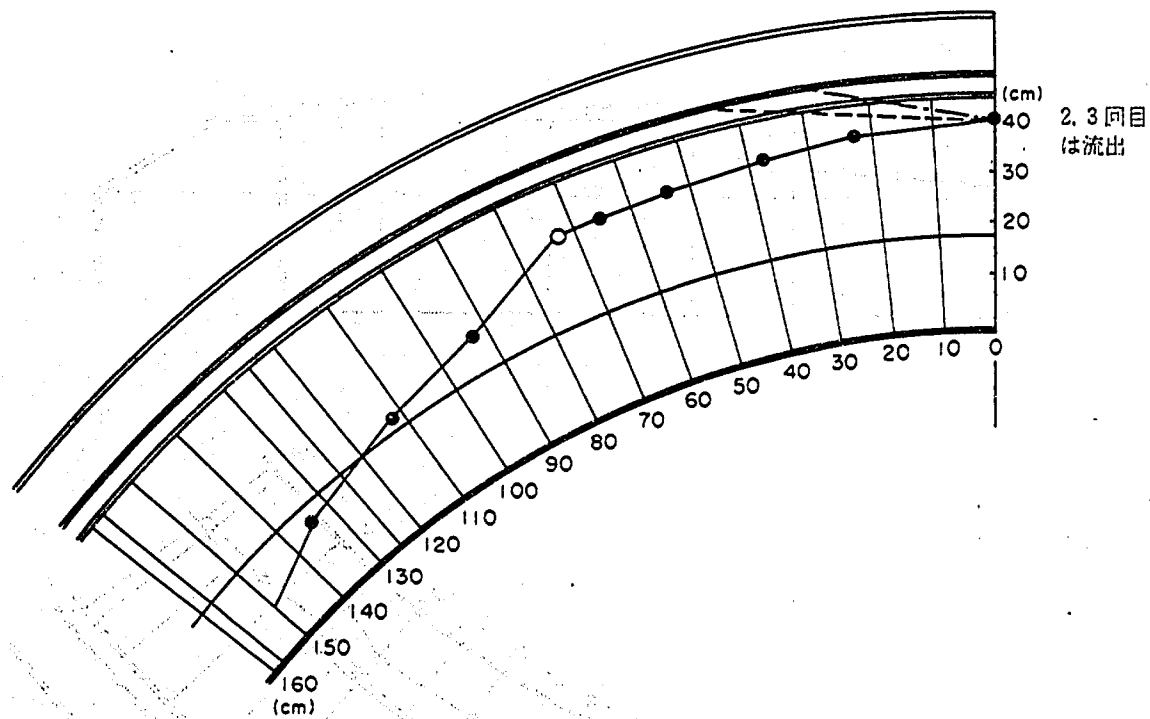


図3-9-11 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

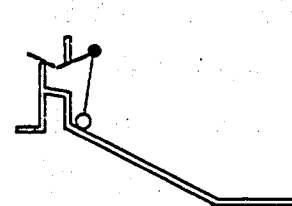
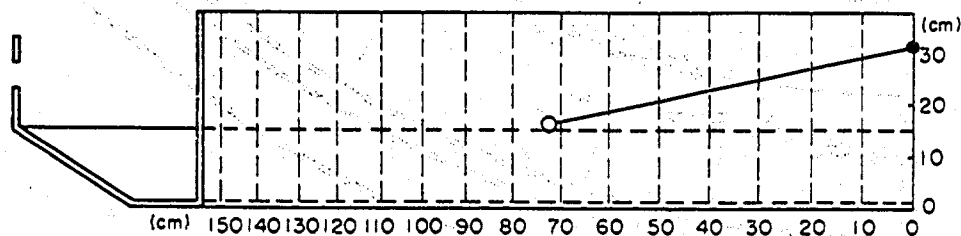
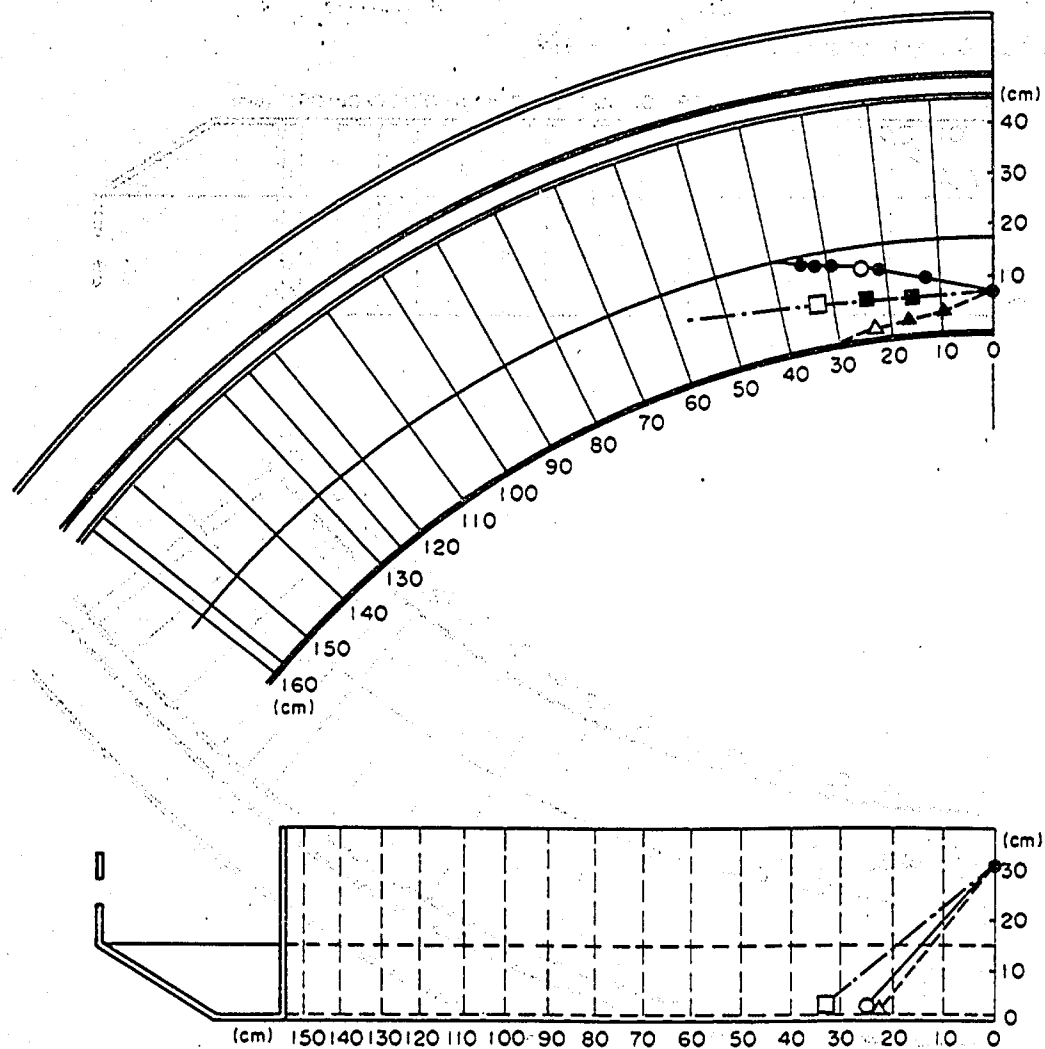


図3-9-12 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）

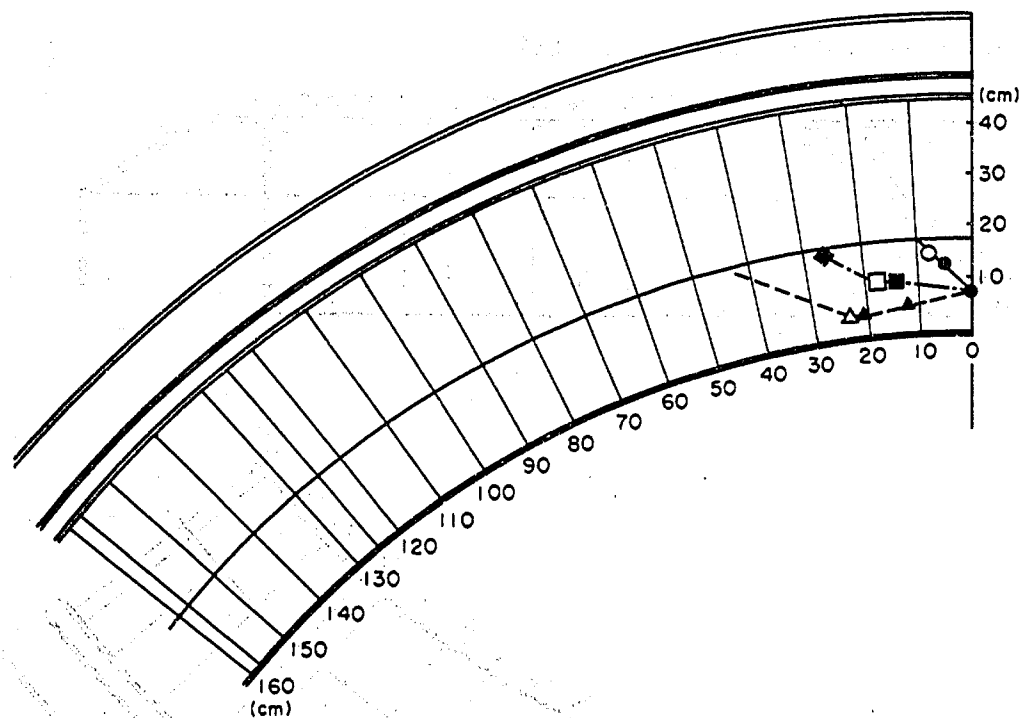


種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：2 mm
 流量：0.27 m³/分
 投入点：A-上

1回目 ●——●
 2回目 ▲-----▲
 3回目 ■-----■
 ○△□着底点

プロットは2秒間隔
 着底後は30秒間隔

図3-9-13 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-中

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

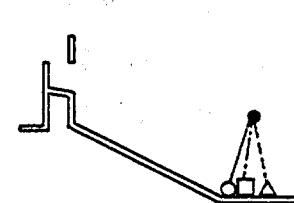
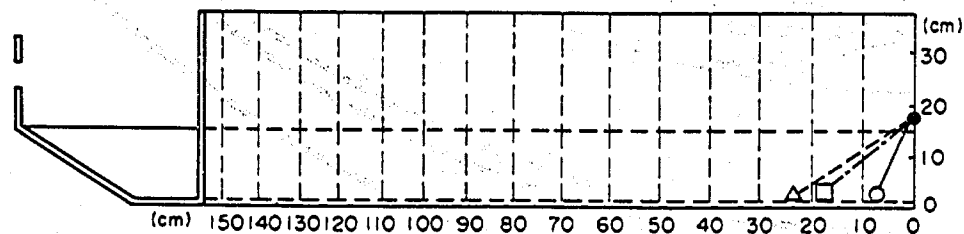
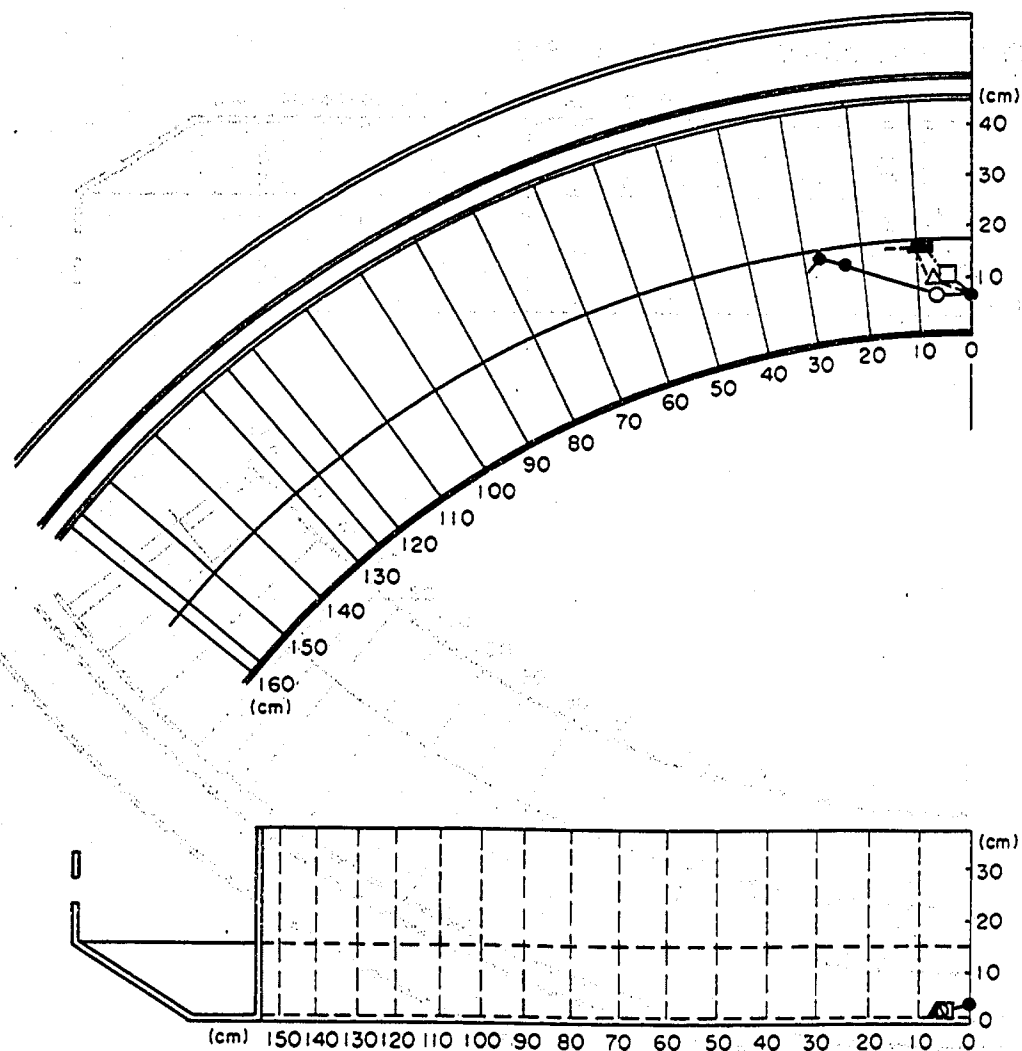


図3-9-14 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

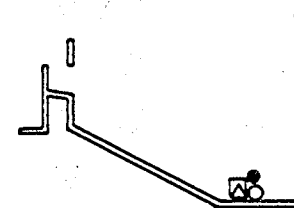
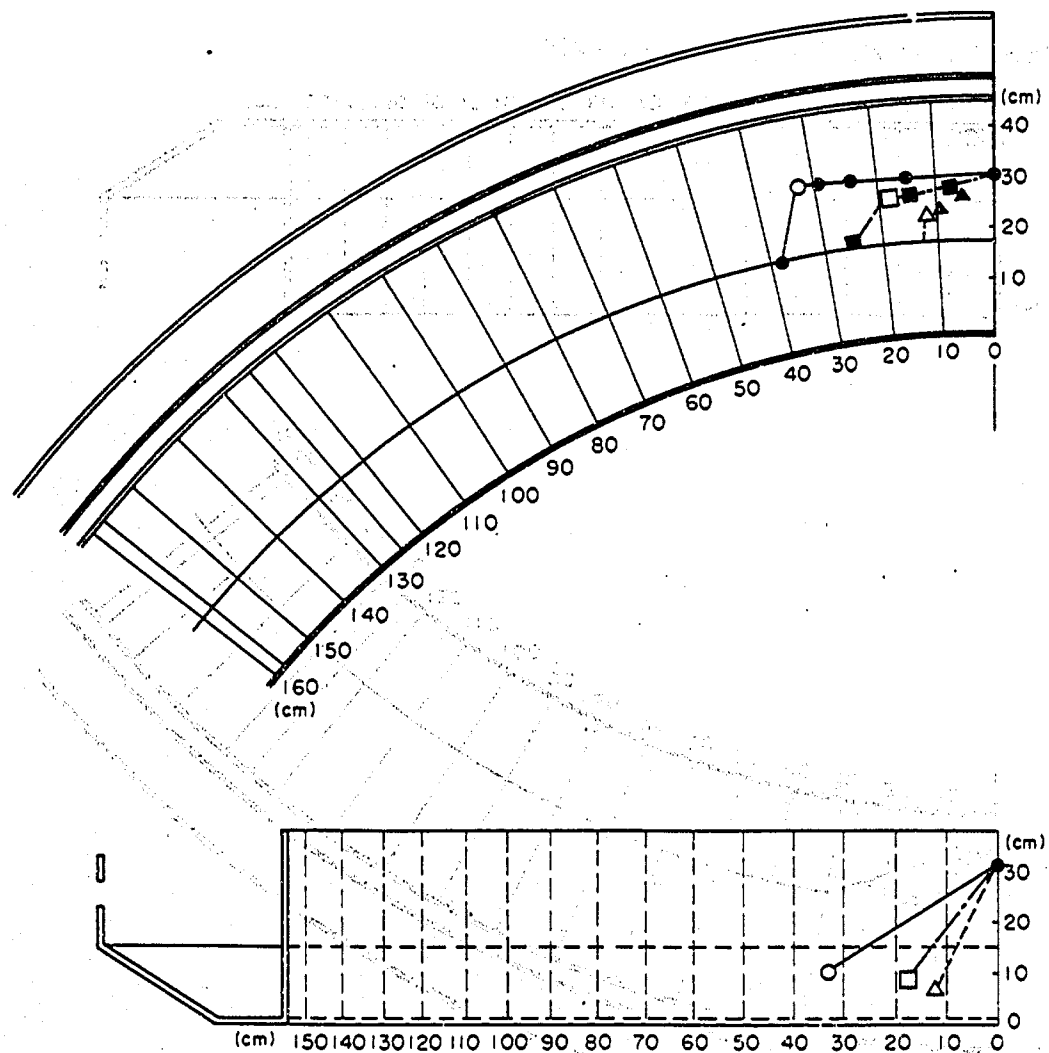


図3-9-15 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

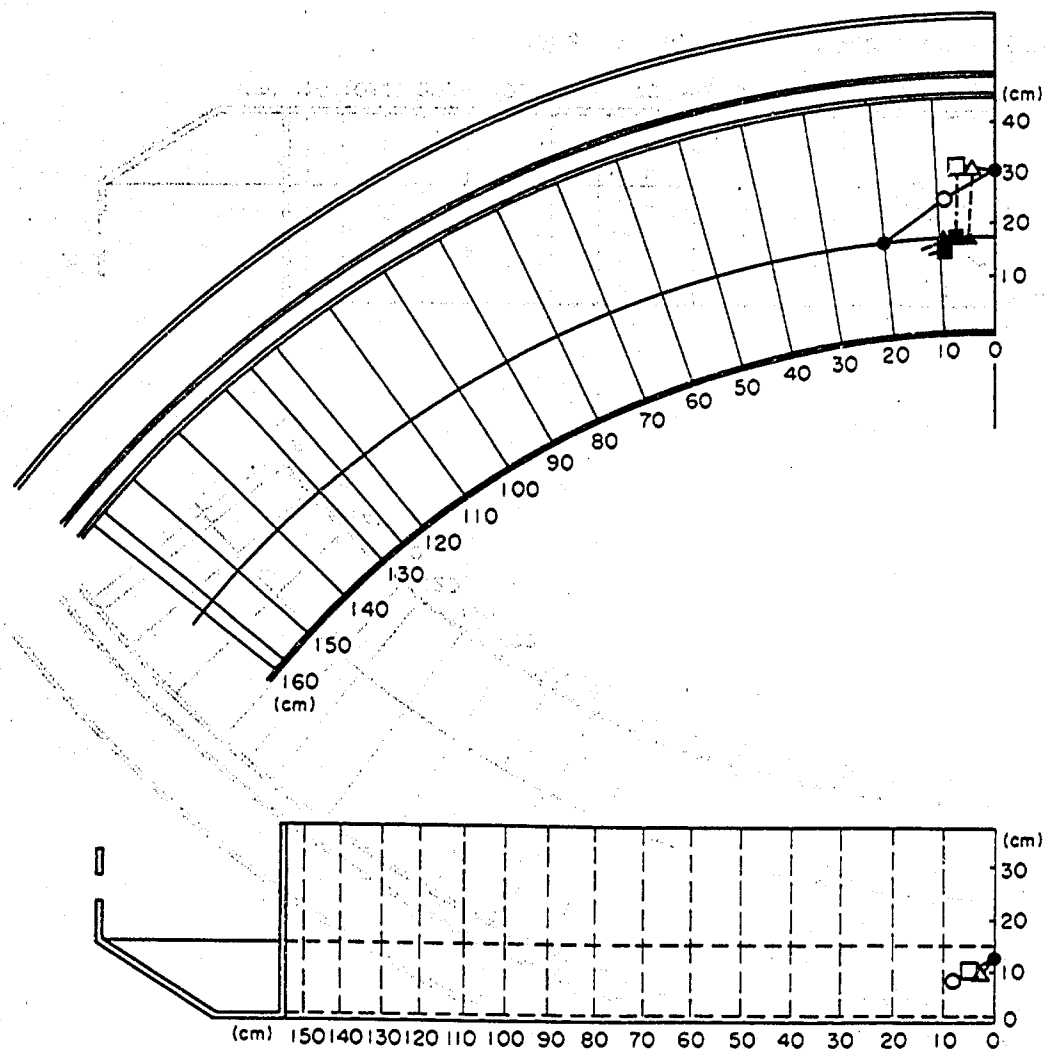
3回目 ■-----■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

図3-9-16 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

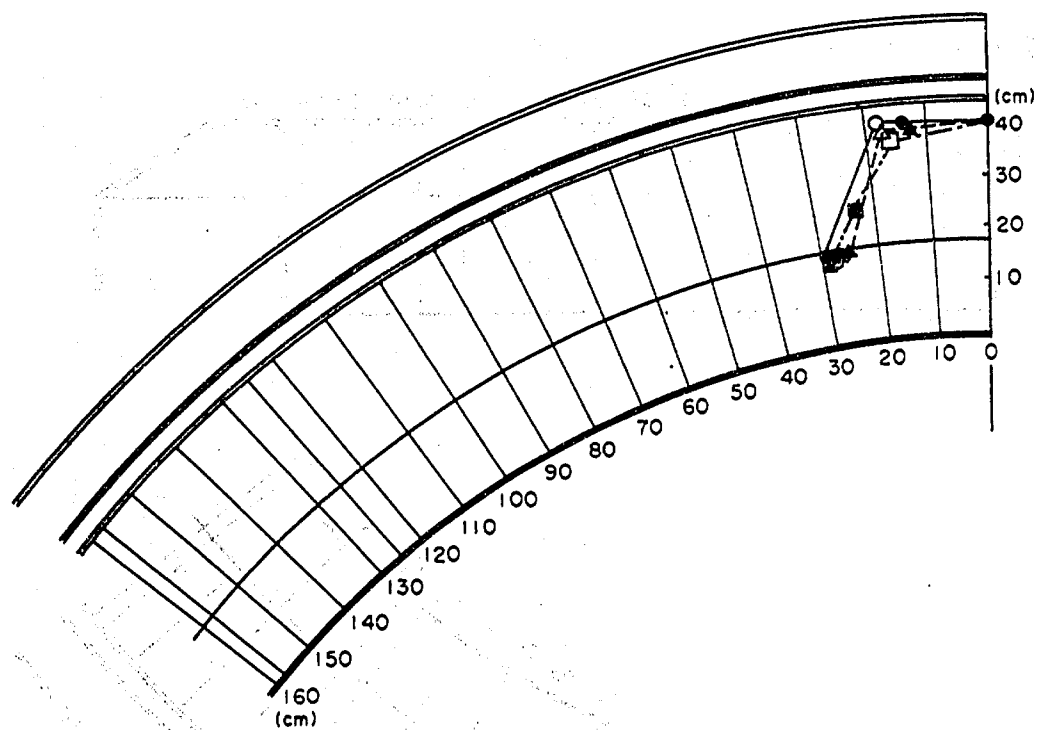
3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

図3-9-17 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：2 mm
 流量：0.27 m³/分
 投入点：C-上

1回目 ●——●
 2回目 ▲-----▲
 3回目 ■-----■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

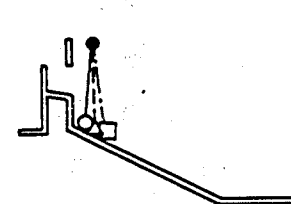
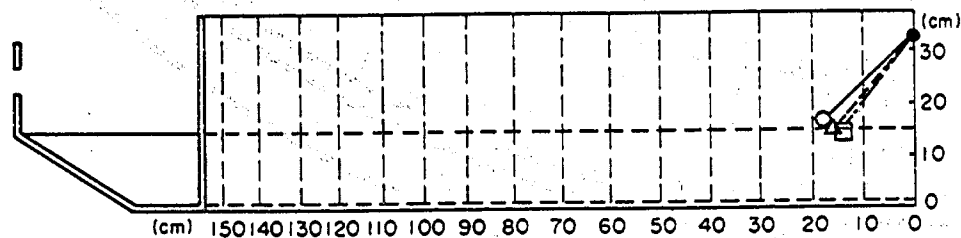


図3-9-18 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）

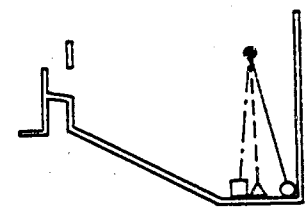
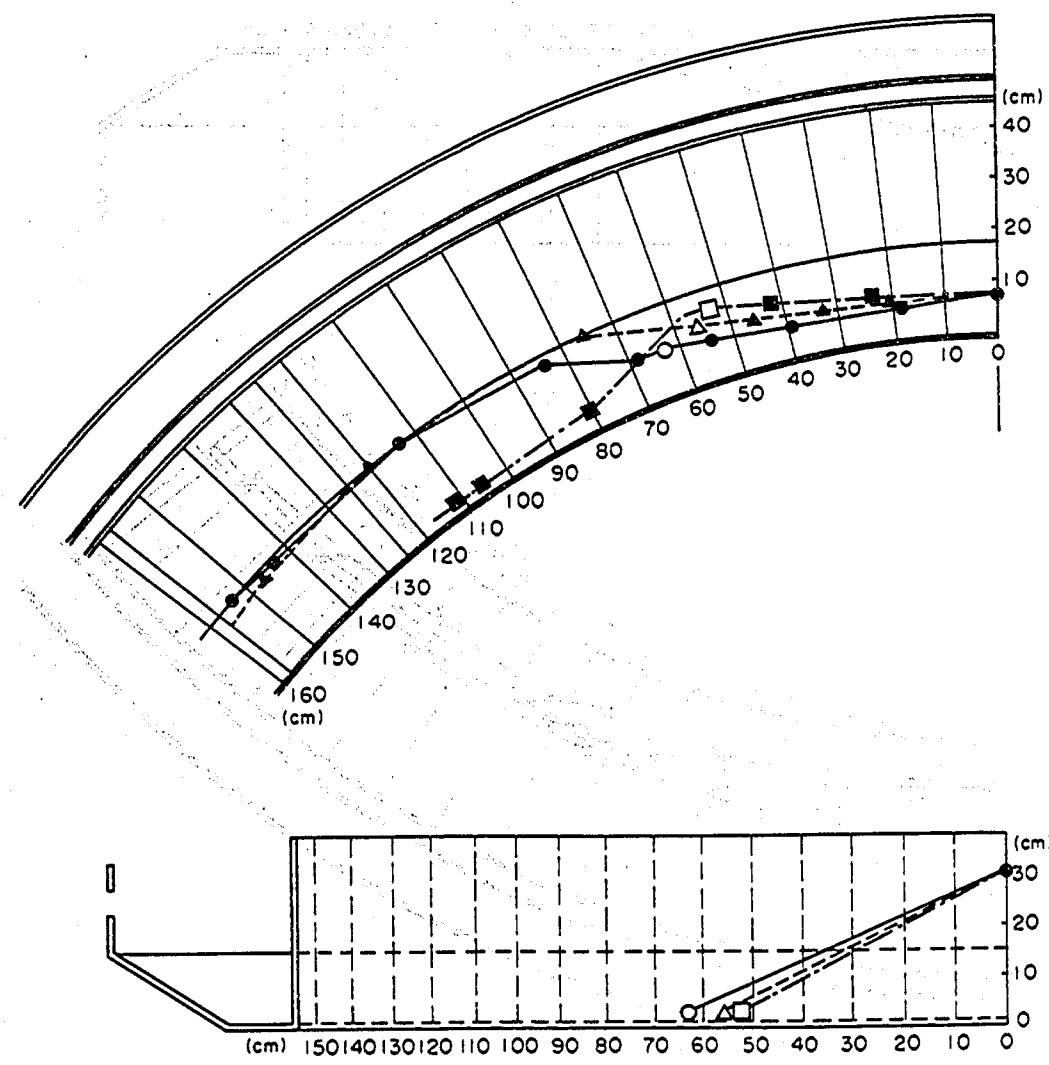
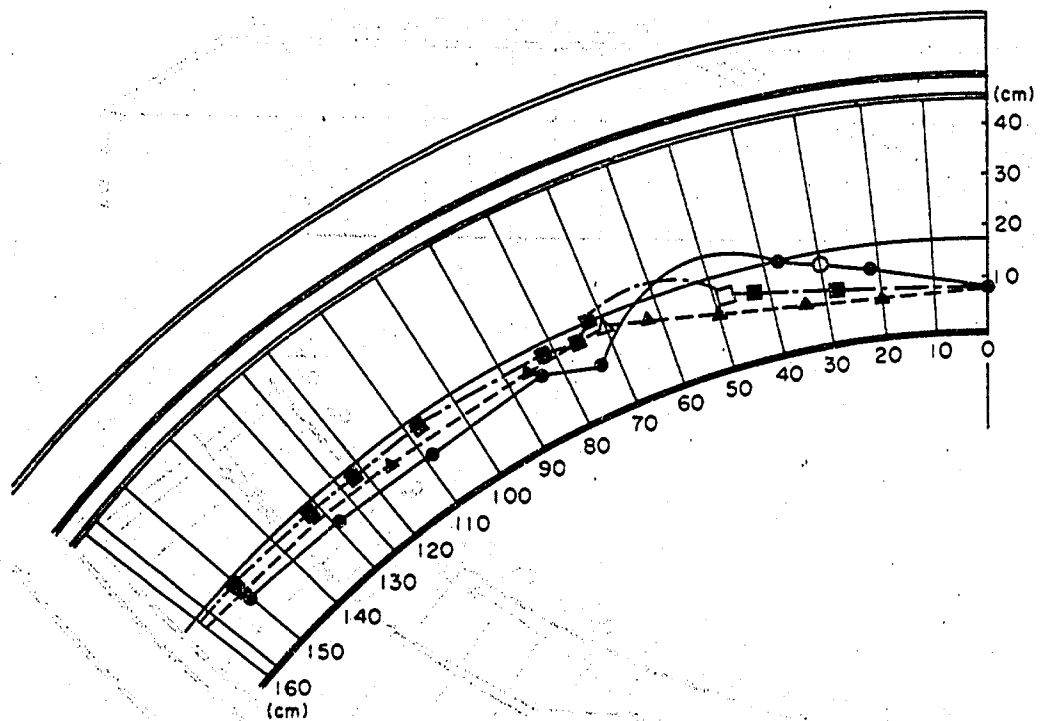


図 3-9-19 単粒子の追跡図 (ヘリカル60度)



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A-中

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

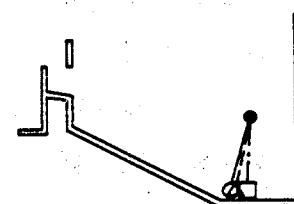
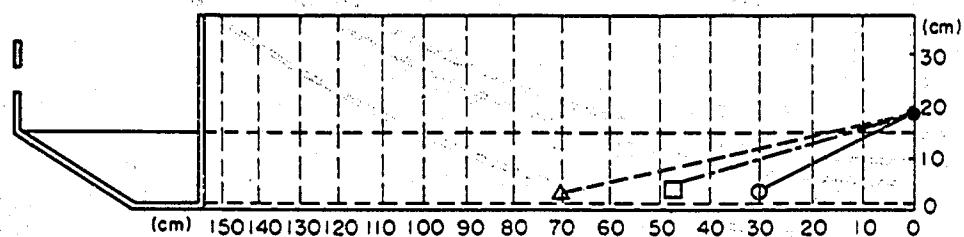
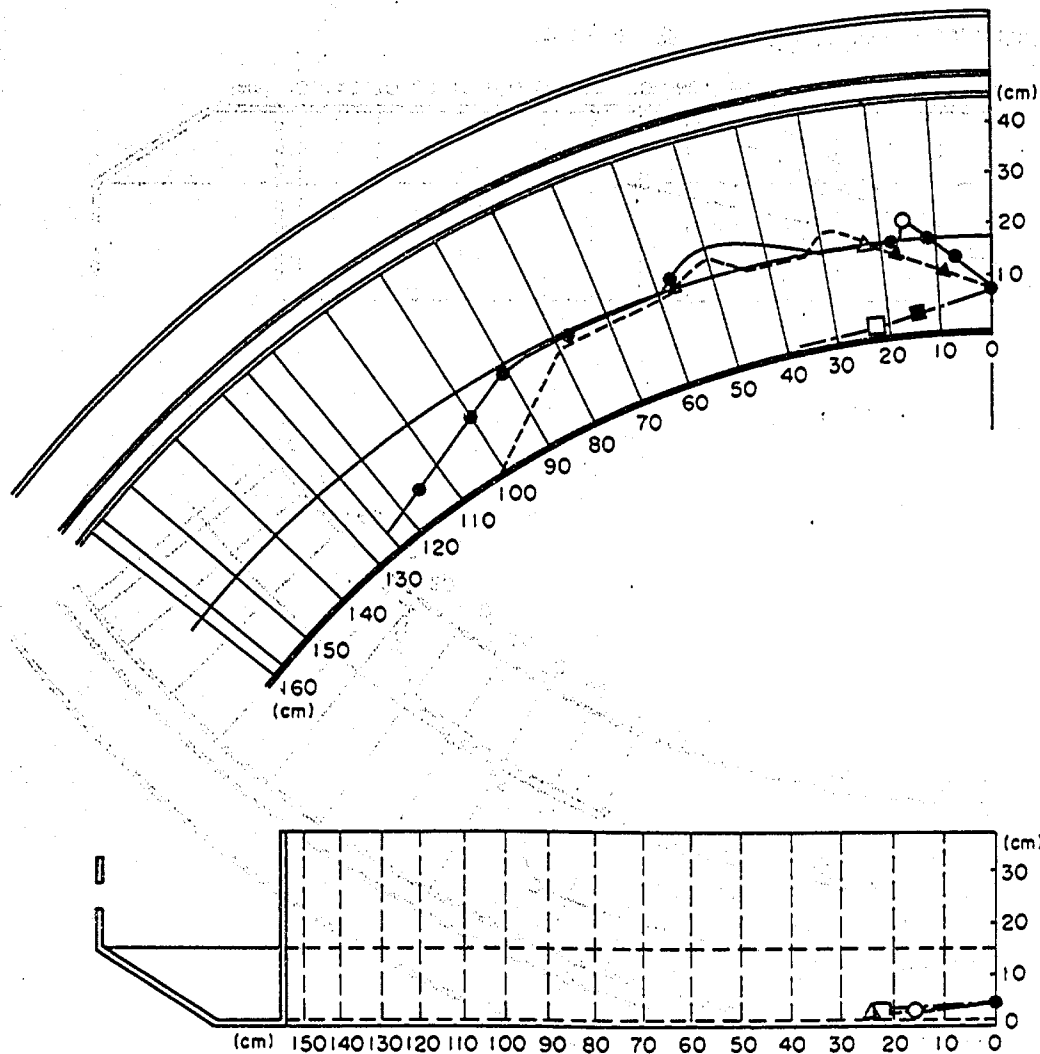


図3-9-20 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A-下

1回目 ●——●

2回目 ▲---▲

3回目 ■-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

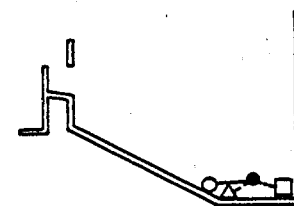
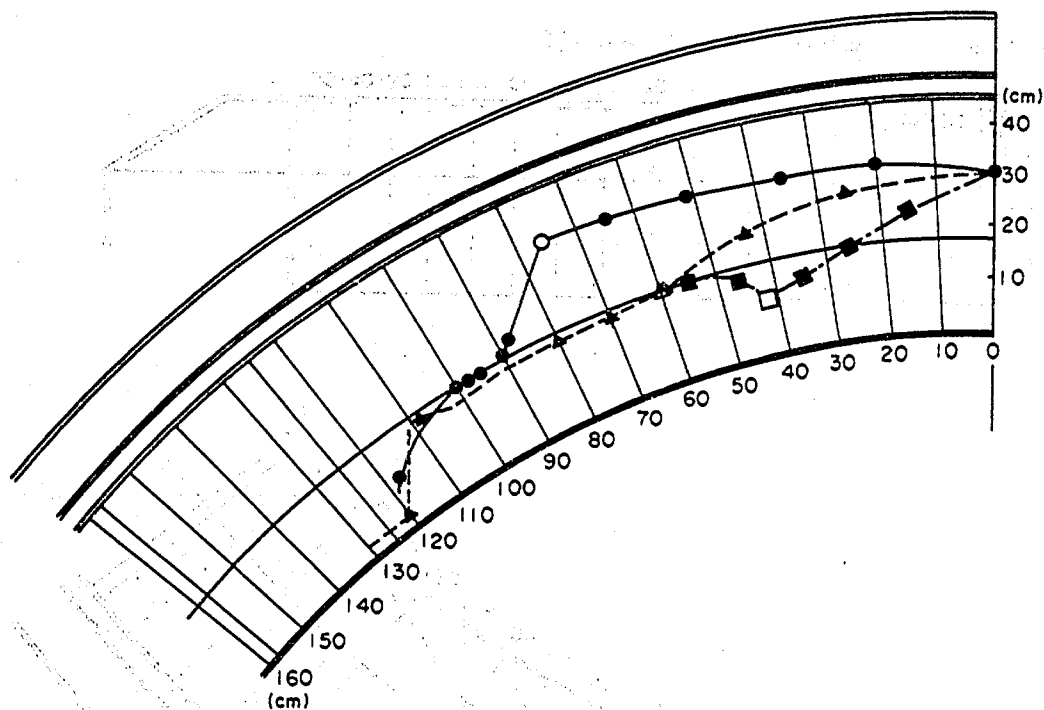


図3-9-21 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：B-上

1回目 ●——●

2回目 ▲---▲

3回目 ■····■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

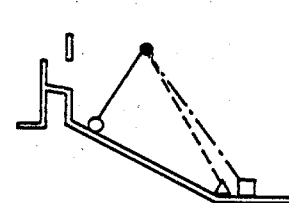
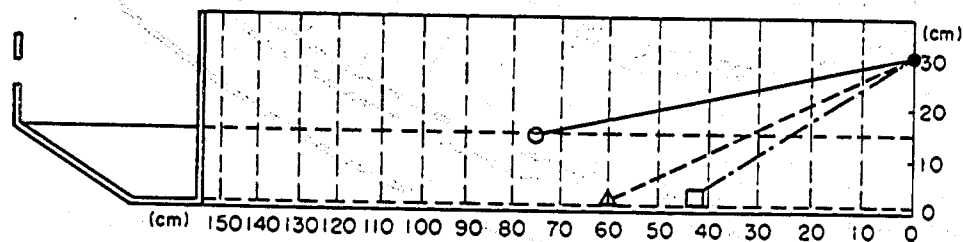
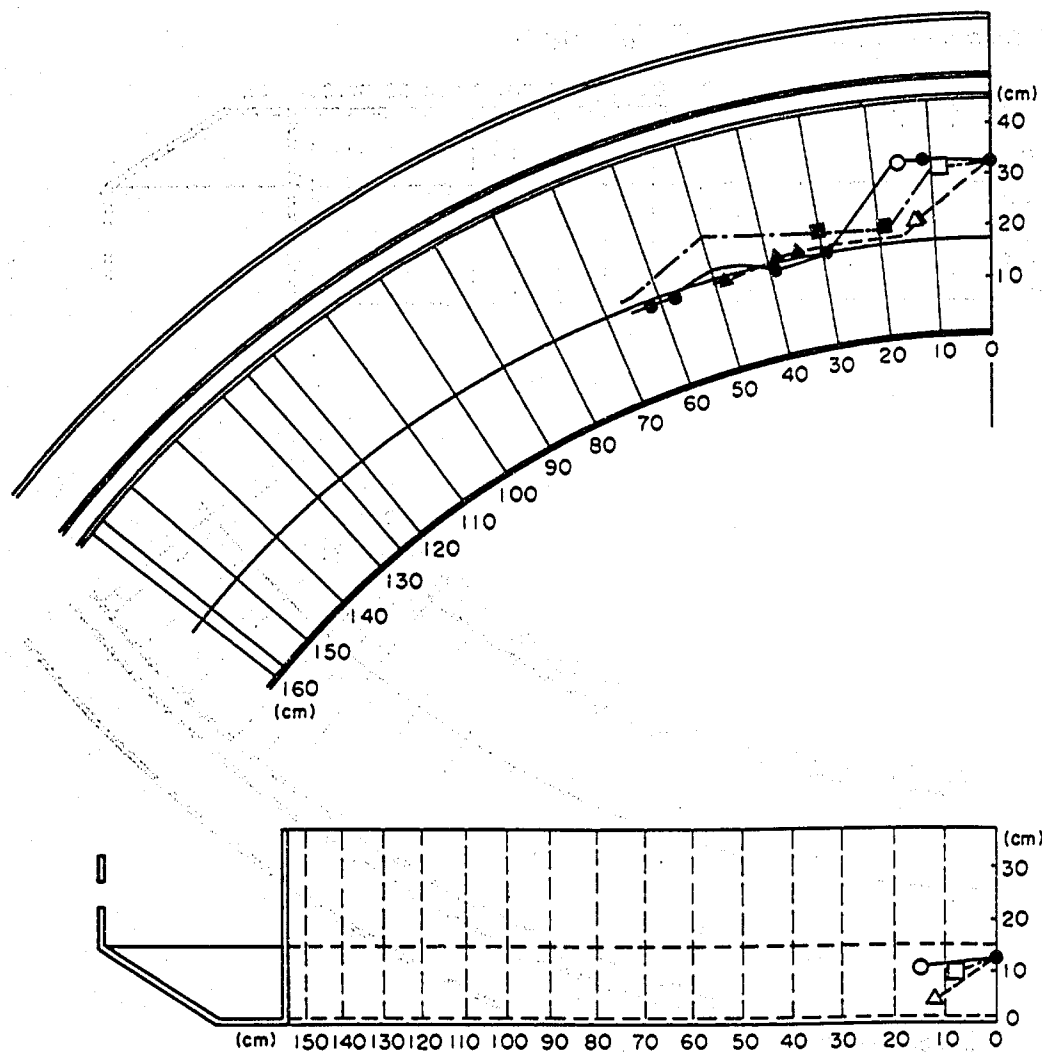


図3-9-22 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）

-95-



種 類：スタイロン

比 重：1

粒 径：2 mm

流 量：0.62 m³/分

投入点：B-下

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

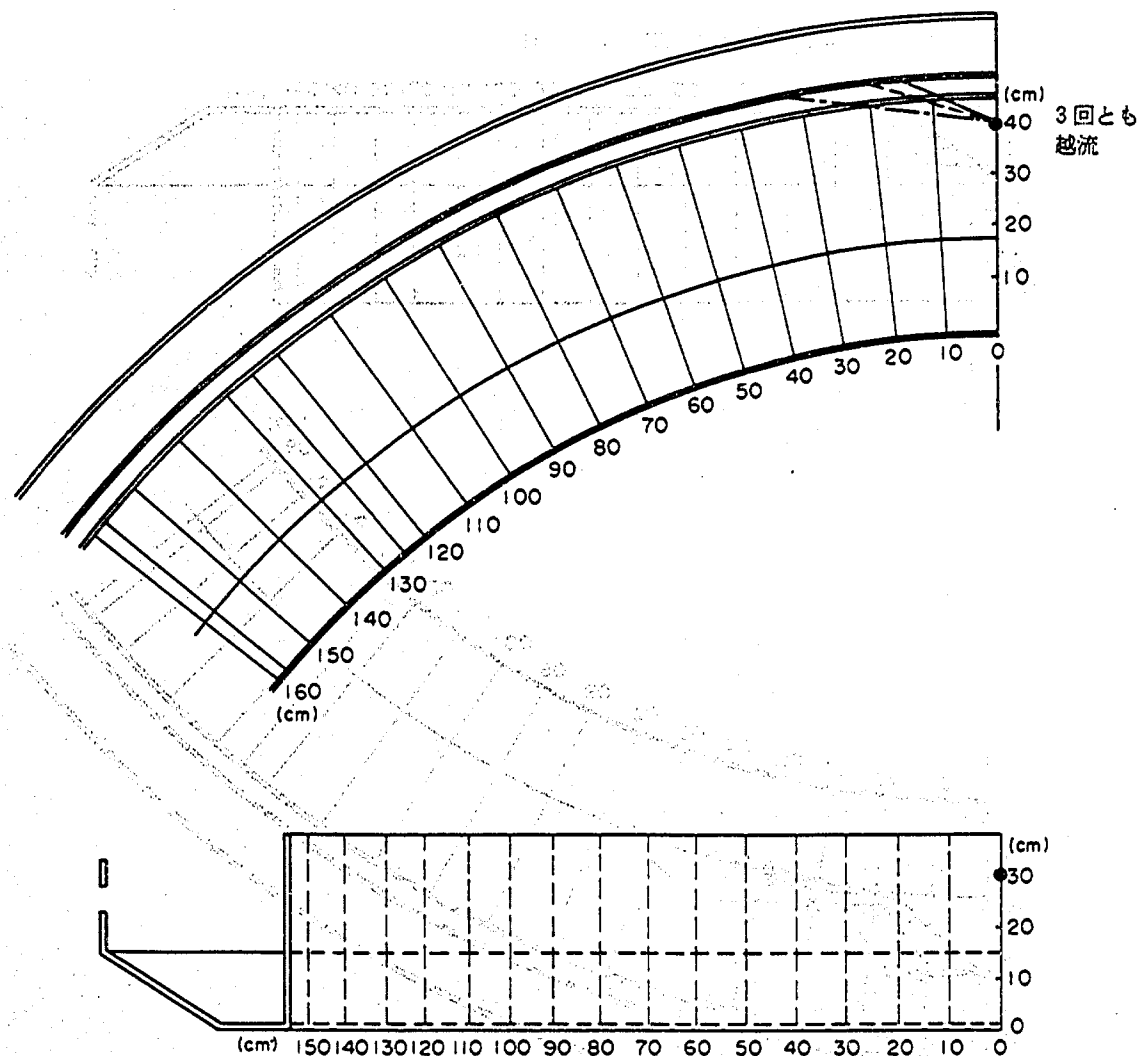
3 回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

図3-9-23 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン
比重：1
粒径：2 mm
流量：0.62 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

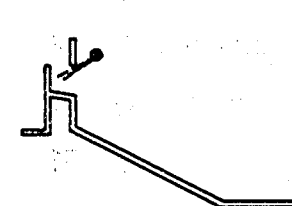
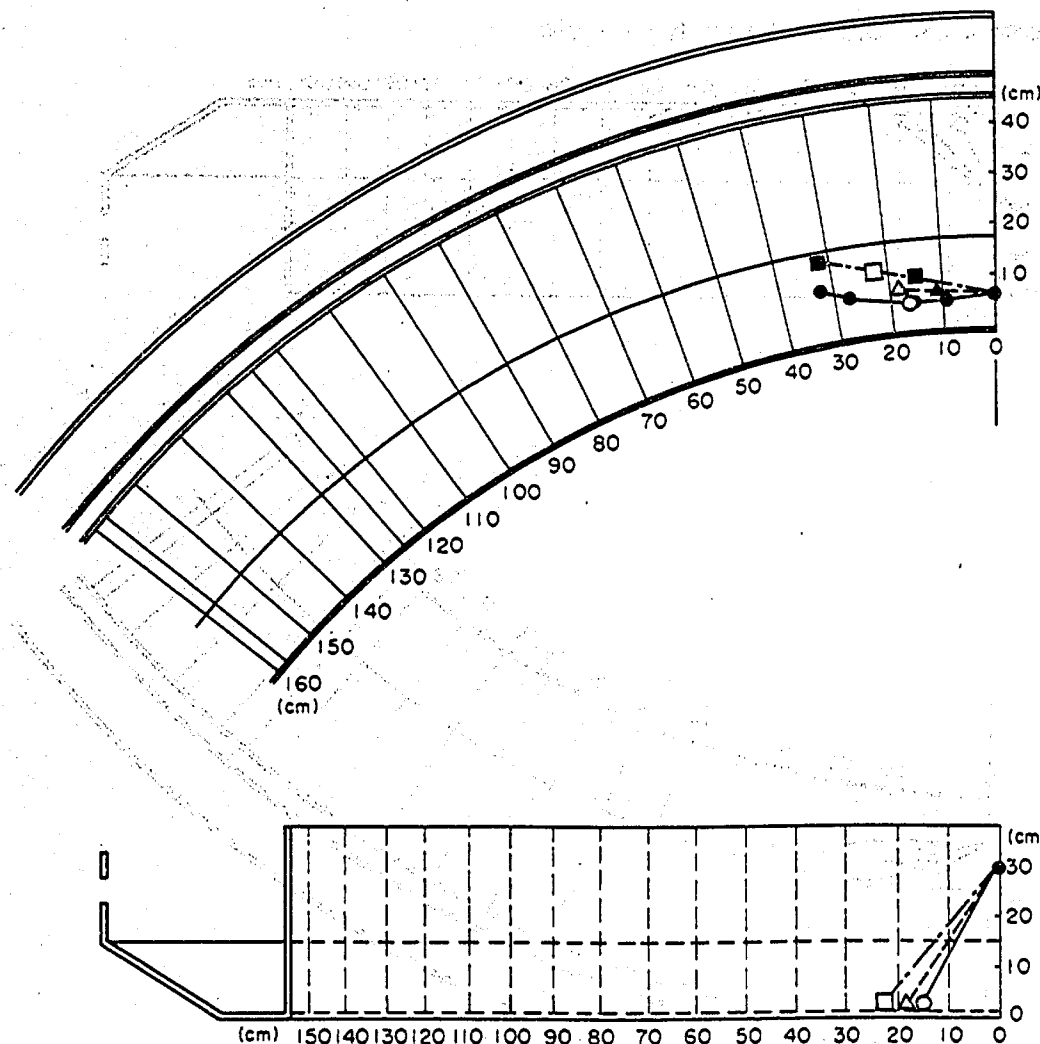


図3-9-24 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

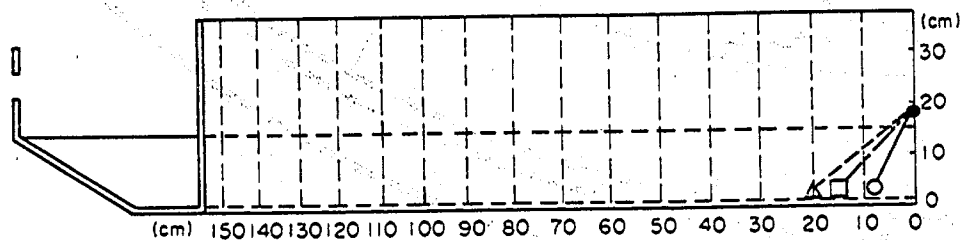
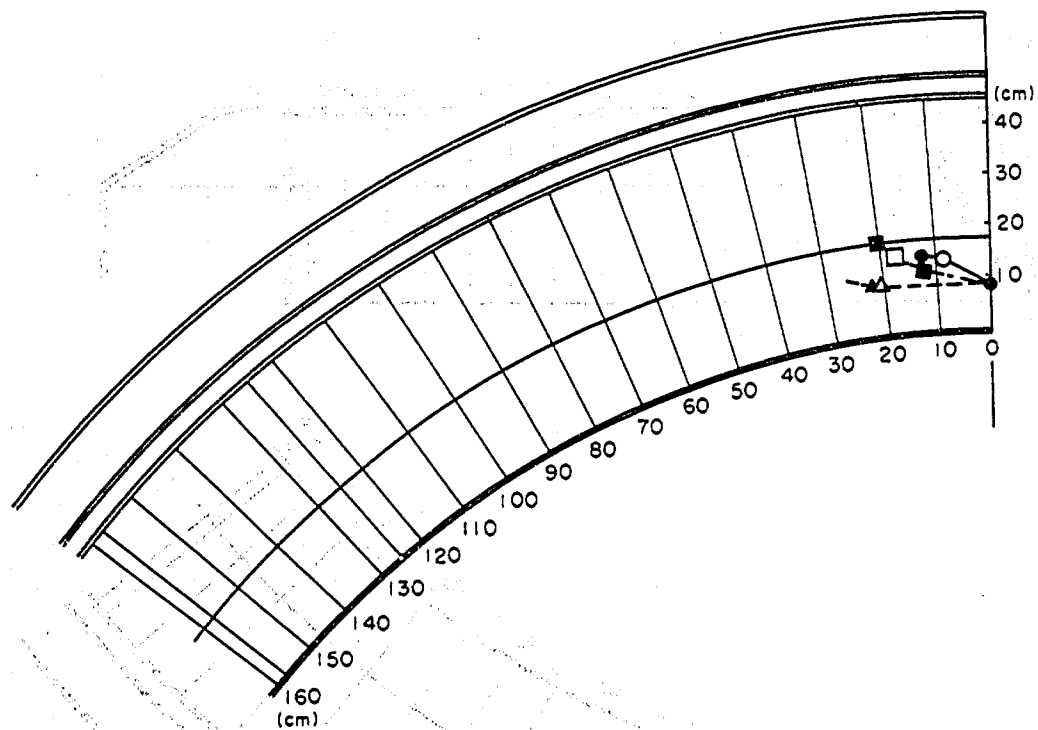
3回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

図3-9-25 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：5 mm
 流量：0.27 m³/分
 投入点：A—中

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■———■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

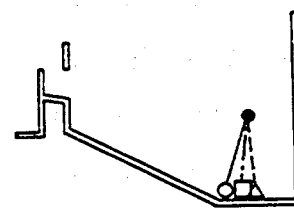
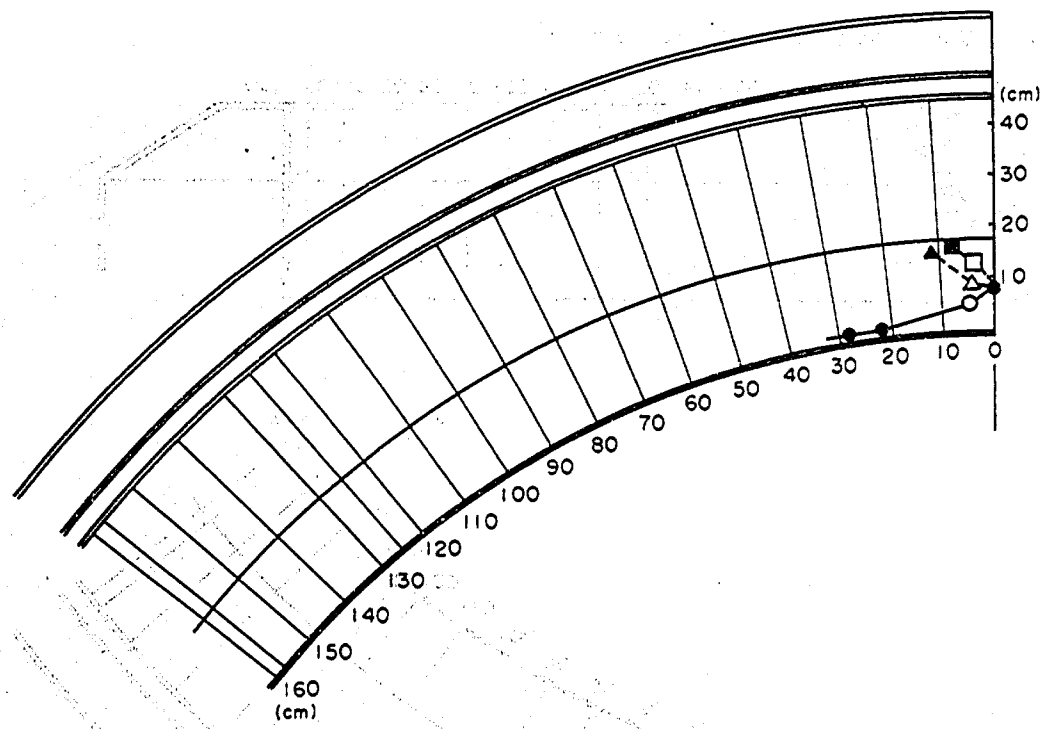


図3-9-26 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

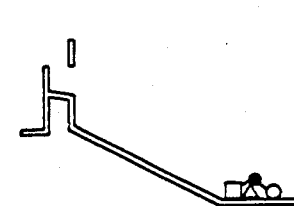
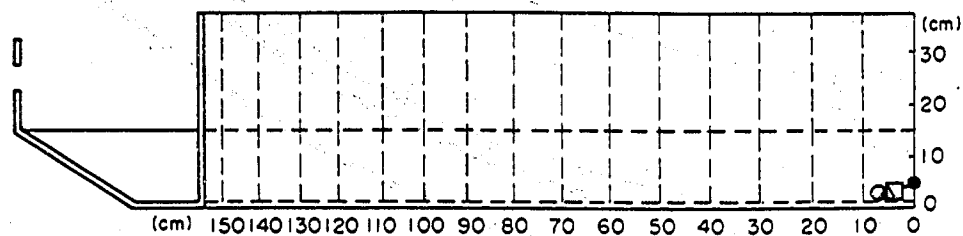


図3-9-27 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）

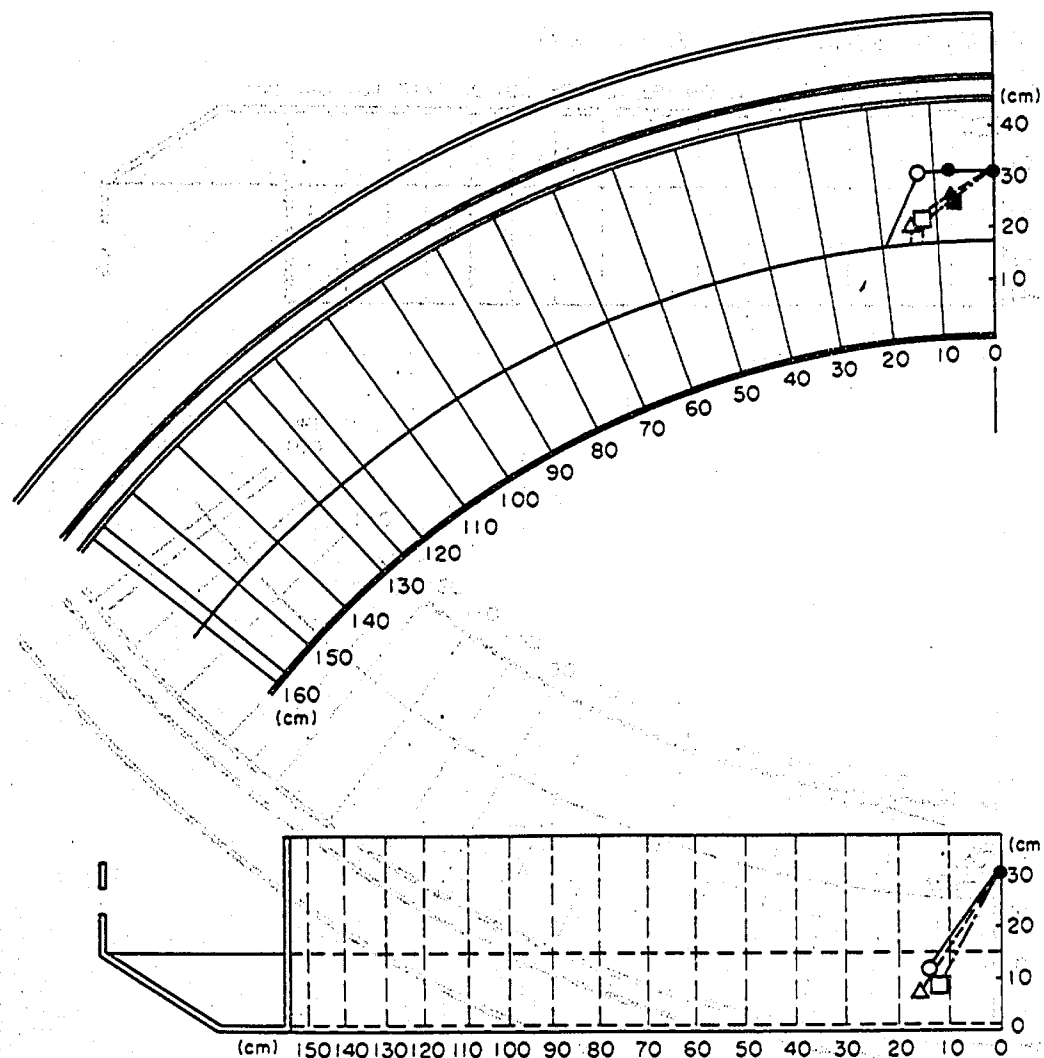
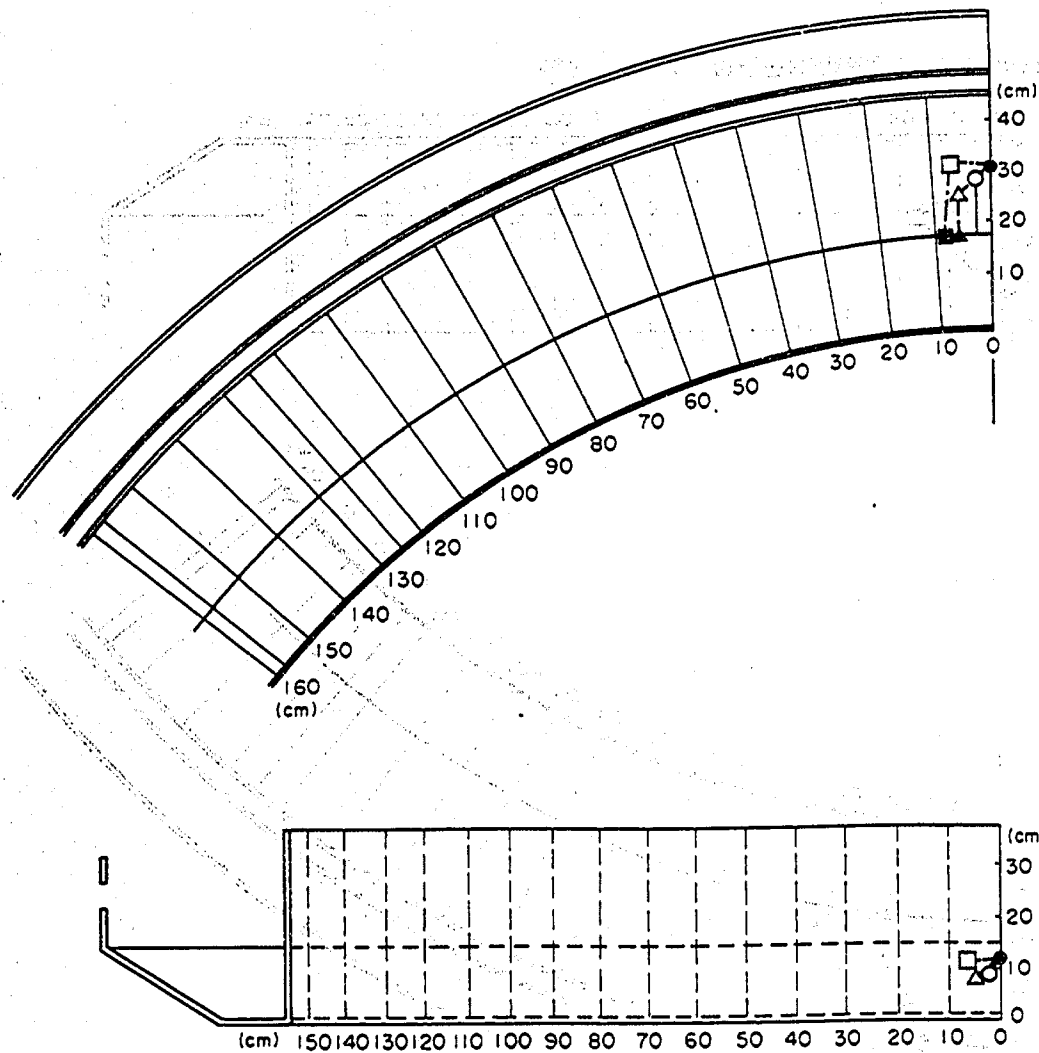


図 3-9-28 単粒子の追跡図 (ヘリカル60度)



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

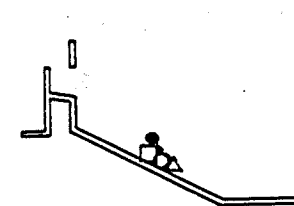
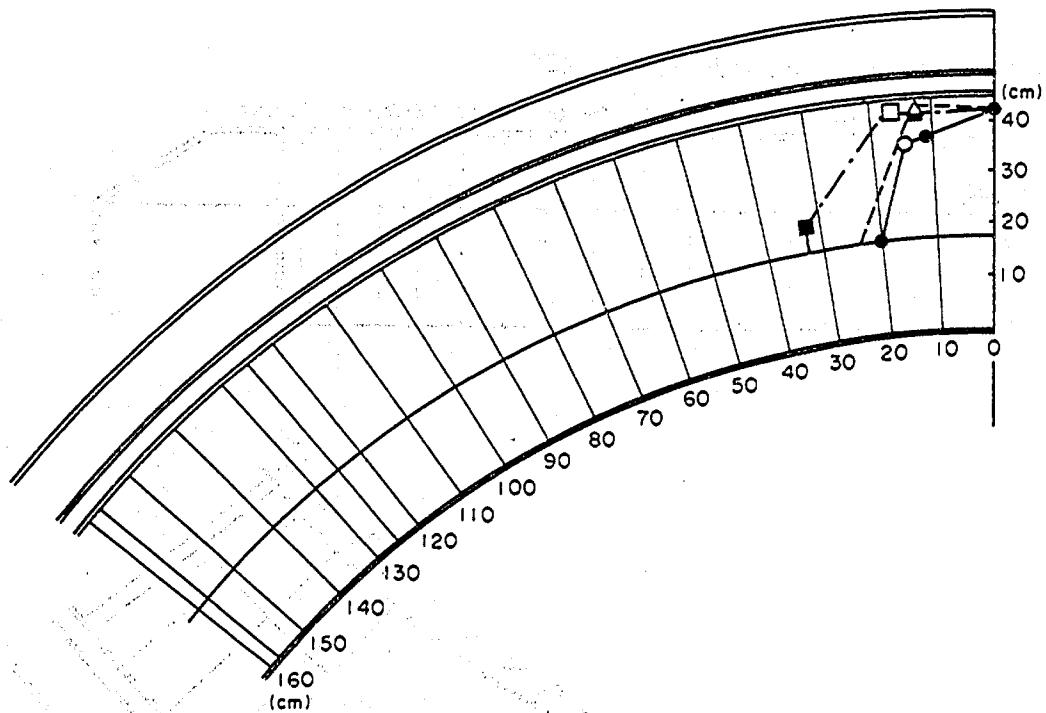


図3-9-29 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

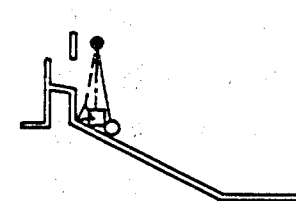
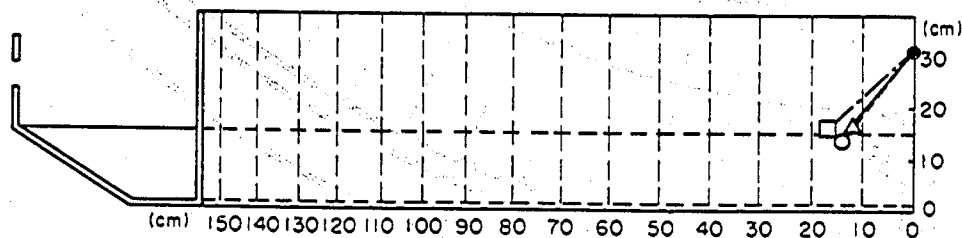
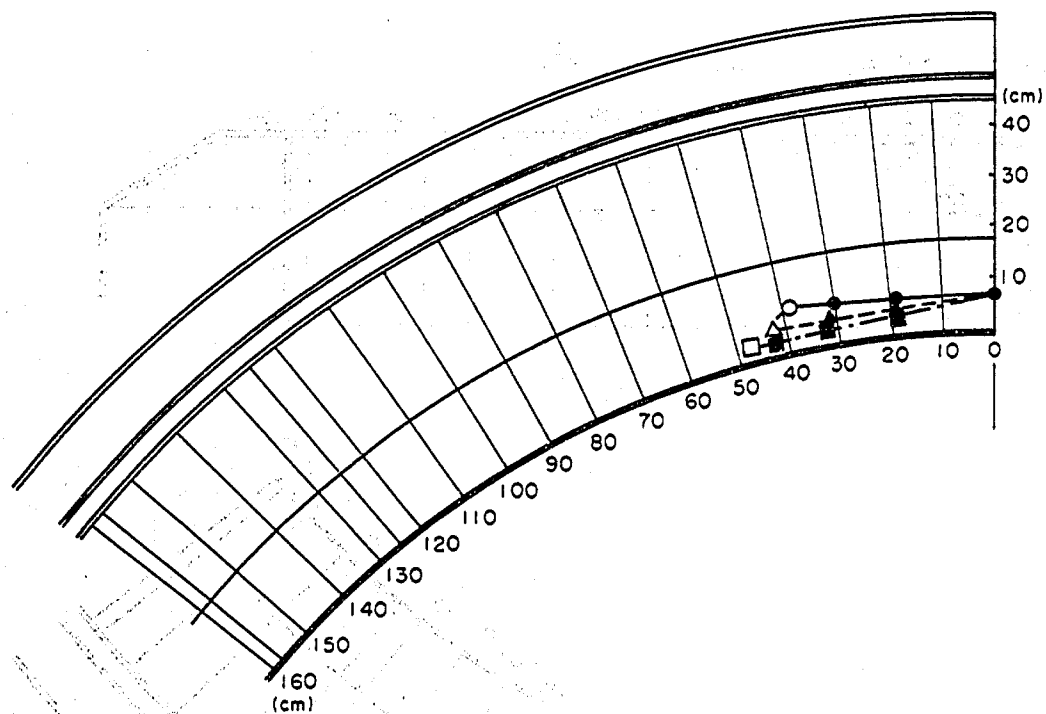


図3-9-30 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

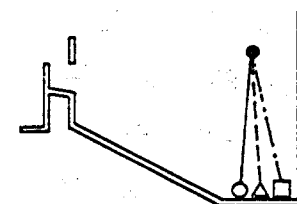
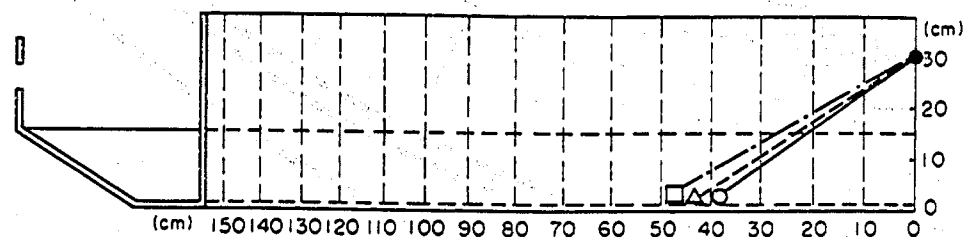
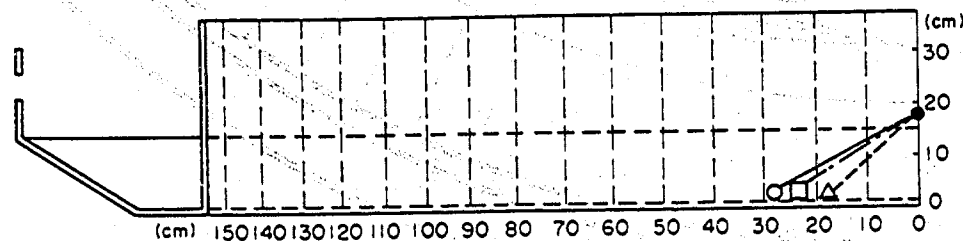
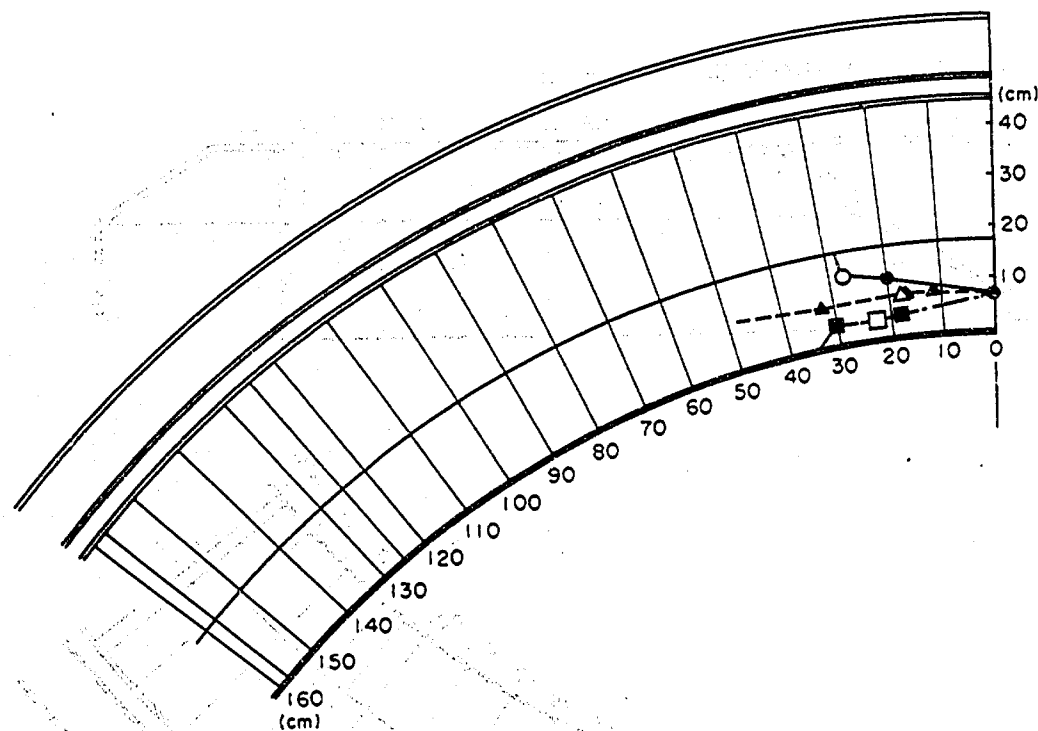


図3-9-31 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A-中

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

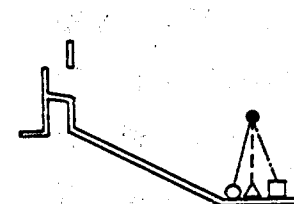
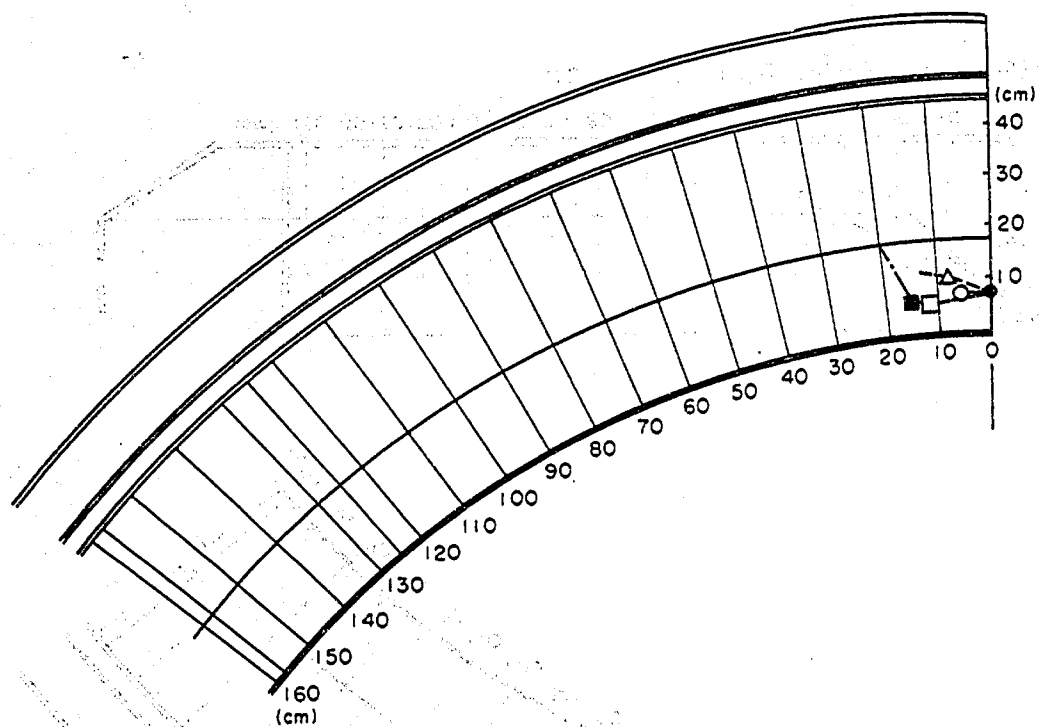


図3-9-32 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

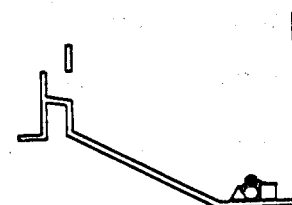
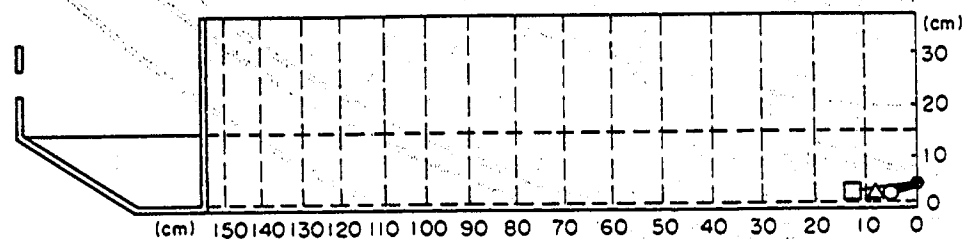
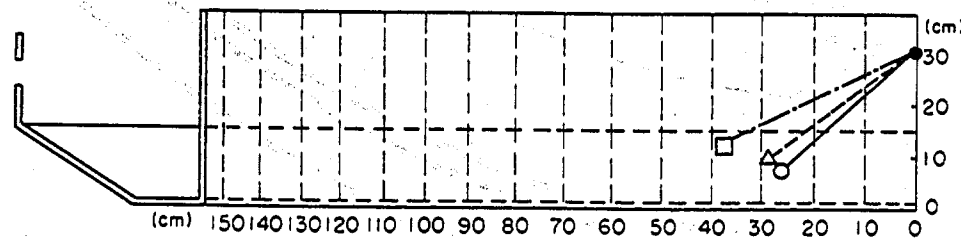
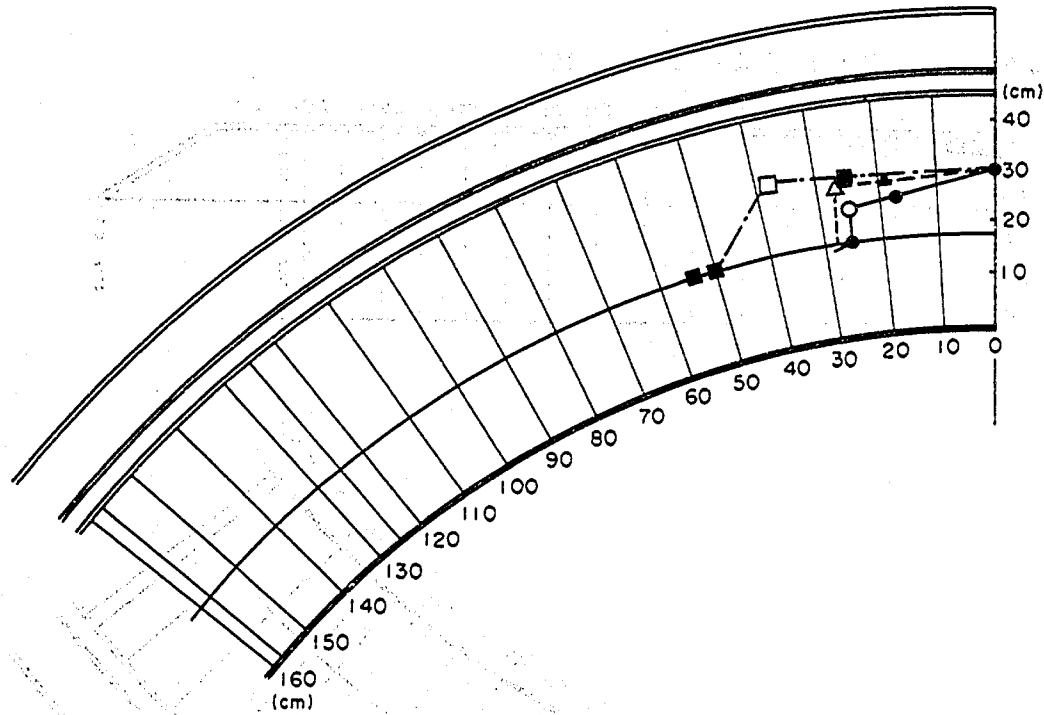


図3-9-33 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：5 mm
 流量：0.62 m³/分
 投入点：B-上

1回目 ●——●
 2回目 ▲-----▲
 3回目 ■——■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

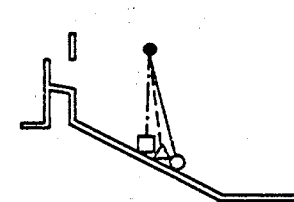
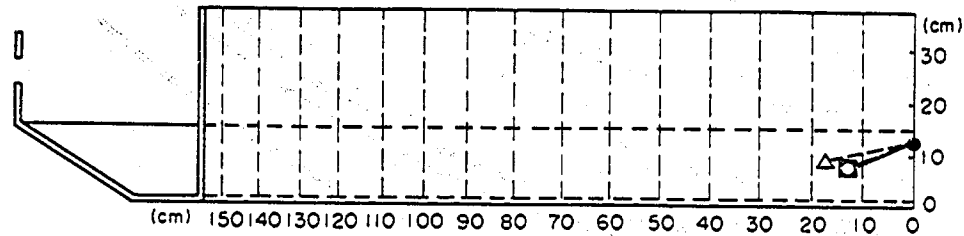
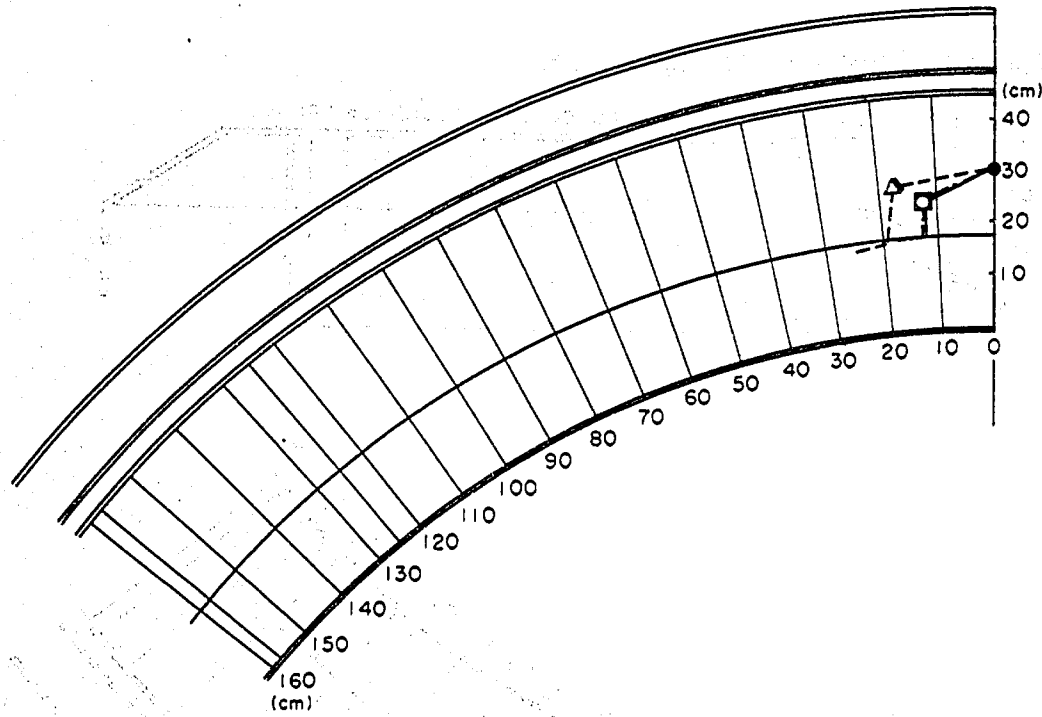


図3-9-34 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種 類：スタイロン

比 重：1

粒 径：5 mm

流 量：0.62 m³/分

投入点：B-下

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

着底後は 30 秒間隔

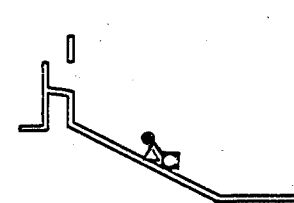
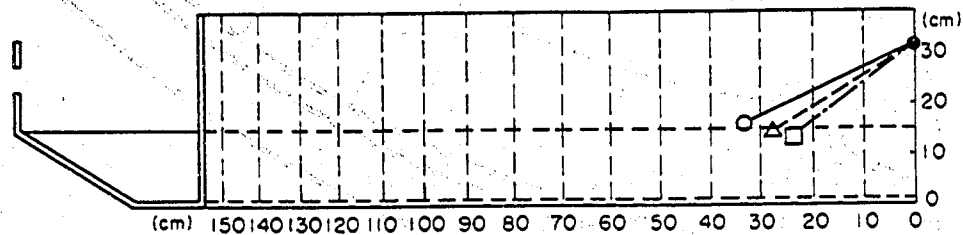
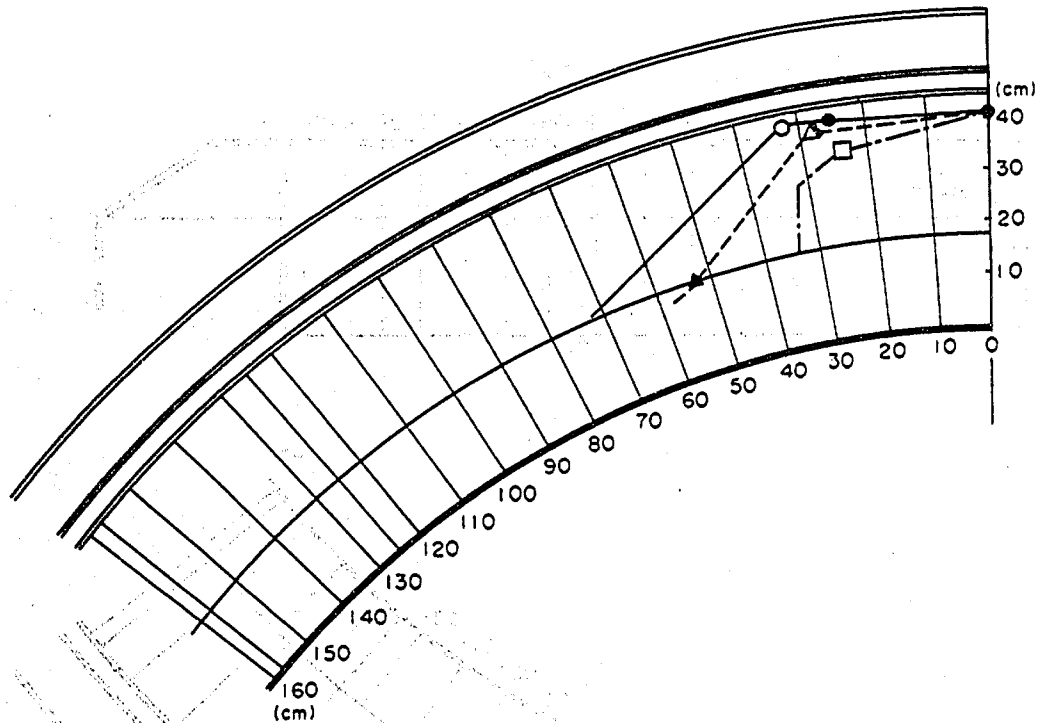


図 3-9-35 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-·-·-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

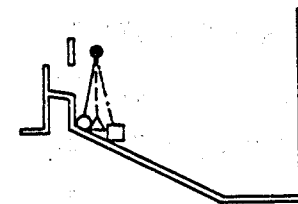
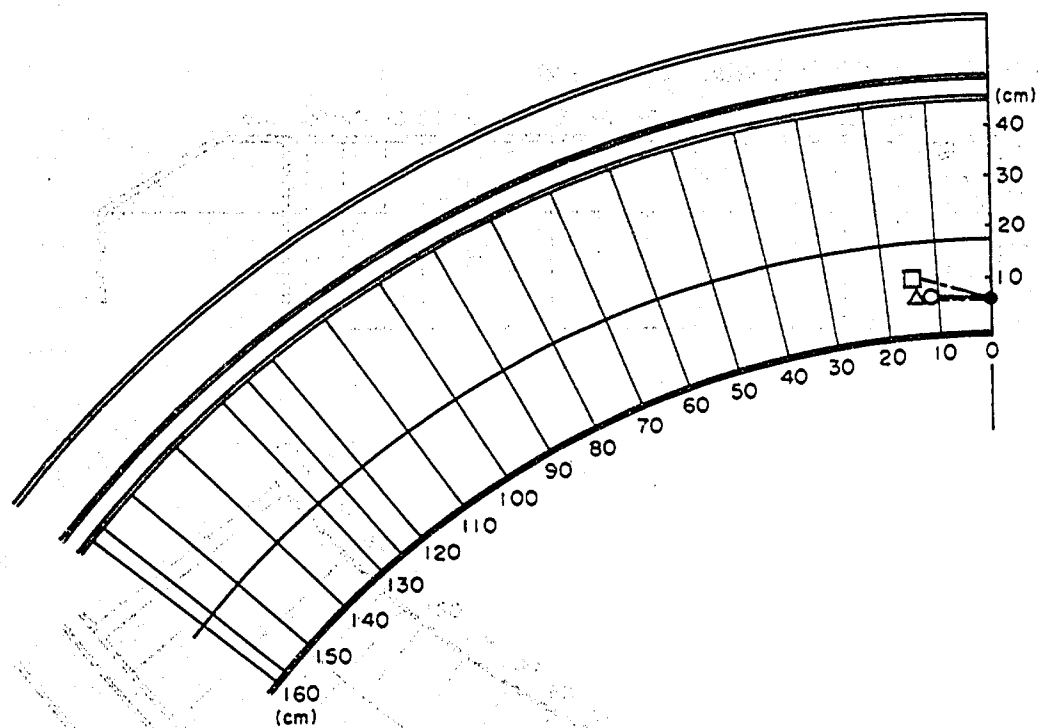


図3-9-36 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種 類：塩化ビニール

比 重：1.5

粒 径：2 mm

流 量：0.27 m³/分

投入点：A-上

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

着底後は 30 秒間隔

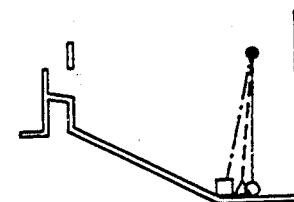
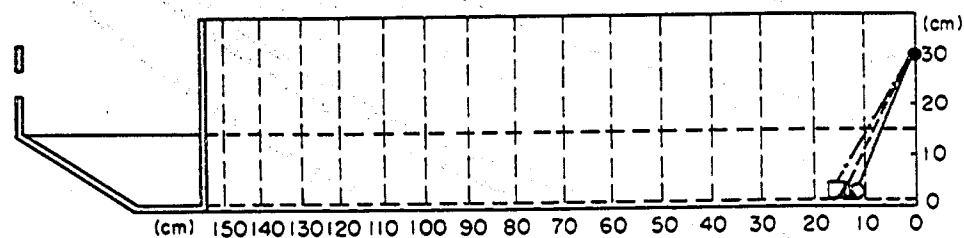
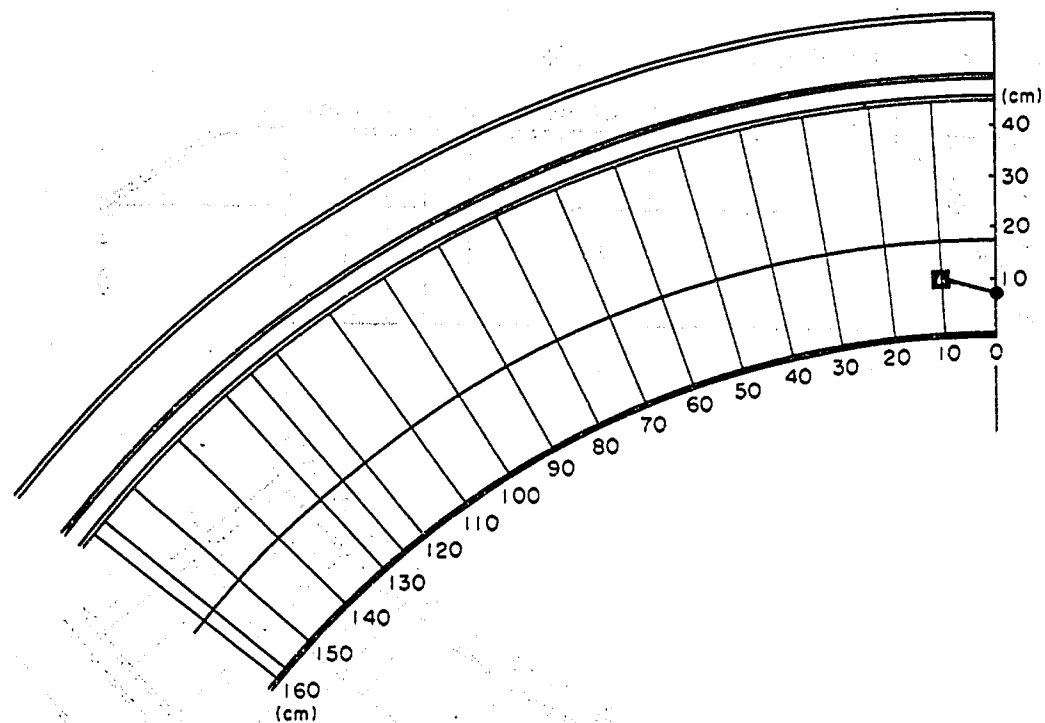


図 3-9-37 単粒子の追跡図 (ヘリカル60度)



種 類：塩化ビニール

比 重：1.5

粒 径：2 mm

流 量：0.27 m³/分

投入点：A-中

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

着底後は 30 秒間隔

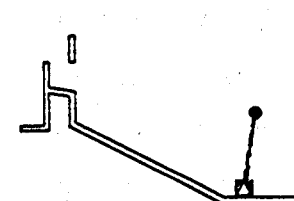
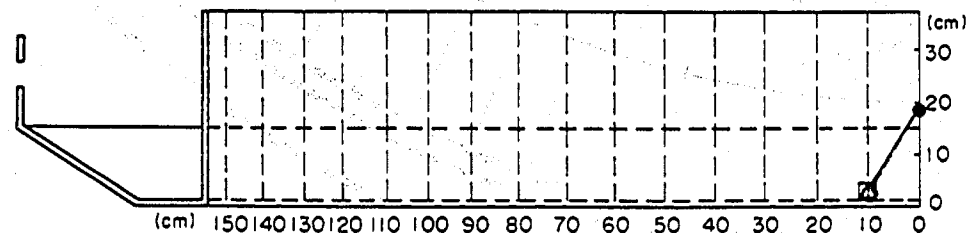
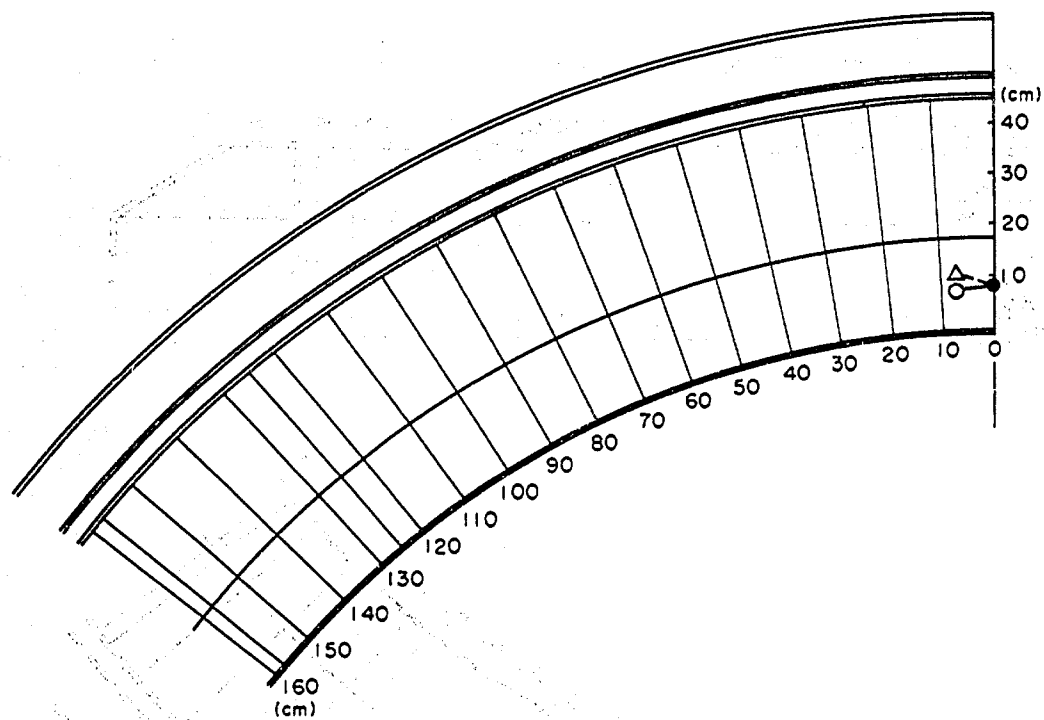


図 3-9-38 単粒子の追跡図 (ヘリカル60度)



種 類：塩化ビニール

比 重：1.5

粒 径：2 mm

流 量：0.27 m³/分

投入点：A-下

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

着底後は 30 秒間隔

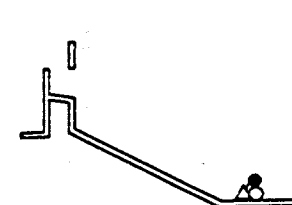
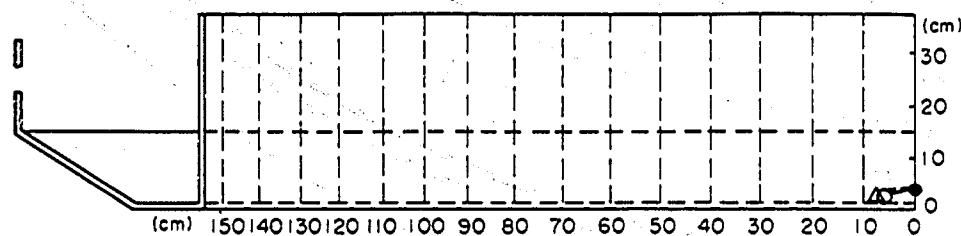
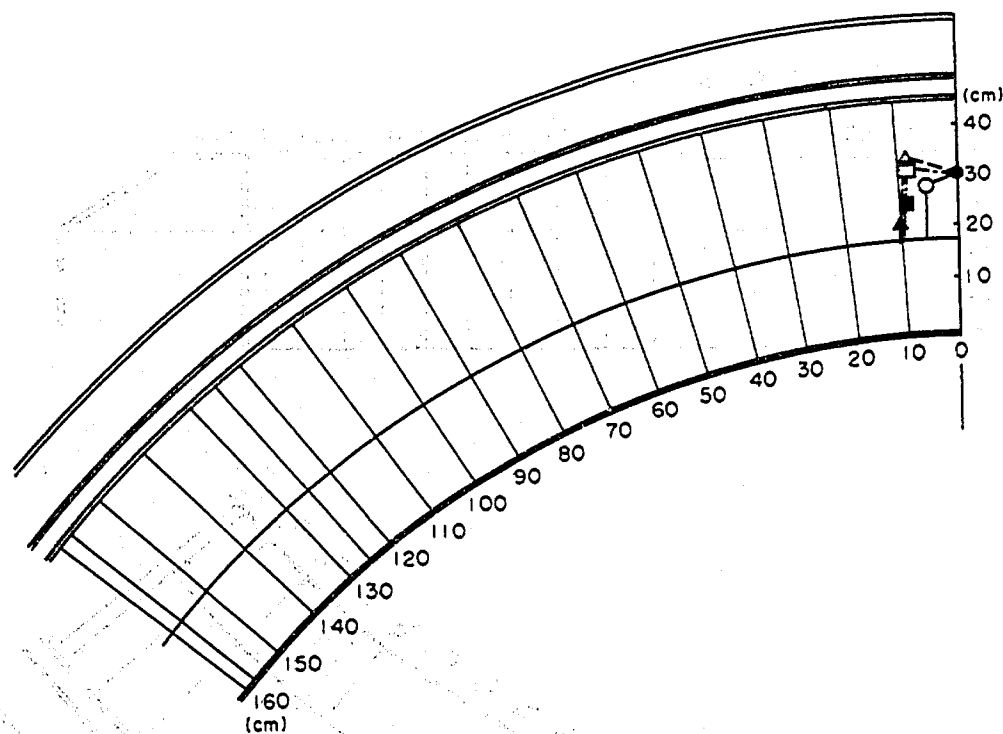


図 3 - 9 - 39 単粒子の追跡図 (ヘリカル60度)



種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-上

1回目 ●—●

2回目 ▲---▲

3回目 ■-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

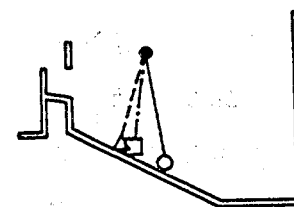
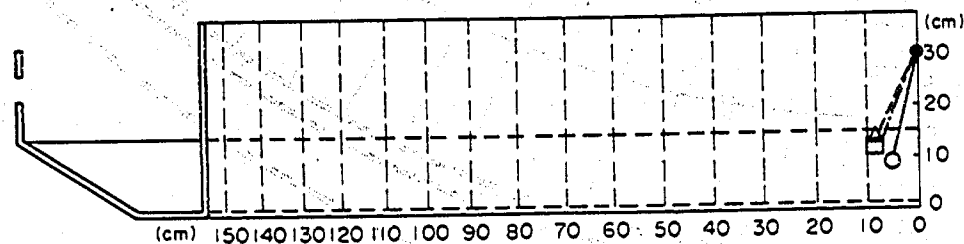
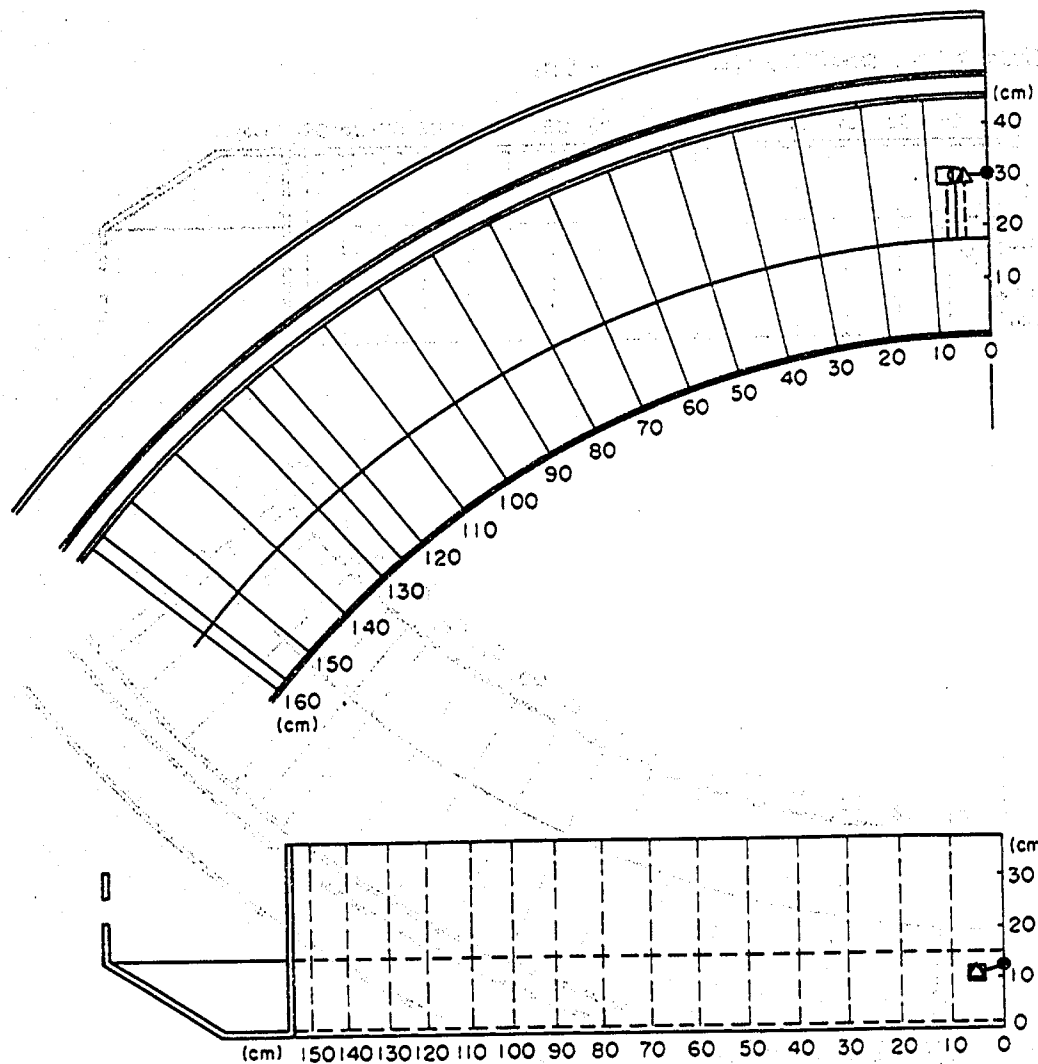


図3-9-40 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

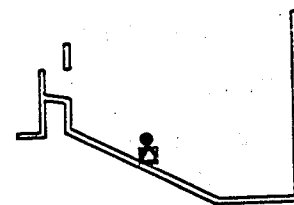
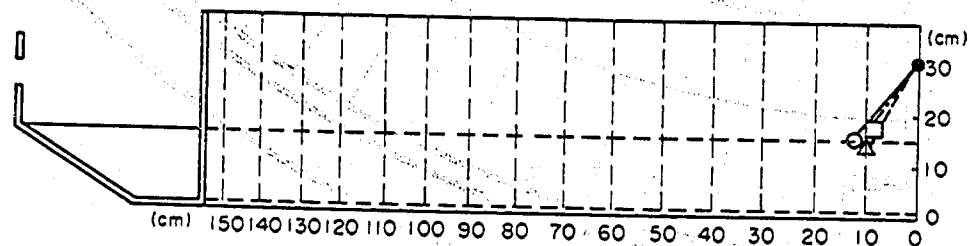
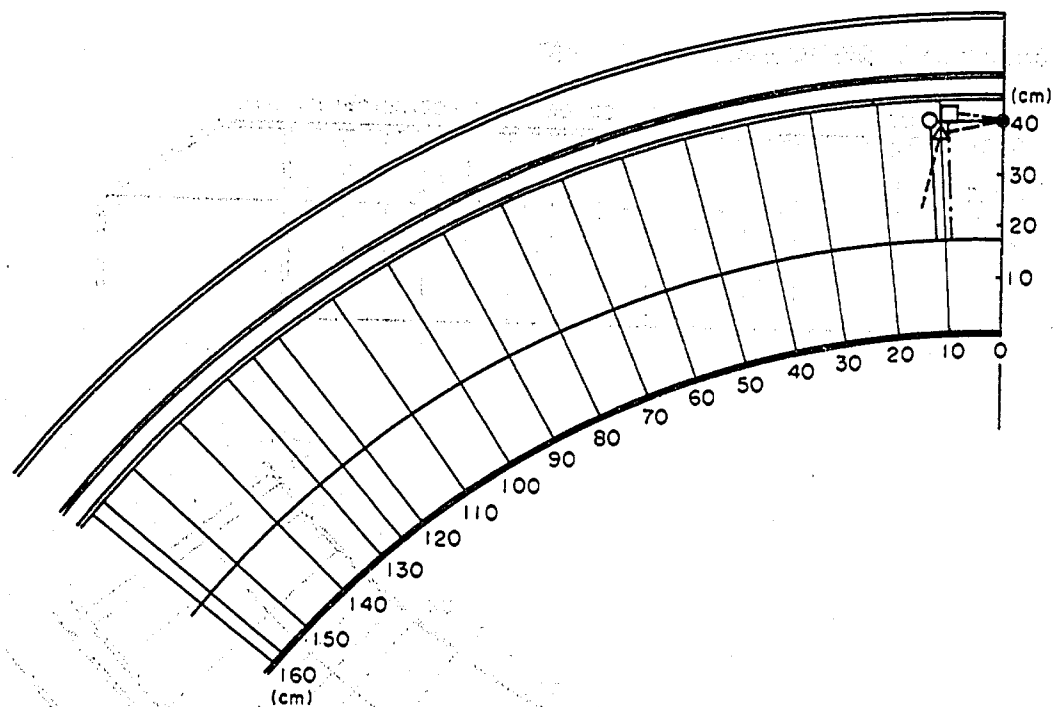


図3-9-41 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

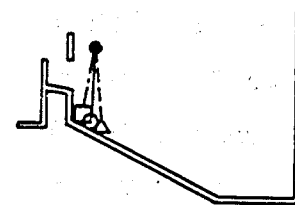
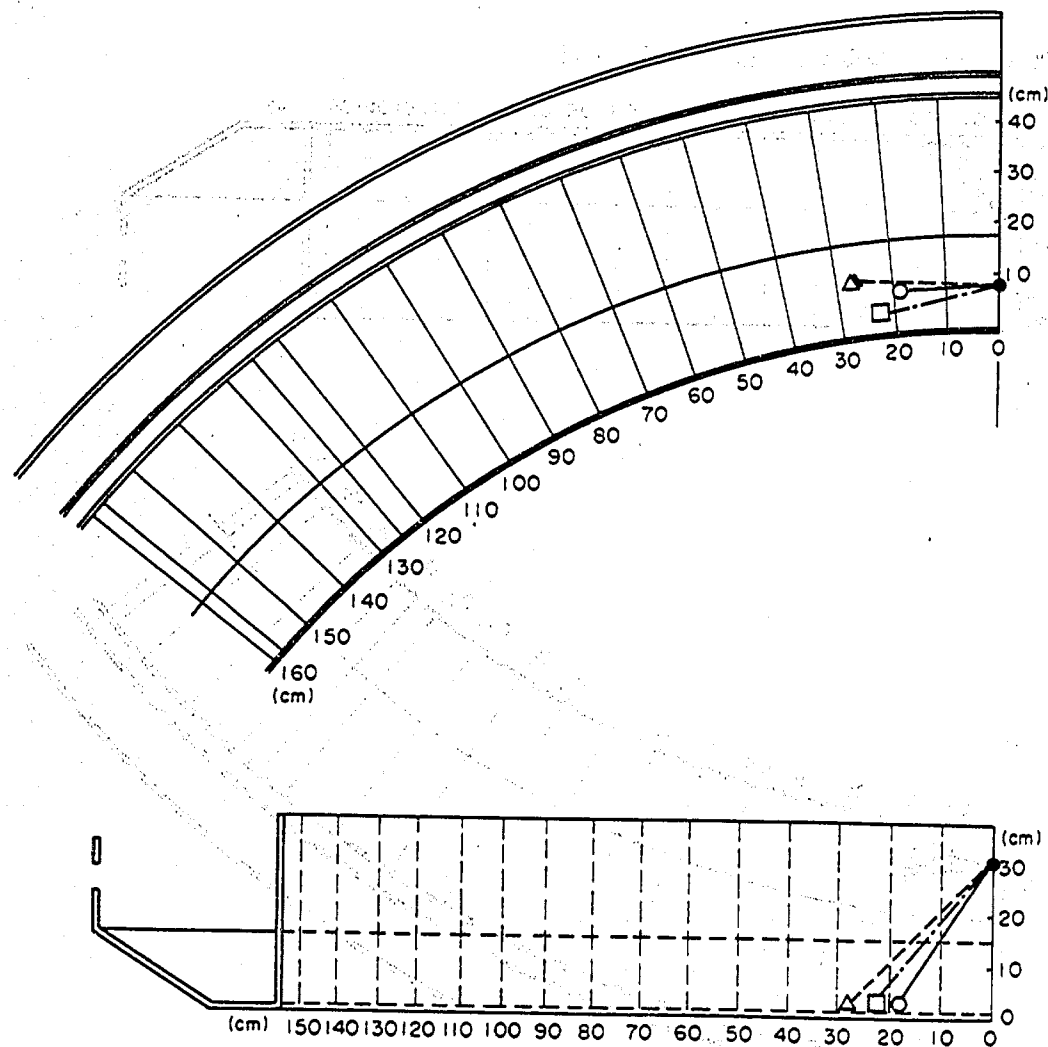


図3-9-42 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A-上

1回目 ●——●

2回目 ▲- - -▲

3回目 ■- · -■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

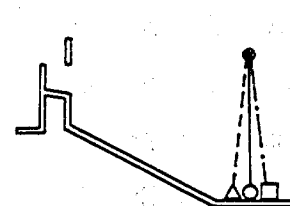
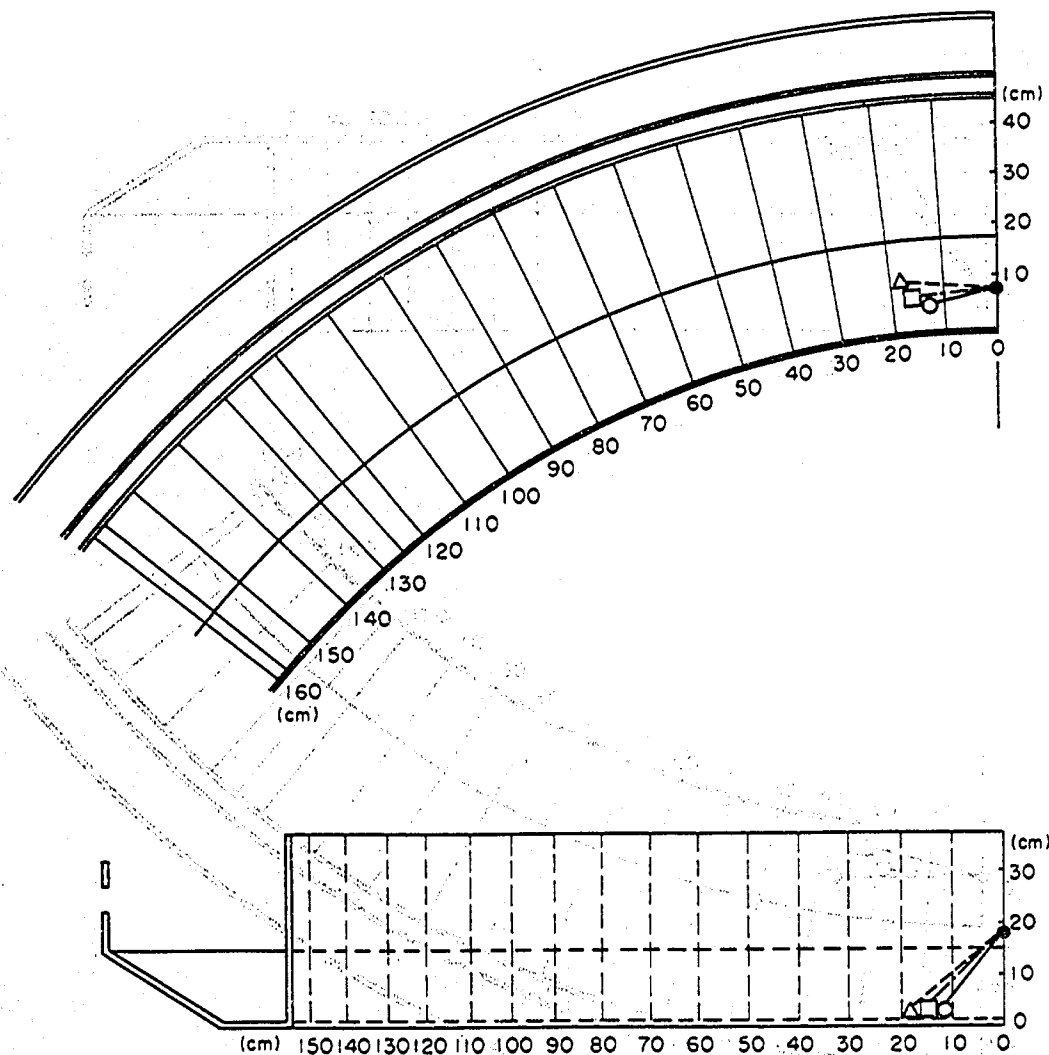


図3-9-43 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A-中

1回目 ●——●

2回目 ▲---▲

3回目 ■-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

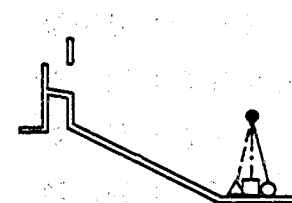
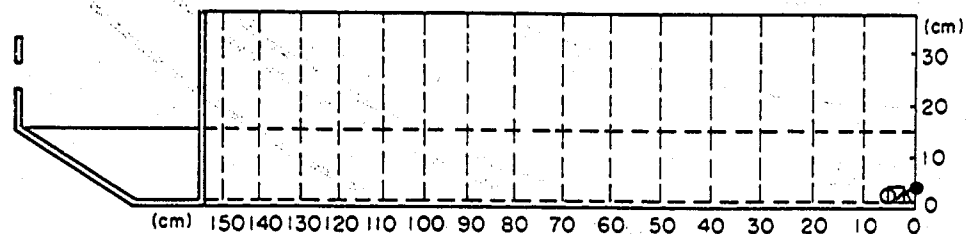
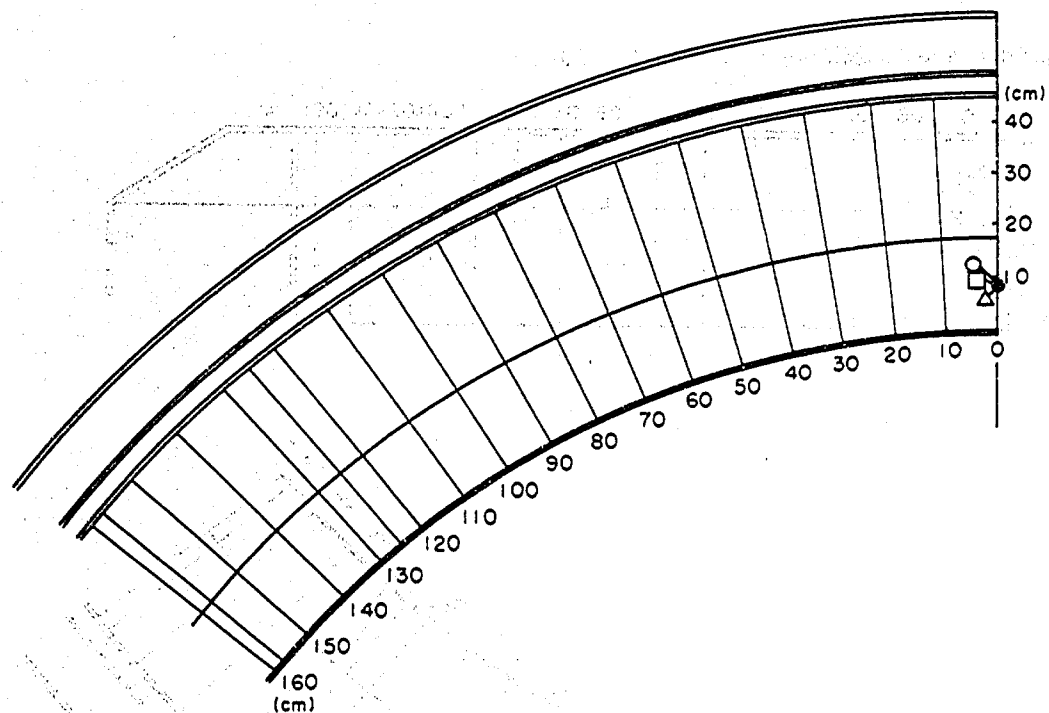


図3-9-44 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種 類：塩化ビニール

比 重：1.5

粒 径：2 mm

流 量：0.62 m³/分

投入点：A-下

1 回 目 ●——●

2 回 目 ▲-----▲

3 回 目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

着底後は 30 秒間隔

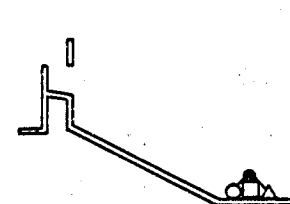
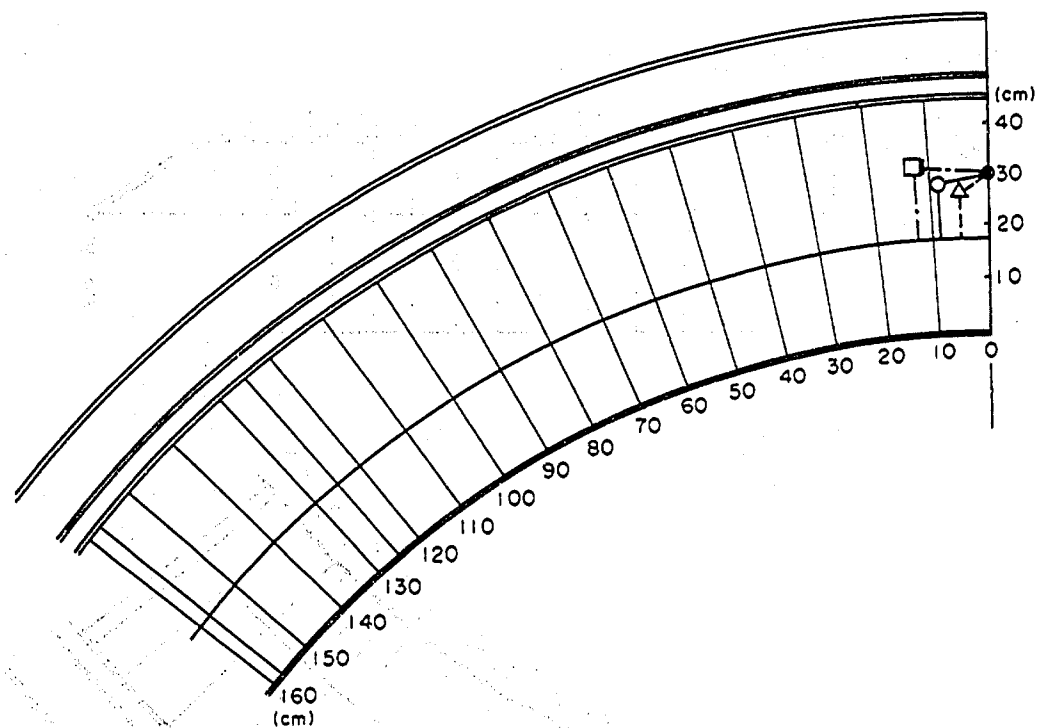


図 3 - 9 - 45 単粒子の追跡図 (ヘリカル60度)



種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：B-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

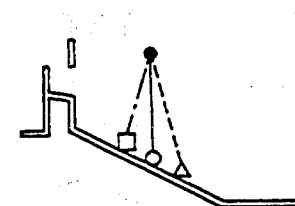
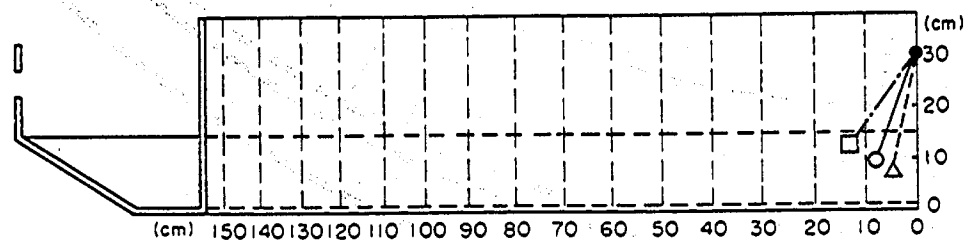


図3-9-46 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）

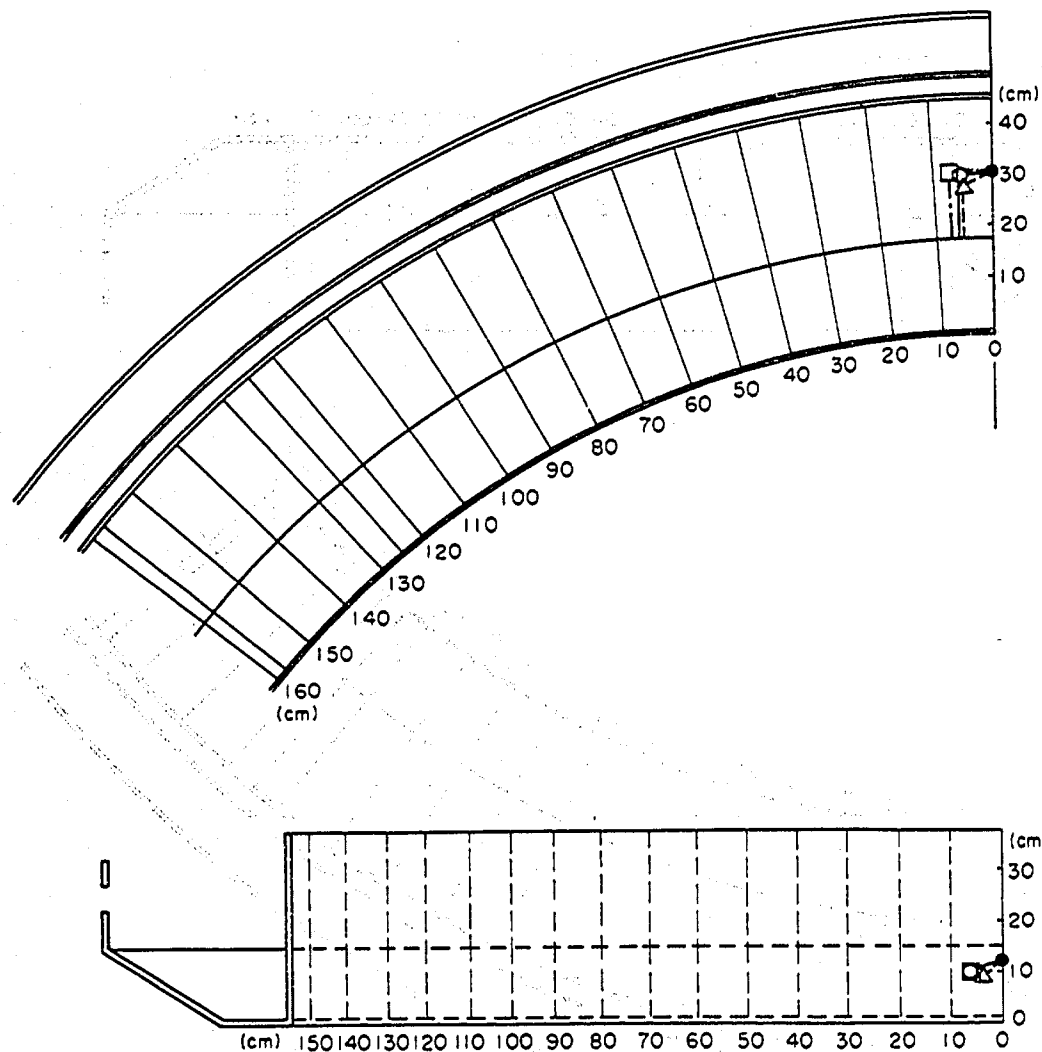
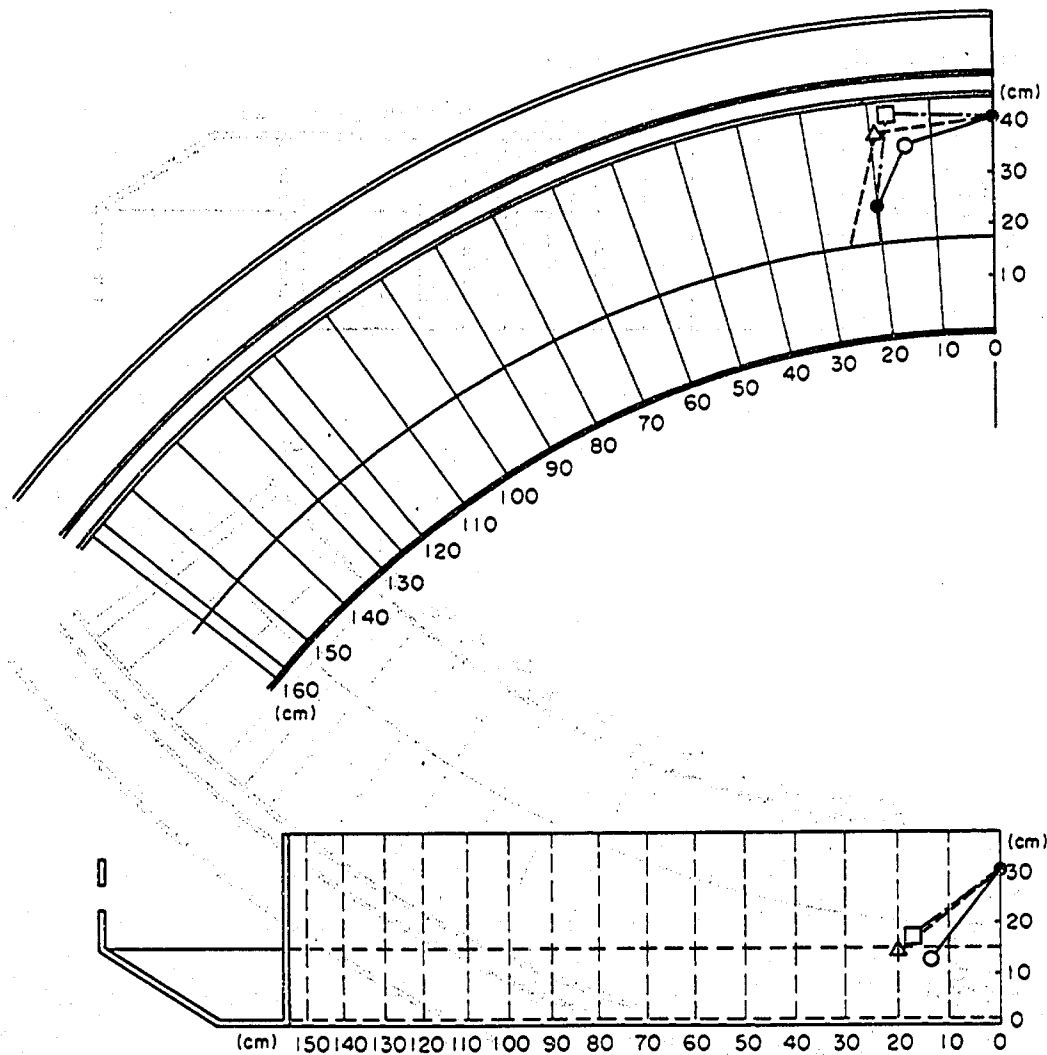


図 3-9-47 単粒子の追跡図 (ヘリカル60度)



種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■- - - - ■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

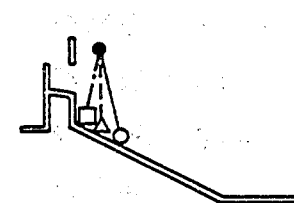
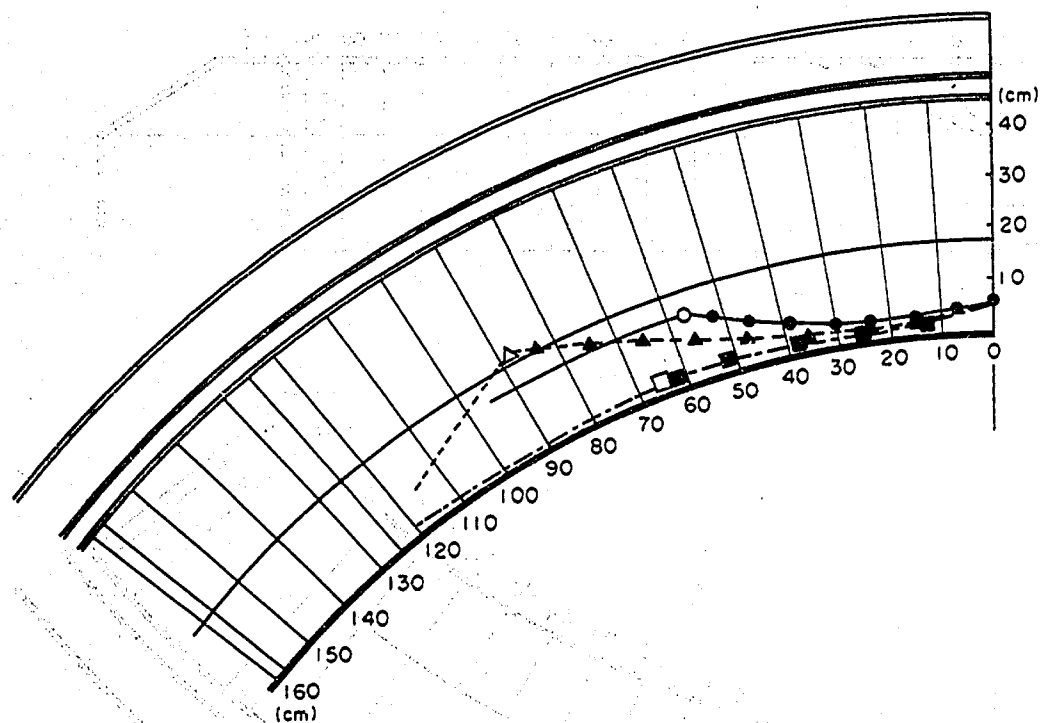


図3-9-48 単粒子の追跡図（ヘリカル60度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

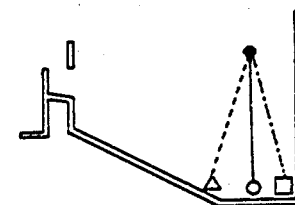
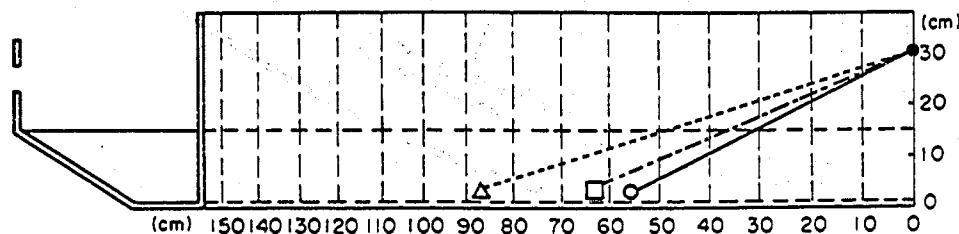
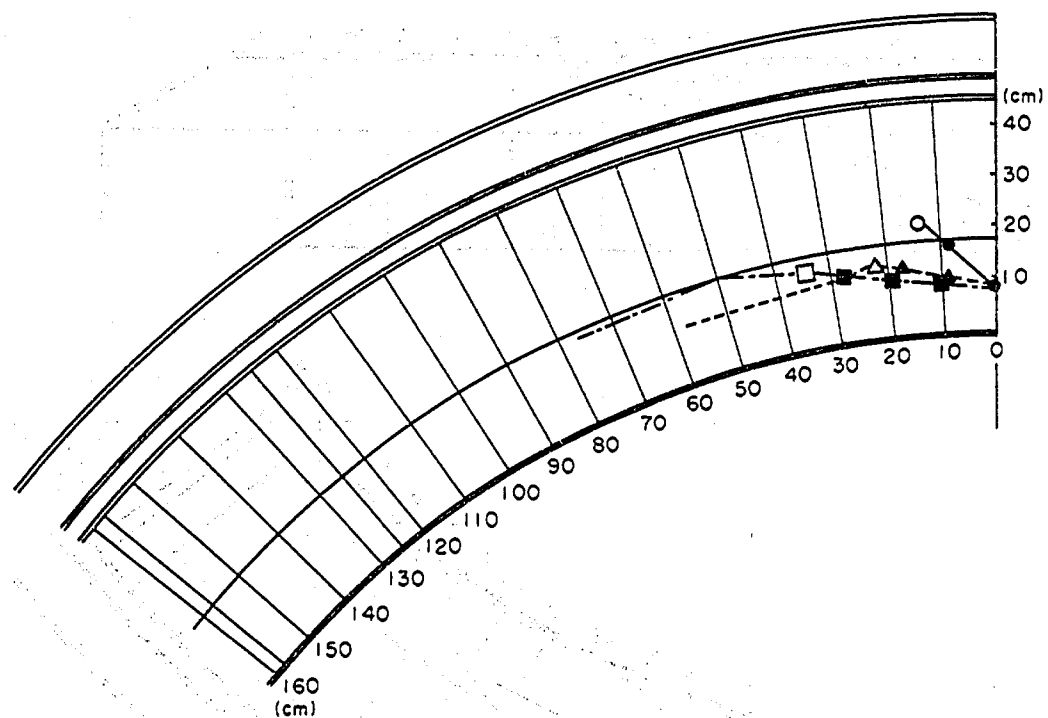


図3-10-1 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-中

1回目 ●——●

2回目 ▲——▲

3回目 ■——■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

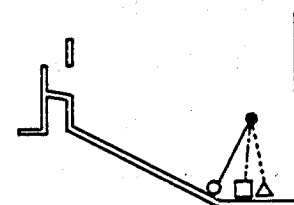
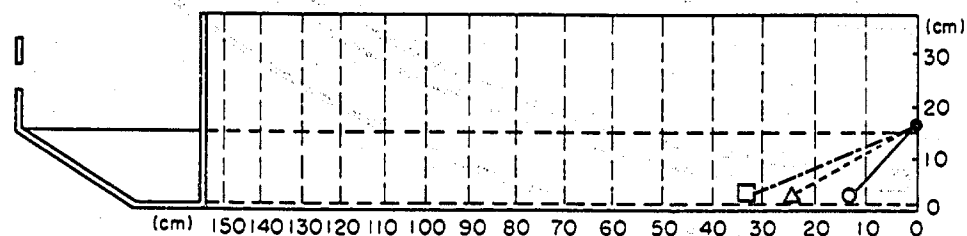
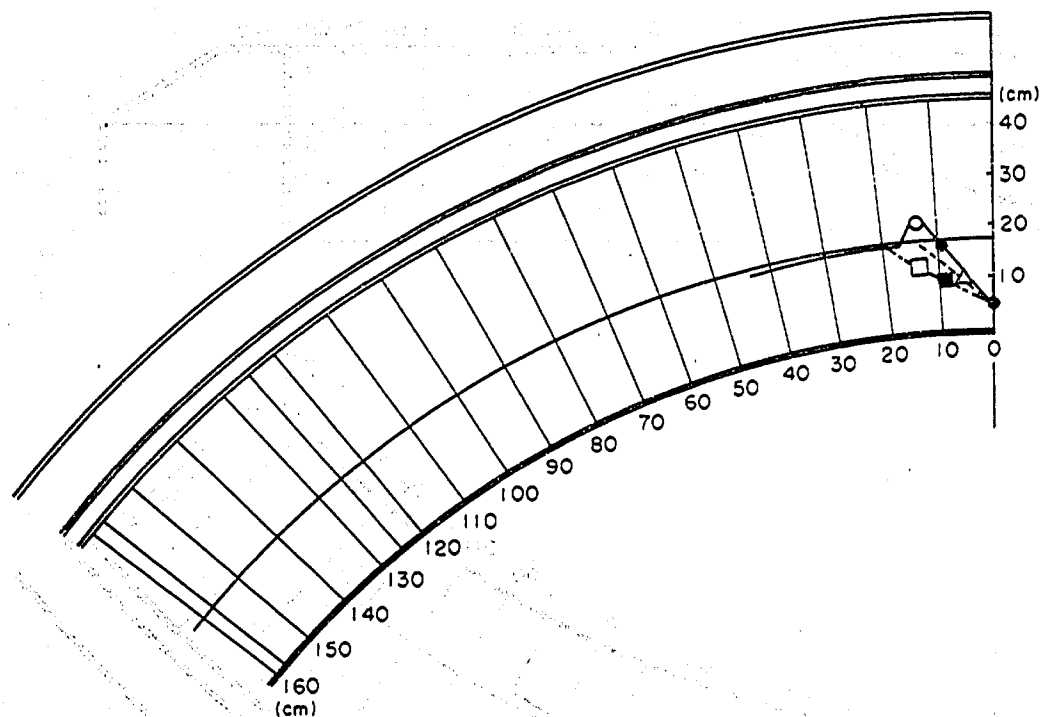


図3-10-2 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

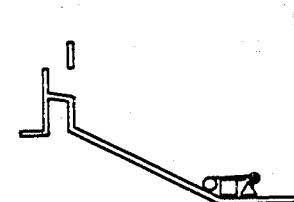
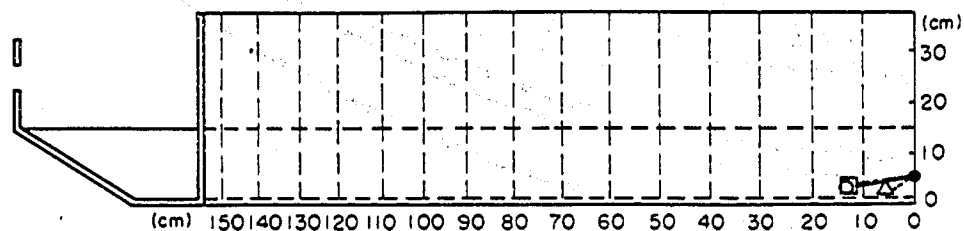
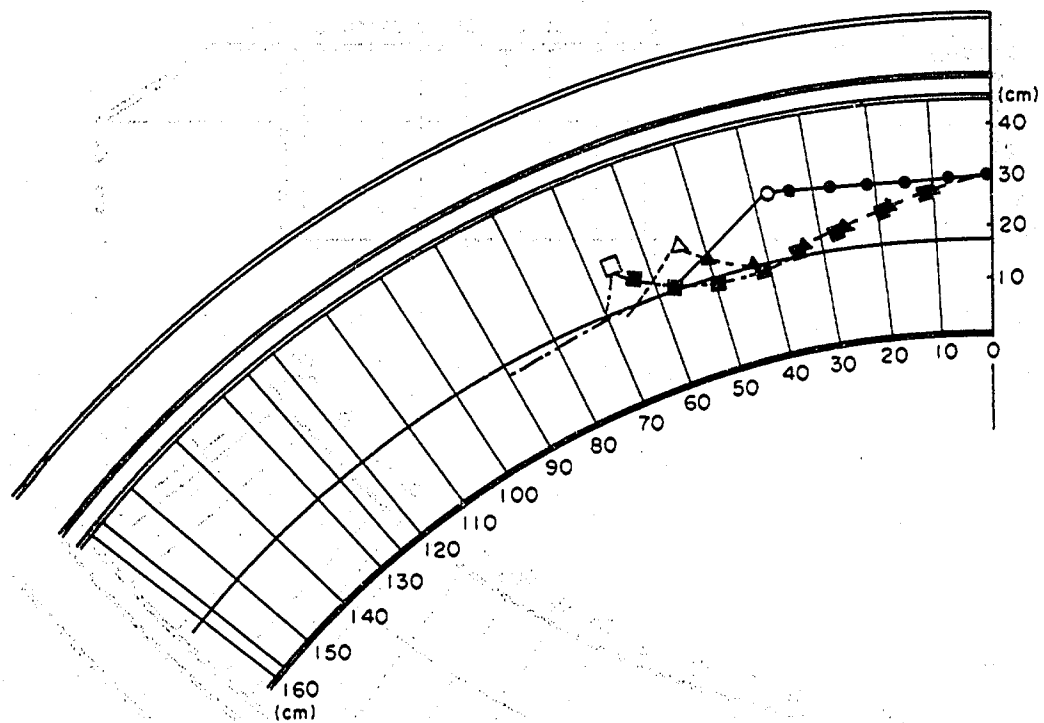


図3-10-3 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類: スタイロン

比重: 1

粒径: 1 mm

流量: $0.27 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点: B-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■- · - · - ■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

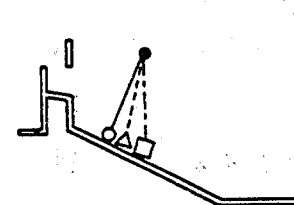
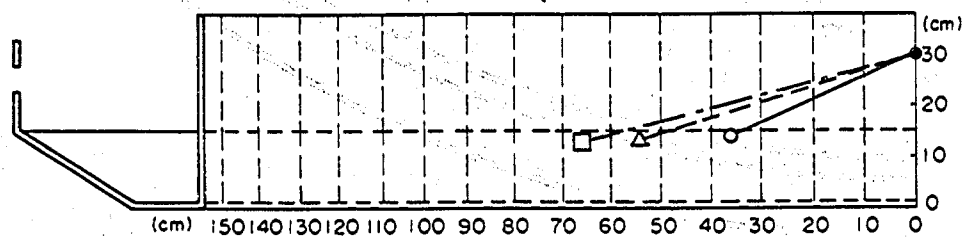
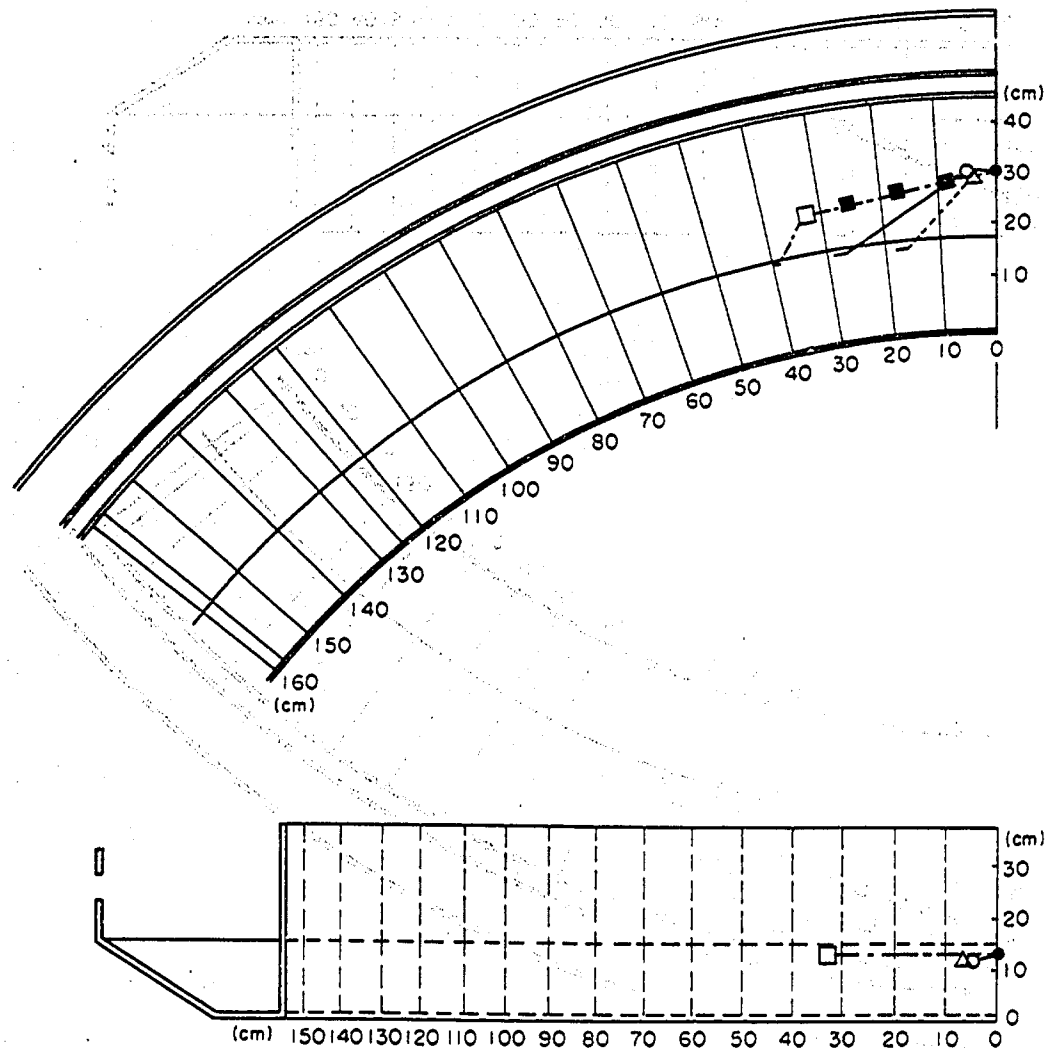


図3-10-4 単粒子の追跡図 (ヘリカル90度)



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-下

1回目 ●——●

2回目 ▲---▲

3回目 ■---■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

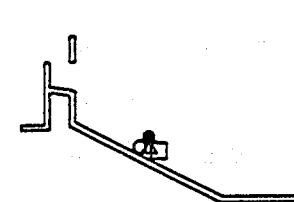
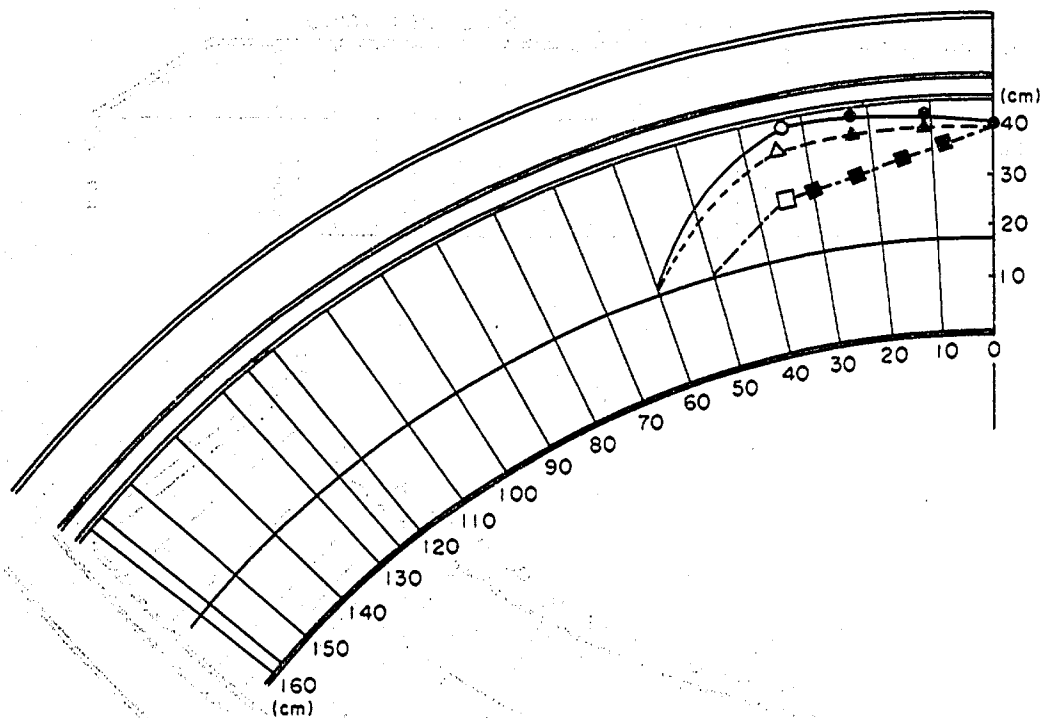


図3-10-5 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■- · - · ■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

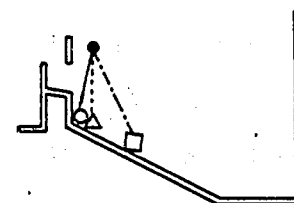
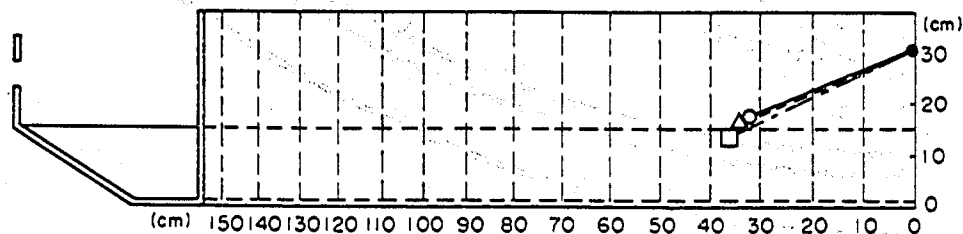
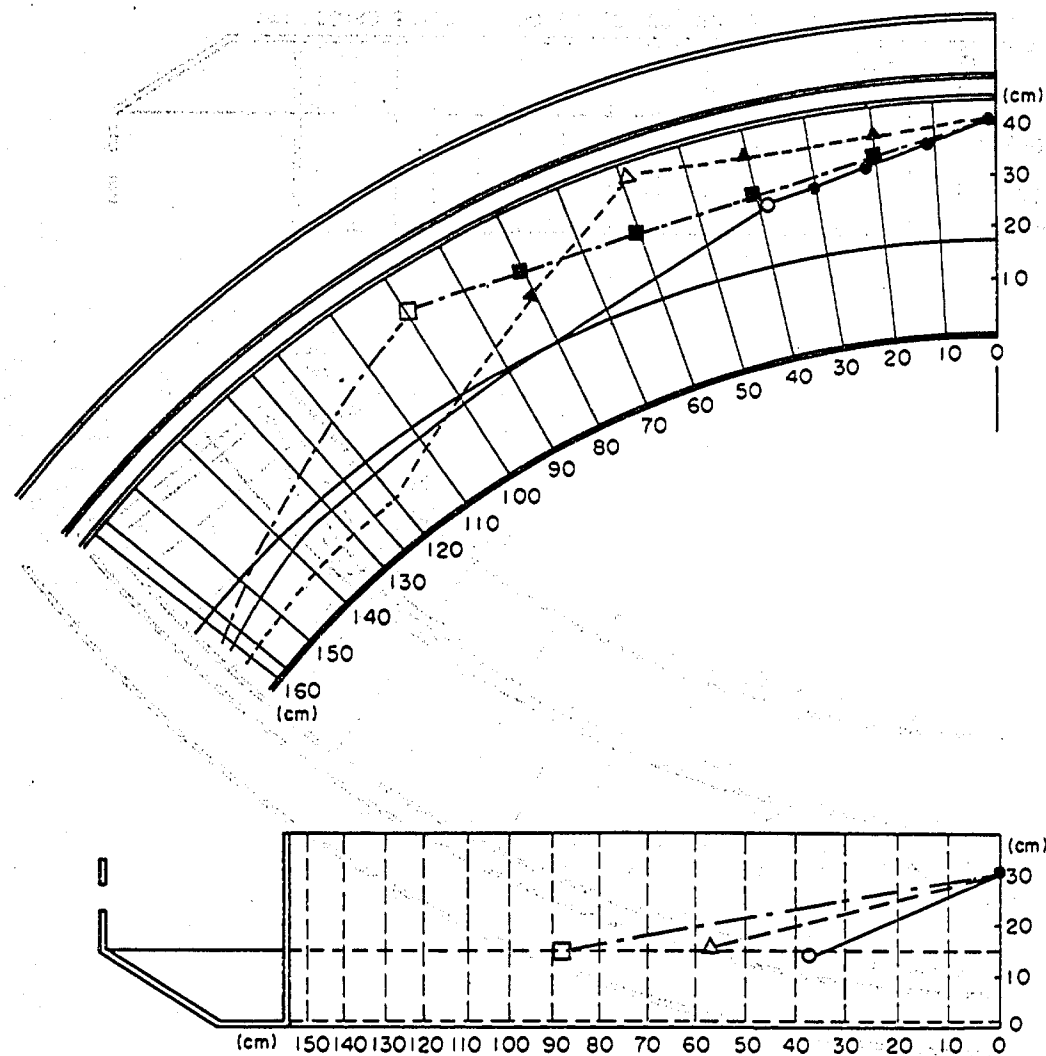


図3-10-6 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

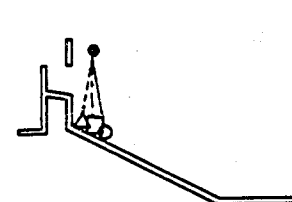
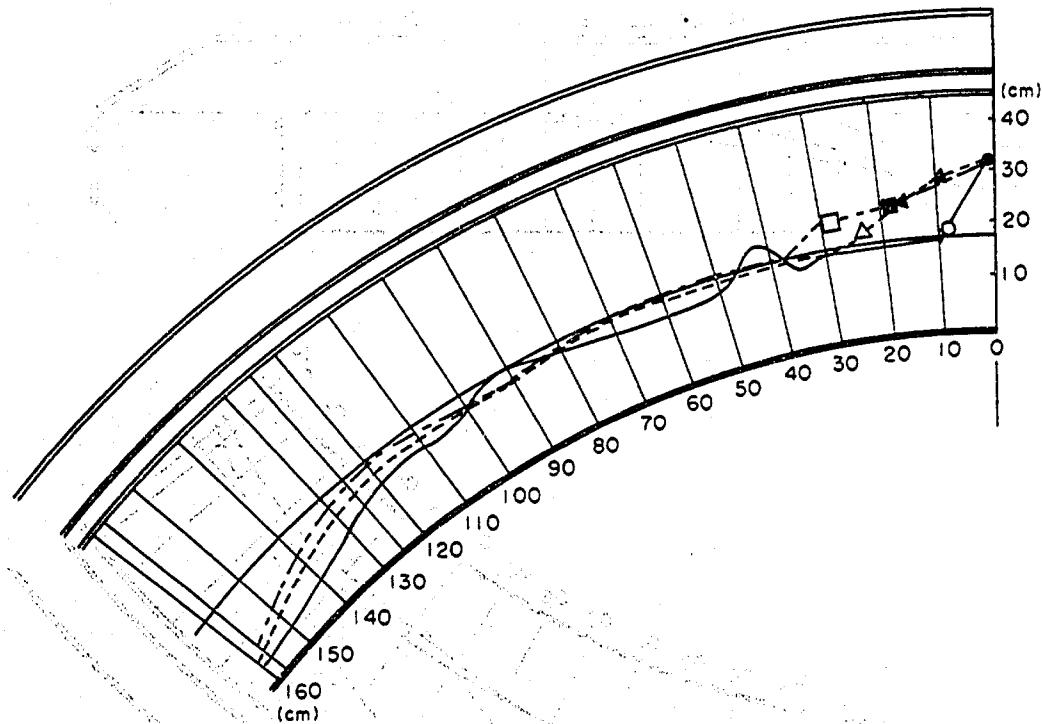


図3-10-7 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：B-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-----■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

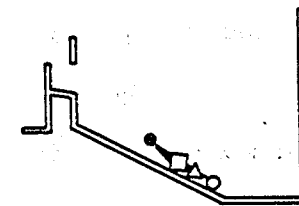
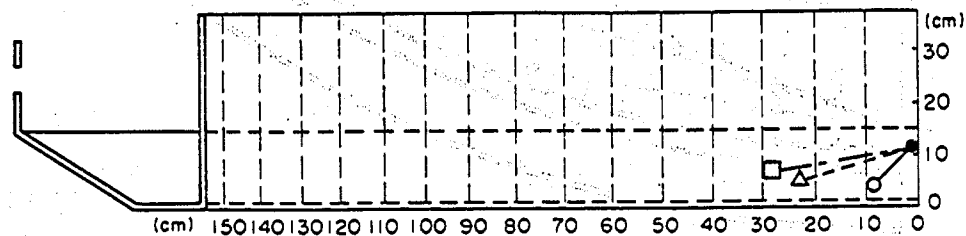
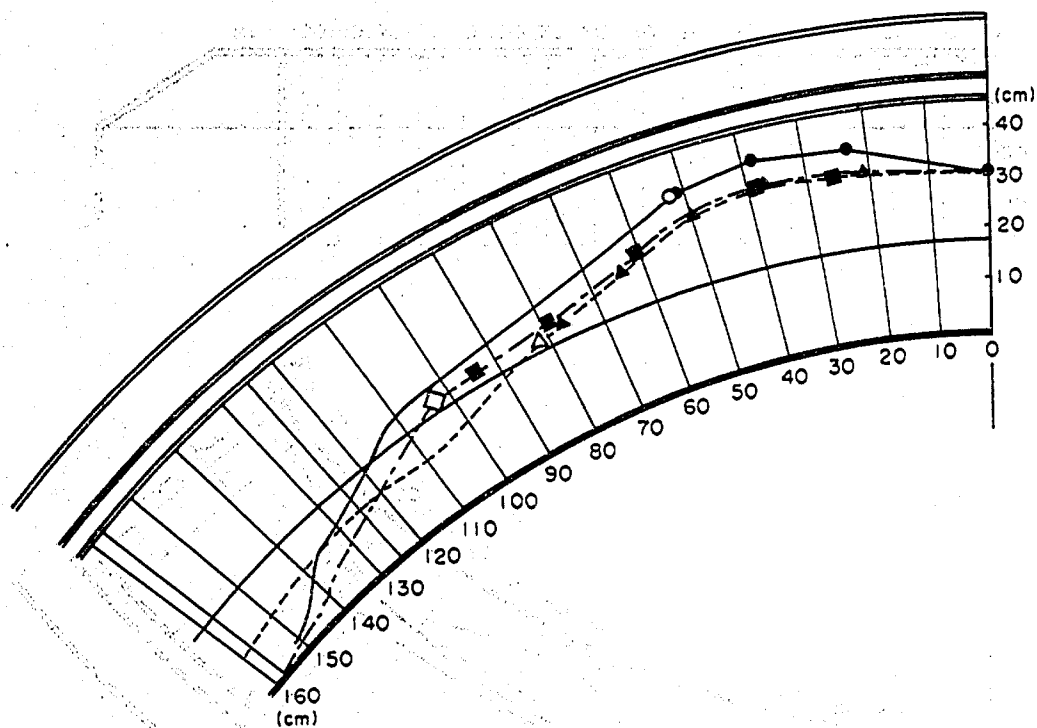


図3-10-8 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：1 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：B-上

1回目 ●—●

2回目 ▲---▲

3回目 ■-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

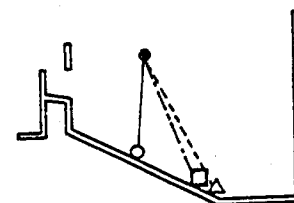
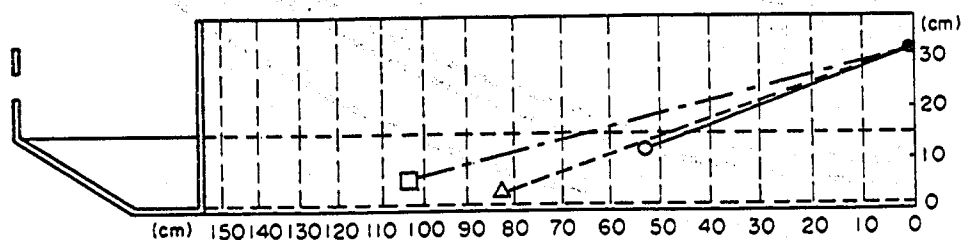
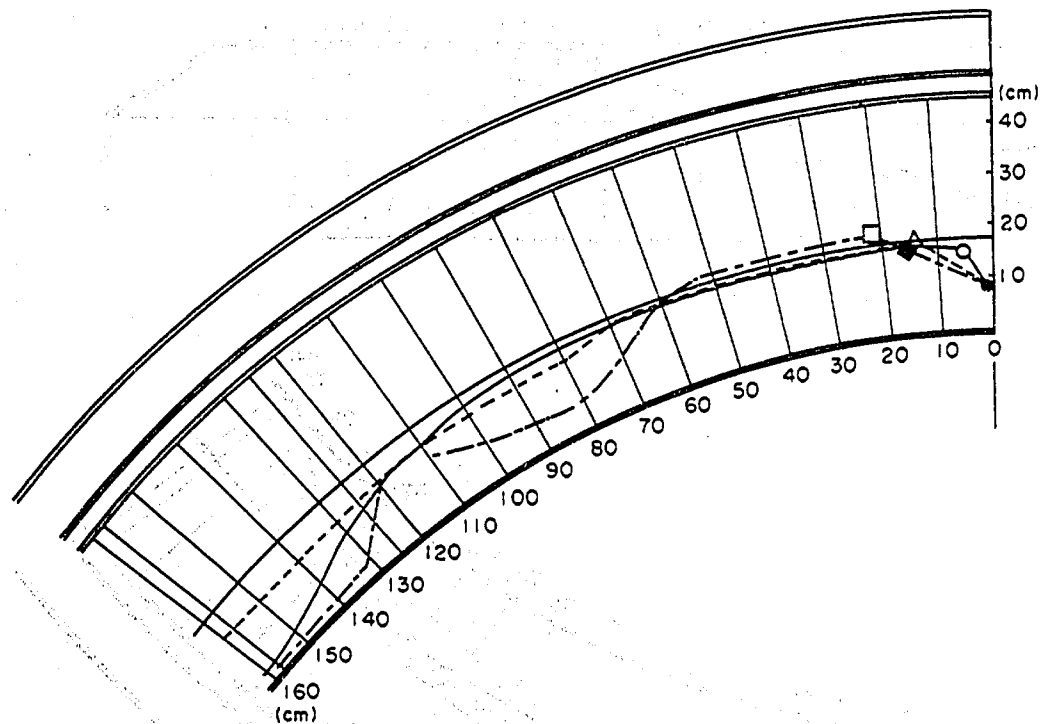


図3-10-9 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種 類：スタイロン

比 重：1

粒 径：1 mm

流 量：0.62 m³/分

投入点：A-下

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

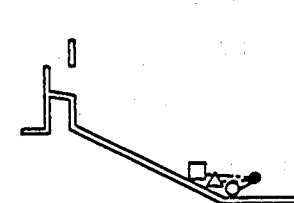
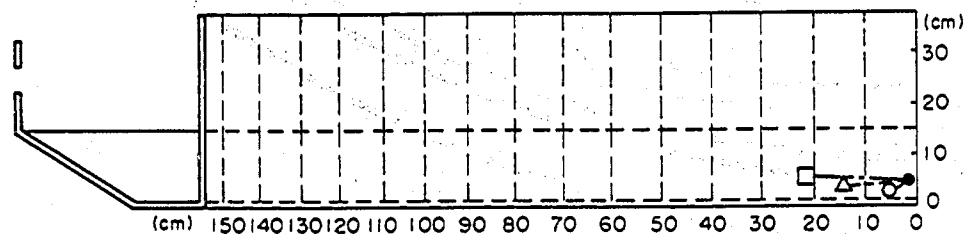
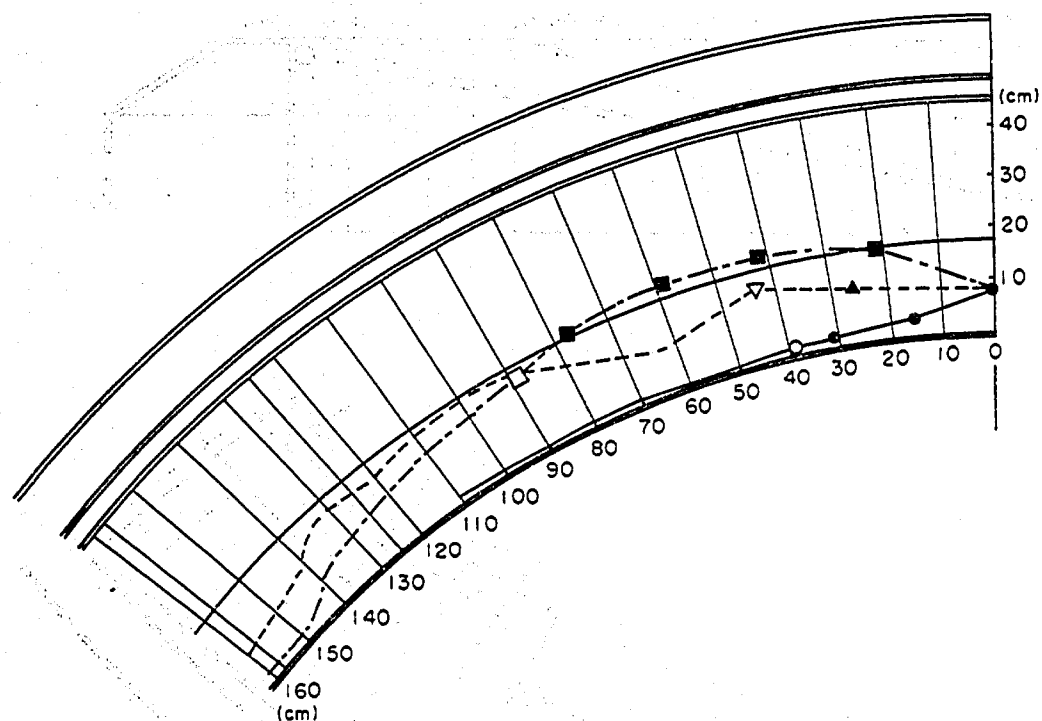


図3-10-10 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類: スタイロン
 比重: 1
 粒径: 1 mm
 流量: $0.62 \text{ m}^3/\text{分}$
 投入点: A-中

1回目 ●——●
 2回目 ▲-----▲
 3回目 ■-----■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

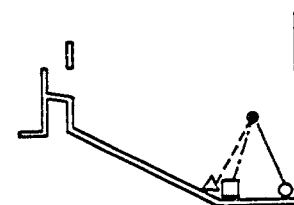
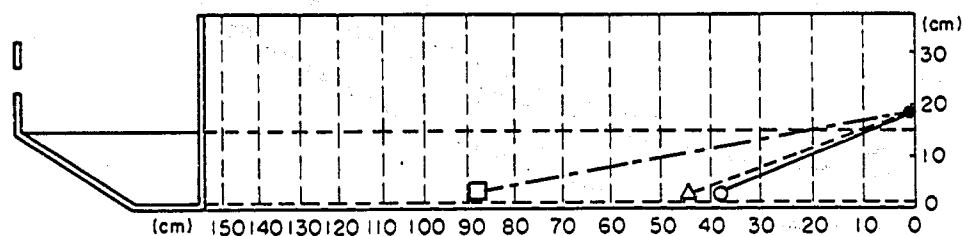
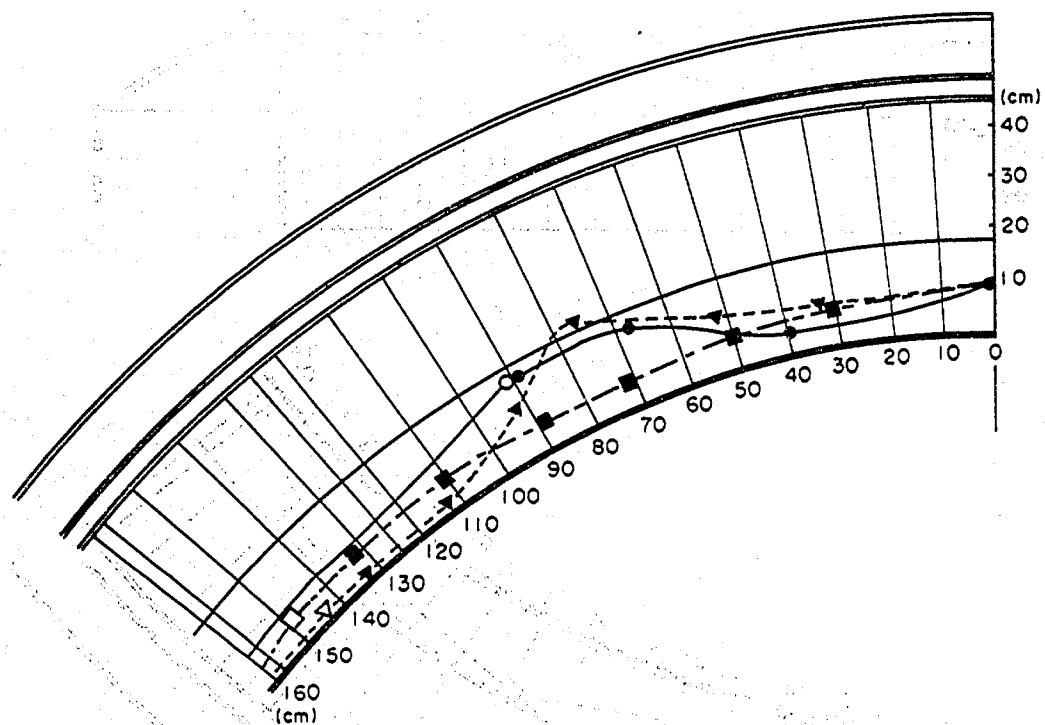


図3-10-11 単粒子の追跡図 (ヘリカル90度)



種 類： スタイロン

比 重： 1

粒 径： 1 mm

流 量： $0.62 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点： A-上

1 回 目 ●——●

2 回 目 ▲-----▲

3 回 目 ■- · - · ■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

着底後は 30 秒間隔

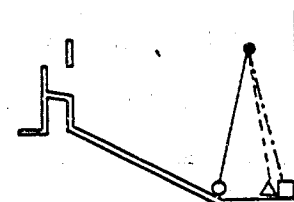
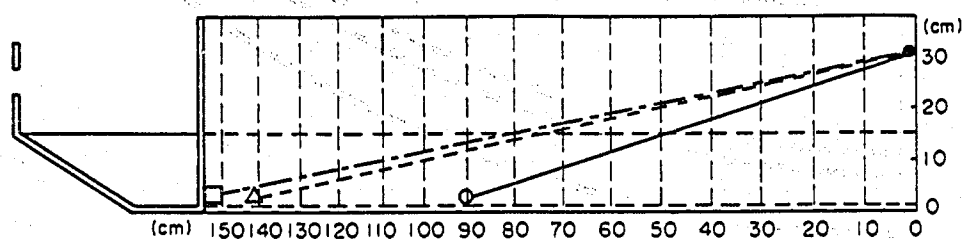
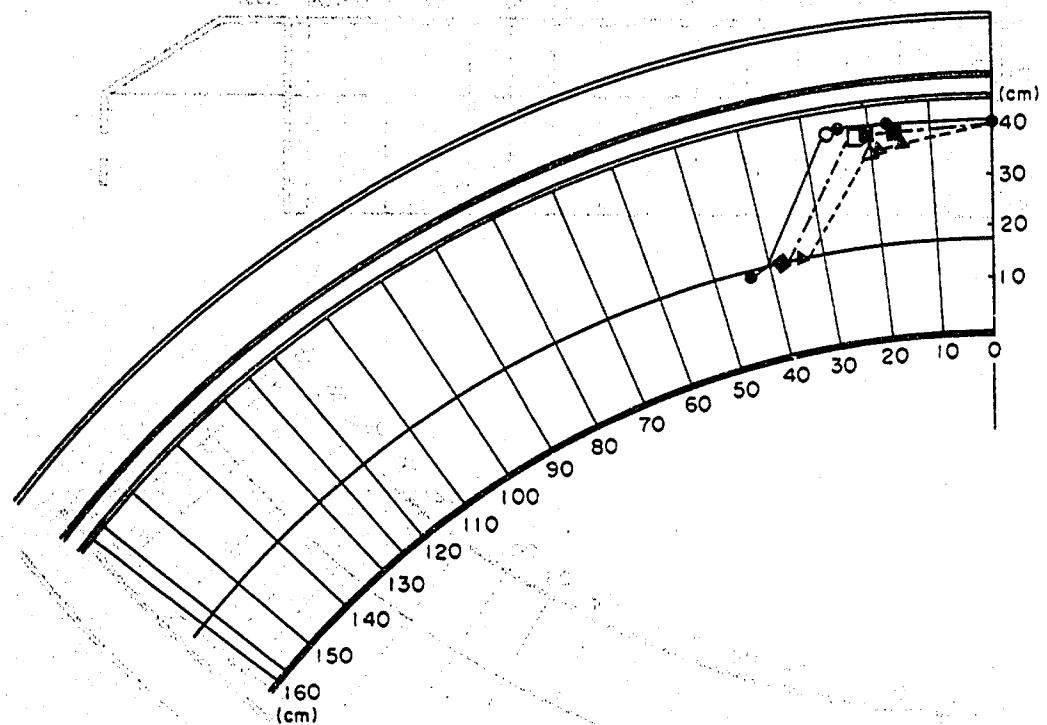


図 3-10-12 単粒子の追跡図 (ヘリカル90度)



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-----■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

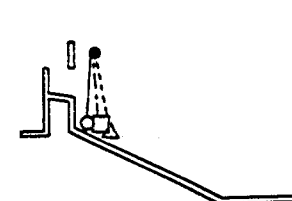
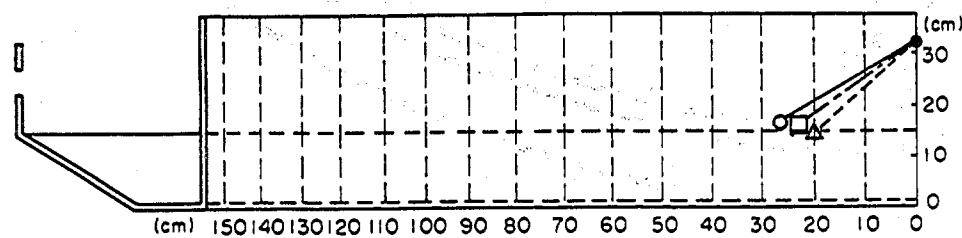
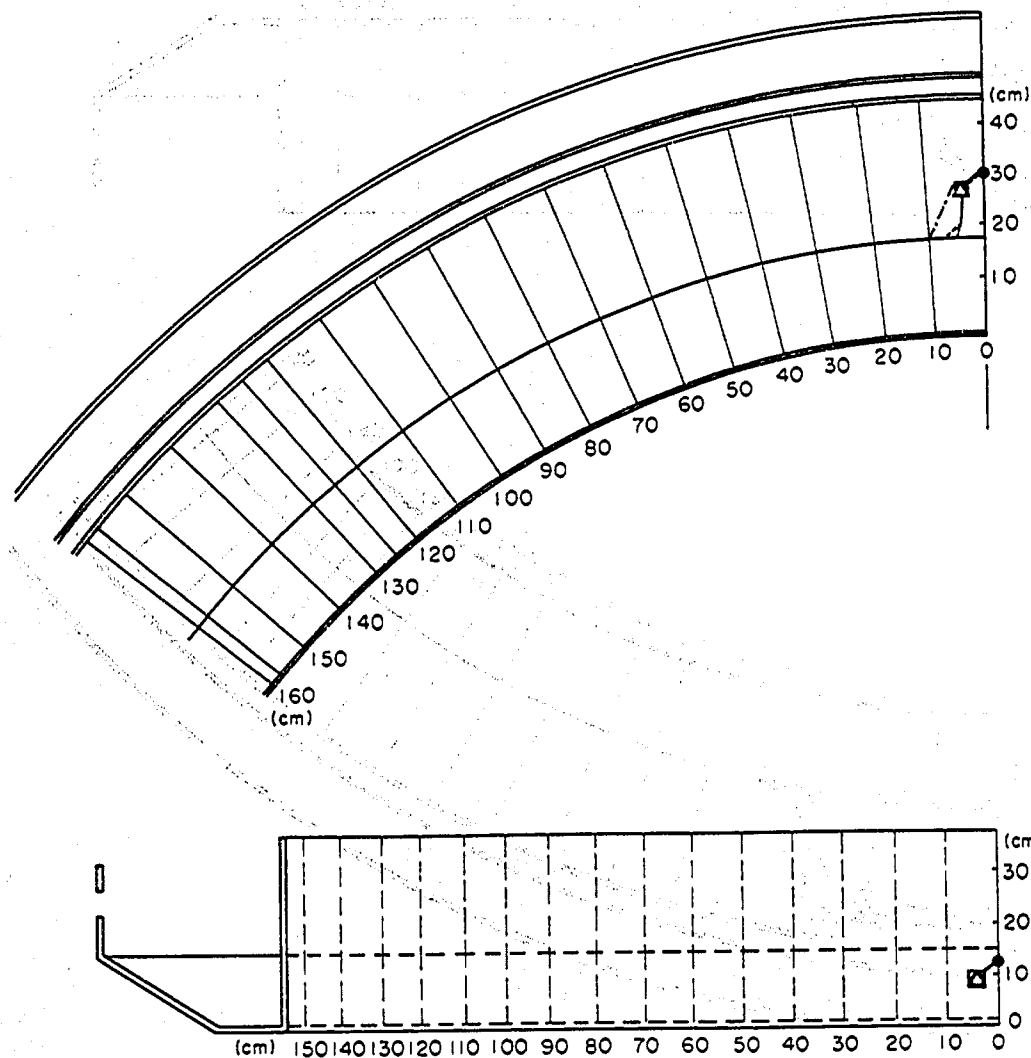


図3-10-13 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

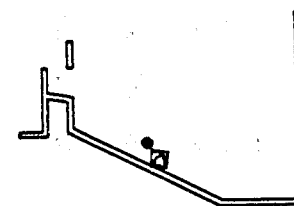
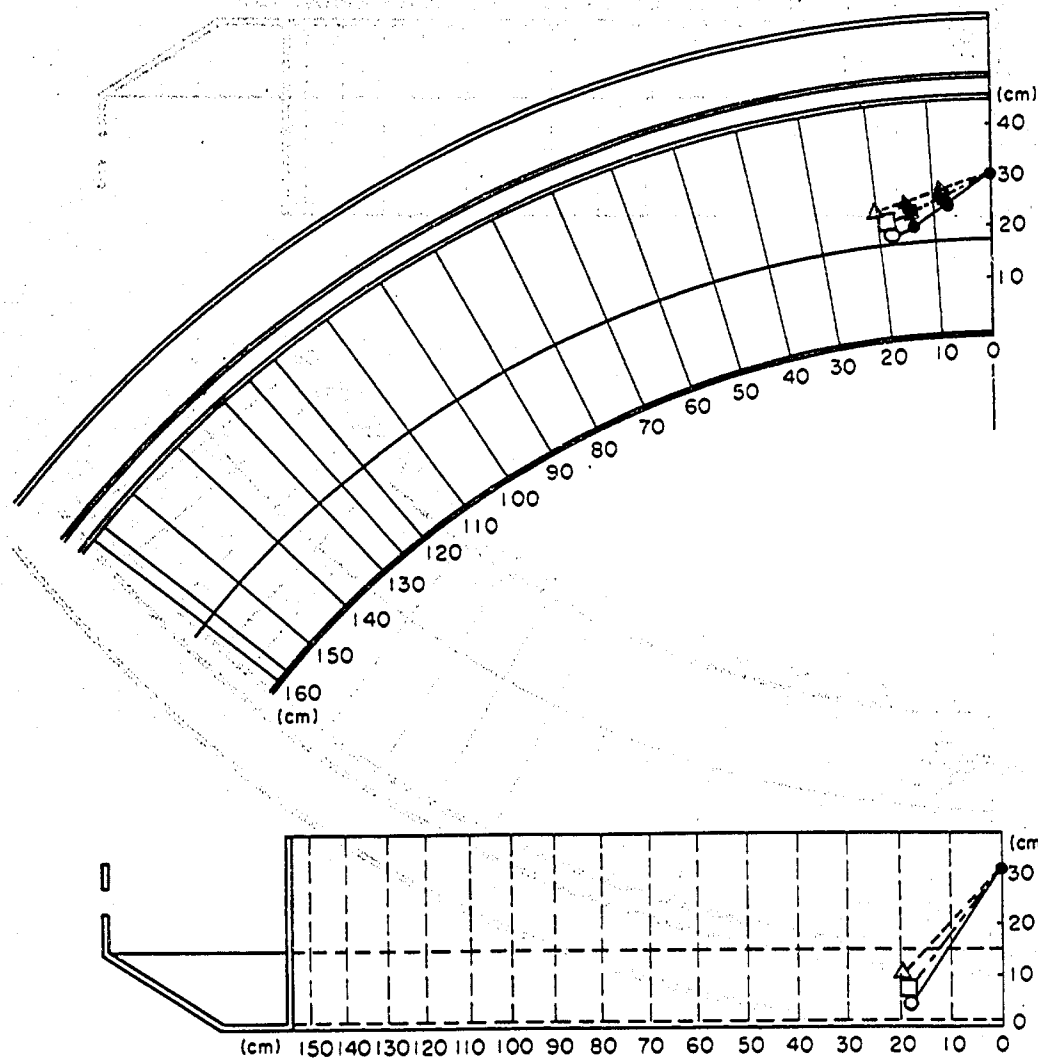


図3-10-14 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

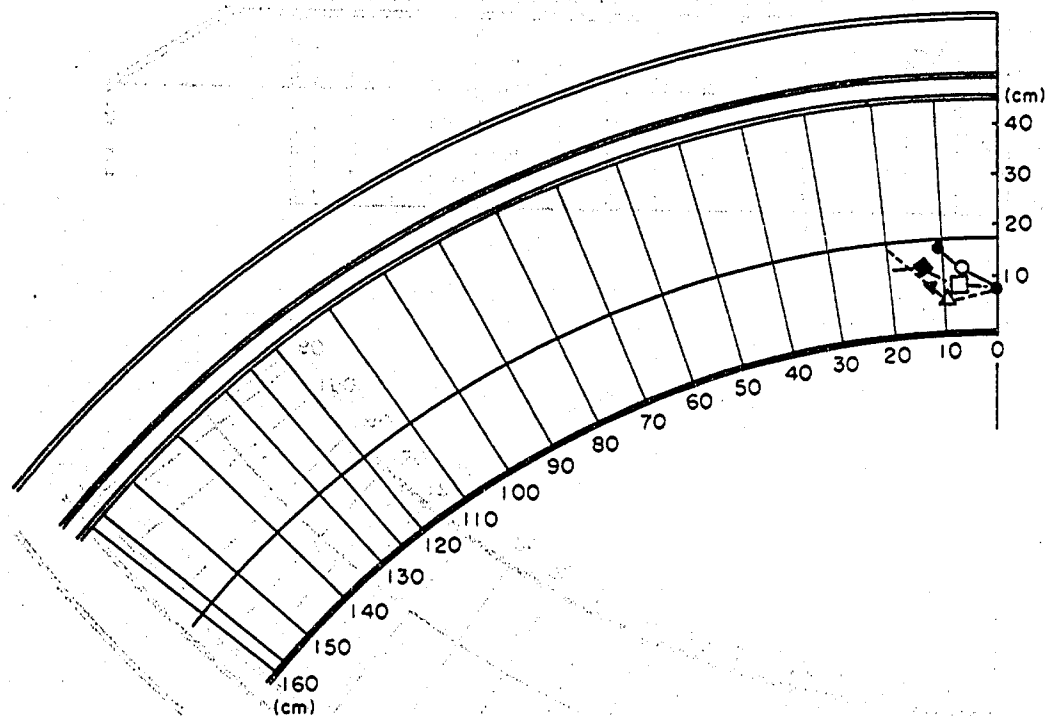
3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

図3-10-15 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2mm

流量：0.27m³/分

投入点：A-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

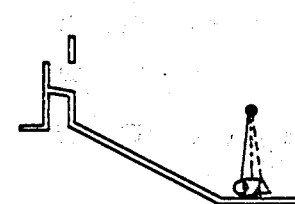
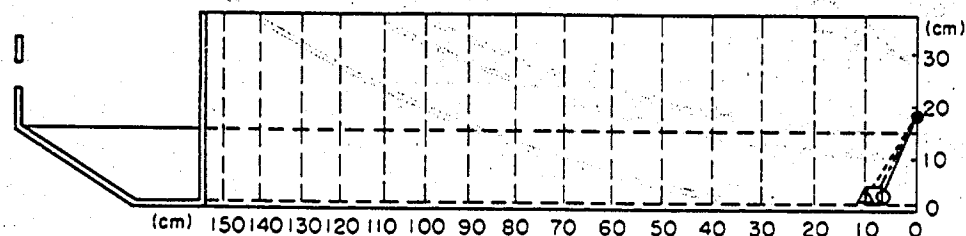
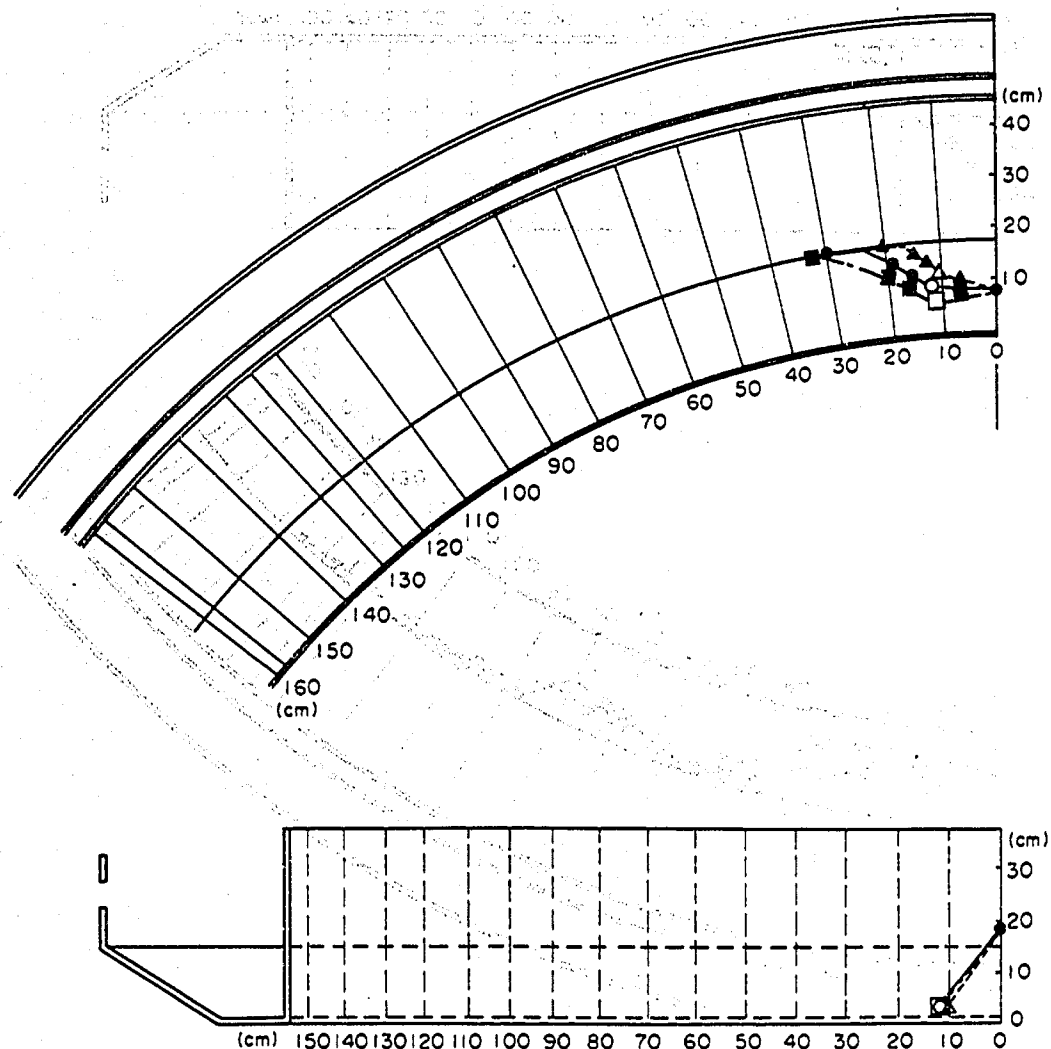


図3-10-16 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-中

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

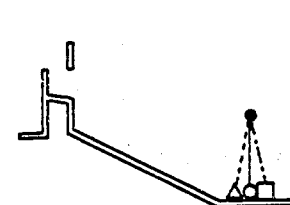
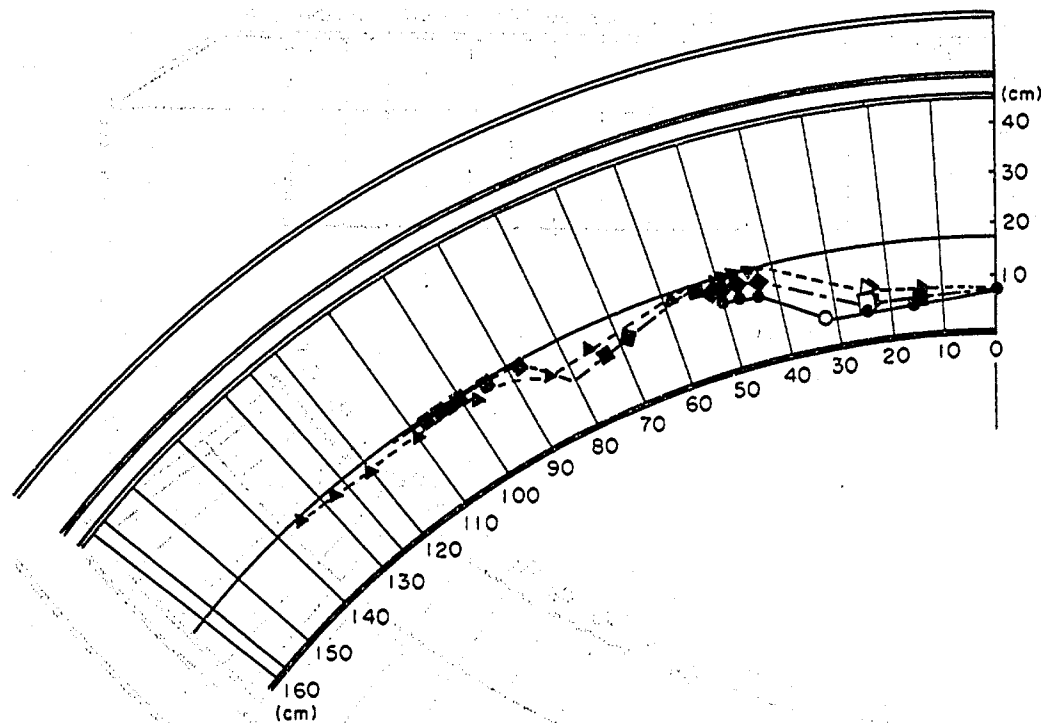


図3-10-17 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種 類：スタイロン

比 重：1

粒 径：2 mm

流 量：0.27 m³/分

投入点：A-上

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

着底後は 30 秒間隔

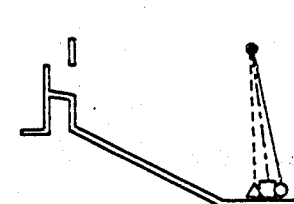
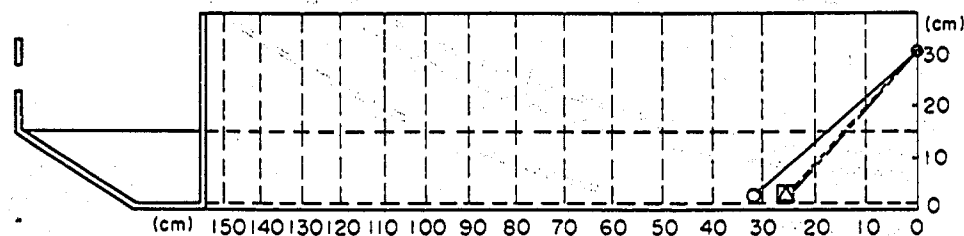
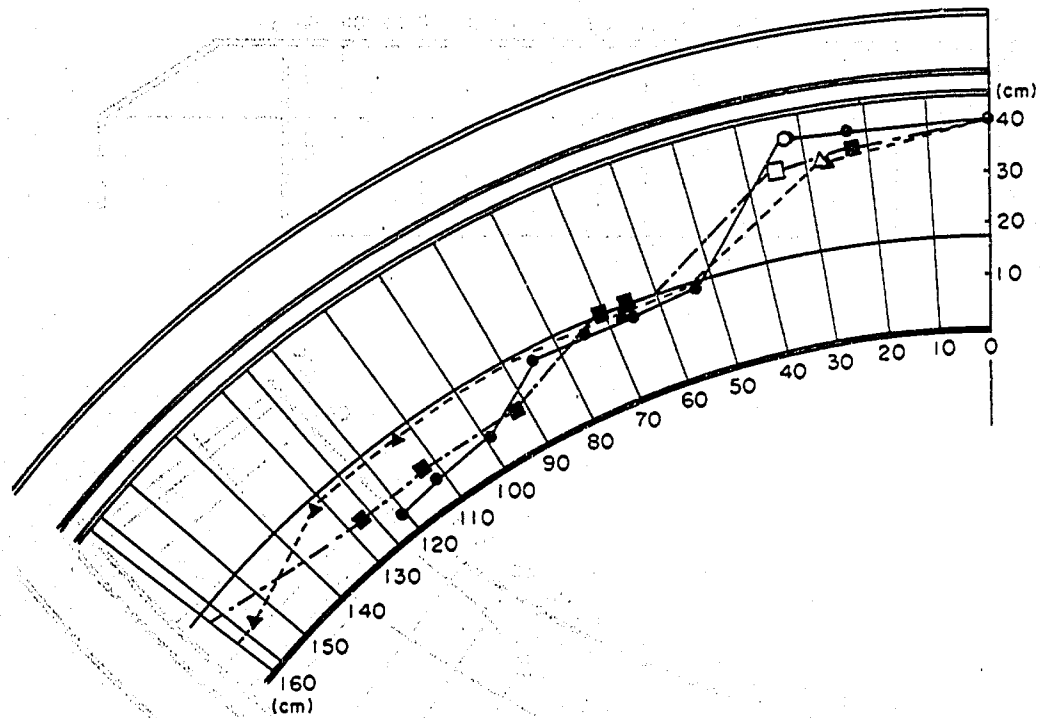


図 3-10-18 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲——▲

3回目 ■——■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

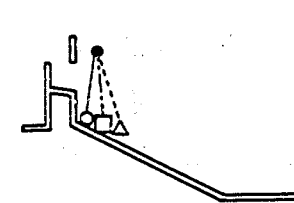
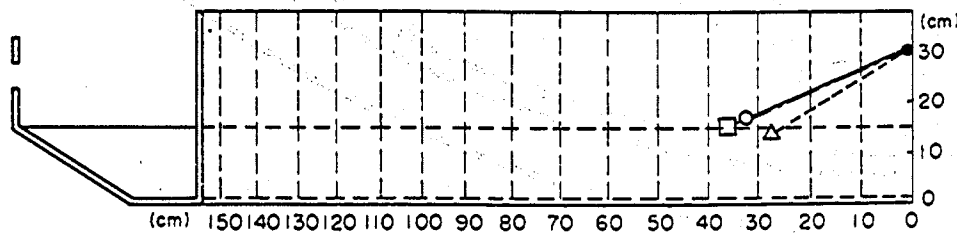
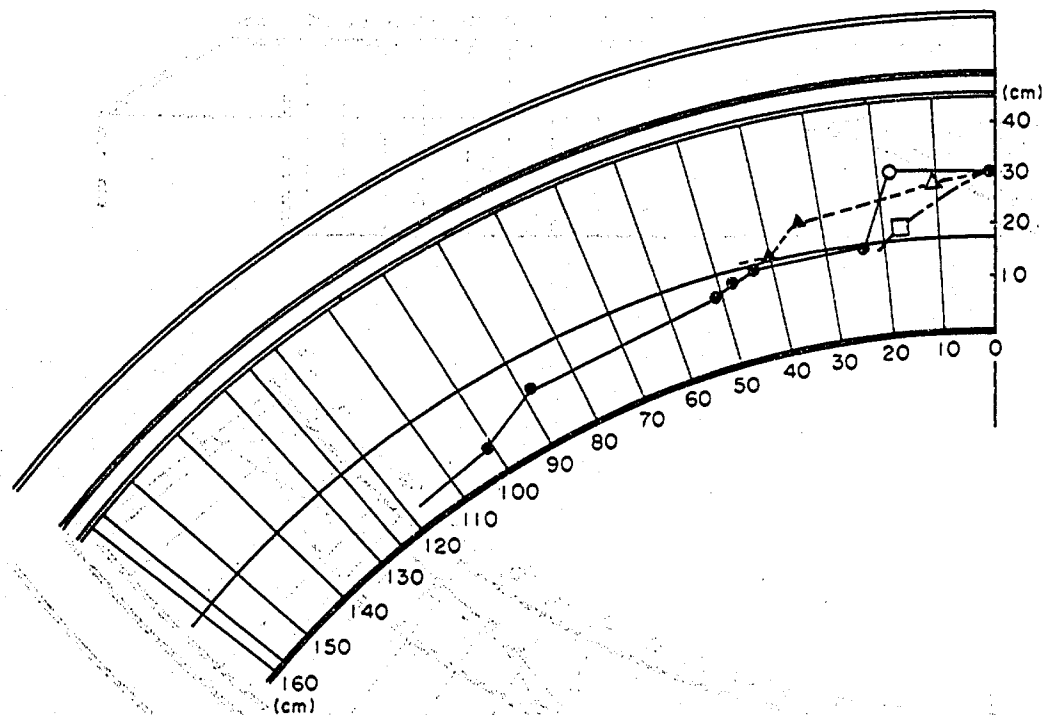


図3-10-19 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類: スタイロン

比重: 1

粒径: 2 mm

流量: $0.62 \text{ m}^3/\text{分}$

投入点: B-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-----■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

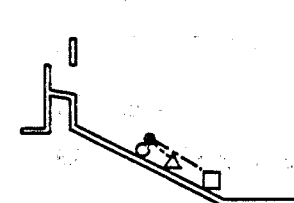
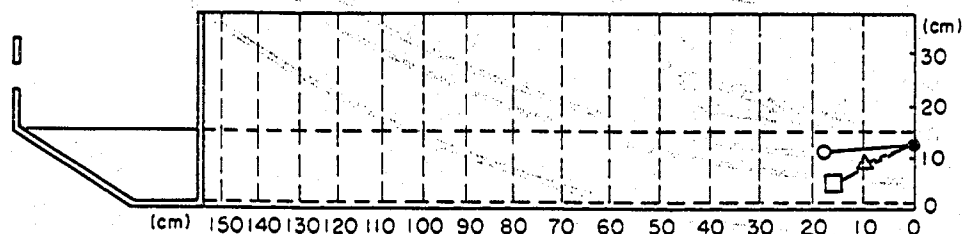
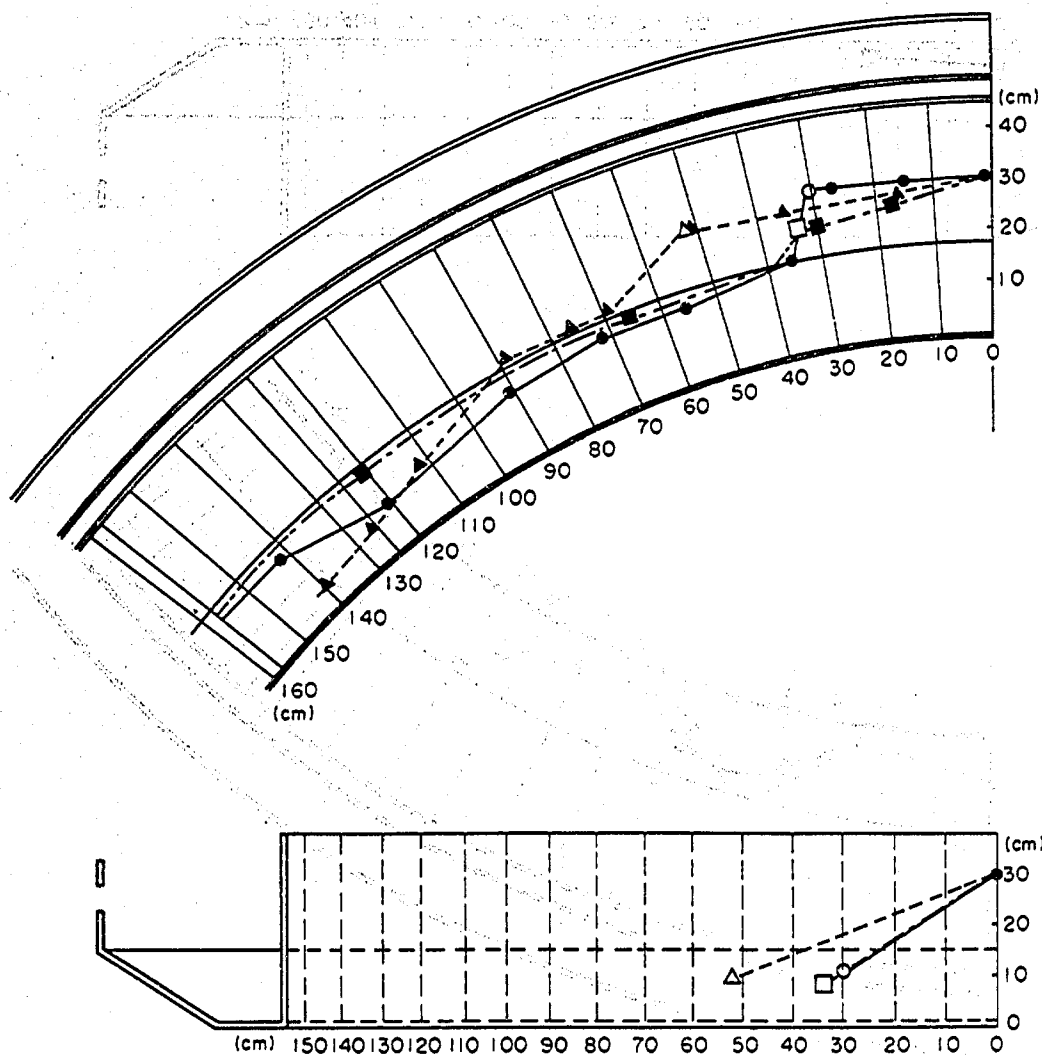


図3-10-20 単粒子の追跡図 (ヘリカル90度)



種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：2 mm
 流量：0.62 m³/分
 投入点：B-上

1回目 ●——●
 2回目 ▲-----▲
 3回目 ■-.-.-■

○△□ 着底点
 プロットは2秒間隔
 着底後は30秒間隔

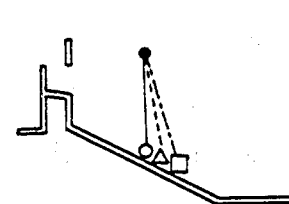
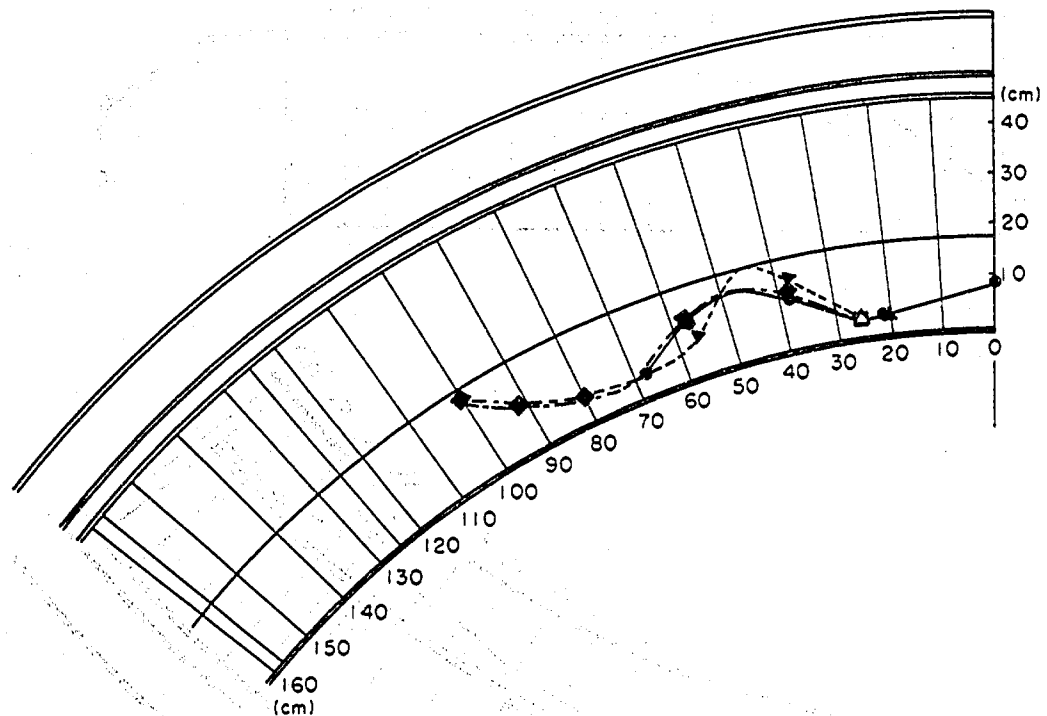


図3-10-21 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

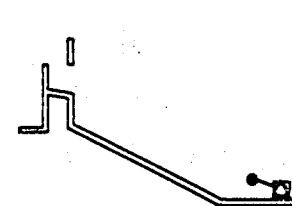
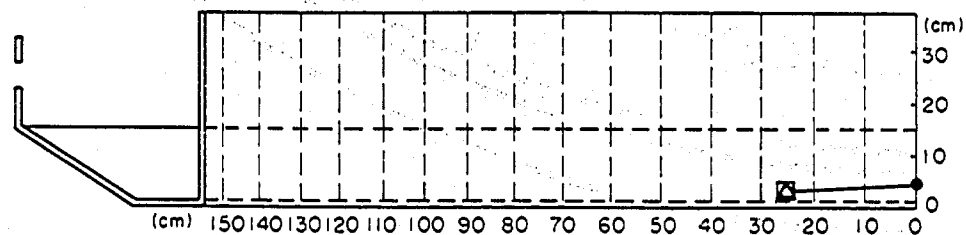
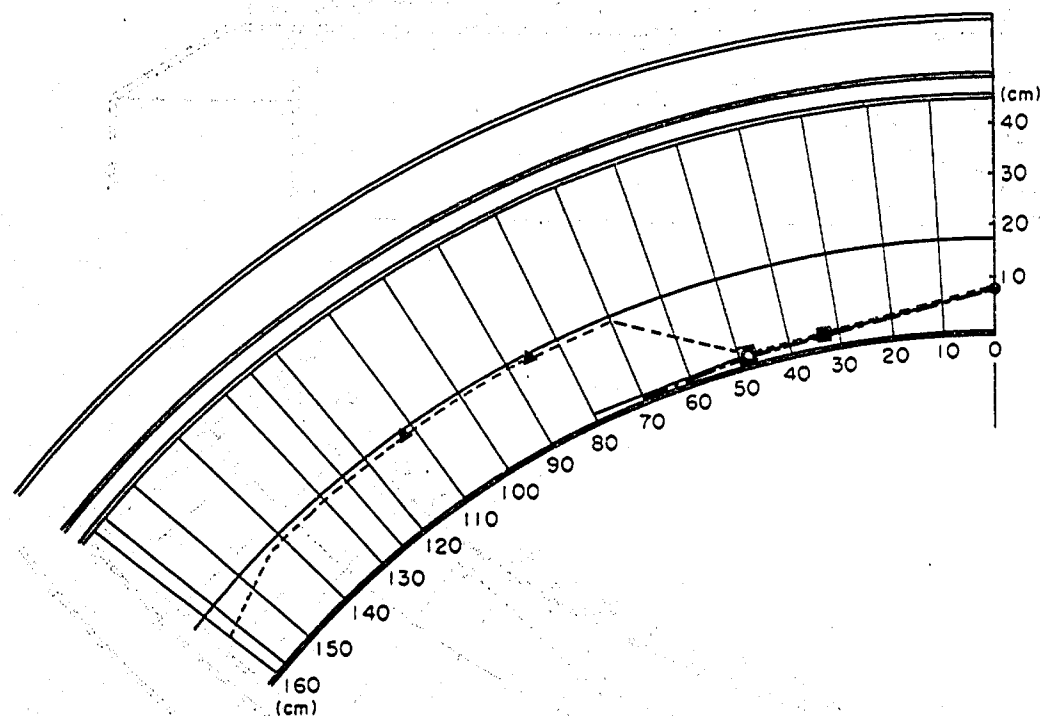


図3-10-22 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A - 中

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

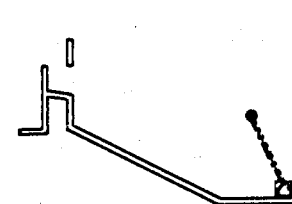
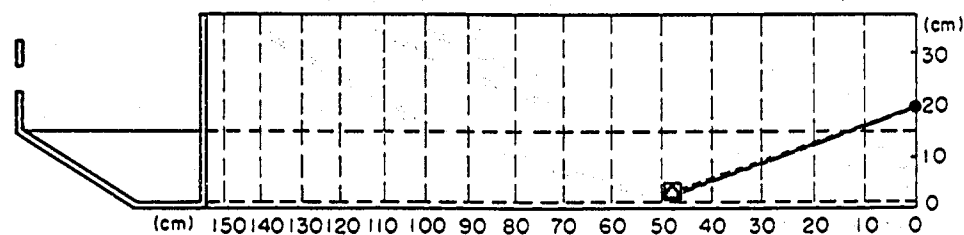
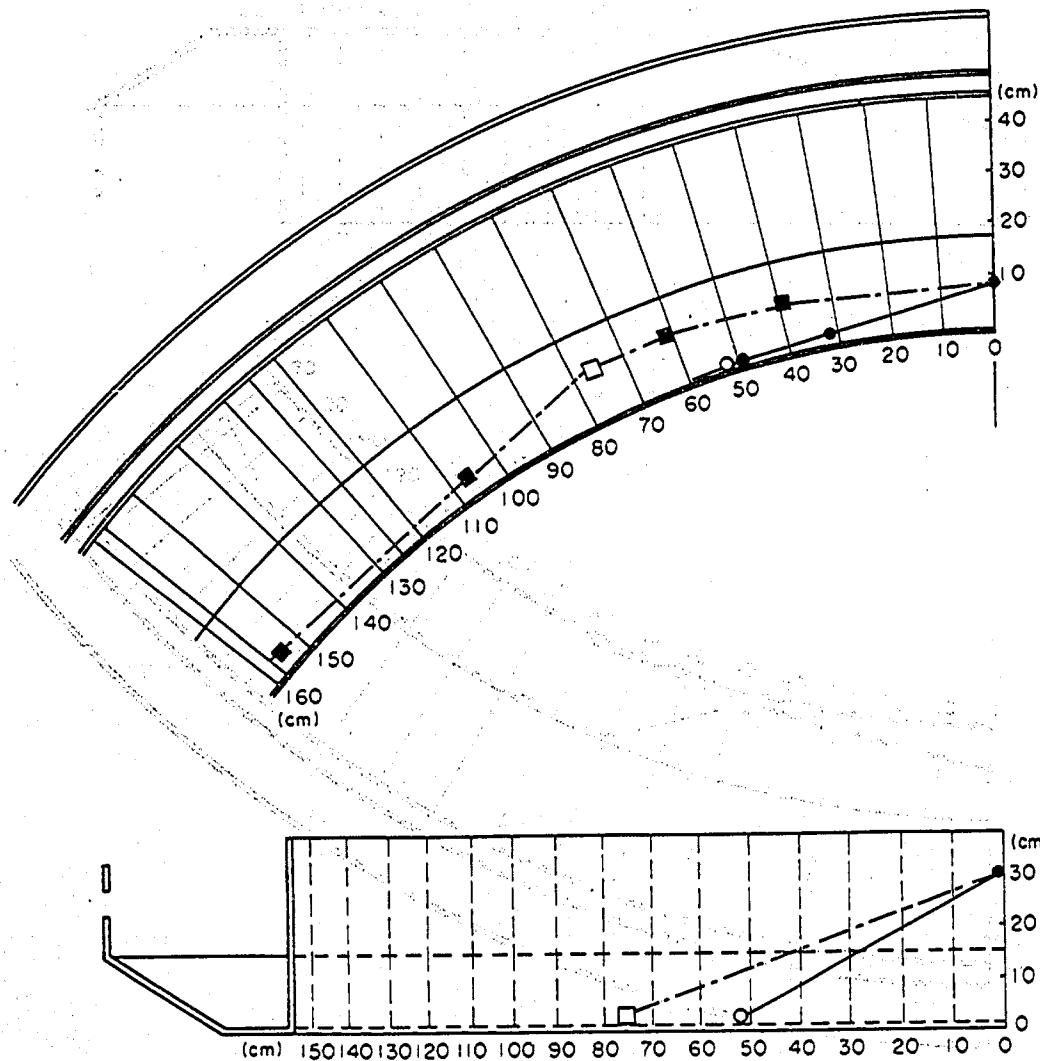


図3-10-23 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A-上

1回目 ●——●

2回目 ■——■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

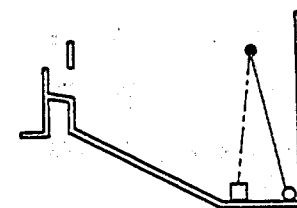


図3-10-24 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）

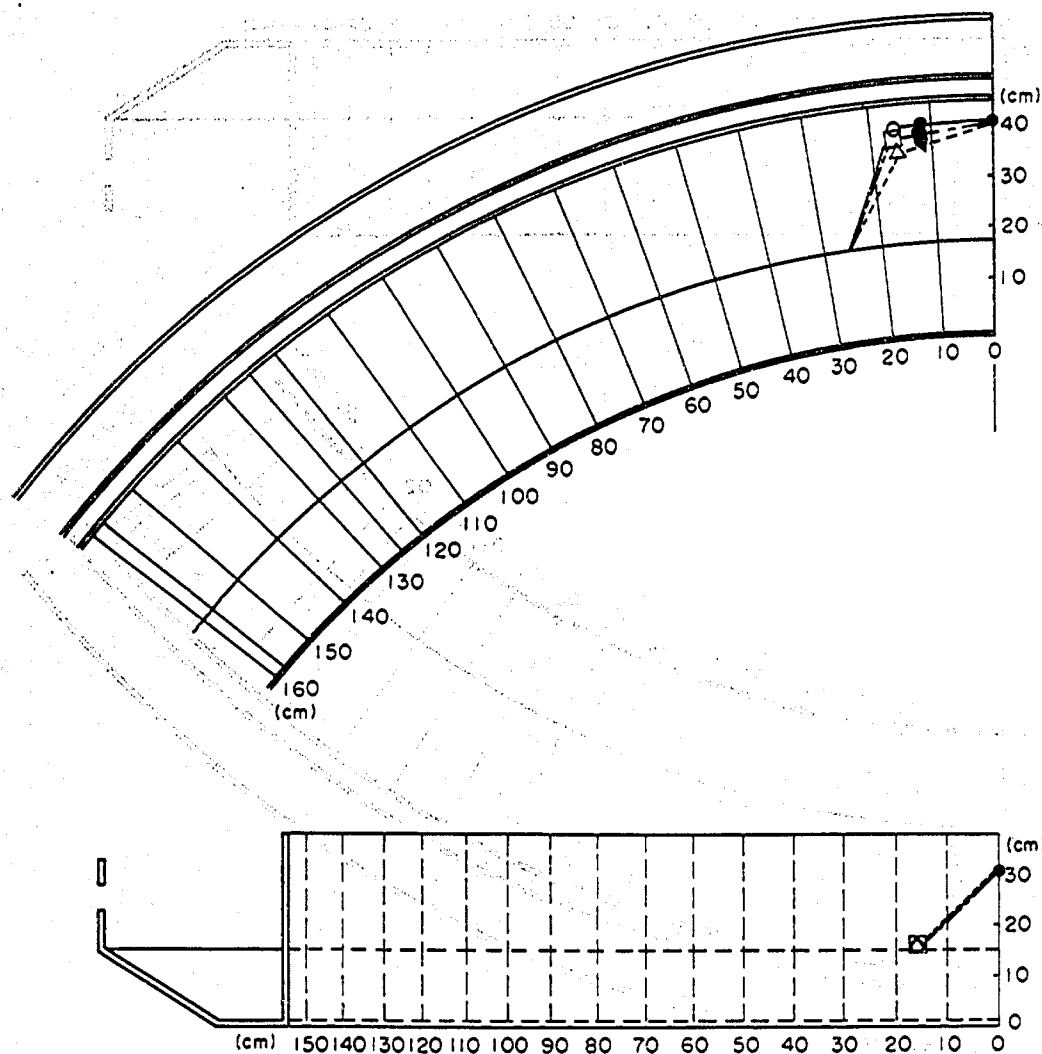


図3-10-25 単粒子の追跡図 (ヘリカル90度)

種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

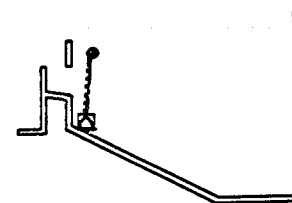
2回目 ▲-----▲

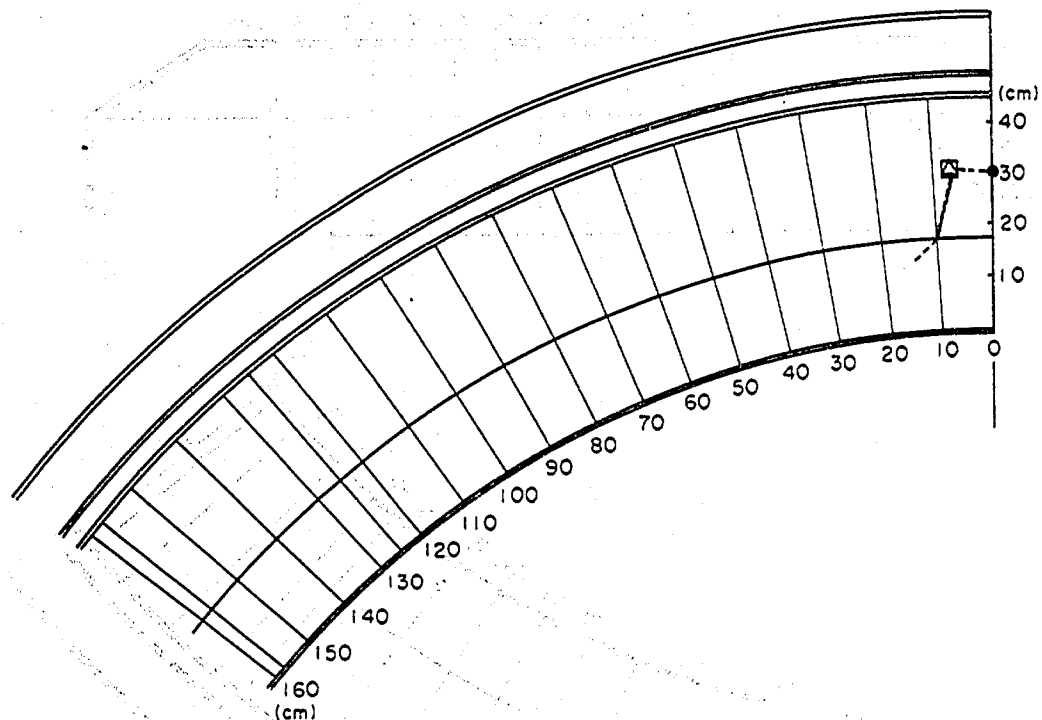
3回目 ■- - - - ■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔





種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

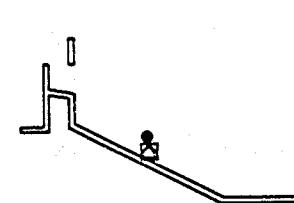
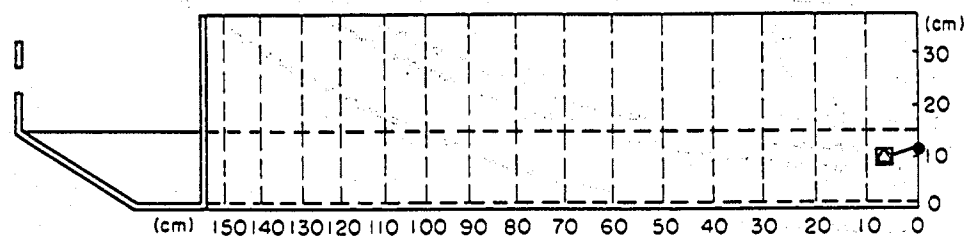
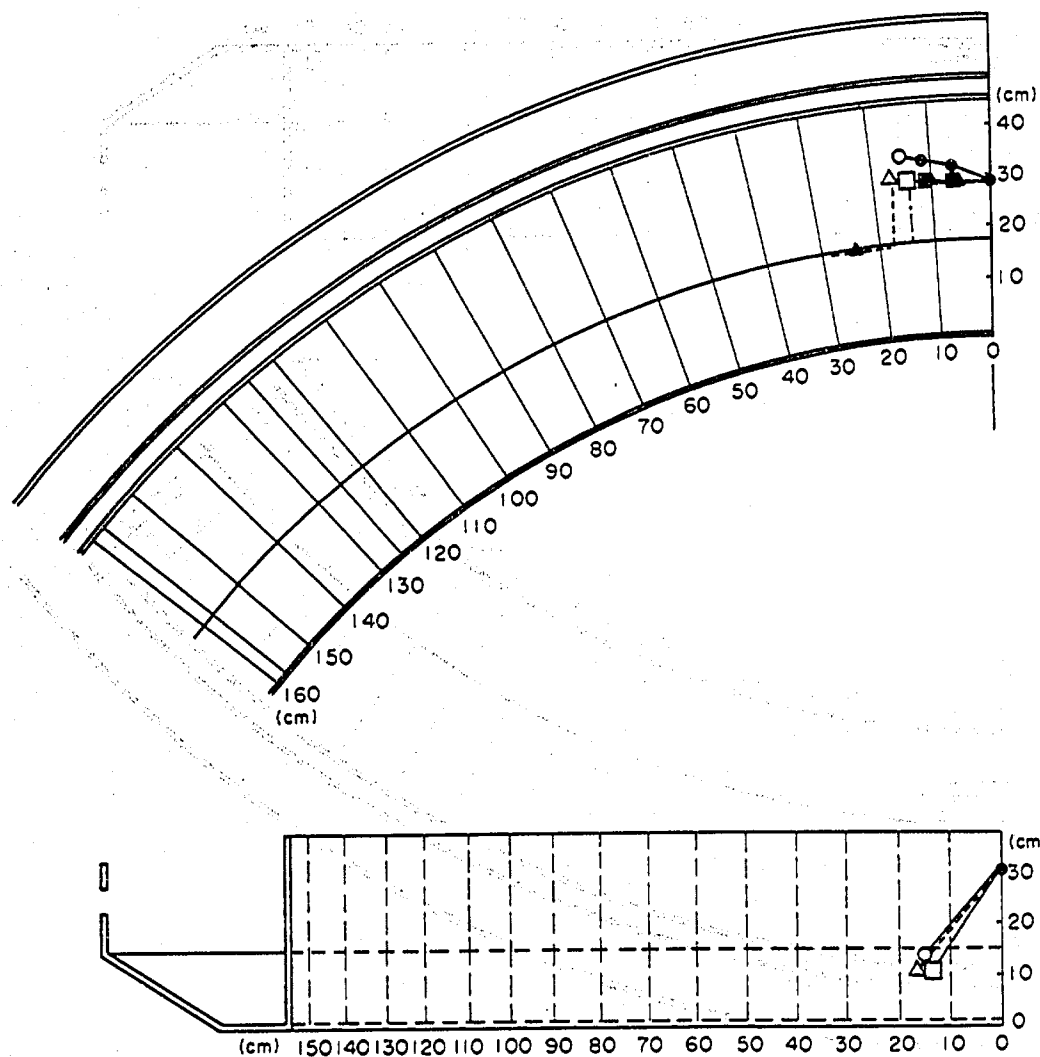


図3-10-26 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-上

1回目 ●——●

2回目 ▲---▲

3回目 ■---■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

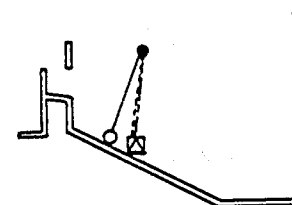
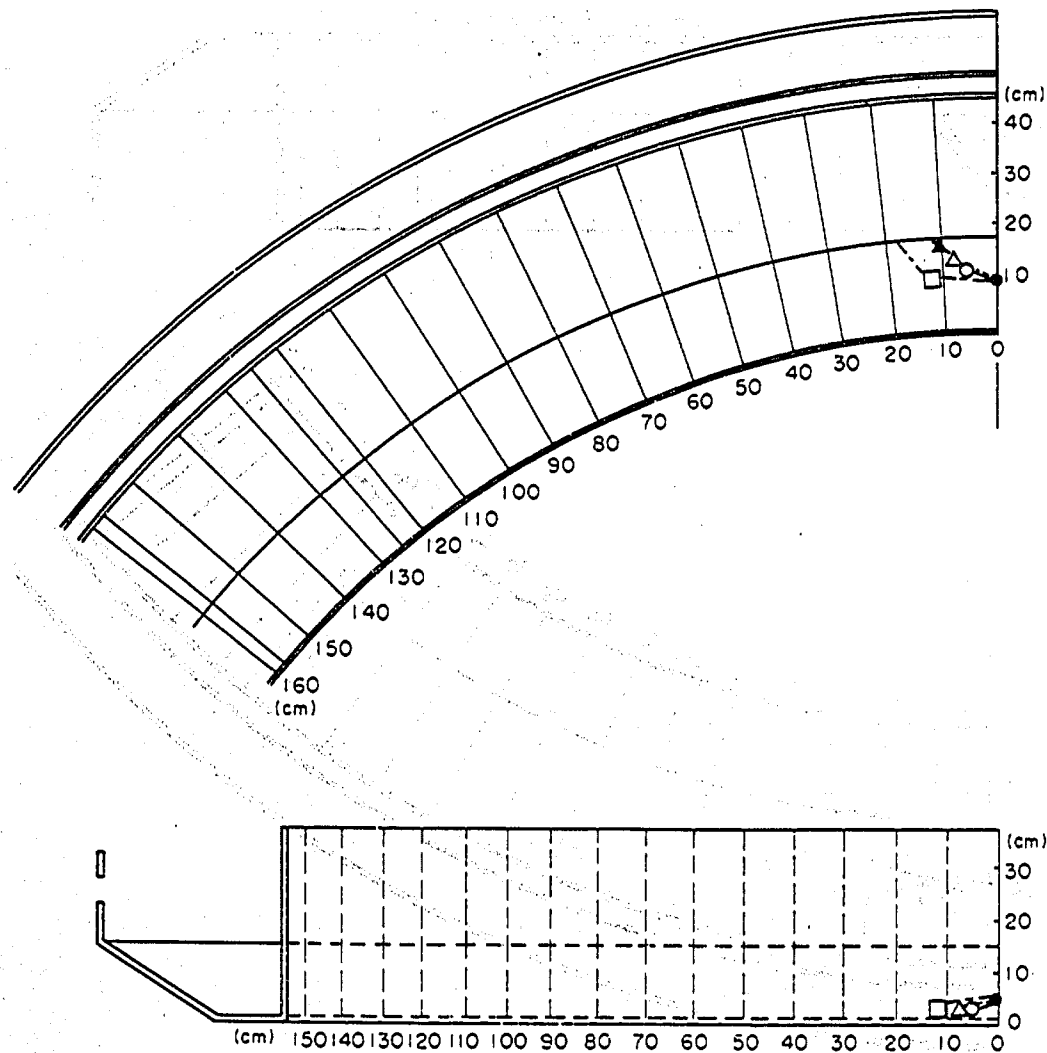


図3-10-27 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

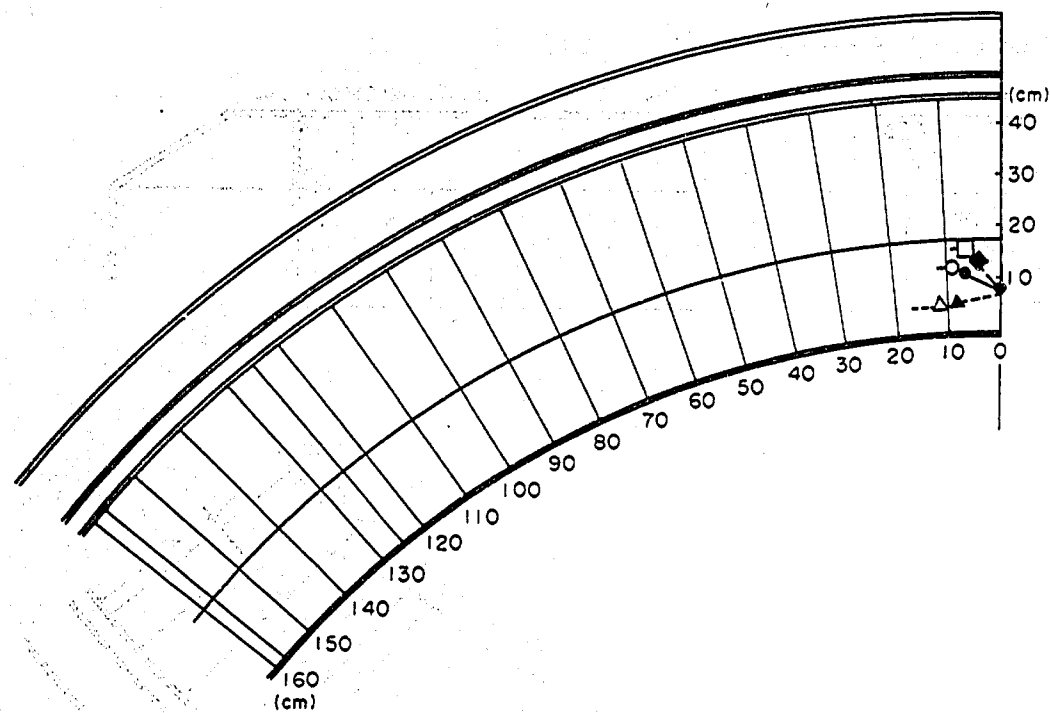
3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

図3-10-28 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-中

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

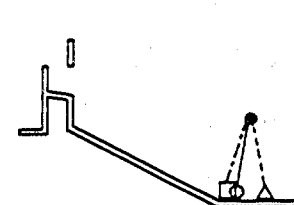
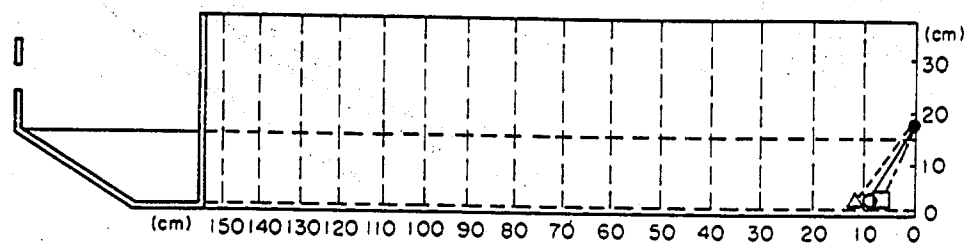
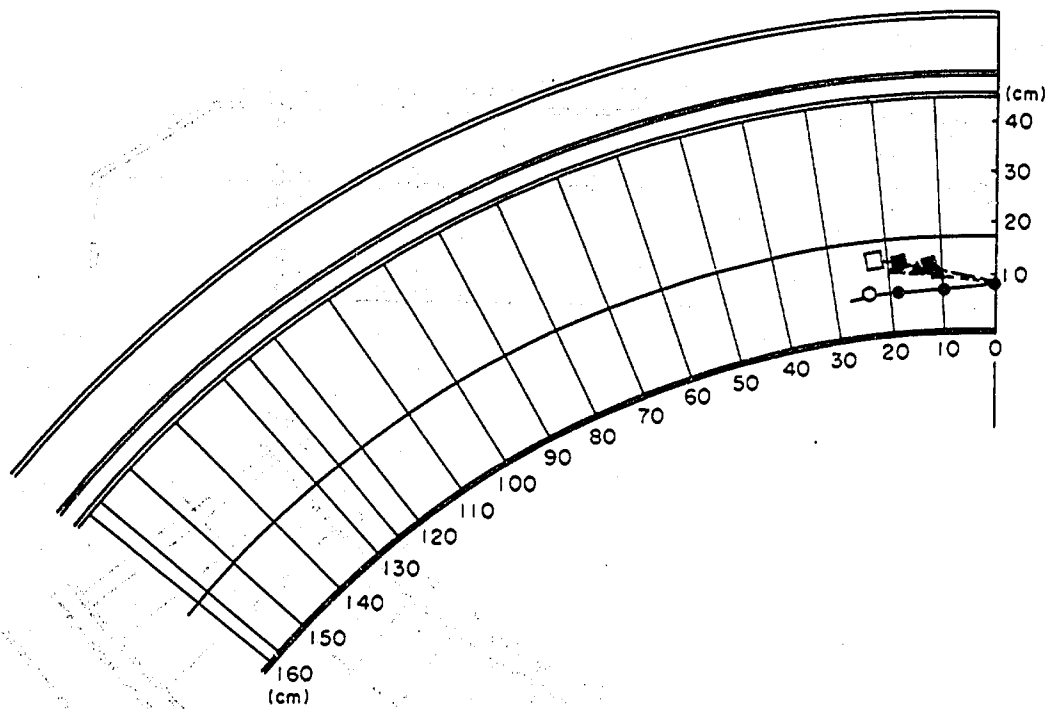


図3-10-29 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：5 mm
 流量：0.27 m³/分
 投入点：A-上

- 1回目 ●——●
- 2回目 ▲-----▲
- 3回目 ■-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

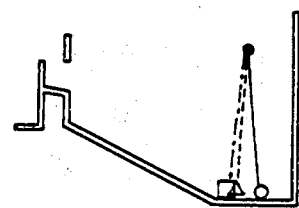
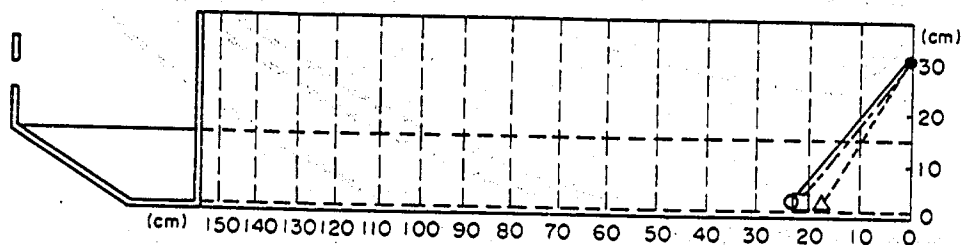
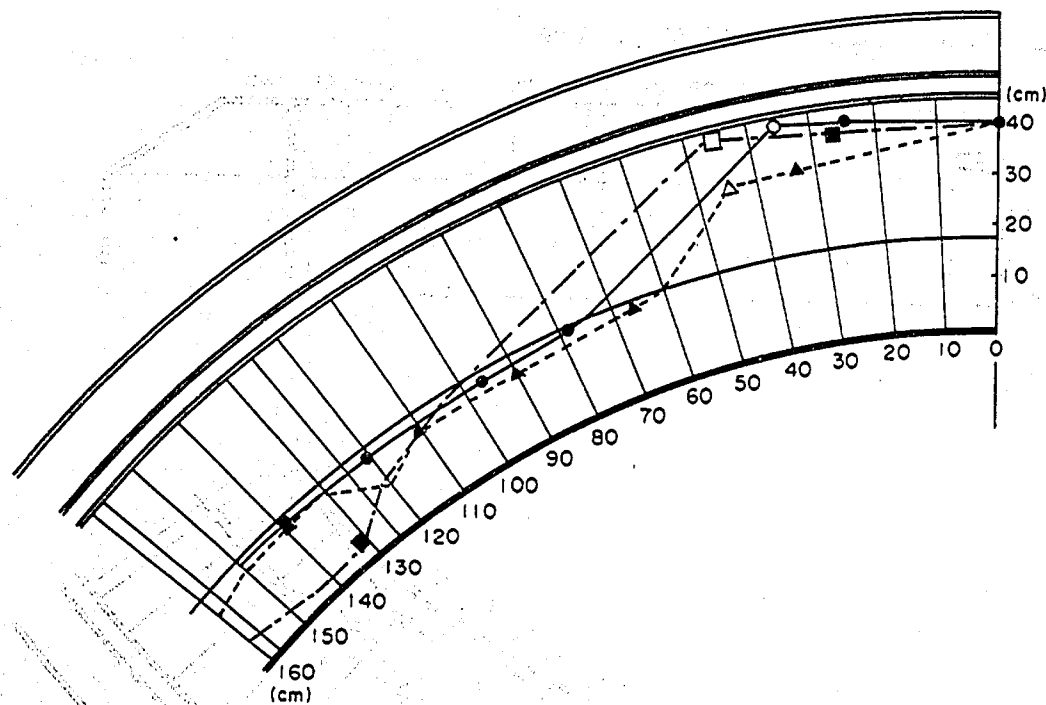


図3-10-30 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲---▲

3回目 ■-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

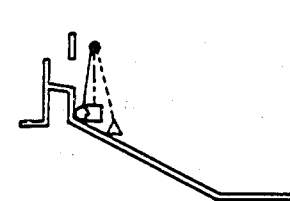
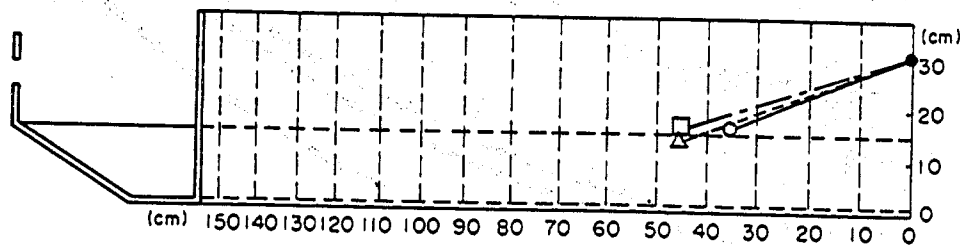


図3-10-31 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）

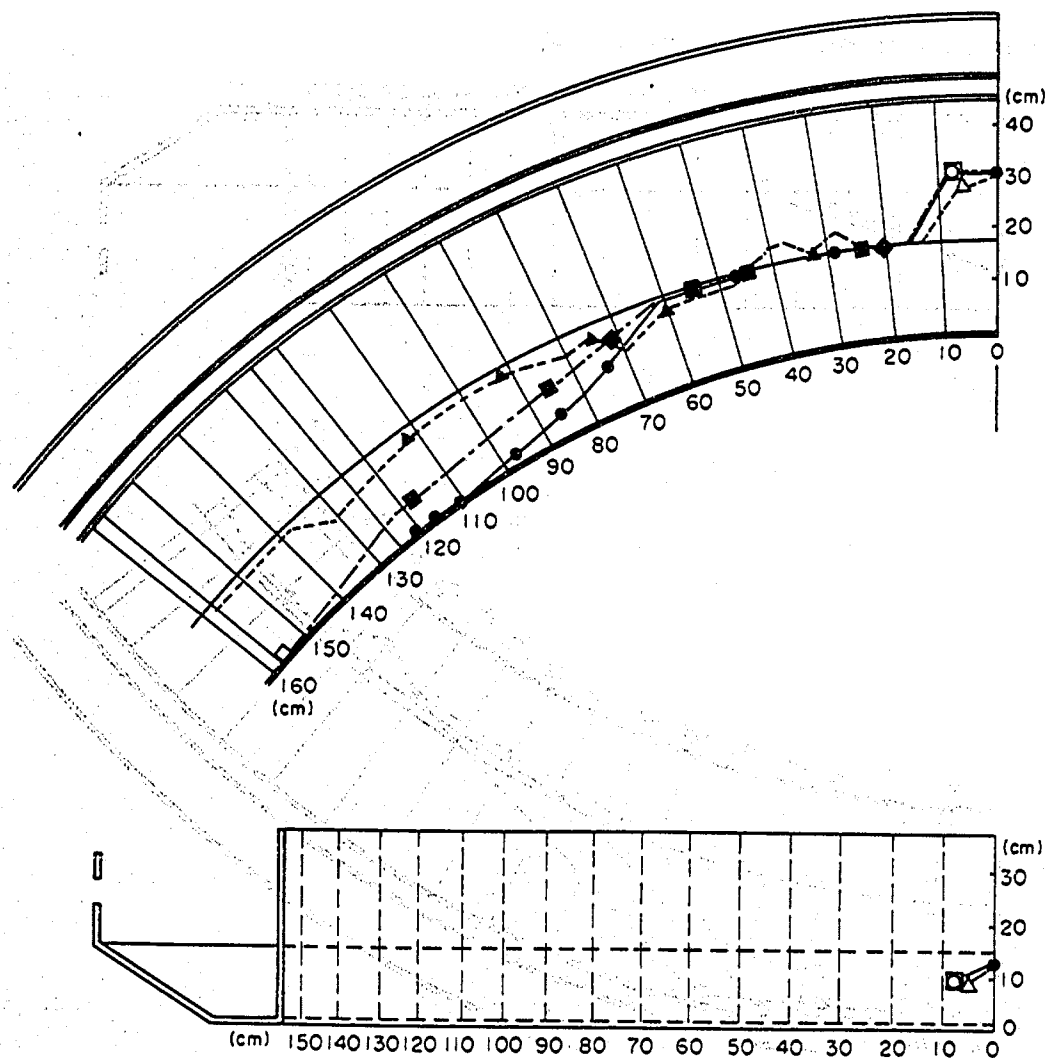
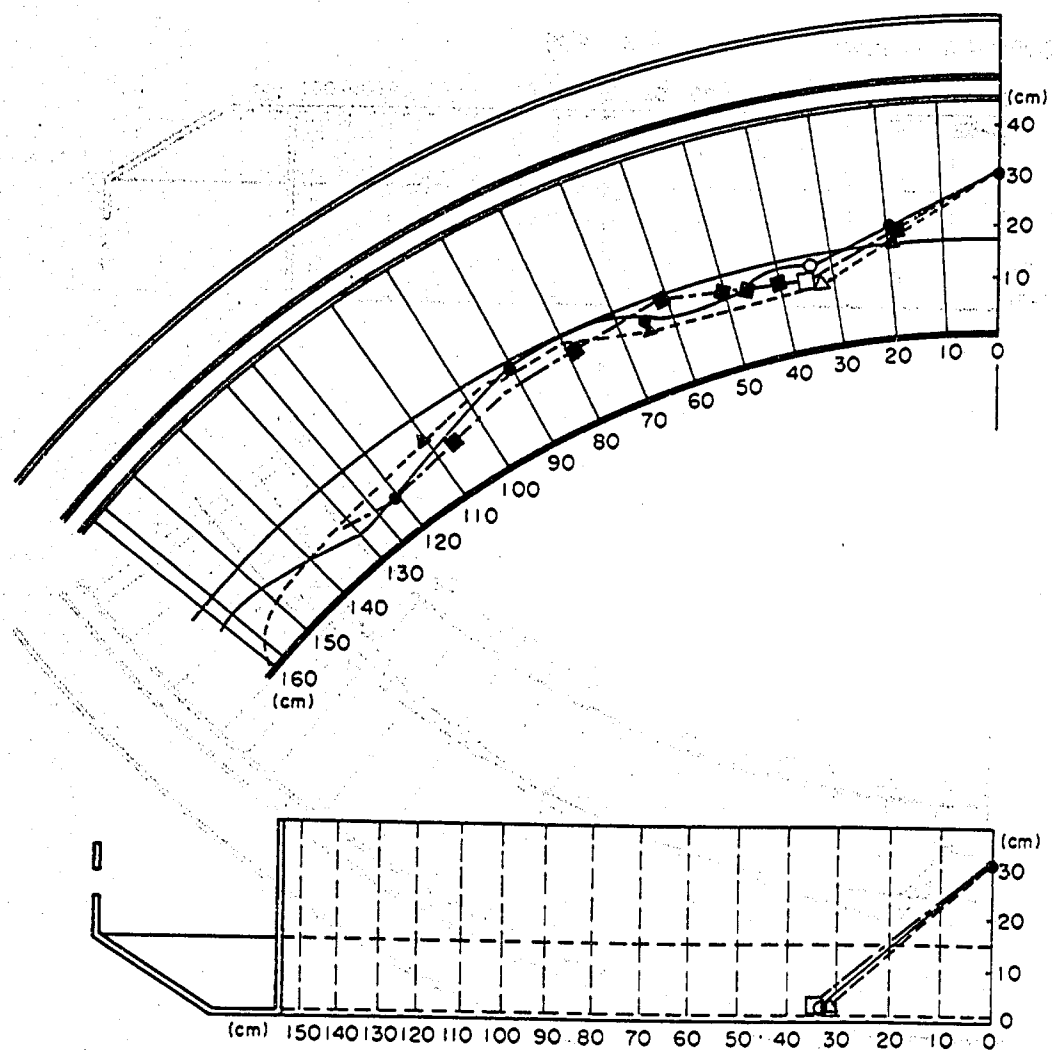


図 3-10-32 単粒子の追跡図 (ヘリカル90度)



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：B-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-----■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

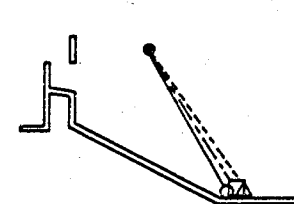
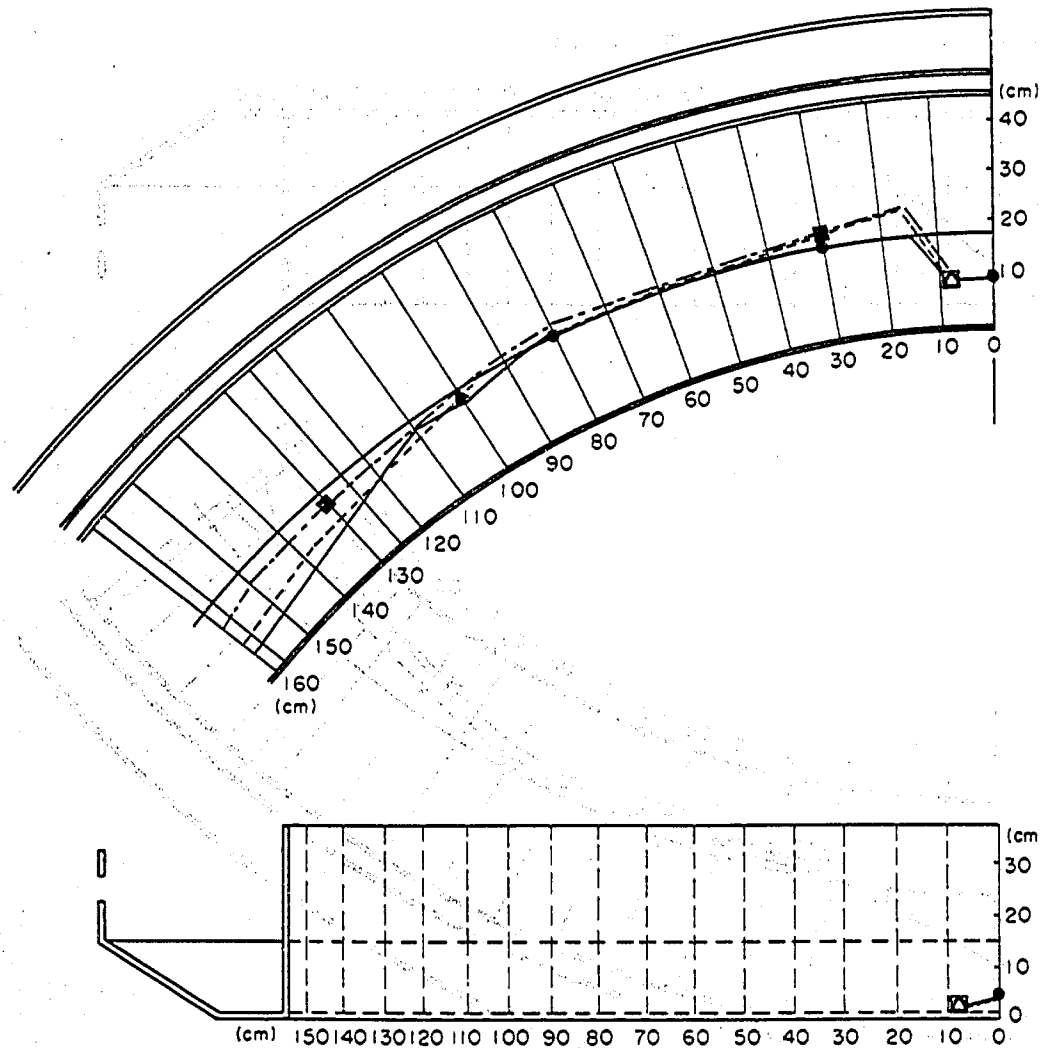


図3-10-33 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン

比重：1

粒径：5 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：A-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■———■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

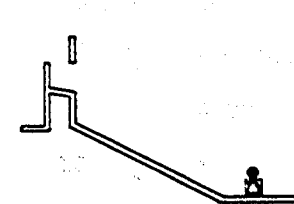
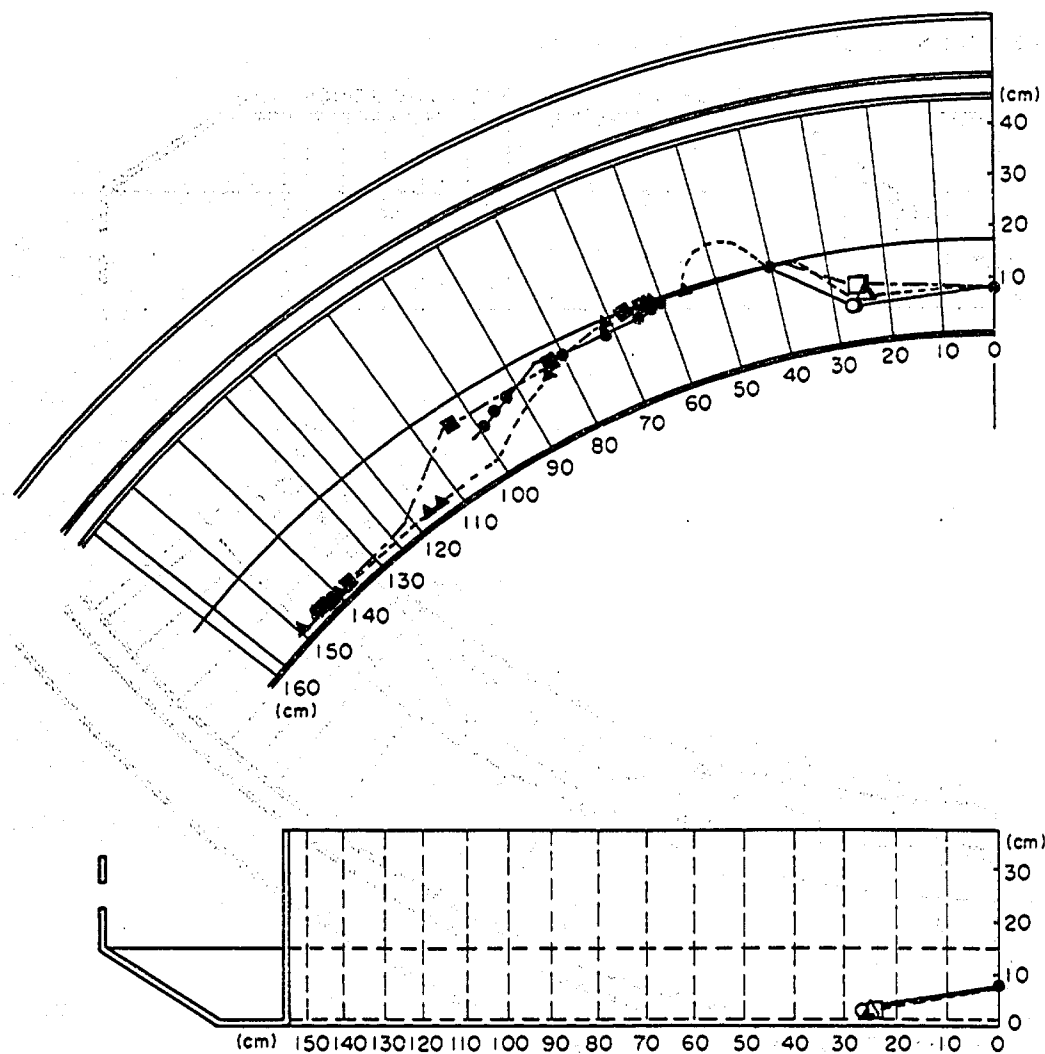


図3-10-34 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：5 mm
 流量：0.62 m³/分
 投入点：A—中

1回目 ●——●
 2回目 ▲——▲
 3回目 ■——■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

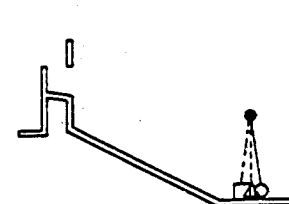
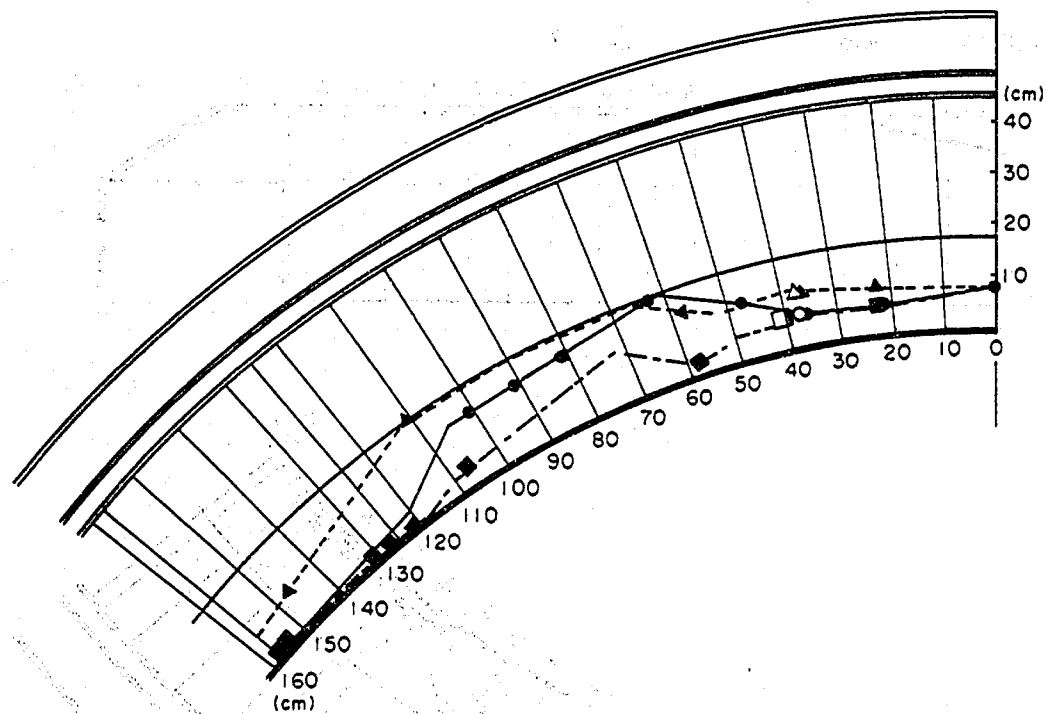


図3-10-35 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：スタイロン
 比重：1
 粒径：5 mm
 流量：0.62 m³/分
 投入点：A-上

1回目 ●——●
 2回目 ▲-----▲
 3回目 ■-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

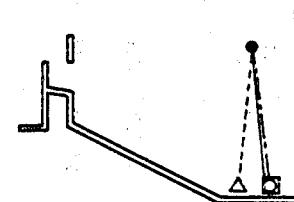
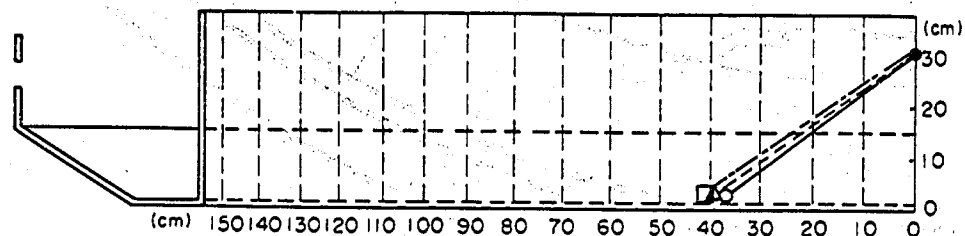
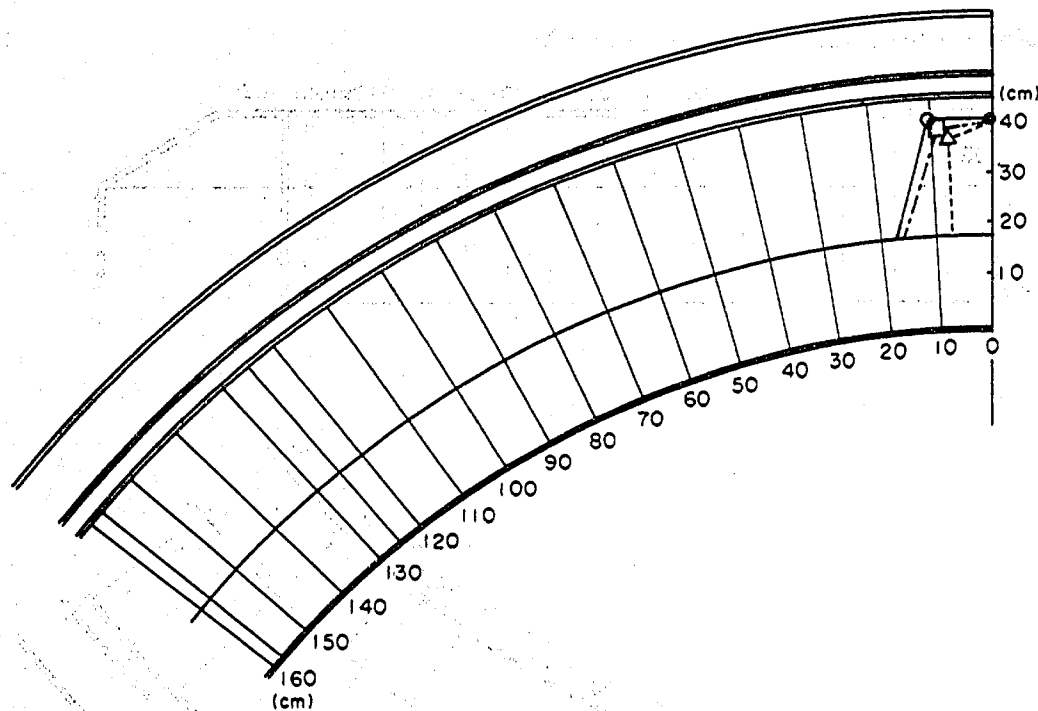


図3-10-36 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：C-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

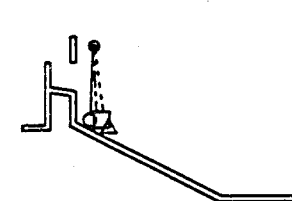
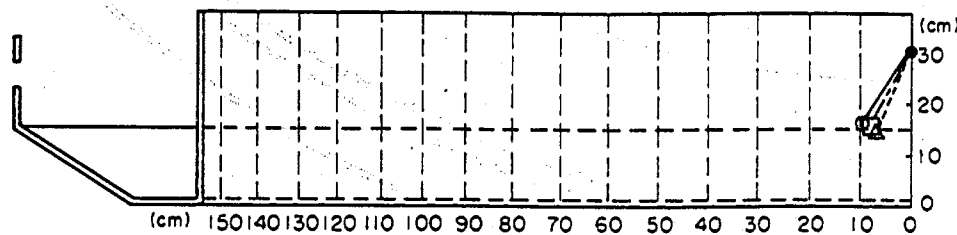
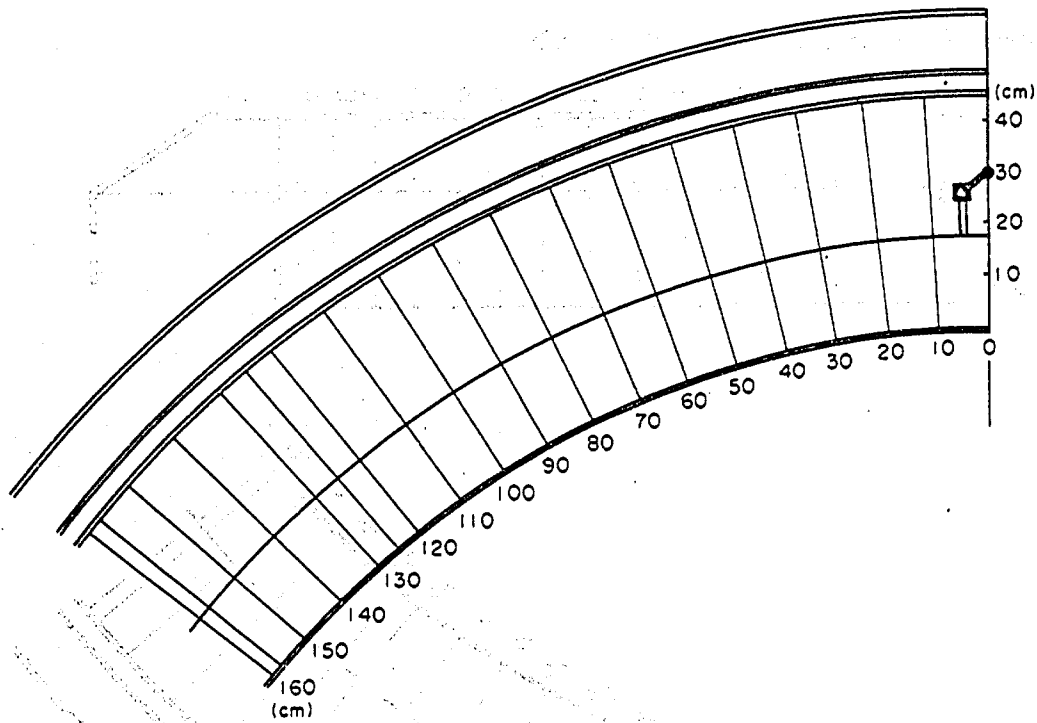


図3-10-37 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：B-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

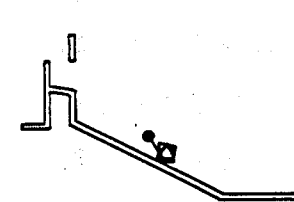
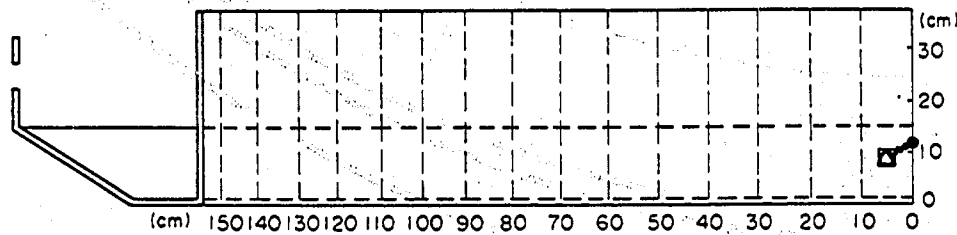
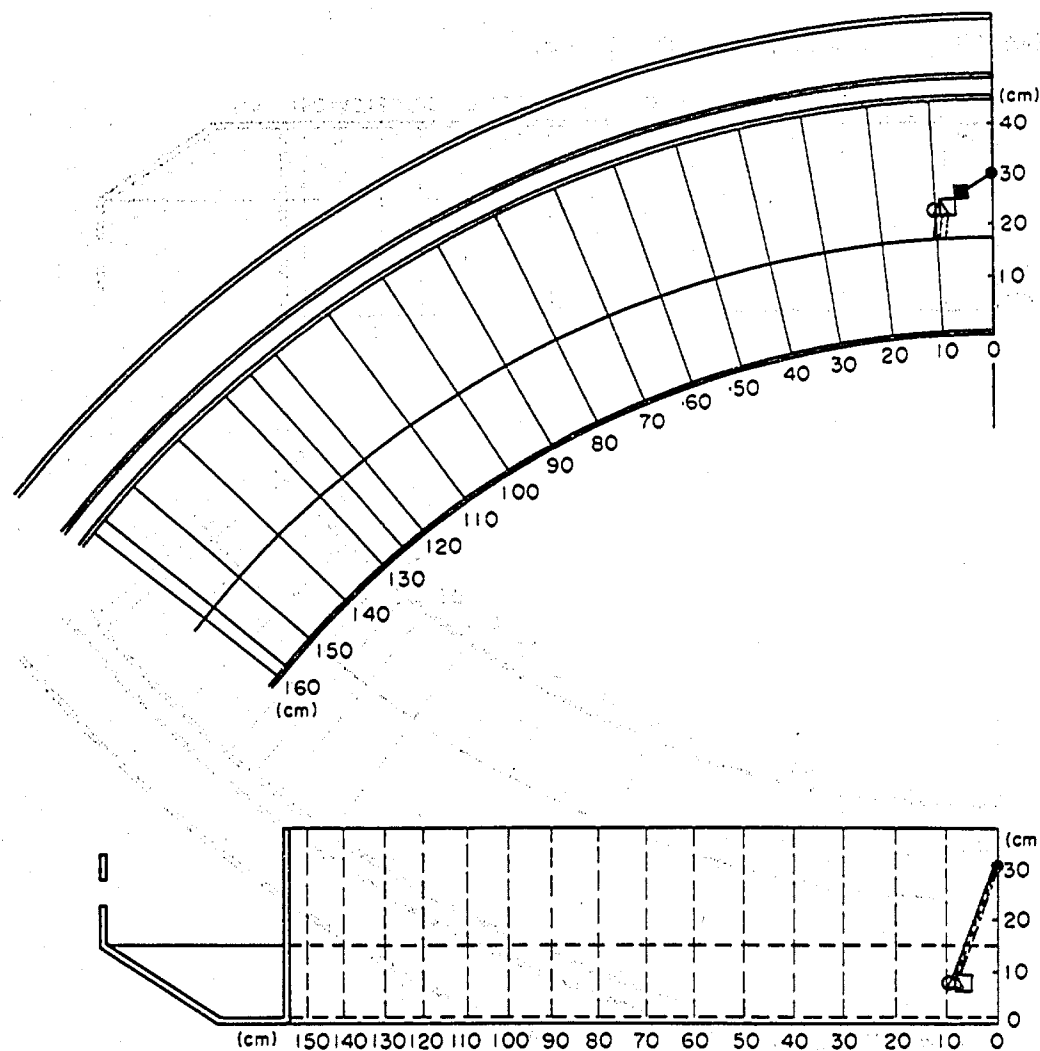


図3-10-38 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種 類：塩化ビニール

比 重：1.5

粒 径：2 mm

流 量：0.27 m³/分

投入点：B-上

1 回目 ●——●

2 回目 ▲---▲

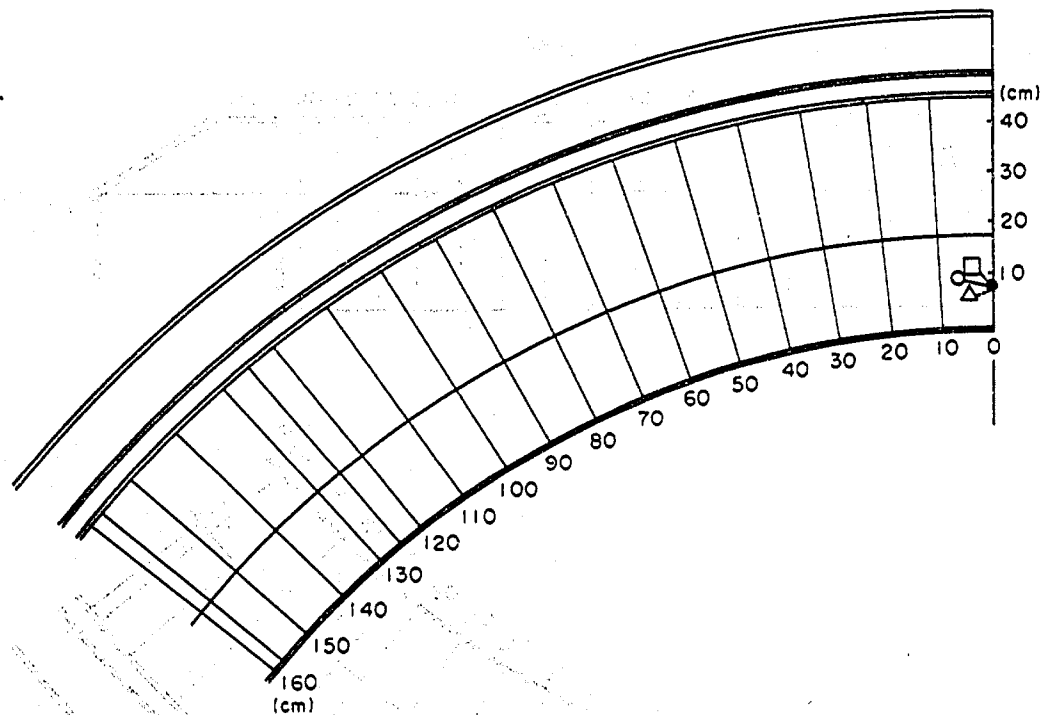
3 回目 ■---■

○△□着底点

プロットは 2 秒間隔

着底後は 30 秒間隔

図 3-10-39 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種 類：塩化ビニール

比 重：1.5

粒 径：2 mm

流 量：0.27 m³/分

投入点：A-下

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-----■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

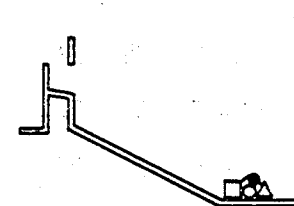
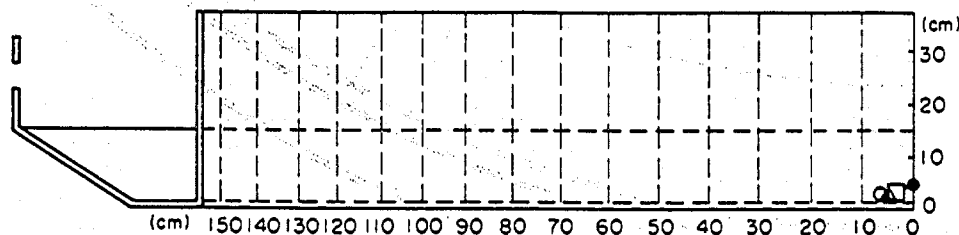
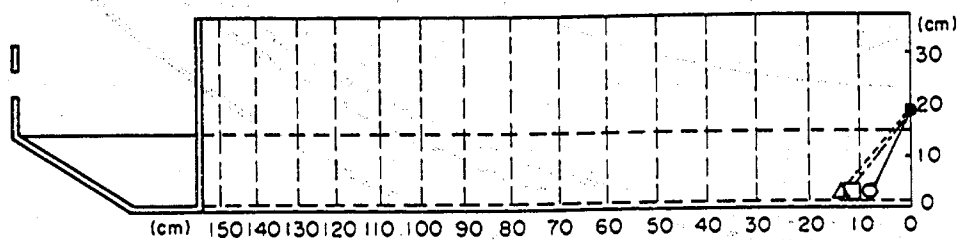
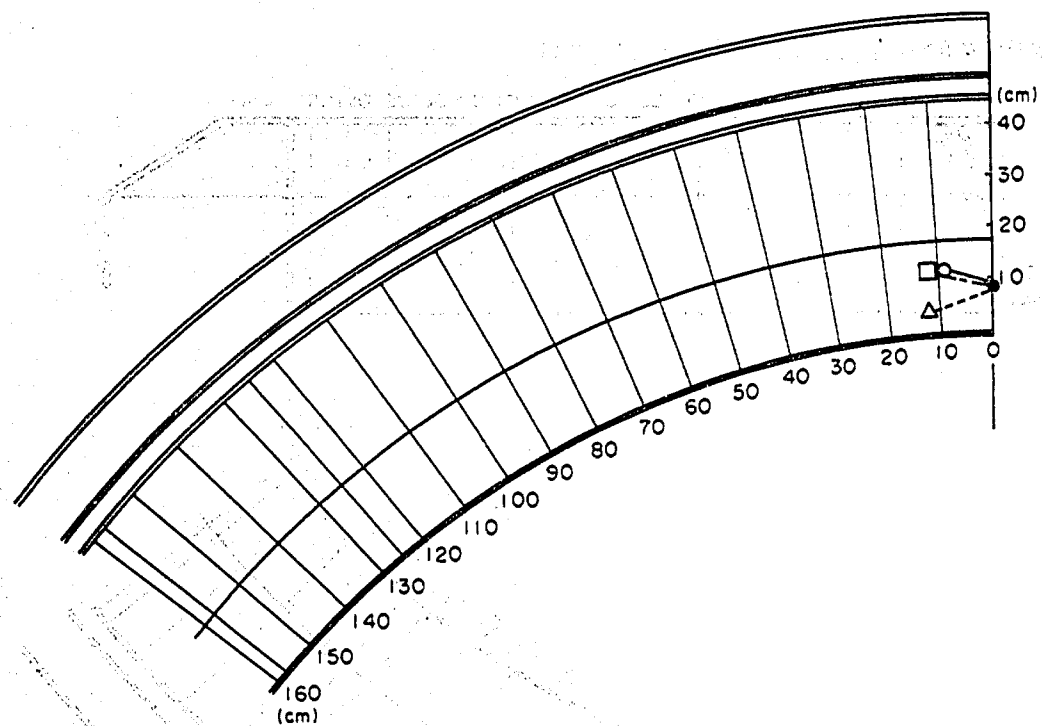


図3-10-40 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-中

1回目 ●——●

2回目 ▲---▲

3回目 ■-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

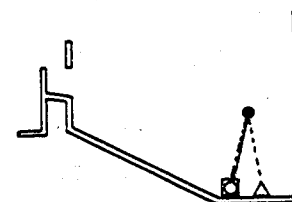
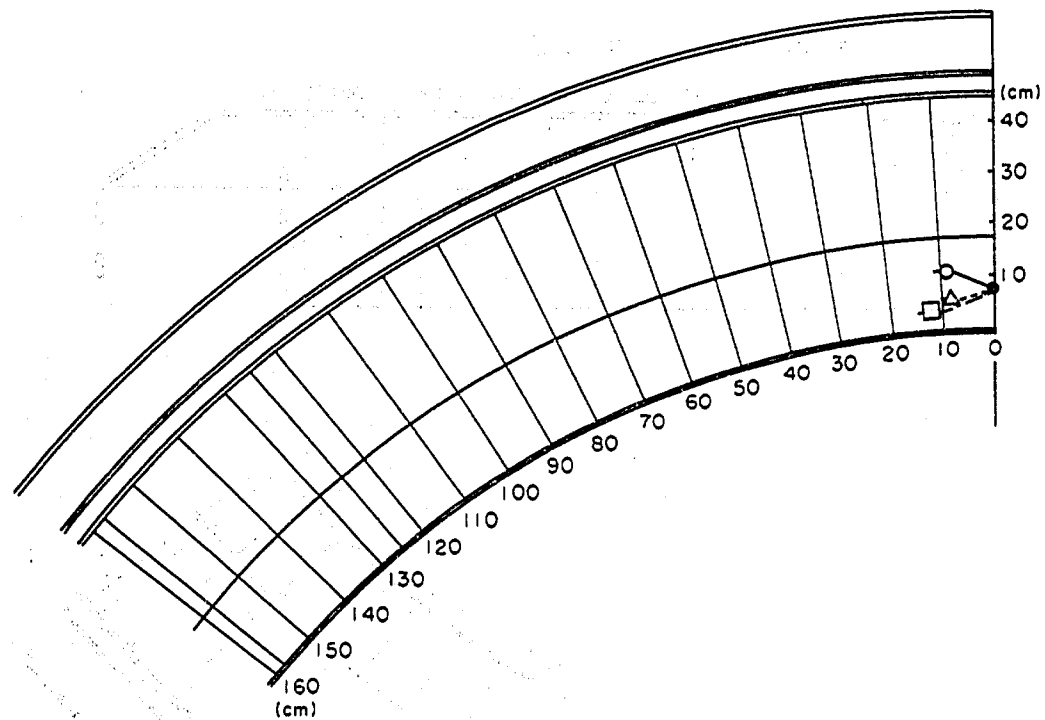


図3-10-41 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.27 m³/分

投入点：A-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■- · - · - ■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

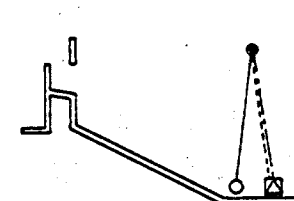
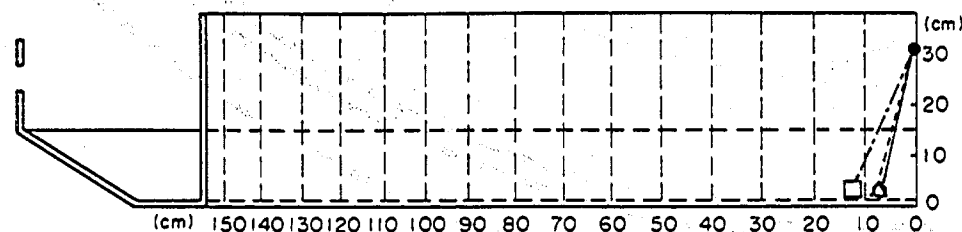


図3-10-42 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）

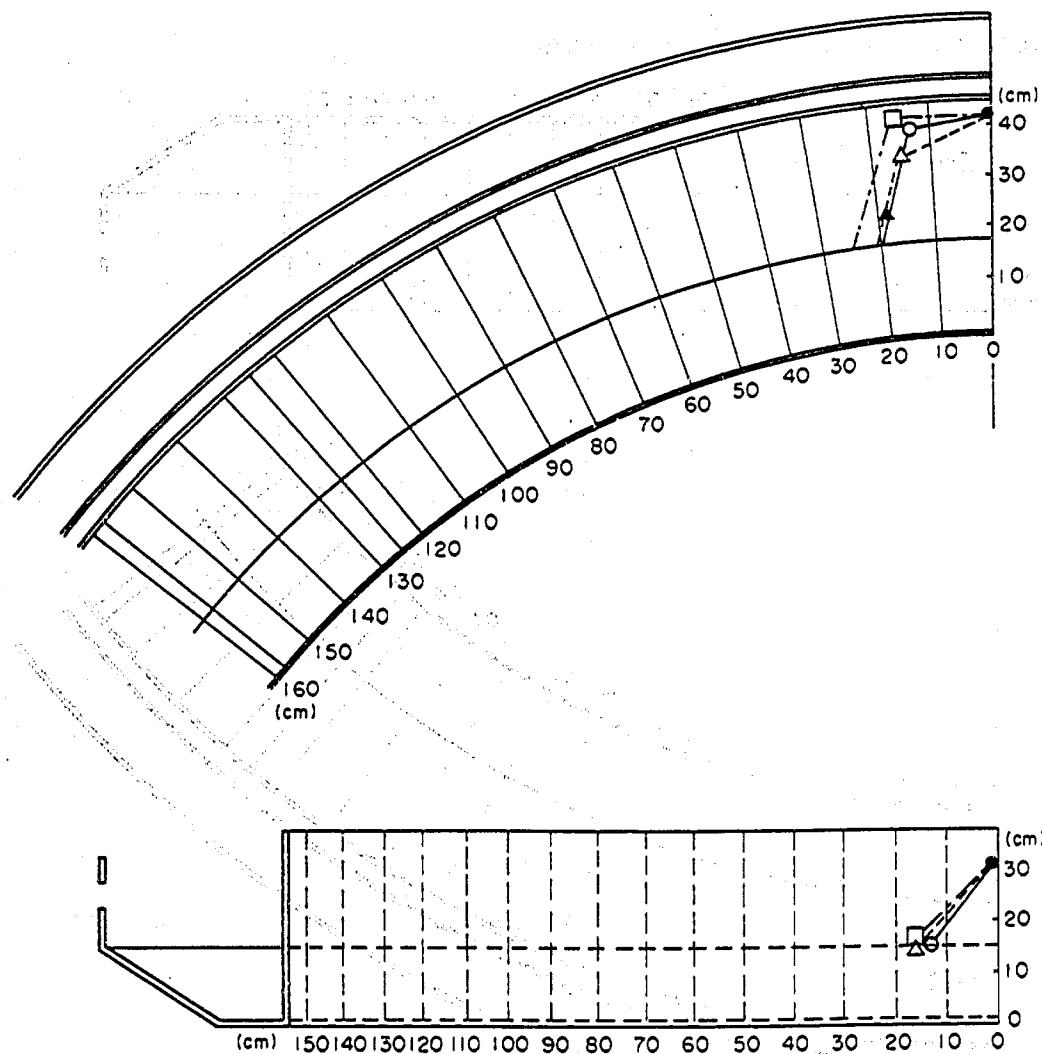


図3-10-43 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）

種 類：塩化ビニール

比 重：1.5

粒 径：2 mm

流 量：0.62 m³/分

投入点：C-上

1 回目 ●——●

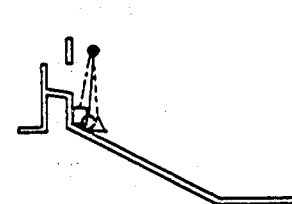
2 回目 ▲-----▲

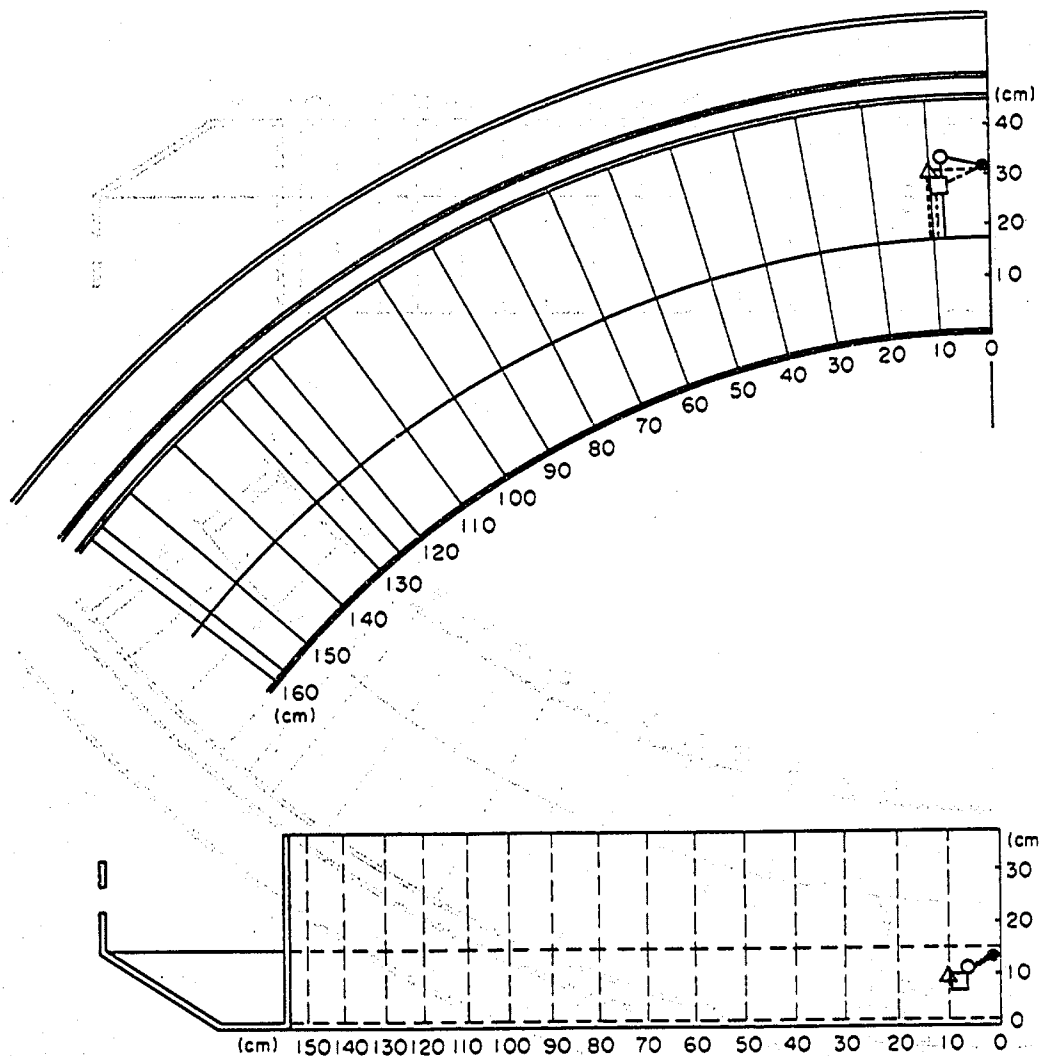
3 回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔





種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：B-下

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-----■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

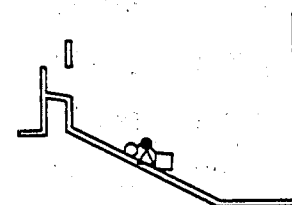
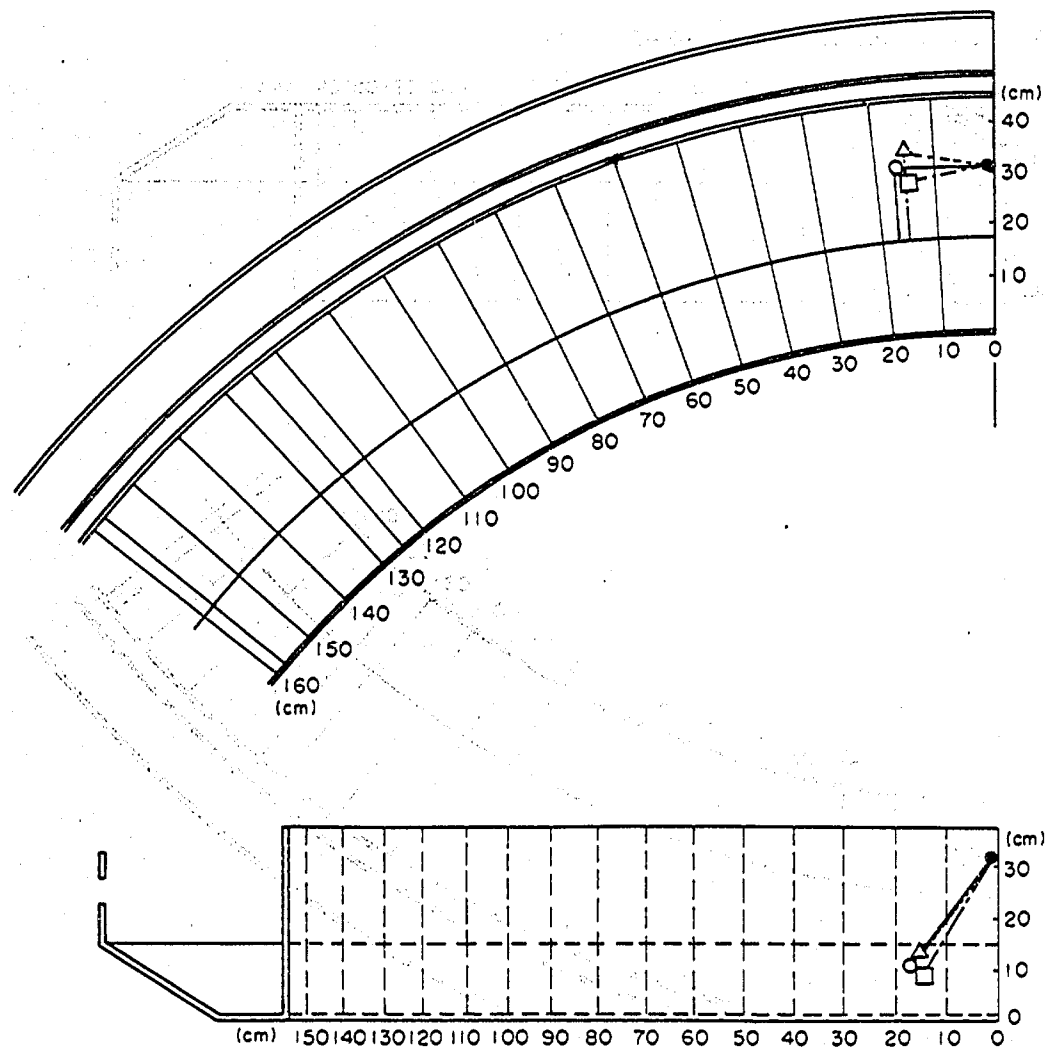


図3-10-44 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種類：塩化ビニール

比重：1.5

粒径：2 mm

流量：0.62 m³/分

投入点：B-上

1回目 ●——●

2回目 ▲---▲

3回目 ■-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

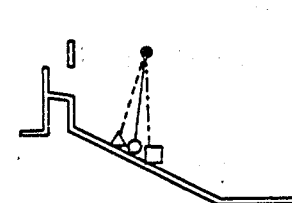
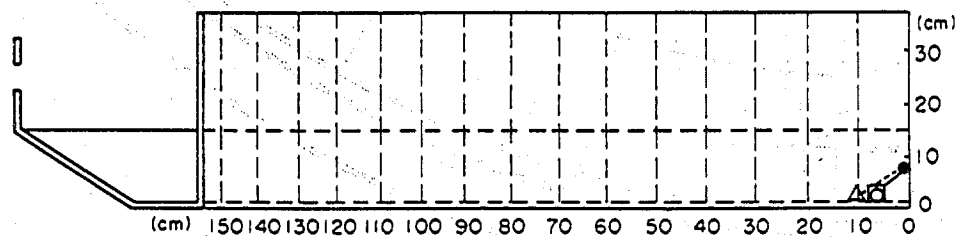
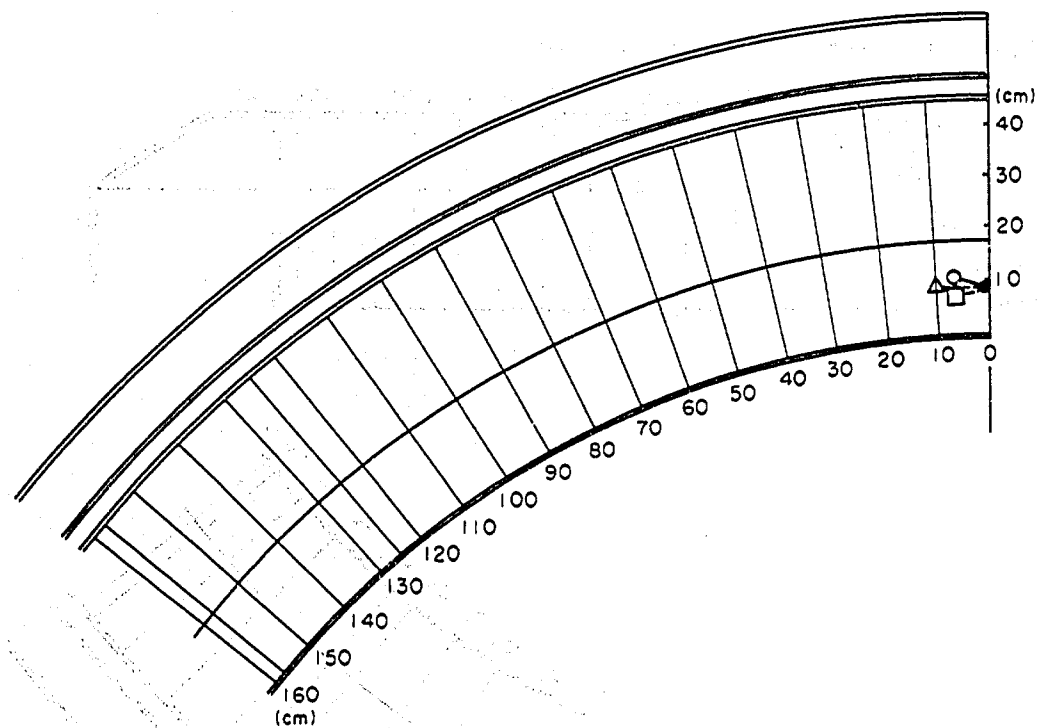


図3-10-45 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種 類：塩化ビニール

比 重：1.5

粒 径：2 mm

流 量：0.62 m³/分

投入点：A-下

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

3 回目 ■-----■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

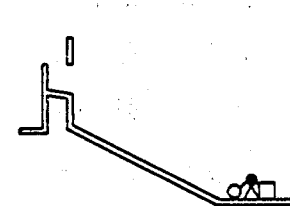
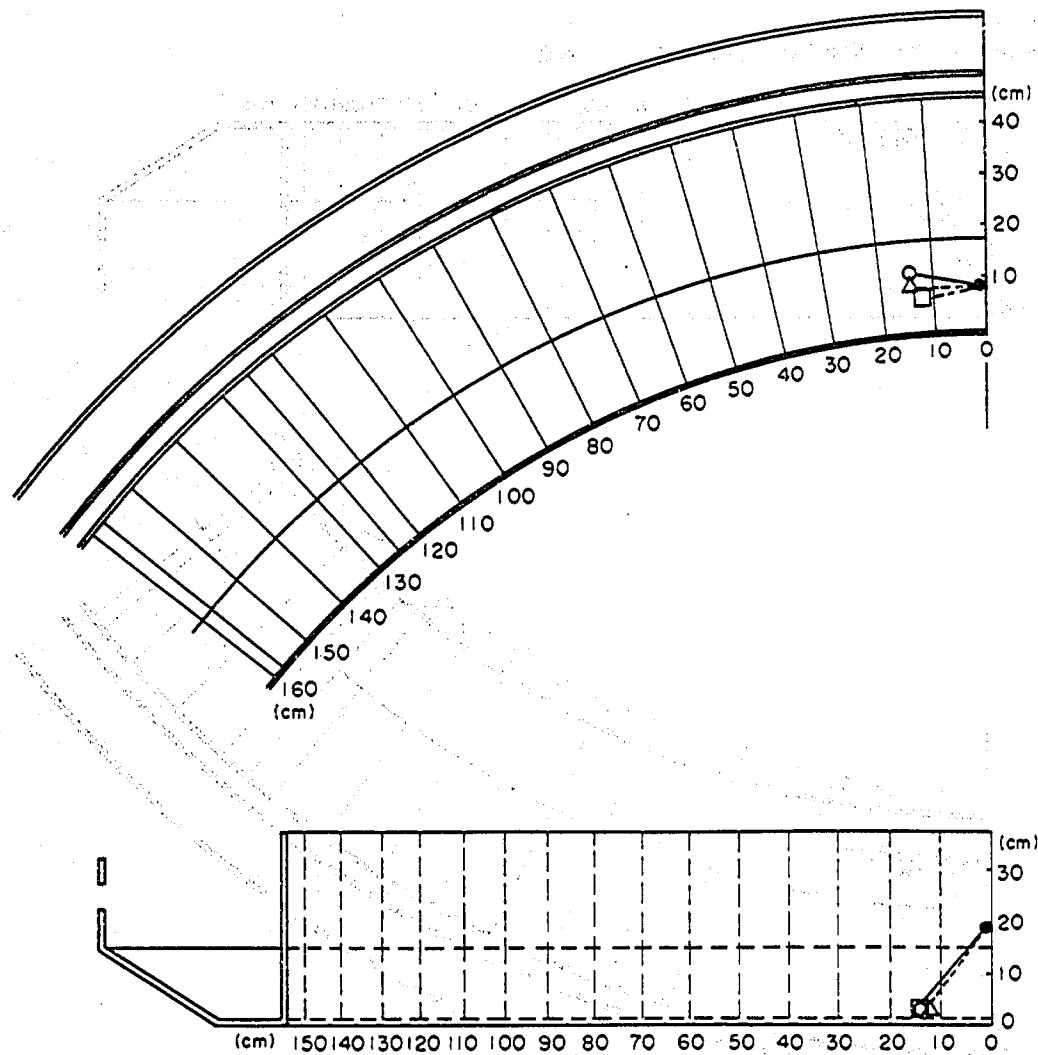


図3-10-46 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種 類：塩化ビニール

比 重：1.5

粒 径：2 mm

流 量：0.62 m³/分

投入点：A - 中

1 回目 ●——●

2 回目 ▲-----▲

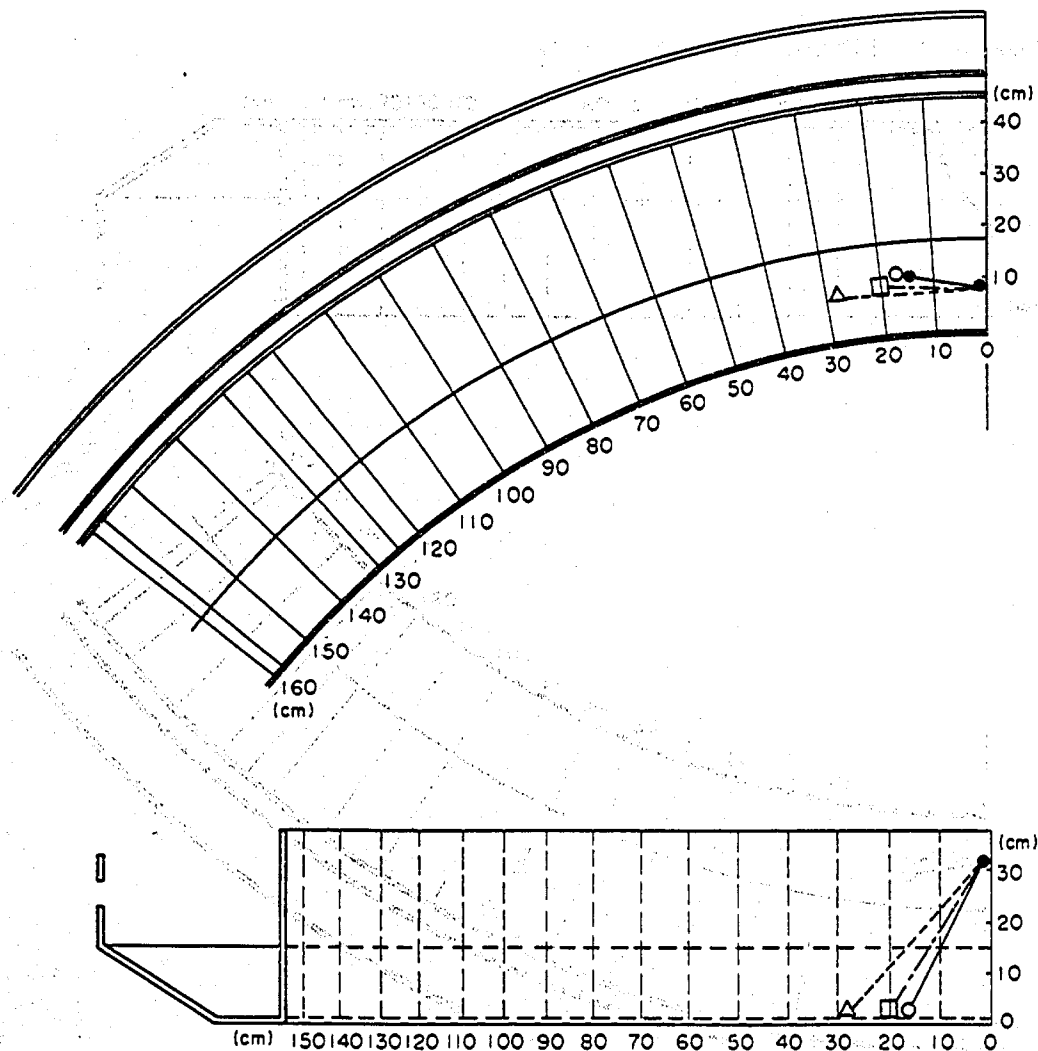
3 回目 ■-.-.-.-■

○△□ 着底点

プロットは 2 秒間隔

着底後は 30 秒間隔

図 3-10-47 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）



種 類：塩化ビニール

比 重：1.5

粒 径：2 mm

流 量：0.62 m³/分

投入点：A-上

1回目 ●——●

2回目 ▲-----▲

3回目 ■-.-.-.-■

○△□着底点

プロットは2秒間隔

着底後は30秒間隔

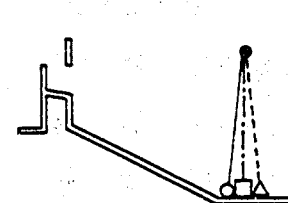


図3-10-48 単粒子の追跡図（ヘリカル90度）

3-5 考 察

ヘリカルの固形物の除去もスワールと同様に、重力による沈殿と二次流（螺旋流）による固液分離作用の相互作用によって行なわれることは前述した通りである。二次流の発生は、流下方向の流れの強さ及び水路幅と曲線部の半径の割合とによってその強さが左右されと考えられる。ヘリカルの場合、曲線部の流入口付近の流速はスワールに較べてその大きさは約 $\frac{1}{2}$ であること、水路幅に対する曲線部の半径も大きいことから二次流は、余り強くないと思われる。流入口から曲線部までの拡幅部分に於いて二次流の発生の助長と、固形物の除去の為の何らかの効果をもたらしているという報告もあるが、拡幅部が透明でないことから調査中に、装置内での濁質の動きを見ることが出来なかった。濁質による除去率の調査終了後拡幅部分には、細砂では装置内残留分のほとんどが、スタイロン、石炭粉でも可成りの量が残っていたのが確認された。装置内での固液分離が沈殿原理によって行なわれると仮定し、スワールと同様に各粒子の沈降速度を用いて検討する。

装置内の単粒子の移動を図3-11の様に仮定すると、ヘリカル60度では流入口から汚水口までの延長で距離がほぼ5.83mで水表面積が2.55m²、ヘリカル90度では同じく7.24m、3.33m²である。単粒子が流入口上端から出発して汚水口から抜けていくとした場合、スタイロン（d=0.11mm）、細砂（d=0.42mm）、石炭粉（d=0.12mm）の必要とする水面積負荷は表3-10の示すような値となる。

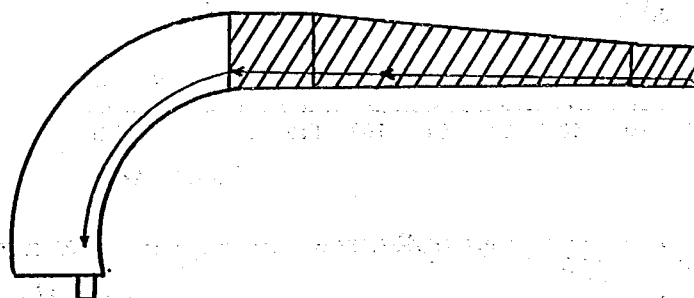


図3-11 単粒子の軌跡

表3-10 単粒子の沈降に必要な水面積負荷

濁 質 名	ヘリカル60度			ヘリカル90度		
	粒 径 (mm)	V_s (cm/秒)	*水面積 負 荷	粒 径 (mm)	V_s (cm/秒)	*水面積 負 荷
スタイロン	0.11	1.96	470	0.11	1.96	440
細 砂	0.42	7.84	1,900	0.42	7.84	1,800
石 炭 粉	0.12	0.39	92	0.12	0.39	89

*m³/m²・日

除去調査中の水面積負荷は、約150~300 (m³/m²・日) であり、スワールの場合の約600~1,300 (m³/m²・日) と較べて相当小さい。単粒子の沈降に必要な水面積負荷との比率を求めるとヘリカル60度では、スタイロンが1.6~3.1、細砂が6.3~12.7、石炭粉が0.3~0.6、ヘリカル90度では、スタ

イロンが1.5～2.9，細砂が6～12，石炭粉が，0.3～0.6となり，沈殿効果によってのみ固液分離が行なわれているとすると，スタイロン，細砂は100%の除去率を示さなければならない。60度と90度の除去率の相違は，流速測定結果が各地点で余り差がないことから，少なくとも拡幅部と曲線部の除去機構が同じだとすると，水面積負荷の大小が除去率を左右していると考えられる。一般に曲線部の角度は，最低60度必要とされているが，曲線部を90度にする方が大流量時での除去率がすぐれていると言える。ヘリカルの濁質の除去量は，拡幅部での除去機構の不明な点もあるが，粒子の沈降速度を求めることによって対象とする濁質の概略を知ることが出来る。また，滞留時間と除去率の関係（図3-12）から，ヘリカル60度の場合，滞留時間が90秒以下でスタイロンL，Sや石炭粉の除去率が急に低下している。ヘリカル90度の場合，滞留時間の増減による除去率の変化は小さいが，滞留時間を大きくとることによって除去率を良くすることが出来る。

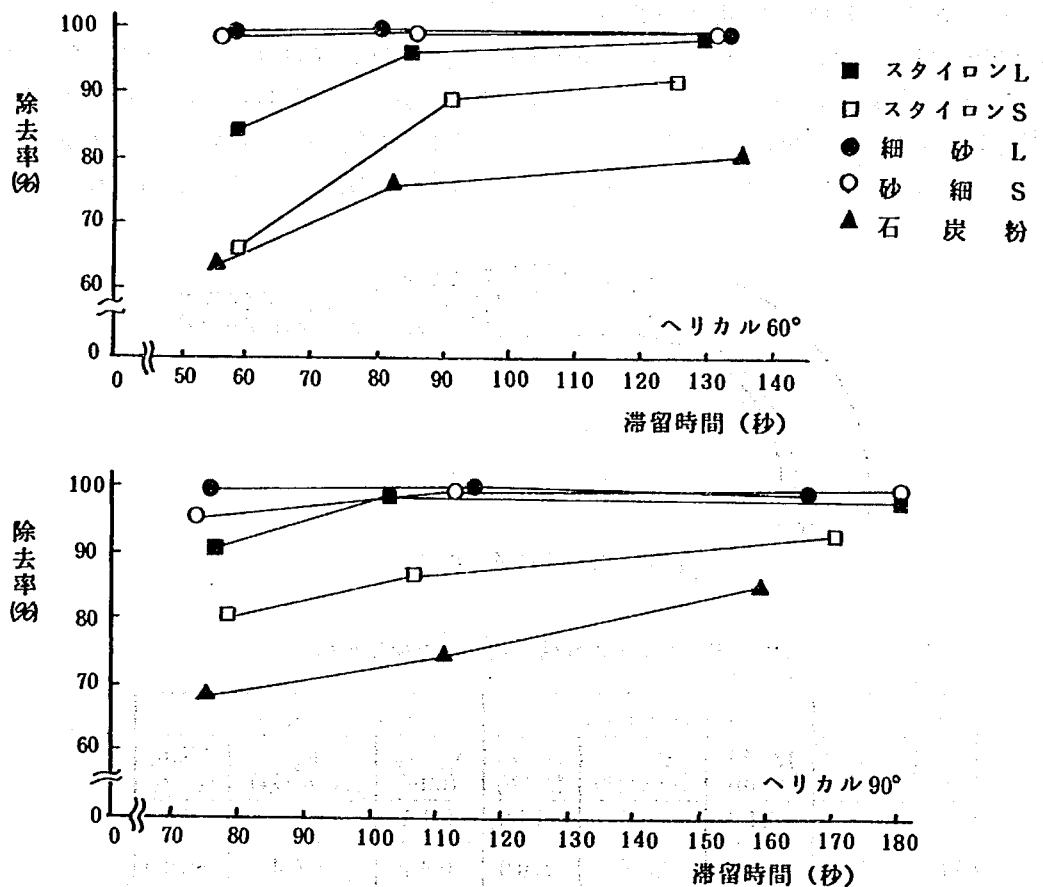


図3-12 滞留時間と除去率の関係

ヘリカルのような簡易処理装置は、機械的な部分を用いないことが特徴とされているが、下水中に沈砂分や沈殿性の固形物が多い場合、それらの物質が装置内に堆積したまま残留すると考えられる。堆積物は簡易処理装置の設計流量を小さくしたり、腐敗して装置を傷めたりする可能性がある。表3-11, 12にヘリカル給水の給水を停止してから水位低下する間に汚水口から流出した濁質の量を、実験中に装置内に

表 3 - 11

ヘリカル 60度

	流 量 ($\times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$)	残留物中に 占める割合	除 去 率
スタイロンL	9.51	1.9	84.0
	6.59	1.8	96.2
	4.31	2.3	98.5
スタイロンS	9.47	6.6	66.3
	6.14	3.5	89.1
	4.46	1.7	92.1
石 炭 粉	10.03	2.2	63.9
	6.77	2.6	76.3
	4.13	1.4	81.0

表 3 - 12

ヘリカル 90度

	流 量 ($\times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$)	残留物中に 占める割合	除 去 率
スタイロンL	9.61	3.1	90.4
	6.53	1.3	98.4
	4.04	1.2	98.5
スタイロンS	9.35	2.4	80.1
	6.88	8.2	86.7
	4.28	5.4	93.1
細 砂 L	9.76	0.1	99.4
	6.35	0.1	100
	4.40	0	99.6
細 砂 S	10.03	0	95.4
	6.51	0	99.4
	4.04	0.1	100
石 炭 粉	9.67	0.9	68.3
	6.58	0.4	74.4
	4.57	2.1	85.5

残留していた量に対する割合で示してある。装置内に残留した沈殿物は、低流量時に徐々に移動して汚水口から排出される（flashと呼ばれている）という報告があるが、表3-11, 12からも沈殿物の排出はほとんど期待出来ず、特に細砂等の比重の大きな物質では無理と思われる。従って、機械的なかき寄せ装置を取り付ける、曲線部に汚水口方向に勾配を設ける、汚水口の取り付け位置を他の部分に移す等の対策が必要と考えられる。

4. あ と が き

下水道計画の初期においては、雨天時下水は晴天時下水が清浄な雨水によって単純に希釈され、その水質も比較的清浄であると認められていたこと及び雨天時には雨天時下水が放流先の公共用水域において十分希釈されると考えられたことにより雨天時下水の大部分について高級処理を行わずに公共用水域に放流した。

しかし近年になり、水質汚濁防止法等の施行結果により公共用水域への汚濁負荷が削減された状況で、公共用水域の水質保全を検討する場合には、雨天時下水についても何らかの処理を検討する必要性が生じてきた。

雨天時下水の処理については技術的に未解明な部分が多くしかもかなり高価なものになると考えられる。実際に事業化を計る場合にはこれらの問題点の解明が不可欠となる。

本文では、スワールとヘリカルという実用化の可能性の高い施設についての基礎的な研究結果を述べてきた。

今後、雨天時下水の処理を考える場合に必要なこととして、各種処理システムの実用化研究の実施と、新技術の開発があげられる。

参 考 文 献

- 1) Sullivan, R. H., The Swirl Concentrator as A Grit Separator Device, EPA-670/2-74-02
- 2) 水理公式集（土木学会編）p255
- 3) 応用水理学, 中 I（石原藤次郎編）p 7～9
- 4) 昭和52年度, 下水道関係調査研究年次報告書集（建設省土木研究所）p 80
- 5) 昭和53年12月, 渦流式貯留濃縮実験槽（スワール分水槽）に関する実験調査報告書（東京都下水道局計画部技術開発課）
- 6) 昭和55年3月, 渦流式貯留濃縮実験槽（スワール分水槽）に関する実験調査報告書Ⅲ（東京都下水道局計画部技術開発課）
- 7) 昭和56年3月, 渦流式貯留濃縮実験槽（スワール分水槽）に関する実験調査報告書Ⅳ（東京都下水道局計画部技術開発課）
- 8) Sullivan, R.H., et al., The Helical Bend Combined Sewer Overflow Regulator, EPA-600/2-75-062

付録Ⅰ 雨天時下水のスワールによる処理実験結果

1. 概 要

第2章で用いたスワールをY市Iポンプ場に設置し、雨天時下水に対するスワールの処理特性を調査した。

2. 調査方法

2-1 調査地点

Iポンプ場流入ゲートの後に水中ポンプを設置し、雨天時下水をスワールに移送した。サンプリングは、スワールへの流入水(a)、スワールからの処理水(越流水、b)及びスワールからの濃縮水(汚水、C)の3地点において実施した。

2-2 流量の計測

流量は処理水量についてはの流量計測装置内の三角堰の越流水位を測定し(1)式により算出した。

$$Q = K \cdot h^{\frac{5}{2}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

ただし

$$h = H - 0.002 \quad (\text{m})$$

$$K = 1.354 + 0.004/h + (0.14 + 0.2/\sqrt{D}) (h/b - 0.09)^2$$

$$D = 0.360 + 0.002 = 0.362 \quad (\text{m})$$

$$b = 0.482 \quad (\text{m})$$

$$H: \text{越流水位} \quad (\text{m})$$

$$K: \text{流量係数}$$

汚水量については、 $0.084 \text{ m}^3/\text{分}$ で一定量とした。この汚水量の特性に関する調査結果を表1に示す。

表1 スワール汚水量特性調査

調査日 昭和57年2月20日

No	水 位 (cm)		越 流 量 ($\text{m}^3/\text{分}$)	汚水量($\text{l}/10\text{sec}$)		汚水量 ($\text{m}^3/\text{分}$)	
	実 測	平 均		実 測	平 均		
1	4.05	4.07	0.029	13.13	13.54	0.081	
	4.09			13.94			
2	9.32	9.31	0.222	13.94	14.03	0.084	
	9.30			14.12			
3	11.42	11.42	0.370	13.92	14.01	0.084	
	11.41			14.10			
4	3.74	3.72	0.023	14.00	13.99	0.084	
	3.70			13.98			
5	2.25	2.24	0.0069	13.84	13.98	0.084	
	2.22			14.12			

表1の備考

$$Q = ch^{5/2} \text{ (m}^3/\text{sec)}$$

$$C = 1354 + \frac{0.004}{h} + (0.14 + \frac{0.2}{D}) \left(\frac{h}{B} - 0.09 \right)^2$$

$$B = 0.60 \text{ m}$$

$$D = 0.12 \text{ m}$$

$$h : \text{m}$$

注) 大型Vノッチ使用

流入下水量については(処理水量+汚水量)により算出した。

2-3 分析方法

分析項目とその分析方法を表2に示す。

表2 水質分析項目と水質分析方法

項 目	分 析 方 法
B O D	下水試験方法3-21-5-1
C O D	下水試験方法3-23-1, JIS K0102-13
D-C O D	G F-C ろ過後C O D
S S	下水試験方法3-14-1準拠, GS-25ろ紙を使用
蒸発残留物	下水試験方法3-11
導 電 率	JIS K0102
Cu	下水試験方法3-43
Zn	" 3-44
Pb	" 3-45
Cd	" 3-46
T-Cr	" 3-48
大 腸 菌	" 4-8
V-SS	下水試験方法3-12参考, SS測定後, ろ紙を600℃で強熱灰化する方法。

3. 調査結果

3-1 運転条件

スワールの運転条件を表3に示す。

流入水量を0.227~0.406m³/分の間で変化させ, 汚水量を0.084m³/分と一定にした場合に滞留時間は0.39~0.70分, 水面積負荷は5.27~9.43m³/m²/日, シャ集比は2.7~4.8の運転条件となっている。

表3 スワール運転条件

	単 位	I	II	III	IV	V	VI
流入水量(Q)	m ³ /分	0.227	0.251	0.277	0.306	0.336	0.406
滞 留 時 間	分	0.70	0.64	0.58	0.52	0.48	0.39
水面積負荷	m ³ /m ² /日	527	582	643	711	780	943
し ゃ 集 比	倍	2.7	3.0	3.3	3.6	4.0	4.8

$$\text{滞 留 時 間} = \frac{0.16}{\text{流入水量 (Q)}}$$

$$\text{水 面 積 負 荷} = \frac{Q \times 60 \times 24}{0.62}$$

$$\text{し ゃ 集 比} = \frac{\text{流入水量}}{\text{汚水量}}$$

注) スワールの諸元を0.16m³、0.62m²として流入下水(a)について求めた。

3-2 水質分析結果

BOD等の一般項目に関する分析結果の総括を表4に、その内訳を表5に示す。重金属等に関する分析結果を表6に示す。

流入下水のSSとV-SSをプロットしたものを図1に示す。V-SSはSSと次式の相関を有している。

$$(V-SS) = 0.58(SS) - 0.22$$

この結果によるとSS中の58%が有機物であることが示されている。

流入下水のSSとBODをプロットしたものを図2に示す。この図においては、かなりのバラツキがあり、原因不明ではあるが各実験No.毎にグループを作る傾向が示されている。

スワールによるBOD、COD、SSの除去率を表7に示す。BOD、CODについてはほとんど除去はされていない。SSについては、10%程度の除去がなされている。

表4 スワール一般項目総括表

実験No		I	II	III	IV	V	VI
水 量 (m ³ /分)	a	0.227	0.251	0.277	0.306	0.336	0.406
	b	0.143	0.167	0.193	0.222	0.252	0.322
	c	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084
B O D (mg/l)	a	153	69	118	54	137	—
	b	150	57	120	58	139	—
	c	144	—	115	—	140	—
C O D (mg/l)	a	103	46	85	38	90	—
	b	96	43	76	39	87	—
	c	100	—	69	—	83	—
D-COD (mg/l)	a	26	12	17	—	19	—
	b	—	—	—	13	—	—
	c	—	—	—	—	—	—
S S (mg/l)	a	201	99	187	114	215	72
	b	178	83	167	99	192	61
	c	232	—	204	—	221	—
V-S S (mg/l)	a	117	58	110	63	123	41
	b	109	51	101	58	112	36
	c	132	—	115	—	124	—
T-S (mg/l)	a	607	344	429	353	505	431
	b	541	314	388	338	478	384
	c	556	—	437	—	486	—
導 電 率 (μ U/cm)	a	734	295	477	265	580	696
	b	711	286	452	252	565	676
	c	715	—	501	—	593	—

表5-1 スワール一般項目分析結果 (I)

調査日 昭和53年3月21日

処理水量 0.227m³/分

注) a: 流入水

b: 処理水 (越流水)

c: 濃縮水 (汚水)

No.	時刻	気温 ℃	水温 ℃	BOD (mg/l)			COD (mg/l)			D-COD (mg/l)			SS (mg/l)			V-SS (mg/l)			T-S (mg/l)			導電率 (μv/cm)		
				a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	18:40	8	13	162	161		106	93		28			214	178		112	117		643	580		828	797	
2	42	8	13	158	153		105	94					194	160		99	94		609	548		825	788	
3	44	8	13	149	146	146	112	90	114				220	192	253	120	111	131	665	588	540	797	783	794
4	46	8	13	151	146		105	95					194	178		112	109		602	574		817	782	
5	48	8	13	155	155		101	100		25			222	219		128	127		608	615		784	786	
6	50	8	13	150	146	142	104	98	95				185	183	210	115	112	124	576	564	550	705	698	702
7	52	8	13	149	144		108	94		27			195	188		124	122		520	513		654	646	
8	54	8	13	153	148		105	94					195	193		113	115		517	487		638	615	
9	56	8	13	167	148	138	104	93	97				203	170	223	124	111	133	532	532	510	621	608	641
10	58	8	13	148	140		104	97					190	145		116	92		483	436		653	633	
11	19:00	7.5	13	140	154		104	102		27			206	167		117	101		554	496		703	688	
12	02	7.5	13	153	150	159	100	97	94				204	160	243	120	101	139	602	559	623	783	758	757
13	04	7.5	13	159	155		98	99					196	175		112	99		566	560		767	737	
14	06	7.5	13	154	152		97	97					182	160		115	102		531	497		744	698	
15	08	7.5	12.5	153	156	133	99	98	101	22			208	202		121	119		567	564		697	643	683
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
平均		7.8	13.0	153	150	144	103	96	100	26			201	178	232	117	109	132	607	541	556	734	711	715

表5-2 スワール一般項目分析結果(Ⅱ)

調査日 昭和53年3月28日

処理水量 0.251m³/分

注) a: 流入水

b: 処理水(越流水)

c: 濃縮水(汚水)

No	時刻	気温 (℃)	水温 (℃)	BOD (mg/l)			COD (mg/l)			D-COD(mg/l)			SS (mg/l)			V-SS (mg/l)			T-S (mg/l)			導電率 (μv/cm)		
				a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	12:20	12	10	76	73		39	36		11			104	84		63	52		342	313		319	307	
2	22	12	10	68	62		48	49					77	73		48	47		318	283		298	282	
3	24	12	10	70	58		44	45		13			96	75		56	46		329	290		280	277	
4	26	12	10	59	60		49	42					101	96		61	59		323	326		267	254	
5	28	12	10	70	46		44	37		12			91	78		55	49		345	367		289	261	
6	30	12	10	69	60		48	42					101	76		58	46		330	307		276	271	
7	32	12	10	68	53		50	51		14			99	93		54	53		325	311		271	274	
8	34	12	10	69	55		50	49					99	81		57	51		309	301		314	303	
9	36	12	10	66	51		48	42		11			116	75		67	44		382	392		315	308	
10	38	12	10	70	54		41	41					106	98		65	62		336	310		318	319	
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
平均		12	10	69	57		46	43		12			99	83		58	51		344	314		295	286	

表5-3 スワール一般項目分析結果(Ⅲ)

調査日 昭和53年3月21日

処理水量 0.277 m³/分

注) a: 流入水

b: 処理水(越流水)

c: 濃縮水(汚水)

No	時刻	気温 (℃)	水温 (℃)	BOD (mg/l)			COD (mg/l)			D-COD (mg/l)			SS (mg/l)			V-SS (mg/l)			T-S (mg/l)			導電率(μS/cm)		
				a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	20:30	7.5	12	126	118		87	77		19			213	174		123	107		414	382		475	447	
2	32	7.5	12	126	121		86	78		18			225	157		112	85		445	352		545	499	
3	34	7.5	12	119	120		89	80		18			163	144		89	86		447	379		541	497	
4	36	7.5	12	120	122	113	87	80	63	16			180	168	210	104	99	118	441	389	424	489	473	528
5	38	7.5	12	120	122		87	71		18			163	133		98	86		368	373		440	441	
6	40	7.5	12	119	121		88	74		18			163	145		96	88		403	347		459	445	
7	42	7.5	12	113	125		86	75		17			194	160		128	109		399	375		433	424	
8	44	7.5	12	114	118	126	89	74	67	14			161	158	180	93	91	99	405	393	420	397	396	426
9	46	7.5	12	113	116		82	73		15			171	163		101	99		386	339		392	390	
10	48	7.5	12	118	119		82	75		16			157	155		85	86		377	371		379	352	
11	50	7.5	12	119	118		80	77		17			189	160		107	93		394	380		423	409	
12	52	7.5	12	121	118	119	78	74	69	18			171	158	203	108	102	120	427	338	413	434	408	438
13	54	7.5	12	121	117		83	76		17			175	173		110	109		415	361		481	415	
14	56	7.5	12	111	112		86	74		15			174	135		103	90		385	355		435	408	
15	58	7.5	11.5	107	113		74	76		17			217	170		126	104		461	393		528	471	
16	21:00	7.5	11.5	114	121	111	87	77	76	16			200	194	225	112	111	124	455	433	455	509	503	553
17	02	7.5	11.5	120	120		86	76		17			237	206		149	132		487	496		541	526	
18	04	7.5	11.5	122	119		84	77		16			183	182		108	107		492	444		558	499	
19	06	7.5	11.5	123	130		83	78		16			223	210		135	132		497	448		535	496	
20	08	7.5	11.5	120	124	107	94	78	72	16			190	188	202	112	113	116	488	410	472	543	531	559
平均		7.5	11.9	118	120	115	85	76	69	17			187	167	204	110	101	115	429	388	437	477	452	501

表5-4 スワール一般項目分析結果 (N)

調査日 昭和53年2月28日
 処理水量 0.306m³/分

注) a: 流入水
 b: 処理水 (越流水)
 c: 濃縮水 (汚水)

No	時刻	気温 (℃)	水温 (℃)	BOD (mg/l)			COD (mg/l)			D-COD (mg/l)			SS (mg/l)			V-SS (mg/l)			T-S (mg/l)			導電率 (μS/cm)		
				a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	12:45	12	10	70	68		36	42			12		104	74		57	41		359	315		288	281	
2	47	12	10	57	62		33	34					99	89		53	50		335	318		258	251	
3	49	12	10	64	61		36	40			13		106	93		56	55		338	320		313	283	
4	51	12	10	48	58		32	41					127	92		72	57		378	341		309	301	
5	53	12	10	58	55		40	35			11		136	101		71	60		369	330		283	265	
6	55	12	10	49	55		47	44					121	117		73	71		327	359		270	266	
7	57	12	10	52	53		38	38			14		104	97		57	56		372	339		254	237	
8	59	11.5	10	53	50		38	33					126	124		71	70		351	374		240	229	
9	13:01	11.5	10	49	71		46	57					102	91		56	55		355	337		217	209	
10	03	11.5	10	40	50		38	29					115	109		68	67		341	344		214	202	
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
平均		11.9	10	54	58		38	39			13		114	99		63	58		353	338		265	252	

表5-5 スワール一般項目分析結果 (V)

調査日 昭和53年3月21日

処理水量 0.336m³/分

注) a: 流入水
 b: 処理水 (越流水)
 c: 濃縮水 (汚水)

No	時刻	気温 (℃)	水温 (℃)	BOD (mg/l)			COD (mg/l)			D-COD (mg/l)			SS (mg/l)			V-SS (mg/l)			T-S (mg/l)			導電率 (μv/cm)		
				a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	19:34	7.5	12.5	139	159		92	88		21			203	173		112	98		494	483		602	593	
2	36	7.5	12.5	142	140		92	91					238	198		127	113		557	533		590	588	
3	38	7.5	12.5	144	158	157	94	92	80				193	186	220	108	106	116	562	485	432	576	566	582
4	40	7.5	12.5	140	145		96	91					210	190		123	114		463	449		542	533	
5	42	7.5	12.5	142	143		94	92					223	203		126	119		511	463		541	541	
6	44	7.5	12.5	142	143	129	95	89	85				225	223	228	124	129	125	472	457	478	537	524	551
7	46	7.5	12	143	144		94	86					230	198		135	117		510	489		558	523	
8	48	7.5	12	135	138		90	88					198	188		118	111		436	518		557	546	
9	50	7.5	12	129	133	133	87	90	86				200	170	208	121	104	124	490	466	467	573	570	607
10	52	7.5	12	133	132		89	87					240	208		142	125		553	516		603	585	
11	54	7.5	12	133	136		86	83		16			208	190		109	103		477	502		581	576	
12	56	7.5	12	129	129	136	85	83	79				232	173	230	137	102	131	479	432	513	601	574	595
13	58	7.5	12	133	123		84	82					198	185		109	103		524	437		593	563	
14	20:00	7.5	12	136	130		87	82					225	206		126	118		555	475		631	614	
15	02	7.5	12	139	135	143	87	80	83				208	188	218	121	111	126	495	467	540	618	574	628
16																								
17																								
18																								
19																								
20																								
平均		7.5	12.2	137	139	140	90	87	83	19			215	192	221	123	112	124	505	478	486	580	565	593

表5-6 スワール一般項目分析結果 (Ⅴ)

調査日 昭和53年2月22日

処理水量 0.406 m³/分

注) a: 流入水

b: 処理水 (越流水)

c: 濃縮水 (汚水)

No.	時刻	気温 (℃)	水温 (℃)	BOD (mg/l)			COD (mg/l)			D-COD (mg/l)			SS (mg/l)			V-SS (mg/l)			T-S (mg/l)			導電率 (μv/cm)		
				a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	16:05	8.5	11.2										88	70		47	40		453	389		729	648	
2	08	8.5	11.2										86	64		49	37		426	416		656	674	
3	11	8.5	11.2										68	67		39	41		490	438		666	711	
4	14	8.5	11.2										66	58		37	33		411	408		672	689	
5	17	8.5	11.2										78	74		42	41		438	433		687	687	
6	20	8.5	11.2										70	66		41	39		388	379		695	692	
7	23	8.5	11.2										68	62		37	36		410	377		687	672	
8	26	8.5	11.2										66	64		38	37		449	407		722	635	
9	29	8.5	11.2										68	64		41	40		442	411		696	650	
10	32	8.5	11.2										70	68		41	43		422	353		695	658	
11	35	8.5	11.2										78	70		46	41		439	409		716	638	
12	38	8.0	11.1										79	61		48	39		419	351		719	671	
13	41	8.0	11.1										70	64		41	39		435	312		719	713	
14	44	8.0	11.1										81	60		45	34		442	342		708	675	
15	47	8.0	11.1										62	56		34	31		419	378		693	660	
16	50	8.0	11.1										74	54		45	34		420	355		684	686	
17	53	8.0	11.1										83	68		48	41		439	367		674	672	
18	56	8.0	11.1										56	46		30	26		397	349		714	692	
19	59	8.0	11.1										56	49		31	27		444	391		701	692	
20	17:02	8.0	11.1										66	44		38	27		433	413		681	705	
平均		8.3	11.2										72	61		41	36		431	384		696	676	

表-6 重金属等に関する分析結果

No	時刻	Cu		Zn		Pb		Cd		T - Cr		大腸菌	
		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1	20:30	0.01	0.01	0.32	0.30	0.08	0.08	0.002	<0.002	0.05	0.04		
3	34	0.02	0.01	0.32	0.30	0.07	0.07	0.002	0.003	0.05	0.05		
5	38	0.02	0.01	0.31	0.29	0.07	0.06	<0.002	<0.002	0.05	0.05		
7	42	0.01	0.01	0.34	0.32	0.07	0.07	<0.002	<0.002	0.04	0.04		
9	46	0.01	<0.01	0.31	0.31	0.08	0.08	0.002	<0.002	0.05	0.04		
11	50	0.01	0.01	0.31	0.30	0.07	0.07	0.002	0.002	0.05	0.04		
13	54	0.04	0.01	0.31	0.30	0.09	0.07	0.002	0.002	0.05	0.05		
15	58	0.02	0.01	0.34	0.29	0.09	0.07	0.003	0.002	0.05	0.05		
17	21:02	0.01	0.01	0.29	0.28	0.08	0.08	<0.002	<0.002	0.05	0.03		
19	06	0.01	0.01	0.34	0.33	0.09	0.08	<0.002	<0.002	0.04	0.04		
4	20:36											61,000	50,000
8	44											37,000	33,000
12	52											32,000	31,000
16	21:00											58,000	53,000
20	08											55,000	53,000
平均		0.02	<0.01	0.32	0.30	0.08	0.07	<0.002	<0.002	0.05	0.04	49,000	44,000

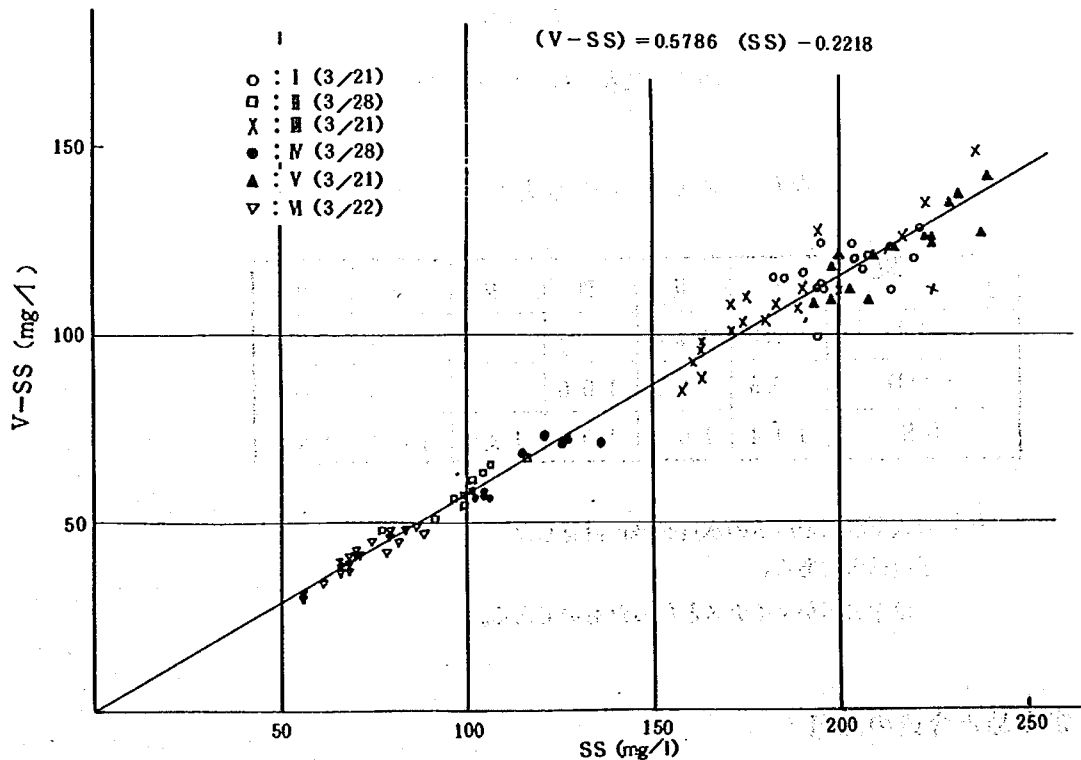


図1 流入下水のSS/V-SS

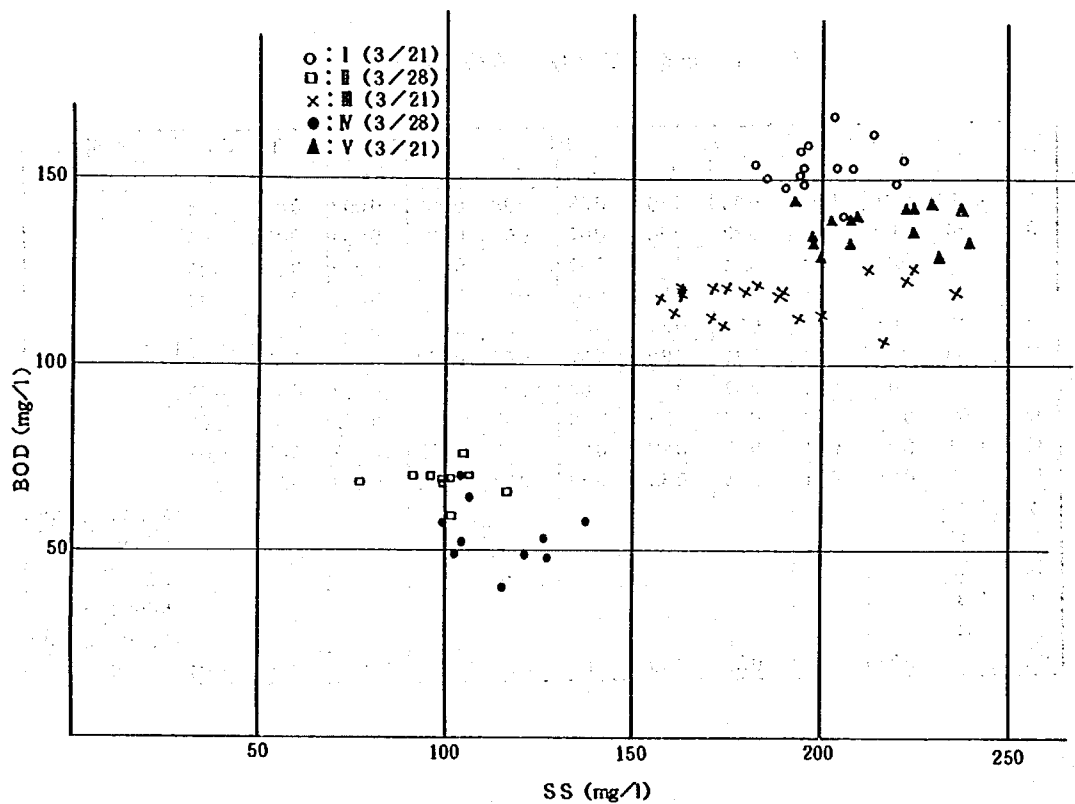


図2 流入下水のBOD/SS

表7 スワールの除去率

項目	実験No.	I	II	III	IV	V	VI
BOD		2.0	17.4	*	*	*	—
COD		6.8	6.5	10.6	*	3.3	—
SS		11.4	16.2	10.7	13.2	10.7	15.3

注) 流入下水と越流水の水質を基に計算した。

単位は%である。

*は除去率がマイナスとなったものである。

4. まとめと今後の課題

滞留時間が1分未満では、スワールといえどもSS等に関する除去はほとんど期待できない。今後、滞留時間を長くした条件下でのスワールの機能調査が必要である。

付録Ⅱ わが国の平均的な合流式下水道における下水 量及びBOD負荷量の流れ

1. 概 要

合流式下水道の改善を考える場合、現況の合流式下水道システムの各地点から放流される負荷量を知っておく必要がある。そこで8都市の負荷量の流れを調査した。

2. 調査内容及び結果

表1, 2は、BOD, CODに関して我国の現況の合流式下水道システムの各地点から放流される下水量と負荷量を示し、図1～8は、8都市の各処理区域のBOD負荷量の流れを図化したものである。

計算に当っては、建設省土木研究所が行なった「下水道区域からの汚濁流出に関する調査」より水量関係の値を決定した。他の計算方法は下記の通り。

1. 晴天時及び雨天時の負荷量は、雨天時水質調査結果（表-3）を用いた。
2. 処理場からの放流水質（二次処理水質）は、BOD, CODともに20mg/lとした。
3. 表-2のS, R, Q, P, Dは各処理区域の雨天時平均水質、S, Sは晴天時平均水質を用いている。
4. Pは、建設省土木研究所で行なった「簡易処理実態調査」結果を用いた。

表1 処理区域からの発生水量（年間）

	S.S (mm)	S.R (mm)	Q (mm)	P (mm)	D (mm)	P (mm)	S (mm)
A	2,411	727	370	171	81	103	2,413
B	5,939	905	176	364	—	69	6,235
C	4,621	1,237	—	1,169	—	1,845	2,844
D	2,565	844	245	245	—	176	2,743
E	2,700	1,096	506	575	—	16	2,699
F	3,340	945	—	406	—	333	3,546
G	2,007	811	424	97	39	241	2,017
H	3,661	799	235	246	—	31	3,948

S, S : 晴天時流出量

S, R : 雨天時 "

Q : 雨水吐きからの放流量

P : ポンプ場からの放流量

D : 処理場における放流量

P : 簡易処理量

S : 二次処理量

表2 処理区域からの発生負荷量（年間）

	S.S	S.R	Q	P	D	P	S	*	**
	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(%)	(%)
A	3,344	603	460	220	101	113	361	622	9.0
	1,017	355	952	438	327	-	(220)	-	-
B	7,305	1,114	217	448	-	58	415	58.4	5.1
	3,682	561	109	226	-	30	733	30.5	2.7
C	5,083	730	-	690	-	1,236	398	29.7	5.32
	2,264	383	-	362	-	-	(307)	-	-
D	3,155	388	113	113	-	184	549	23.6	19.2
	2,975	430	125	125	-	132	549	26.9	14.2
E	3,537	428	197	224	-	6	422	49.6	0.7
	1,404	241	111	127	-	-	435	-	-
F	3,607	557	-	239	-	580	172	24.1	58.5
	2,171	416	-	179	-	315	667	15.4	27.1
G	2,228	884	462	106	43	187	(101)	68.0	20.8
	702	446	233	53	21	50	179	57.3	9.3
H	5,272	911	268	281	-	23	790	40.3	1.7
	1,940	472	138	145	-	12	790	26.1	1.7

→上段：HOD

→下段：COD

S.S：晴天時流出負荷量

S.R：雨天時

Q：雨水吐きからの放流負荷量

P：ポンプ場からの

D：処理場における

P：簡易処理放流負荷量

S：二次処理

* 雨天時放流負荷量

総発生負荷量

** 簡易処理放流負荷量

総発生負荷量

() は下水道統計 (S.53) より求めた平均値を使用

表3 雨天時水質調査結果

：(mg/l)

	晴天時		雨天時	
	BOD	COD (Mn)	BOD	COD (Mn)
A	138	42	83	48
B	123	62	123	62
C	110	49	59	31
D	123	116	46	51
E	131	52	39	22
F	108	65	59	44
G	111	35	109	55
H	144	53	114	59

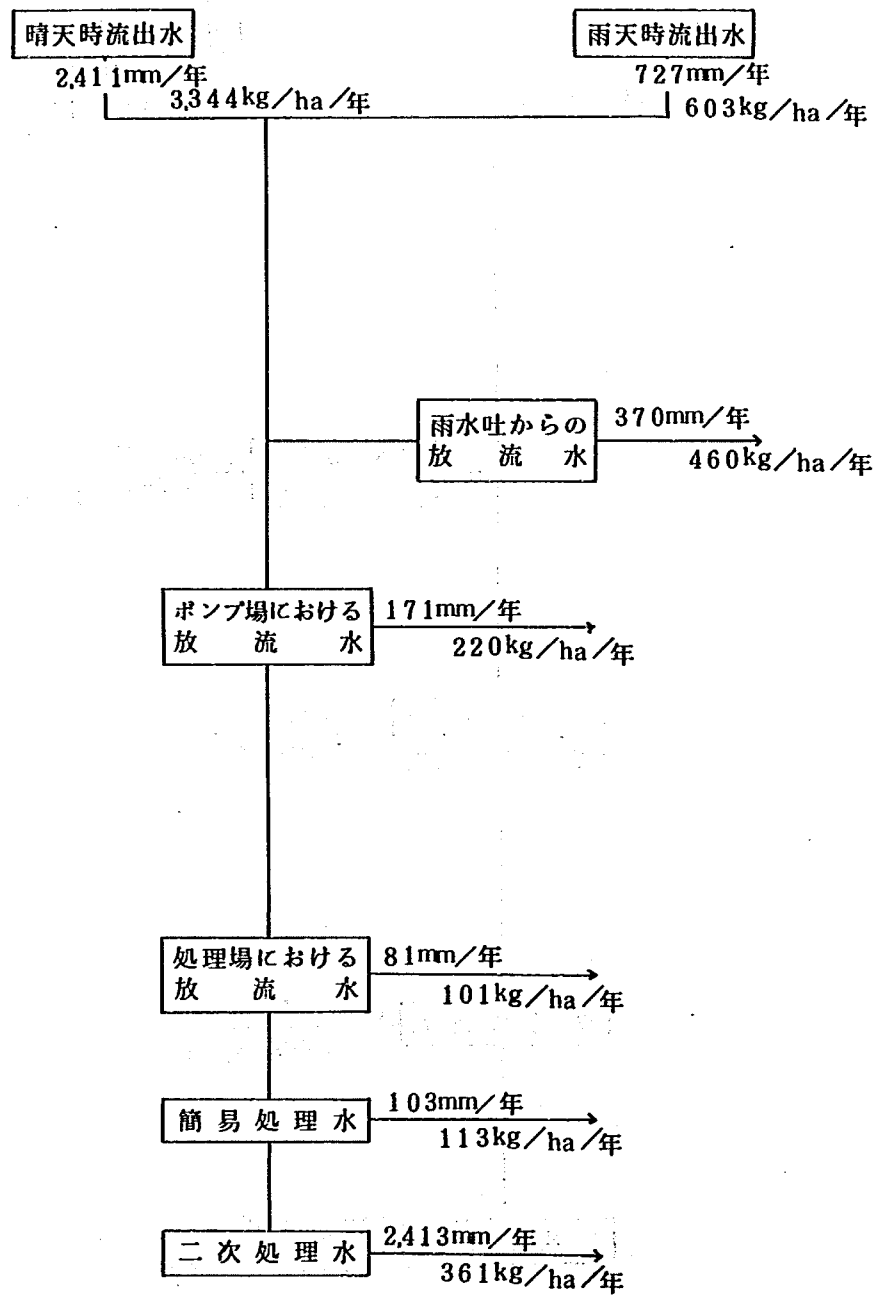


図1 A処理区域のBOD負荷量の流れ

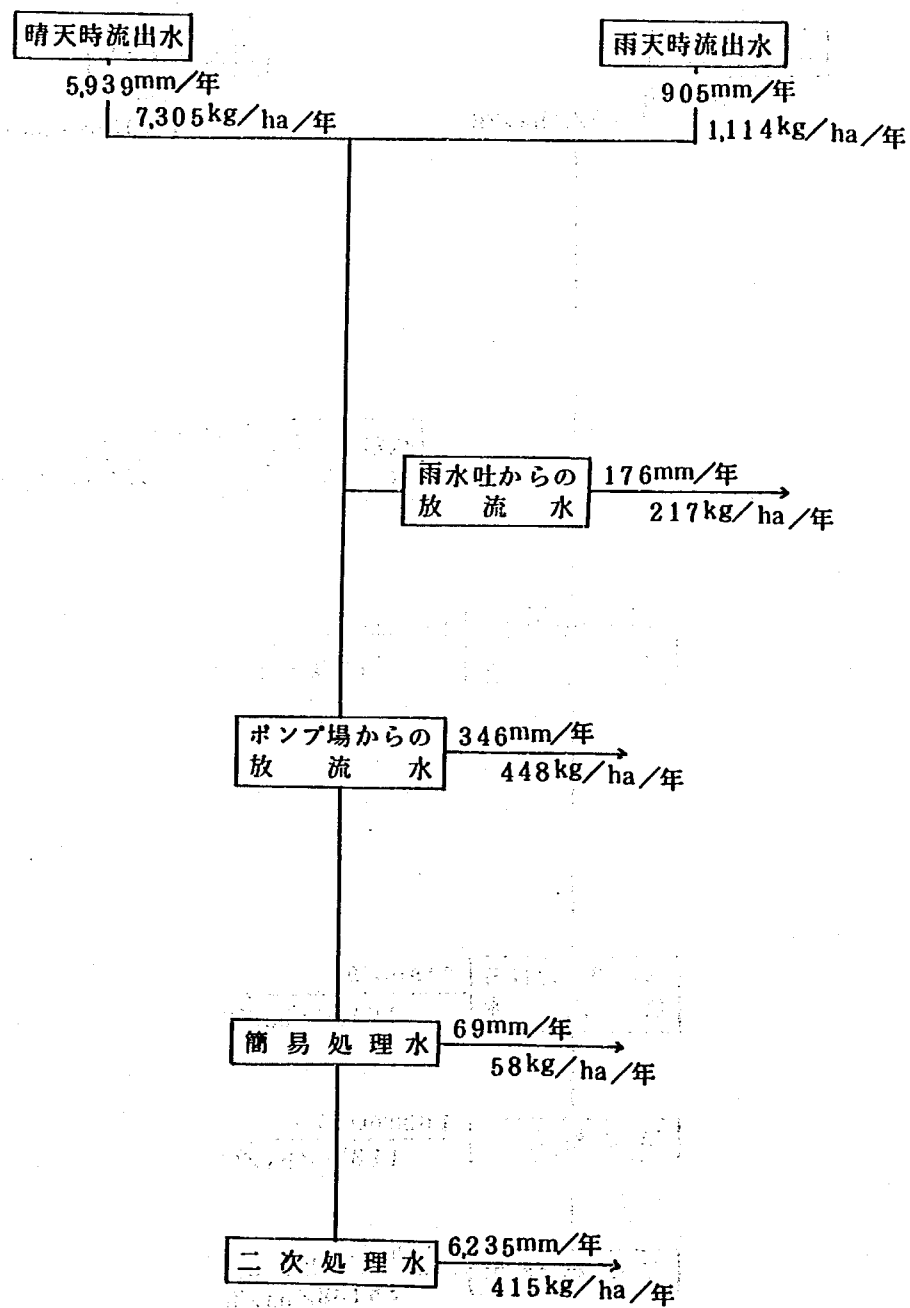


図2 B処理区域のBOD負荷量の流れ

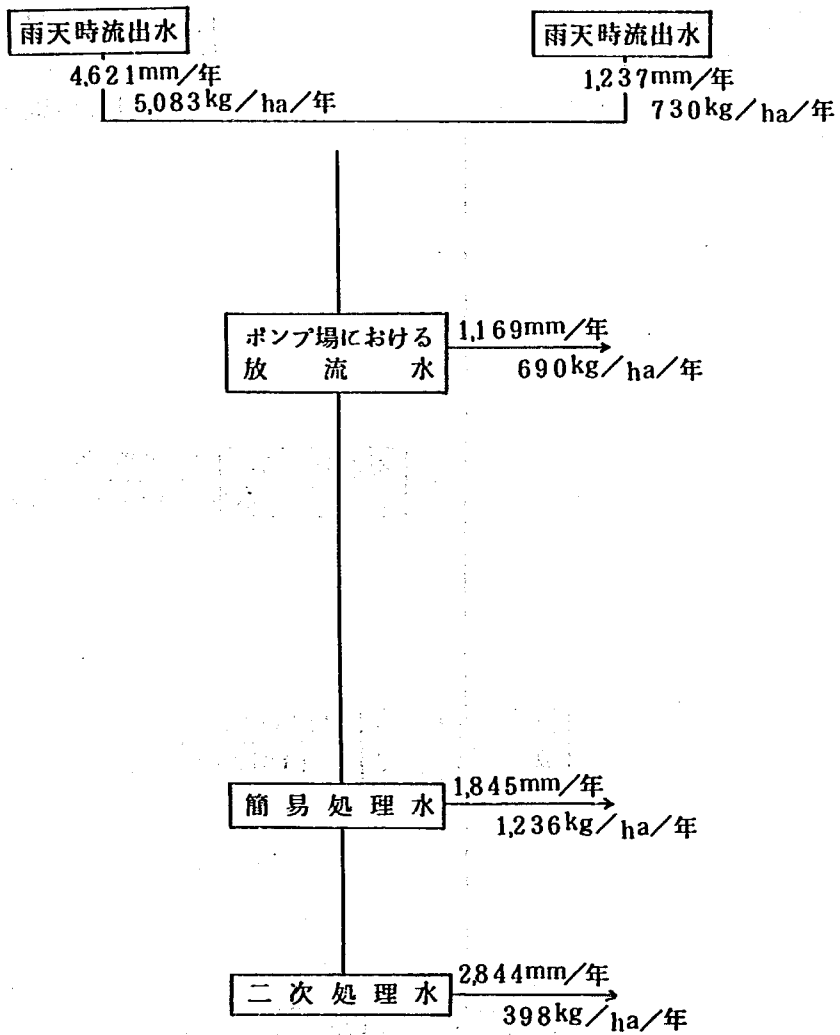


図3 C処理区域のBOD負荷量の流れ

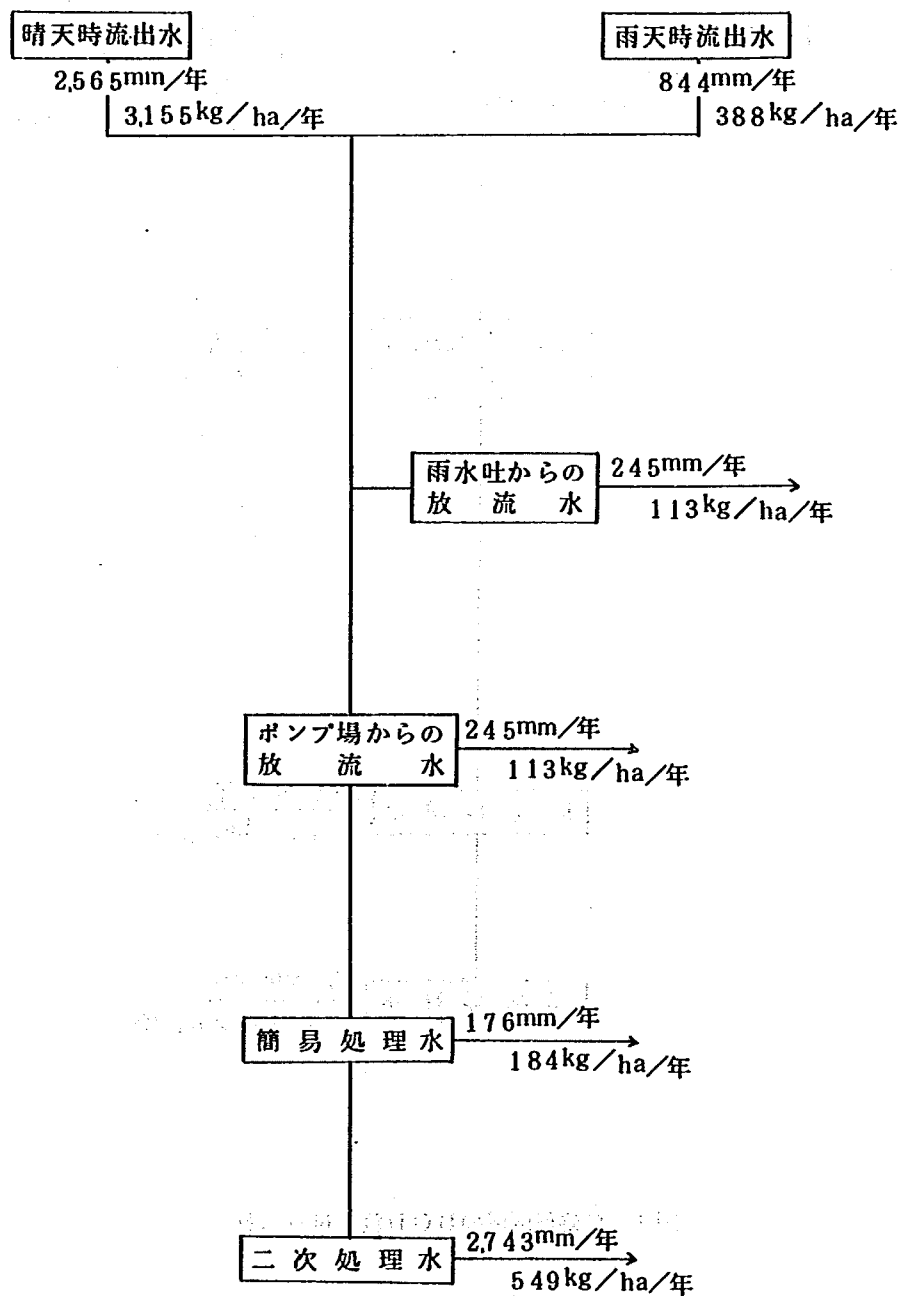


図4 D処理区域のBOD負荷量の流れ

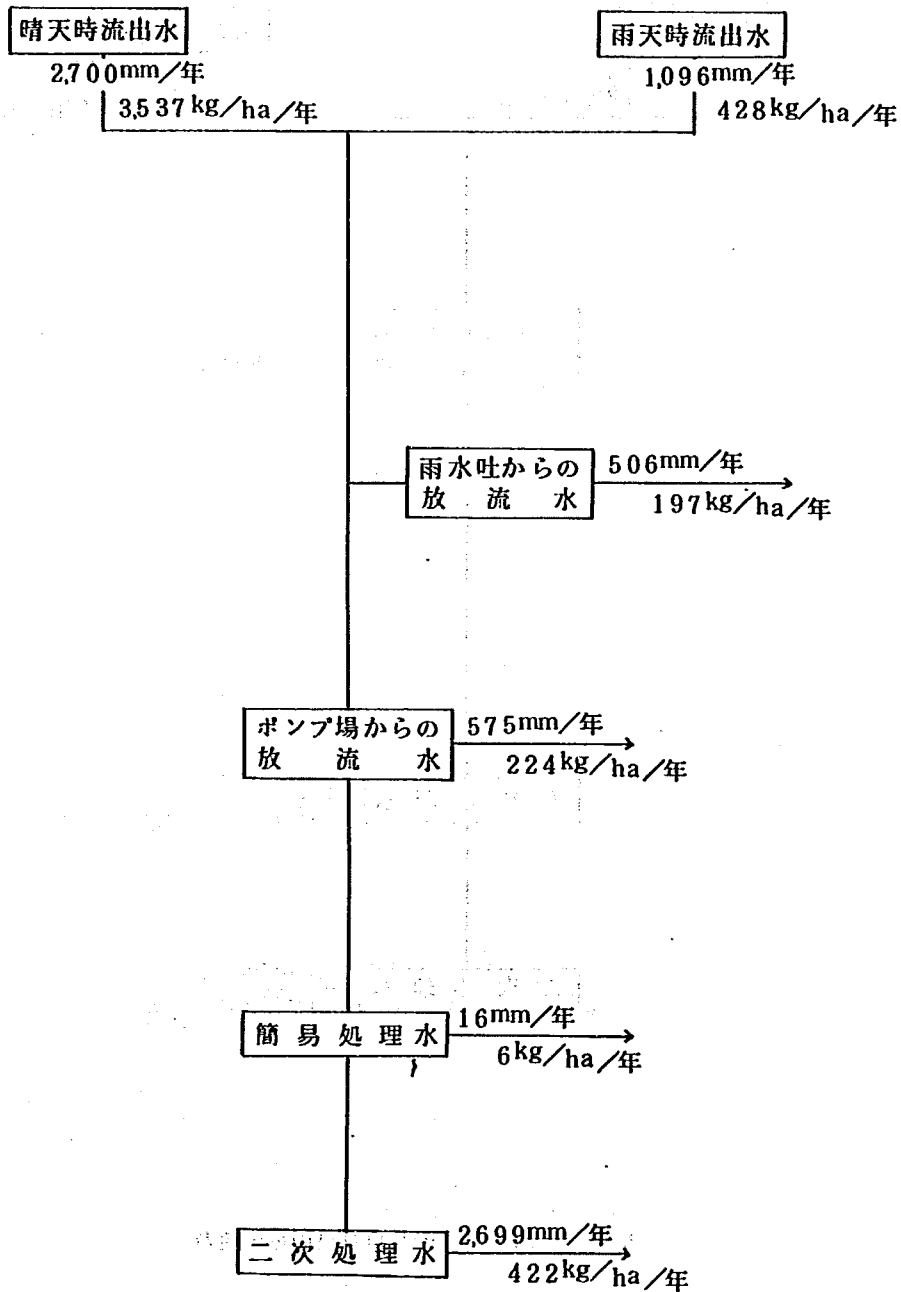


図5 E処理区域のBOD負荷量の流れ

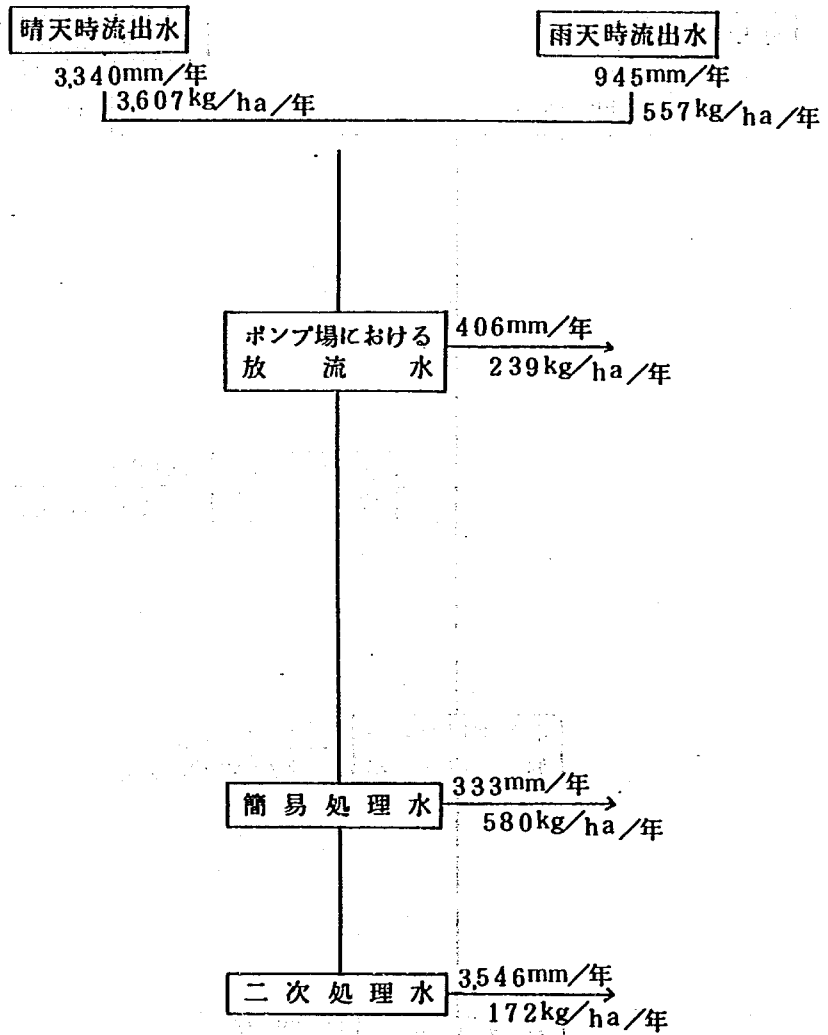


図6 F処理区域のBOD負荷量の流れ

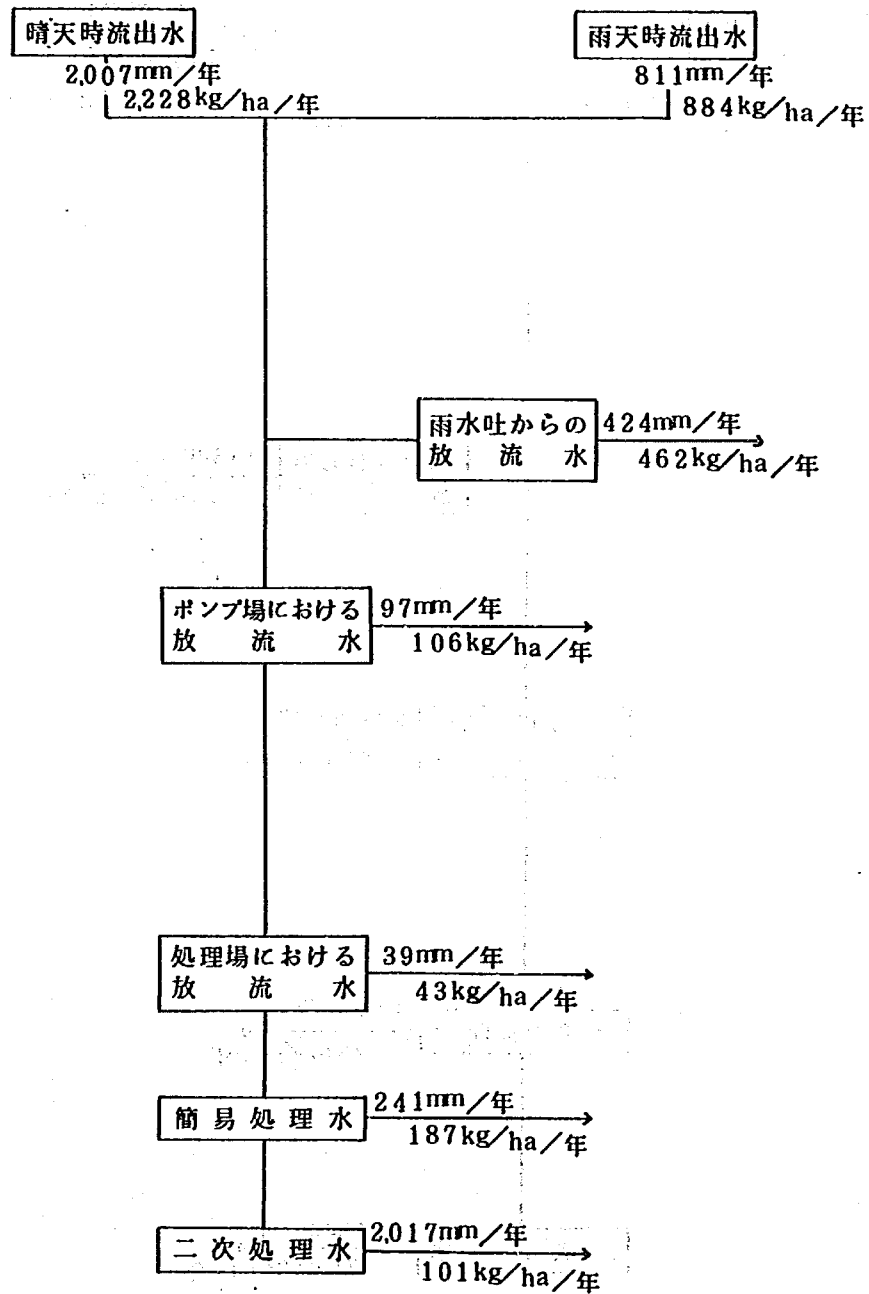


図7 G処理区域のBOD負荷量の流れ

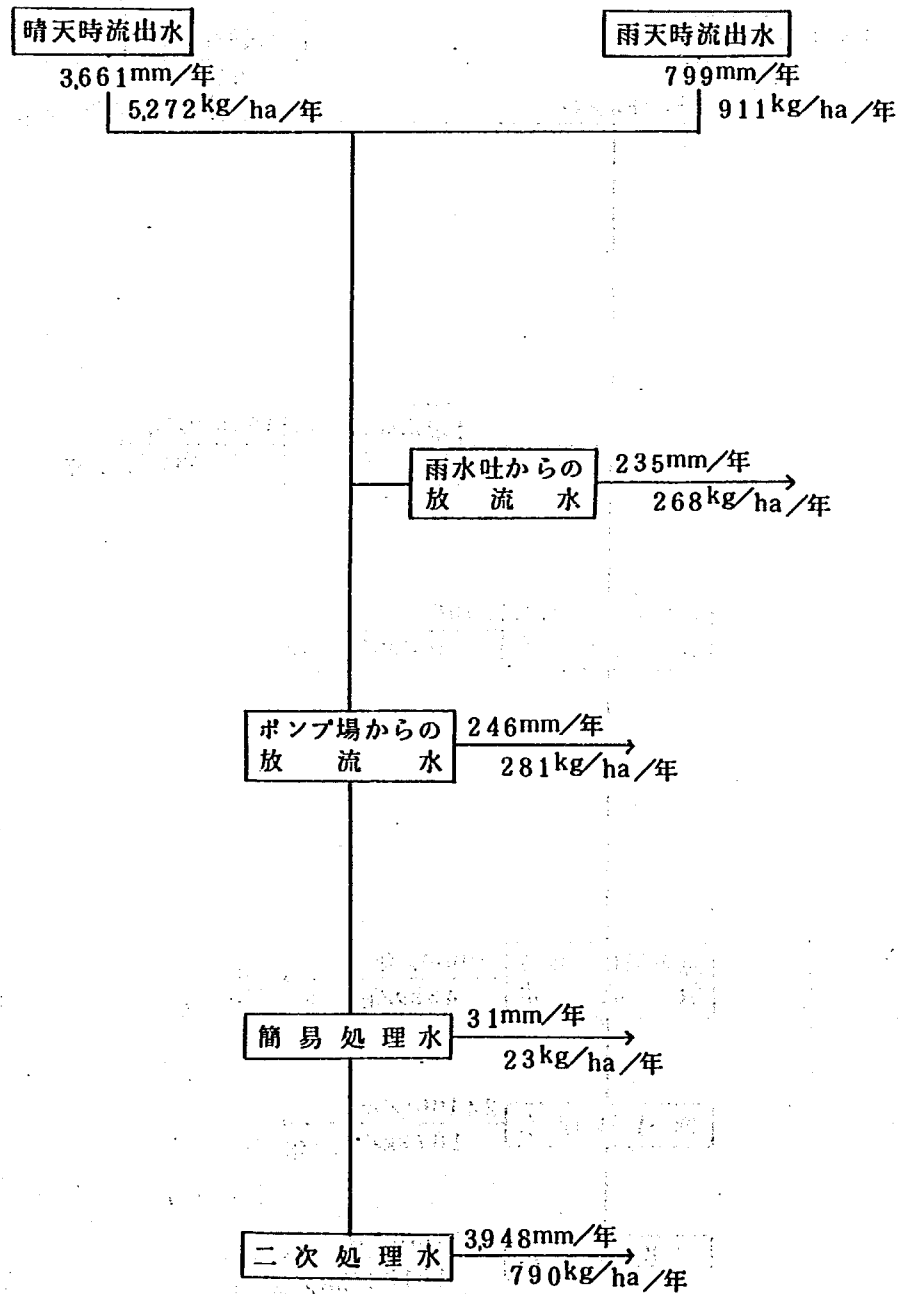


図8 H処理区域のBOD負荷量の流れ

雨天時下水の処理に関する調査

ISSN 0386-5878
土研資料第1823号
昭和57年3月
下水道部下水道研究室

キーワード：雨天時下水処理，スワール，ヘリカル

要旨

雨天時下水処理施設であるスワール，ヘリカルについて除去機構を解明した。



郵便はがき

40円切手
をはって
下さい

305-□□

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

建設省土木研究所

下水道部下水道研究室 御中

No.

配布先氏名

配布先住所

No.

土木研究所資料第1823号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

印