

土木研究所資料

七ヶ宿ダム岩石材料耐久性試験(その2)

昭和56年9月

建設省土木研究所
地質化学部地質研究室

Copyright © (1981) Fiscalyear 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。

まえがき

七ヶ宿ダムは宮城県阿武隈水系白石川に洪水調節、かんがい、都市用水の確保等を目的として計画されている高さ93m、総貯水量 1.09 億 m^3 のロックフィルダムである。当ダムでは設計値を得るため堤体材料に関する調査試験を実施中であるが、この報告書は東北地方建設局七ヶ宿ダム工事事務所の依頼により、ロック材料およびリップラップ材料として予定の岩石について凍結融解試験を中心とした各種材料試験を行なった結果について報告するものである。

昭和56年 9 月

土木研究所地質化学部

地質研究室 室 長	菅	原	捷
研究員	中	村	康 夫
	石	塚	克 巳

北 陸 地 方 建 設 局

新潟国道工事々務所 (前地質研究室)	加	藤	則	男
-----------------------	---	---	---	---

目 次

ま え が き	
1. 試験目的	1
2. 供 試 体	1
3. 試験概要	1
4. 試験結果および考察	12
4.1 物理・力学試験	12
4.2 X線回折試験	20
4.3 凍結融解試験	20
4.3.1 重量損失の経時変化	21
4.3.2 乾燥密度および吸水率の経時変化	22
4.3.3 動弾性係数の経時変化	24
4.3.4 ショア硬度の経時変化	29
4.3.5 光沢値の経時変化	30
4.3.6 各種物理・力学量の初期値と耐久性の関連	30
4.3.7 耐久性のまとめ	33
5. まとめ	34
附 表	37
附 図	53
附録写真	139

1 試験目的

野沢倉山、ありや山、皿森山の各原石山およびダムサイト左岸より採取された供試体について、凍結融解試験を中心とした各種材料試験を行い、耐久性を調査することによって同岩石のロック材およびリップラップ材としての適用性を検討することを目的とした。

2. 供試体

試験には野沢倉山、ありや山、皿森山の各原石山およびダムサイト左岸より採取されたボーリングコアから、直径約5 cm、長さ10 cmの円柱状供試体を作成して用いた。附表-1(1)~(4)は、事務所から送られて来た供試体に土研側で番号をつけた対照表である。SR-I(ダムサイト左岸)は比較的新鮮で青灰色を呈するものから、変質を受け灰褐色を呈するものまで幅広く含まれているが、いずれも比較的大きい石英(直径5 mm程度)および長石(直径2 mm程度)の斑晶を含有する石英安山岩である。SR(野沢倉山)は、比較的緻密な硬質流紋岩であるが弱い変質をうけたものもあり、クラックが多数発達している。SA-A(ありや山)は黒灰色を呈し、ほとんど未風化で堅硬な安山岩で、一部優黒質なゼノリスを含んでいる。SA-S(皿森山)は暗緑色の石英安山岩で斑晶は比較的小さい。

図-1(1)~(4)は供試体採取位置を地質平面図上(SA-Aは地形図上)にプロットしたものである。図-2(1)~(3)は、ダムサイト左岸(SR-I)を除くボーリング孔の柱状図で、採取位置を深度のところに斜線で示し、また供試体番号も添付した。表-1に各種試験に用いた供試体の個数を示す。

表-1 各種試験に用いた供試体個数

試験項目 供試体	凍結融解 試験	一軸圧縮 試験	点 載 荷 試 験	X線回折 試験
SR-I	47	5	28	3
SR	45	12	42	5
SA-A	28		7	2
SA-S	10		5	2

3. 試験概要

土木研究所地質研究室所有の全自動三槽独立制御型凍結融解風化試験装置を使用し、岩石供試体の凍結融解を所定のプログラムに従って繰返し、各種物理量の経時変化を測定した。さらに初期状態において、各種物理、力学試験を実施し、それらの量と岩石の耐久性について検討を加えた。主な試験項目は次のとおりである。

1) 密度、有効間隙率、吸水率試験

建設省土木試験基準(案)(以下KDKと略す)S 0501-1968 岩石の密度、含水比、飽和度、有効間隙率、吸水率試験方法の規定に準拠した。

七ヶ宿ダムサイト左岸調査地点位置図及び地質平面図（縮尺1：1000）

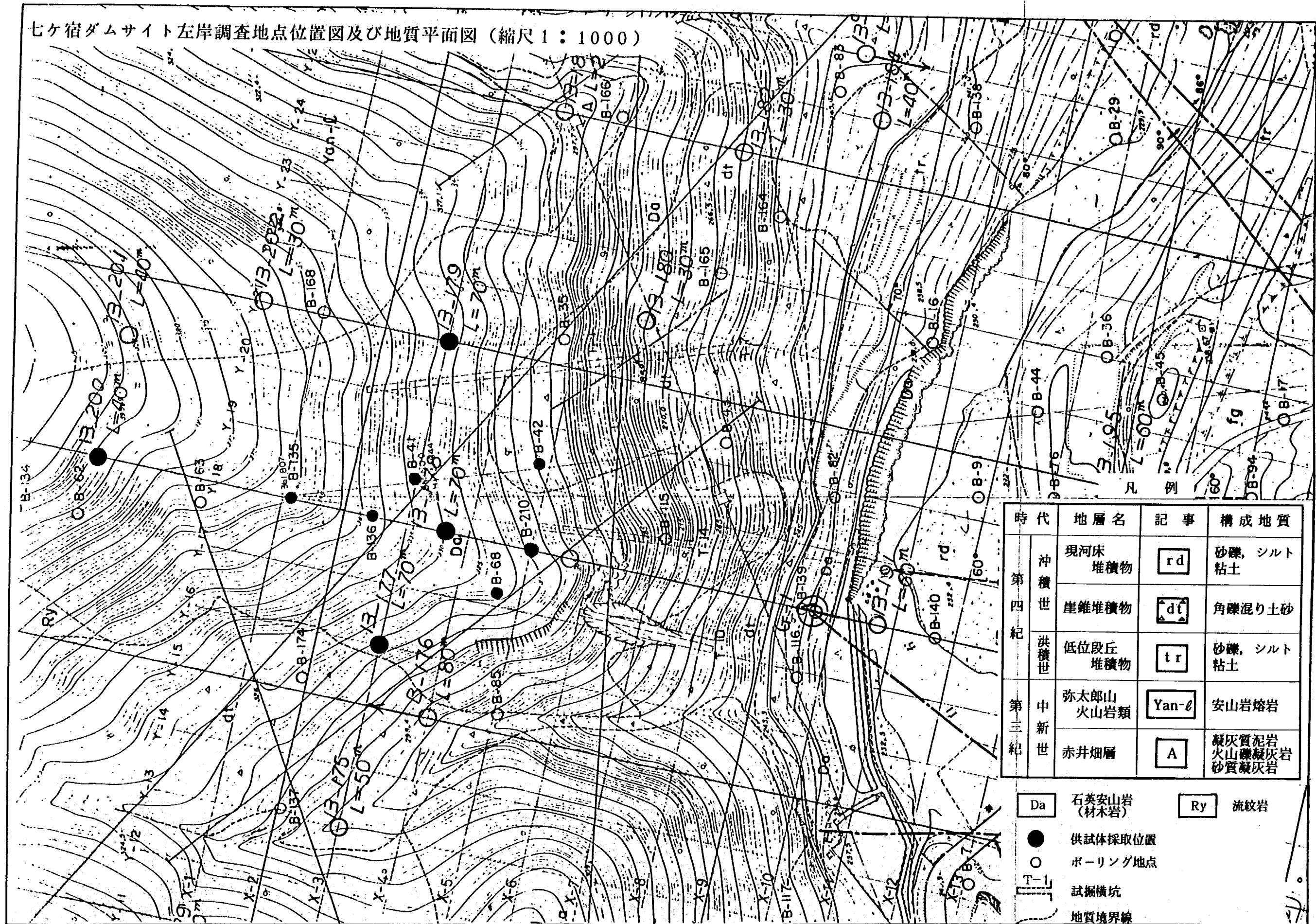


図-1(1) 供試体採取位置図 (SR-I)

野沢倉山・大倉山附近地質平面図及び調査地点位置図 (縮尺 1:2500)

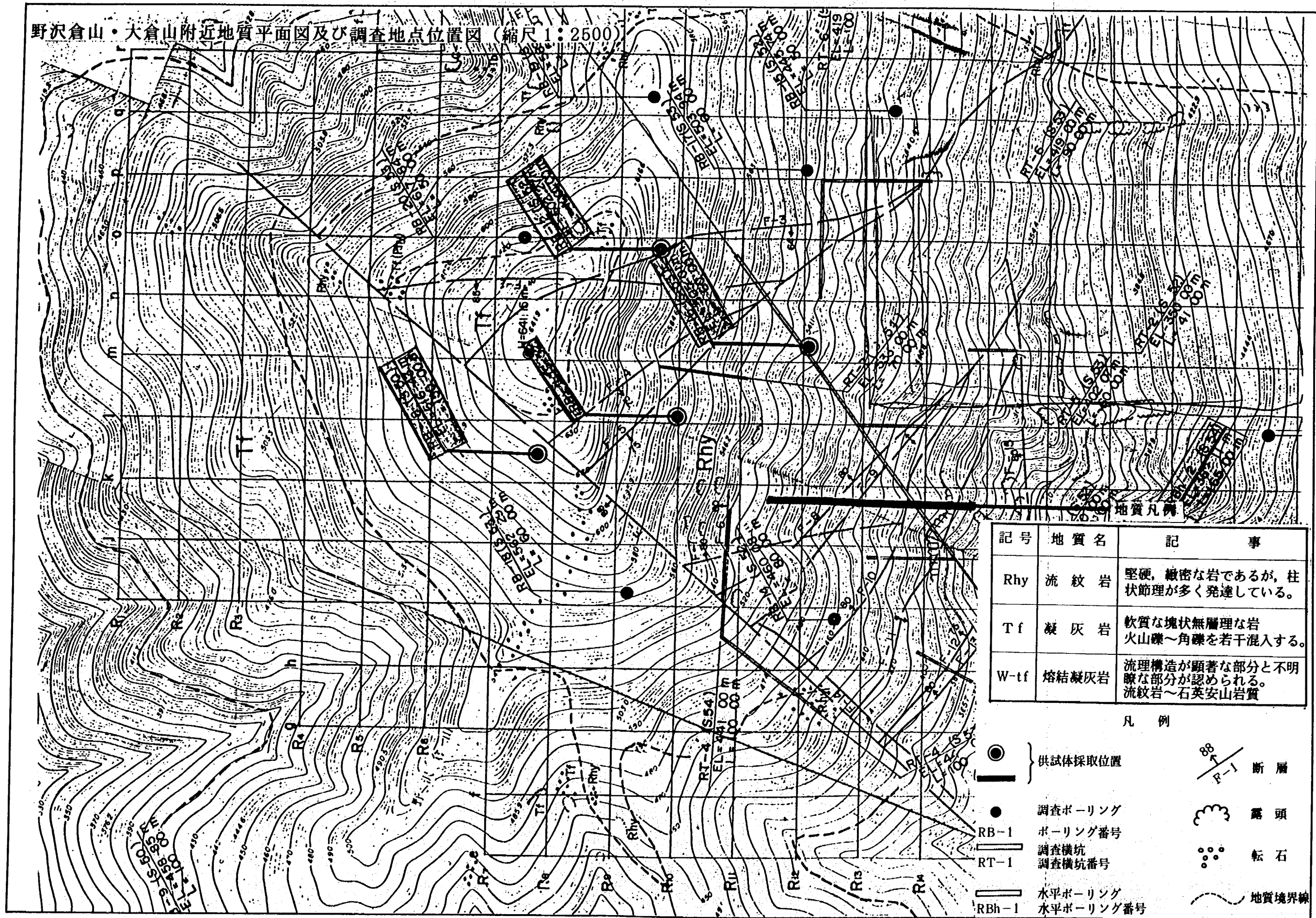


図-1(2) 供試体採取位置図 (SR)

ありや山附近地形図及び調査地点位置図（縮尺1：2500）

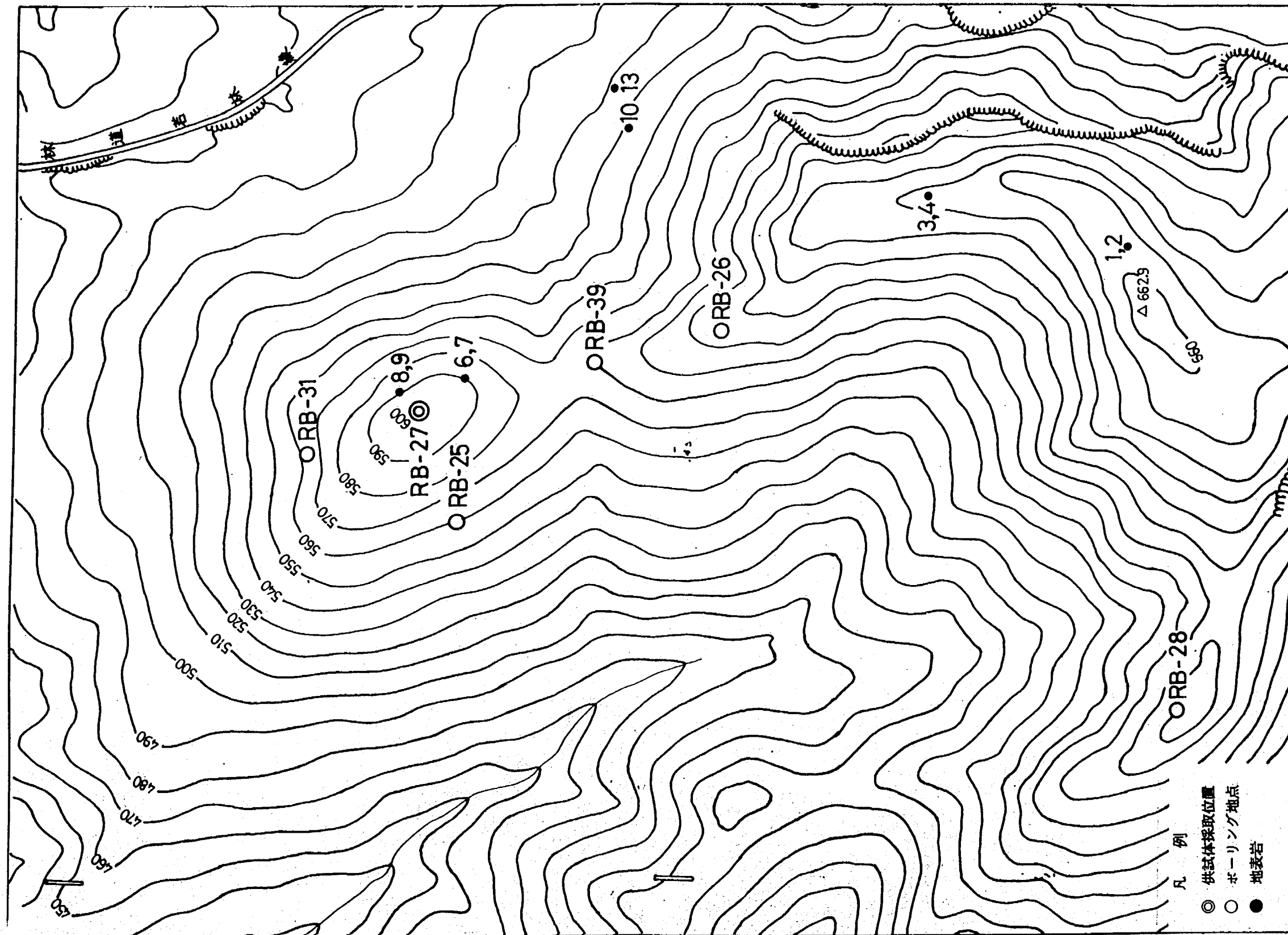


図-1(3) 供試体採取位置図 (SA-A)

皿森山附近地質平面図及び調査地点位置図

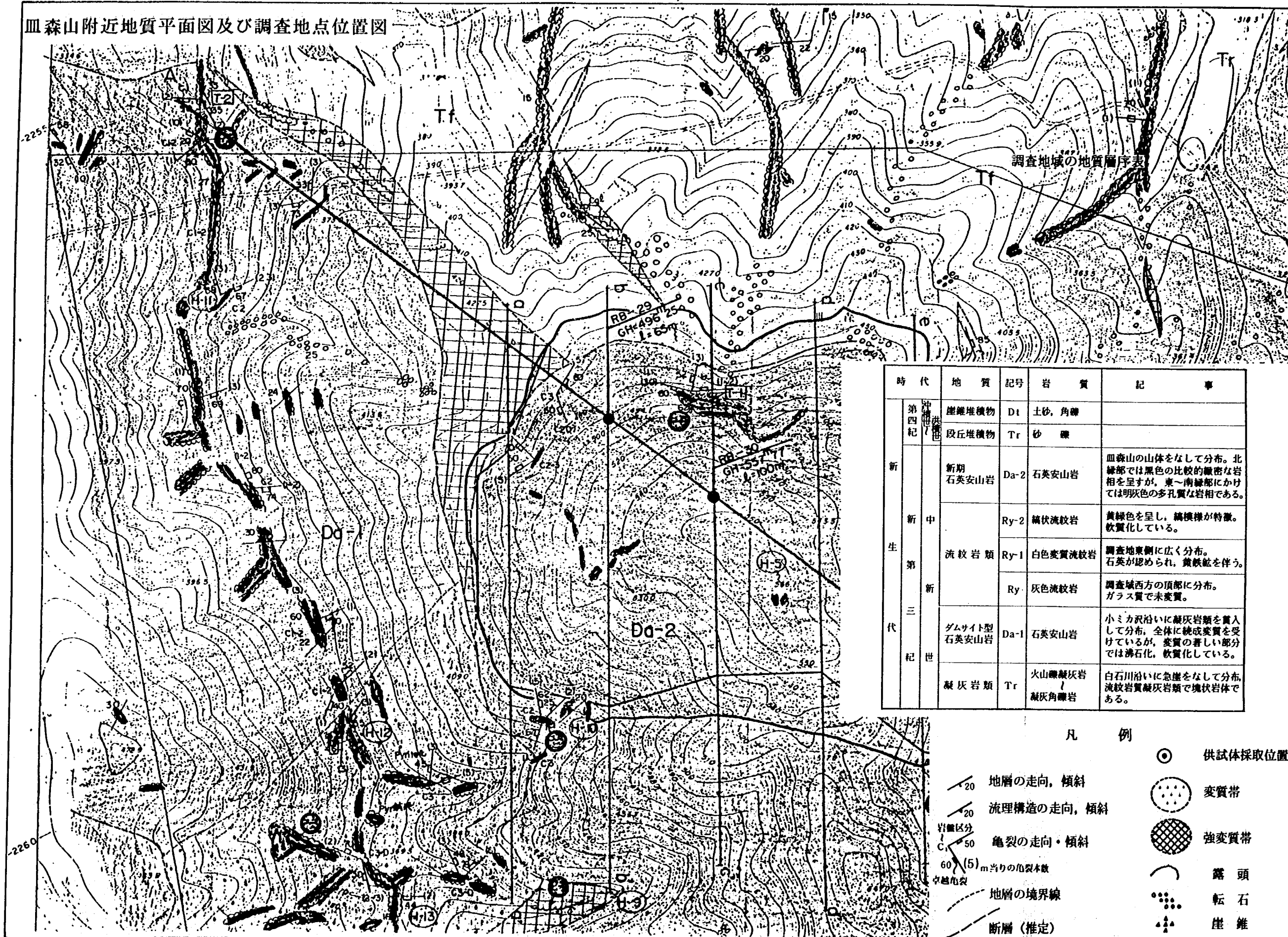
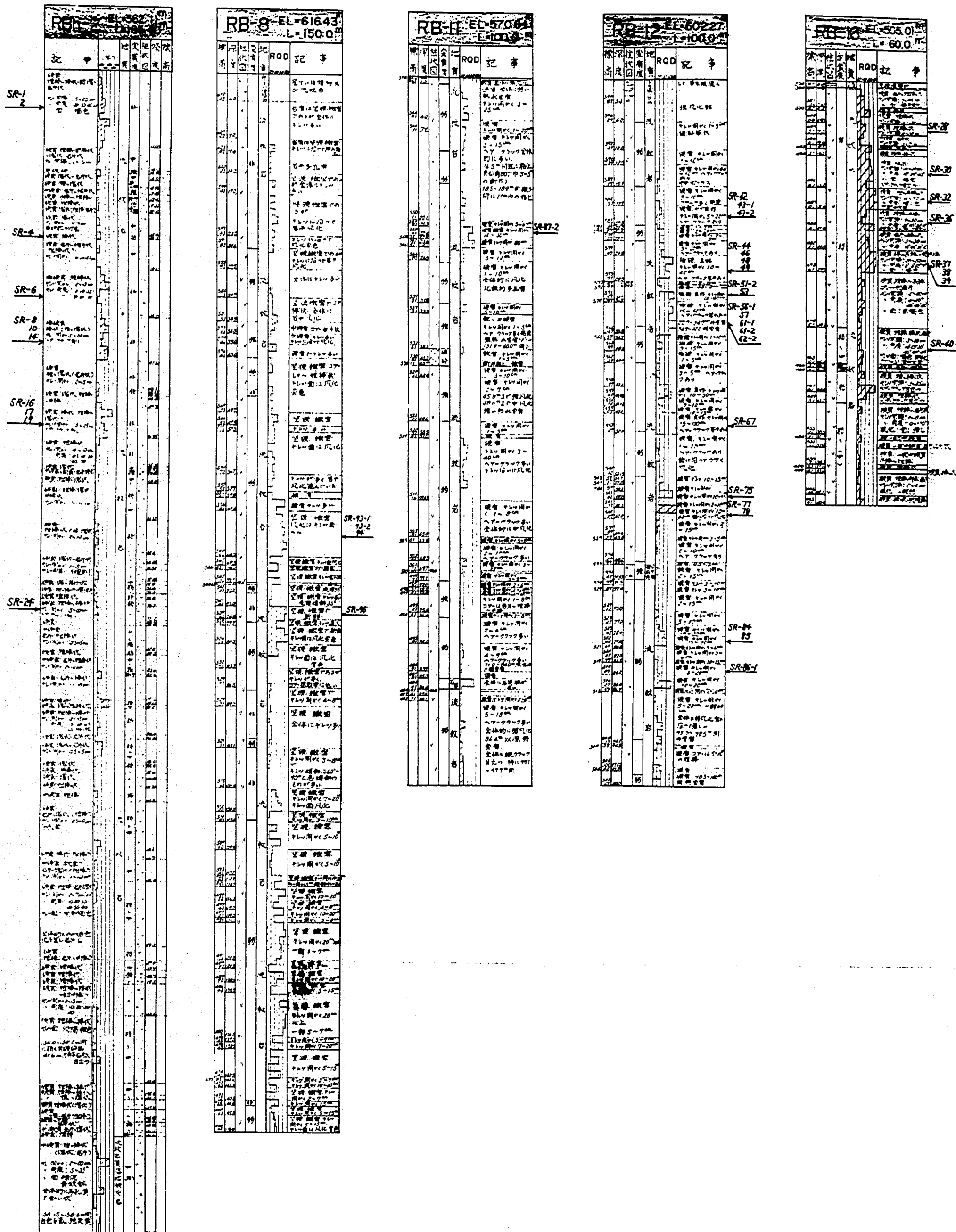


図-1(4) 供試体採取位置図 (SA-S)



機械ボーリング柱状図

2. 88-47 号機

調査会社 日本地質調査会
調査員 佐藤 隆夫

調査地点 千葉県千葉市中央区

調査期間 昭和55年7月1日 - 昭和55年7月1日

井筒径	φ100 mm	掘削深度	100.00 m	掘削速度	0.50 m/min
使用機	D2-G50	掘削時間	1h 40min	掘削量	46.00 m ³
機 種	式	掘削率	100 %		

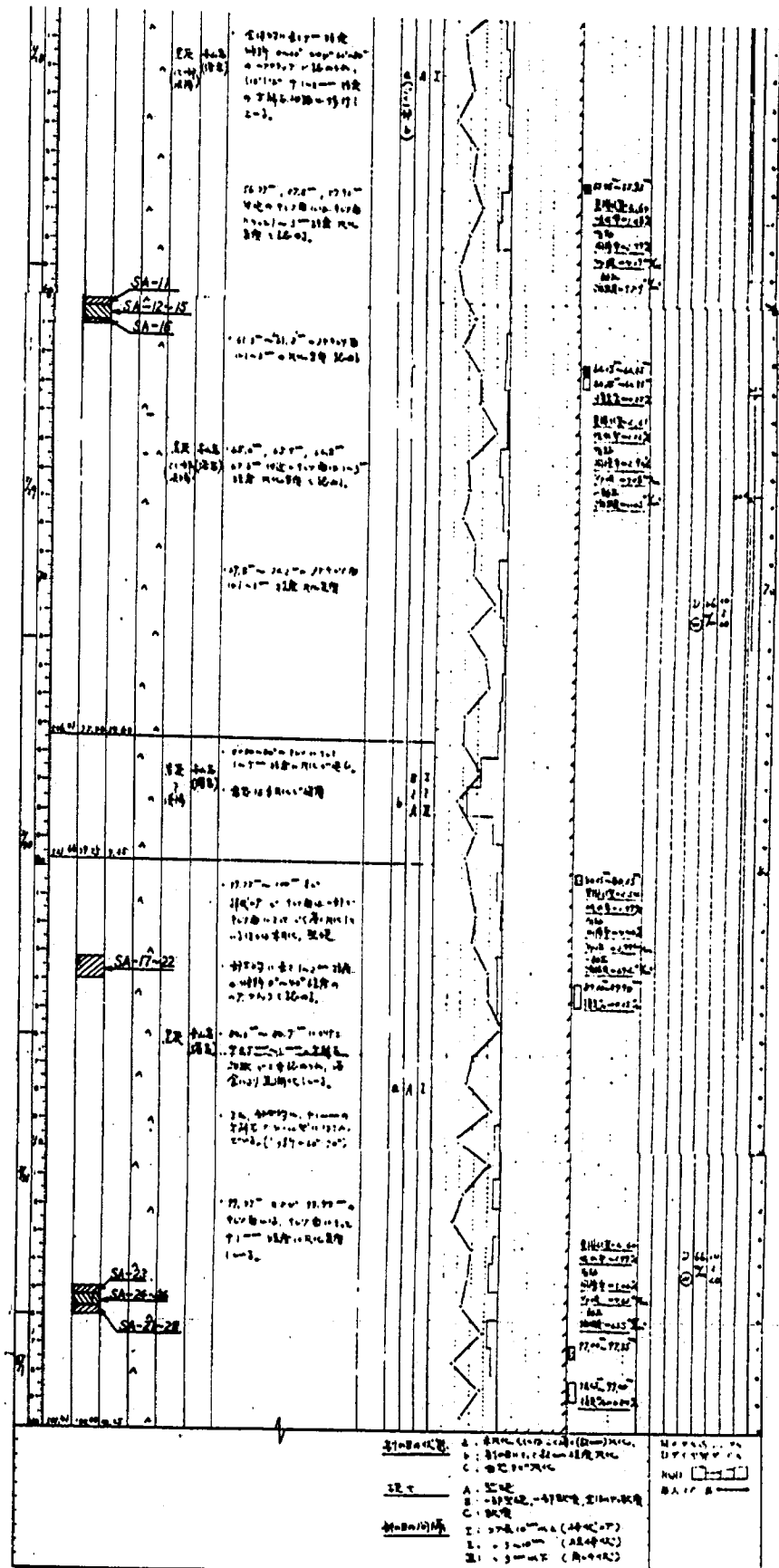
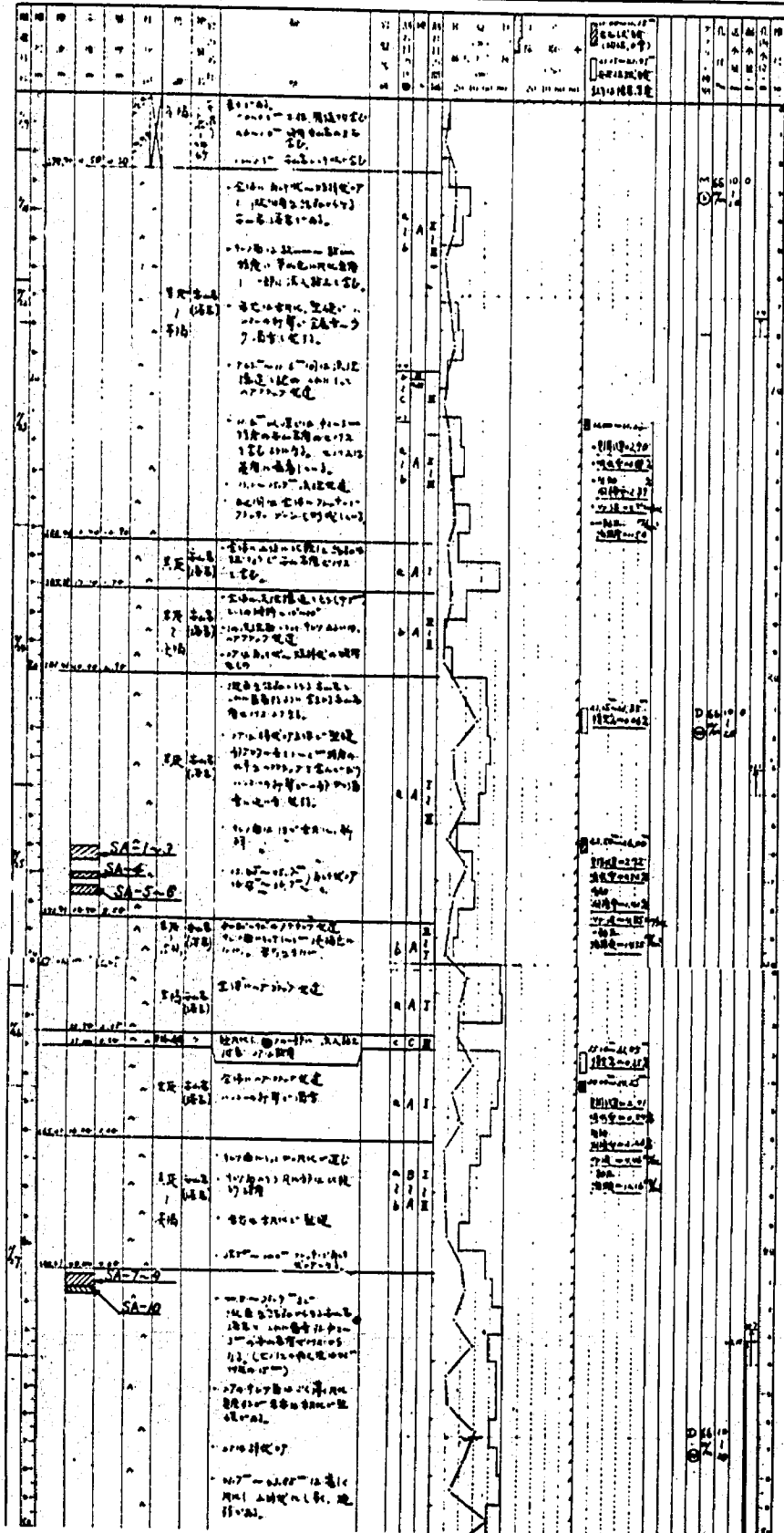


図-2(2) 供試体採取位置 (ボーリング柱状図): SA-A

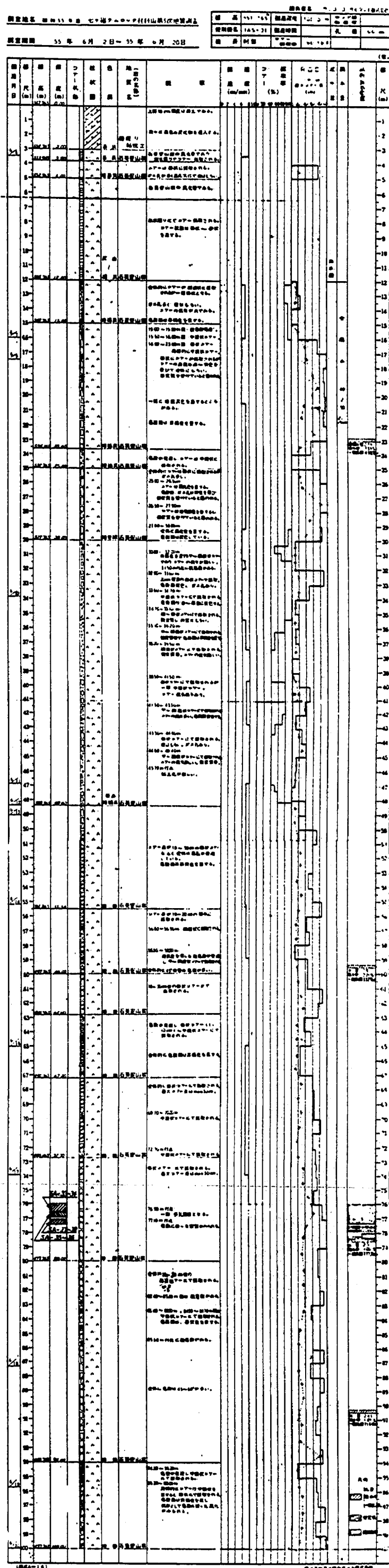


図-2(3) 供試体採取位置(ボーリング柱状図): SA-S

2) ショア硬度試験

KDK 第5章 岩石 ショア硬度試験の規定に準拠し、D型のショア硬度試験機を使用した。SRは1供試体につき100点、SR-Iは石基部分のみ50点打撃を行ない、平均値、標準偏差、歪度、尖度を求めた。SA-A、SA-Sは表面の凹凸が激しいのでショア硬度試験を行なわなかった。なお、歪度、尖度は次式で示され、それぞれ分布のかたより、集中度を表わす。

$$\text{歪度} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^3}{n} / s^3$$

$$\text{尖度} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^4}{n} / s^4$$

ただし、 x_i : 測定値

n : 測定個数

$\bar{x}$: 平均値

s : 標準偏差

3) 共振法による動弾性係数試験

JISA 1127-1958 共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数、動せん断係数および動ポアソン比試験方法の規定に準拠して行なった。

4) X線回折試験

下記条件下でX線粉末回折試験を実施した。

管 球	Cu	走査範囲	$2\theta = 4^\circ \sim 40^\circ$
フィルタ	Ni	走査速度	$2^\circ/\text{min}$
電 圧	40 KV	電 流	30 mA
記録紙速度	20 mm/min		

5) 一軸圧縮試験

KDK S 0502-1968 岩石の一軸圧縮試験方法の規定に準拠した。

6) 点載荷試験

長さ5～10 cm位のボーリングコアを用い点載荷試験を行なった。載荷点間隔をD、破壊荷重をPとするとPoint Load Index (P. L. I.) は次式で定義される。

$$\text{P. L. I.} = \frac{P}{D^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

7) 光沢値測定試験

本試験は従来入射光と反射光の強度を比較することにより、塗装、金属、プラスチック等の品質管理に利用されており、岩石へ適用した例はないが、今回筆者等は劣化による岩石表面の凹凸の増大を定量

的に表わす指標の1つとして経時測定を行った。測定はJIS Z 8741-1962 光沢度測定方法に従ったが、岩石の場合測定条件は確立されていないので入射角・反射角は表-2に示すとおり8種類について行った。

表-2

入射角	受光角
85°	85°
75°	75°
60°	85°
	75°
	60°
	45°
	20°
45°	45°

8) 凍結融解試験

試験槽内の温度を自動制御できる空気循環式の凍結融解試験装置を使用し、直径約5 cm、長さ10 cmの円柱状供試体を図-3に示すゴム容器中に水浸状態で入れ、下記の条件下で試験を実施した。

槽内最高(最低)温度 + 15 °C (- 15 °C)

温度上昇(下降)速度 30 °C / 時間

最高最低温度持続時間 2 時間

1 サイクル当り時間 6 時間

日当りサイクル数 4 サイクル

図-4に試験の流れを、表-3に測定項目を示す。測定は 0, 12, 24, 36, 72, 108, 144, 216, 288 および 360 サイクルにおいて実施し、360 サイクルで試験終了とした。

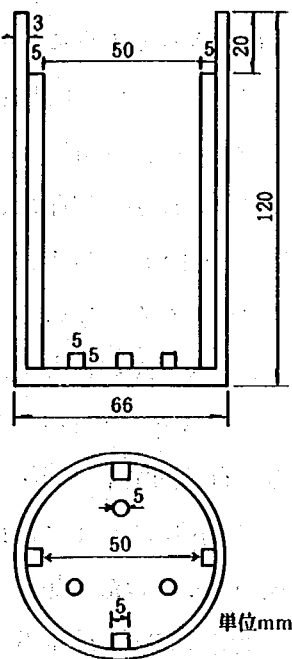


図-3 ゴム容器

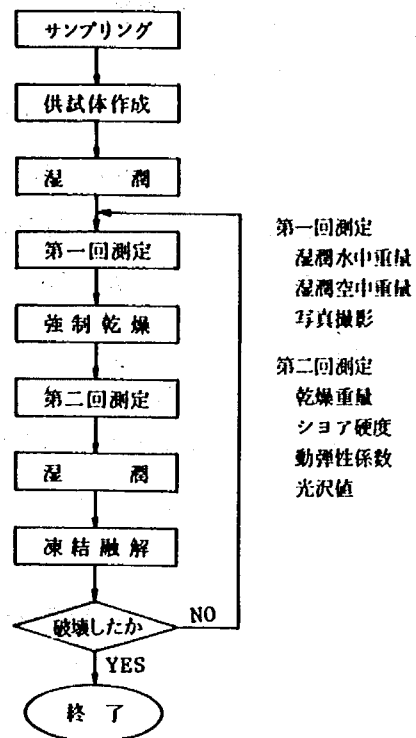


図-4 試験の流れ図

表-3 測定項目

初期測定	経時測定
供試体の記載, スケッチ 写真撮影 密度, 有効間隙率, 吸水率 ショア硬度 動弾性係数 光沢値	同左 " " → 重量損失 " " "
引張強度 (点载荷試験) 圧縮強度 X線回折	

4. 試験結果および考察

4.1 物理・力学試験

図-5(a)~(f)に各種物理・力学量のヒストグラムを示す。同図(a)に示されるように、乾燥密度に関してはSRが2.50~2.55 (g/cm^3)に最大値をもちほぼ正規分布している。SR-Iは最大値がSRと同一であるが、低密度の方に幅広く分布している。SA-Aは2.50~2.65 (g/cm^3)と高密度にかたよった偏平な分布をしている。また2.70 (g/cm^3)以上のより高密度な供試体が5個存在し、前者とはっきり区分できる。SA-Sは他のグループに比べ密度が低い。吸水率(同図(b))に関してはSR-Iが0.5~3.0(%)に平坦な分布をしている。また極端に高い吸水率の供試体も存在している。SRは0.5~1.0(%)と低吸水率に最大値をもち、高吸水率へと幅広く分布している。SA-Aの最大値は1.0~1.5(%)でSA-Sと同一である。SA-Aは乾燥密度がSA-Sより高いので、SA-Aは他のタイプと比較し間隙の程度はほぼ同一であるが、岩石の真比重は大きいと考えられる。有効間隙率(同図(c))に関しては吸水率と同様なことがいえる。動弾性係数(同図(d))に関してはSRが他のタイプに比較し値が大きいのでクラックは多数発達しているが密着していると考えられる。他のタイプは最大値が4.0~4.5($\times 10^5 \text{ kg}/\text{cm}^2$)と等しいが、SR-Iは幅広い分布を示している。ショア硬度(同図(e))に関しては、3.2)に示すように試験方法が異なり正確な比較はできないが、SR-Iの一部を除いてはほぼ同一分布範囲で不規則に分布している。P. L. I. (同図(f))に関しては、SR, SR-Iが非常に幅の広い分布を示し、SA-A, SA-Sが比較的分布範囲が狭い。SRについては後述の凍結融解試験との関連から、クラックのところで点載荷試験を行なった。したがってP. L. I.の分布の広がり、クラックの付着強度のばらつきを示し、ひいては凍結融解試験における耐久性のばらつきを暗示している。またSA-Aおよび、SA-Sは他の2タイプと比較し小さい値を示している。

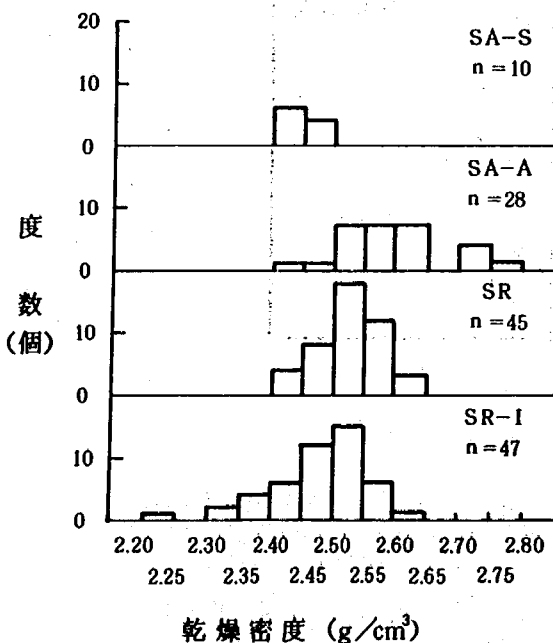


図-5 (a) 乾燥密度のヒストグラム

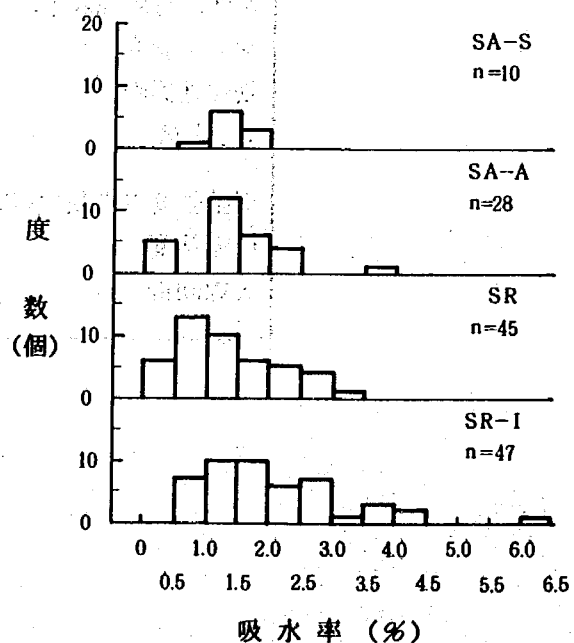


図-5 (b) 吸水率のヒストグラム

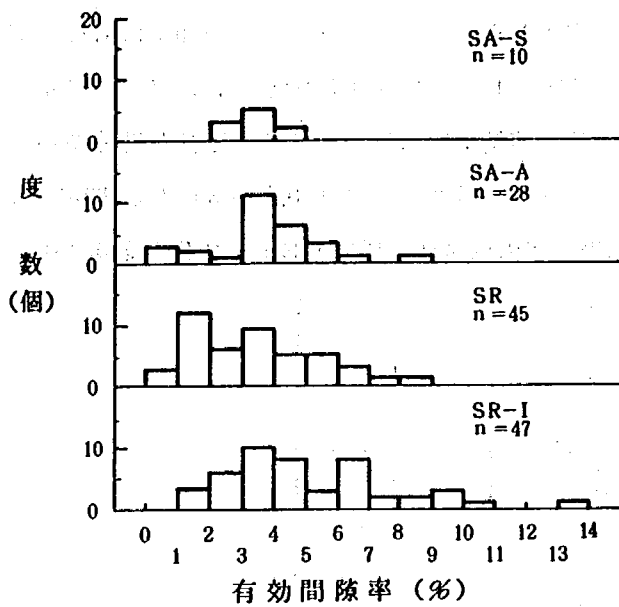


図-5 (c) 有効間隙率のヒストグラム

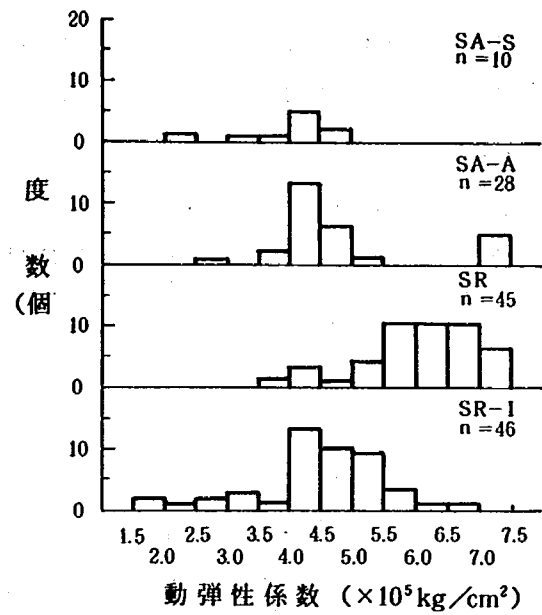


図-5 (d) 動弾性係数のヒストグラム

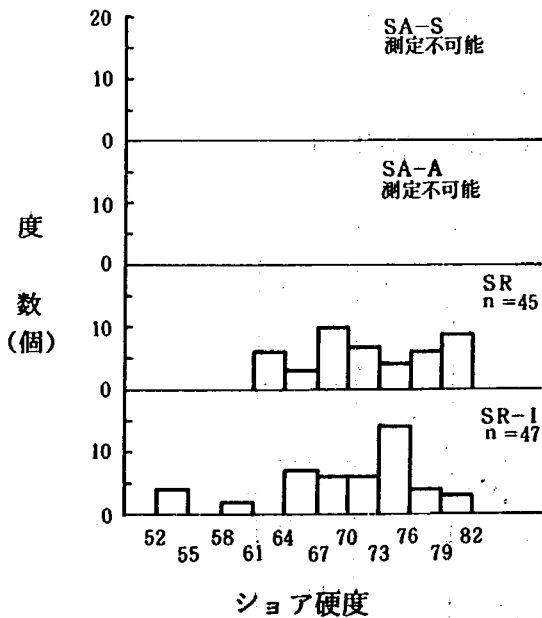


図-5 (e) ショア硬度のヒストグラム

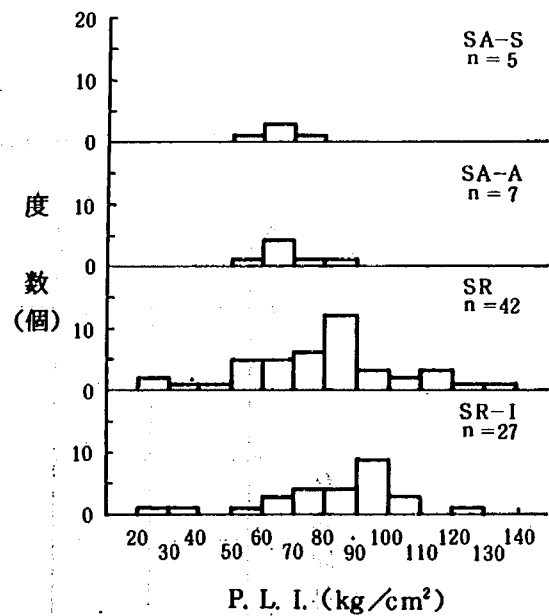


図-5 (f) P. L. I. のヒストグラム

なお、一軸圧縮試験に関しては供試体個数が少なかったのでヒストグラムには示していない。附表-2, 3にそれぞれ点载荷試験結果、一軸圧縮試験結果を、附図-1にそれぞれ一軸圧縮試験における応力-変線図を示す。

(表) 中 表

(表) 中 表

以上の物理、力学量の相互関係を示したのが図-6～11である。図-6(a)～(d)はそれぞれのタイプについて吸水率と有効間隙率の関係を示したものである。定義から明らかなように両者の間には密接な関係があるが、その分布域は供試体によって異なっている。SR-I(同図(a))に関しては、吸水率で示すと3(%)を境に2グループに大別できる。このことは後述の凍結融解試験の耐久性と密接な関連を持っている。SR(同図(b))に関しては、供試体個数の多少はあるが吸水率で示すと0.2～3.0(%)間にはほぼ均一に分布している。また2.5～3.0(%)に存在する高吸水率の供試体は総てRBh-2孔の深度40～

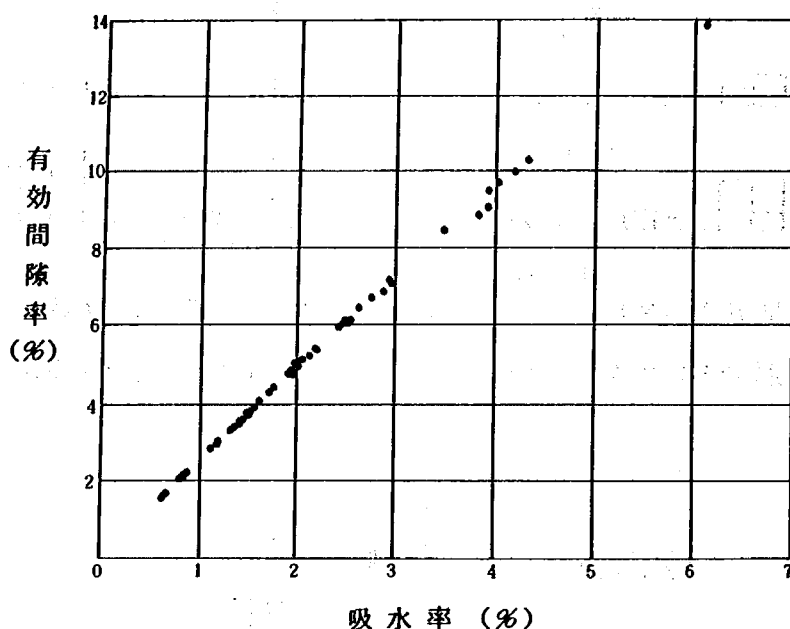


図-6 (a) 吸水率と有効間隙率の関係 (SR-I)

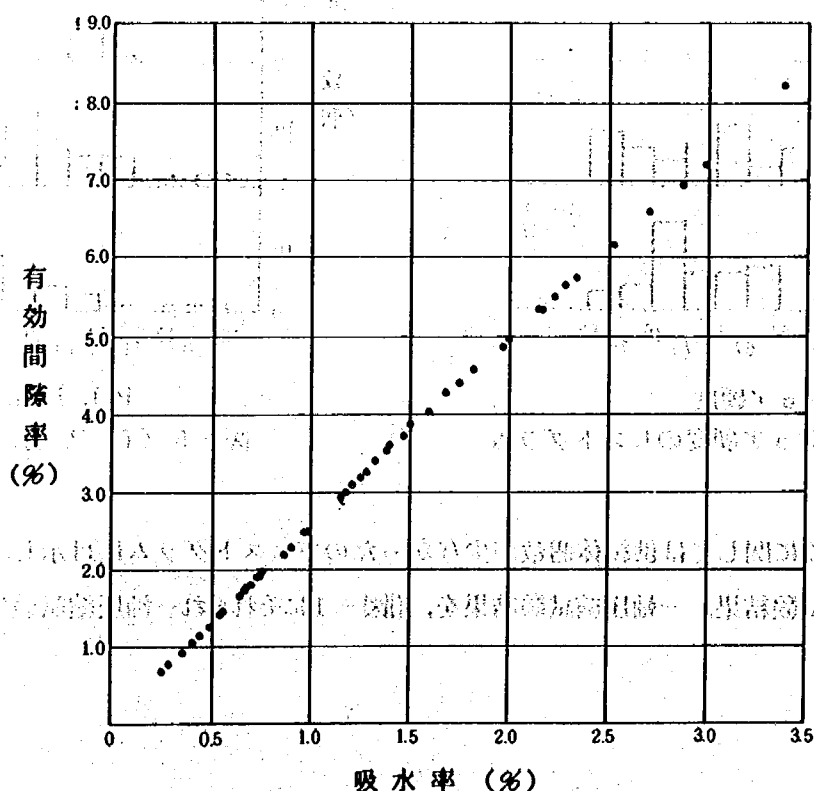


図-6 (b) 吸水率と有効間隙率の関係 (SR)

50 mから採取されたものである。SA-A（同図(c)）に関しては、吸水率0.5（%）以下の低吸水率の供試体が他のものと区別できる。また吸水率が3.55（%）の供試体は、全体の約2/3が優黒質なゼノリスで占められている供試体である。

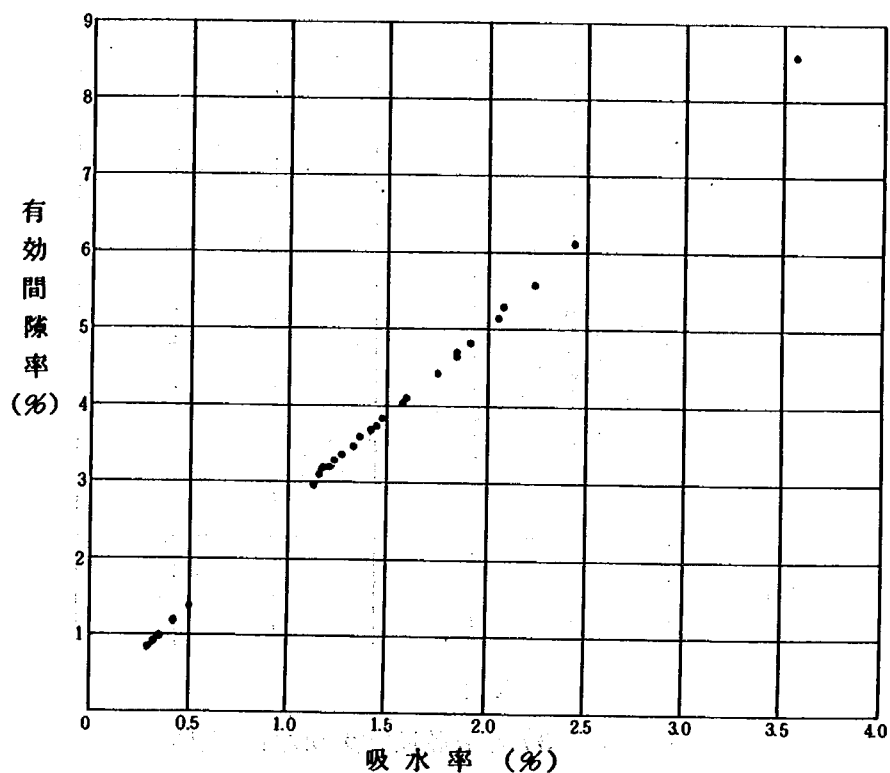


図-6 (c) 吸水率と有効間隙率の関係 (SA-A)

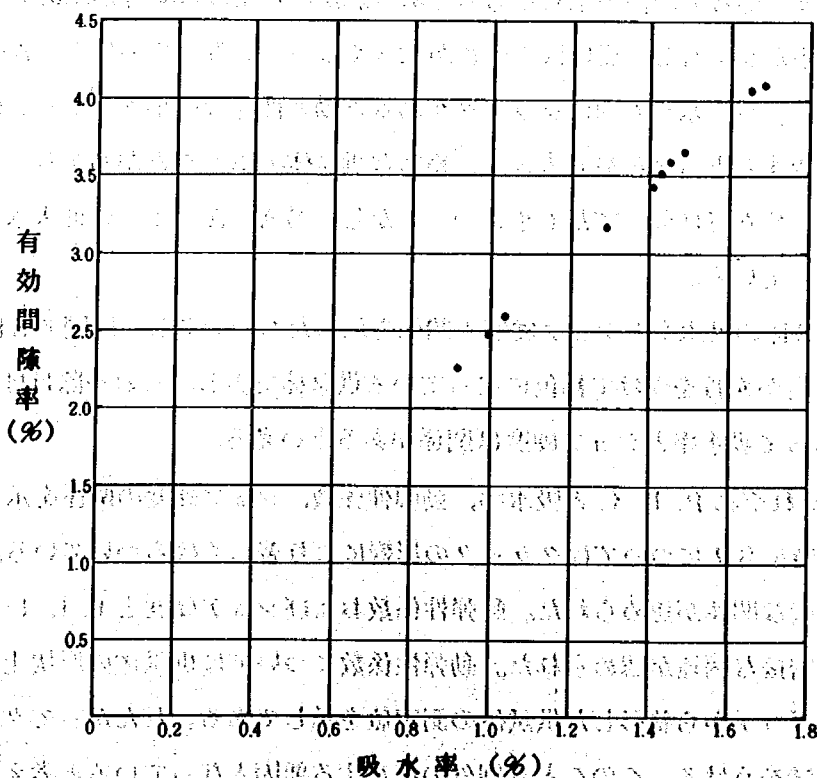


図-6 (d) 吸水率と有効間隙率の関係 (SA-S)

図-7は吸水率と乾燥密度の関係を示したものである。各タイプとも直線あるいはなめらかな曲線で示され、かなり密接な関係が認められる。同一吸水率に対する乾燥密度を比較するとSA-Aが最も大きくSA-Sが最も小さくその中間にSR-1とSRが存在している。

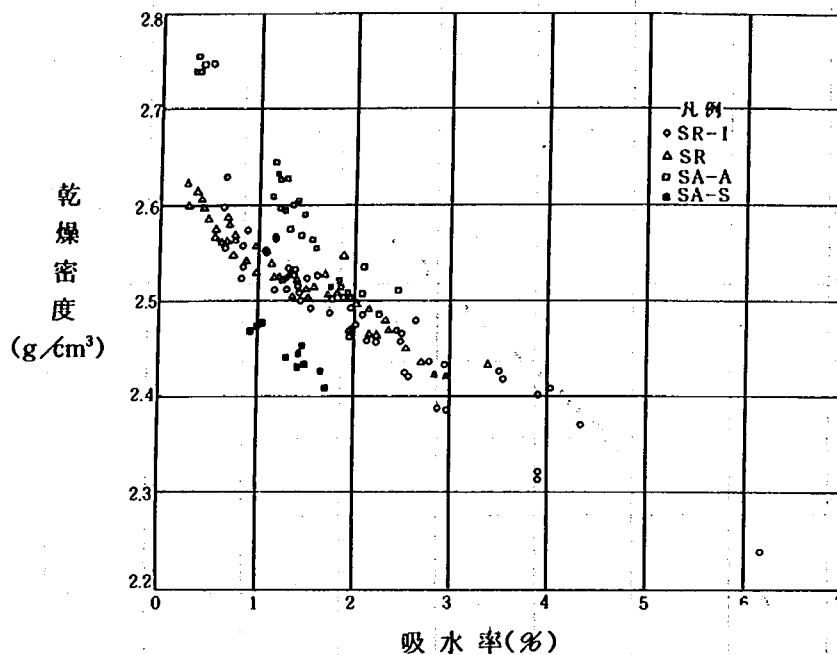


図-7 吸水率と乾燥密度の関係 (全体)

図-8は吸水率と動弾性係数の関係を示したものである。かなり密接な関係が認められるがややばらつきが大きく、特に吸水率が高くなるに従いばらつきが大きくなっている。このばらつきの原因としてクラックの影響が考えられる。特に水平方向にクラックがあると動弾性係数は小さくなる。同一吸水率に対する動弾性係数の値を比較するとSRが最も大きく、緻密な供試体であることがわかる。続いてSR-1、そしてSA-AとSA-Sがほぼ同一で最も小さい。しかし、SA-Aタイプの低吸水率の供試体についてはSRと同一値を示している。

図-9はSR-1とSRの吸水率とショア硬度の関係を示したものである。同図でSR-1(変質)と示す供試体は、斑晶の長石が変質を受けて褐色になっている供試体である。これを除けば、ばらつきは大きいがある分布範囲をもって吸水率とショア硬度は関係があるといえる。

図-10(a)~(c)はそれぞれP. L. I.と吸水率、動弾性係数、ショア硬度の関係を示したものである。かなりばらつきがあり特にSRについてはクラックの影響により著しくばらついている。SR-1に関しては吸水率とかなり密接な関連が認められた。動弾性係数およびショア硬度とP. L. I.についても、一部の例外を除くとかなり密接な関連が認められた。動弾性係数については供試体の形状上直接測定できなかったため、同一ボーリングコアから整形した供試体の測定値を示してある。したがってクラックがあるかないかによって著しく影響をうける。このことも例外の存在する要因となっていると考えられる。SA-AとSA-Sは供試体数が少ないので明確な関係を求めることはできない。

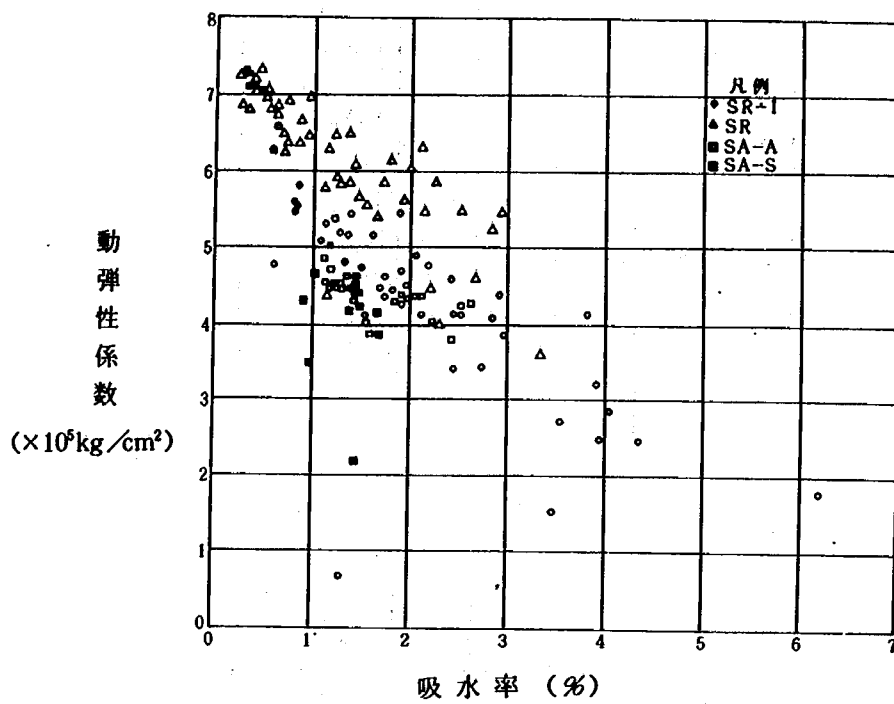


図-8 吸水率と動弾性係数の関係 (全体)

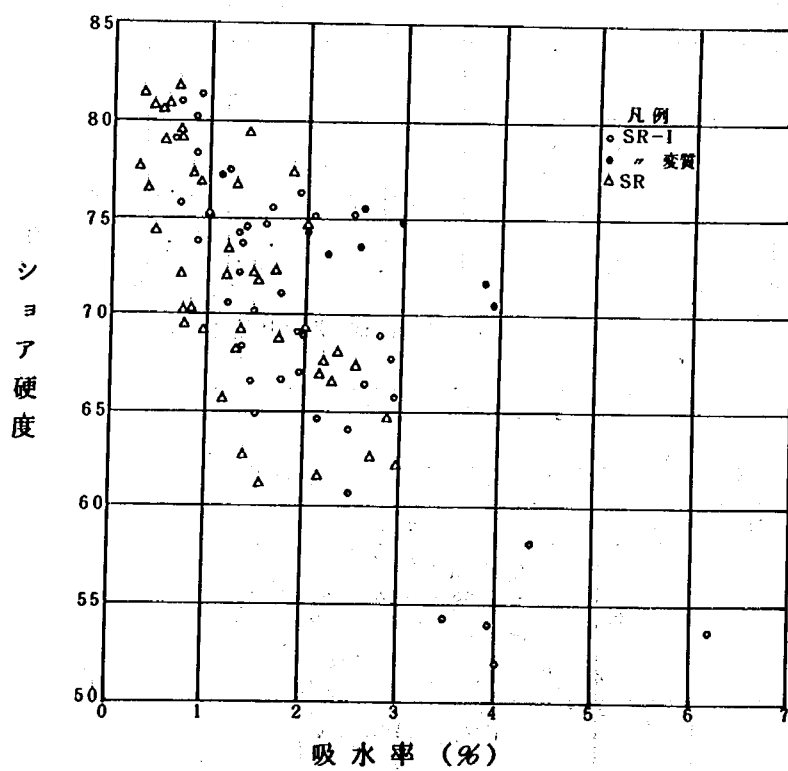


図-9 吸水率とショア硬度の関係

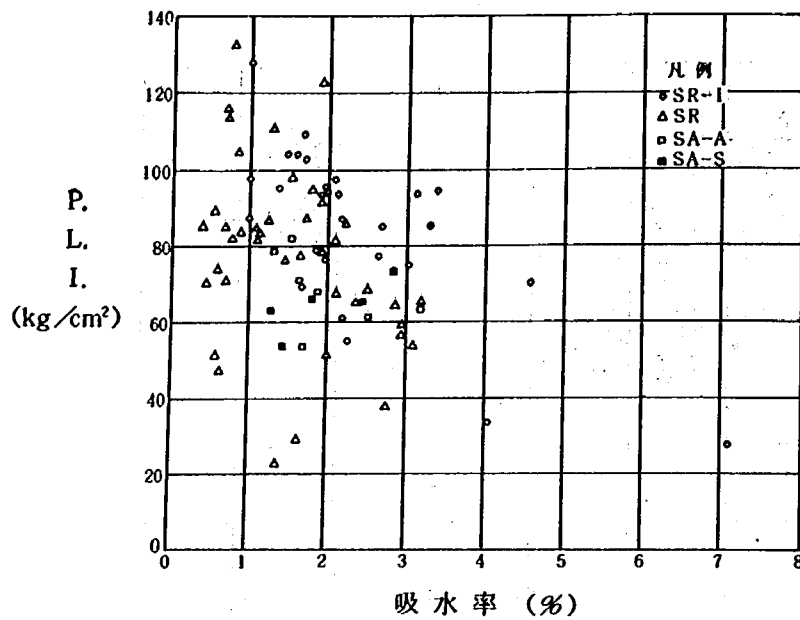


図-10 (a) P. L. I. と吸水率の関係

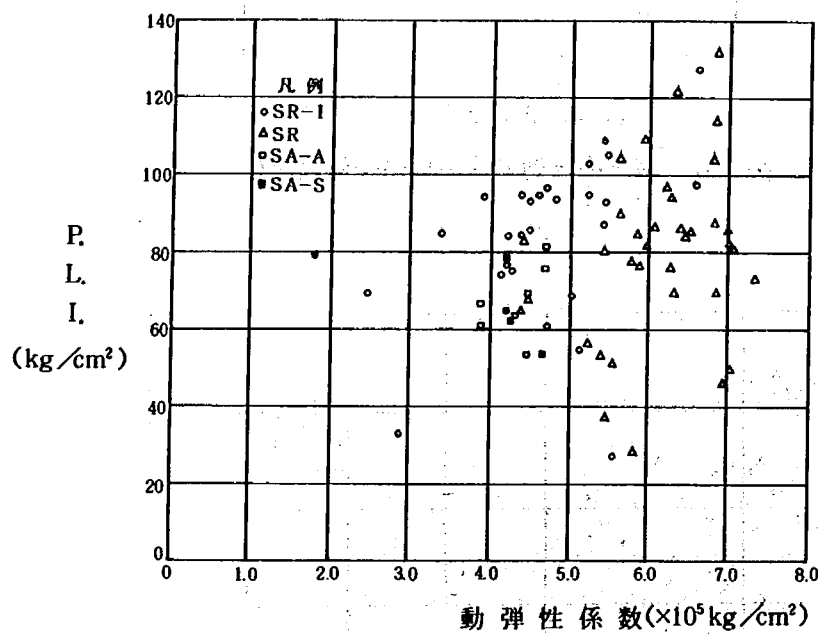


図-10 (b) P. L. I. と動弾性係数の関係

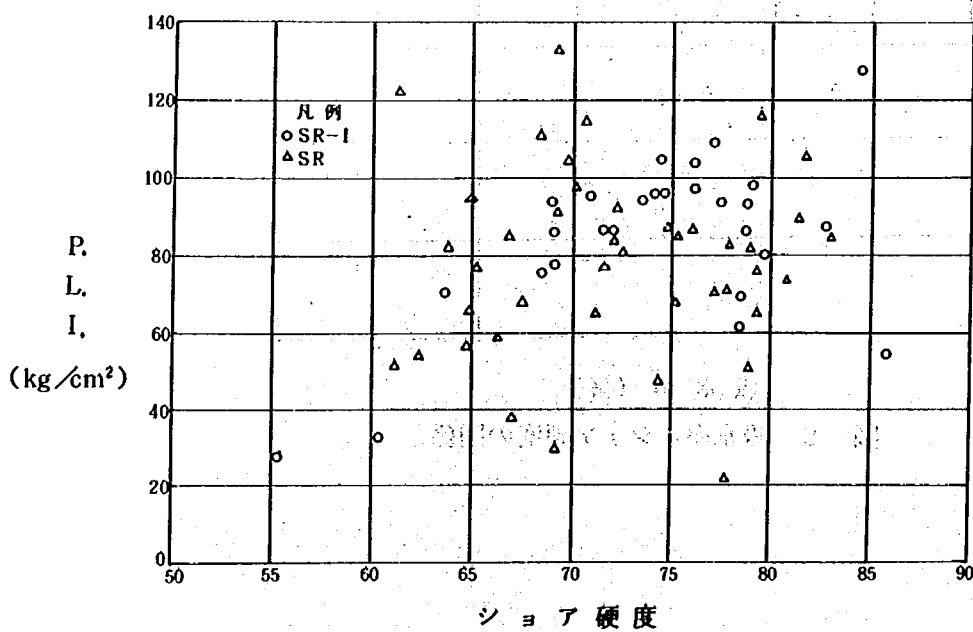


図-10 (c) P. L. I. とショア硬度の関係

図-11 (a), (b) は一軸圧縮強度と吸水率、動弾性係数の関係を示したものである。一軸圧縮強度はクラックのある供試体の場合、クラックの付着強度やその入り方(方向)によって著しく異なる。同図の SR のばらつきがそのことを示している。SR-I は供試体数が少ないので断言はできないが、前年度実施した同種類供試体の結果をあわせて考えると、動弾性係数とかなり密接な関係が認められた。

以上の物理・力学試験結果を総合したのが表-4 である。

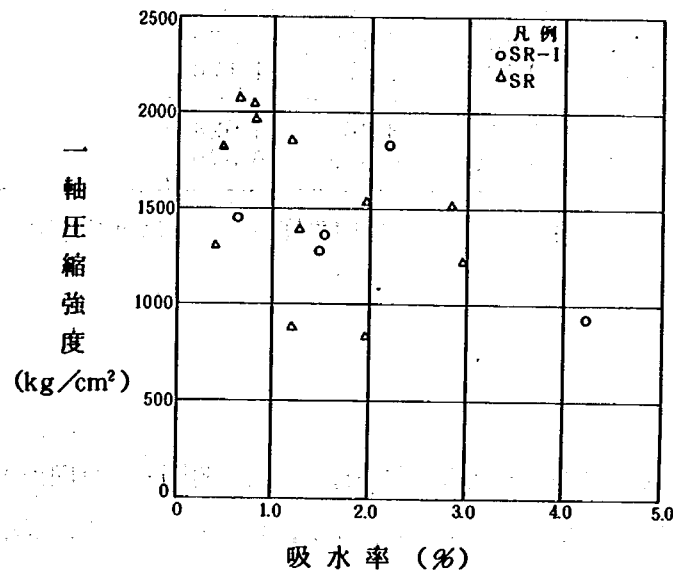


図-11 (a) 一軸圧縮強度と吸水率の関係

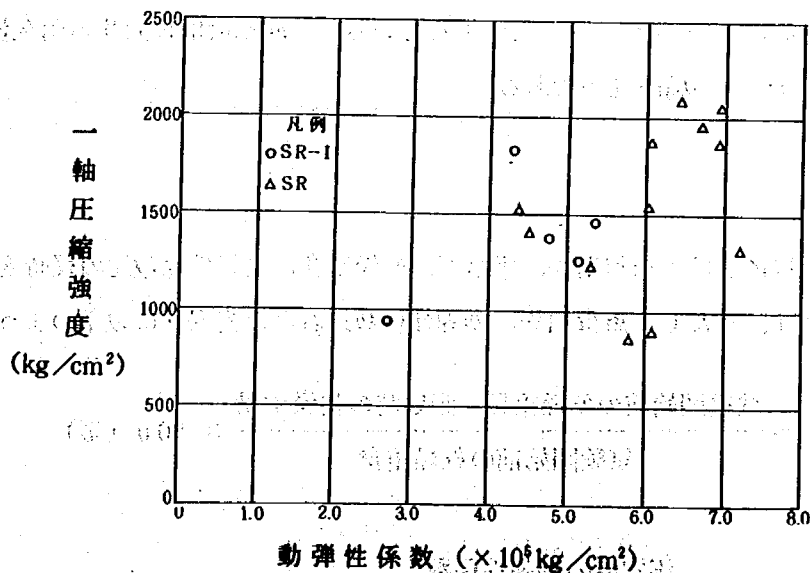


図-11 (b) 一軸圧縮強度と動弾性係数の関係

表-4 供試体の物理的・力学的性質

項目 供試体	供試体数 (個)	乾燥密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	有効 間隙率 (%)	動弾性 係数 (×10 ⁹ kg/cm ²)	ショア 硬度	P. L. I. (kg/cm ²)	一軸圧縮 強度 (kg/cm ²)
SR-I	47	2.478 0.074	2.108 1.137	5.144 2.587	4.456 1.046	70 7	84 21 (28)	1558 410 (12)
SR	45	2.527 0.051	1.368 0.791	3.418 1.914	6.107 0.871	72 6	80 24 (43)	1380 291 (5)
SA-A	28	2.594 0.087	1.437 0.483	3.670 1.675	4.870 1.170		68 9 (7)	
SA-S	10	2.445 0.020	1.345 0.260	3.282 0.612	4.024 0.679		65 8 (5)	

注) 上段: 平均値

P. L. I. と一軸圧縮強度の () は供試体数

下段: 標準偏差

4.2 X線回折試験

各タイプより代表的試料を2つ選びX線回折試験を行なった。附図-2は回折チャートを示す。SR-Iは石英、長石が主な構成鉱物で、他にモンモリロナイト、ローモンタイト、緑泥石、雲母類が含まれており、耐久性の劣る供試体 (SR-I-47) にはこれらがやや多く含まれている。SRもSR-Iと同様石英、長石が主な構成鉱物で耐久性の劣る供試体 (SR-53) にはローモンタイト、緑泥石、雲母類が多く含まれている。しかし、モンモリロナイトは含まれていない。SA-Aは石英、長石が主な構成鉱物で他に輝石類が含まれている。モンモリロナイトも含まれているが、凍結融解に対する耐久性は良好である。SA-SはSA-Aとほぼ同一の構成鉱物である。

4.3 凍結融解試験

附図-3に凍結融解試験における重量損失、吸水率、乾燥密度、動弾性係数比の経時変化を、附図-4に光沢比の経時変化を示す。ただし、重量損失、動弾性係数比および光沢比は以下のように定義した。

$$\text{重量損失} = \frac{\text{試験開始前の乾燥重量} - \text{測定時の乾燥重量}}{\text{試験開始前の乾燥重量}} \times 100 (\%)$$

$$\text{動弾性係数比} = \frac{\text{測定時の動弾性係数}}{\text{試験開始前の動弾性係数}} \times 100 (\%)$$

$$\text{光沢比} = \frac{\text{測定時の光沢値}}{\text{試験開始前の光沢値}} \times 100 (\%)$$

4.3.1 重量損失の経時変化

凍結融解試験による岩石の劣化形式には、基質そのものが劣化し表面から徐々に剥離していくタイプと、基質そのものは劣化せずクラック等の弱面に沿って分割するタイプとその中間を示すタイプの3タイプがある。今回実施した凍結融解試験結果によるとSR-Iは表面から徐々に剥離（マサ状）するタイプで、SRは基質そのものは劣化せずクラックに沿って破壊するタイプである。SA-Aは、初期において供試体表面に付着していたと思われる鉱物が剥脱しただけでその後の重量変化はほとんどない。SA-Sは表面から徐々に剥離しているが附図-3からわかるように重量損失は少ない。以上のことは附録写真からも確認することができる。

図-12は各タイプの崩壊開始サイクルと重量損失についてまとめたものである。同表左の崩壊の欄はそのサイクルに至るまでに崩壊した供試体の全体に対するパーセントを示している。したがって同表左欄に関しては出現頻度数が多い程、しかも左側（サイクル数の少ない方）に出現する程耐久性は劣る。この観点からいえば、360サイクルまでにSRが60%と最も多く崩壊し、次いでSR-Iが32%崩壊している。またSRは崩壊しやすいものは72サイクル以内に崩壊しており、その後は崩壊する供試体はあるが崩壊頻度は徐々に減少している。SR-Iも崩壊しやすい供試体は108サイクル以内に崩壊しており、その後は崩壊頻度が減少している。SA-AとSA-Sについては、360サイクルまでに崩壊した供試体はなかった。以上のことからSRが最も耐久性に劣り、次いでSR-IでSA-AとSA-Sは非常に耐久性の良好な供試体であることがわかる。

次に崩壊を生じなかった供試体については重量損失で評価することにする。右欄は360サイクルにおける重量損失のヒストグラムである。重量損失が少ない程耐久性が良好であるから、同表右欄の左側に出現する頻度が高い程耐久性に優れている。SR-Iは大部分が2%以内であるが、2%以上のものもあり、徐々に劣化が進行（マサ化）していることがわかる。SRも大半が1%以内であるが5%以上のものもかなりある。しかしSRはクラックから崩壊（分割）するタイプのため、重量損失はクラックの位置に左右される。SA-Aはほとんど2%以内で大きくても3%以内、SA-Sも大半が2%以内で大きくても5%以内と非常に耐久性の良好な供試体である。

現在までの経験によると、108サイクルにおける重量損失が10%未満の供試体は、その後劣化は進行するが劣化速度は緩慢で耐久性には問題がないといえる。このことは図-12においても示され、耐久性の劣る供試体はほとんど108サイクルに至るまでに崩壊している。これらのことを考慮し、108サイクルにおける重量損失10%を基準にして耐久性を判断する。表-5はこのような観点から供試体の耐久性を分類したものである。Wls₁₀₈は108サイクルにおける重量損失を示す。同表よりSA-A、SA-Sは100%良好で優れた材料である。SR-Iは約80%が良好であるが、崩壊する供試体はマサ状になるので、これら耐久性の劣る供試体の分類が必要である。SRは約40%の供試体の耐久性が劣っている。耐久性の良好な供試体もあるが、これらを分類することが困難であり、廃棄岩も多量に出ることになるのでリップラップ材として使用することは好ましくない。しかし同種類の岩石の曝露試験結果から判断すると、ロック材として堤体内部の環境条件の一定した部分に配置することは可能であると考えられる。

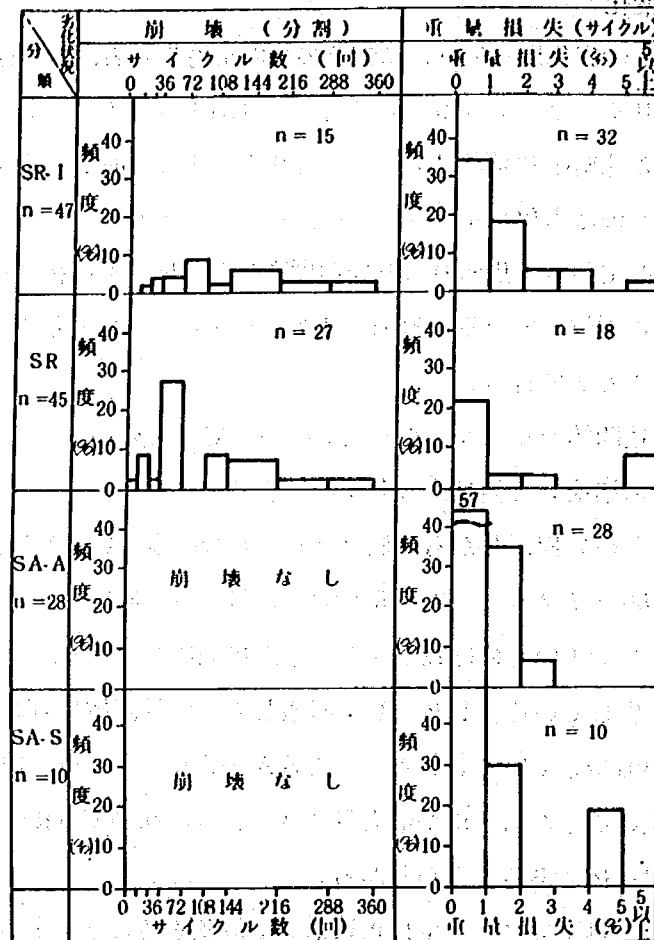


図-12 崩壊開始サイクルおよび重量損失の頻度分布

表-5 耐久性の分類

耐久性 分類	良 ($W_{108} < 10\%$)	劣 ($W_{108} \geq 10\%$)
SR-I	81	19
SR	60	40
SA-A	100	0
SA-S	100	0

4.3.2 乾燥密度および吸水率の経時変化

附図-3に示すように、ほとんど全ての供試体の乾燥密度は凍結融解の繰り返しとともに減少している。また吸水率は増加している。これはクラックや鉱物粒子間の緩みによる間隙の増加によるものと考えられる。これらの変化率は各供試体によって異なり、初期の乾燥密度、吸水率とともに耐久性と密接な関連をもっている。すなわち初期乾燥密度が小さく変化率が大きいほど耐久性は劣り、また吸水率に関しては、初期吸水率が大きく変化率が大きいほど耐久性は劣る傾向がある。図-13(a)、(b)はこの

このような観点から初期乾燥密度と乾燥密度変化率の関係を耐久性との関連から示したものである。ただし乾燥密度変化率は次式で定義した。

$$\text{乾燥密度変化率} = \frac{\text{初期乾燥密度} - \text{測定時の乾燥密度}}{\text{初期乾燥密度}} \times 100 (\%)$$

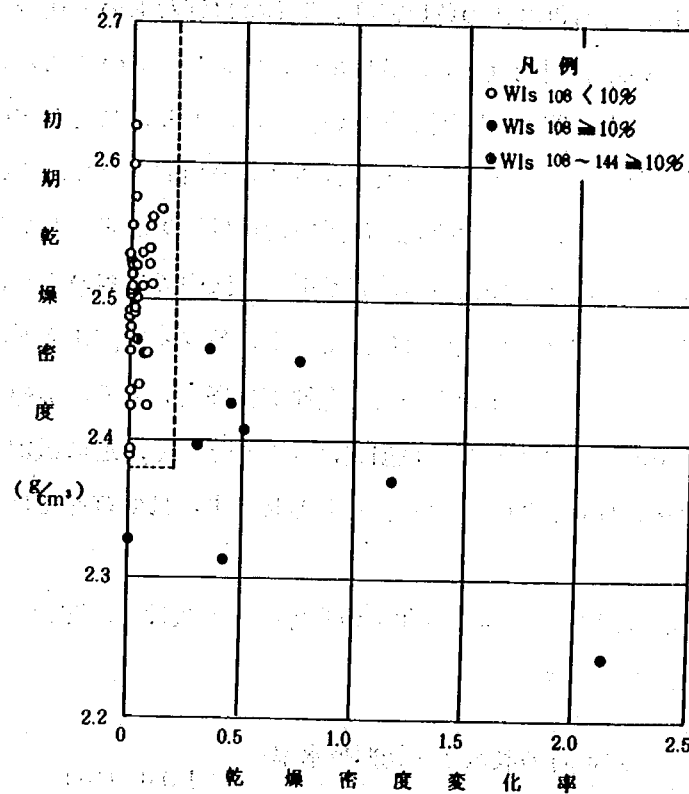


図-13 (a) 初期乾燥密度と乾燥密度変化率の関係 (SR-I-12サイクル)

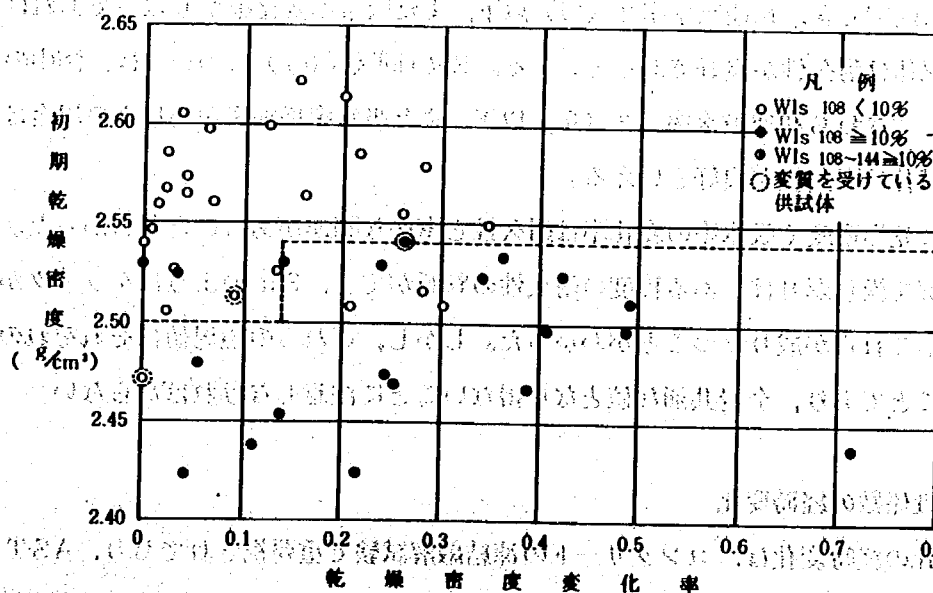


図-13 (b) 初期乾燥密度と乾燥密度変化率の関係 (SR-12サイクル)

耐久性判断の基準としては、前述の議論より $Wls_{108} = 10\%$ を用いた。しかし $Wls_{108-144} \geq 10\%$ の供試体もあり、これらは耐久性に多少の疑問があるので同図では区別して示している。

同図 (a) は SR-I の 12 サイクルにおける関係を示したものであるが、耐久性の良好なものと劣るものが明瞭に区別できる。すなわち初期乾燥密度が $2.38 (g/cm^3)$ 以上、12 サイクルにおける乾燥密度変化率 0.2 以下の供試体は耐久性が良好である。またこれらの区別は凍結融解サイクルが増すほど明瞭となる。このことは耐久性に劣る供試体の乾燥密度変化率は良好なものと比較して、凍結融解に伴う変化が大きいことを示している。同図 (b) は SR について示したものである。SR-I に比べ耐久性の良好なものと劣るものがあまり明瞭に区別できない。これは SR が基質が劣化していくものでなくクラックから崩壊するタイプのため、クラックの大きさや性質の相異により、その変化量が異なるためである。またクラックの位置により、耐久性の判断に用いた重量損失が変化してしまうことも影響している。このようなことを考慮し、耐久性の良否の境界を引くと図中の破線のようにになる。つまり初期乾燥密度が $2.54 (g/cm^3)$ 以上の供試体の耐久性は良好で、また乾燥密度変化率が 0.14 以下の供試体であれば、初期乾燥密度が $2.50 (g/cm^3)$ 以上のものも耐久性が良好といえる。破線より上の供試体は、 $Wls_{108} \geq 10\%$ になってもその後 360 サイクルまで重量損失はほとんどなく、逆に破線より下の供試体は、 $Wls_{108} < 10\%$ のものでもその直後数片に分割している。なお SR の中には変質を受けている供試体があるので、図中で区別してある。

図-14 (a), (b) は初期吸水率と吸水率変化率の関係を、耐久性との関連から示したものである。ただし吸水率変化率は次式で定義した。

$$\text{吸水率変化率} = \frac{\text{測定時の吸水率} - \text{初期吸水率}}{\text{初期吸水率}} \times 100 (\%)$$

同図 (a) は SR-I について、12 サイクル時の関係を示したものである。耐久性の良好なものと劣るものは明瞭に区別でき、初期吸水率 $2 (\%)$ 以下、また吸水率変化率が 6 以下であれば初期吸水率 $3 (\%)$ 以下の供試体は耐久性が良好であるといえる。SR (同図 (b)) については、図中の破線で示す境界が得られる。すなわち初期吸水率 $1.3 (\%)$ 以下、また吸水率増加率が 18 以下の場合は初期吸水率 $1.5 (\%)$ 以下の供試体は耐久性が良好といえる。

以上のように乾燥密度や吸水率の変化率は耐久性と密接な関連があることがわかった。しかも 12 サイクル程凍結融解を繰り返せば、ある程度の耐久性の判断ができ、SR のようにクラックから崩壊するタイプにおいてもこれらが成りたつことがわかった。しかし、これらの境界値はそれぞれのタイプについてのみ言えることであり、全岩共通な値となり得ないことに注意しなければならない。

4.3.3 動弾性係数の経時変化

動弾性係数比の経時変化は、コンクリートの凍結融解試験で重要視されており、ASTM 規格では相対動弾性係数 (= 動弾性係数比) が 60% になった時点で試験終了とし、劣化を示す指標として利用されている。図-15 (a), (b) はこのような観点から縦軸に初期動弾性係数、横軸に動弾性係数比が 60% 以

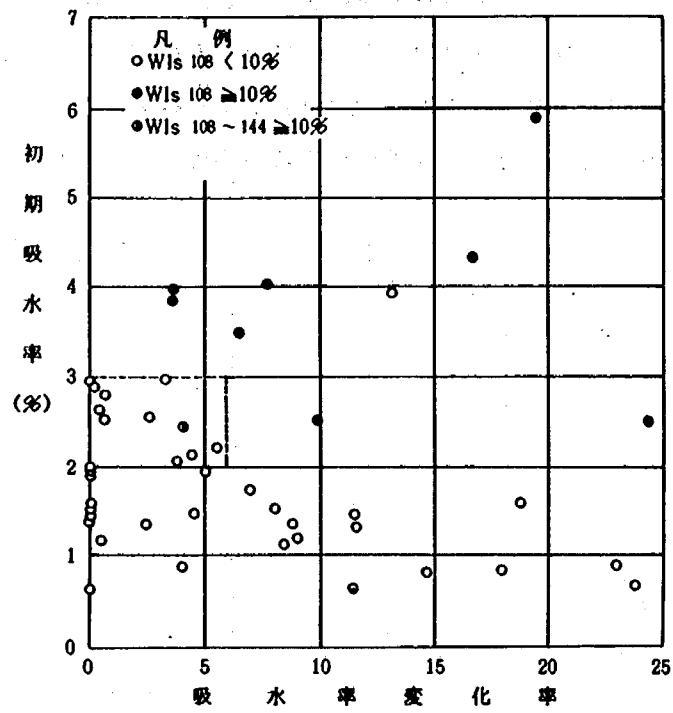


図-14 (a) 初期吸水率と吸水率変化率の関係 (SR-I-12サイクル)

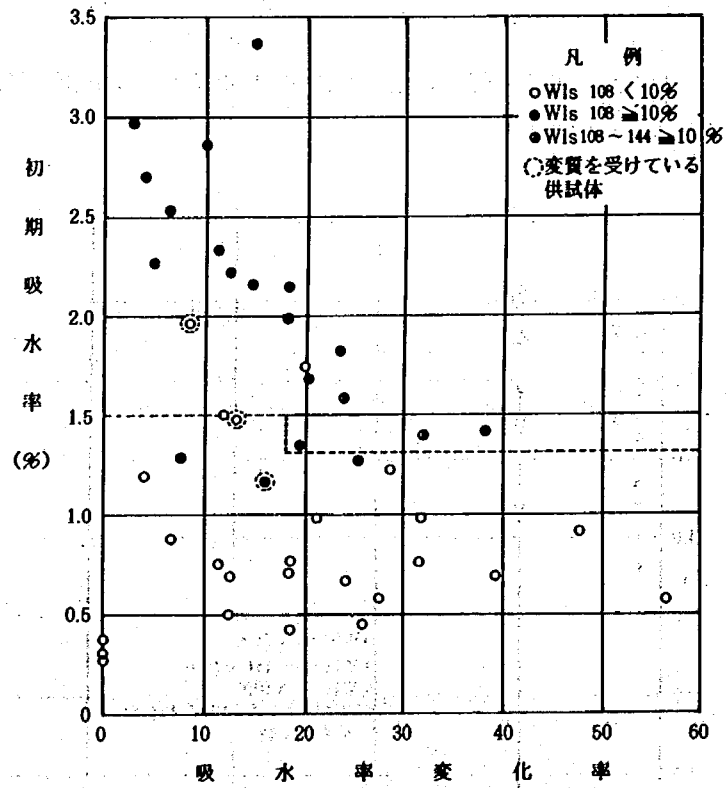


図-14 (b) 初期吸水率と吸水率変化率の関係 (SR-12サイクル)

下になったサイクルを示し、これらと耐久性の関連を表わしたものである。360 サイクルにおいて60%以上の値を保っているものも、便宜上360 サイクルにプロットしてある。SR-I は36 サイクルまでに60%以下になった供試体は総て $W_{Is108} \geq 10\%$ 、108 サイクルを越えて60%に低下しない供試体は $W_{Is108} < 10\%$ が総てであり、劣化指標となり得る可能性はあるが例外もいくつか存在している。SR について

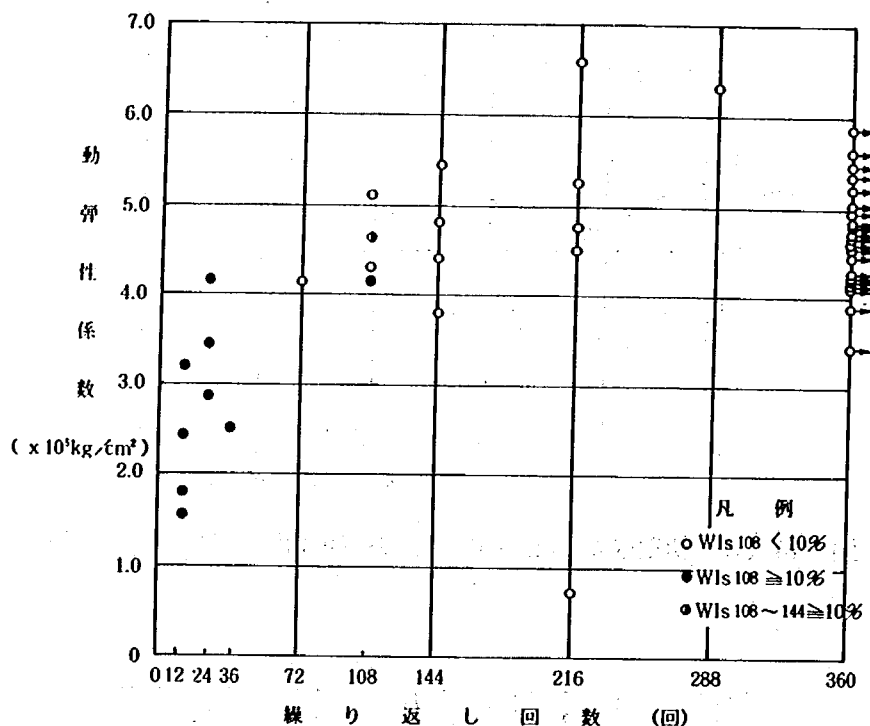


図-15 (a) 初期動弾性係数と60%低下サイクルの関係 (SR-I)

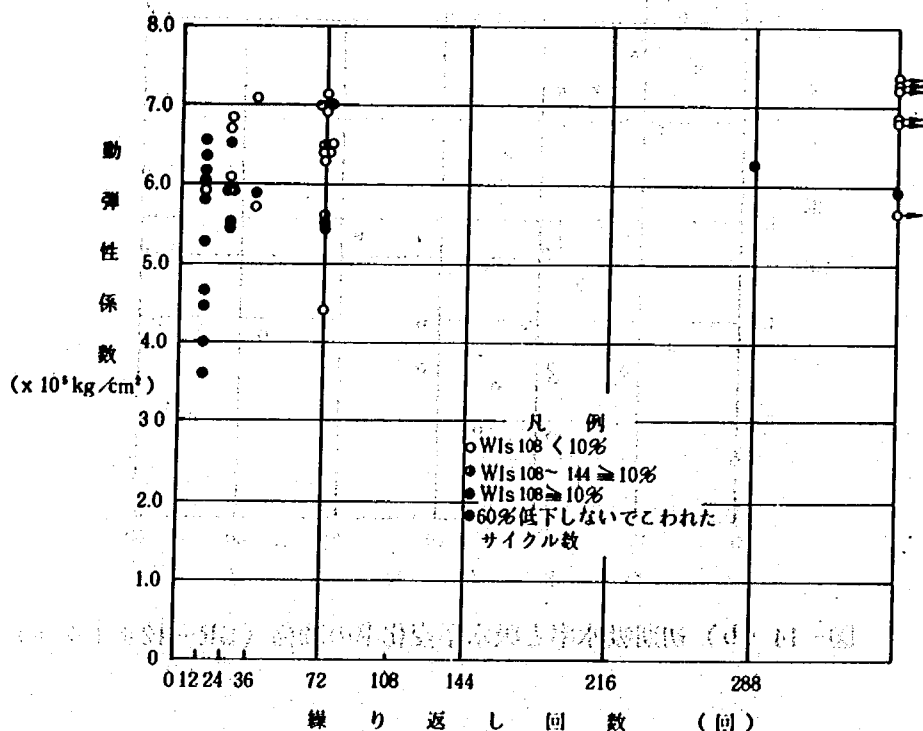


図-15 (b) 初期動弾性係数と60%低下サイクルの関係 (SR)

は60%に低下するものはほとんど総て72サイクル以内に低下しクラックが緩んできたものと思われる。その他のものは360サイクルに至っても60%に低下せず、両者の間には明瞭な差がみられる。しかしその関係がそのまま耐久性を表わすものではない。初期に60%以下に低下した供試体でも耐久性の良好な供試体もかなり存在しており、コンクリートと同様に扱うことはできない。SA-Aは図示していないが360サイクルまでに60%以下に低下したものは1供試体しかない。SA-Sも図示していないが比較的初期に60%以下に低下しているが、耐久性とは全く関係ない。

以上のように岩石の場合は、耐久性の良好な供試体でも初期に急激な減少を示すものがあり、コンクリートと同様に扱うと過少評価となる供試体がある。また岩石の動弾性係数はコンクリートに比較して広い範囲に分布しており、動弾性係数比のみで耐久性の判断をするには無理があると考えられる。したがって初期動弾性係数も考慮に入れて考えなければならない。また岩種によって、あるいはクラックの有無、その入り方、岩石の成因等によって動弾性係数あるいはその変化状態が異なるので全岩種共通の数値基準を作成するためには多数のデータを集積する必要がある。

以上のことを考慮して今回実験に用いた供試体について、耐久性判定の数値基準の検討を試みる。図-16(a)、(b)は初期動弾性係数と動弾性係数比の関係を示したもので、同図(a)はSR-Iの12サイクルについて示したものである。同図より12サイクルにおける動弾性係数比が75%以上の供試体は、1供試体を除いて耐久性が良好である。しかし、この供試体は変質をうけており、他の供試体とは異なっている。また図示していないがこの数値基準は24サイクルで65%以上、36サイクルで55%以上、

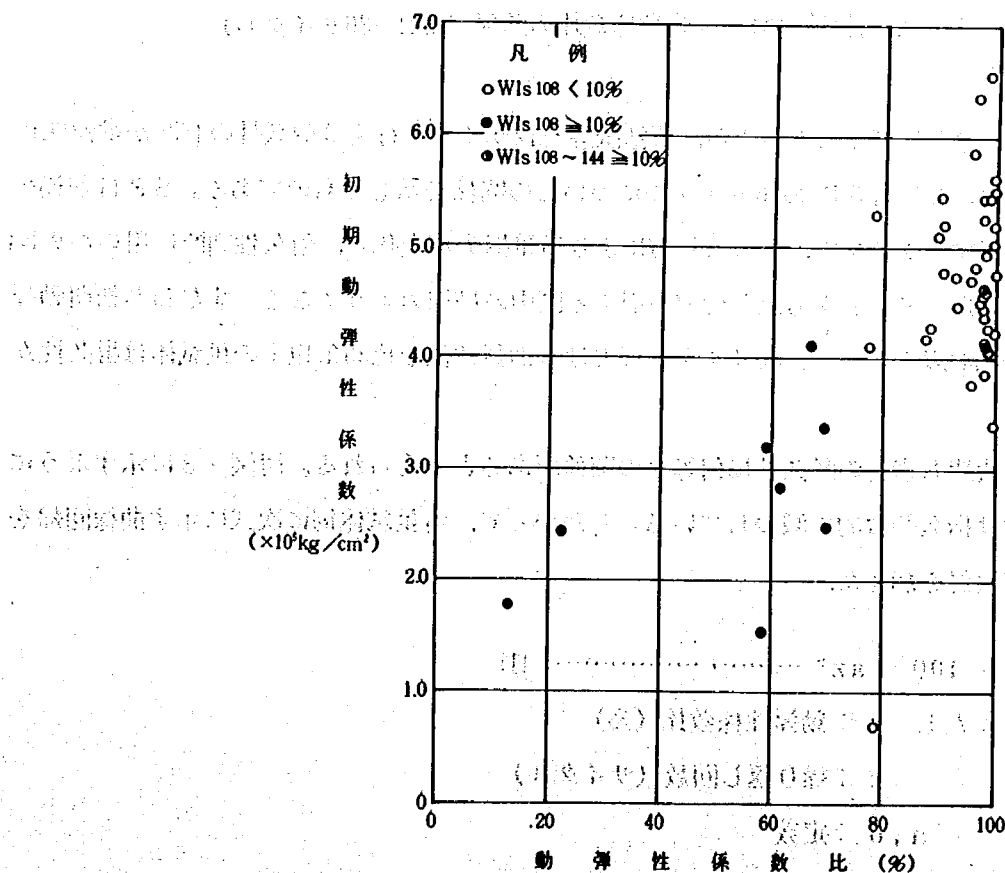


図-16(a) 初期動弾性係数と動弾性係数比の関係 (SR-I-12サイクル)

各供試体の a を縦軸に、 b を横軸にとり $Wls_{108}=10\%$ を耐久性の判断基準としてプロットしたものが、図-17である。 a と b の関係については、 b が 1 の場合は直線であらわされ、 $b < 1$ の場合は下に凸、 $b > 1$ の場合は上に凸の曲線であらわされる。また $b < 1$ の場合は b が小さいほど、 $b > 1$ の場合は b が大きい程凸の度合いが大きい。 a については、 $b < 1$ の時 a が大きいほど初期に急激な減少を示し、 $b > 1$ の時 a が大きいほど急激な減少を示すのが早い。以上のことを考慮すると、耐久性の良好な供試体と劣る供試体の境界線は a と b の関係式であらわせる。すなわち b が大きくなるほど a は小さくなる右下がりの直線あるいは曲線となるが、上に凸になる供試体で耐久性が劣る供試体が少ないので、現段階では明確な境界線を引くことはできない。なお SR は最初上に凸になり、あるサイクルで下に凸になる曲線が多く、(1)式による回帰はできなかった。

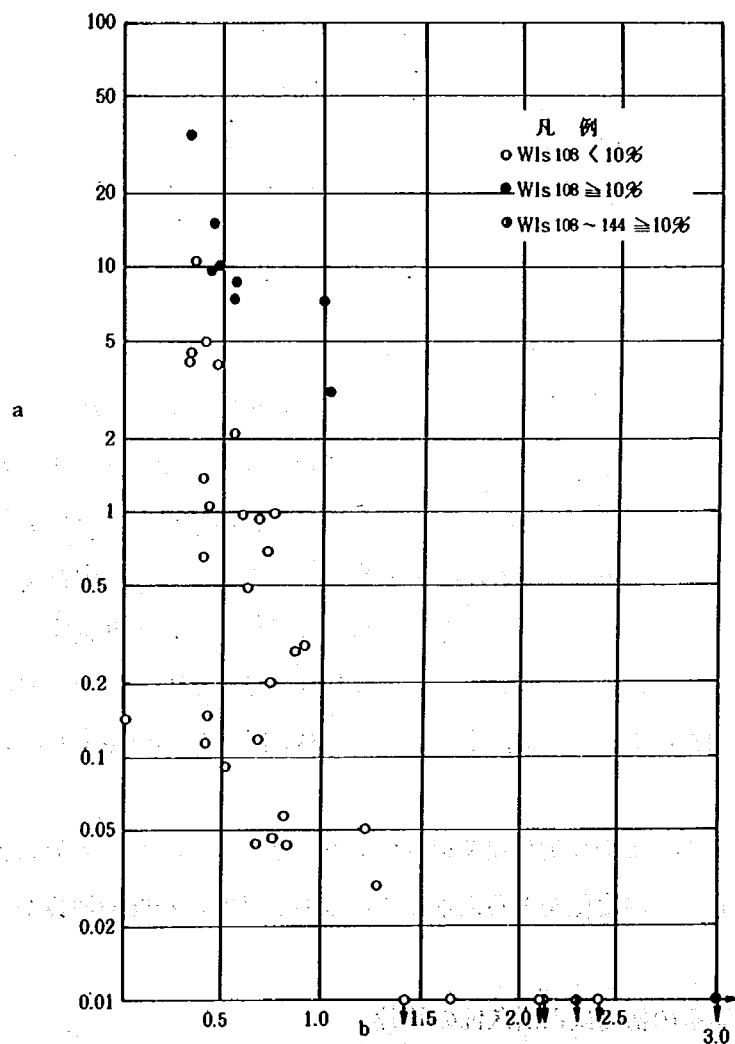


図-17 回帰曲線の係数 a と b の関係 (SR-I)

4.3.4 ショア硬度の経時変化

ショア硬度の平均値および標準偏差は、凍結融解の繰り返しにより平均値が減少し標準偏差が増加していくと考えられる。しかし本試験ではこのことは成り立っていない。SR-Iについては逆に凍結融解の繰り返しにより平均値が増加し、標準偏差が減少する傾向を示している。これは SR-I は良好な

部分のみを打撃したことから生じた結果である。つまり初期に打撃することができた箇所が、凍結融解の繰り返しにより剥離してしまい、ショア硬度値の高い箇所が選択されて残っていくからである。その結果平均値は上昇し標準偏差は減少する。次に耐久性との関連についてみると、ショア硬度 65 以下の供試体はほとんど $Wls_{100} \geq 10\%$ であり、 $Wls_{100} < 10\%$ の供試体も表面がかなり剥離している。またショア硬度 65 以上の供試体についても、 $Wls_{100} \geq 10\%$ の供試体は凍結融解の繰り返しにより平均値が減少するか、あるいは一定であるので、耐久性の良好な供試体の平均値が増加していくのと比較してある程度区別できる。SR については標準偏差の値が大きいことからわかるように、かなりばらついている。これはショア硬度試験による打撃面積が非常に小さく、SR のように全側面をランダムに打撃する場合、クラックや凹凸を避けることができないためである。耐久性との関連についてみると、耐久性の良好なものと劣るものの差はショア硬度の差としては表現されない。これは SR がクラックから崩壊するタイプであり、基質はほとんど劣化していないためである。以上のようにショア硬度はばらつきが大きく、また測定方法や測定値の取り扱い方にも問題が多く、耐久性の指標としてはあまり適当ではない。しかし SR-I のように基質が緩んで表面から徐々に剥離していくようなタイプについては、耐久性とある程度関連があり、耐久性判断の一手段として活用できる可能性がある。

4.3.5 光沢値の経時変化

附図-4 に示されるように、重量損失が増加するにしたがい光沢比は減少している。しかし岩石の光沢値が低いために、角度によってはあまり変化していないものもある。したがって光沢比として示した場合は階段上になり、またその変化も大きくなる。図-18 (a)(b) は SR-I と SA-S について、光沢比が直線的に変化している供試体の光沢比減少率と重量損失増加率の関係を示したものである。重量損失増加率が大きくなるにしたがい、光沢比減少率も大きくなっており、両者はほぼ直線関係にある。したがって光の照射面積が $1 \sim 3 \text{ cm}^2$ と小さいことから考えると、劣化が供試体の全表面から一様に徐々に生じていることがわかる。SR-I と SA-S を比較すると、SR-I の勾配が急になっている。これは両者の劣化程度の相異によるもので、SR-I は比較的大きい凹凸が生じ、SA-S は凹凸が小さいためである。

以上のように光沢比から、微少な劣化現象が推定できるとわかったが、入射および受光角度により光沢値はさまざまに変化し、この変化をとらえることにより、劣化の程度や性質がわかると考えられる。

4.3.6 各種物理・力学量の初期値と耐久性の関連

岩石の耐久性は凍結融解試験を行ない各種物理量、力学量の経時変化から総合判断することが最も精度の高い方法である。しかし、時間あるいは経費等の制約から各種物理量、力学量の初期値と耐久性が関連づけられるならば、実用上極めて便利な指標となる。以下はそのような観点から検討した結果である。

(a) 吸水率、動弾性係数と耐久性の関連

吸水率と耐久性の関連については図-19 (a)(b) に示すように、SR-I に関しては 3% 以下、SR

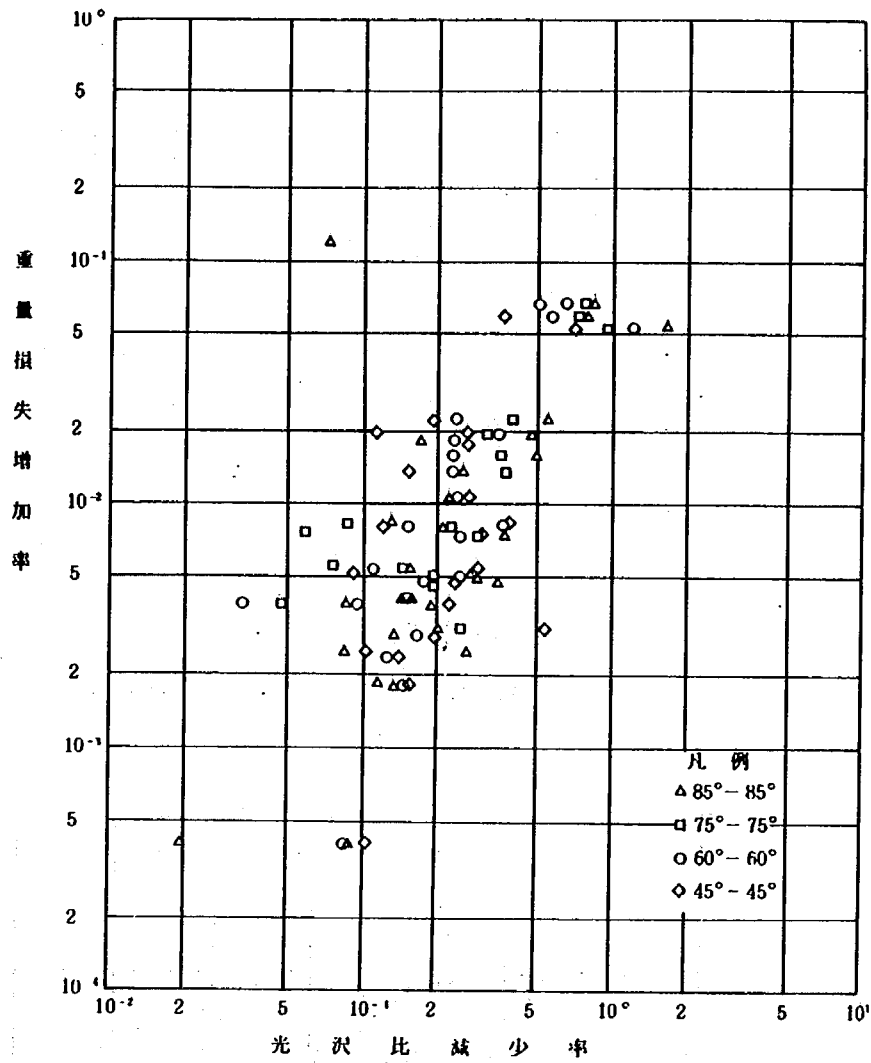


図-18 (a) 光沢比減少率と重量損失増加率の関係 (SR-I)

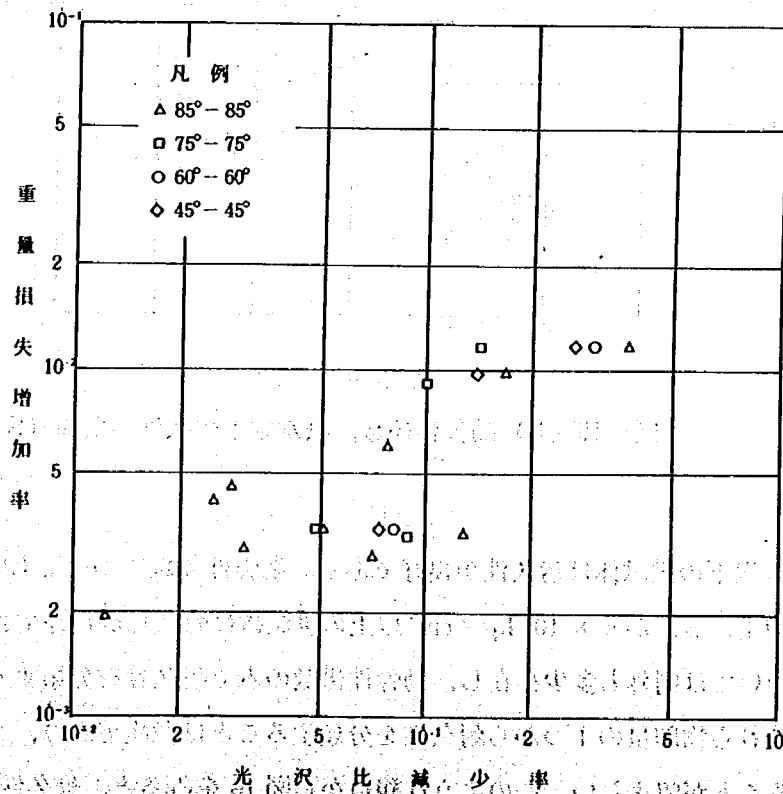


図-18 (b) 光沢比減少率と重量損失増加率の関係 (SA-S)

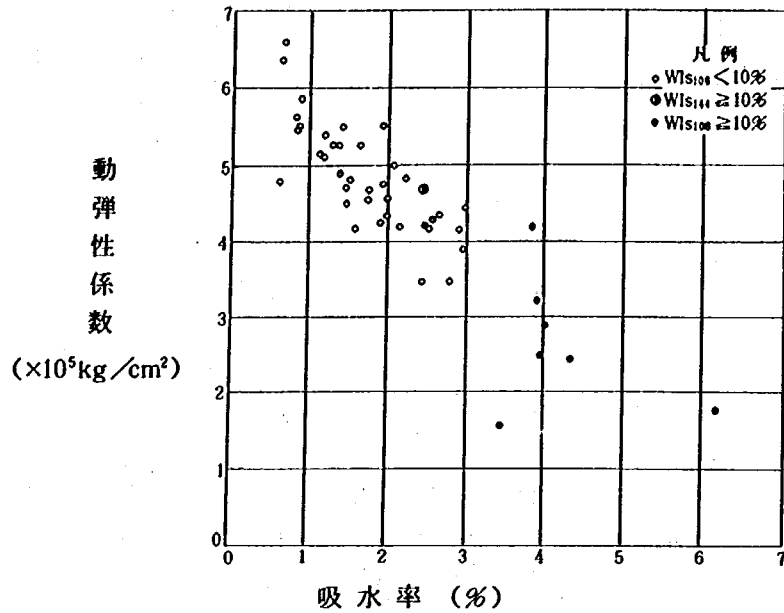


図-19 (a) 動弾性係数, 吸水率と耐久性の関係 (SR-I)

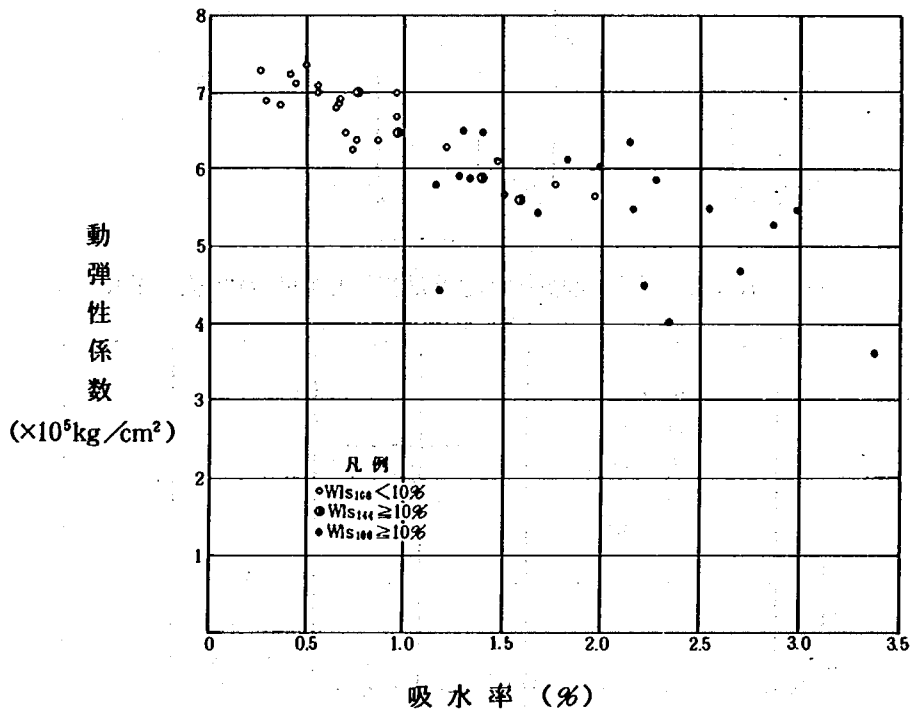


図-19 (b) 動弾性係数, 吸水率と耐久性の関係 (SR)

に関しては1%以下の供試体は耐久性が良好である。動弾性係数についても同図からSR-Iが $3 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 以上, SRが $6 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 以上の供試体は耐久性が良好であるといえる。しかしSRについては例外も多少存在し, 動弾性係数のみで耐久性を分類することは好ましくない。したがって, これら物理量の1つから耐久性を分類することは危険であり, 2つ以上の物理量から耐久性を判断することが望ましい。このような観点から図19をみると, 耐久性の良好な供試体はSR

— I で吸水率 3 % 以下、動弾性係数 $3.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 以上、SR で吸水率 1 % 以下、動弾性係数 $6 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ 以上となる。

(b) P. L. I. と耐久性の関係

凍結融解試験による岩石の崩壊は、クラックや間隙に浸透した水が凍るときの引張力で生じる。そこで点載荷試験による引張強度 (P. L. I.) と耐久性の関係を示したのが、図-20 (a)(b) である。

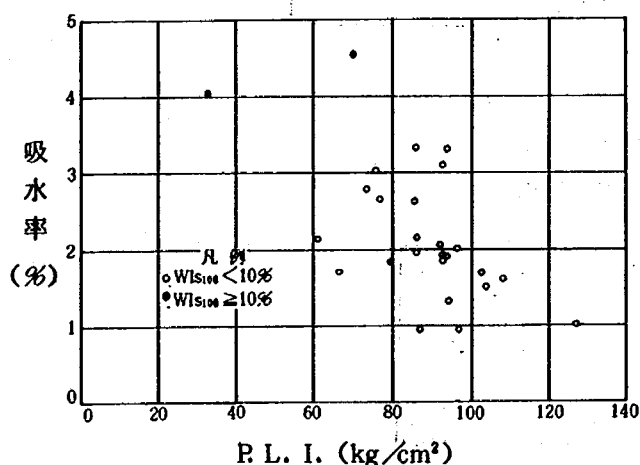


図-20 (a) P. L. I. と耐久性の関連 (SR-I)

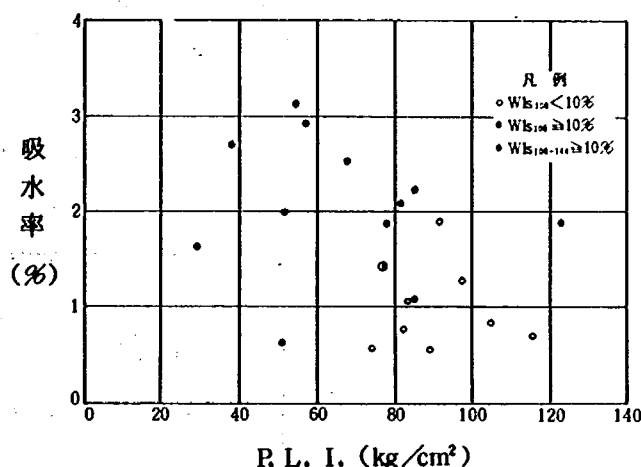


図-20 (b) P. L. I. と耐久性の関連 (SR)

ただし点載荷試験は破壊試験であるために、凍結融解試験と同一の供試体を用いることは不可能なので、ボーリングコアから凍結融解試験用の供試体を切断した後、その端部を用いて点載荷試験を行なった。同図-(a)はSR-Iの結果でP. L. I. が 80 kg/cm^2 以上の供試体を用いれば耐久性には問題がない。しかし $Wls_{100} \geq 10\%$ の供試体数が少なく確実性に欠ける。同図-(b)はSRについて示したものであるが、P. L. I. だけでは耐久性の判断は困難である。これは両試験に用いられた供試体が同一でないということから、このような結果になったものと考えられる。このことからSRの供試体には強度の異なるさまざまなクラックが存在していることがわかる。以上のようにP. L. I. と耐久性の関係には、同一供試体を使用できない等の問題はあるが、点載荷試験自体が簡単で、また非整形の試料を使用できるということから、現場に試験機を搬入し簡単に試験を行なえるという利点がある。

4.3.7 耐久性のまとめ

供試体の初期状態における物理、力学量と耐久性の関係をまとめると表-6のようになる。ただしSA-AとSA-Sは総て耐久性が良好であるので除いてある。しかし、前述の議論でも明らかなようにこの手法は極めて大まかなものであり、例外も存在し正確な判断を下すには問題がある。したがってより的確な判断をするためには、凍結融解試験を行なって各種物理量の経時変化を測定し判断を行なった方がよい。なお、今回の試験に供した試料が、原石山によっては部分的なものもあるので、今後は原石山全体としての評価を行うべく、サンプリング範囲を拡大し、さらに綿密な試験を行い、ロック材およびリップラップ材としての適用性を検討する必要がある。

表-6 耐久性が良好 ($W_{100} < 10\%$) な
供試体の物理・力学的性質

項目 分類	吸 水 率 (%)	動弾性係数 (kg/cm^2)	P. L. I. (kg/cm^2)
SR-I	3 以下	3×10^5 以上	80 以上
SR	1 以下	6×10^5 以上	

表-7 ロック材およびリップラ
ップ材としての適否

	ロック材	リップラップ材
SR-I	適	一部不適
SR	一部不適	一部適
SA-A	適	適
SA-S	適	適

注) 本表は地質研究室案である。

5. まとめ

本試験結果を総合して、リップラップ材およびロック材としての適否を判定すると表-7のようになる。同表に示されるようにSA-AとSA-Sは、ロック材としてはもちろんリップラップ材としても充分使用できる。SR-Iも表-6に示す規準を満足すればロック材およびリップラップ材として使用できる。SRにおいても耐久性の良好な供試体は存在するが耐久性の劣る供試体と分類することが困難であり、表-6に基準を示してあるがいくつか例外も存在している。また廃棄岩も多量に出ることになり施工上好ましくない。以上のことから、リップラップ材およびロック材としてSA-A、SA-Sを使用し、量的に不足の場合はSR-I、さらにSRを使用するようにした方が良いと思われる。

なお、本試験を実施するに当たり試料の採取、既存資料の使用等に関して、七ヶ宿ダム工事々務所の関係各位には多大なる協力をいただいた。記して感謝いたします。

附表一 試料番号对照表

附表-1(1) ダムサイト左岸(石英安山岩): SR-I

ボーリング 番号	深 度 (m)	地質研究室 No	ボーリング 番号	深 度 (m)	地質研究室 No
B-135	32.50 ~ 32.70	SR-I-2	B-42	27.10 ~ 27.30	SR-I-27
"	37.50 ~ 37.65	" 3	B-200	16.55 ~ 16.70	" 29
"	40.70 ~ 40.90	" 4	"	24.00 ~ 24.20	" 30
"	45.45 ~ 45.70	" 5	"	29.10 ~ 29.30	" 31
B-68	17.00 ~ 17.15	" 7	"	32.50 ~ 32.70	" 32
"	24.50 ~ 24.65	" 8	"	35.70 ~ 35.90	" 33
"	29.50 ~ 29.65	" 9	"	40.30 ~ 40.55	" 28
"	32.00 ~ 32.15	" 10	B-210	7.55 ~ 7.80	" 34
"	39.00 ~ 39.15	" 11	"	11.65 ~ 11.85	" 35
"	45.00 ~ 45.20	" 12	"	14.05 ~ 14.20	" 36
B-136	30.20 ~ 30.40	" 14	"	18.00 ~ 18.15	" 37
"	36.40 ~ 36.60	" 15	"	21.85 ~ 22.00	" 38
"	55.80 ~ 56.00	" 16	"	26.60 ~ 26.75	" 39
"	60.80 ~ 61.00	" 13	B-179	13.30 ~ 13.45	" 41
"	62.80 ~ 63.00	" 17	"	17.60 ~ 17.80	" 42
"	69.80 ~ 70.00	" 18	"	23.00 ~ 23.20	" 46
B-41	9.80 ~ 10.00	" 19	"	29.25 ~ 29.40	" 40
"	14.40 ~ 14.60	" 20	"	34.15 ~ 34.30	" 43
"	17.00 ~ 17.15	" ⑥	B-177	17.00 ~ 17.15	" 45
"	26.60 ~ 26.80	" 21	"	13.40 ~ 13.50	" 44
"	30.20 ~ 30.45	" 22	B-178	19.80 ~ 20.00	" 47
"	36.50 ~ 36.70	" 23	"	24.40 ~ 24.55	" 48
"	40.80 ~ 41.00	" 24	"	44.00 ~ 44.15	" 49
"	47.00 ~ 47.15	" ②⑤	"	48.30 ~ 48.50	" 50
B-42	18.20 ~ 18.40	" 1	"	54.00 ~ 54.20	" ⑤①
"	24.10 ~ 24.25	" ②⑥	"	59.10 ~ 59.20	" ⑤②

注) ○印は一軸圧縮強度試験の供試体

附表-1(2) 野沢倉山(流紋岩): SR

ボーリング 番 号	深 度 (m)	地質研究室 No	ボーリング 番 号	深 度 (m)	地質研究室 No
RBh-2	7.30 ~ 7.45	S'R-1	RB-12	26.90 ~ 27.00	SR-48
"	7.65 ~ 7.75	" 2	"	27.05 ~ 27.25	" 49
"	8.00 ~ 8.20	" ③	"	27.25 ~ 27.40	" ⑤〇
"	23.40 ~ 23.60	" 4	"	29.60 ~ 29.85	" 51-2
"	30.30 ~ 30.48	" 6	"	30.20 ~ 30.35	" 53
"	36.20 ~ 36.35	" 8	"	31.55 ~ 31.85	" 56-1
"	37.45 ~ 37.60	" 10	"	32.70 ~ 32.95	" 57
"	40.20 ~ 40.35	" 14	"	34.00 ~ 34.20	" ⑤9
"	47.70 ~ 47.90	" ⑮	"	34.45 ~ 34.70	" 61-1
"	48.00 ~ 48.20	" 16	"	" ~ "	" 61-2
"	48.30 ~ 48.45	" 17	"	35.10 ~ 35.35	" ⑥2-1
"	48.65 ~ 48.85	" 19	"	" ~ "	" 62-2
"	51.70 ~ 51.95	" ⑳	"	47.80 ~ 47.90	" 67
"	76.45 ~ 76.65	" 24	"	58.15 ~ 58.35	" ⑦3
"	89.05 ~ 89.26	" ⑳	"	58.55 ~ 58.80	" 75
RB-16	6.15 ~ 6.40	" 28	"	58.80 ~ 58.95	" ⑦6
"	12.85 ~ 13.00	" 30	"	60.70 ~ 60.85	" 77
"	16.35 ~ 16.55	" 32	"	61.05 ~ 61.25	" 78
"	17.35 ~ 17.50	" ③4	"	77.15 ~ 77.35	" ⑧3
"	20.40 ~ 20.55	" 36	"	79.40 ~ 79.65	" 84
"	25.00 ~ 25.25	" 37	"	79.65 ~ 79.85	" 85
"	25.25 ~ 25.40	" 38	"	82.70 ~ 82.95	" 86-1
"	25.50 ~ 25.70	" 39	RB-11	21.35 ~ 21.70	" 87-1
"	39.10 ~ 39.25	" 40	"	" ~ "	" 87-2
RB-12	17.70 ~ 17.90	" 42	RB-8	64.45 ~ 66.70	" 93-1
"	18.00 ~ 18.35	" 43-1	"	" ~ "	" 93-2
"	" ~ "	" 43-2	"	67.70 ~ 67.90	" 94
"	24.85 ~ 25.00	" 44	"	75.80 ~ 76.00	" 96
"	26.50 ~ 26.70	" 46			

注) ○印は一軸圧縮強度試験の供試体

附表-1 (3) ありや山 (安山岩 (熔岩)) : SA-A

ボーリング 番 号	深 度 (m)	地質研究室 No	ボーリング 番 号	深 度 (m)	地質研究室 No
RB-27	26.10 ~ 26.55	SA-1	RB-27	60.35 ~ 60.85	SA-15
"	" ~ "	" 2	"	60.85 ~ 61.00	" 16
"	" ~ "	" 3	"	83.22 ~ 84.00	" 17
"	27.00 ~ 27.20	" 4	"	" ~ "	" 18
"	27.45 ~ 27.75	" 5	"	" ~ "	" 19
"	" ~ "	" 6	"	" ~ "	" 20
"	41.00 ~ 41.45	" 7	"	" ~ "	" 21
"	" ~ "	" 8	"	" ~ "	" 22
"	" ~ "	" 9	"	95.00 ~ 95.25	" 23
"	41.45 ~ 41.70	" 10	"	95.25 ~ 95.70	" 24
"	60.15 ~ 60.35	" 11	"	" ~ "	" 25
"	60.35 ~ 60.85	" 12	"	" ~ "	" 26
"	" ~ "	" 13	"	95.70 ~ 96.00	" 27
"	" ~ "	" 14	"	" ~ "	" 28

附表-1 (4) 皿森山 (石英安山岩) : SA-S

ボーリング 番 号	深 度 (m)	地質研究室 No	ボーリング 番 号	深 度 (m)	地質研究室 No
RB-29	36.00 ~ 36.20	SA-29	RB-30	76.00 ~ 76.60	SA-34
"	37.00 ~ 37.20	" 30	"	76.60 ~ 76.90	" 35
"	37.70 ~ 37.90	" 31	"	" ~ "	" 36
"	38.15 ~ 38.40	" 32	"	77.10 ~ 77.40	" 37
RB-30	76.00 ~ 76.60	" 33	"	" ~ "	" 38

附表－2 点载荷試驗結果

附表-2(1) 点载荷試験結果 (SR-I)

供試 体 番号	ボーリング ナンバー	深 度 (m)	強制乾燥 空中重量 (g)	強制湿潤 空中重量 (g)	強制湿潤 水中重量 (g)	乾燥密度 (g/cm ³)	有 効 間 隙 率 (%)	吸 水 率 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	動 弾 性 係 数 (kg/cm ²)	シ ョ ア 硬 度 平 均 値	破壊荷重 (kg)	載 荷 点 間 隔 (cm)	P.L.I. (kg/cm ²)
1	B 142	18.20 ~ 18.40	271.27	290.51	166.96	2.1956	15.5726	7.0926	2.3514	562,420	55.34	700	4.985	28.169
2	B 135	32.50 ~ 32.70	289.66	295.05	178.34	2.4819	4.6183	1.8608	2.5281	180,110	79.68	1,950	4.955	79.423
5	B 135	45.45 ~ 45.70	334.26	337.53	206.97	2.5602	2.5046	0.9783	2.5852	545,160	82.84	2,150	4.955	87.217
7	B 68	17.00 ~ 17.15	222.75	227.08	137.94	2.4989	4.8575	1.9439	2.5475	459,640	70.84	2,300	4.920	95.016
8	B 68	24.50 ~ 24.65	230.83	235.80	143.44	2.4992	5.3811	2.1531	2.5531	452,470	71.44	2,100	4.935	86.227
12	B 68	45.00 ~ 45.20	283.86	286.70	175.28	2.5477	2.5489	1.0005	2.5731	660,440	84.00	3,150	4.970	127.526
13	B 136	60.80 ~ 61.00	335.35	341.70	206.37	2.4780	4.6922	1.8935	2.5249	448,760	73.52	2,300	4.955	93.679
15	B 136	36.40 ~ 36.60	305.30	301.85	188.96	2.4446	6.8460	2.8005	2.5130	414,050	63.34	1,800	4.950	73.462
16	B 136	55.80 ~ 56.00	234.94	242.74	145.68	2.4206	8.0363	3.3200	2.5009	342,960	68.98	2,100	4.960	85.360
17	B 136	62.80 ~ 63.00	233.02	237.60	143.89	2.4866	4.8874	1.9655	2.5355	444,610	71.90	2,100	4.960	85.360
20	B 41	14.40 ~ 14.60	273.91	285.02	171.79	2.4191	9.8119	4.0561	2.5172	287,130	60.16	800	4.945	32.716
21	B 41	26.60 ~ 26.80	236.36	238.67	147.06	2.5801	2.5216	0.9773	2.6053	635,050	79.12	2,400	4.955	97.752
22	B 41	30.20 ~ 30.45	254.46	262.40	156.48	2.4023	7.5057	3.1244	2.4773	388,080	69.00	2,300	4.960	93.490
23	B 41	36.50 ~ 36.70	258.03	265.86	160.61	2.4516	7.4394	3.0345	2.5260	429,310	68.34	1,850	4.955	75.350
24	B 41	40.80 ~ 41.00	211.00	216.53	130.29	2.4467	6.4123	2.6209	2.5108	420,670	69.00	1,900	4.960	77.231
27	B 42	27.10 ~ 27.30	283.37	289.22	175.73	2.4969	5.1546	2.0644	2.5484	471,370	76.06	2,400	4.975	96.967
28	B 200	40.30 ~ 40.55	296.61	300.65	182.60	2.5126	3.4223	1.3621	2.5468	526,080	74.60	2,300	4.915	95.210
"	B "	"	348.90	354.87	215.12	2.4967	4.2719	1.7111	2.5393	526,080	75.98	2,500	4.915	103.489
30	B 200	24.00 ~ 24.20	235.19	241.48	144.26	2.4192	6.4699	2.6744	2.4839	424,190	78.92	2,100	4.960	85.360
31	B 200	29.10 ~ 29.30	303.30	309.16	187.22	2.4873	4.8056	1.9321	2.5353	478,560	77.38	2,300	4.955	93.679
33	B 200	35.70 ~ 35.90	273.81	282.98	166.57	2.3521	7.8773	3.3490	2.4309	439,630	74.18	2,300	4.925	94.823
34	B 210	7.55 ~ 7.80	308.17	313.27	190.59	2.5120	4.1572	1.6549	2.5536	545,760	76.96	2,700	4.975	109.088
35	B 210	11.65 ~ 11.85	329.27	336.13	203.98	2.4916	5.1911	2.0834	2.5435	546,500	78.80	2,300	4.975	92.927
42	B 179	29.25 ~ 29.40	193.39	196.58	118.94	2.4909	4.1087	1.6495	2.5319	503,780	78.60	1,700	4.965	68.962
44	B 177	13.40 ~ 13.50	204.99	209.38	127.60	2.5066	5.3681	2.1416	2.5603	475,400	78.48	1,500	4.960	60.972
46	B 179	23.00 ~ 23.20	240.71	244.36	148.28	2.5053	3.7989	1.5163	2.5433	550,550	74.42	2,550	4.935	104.705
47	B 178	19.80 ~ 20.00	204.62	213.96	127.58	2.3688	10.8127	4.5646	2.4770	244,800	63.70	1,700	4.940	69.662
51	B 178	54.00 ~ 54.20	198.44	202.94	122.26	2.4596	5.5776	2.2677	2.5154	515,930	85.84	1,350	4.975	54.544

附表-2(2) 点载荷試験結果 (SR)

供試 体 番号	ボーリング ナンバー	深 度 (m)	強制乾燥 空中重量 (g)	強制湿潤 空中重量 (g)	強制湿潤 水中重量 (g)	乾燥密度 (g/cm ³)	有 効 間 隙 率 (%)	吸 水 率 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	動 弾 性 係 数 (kg/cm ²)	シ ョ ア 硬 度 平 均 値	破壊荷重 (kg)	載 荷 点 間 隔 (cm)	P. L. I. (kg/cm ²)
3	RBh-2	8.00 ~ 8.20	219.76	222.87	135.65	2.5196	3.5657	1.4252	2.5553	452.350	77.68	500	4.720	22.443
4	"	23.40 ~ 23.60	255.31	259.50	157.28	2.4977	4.0990	1.6411	2.5386	588.850	69.17	650	4.720	29.176
6	"	30.30 ~ 30.48	247.96	250.72	152.66	2.5287	2.8146	1.1131	2.5568	649.900	75.32	1,900	4.720	85.284
8	"	36.20 ~ 36.35	215.64	221.09	132.96	2.4468	6.1840	2.5274	2.5087	447.910	67.58	1,500	4.705	67.760
15	"	47.70 ~ 47.90	162.22	167.02	99.80	2.4133	7.1407	2.9585	2.4847	438.490	66.25	1,300	4.700	58.850
16	"	48.00 ~ 48.20	190.31	195.95	117.39	2.4225	7.1792	2.9636	2.4943	526.990	64.79	1,250	4.700	56.587
19	"	48.65 ~ 48.85	179.80	185.42	110.98	2.4154	7.5497	3.1257	2.4909	546.730	62.27	1,200	4.700	54.323
23	"	51.70 ~ 51.95	260.15	268.51	159.92	2.3957	7.6987	3.2135	2.4727	533.100	64.92	1,450	4.700	65.641
24	"	76.45 ~ 76.65	212.00	217.71	131.09	2.4475	6.5920	2.6934	2.5134	549.920	67.00	850	4.715	38.235
27	RB-16	4.25 ~ 4.40	229.88	231.54	141.90	2.5645	1.8519	0.7221	2.5830	668.930	70.56	2,800	4.950	114.274
28	"	6.15 ~ 6.40	286.80	290.47	176.32	2.5125	3.2151	1.2796	2.5446	626.890	70.21	2,400	4.950	97.949
29	"	9.40 ~ 9.55	272.47	273.70	168.33	2.5858	1.1673	0.4514	2.5975	636.060	77.91	1,750	4.960	71.134
32	"	16.35 ~ 16.55	216.04	220.55	134.41	2.5080	5.2357	2.0876	2.5604	544.910	72.44	2,000	4.960	81.296
33	"	16.55 ~ 16.70	270.25	272.12	167.25	2.5770	1.7832	0.6920	2.5948	648.420	76.11	2,100	4.960	85.360
36	"	20.40 ~ 20.55	218.19	222.52	135.59	2.5100	4.9810	1.9845	2.5598	559.250	61.16	1,250	4.925	51.534
37	"	25.00 ~ 25.25	566.22	572.28	347.63	2.5205	2.6975	1.0703	2.5474	443.370	72.14	2,050	4.950	83.665
39	"	25.50 ~ 25.70	255.48	258.75	157.49	2.5230	3.2293	1.2799	2.5553	593.170	68.27	2,700	4.940	110.639
41	"	31.20 ~ 31.40	255.95	260.75	158.26	2.4973	4.6834	1.8754	2.5442	581.270	71.66	1,900	4.945	77.700
42	RB-12	17.70 ~ 17.90	205.07	209.65	127.02	2.4818	5.5428	2.2334	2.5372	587.210	66.75	1,900	4.725	85.104
46	"	26.50 ~ 26.70	253.47	255.46	156.53	2.5621	2.0115	0.7851	2.5822	707.460	79.01	1,850	4.745	82.167
"	"	"	319.80	321.82	196.94	2.5609	1.6176	0.6316	2.5770	707.460	79.01	1,150	4.745	51.077
47	"	26.70 ~ 26.90	390.93	393.58	240.09	2.5469	1.7265	0.6779	2.5642	687.350	77.83	1,600	4.740	71.214
49	"	27.05 ~ 27.25	223.18	224.75	137.49	2.5576	1.7992	0.7035	2.5756	683.730	79.54	2,600	4.740	115.722
52	"	30.10 ~ 30.20	170.63	174.22	105.77	2.4928	5.2447	2.1040	2.5452	608.970	75.15	1,500	4.720	67.330
57	"	32.70 ~ 32.95	498.44	505.62	306.88	2.5080	3.6128	1.4405	2.5441	588.790	79.36	1,700	4.715	76.469
58	"	33.80 ~ 34.00	237.20	241.47	146.59	2.5000	4.5004	1.8002	2.5450	632.030	65.17	2,100	4.695	95.268
"	"	"	271.58	276.07	168.02	2.5135	4.1555	1.6533	2.5550	632.030	65.17	1,700	4.695	77.122
60	"	34.20 ~ 34.45	337.06	340.85	207.30	2.5238	2.8379	1.1244	2.5522	601.350	63.87	1,800	4.685	82.008
61-I	"	34.45 ~ 34.70	226.43	230.73	140.33	2.5048	4.7566	1.8990	2.5523	636.020	61.63	2,700	4.685	123.011
63	"	35.35 ~ 35.55	272.40	274.64	168.44	2.5650	2.1092	0.8223	2.5861	686.640	69.30	2,950	4.710	132.978
64	"	44.00 ~ 44.20	242.45	244.04	149.97	2.5773	1.6902	0.6558	2.5942	700.250	74.26	1,050	4.730	46.932
68	"	48.05 ~ 48.30	279.88	284.66	172.81	2.5023	4.2736	1.7079	2.5450	609.940	74.92	1,950	4.730	87.159
69	"	48.30 ~ 48.50	260.87	264.12	160.49	2.5173	3.1362	1.2458	2.5487	644.500	77.30	1,950	4.730	87.159

供試 体 番号	ボーリング ナンバー	深 度 (m)	強制乾燥 空中重量 (g)	強制湿潤 空中重量 (g)	強制湿潤 水中重量 (g)	乾燥密度 (g/cm ³)	有 効 間 隙 率 (%)	吸 水 率 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	動 弾 性 係 数 (kg/cm ²)	シ ョ ア 硬 度 平 均 値	破壊荷重 (kg)	載 荷 点 間 隔 (cm)	P.L.I. (kg/cm ²)
72	RB-12	49.55 ~ 49.75	257.43	258.52	158.43	2.5720	1.0890	0.4234	2.5829	700,860	82.98	1,900	4.735	84.745
74	"	58.35 ~ 58.55	178.33	179.87	110.09	2.5556	2.2069	0.8636	2.5777	706,690	77.98	1,850	4.725	82.865
75	"	58.55 ~ 58.80	272.21	274.54	167.91	2.5528	2.1851	0.8560	2.5747	686,630	81.83	2,350	4.730	105.038
77	"	60.70 ~ 60.85	213.14	214.42	131.51	2.5707	1.5438	0.6005	2.5862	736,090	73.75	1,650	4.730	73.750
78	"	61.05 ~ 61.25	242.28	243.66	149.68	2.5780	1.4684	0.5696	2.5927	688,900	81.38	2,000	4.735	89.205
82	"	75.30 ~ 75.50	314.57	322.03	193.72	2.4516	5.8140	2.3715	2.5098	442,520	71.07	1,450	4.740	64.537
85	"	79.65 ~ 79.85	187.70	191.26	115.71	2.4844	4.7121	1.8966	2.5316	566,430	69.22	2,050	4.745	91.050
89	RB-11	23.20 ~ 23.45	279.23	280.03	173.21	2.6140	0.7489	0.2865	2.6215	737,050	79.30	1,450	4.725	64.948
100	RB-8	118.50 ~ 118.70	315.67	320.82	194.75	2.5039	4.0850	1.6315	2.5448	565,660	69.89	2,350	4.735	104.816

附表-2(3) 点載荷試験結果 (SA-A)

供試 体 番号	ボーリング ナンバー	深 度 (m)	強制乾燥 空中重量 (g)	強制湿潤 空中重量 (g)	強制湿潤 水中重量 (g)	乾燥密度 (g/cm ³)	有 効 間 隙 率 (%)	吸 水 率 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	動 弾 性 係 数 (kg/cm ²)	シ ョ ア 硬 度 平 均 値	破壊荷重 (kg)	載 荷 点 間 隔 (cm)	P.L.I. (kg/cm ²)
10	RB-27	41.45 ~ 41.70	297.12	302.03	188.75	2.6229	4.3344	1.6525	2.6662	449,070		1,700	4.950	69.381
"	"	"	321.42	327.04	203.97	2.6117	4.5665	1.7485	2.6573	449,070		1,300	4.950	53.056
11	"	60.15 ~ 60.35	256.38	260.37	161.49	2.5928	4.0352	1.5563	2.6332	472,960		2,000	4.935	82.121
"	"	"	266.76	271.99	167.15	2.5444	4.9886	1.9606	2.5943	472,960		1,850	4.935	75.962
22	"	83.22 ~ 84.00	193.51	199.70	121.13	2.4629	7.8783	3.1988	2.5417	434,770		1,550	4.940	63.515
23	"	95.00 ~ 95.25	173.54	177.88	160.16	2.5626	6.4087	2.5009	2.6267	391,250		1,500	4.945	61.342
"	"	"	291.12	296.61	184.21	2.5900	4.8843	1.8858	2.6389	391,250		1,650	4.945	67.476

附表-2(4) 点載荷試験結果 (SA-S)

供試 体 番号	ボーリング ナンバー	深 度 (m)	強制乾燥 空中重量 (g)	強制湿潤 空中重量 (g)	強制湿潤 水中重量 (g)	乾燥密度 (g/cm ³)	有 効 間 隙 率 (%)	吸 水 率 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	動 弾 性 係 数 (kg/cm ²)	シ ョ ア 硬 度 平 均 値	破壊荷重 (kg)	載 荷 点 間 隔 (cm)	P.L.I. (kg/cm ²)
30	RB-29	37.00 ~ 37.20	209.41	212.12	127.38	2.4712	3.1980	1.2941	2.5032	428,940		1,550	4.945	63.387
32	"	38.15 ~ 38.40	389.80	395.44	237.53	2.4685	3.5717	1.4469	2.5042	468,470		1,300	4.950	53.056
36	RB-30	76.60 ~ 76.90	316.45	324.10	191.28	2.3825	5.7597	2.4174	2.4401	423,310		1,600	4.955	65.168
"	"	"	354.00	360.31	214.37	2.4257	4.3237	1.7825	2.4689	423,310		1,600	4.955	65.168
38	"	77.10 ~ 77.40	213.72	216.56	129.48	2.4543	3.2614	1.3288	2.4869	421,400		1,950	4.950	79.263

附表－3 一軸壓縮試驗結果

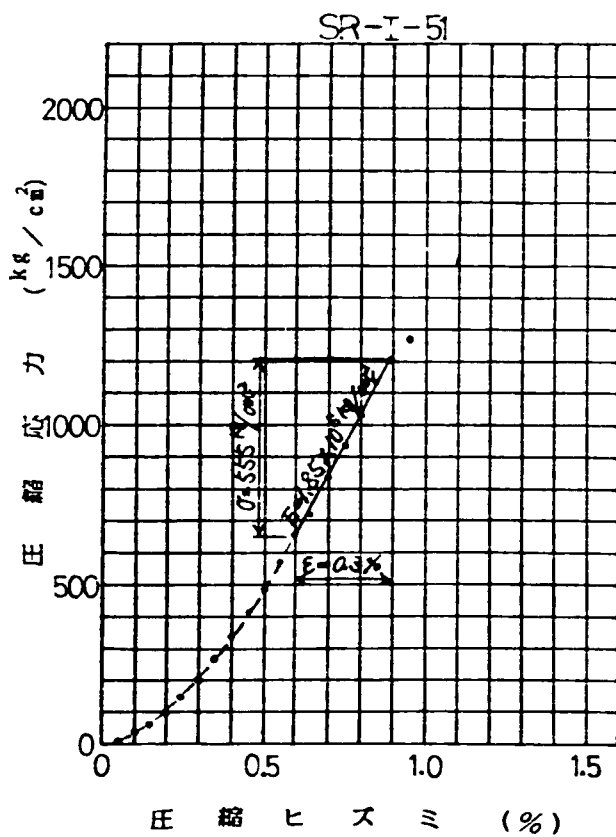
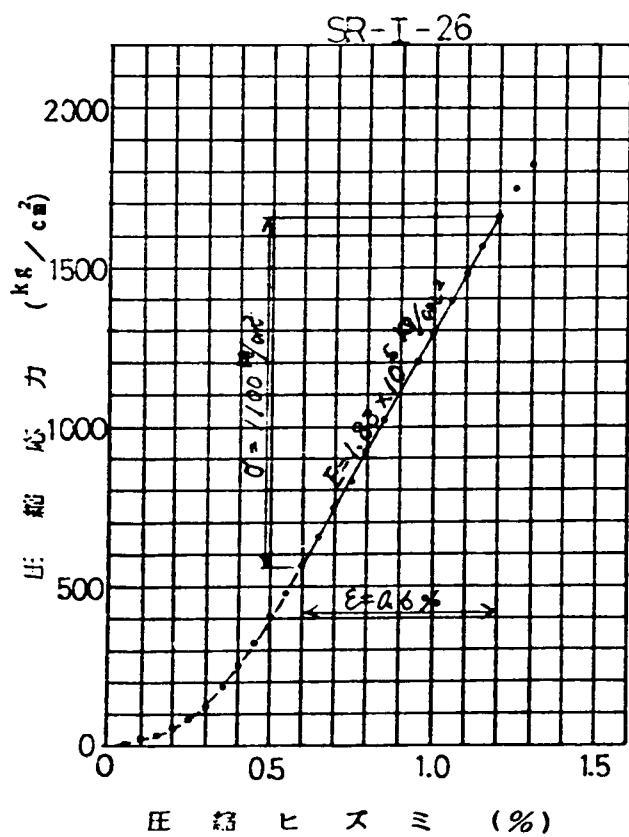
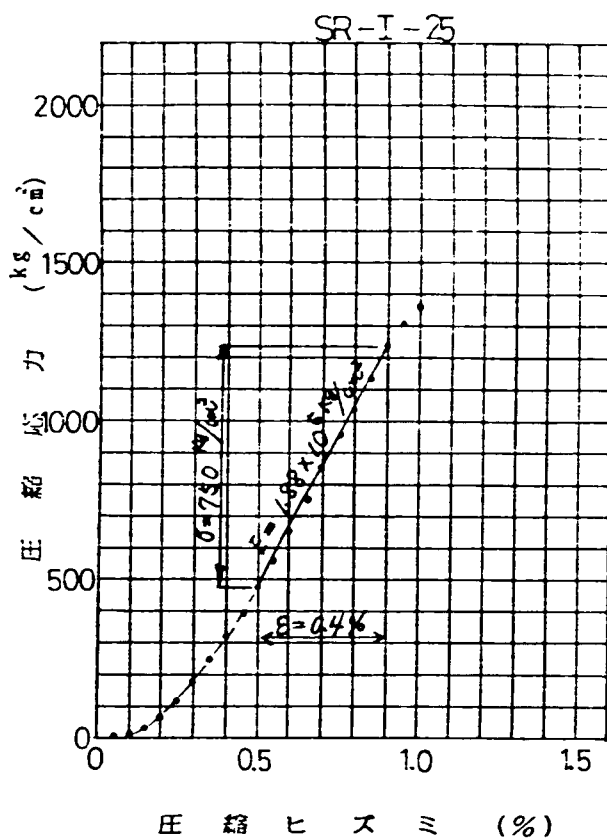
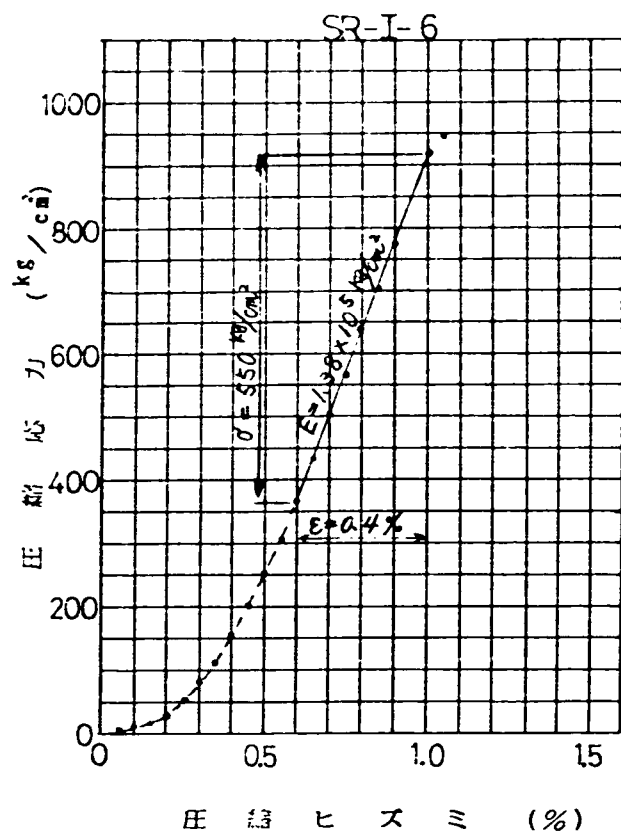


供試体の物理的・力学的性質													S R	
供試体 番 号	ボーリング ナ ン バ ー	深 度 (m)	直 径 (cm)	供試体長 (cm)	強制乾燥 空中重量 (g)	強制湿潤 空中重量 (g)	強制湿潤 水中重量 (g)	乾燥密度 (g/cm ³)	有 効 間 隙 率 (%)	吸 水 率 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	動 弾 性 係 数 (kg/cm ²)	一軸圧縮 強 度 (kg/cm ²)	静 弾 性 係 数 (kg/cm ²)
3	RBh-2	8.00 ~ 8.20	4.720	9.935	441.51	447.18	271.96	2.5197	3.2359	1.2842	2.5521	452,350	1410.09	2.11×10 ⁵
15	RBh-2	47.70 ~ 47.90	4.700	9.990	422.43	434.41	260.11	2.4236	6.8732	2.8360	2.4923	484,490	1528.80	2.18×10 ⁵
23	RBh-2	51.70 ~ 51.95	4.700	10.005	421.69	434.23	259.68	2.4157	7.1842	2.9737	2.4877	533,100	1243.04	1.94×10 ⁵
25	RBh-2	89.05 ~ 89.26	4.750	10.005	446.64	452.05	275.42	2.5287	3.0629	1.2113	2.5593	609,940	911.11	2.12×10 ⁵
34	RB-16	17.35 ~ 17.50	4.965	9.990	496.11	502.01	307.76	2.5540	3.0373	1.1893	2.5844	606,110	1884.20	2.08×10 ⁵
50	RB-12	27.25 ~ 27.40	4.745	10.010	457.40	459.61	281.98	2.5750	1.2442	0.4832	2.5875	697,270	1842.96	2.33×10 ⁵
59	RB-12	34.00 ~ 34.20	4.700	10.020	433.55	442.08	268.20	2.4934	4.9057	1.9675	2.5424	604,240	1547.45	2.22×10 ⁵
62-1	RB-12	34.45 ~ 34.70	4.685	10.010	437.81	443.96	270.53	2.5244	3.5461	1.4047	2.5599	694,780	2071.59	2.33×10 ⁵
73	RB-12	58.15 ~ 58.35	4.725	10.005	451.68	455.38	278.68	2.5562	2.0939	0.8192	2.5771	668,280	1983.53	2.04×10 ⁵
76	RB-12	58.80 ~ 58.95	4.725	9.970	450.98	453.87	277.72	2.5602	1.6406	0.6408	2.5766	642,940	2099.38	2.32×10 ⁵
83	RB-12	77.15 ~ 77.35	4.740	9.990	443.57	452.21	274.76	2.4997	4.8690	1.9478	2.5484	578,890	854.16	1.70×10 ⁵
87-1	RB-11	21.35 ~ 21.70	4.725	9.990	458.67	460.59	284.44	2.6039	1.0900	0.4186	2.6148	721,300	1319.48	2.35×10 ⁵

供試体の物理的・力学的性質													S R - I	
供試体 番 号	ボーリング ナ ン バ ー	深 度 (m)	直 径 (cm)	供試体長 (cm)	強制乾燥 空中重量 (g)	強制湿潤 空中重量 (g)	強制湿潤 水中重量 (g)	乾燥密度 (g/cm ³)	有 効 間 隙 率 (%)	吸 水 率 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	動 弾 性 係 数 (kg/cm ²)	一軸圧縮 強 度 (kg/cm ²)	静 弾 性 係 数 (kg/cm ²)
6	B-42	17.00 ~ 17.15	4.940	9.985	461.97	481.38	288.14	2.3907	10.0445	4.2016	2.4911	269,600	945.15	1.38×10 ⁵
25	B-41	47.00 ~ 47.15	4.950	10.005	483.36	490.69	297.06	2.4963	3.7856	1.5165	2.5342	480,130	1379.06	1.88×10 ⁵
26	B-42	24.10 ~ 24.25	4.975	10.060	483.63	494.23	297.95	2.4640	5.4004	2.1918	2.5180	429,560	1844.70	1.83×10 ⁵
51	B-178	54.00 ~ 54.20	4.975	10.010	492.05	499.35	303.08	2.5070	3.7194	1.4836	2.5442	515,930	1271.54	1.85×10 ⁵
52	B-78	59.10 ~ 59.20	4.980	9.985	507.57	510.81	315.71	2.6016	1.6607	0.6383	2.6182	536,000	1461.45	2.05×10 ⁵

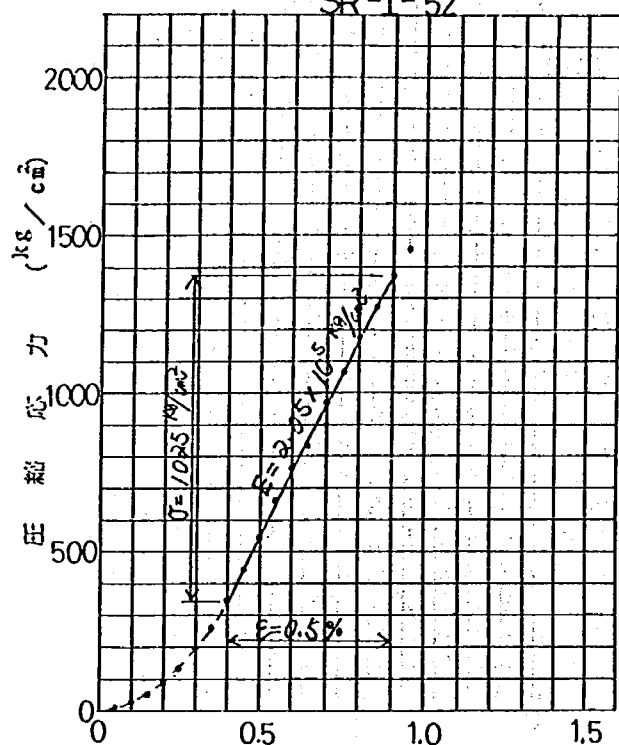
附図 - 1 一軸圧縮試験における応力 - 歪曲線

一軸圧縮試験 (応力～ひずみ曲線)

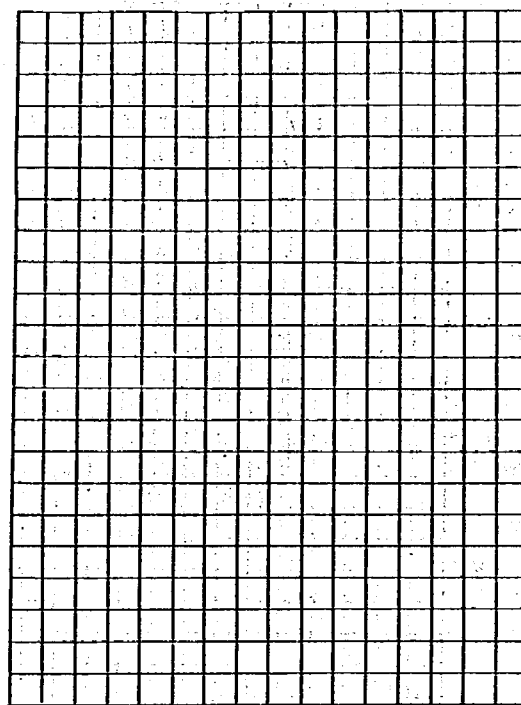


一軸圧縮試験 (応力～ひずみ曲線)

SR-I-52

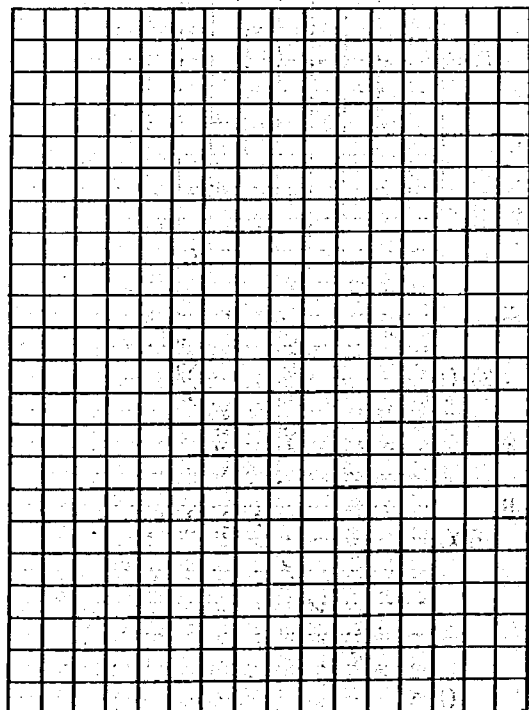


圧縮応力 (kg/cm^2)



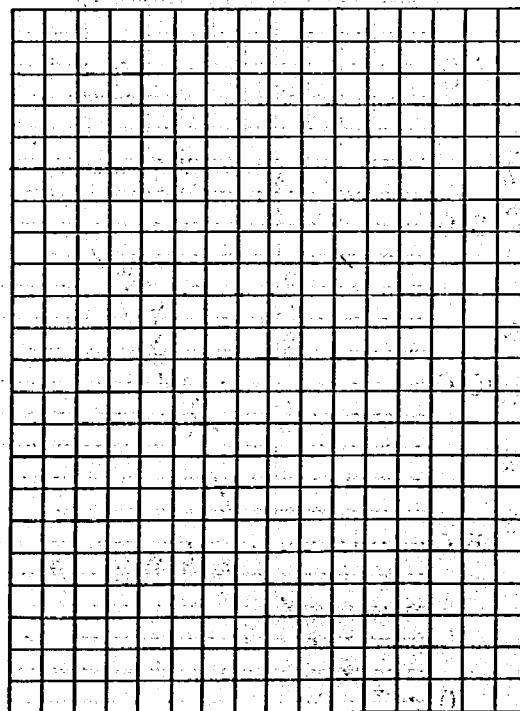
圧縮ヒズミ (%)

圧縮応力 (kg/cm^2)



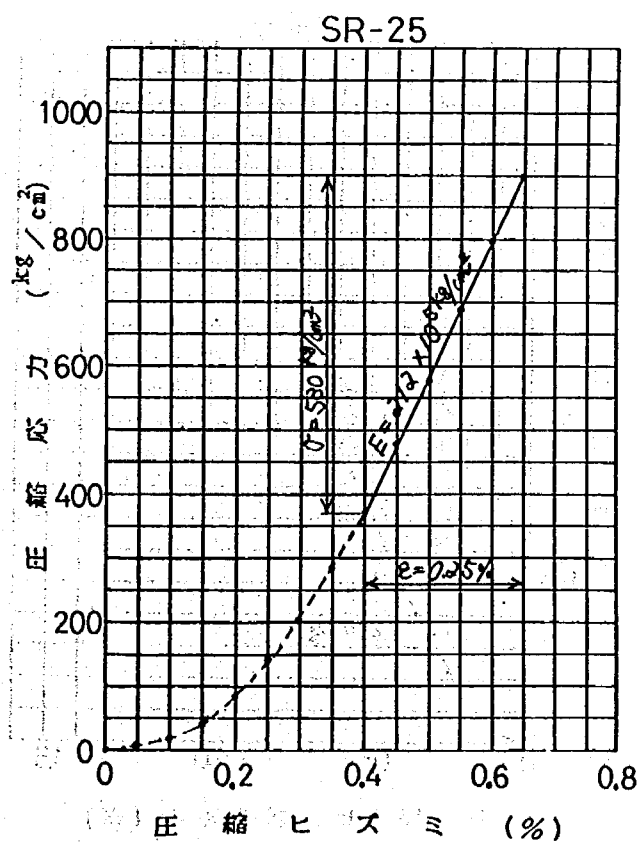
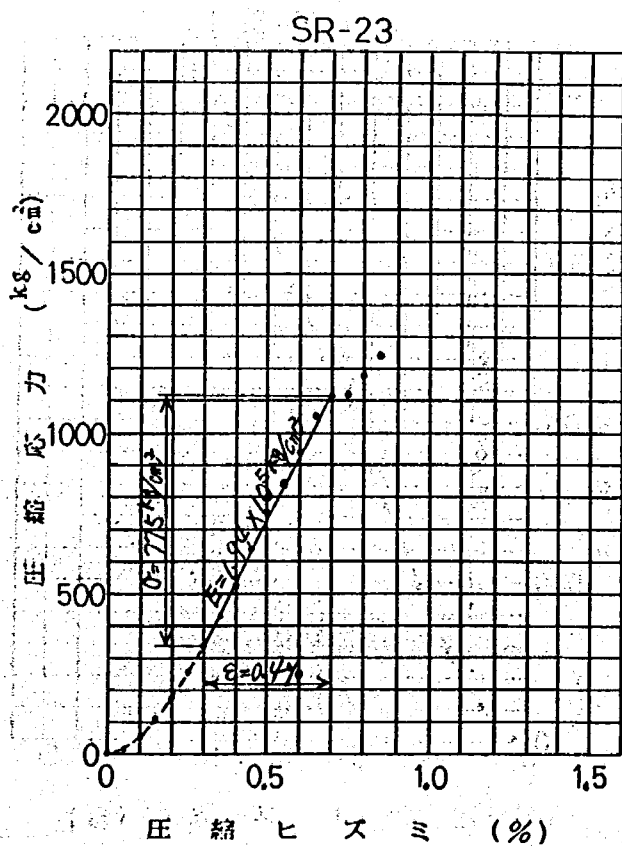
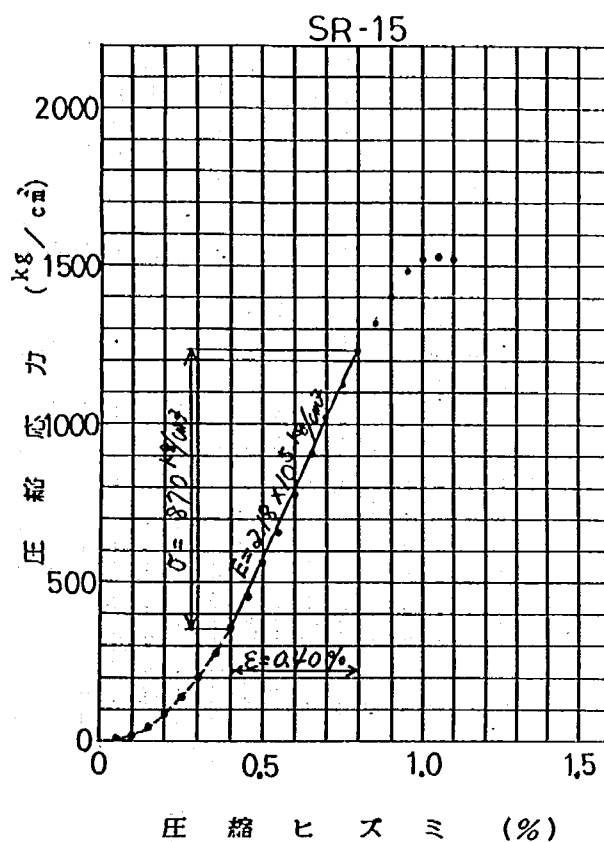
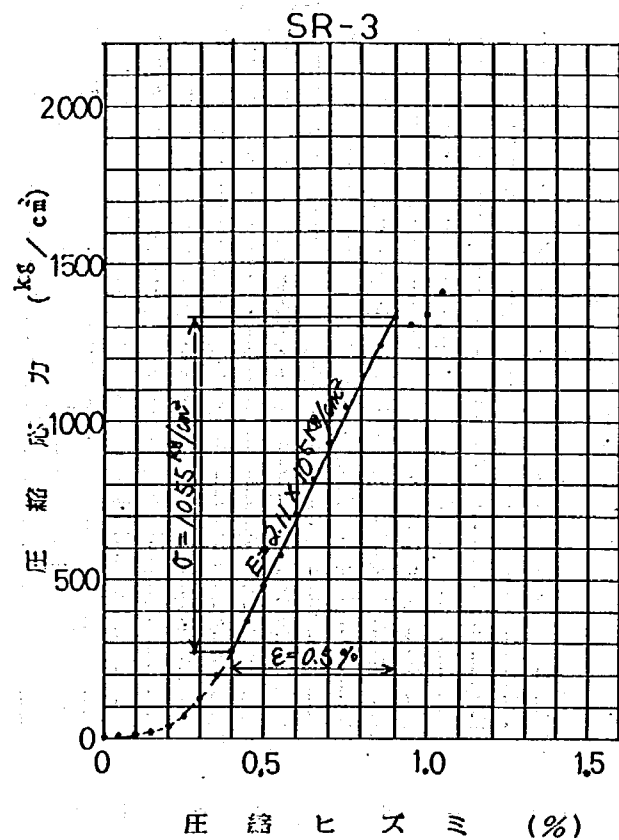
圧縮ヒズミ (%)

圧縮応力 (kg/cm^2)

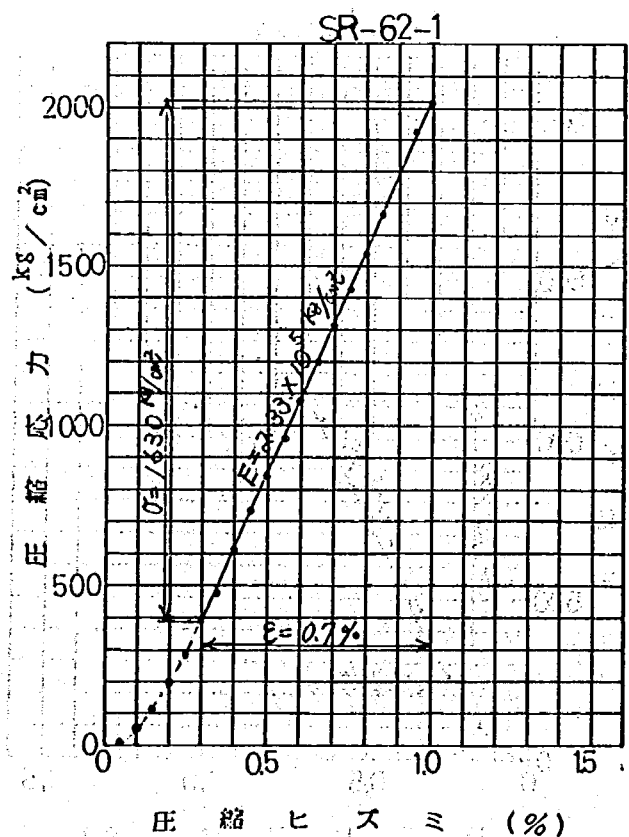
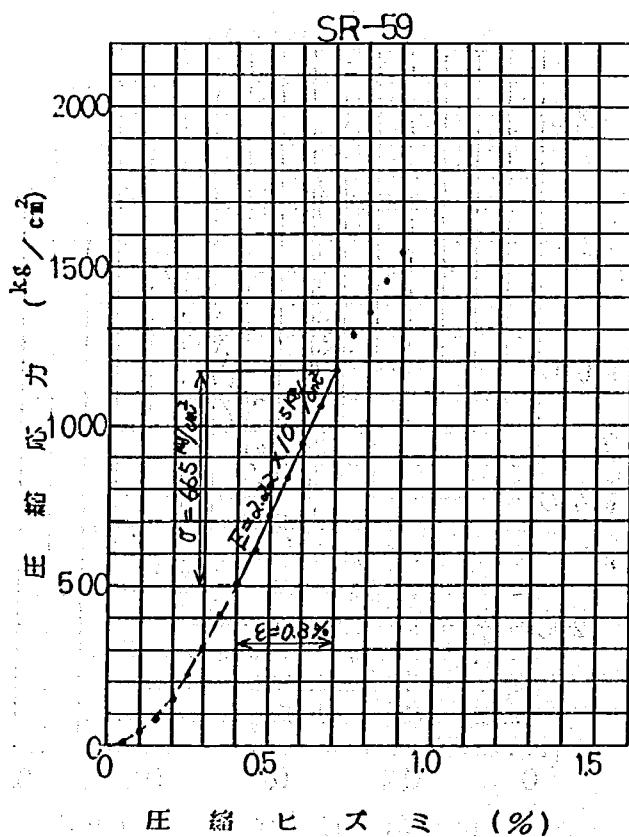
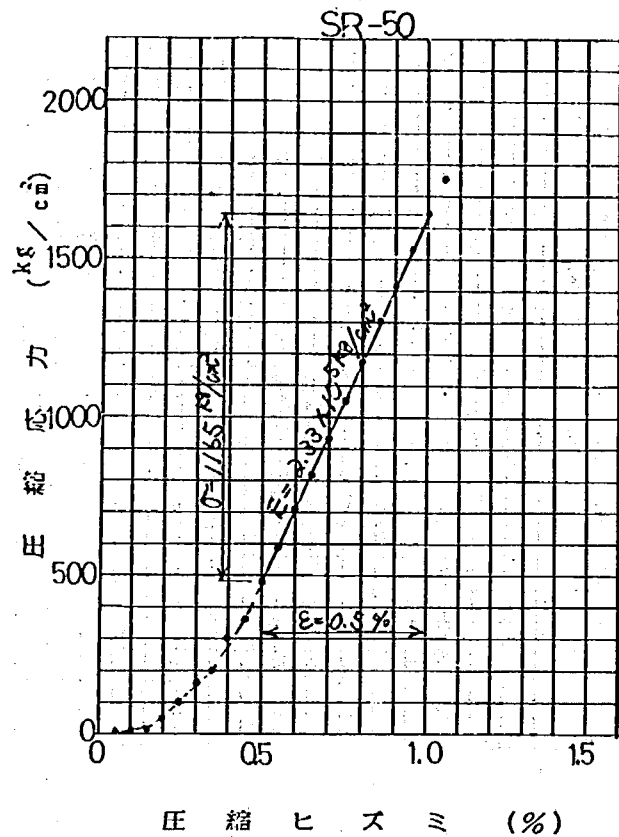
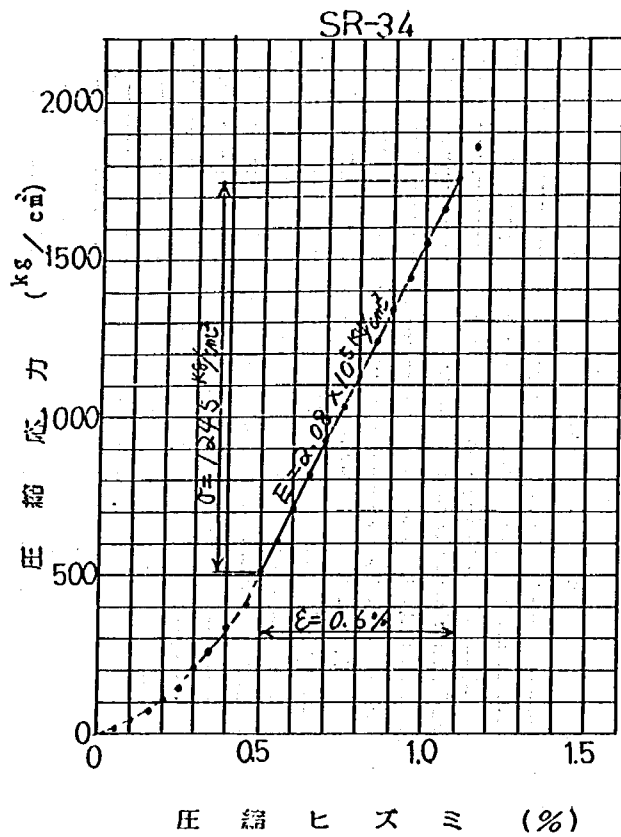


圧縮ヒズミ (%)

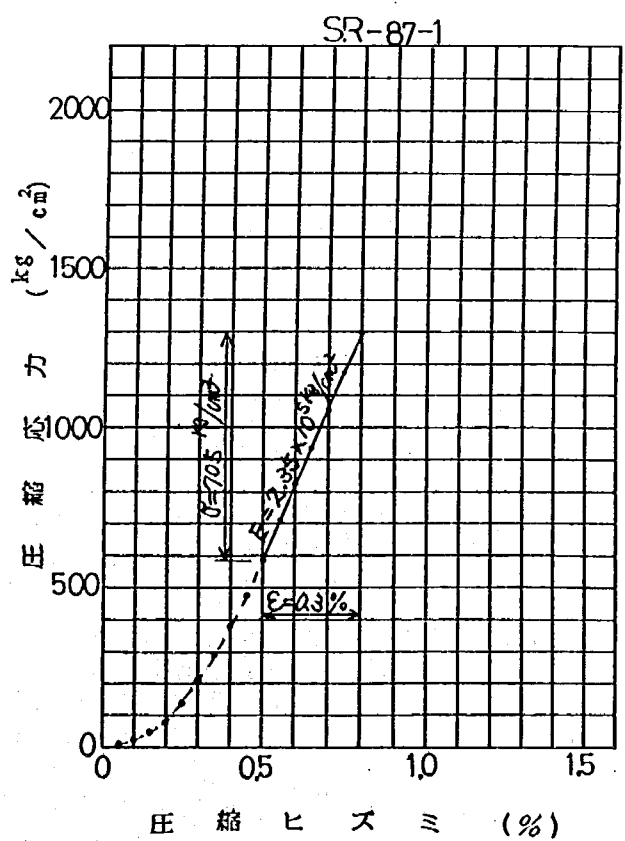
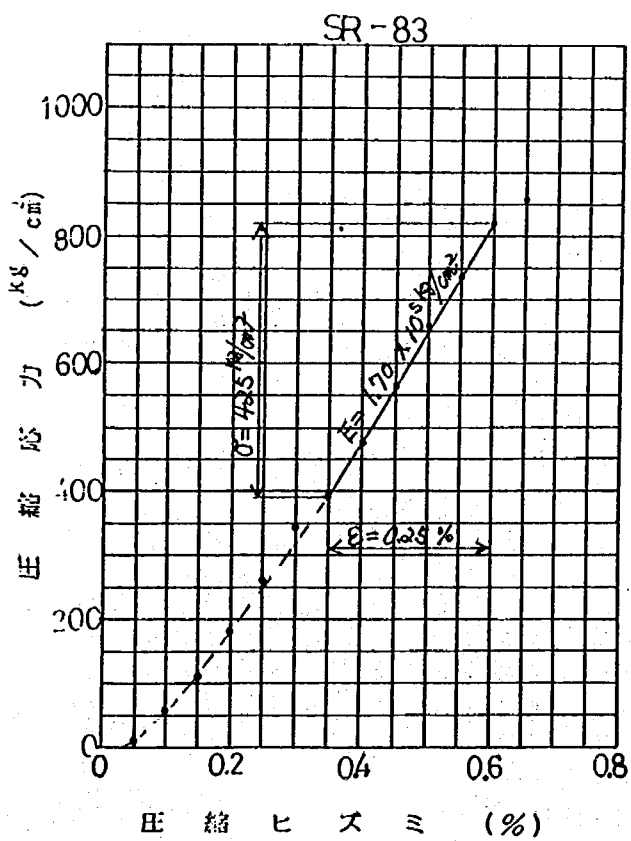
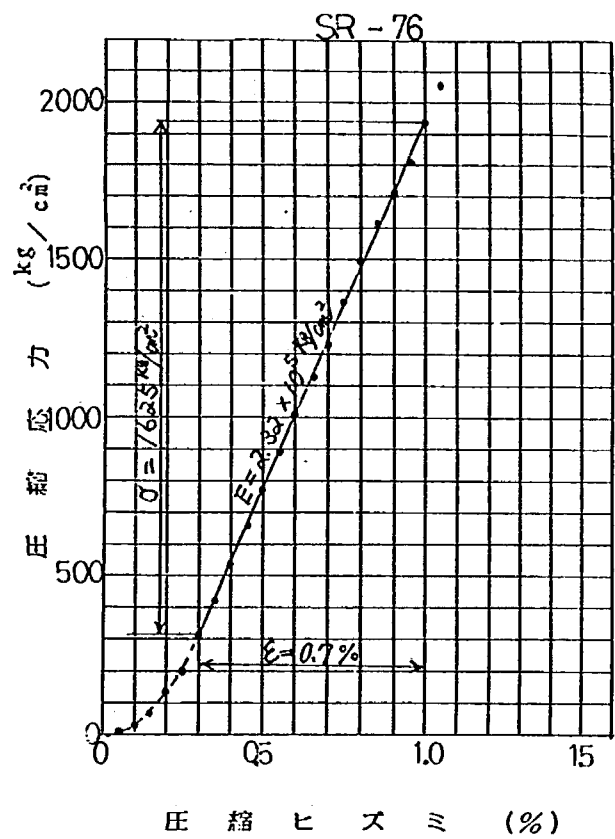
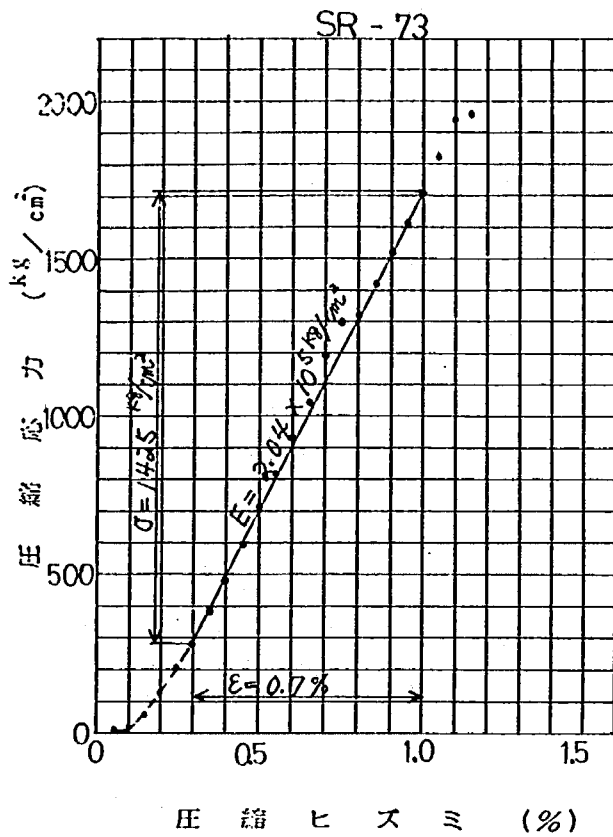
一軸圧縮試験 (応力～ひずみ曲線)

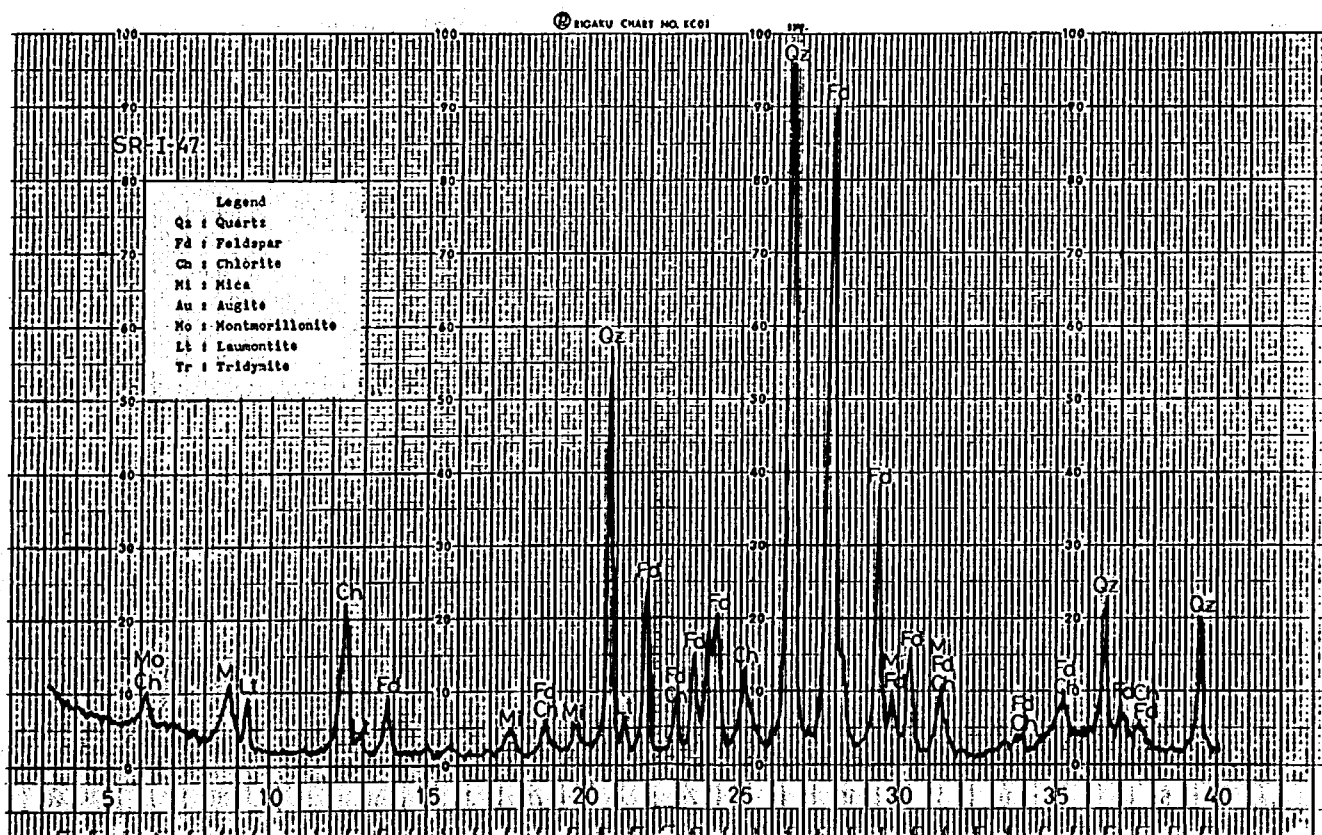
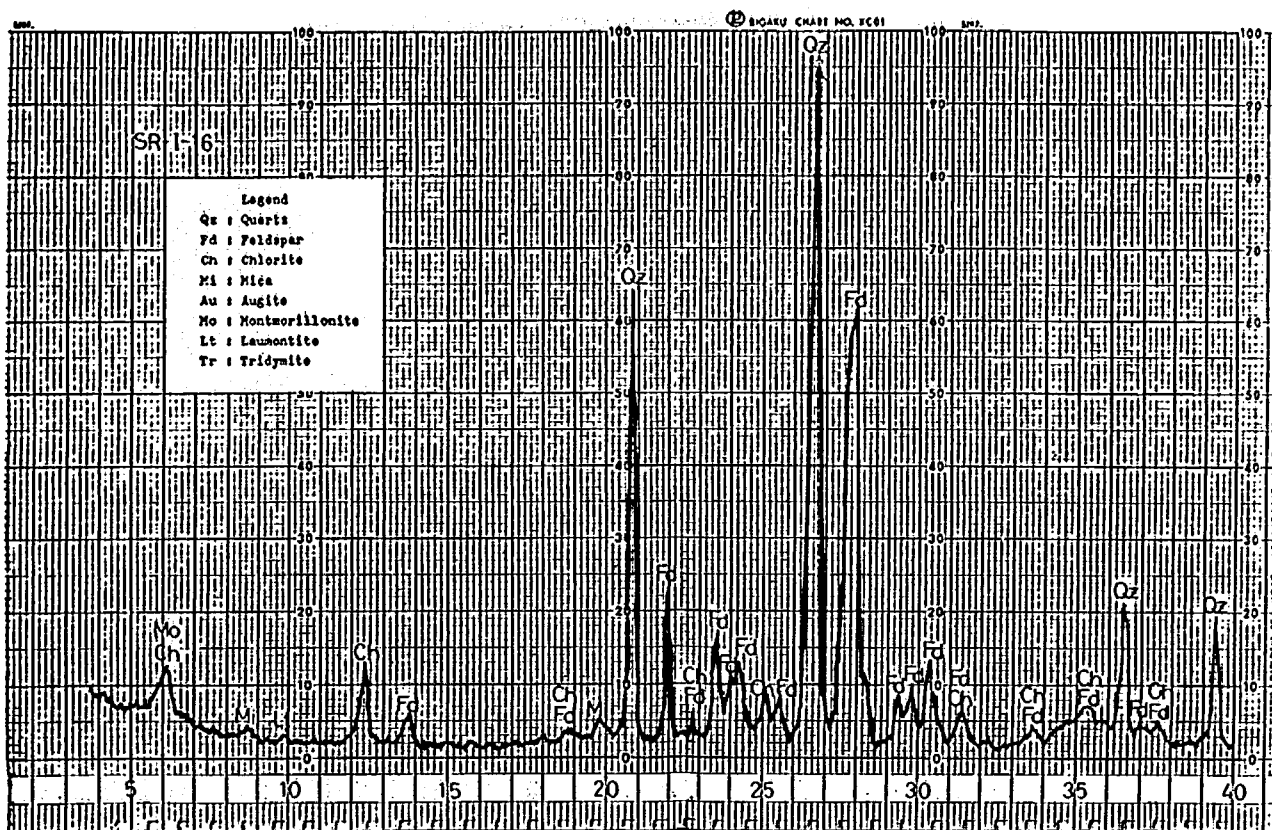


一軸圧縮試験 (応力～ひずみ曲線)

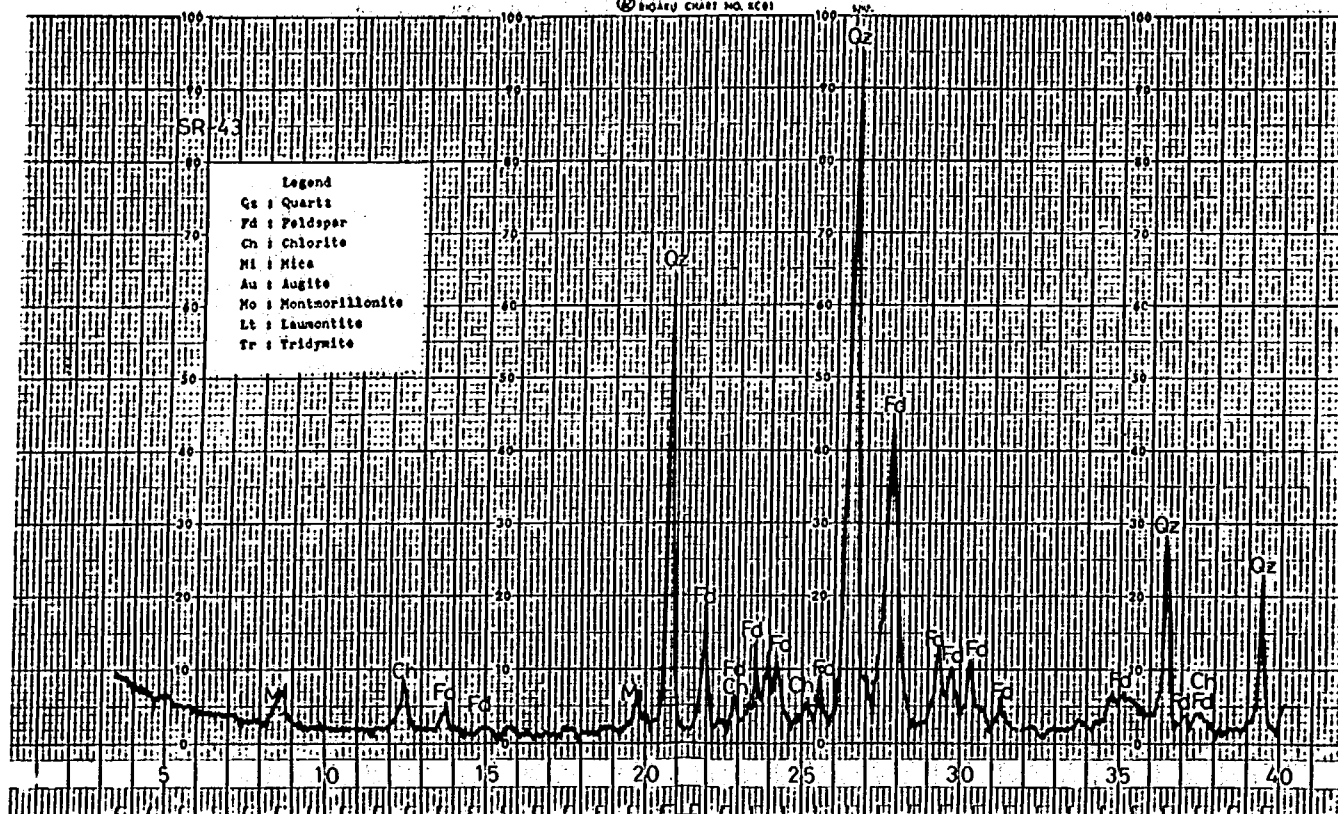


一軸圧縮試験 (応力～ひずみ曲線)

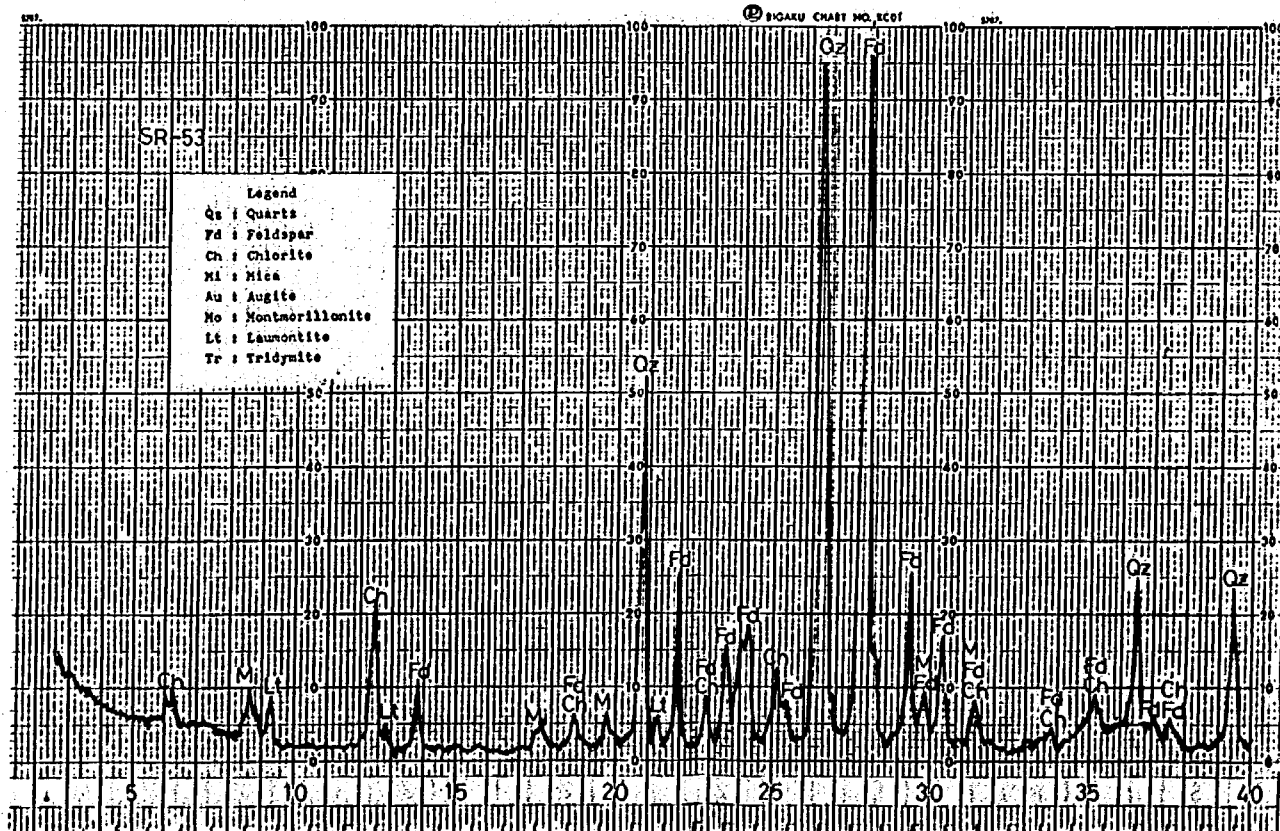


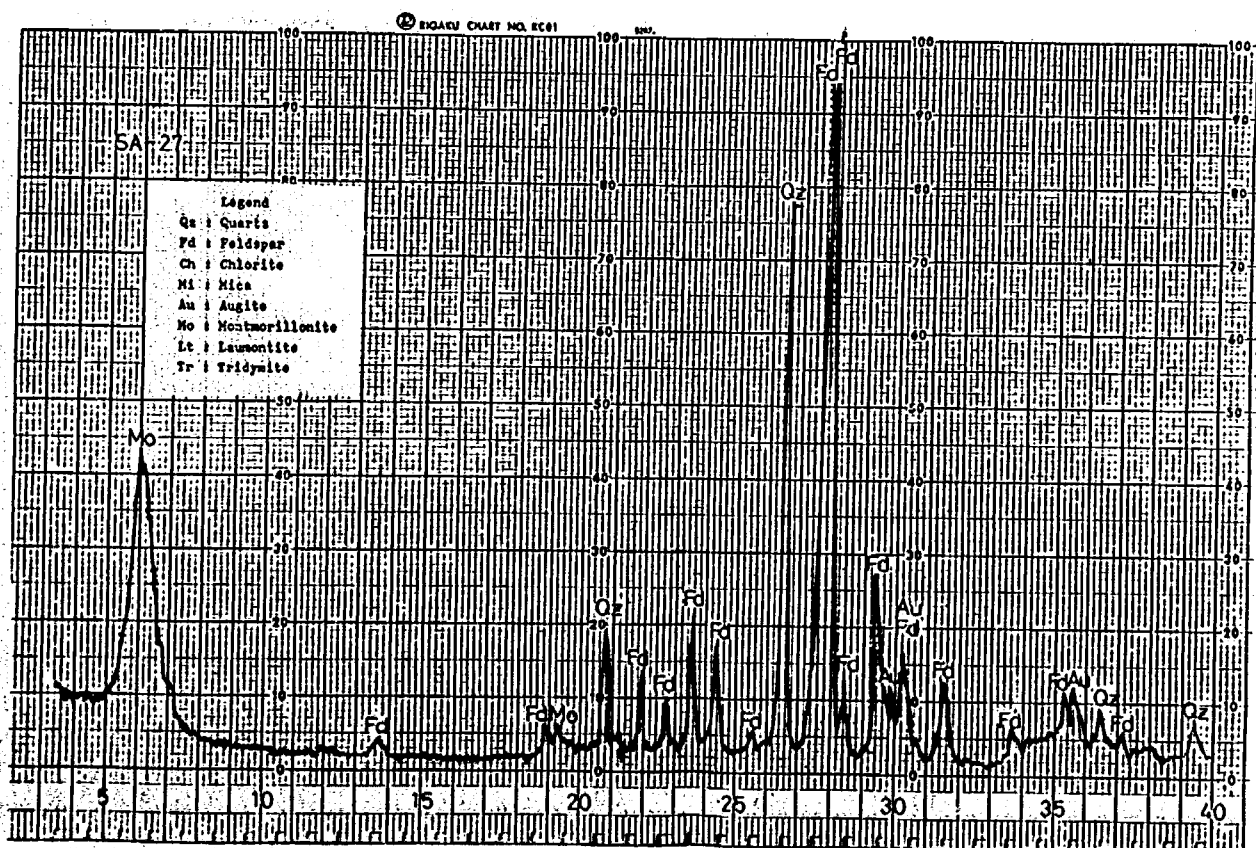
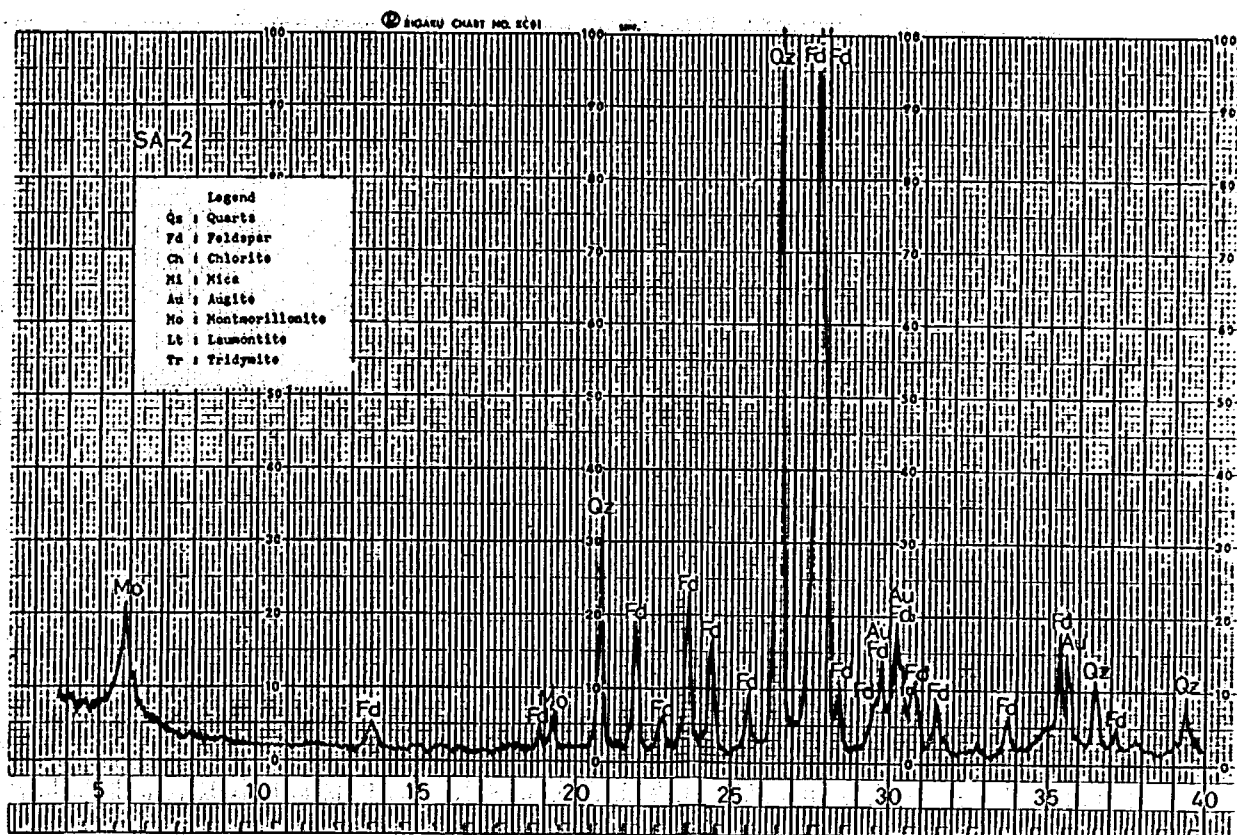


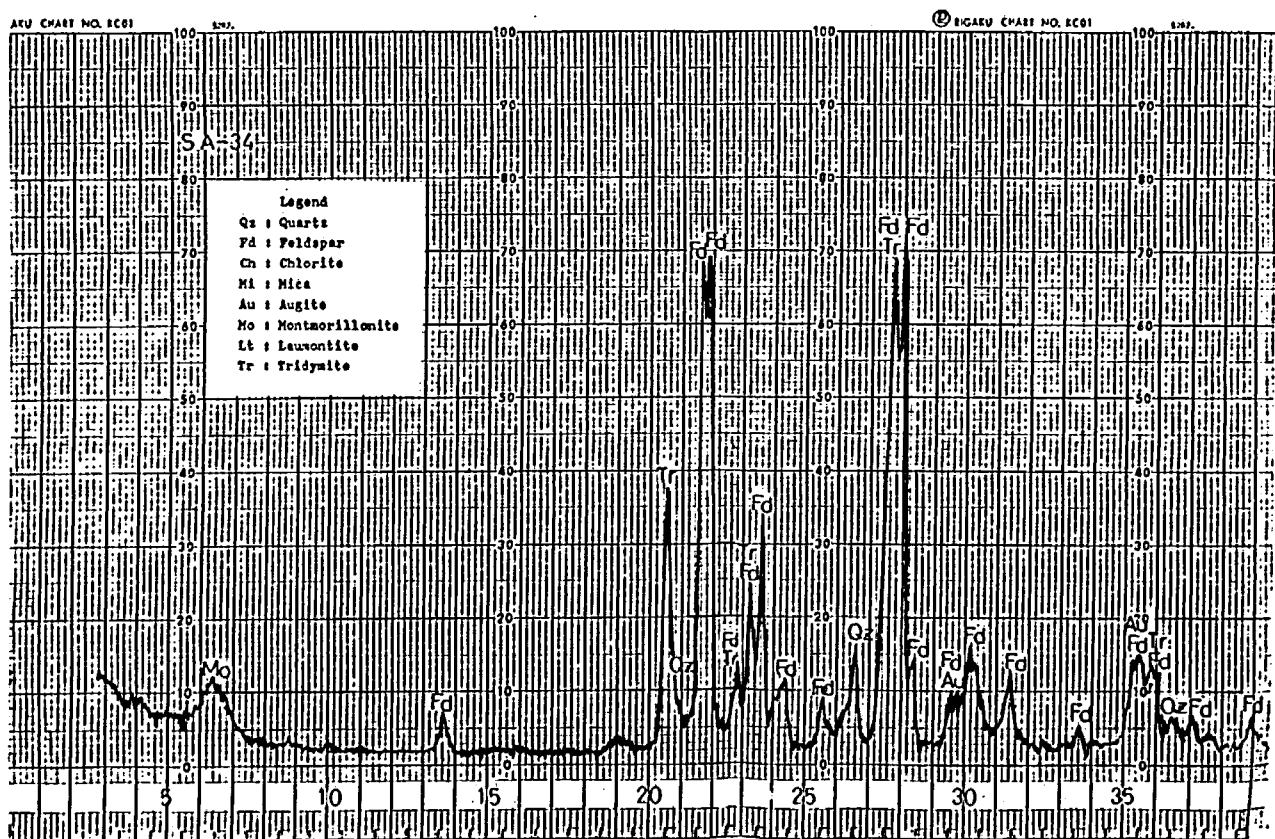
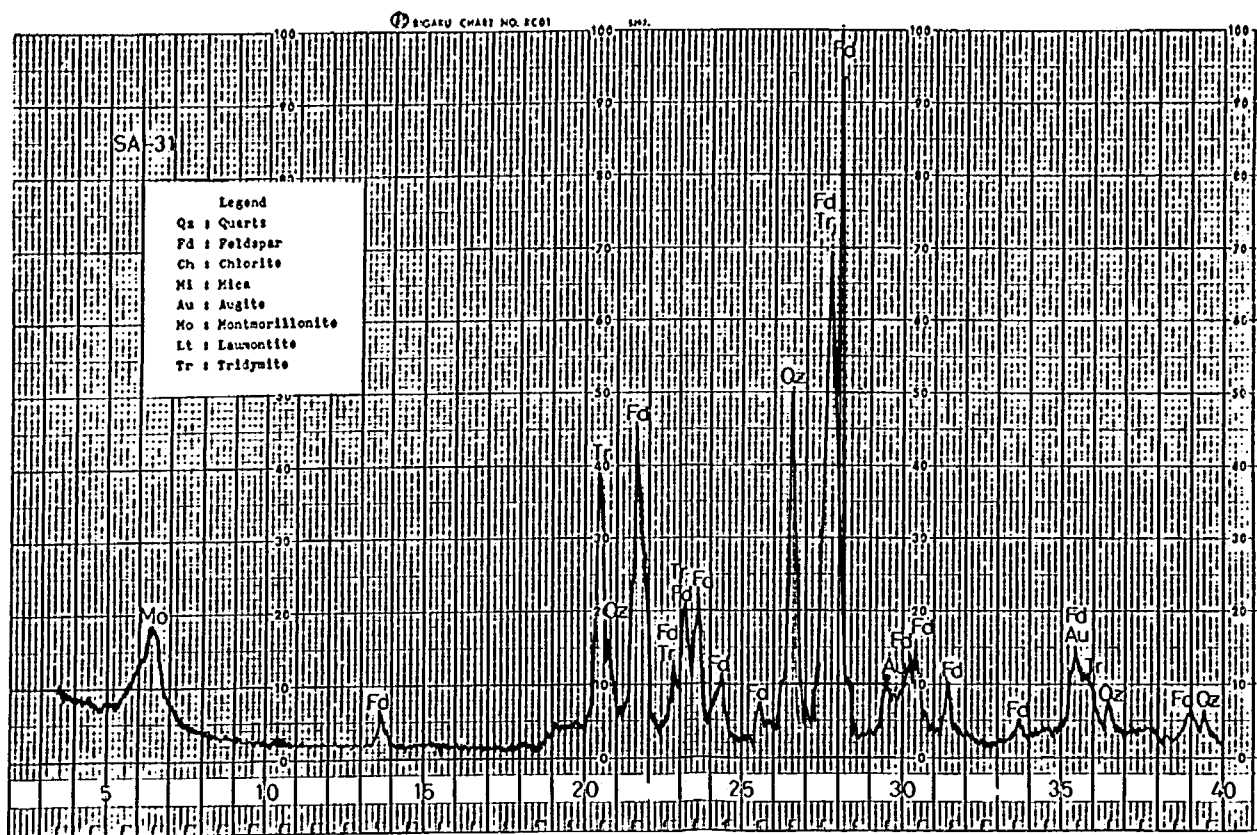
② SIGAUX CHART NO. EC01



② SIGAUX CHART NO. EC01

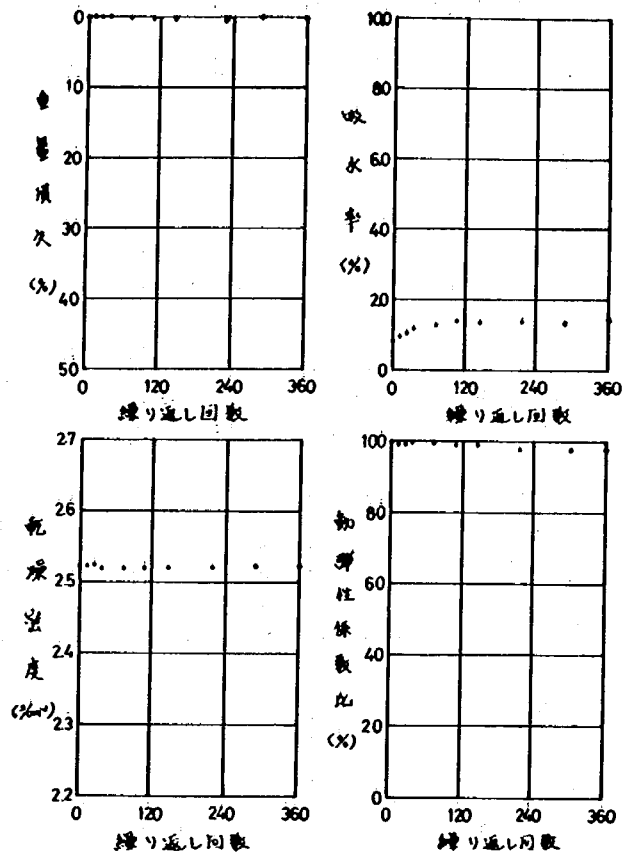




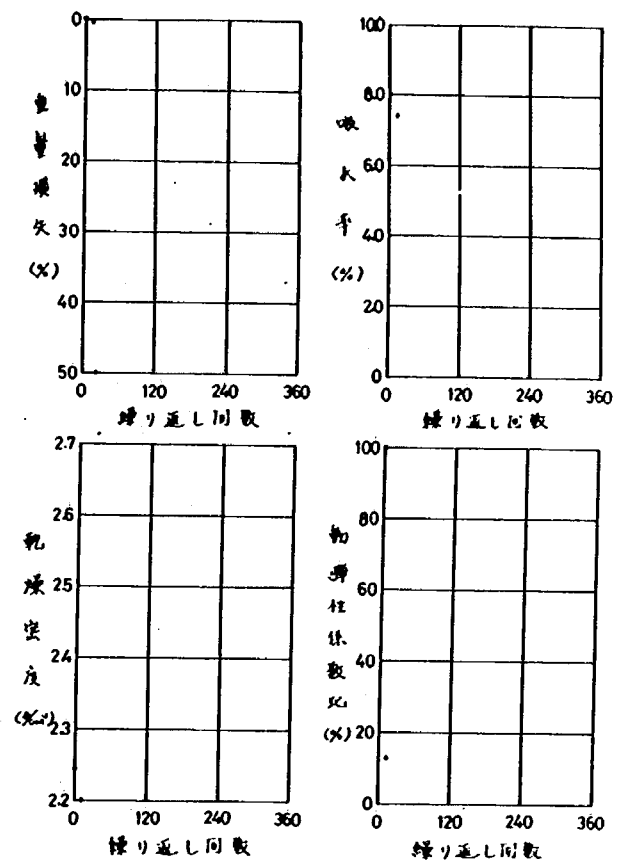


附圖—3 (1) SR—I

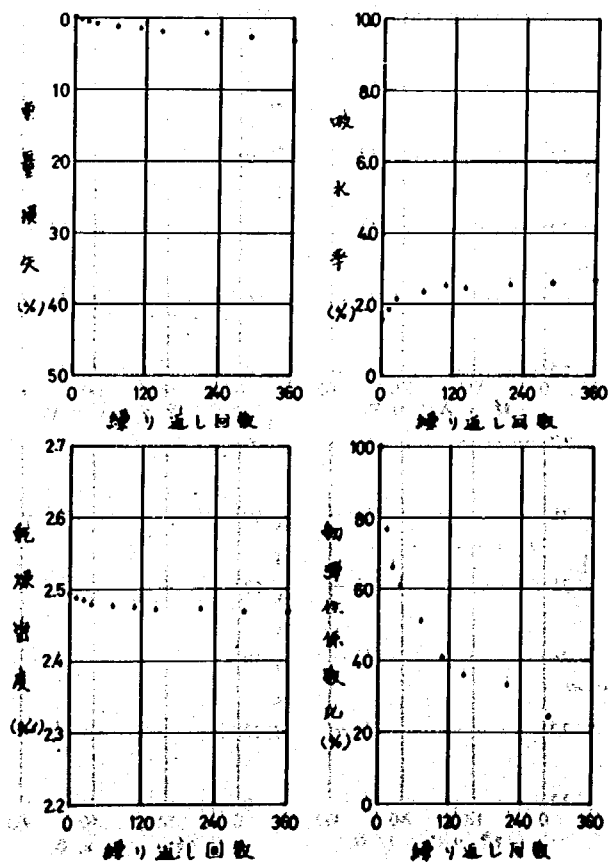
SR-I-1



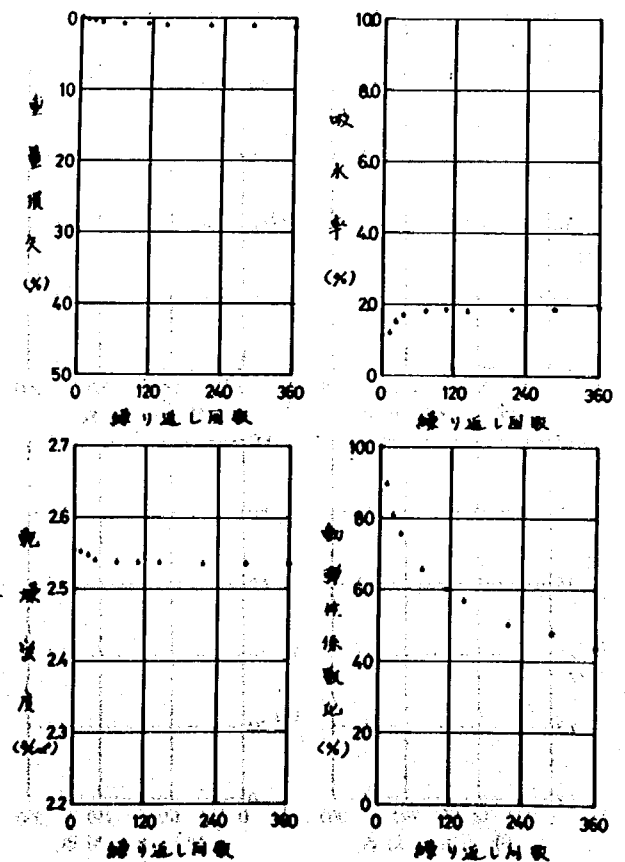
SR-I-2



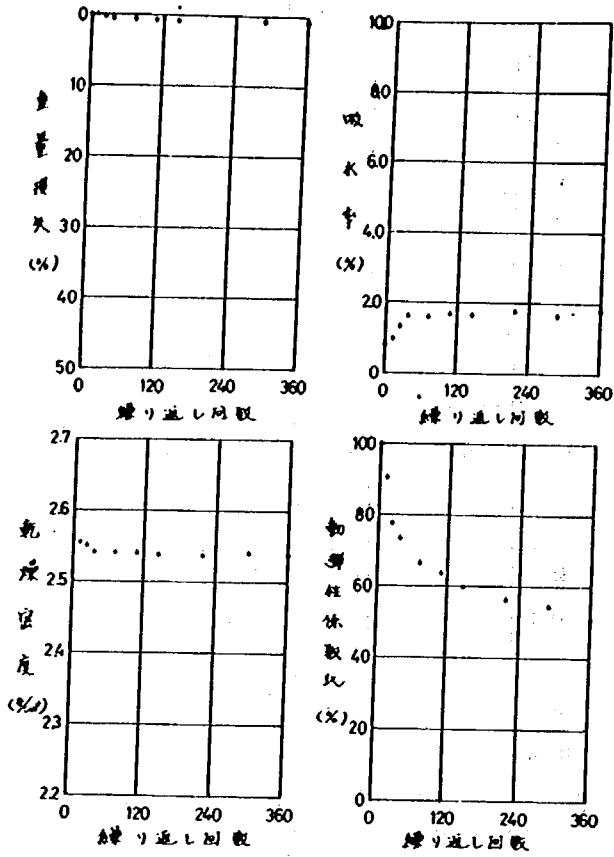
SR-I-3



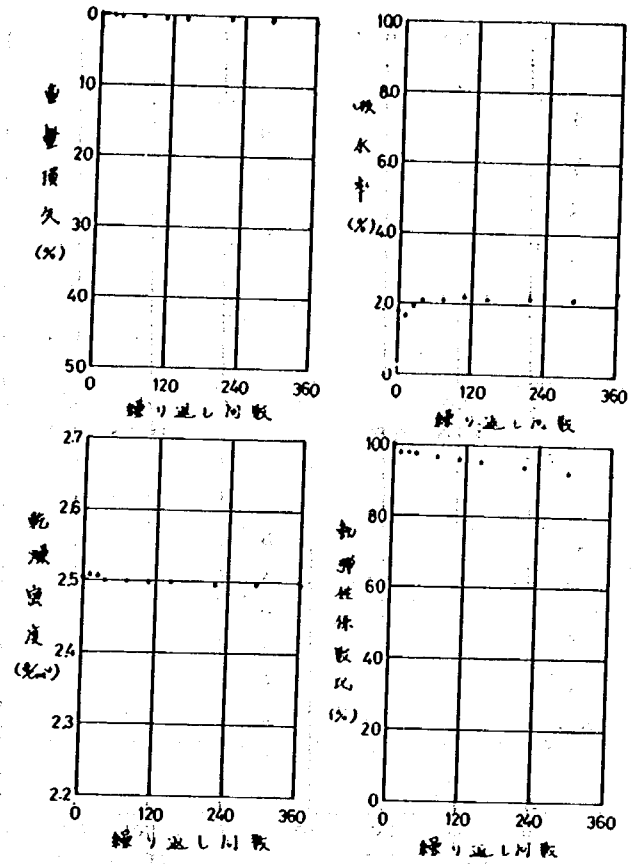
SR-I-4



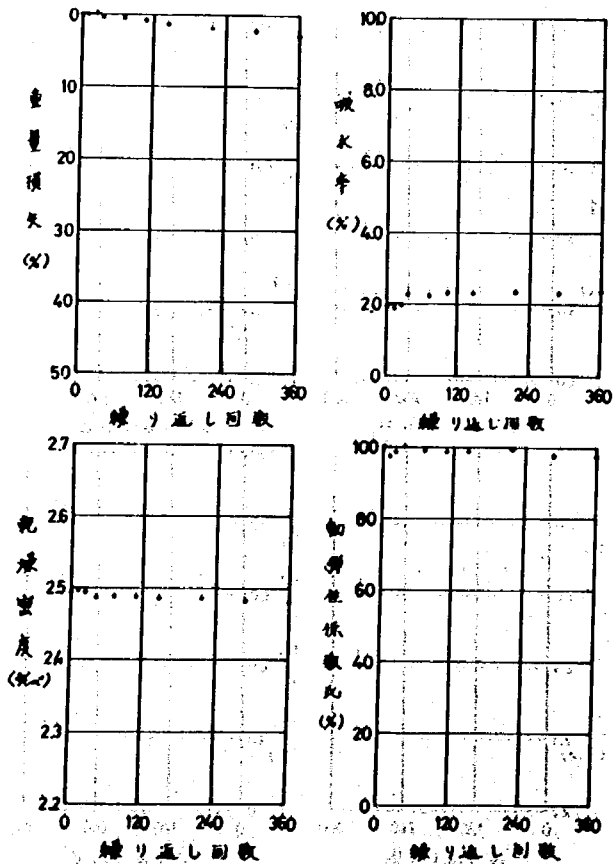
SR-I-5



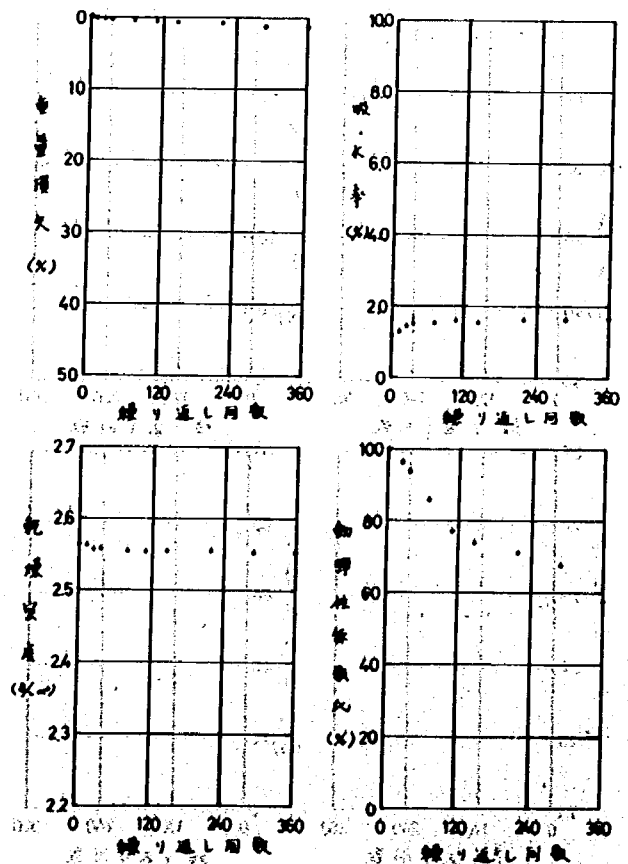
SR-I-7



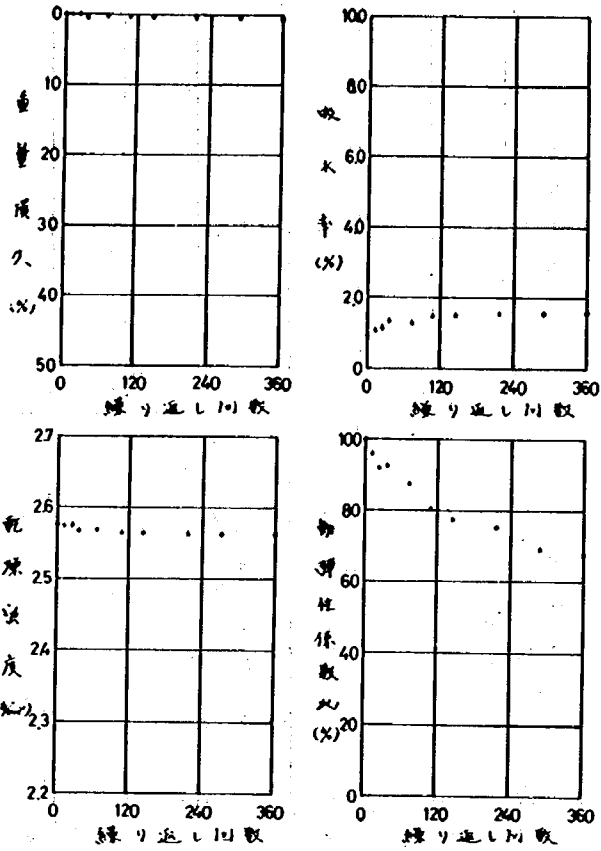
SR-I-8



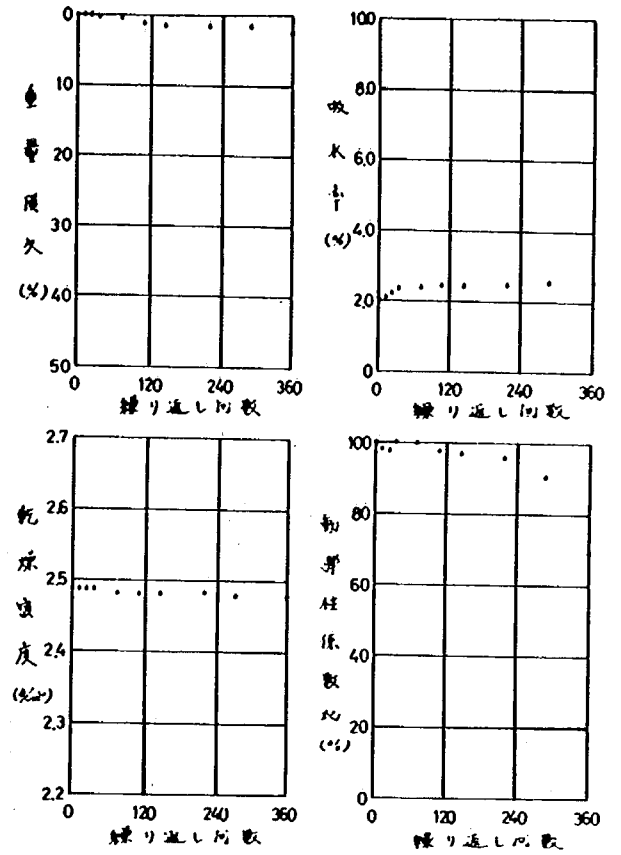
SR-I-9



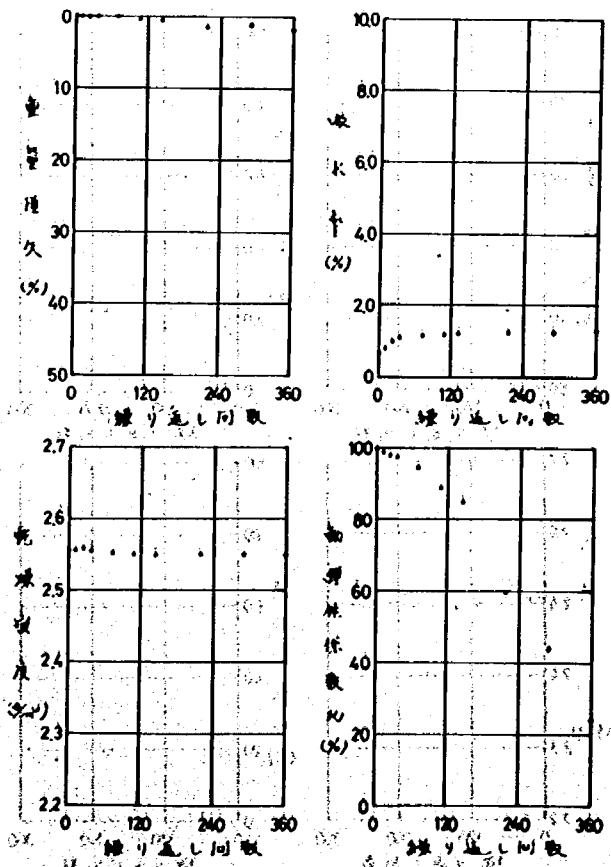
SR-I-10



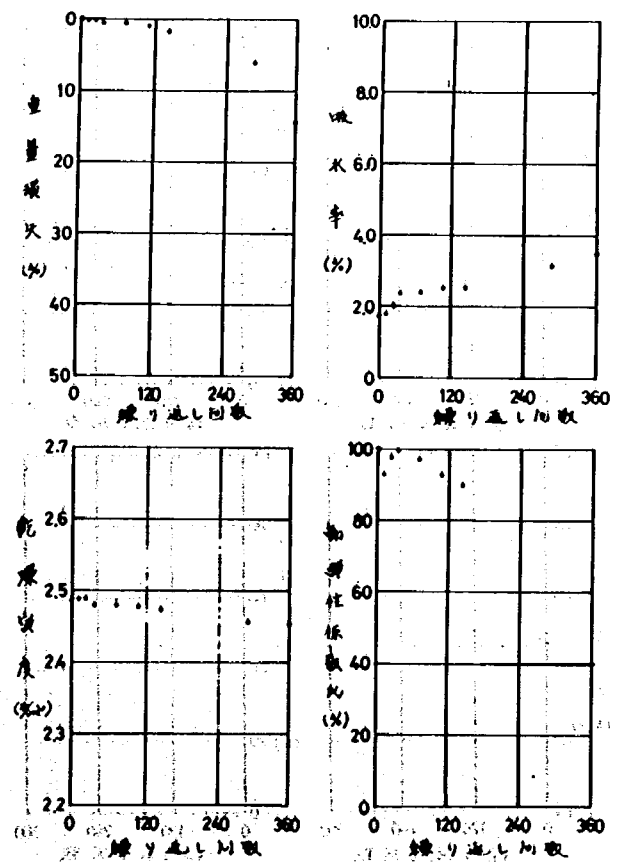
SR-I-11



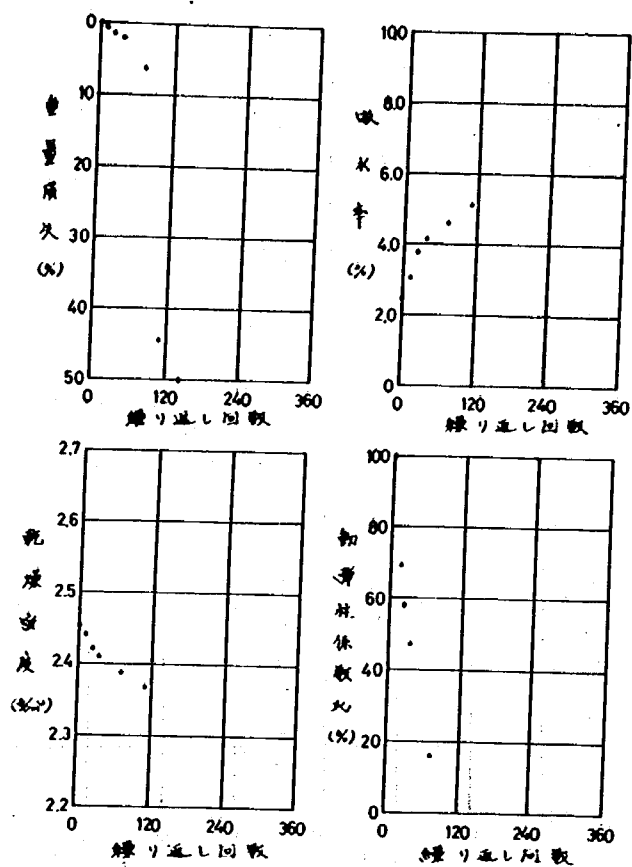
SR-I-12



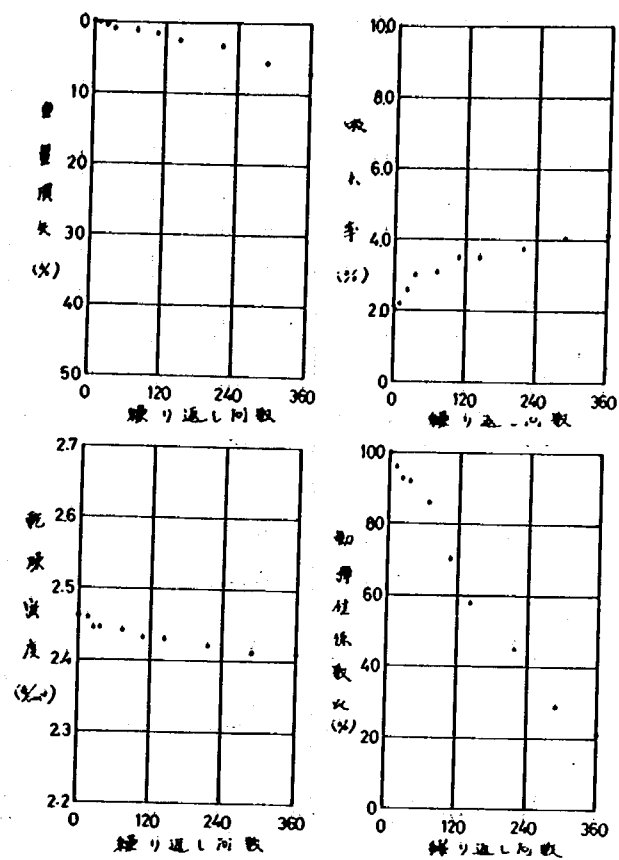
SR-I-13



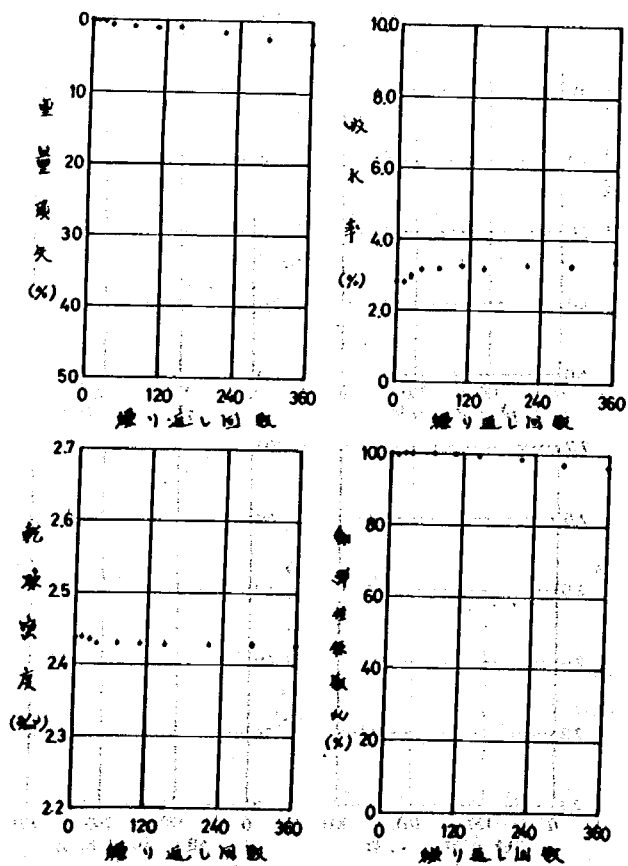
SR-I-14



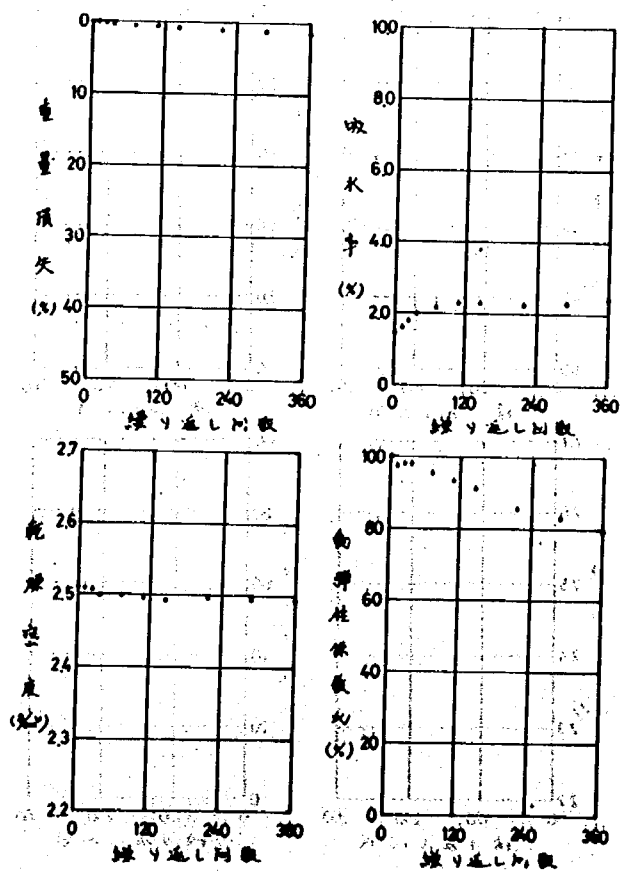
SR-I-15



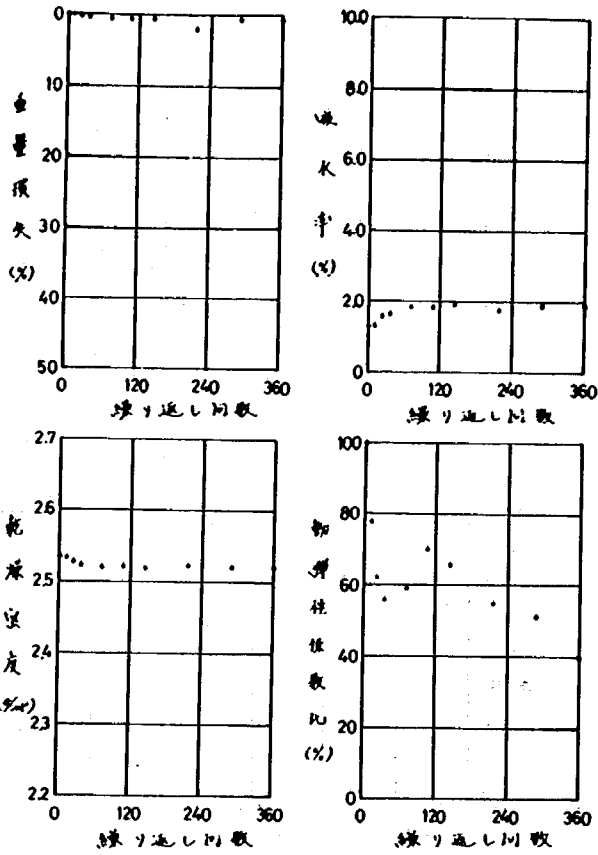
SR-I-16



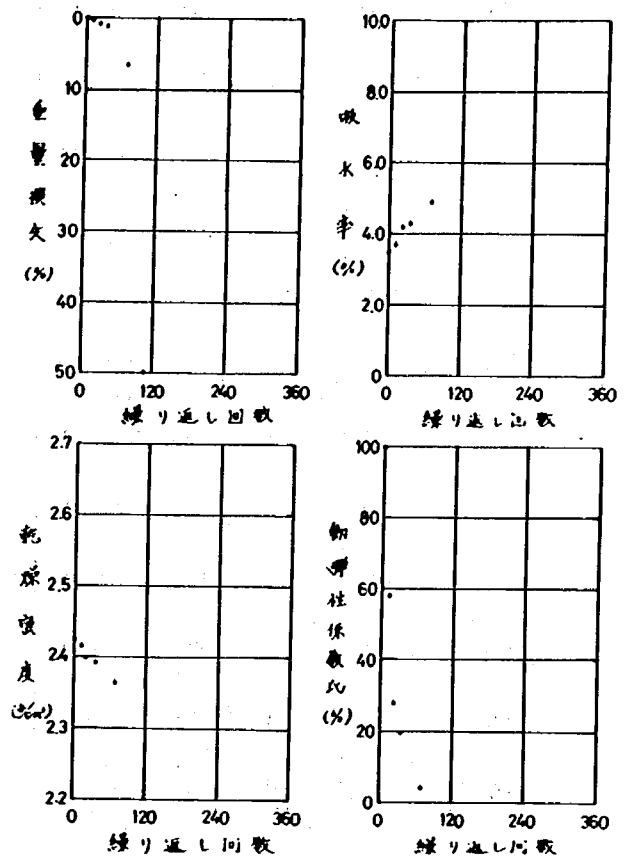
SR-I-17



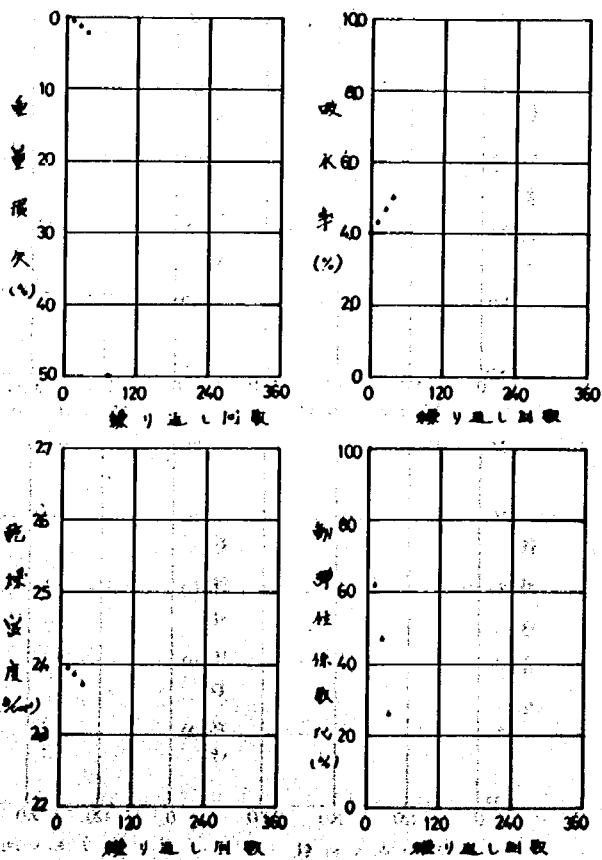
SR-I-18



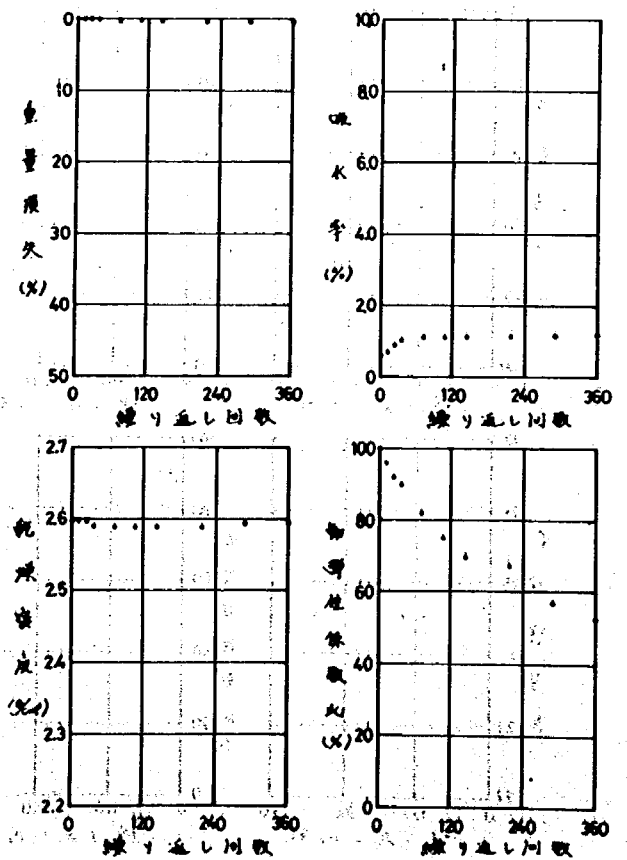
SR-I-19



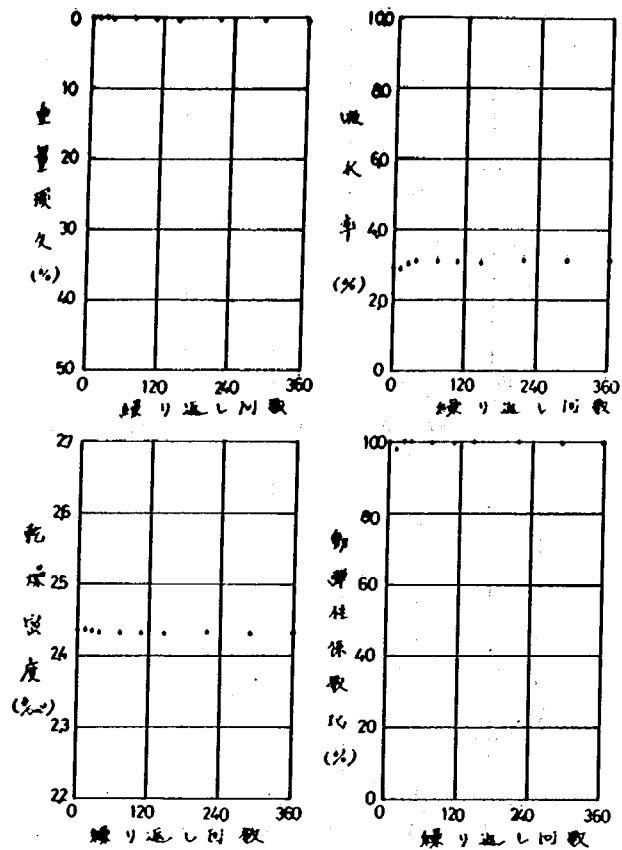
SR-I-20



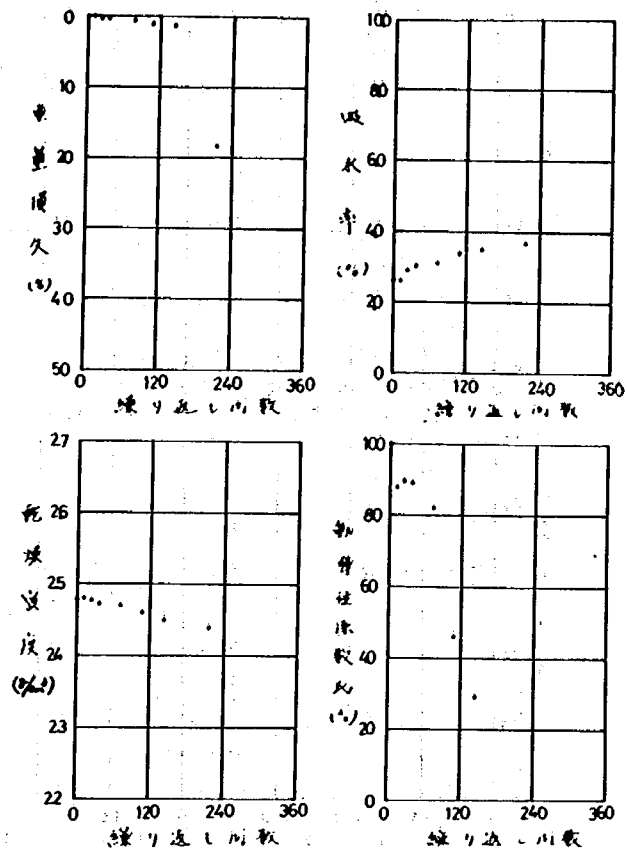
SR-I-21



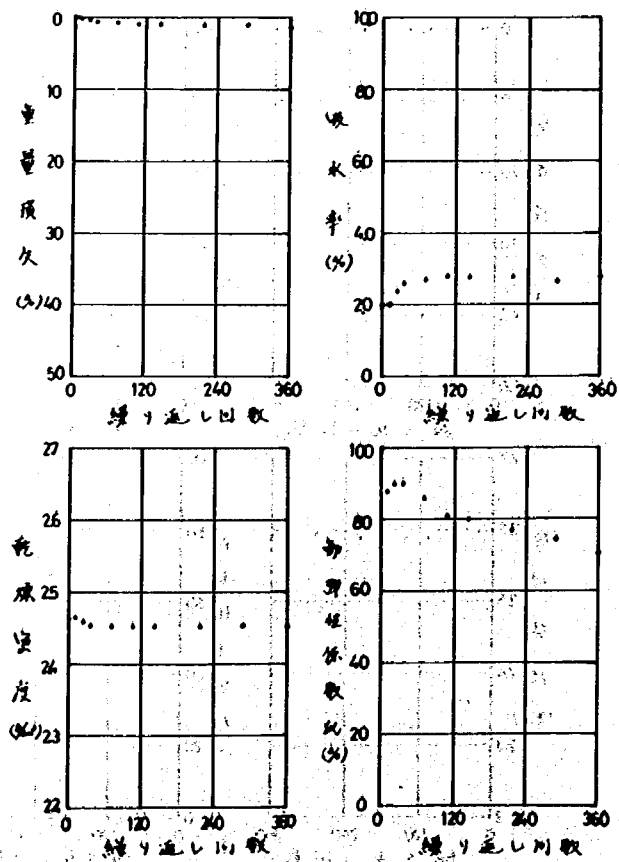
SR-I-22



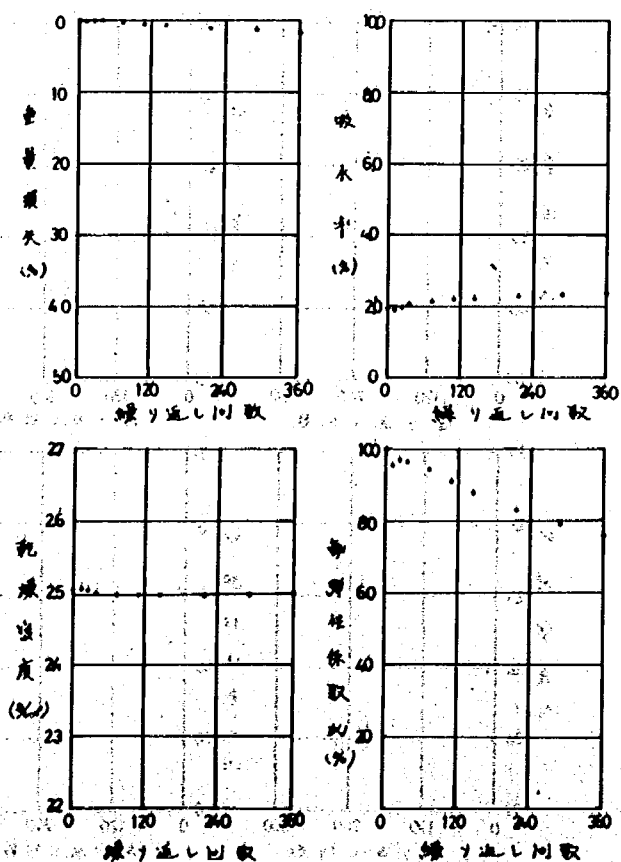
SR-I-23



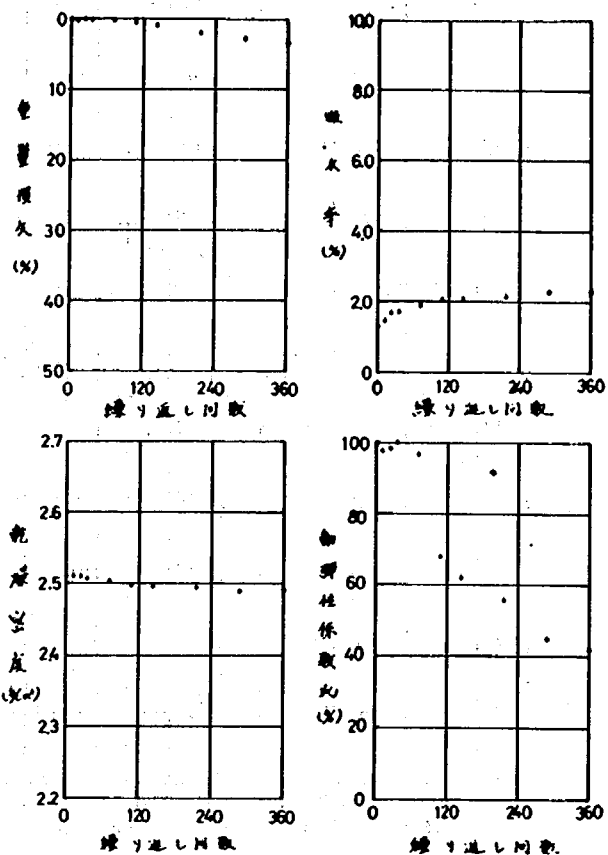
SR-I-24



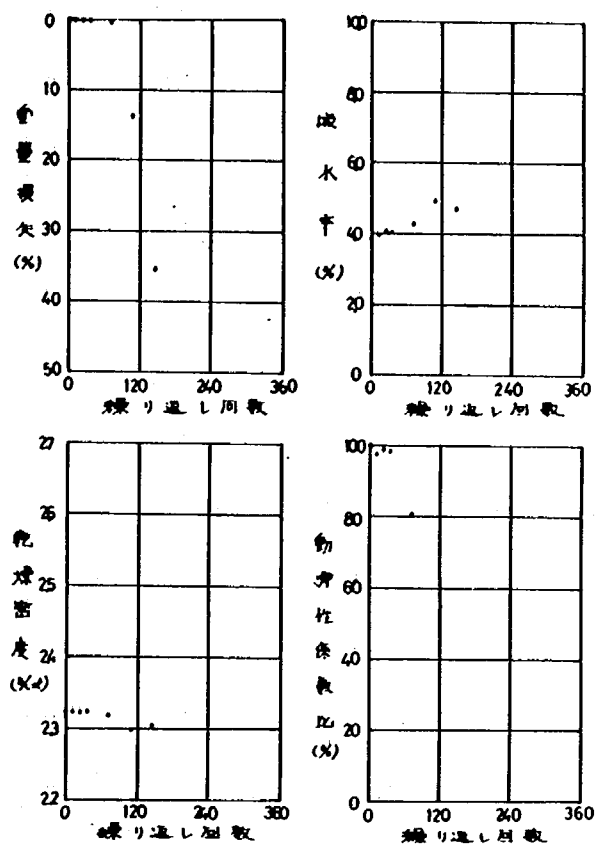
SR-I-27



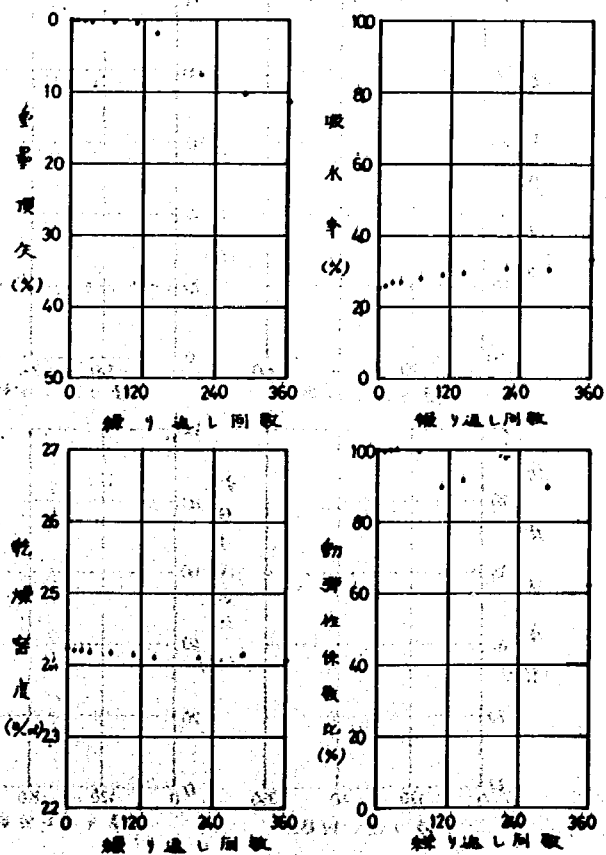
SR-I-28



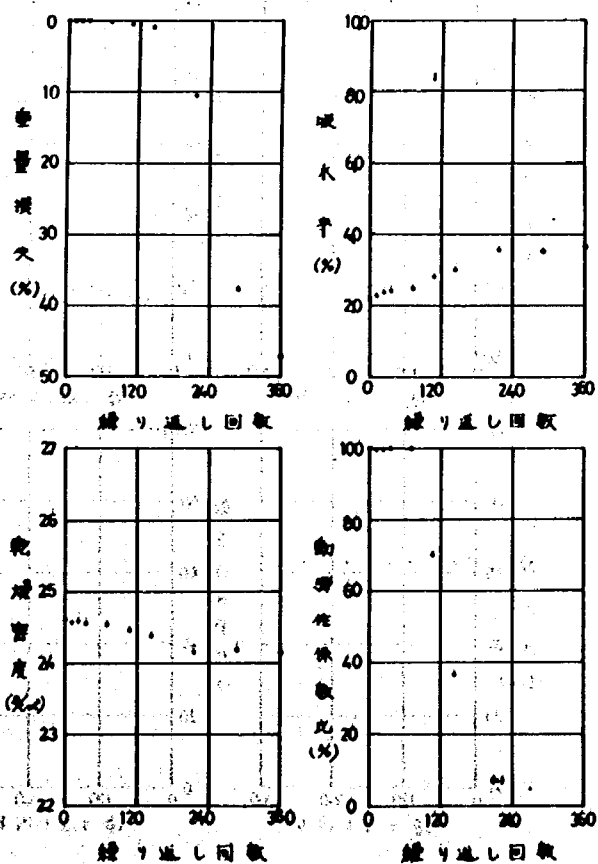
SR-I-29



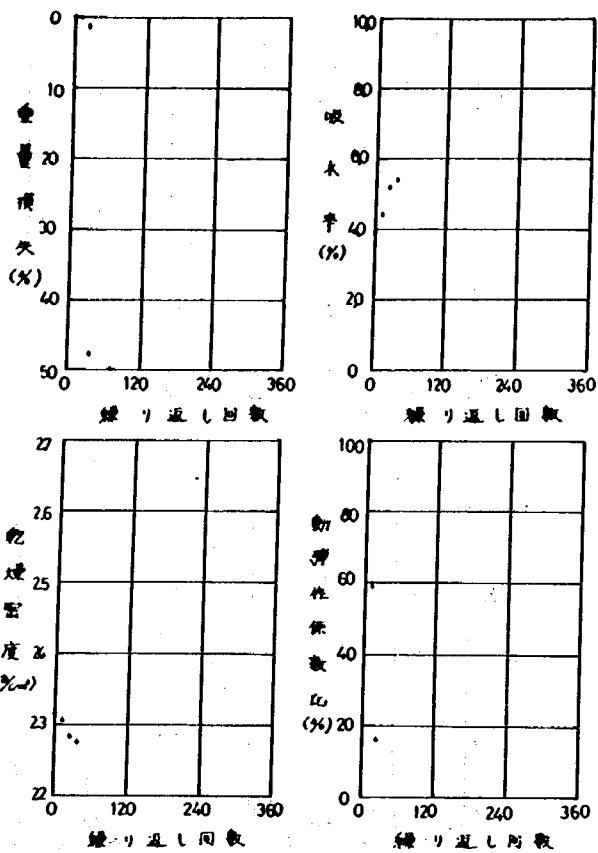
SR-I-30



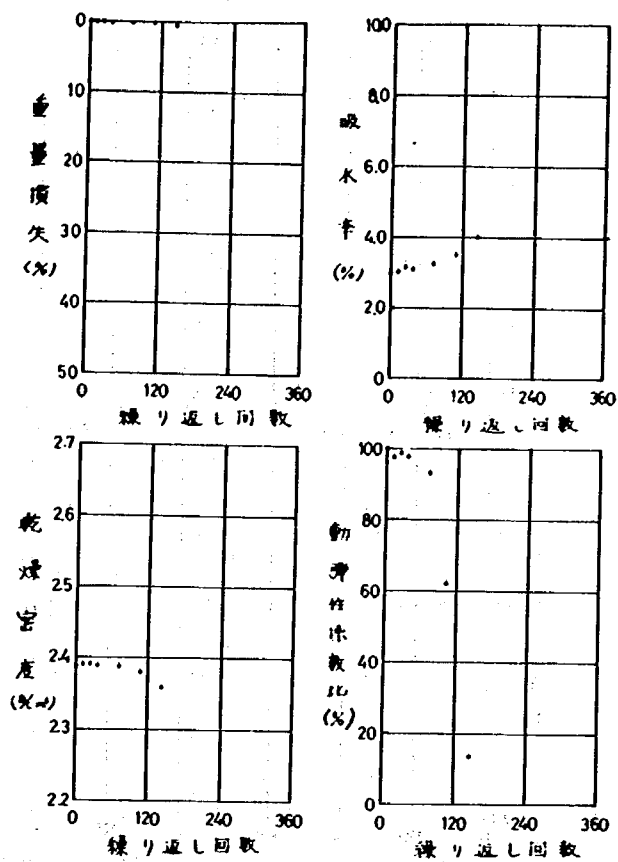
SR-I-31



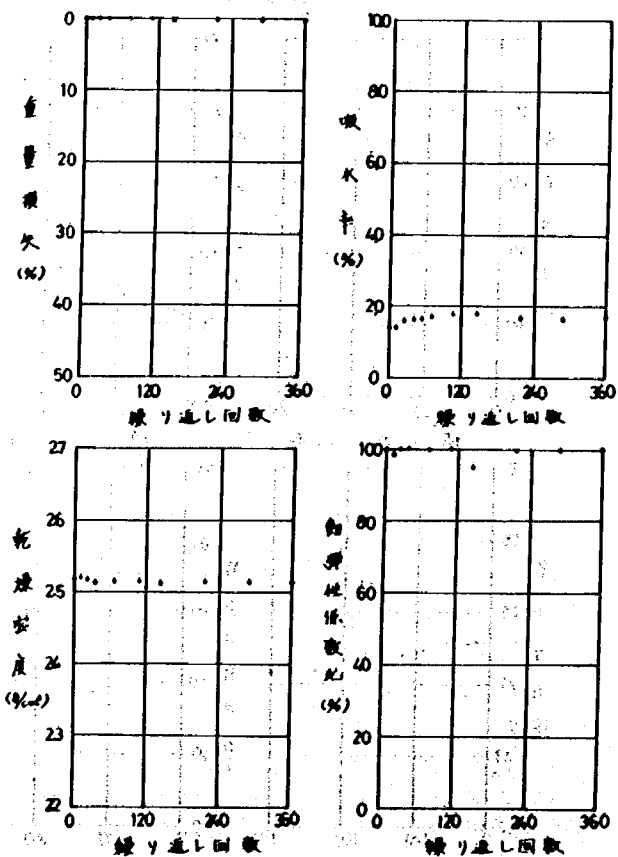
SR-I-32



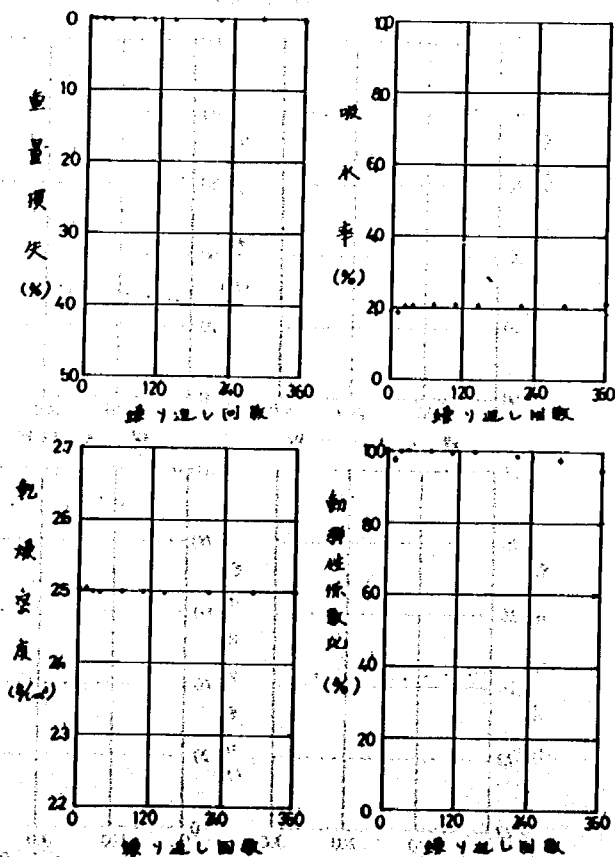
SR-I-33



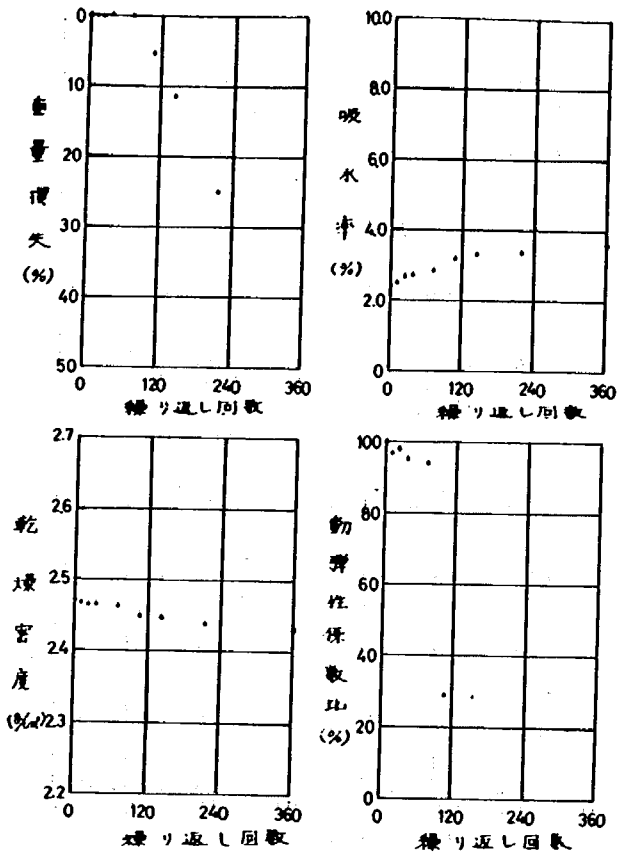
SR-I-34



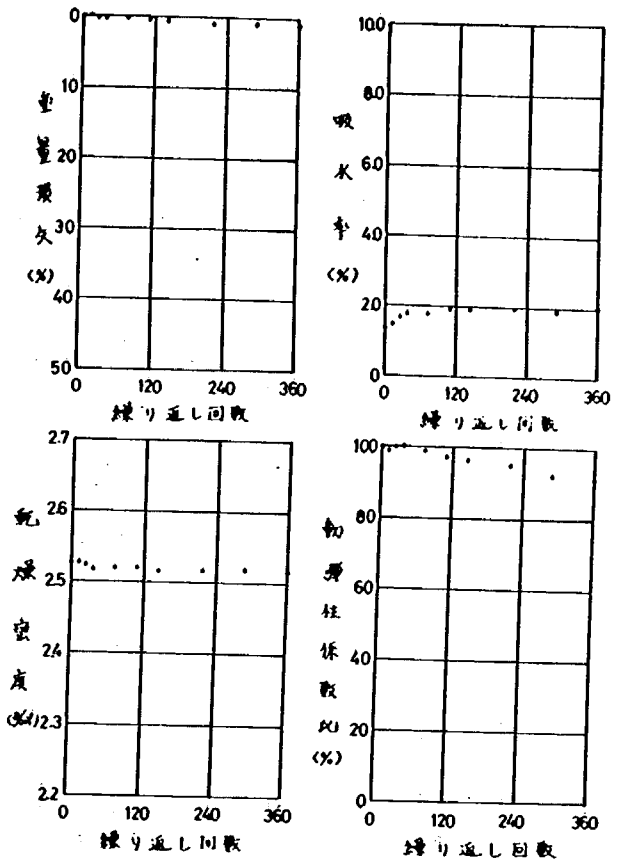
SR-I-35



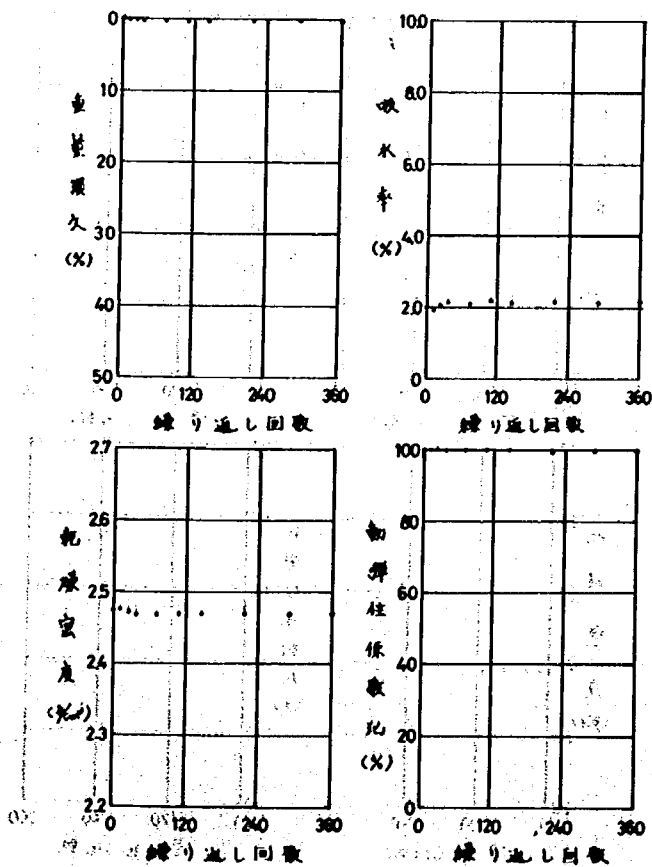
SR-I-36



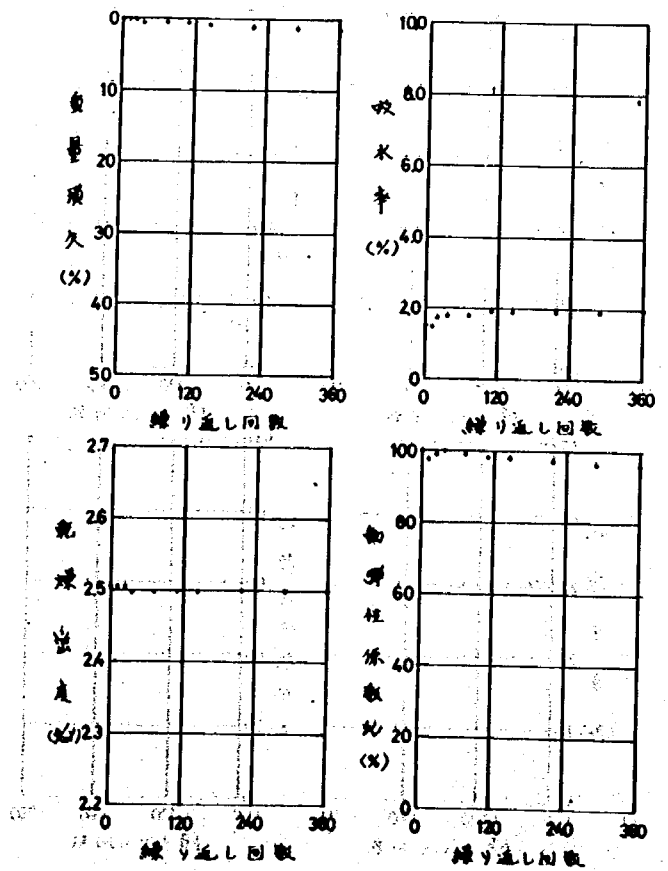
SR-I-37



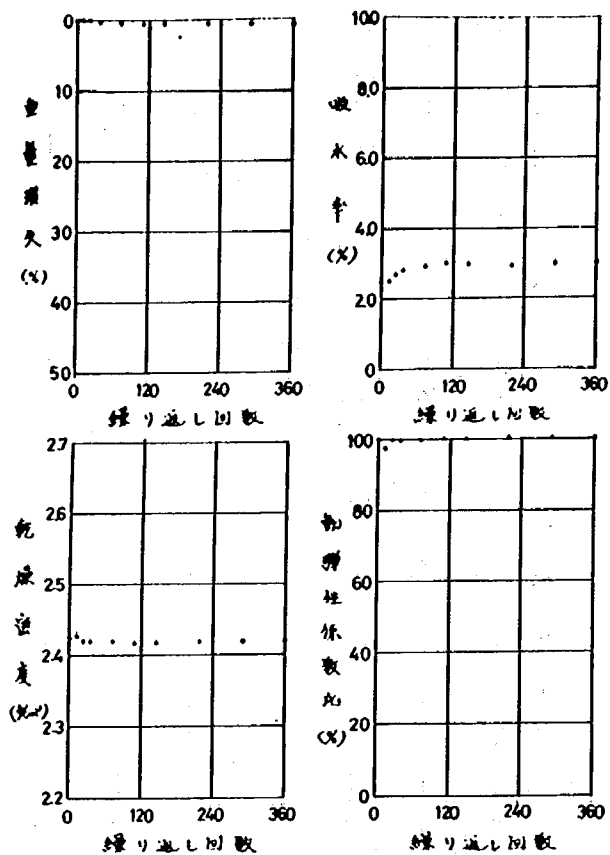
SR-I-38



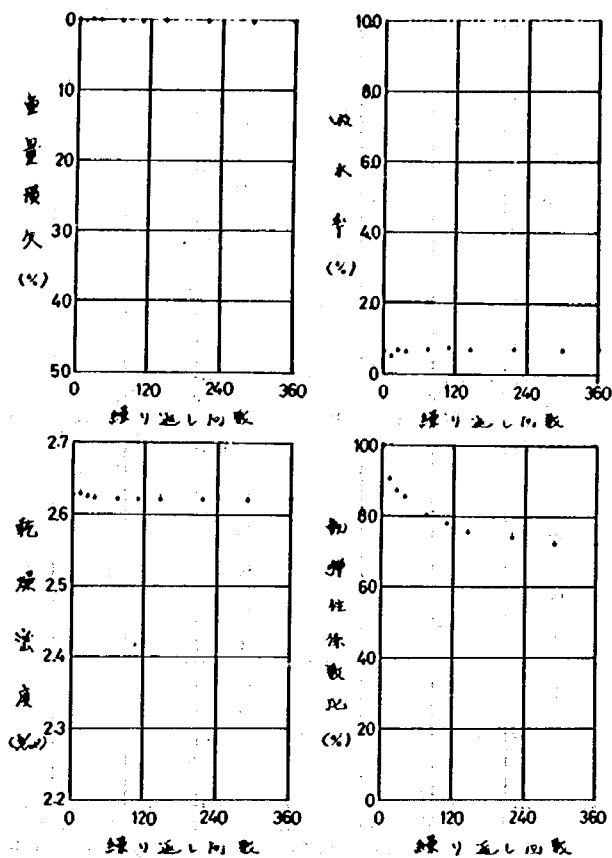
SR-I-39



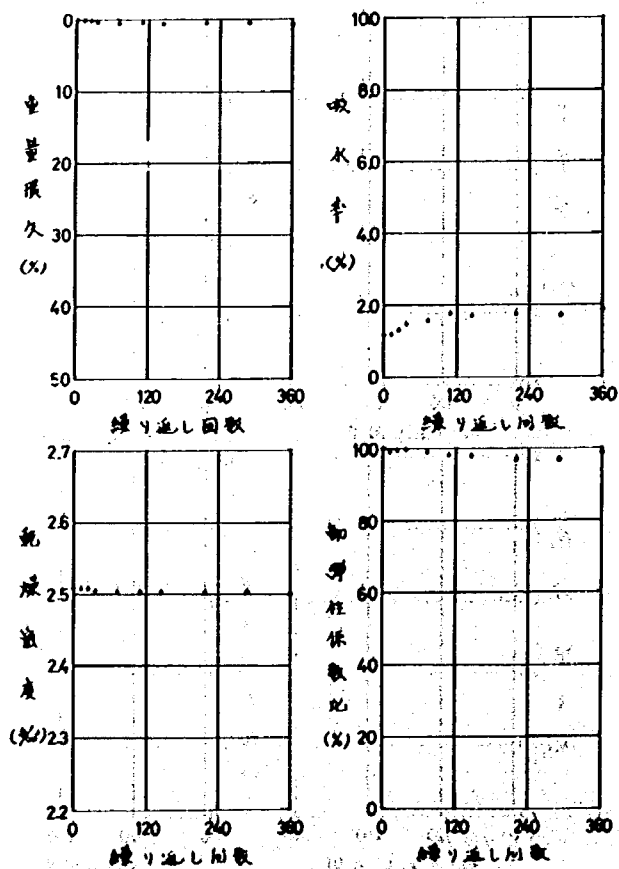
SR-I-40



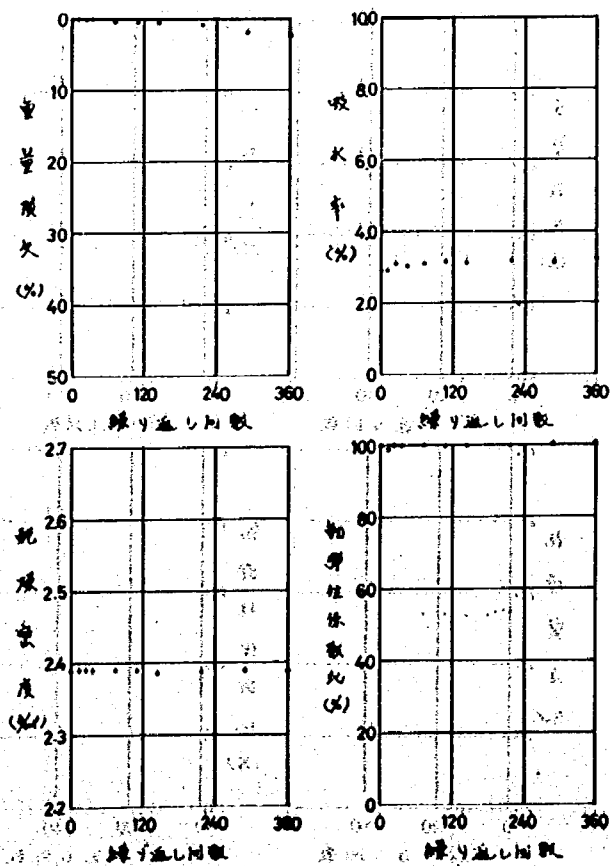
SR-I-41



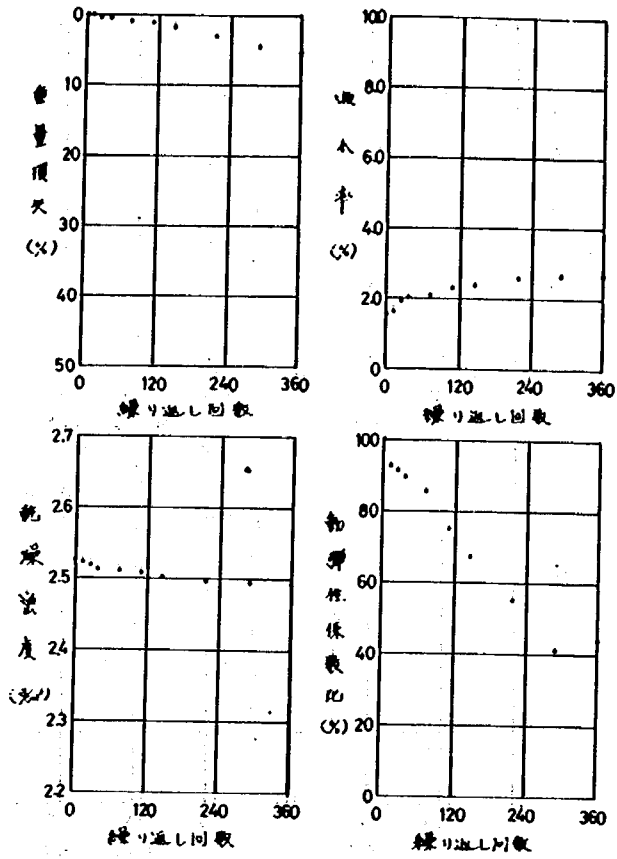
SR-I-42



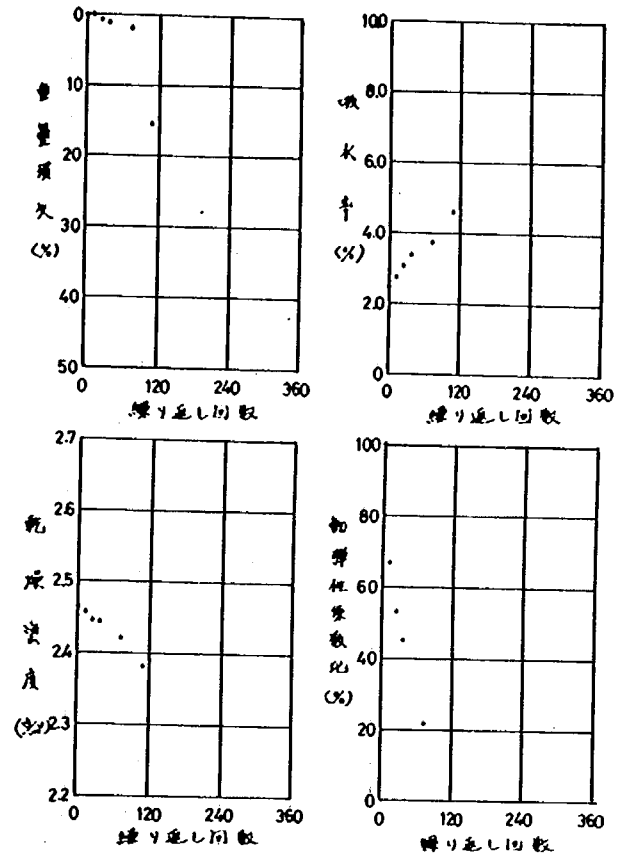
SR-I-43



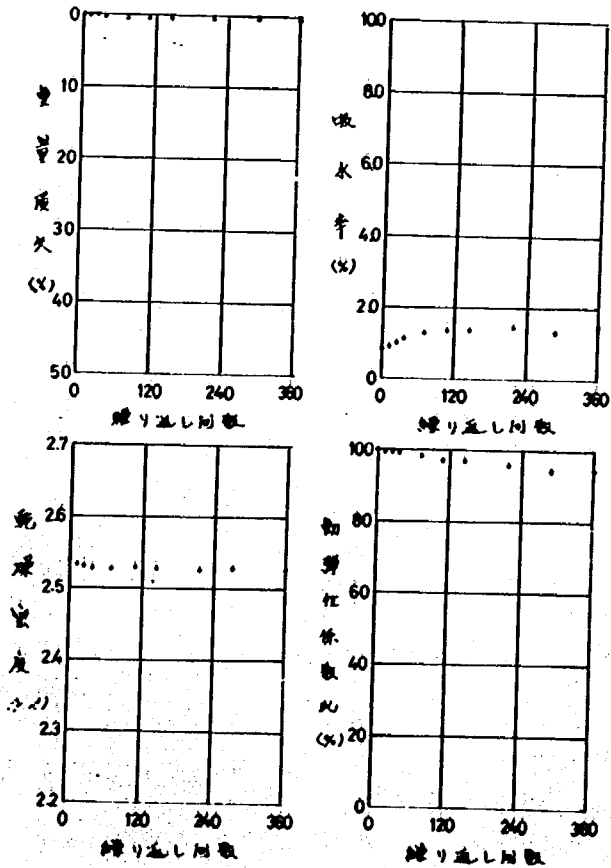
SR-I-44



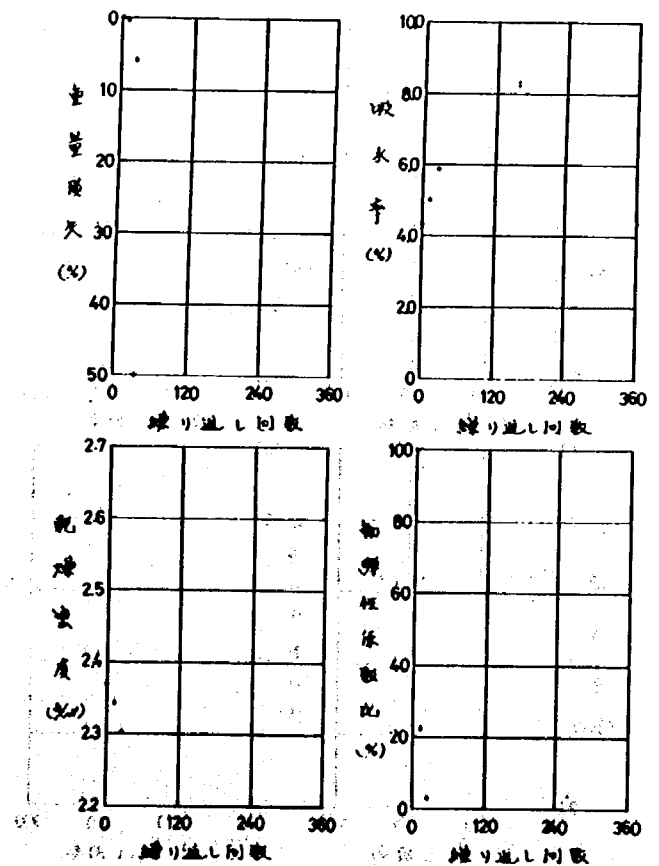
SR-I-45



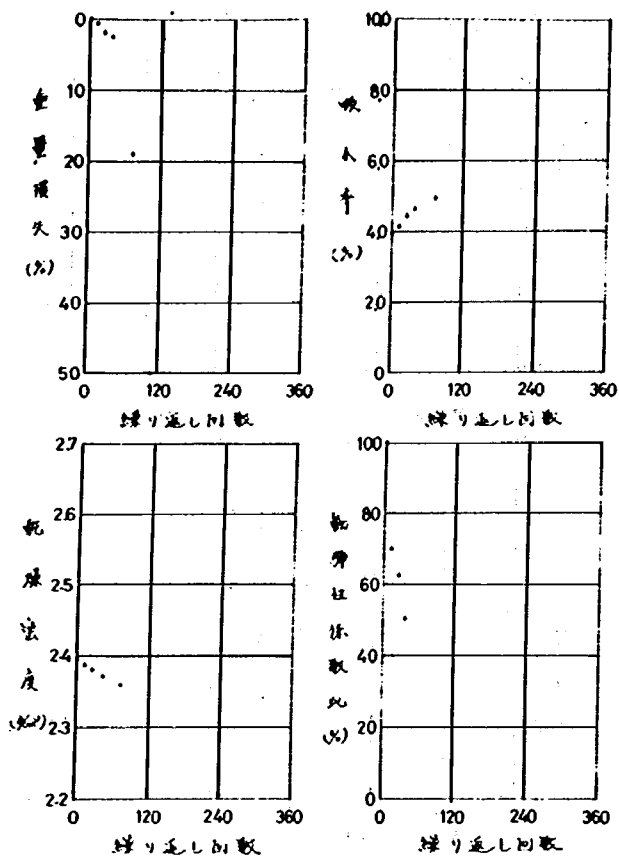
SR-I-46



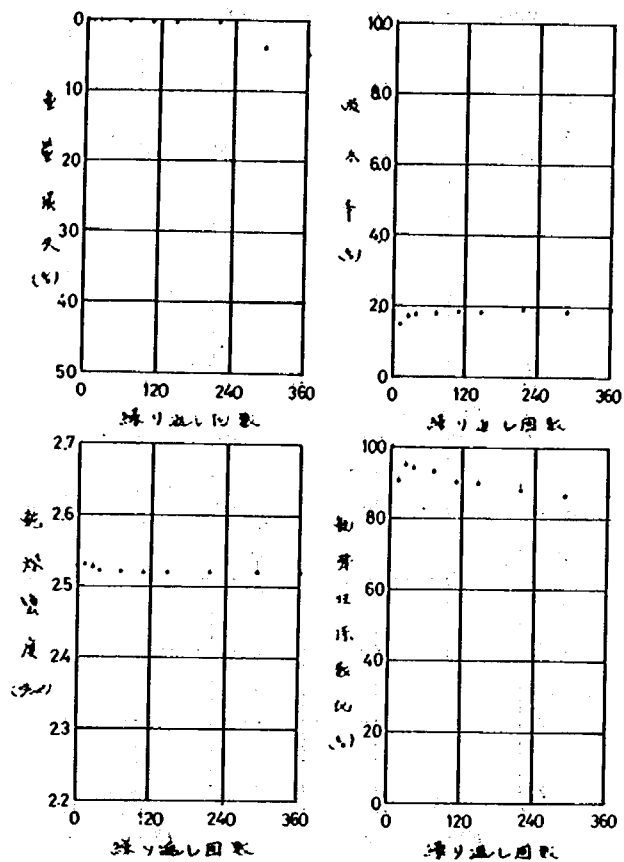
SR-I-47



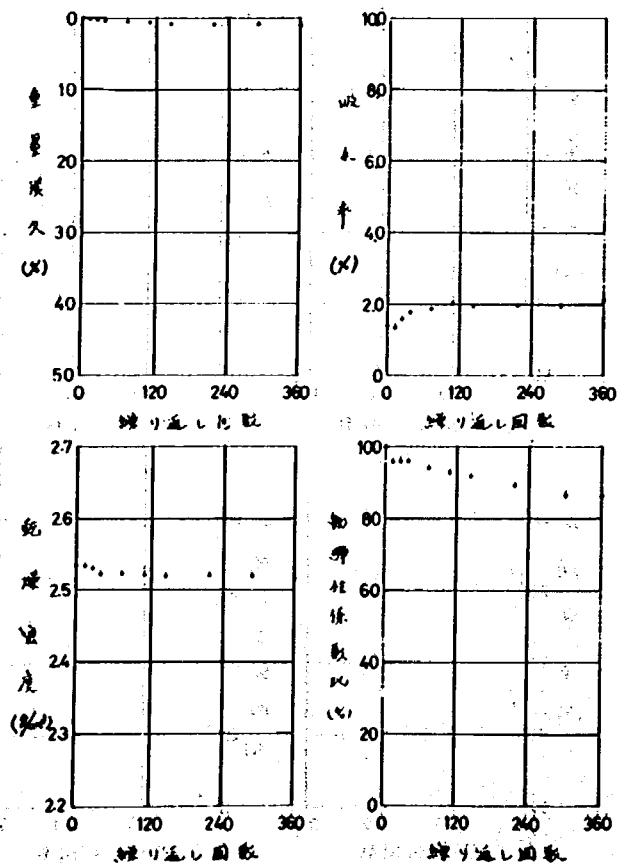
SR-I-48



SR-I-49

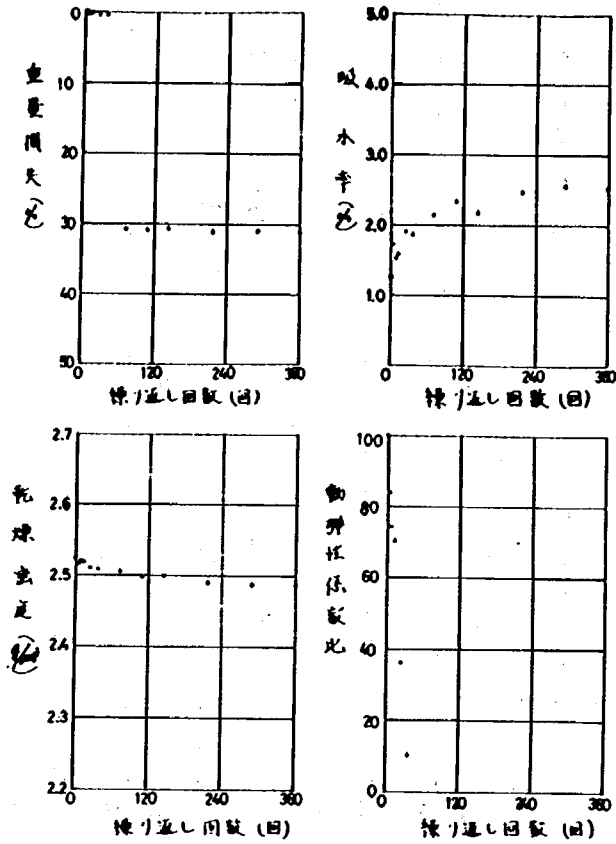


SR-I-50

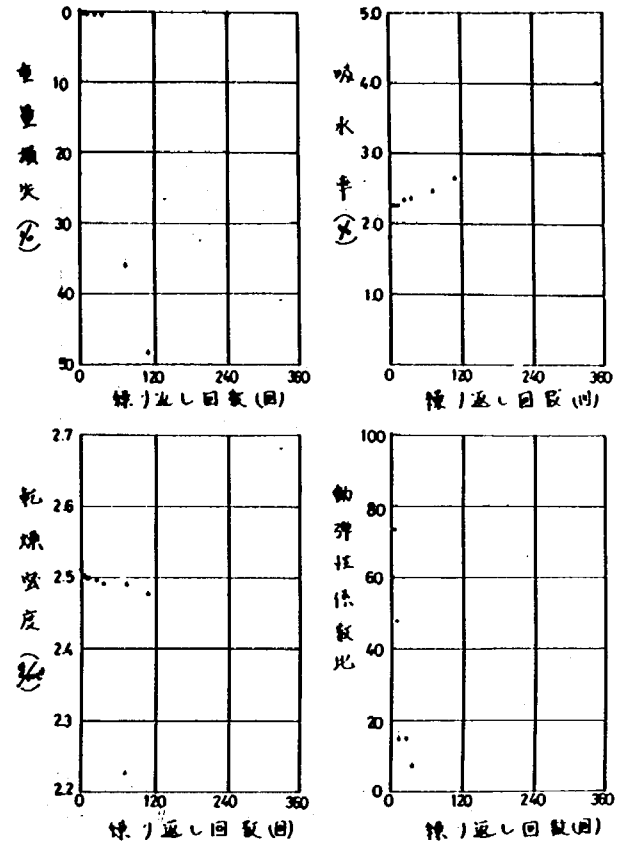


附圖一 3 (2) S R

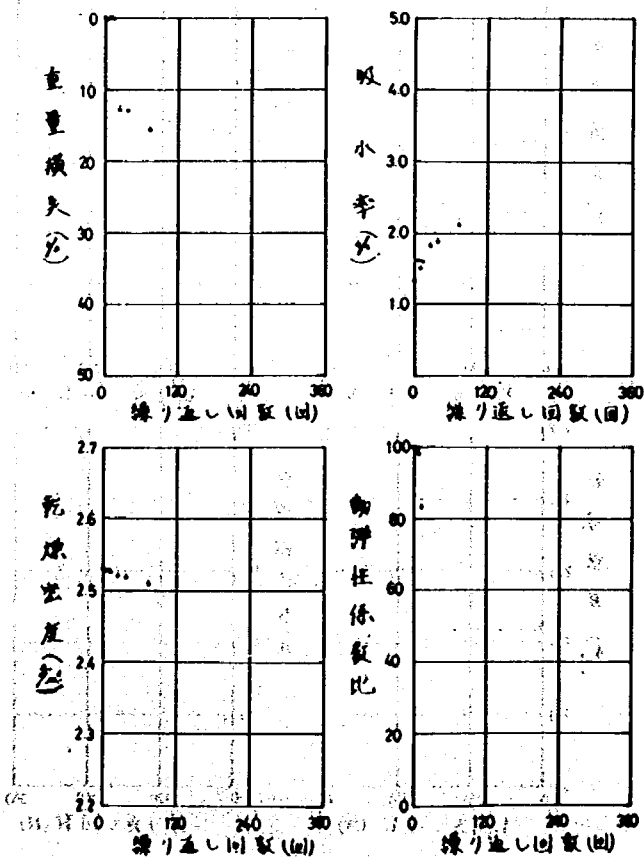
SR-1



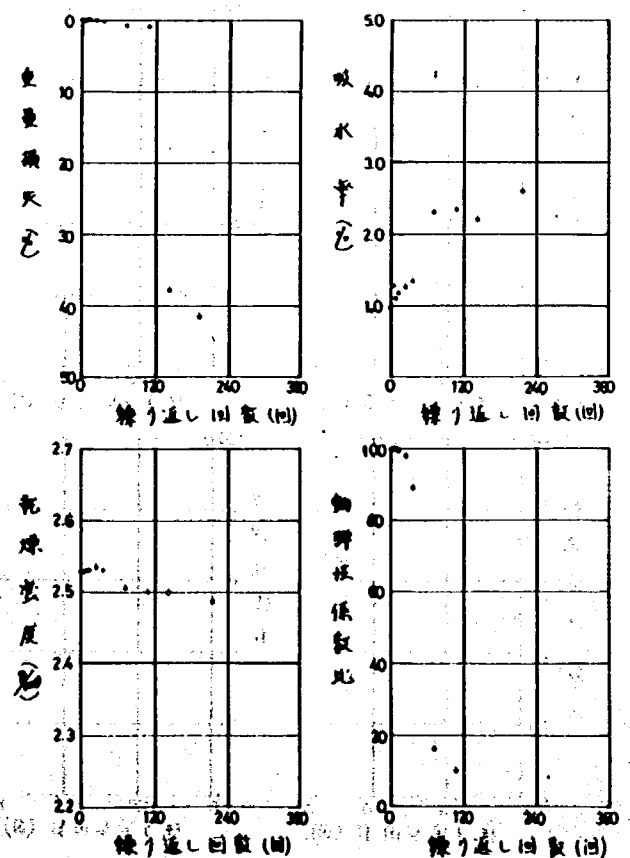
SR-2



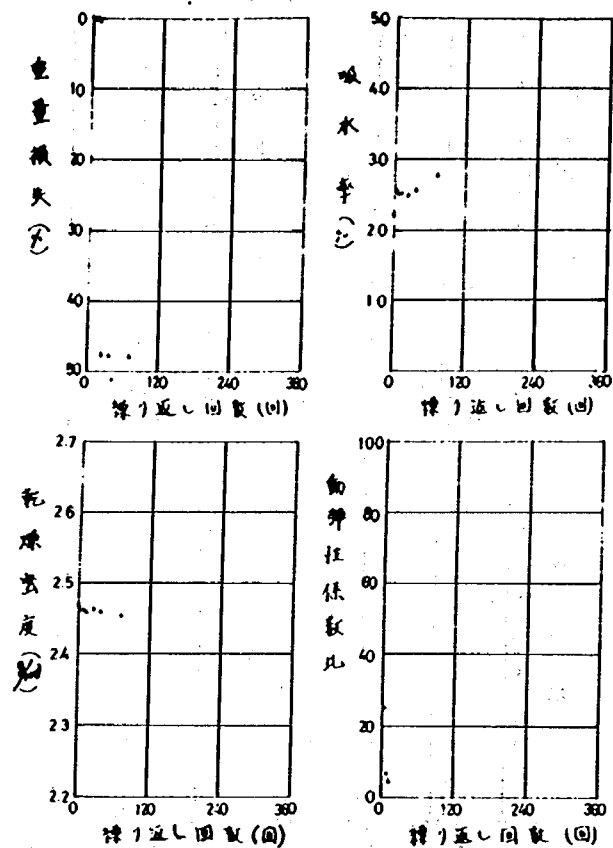
SR-4



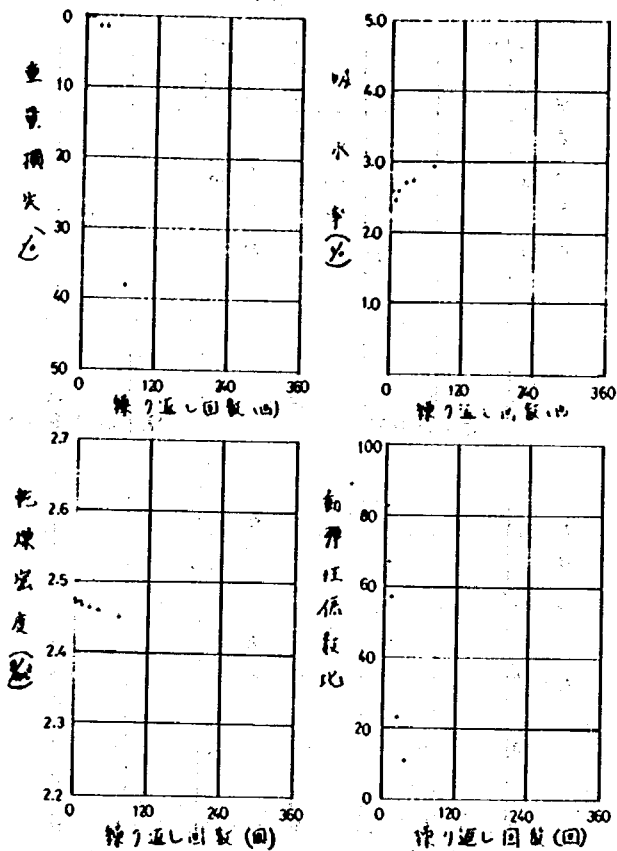
SR-6



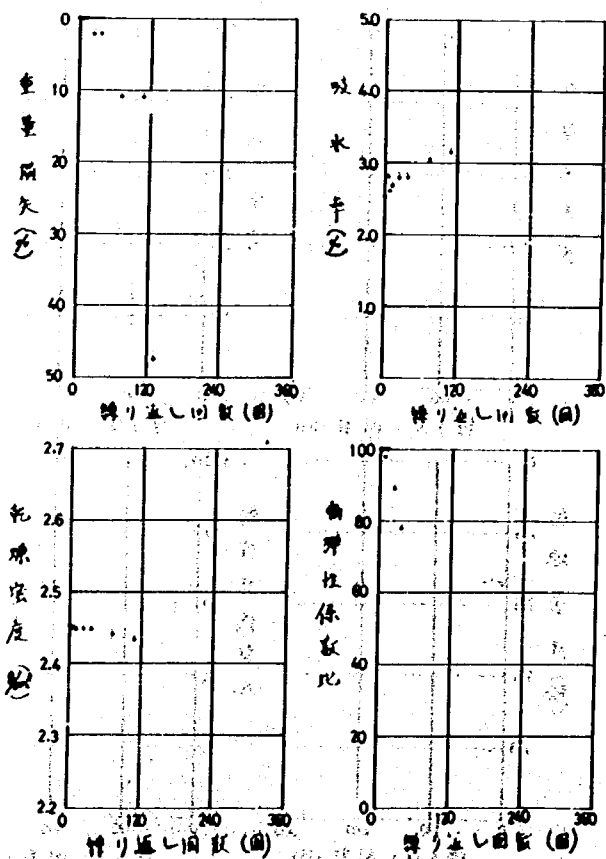
SR-8



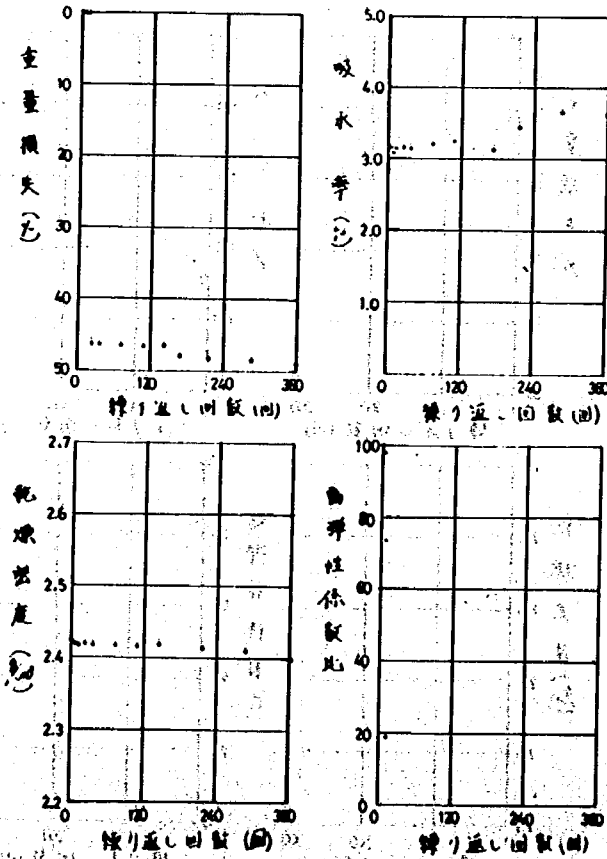
SR-10



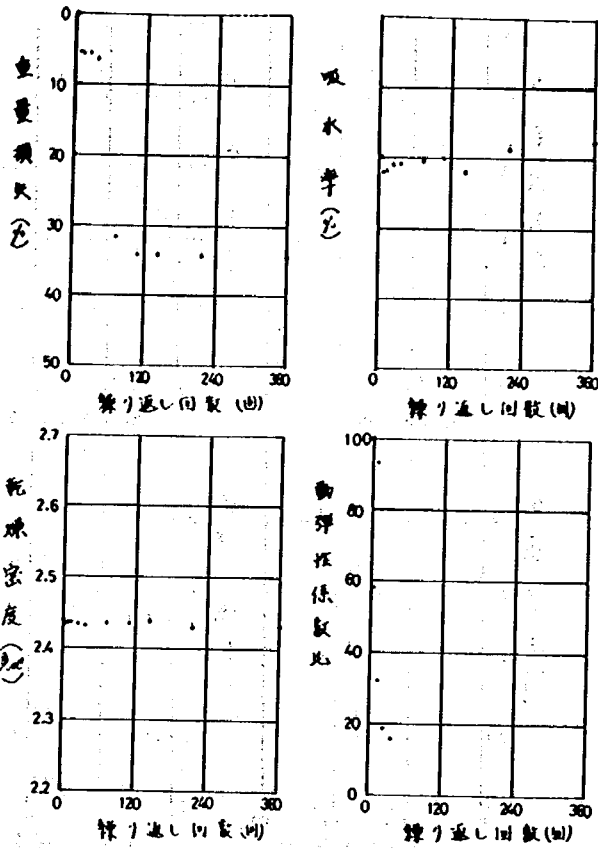
SR-14



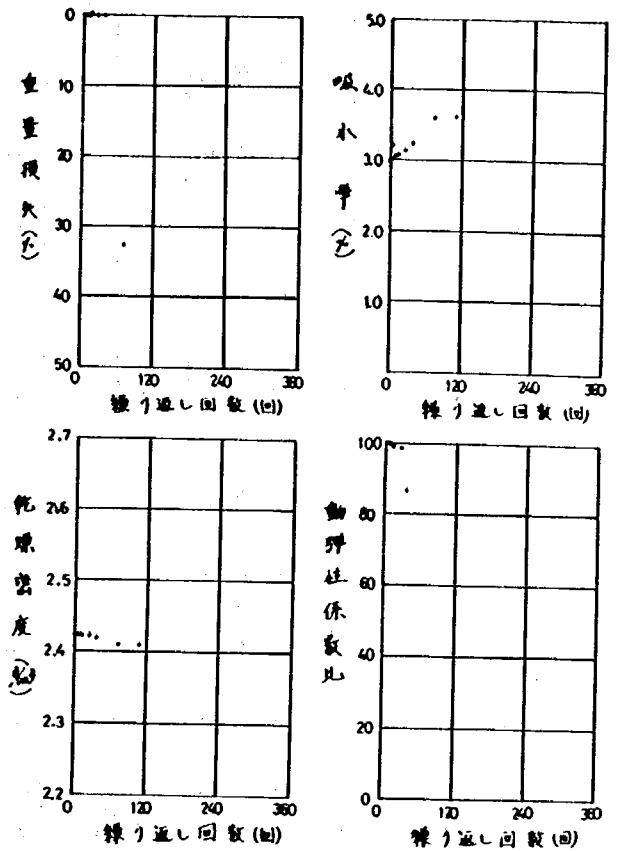
SR-16



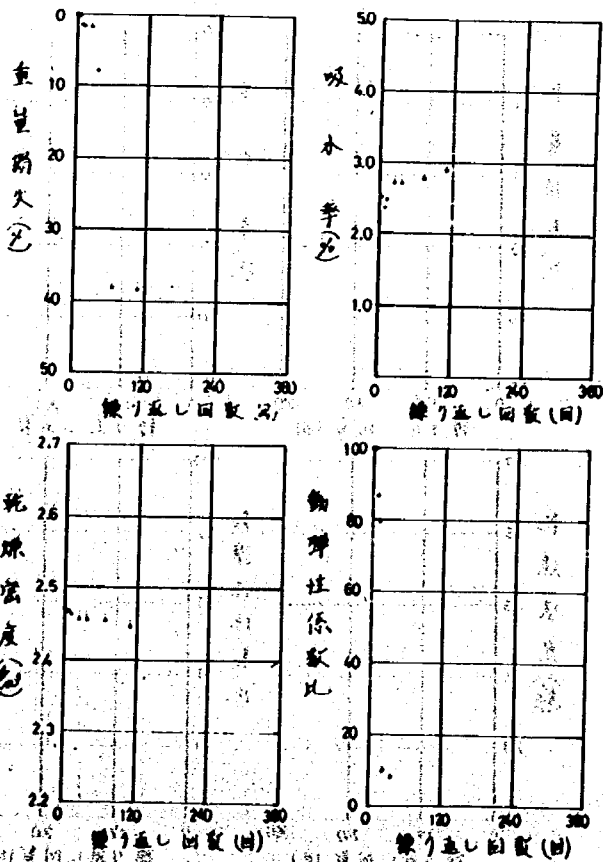
SR-17



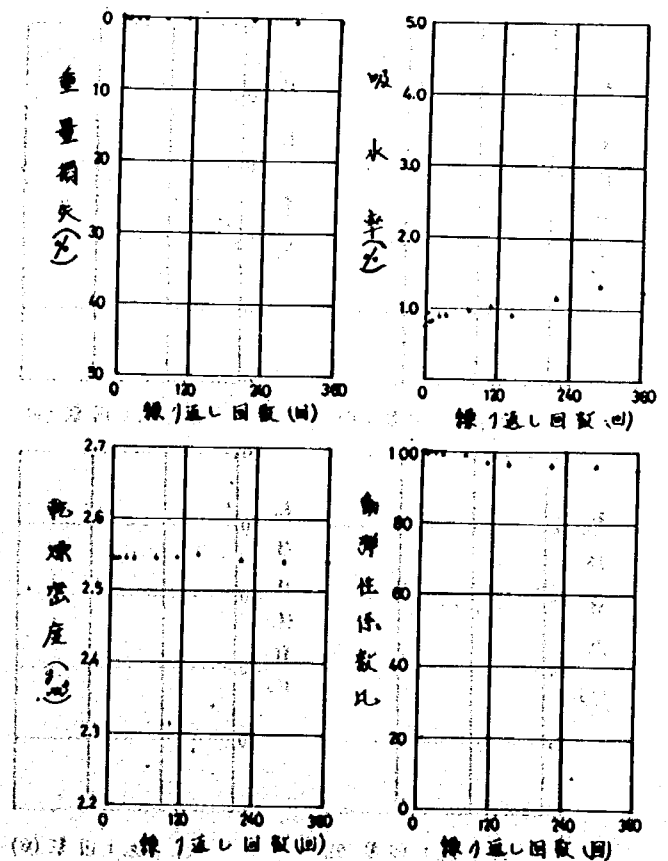
SR-19



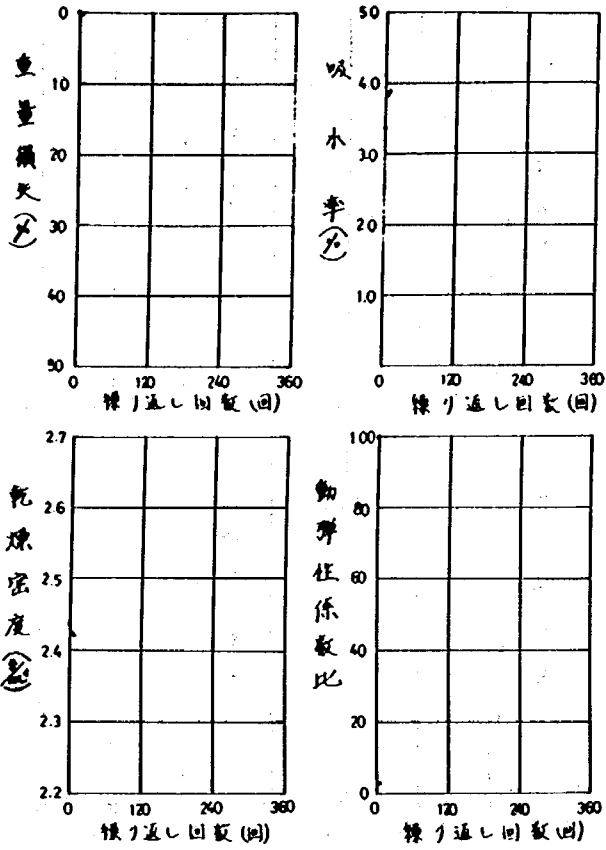
SR-24



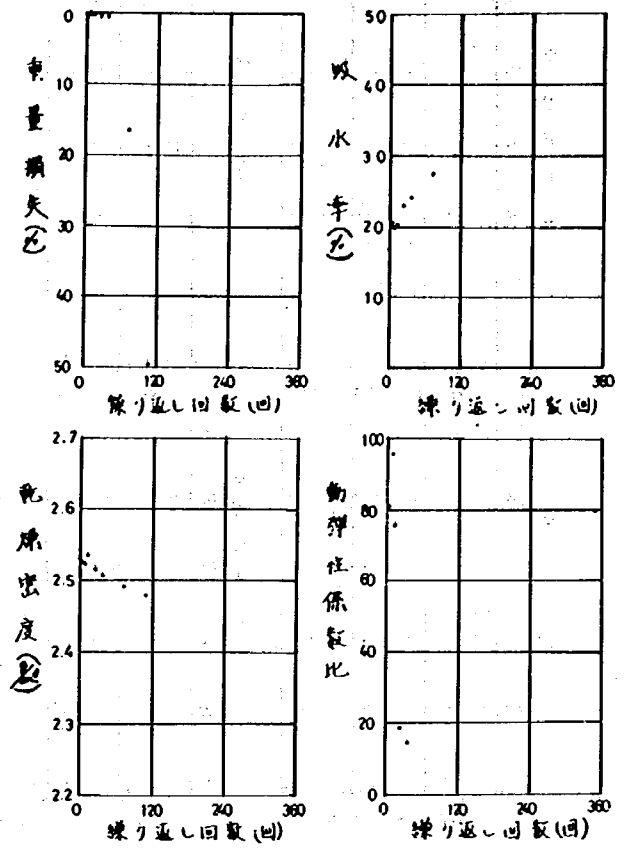
SR-28



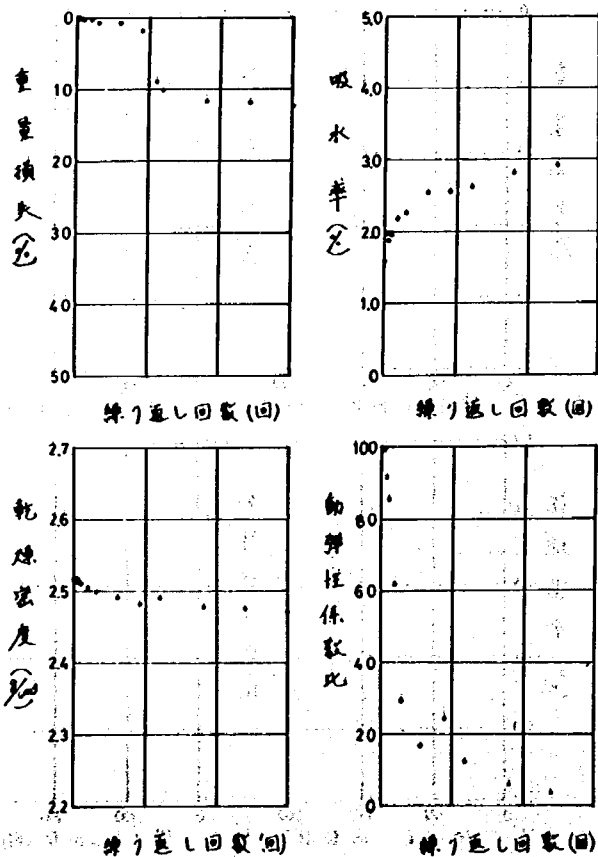
SR-30



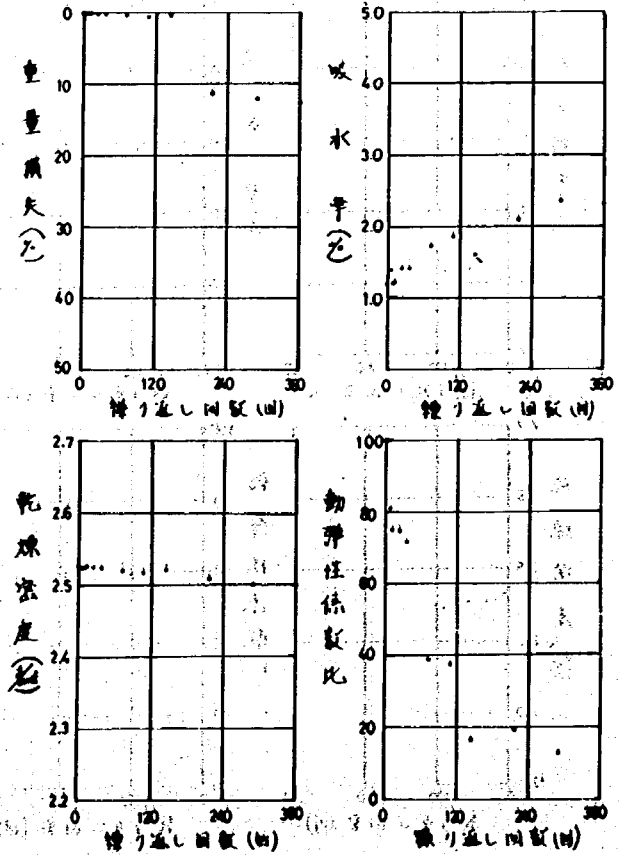
SR-32



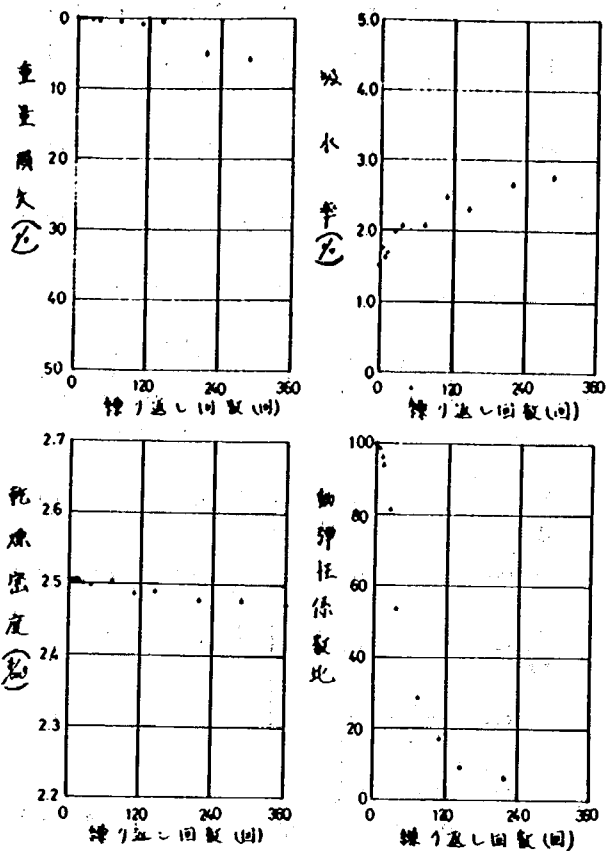
SR-36



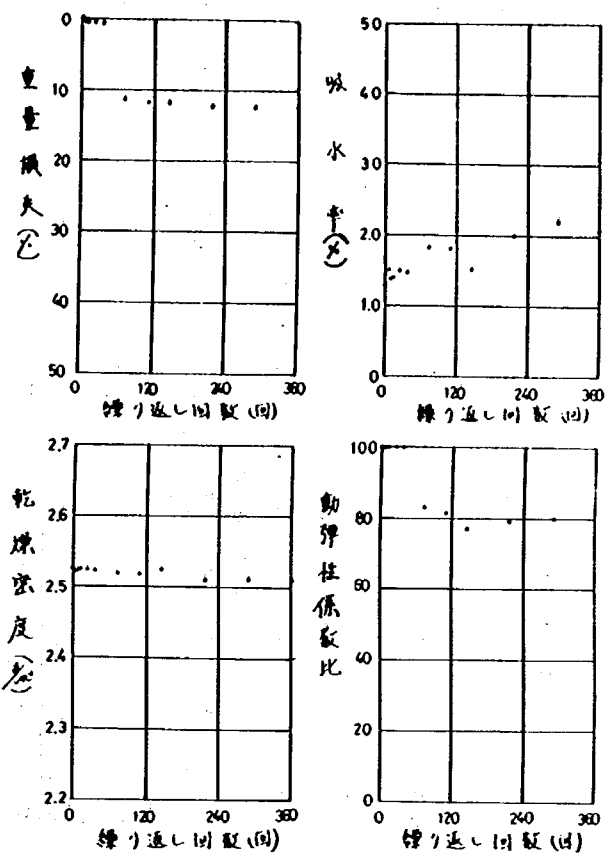
SR-37



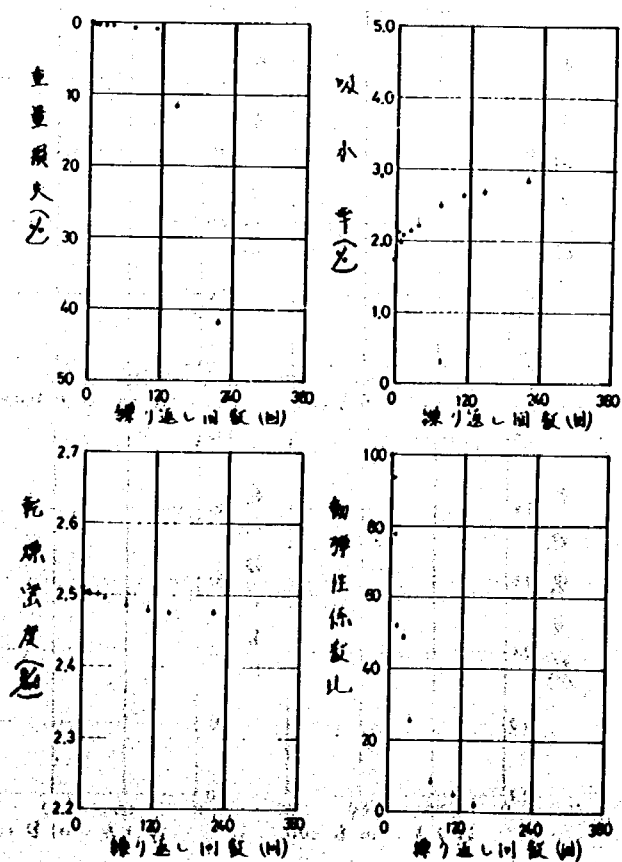
SR-38



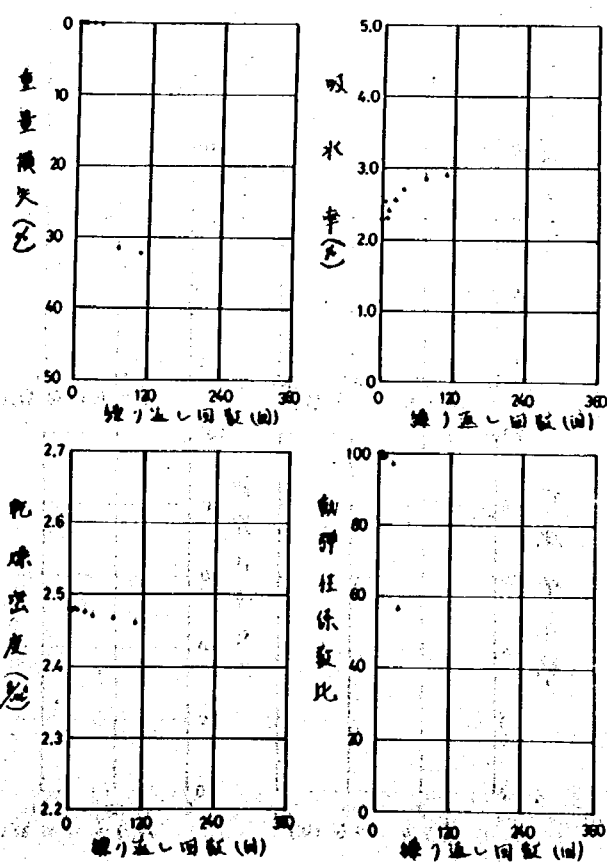
SR-39



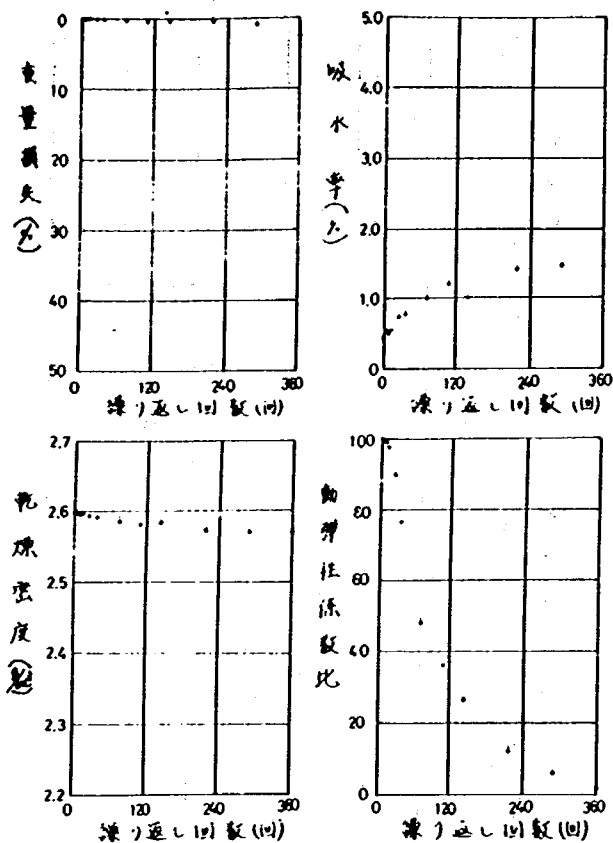
SR-40



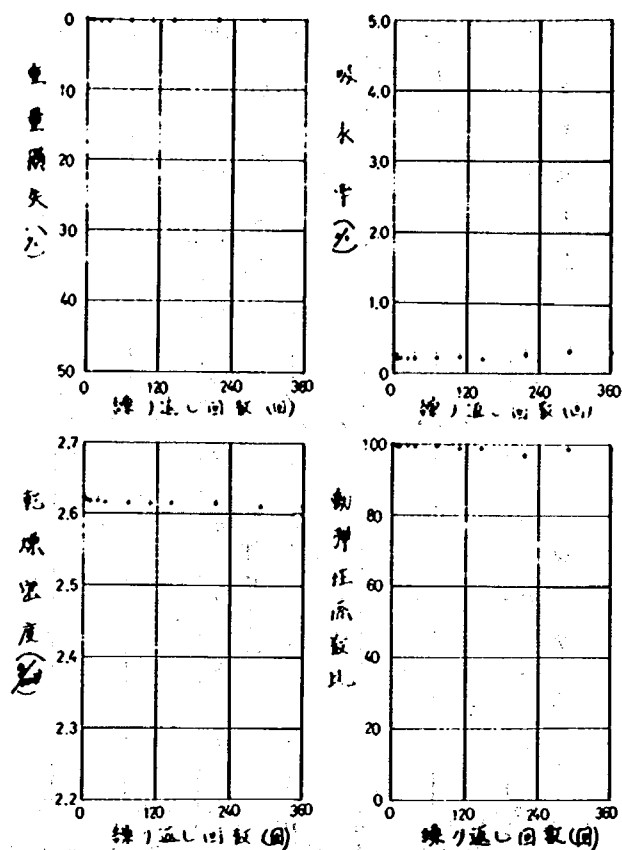
SR-42



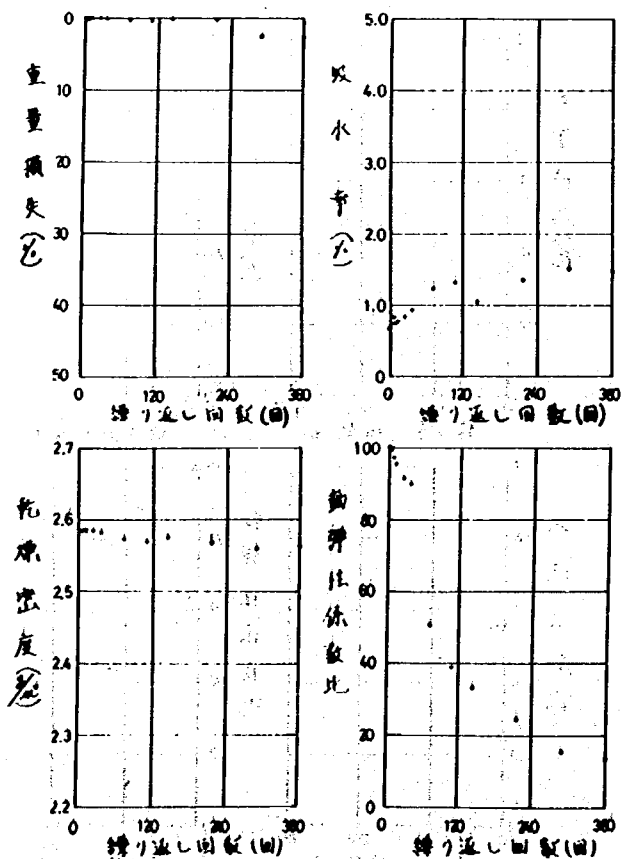
SR-43-1



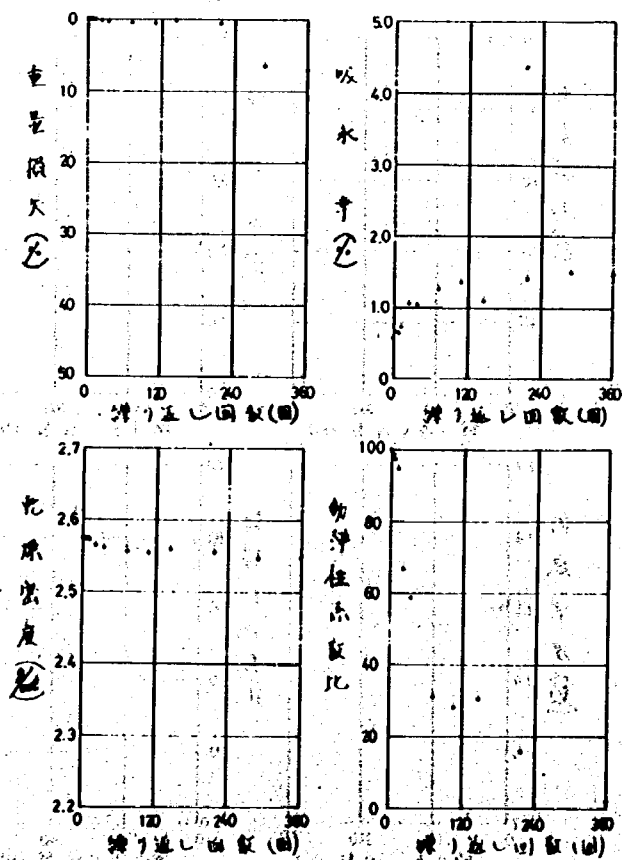
SR-43-2



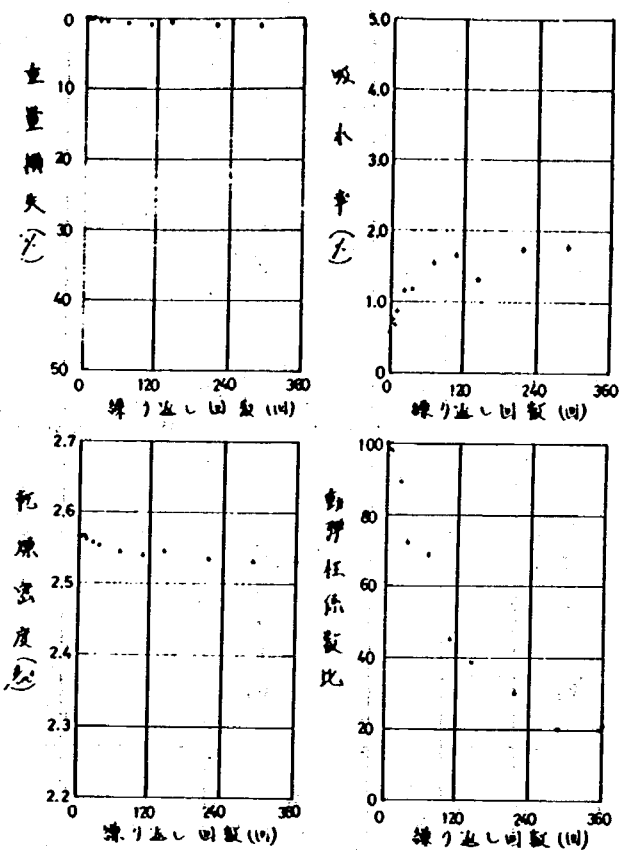
SR-44



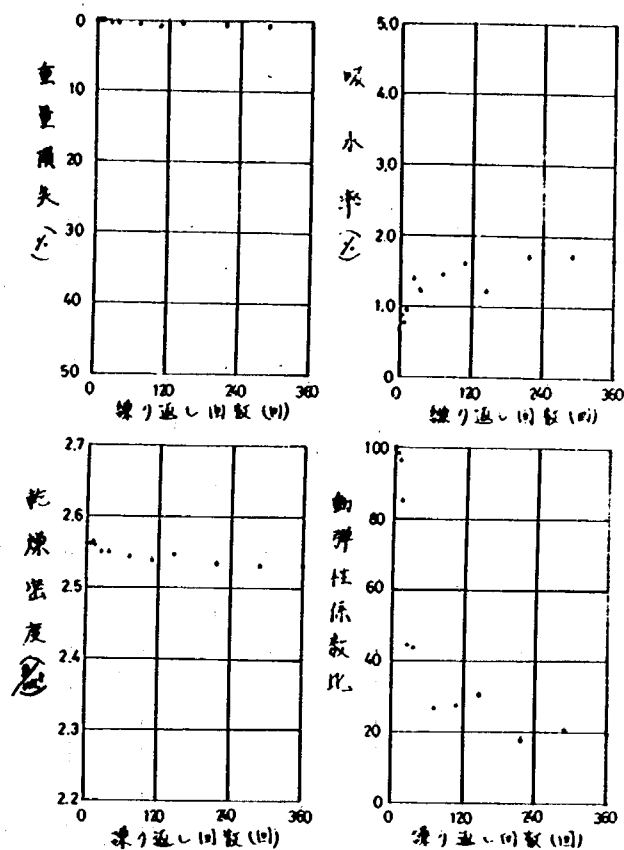
SR-46



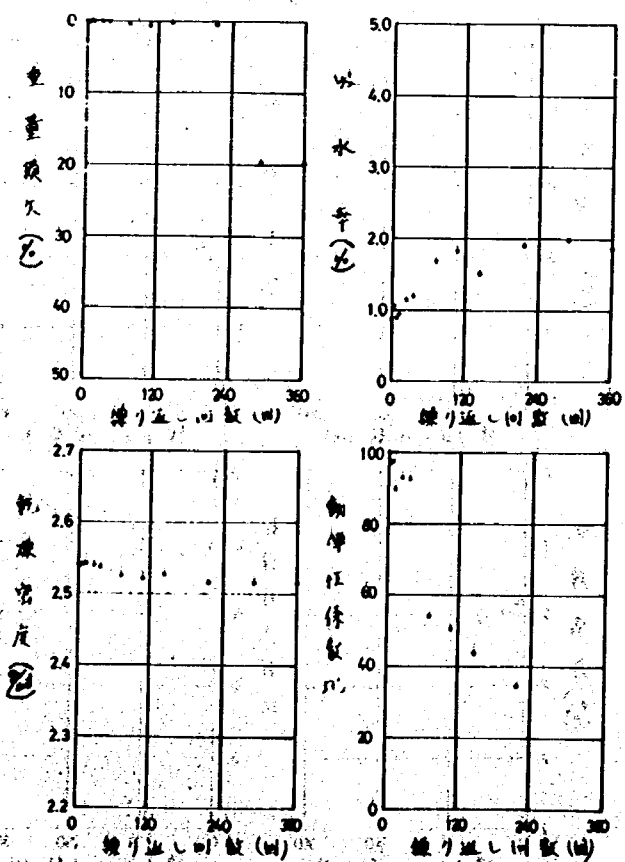
SR-48



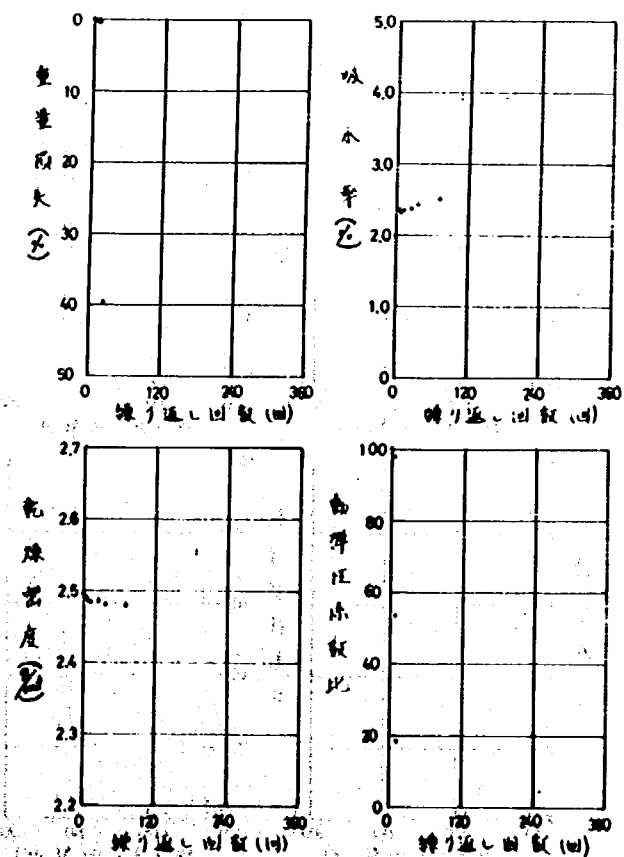
SR-49



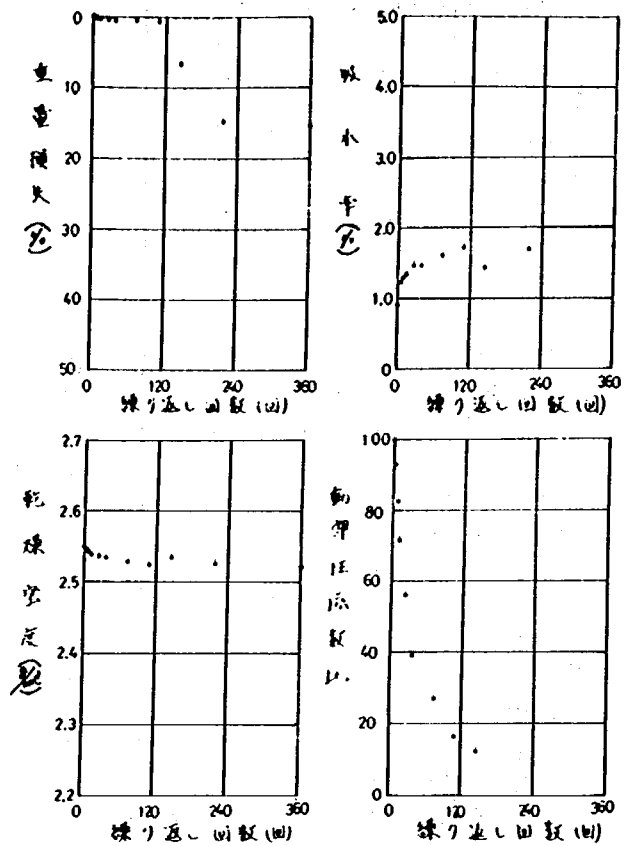
SR-51-2



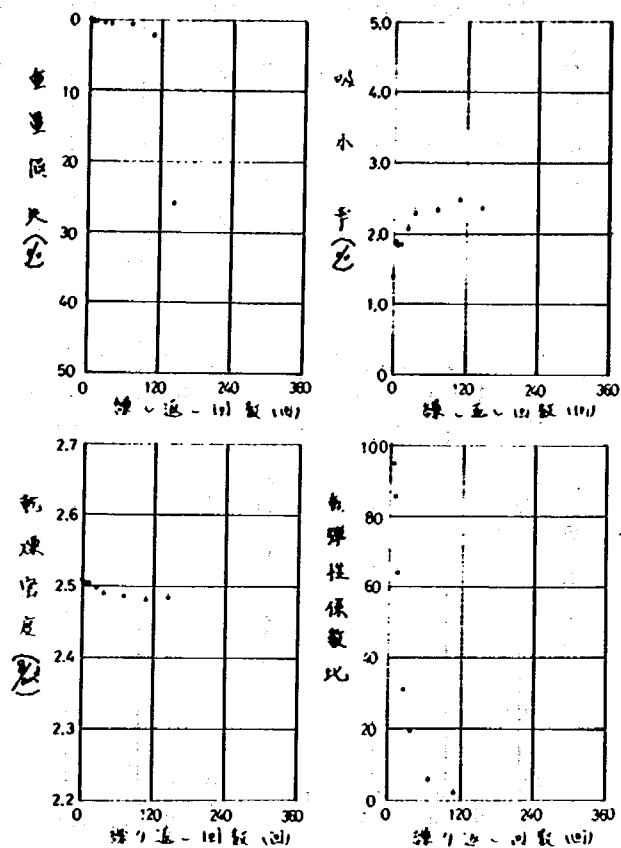
SR-53



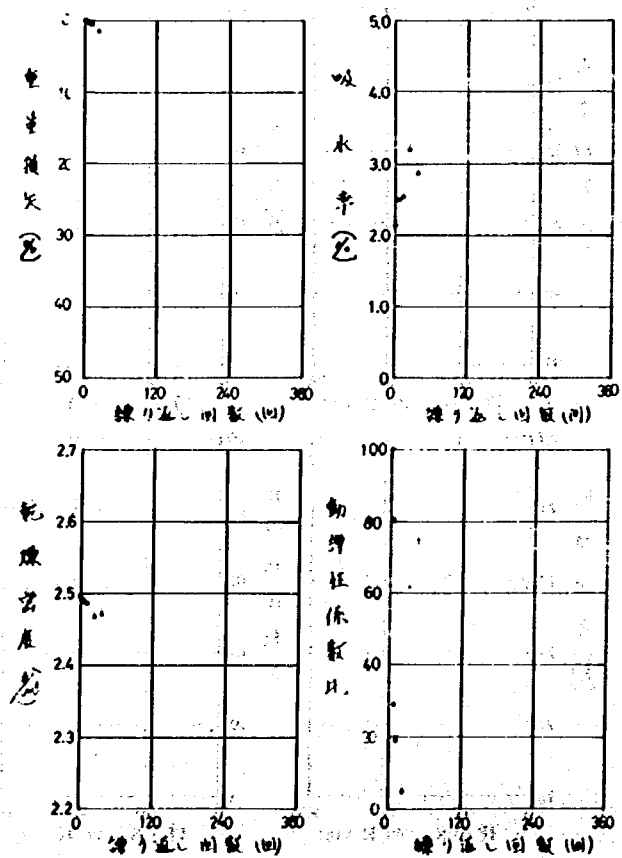
SR-56-1



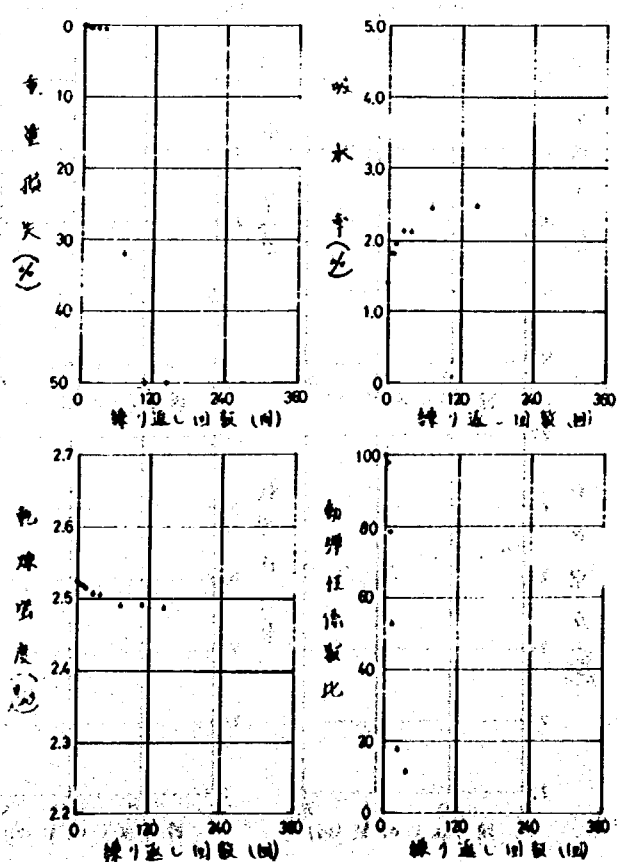
SR-57



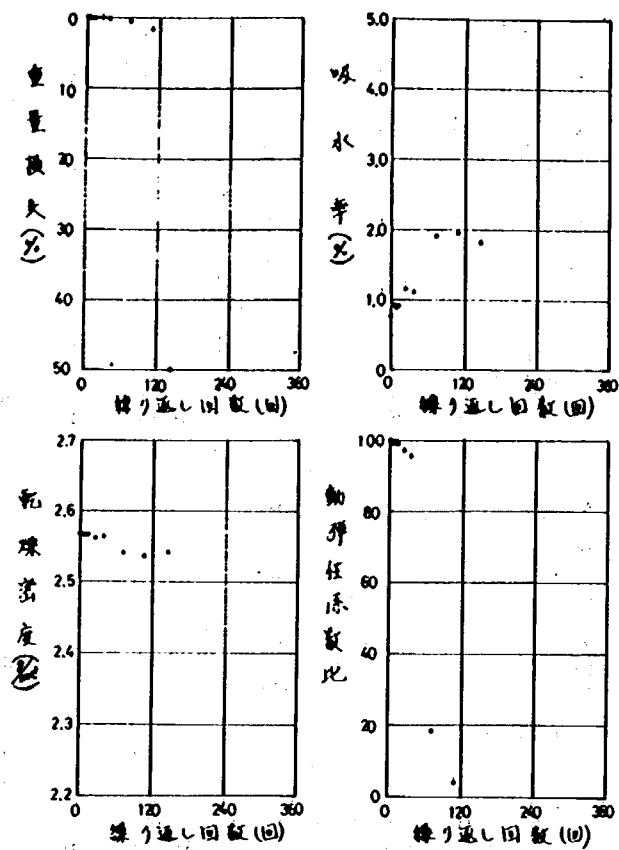
SR-61-1



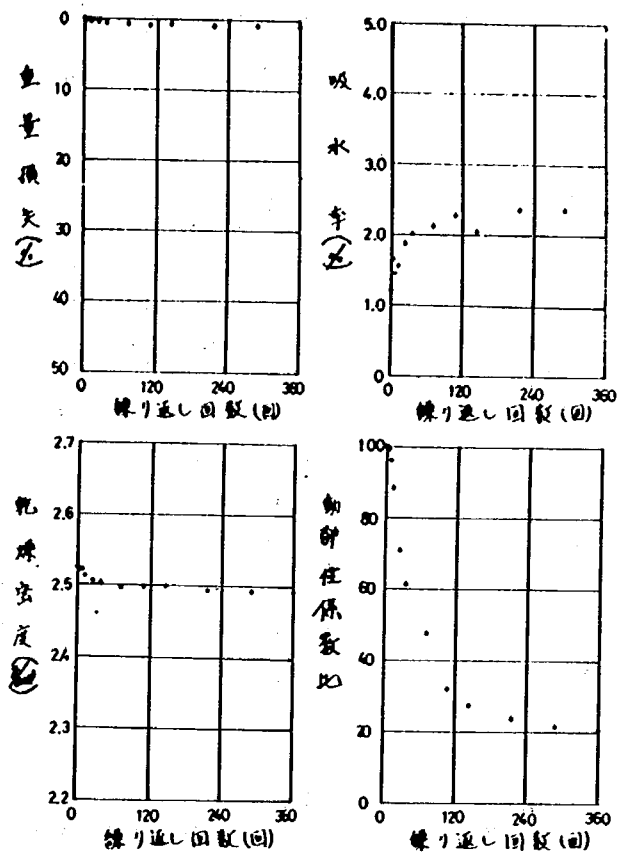
SR-61-2



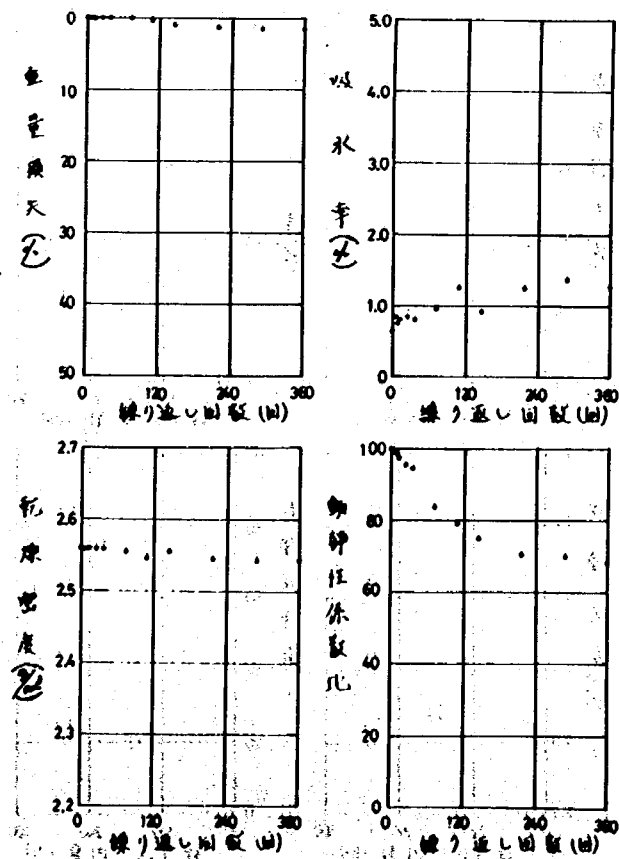
SR-62-2



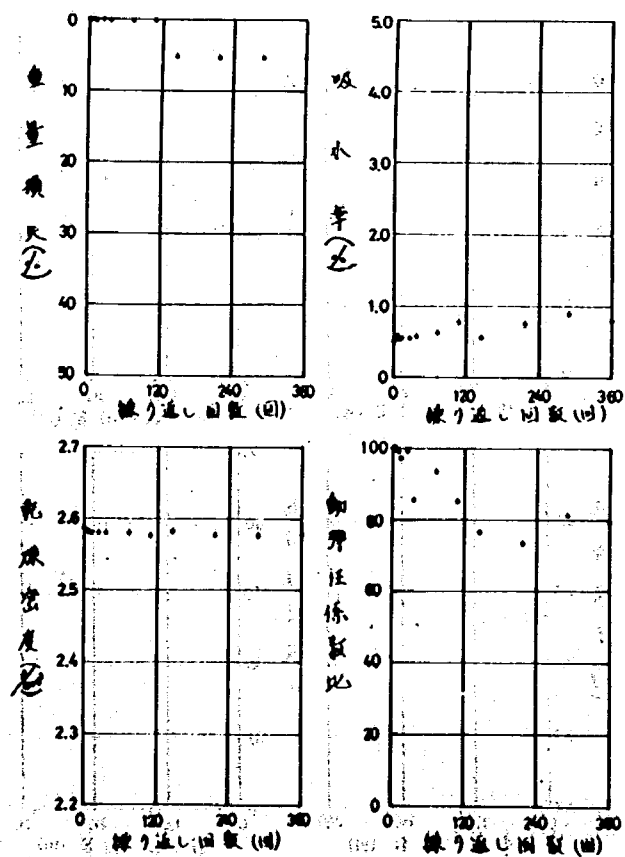
SR-67



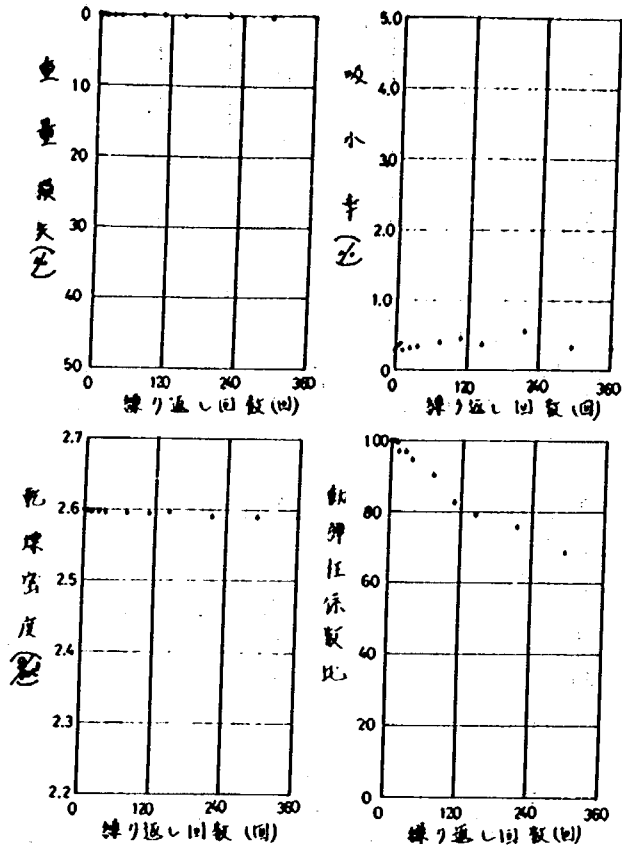
SR-75



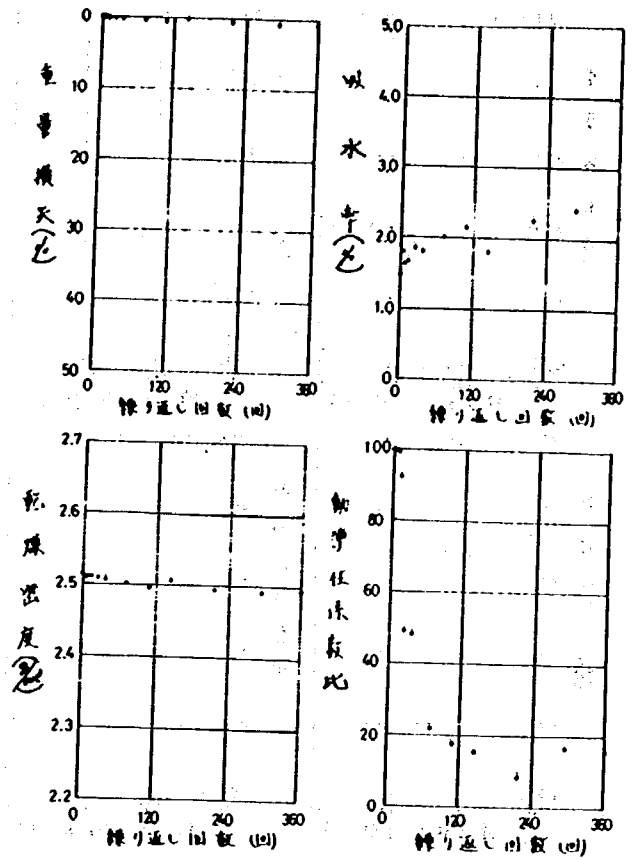
SR-77



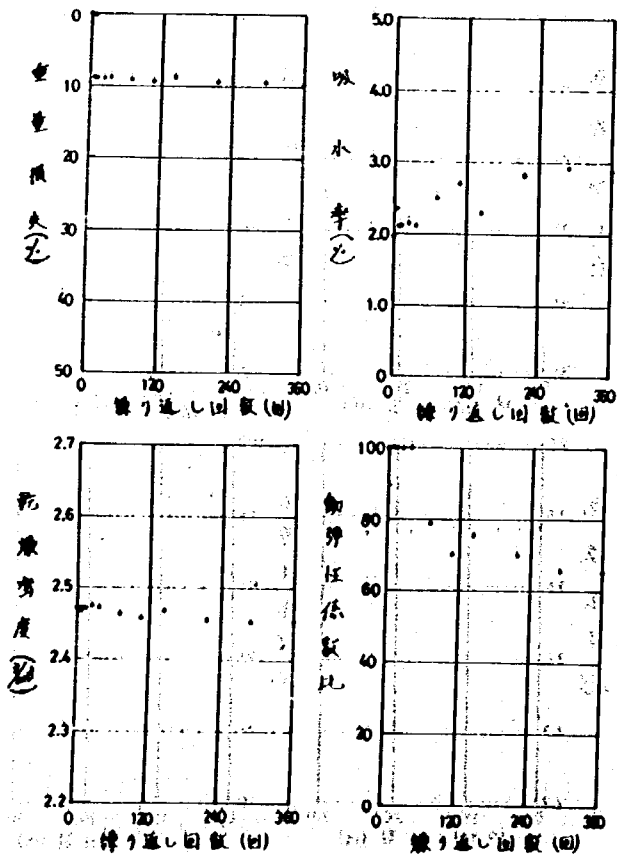
SR-78



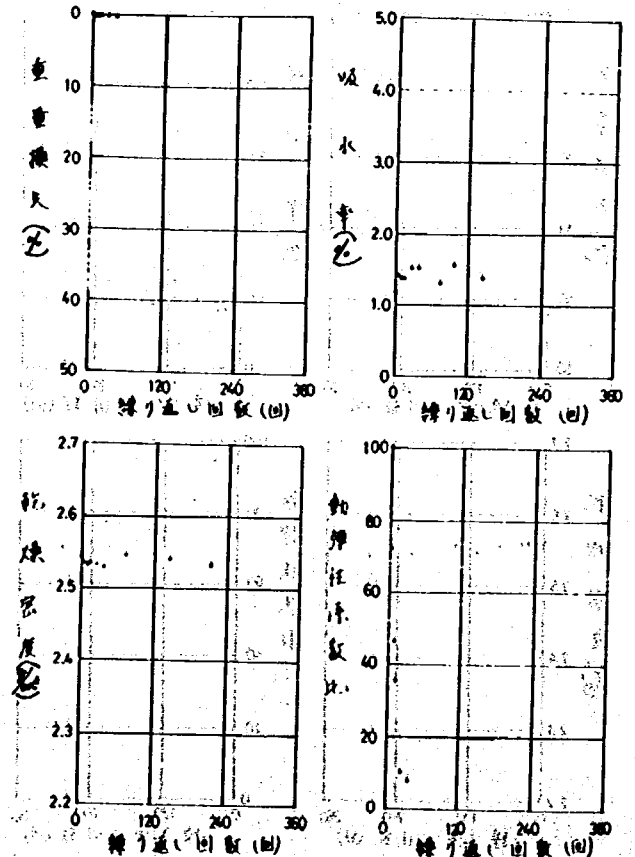
SR-84



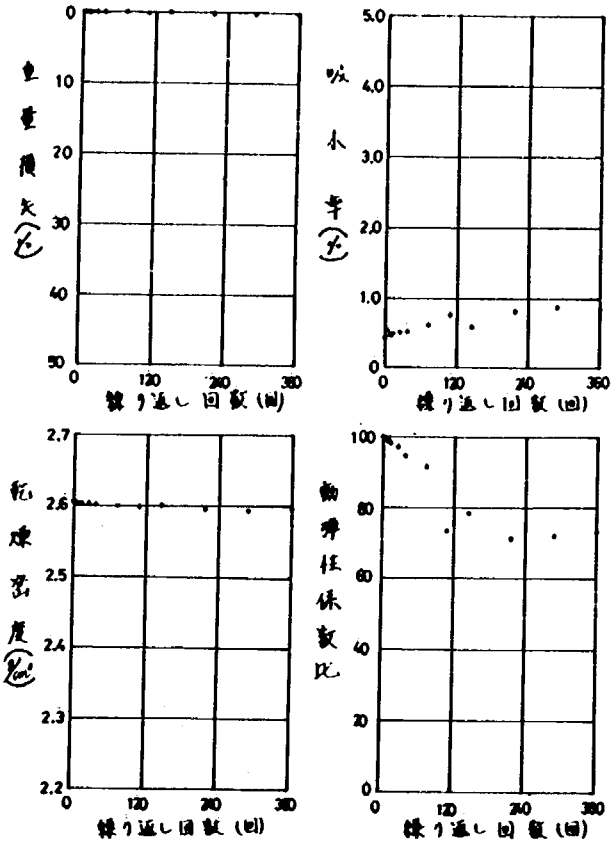
SR-85



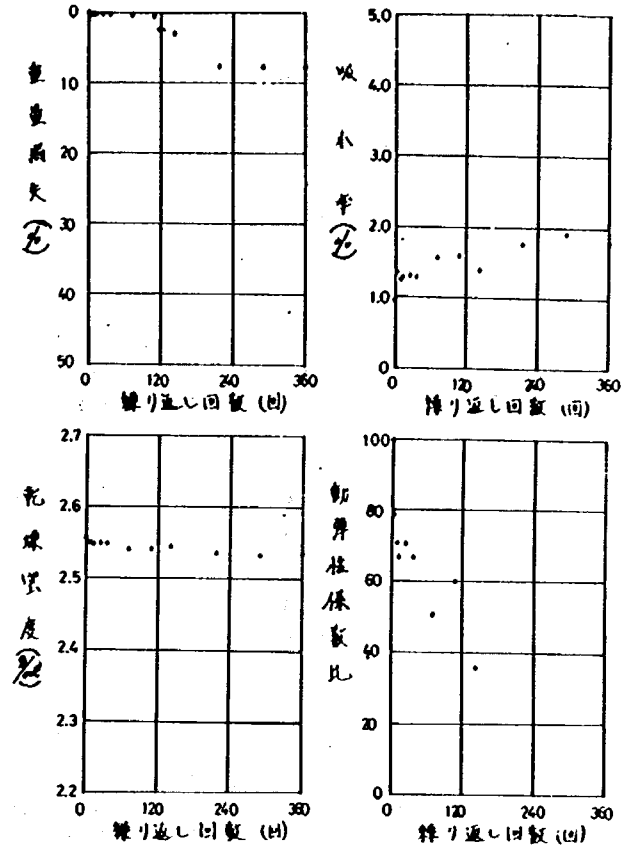
SR-86-1



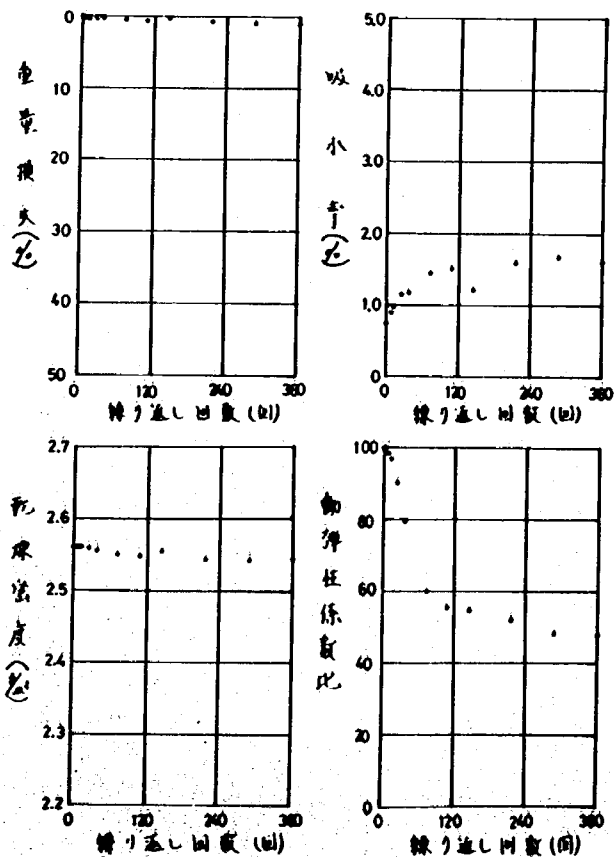
SR-87-2



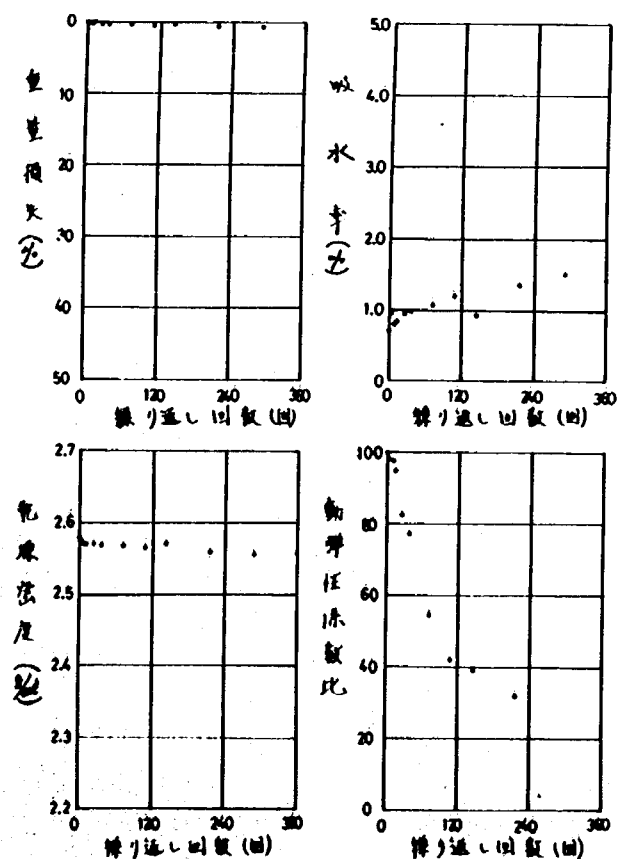
SR-93-1

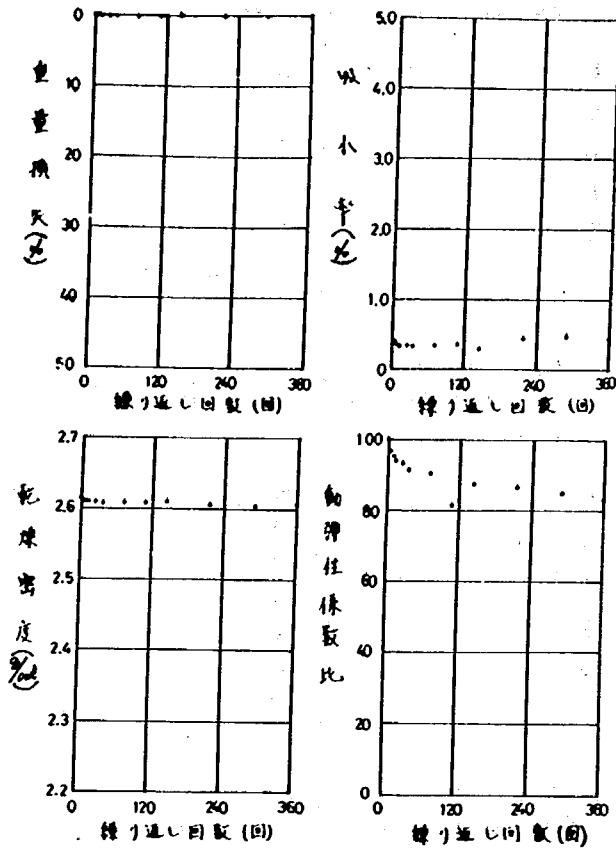


SR-93-2



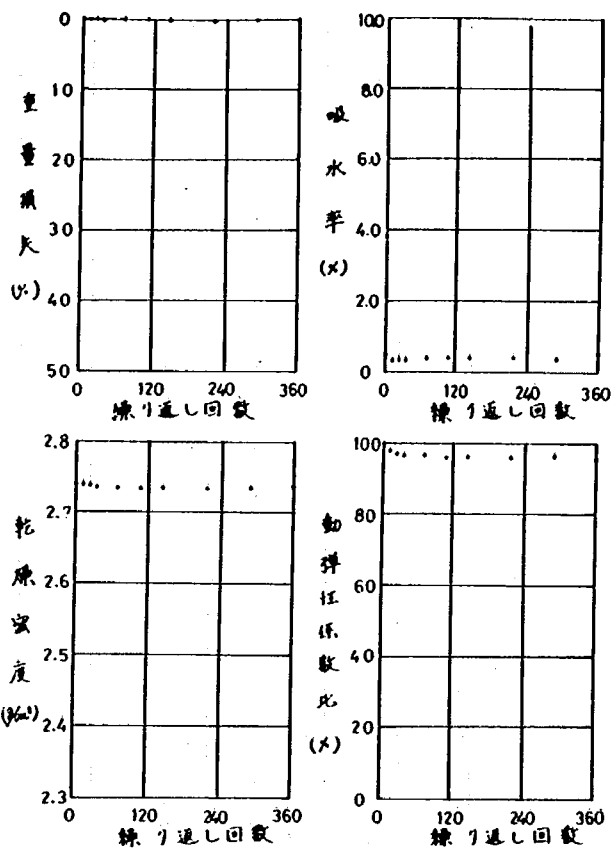
SR-94



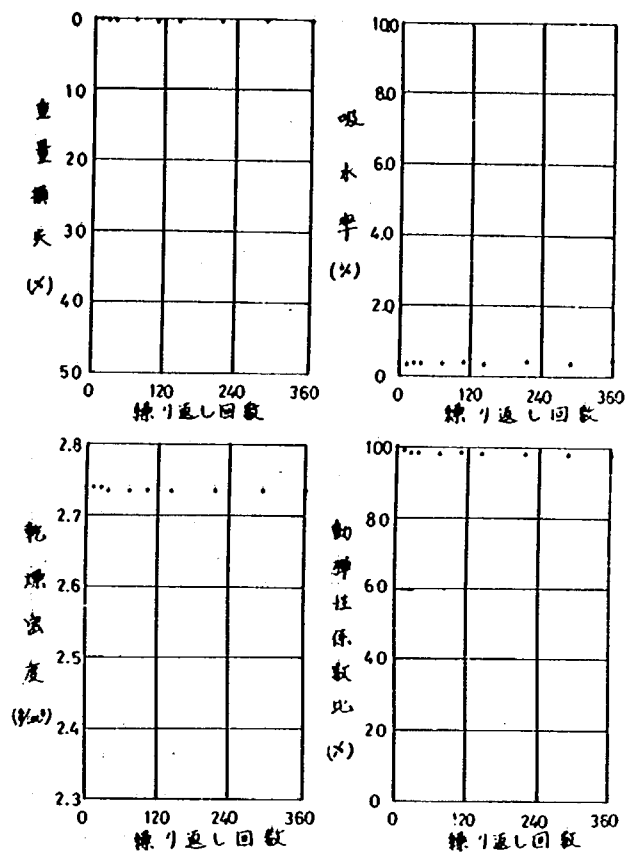


附圖—3 (3) SA—A

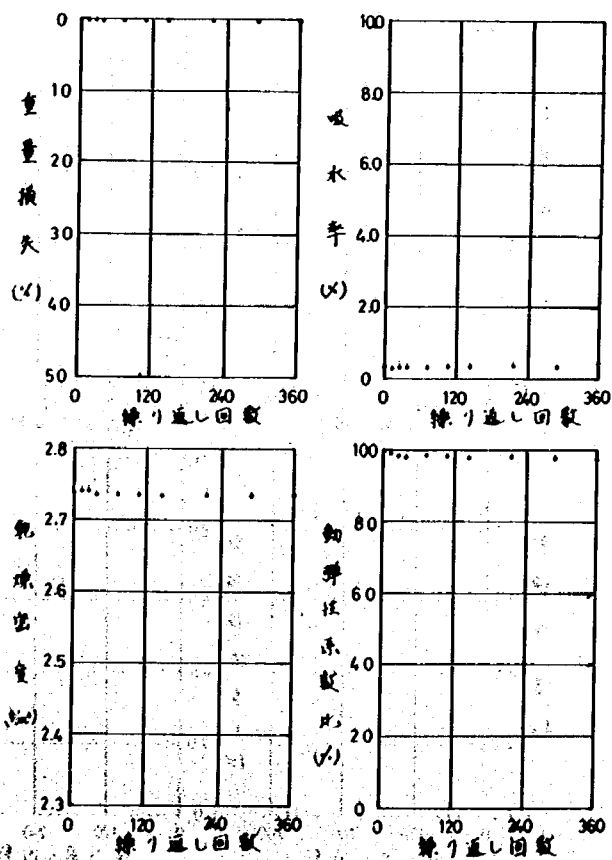
SA-1



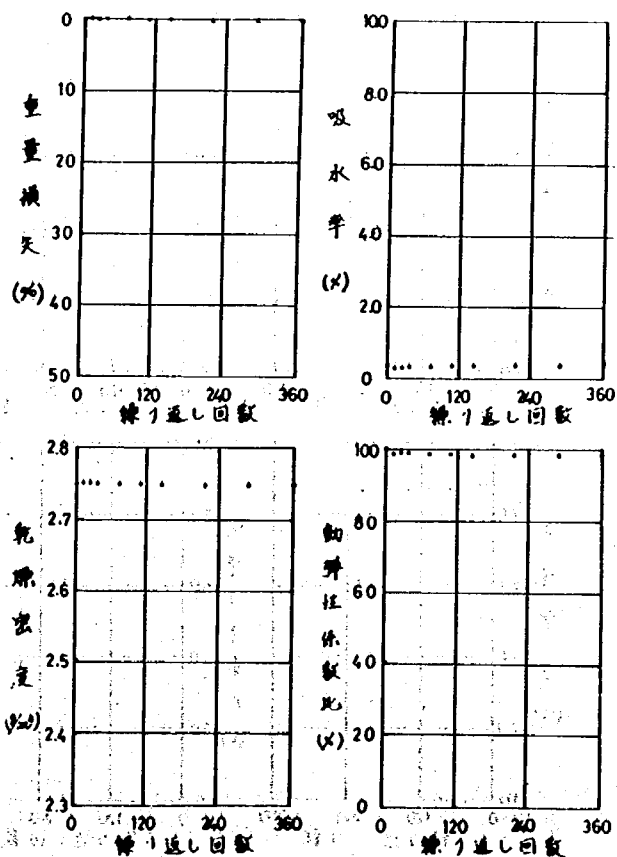
SA-2



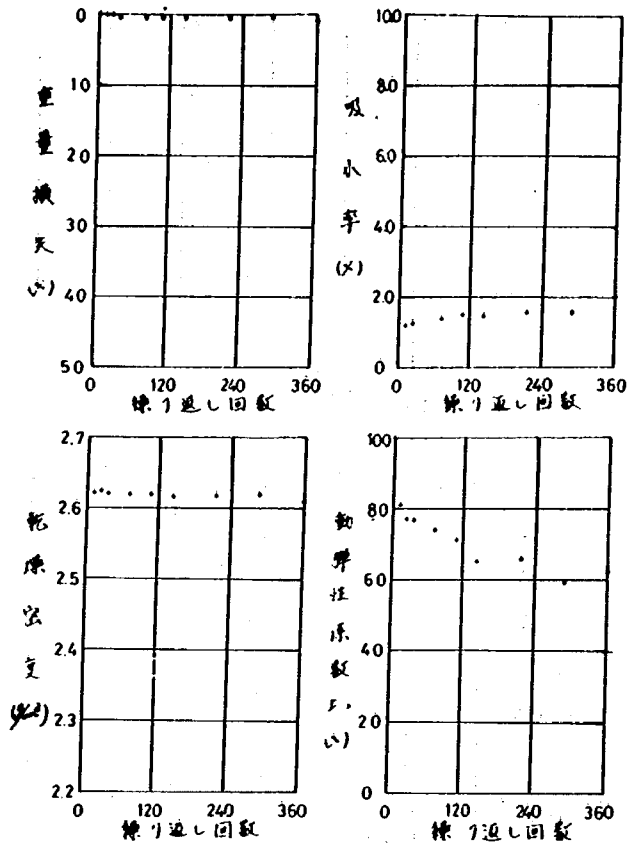
SA-3



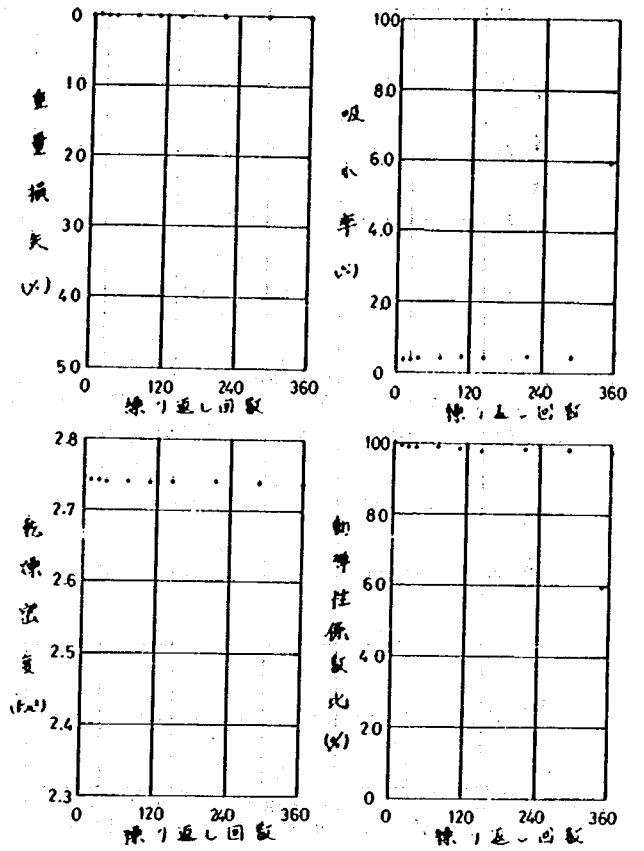
SA-4



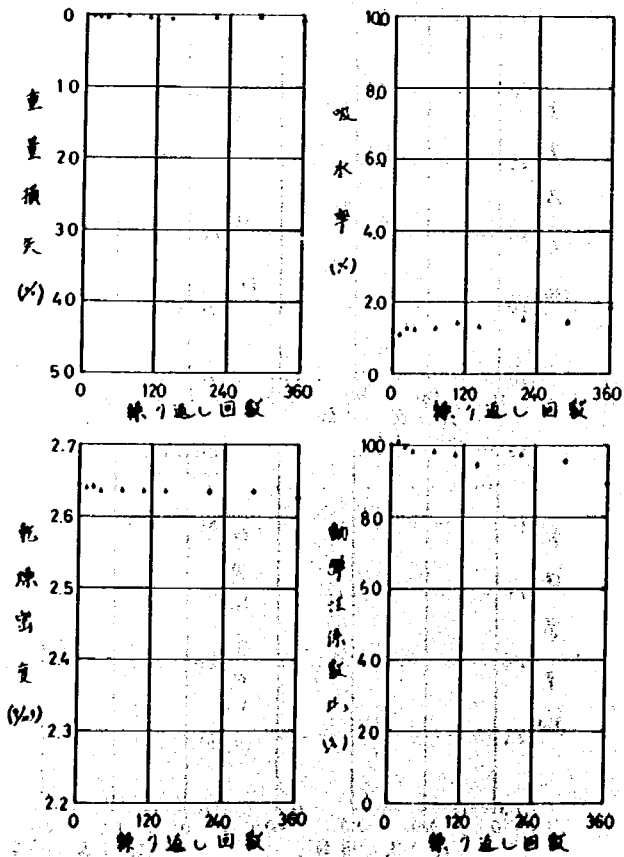
SA-5



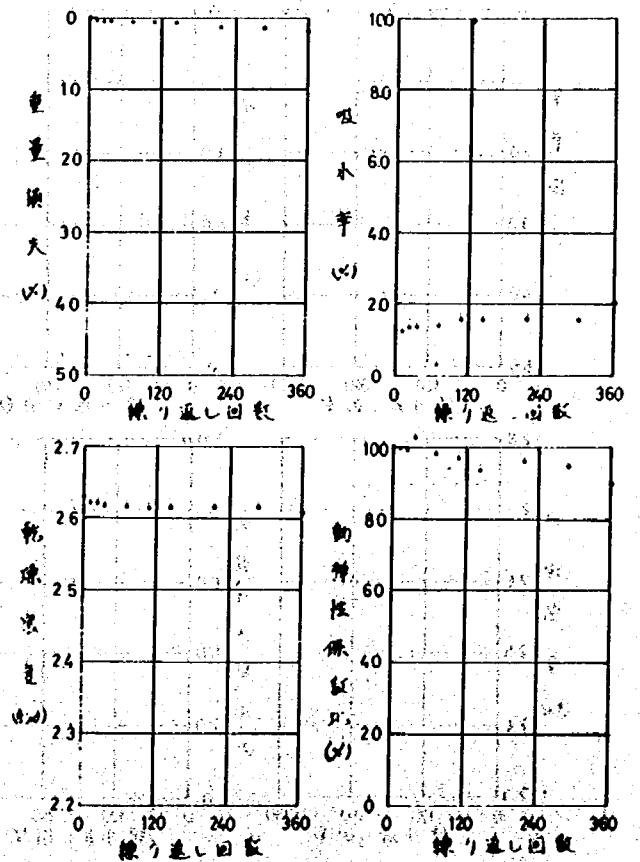
SA-6



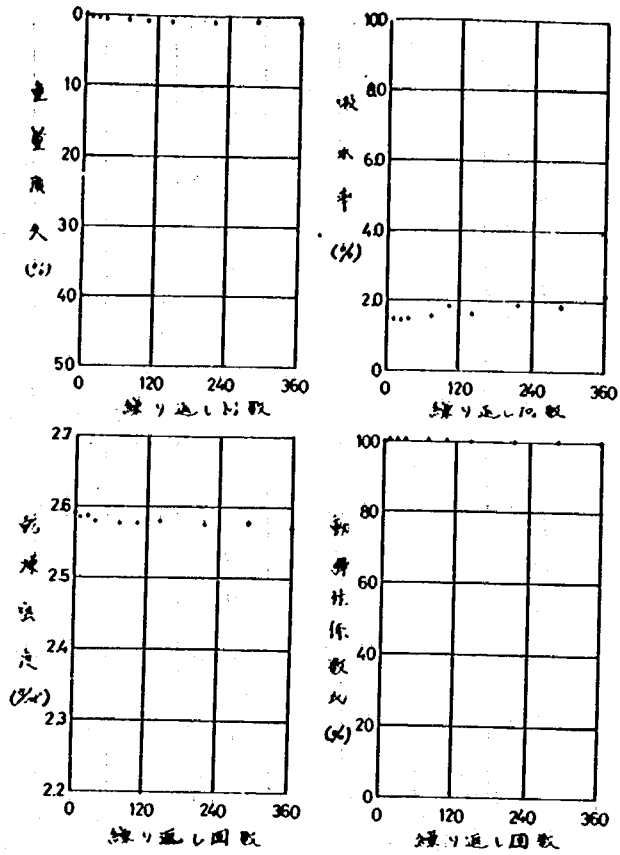
SA-7



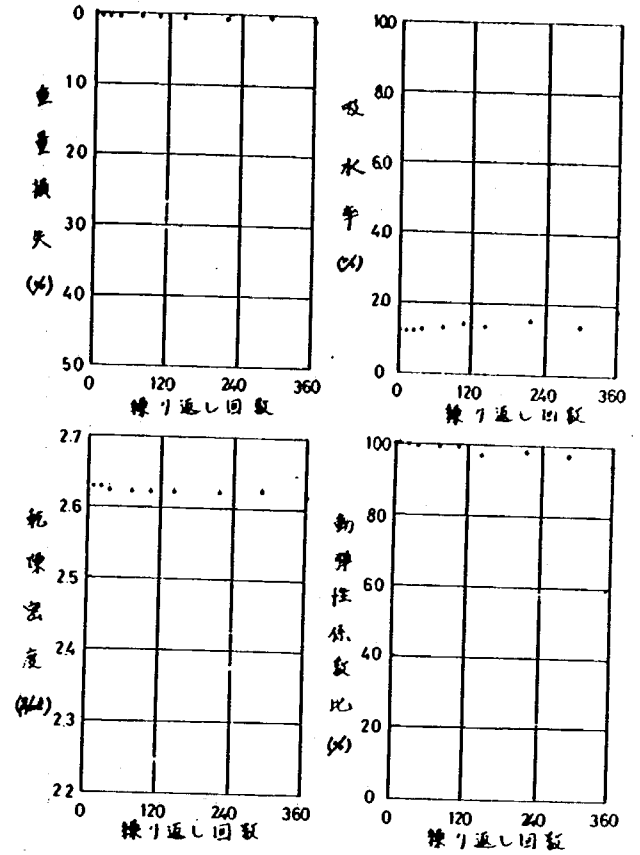
SA-8



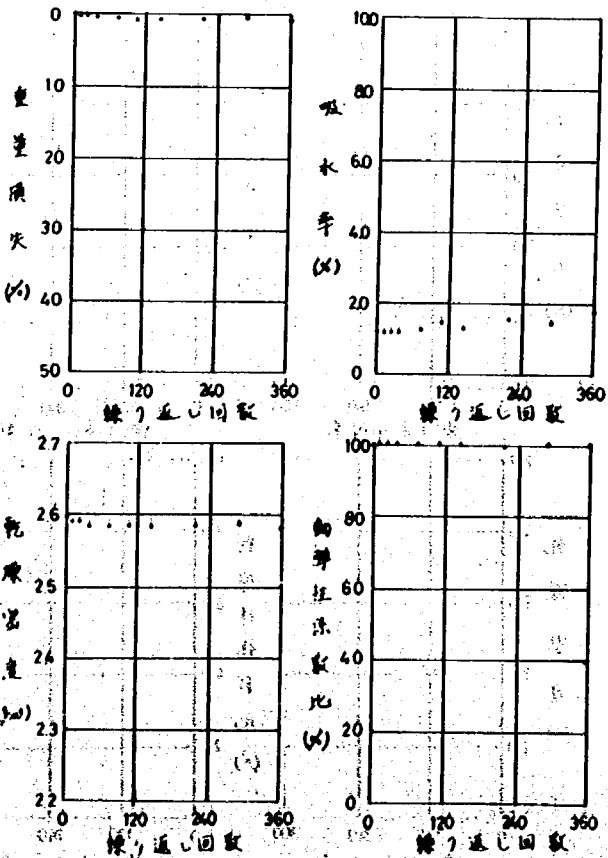
SA-9



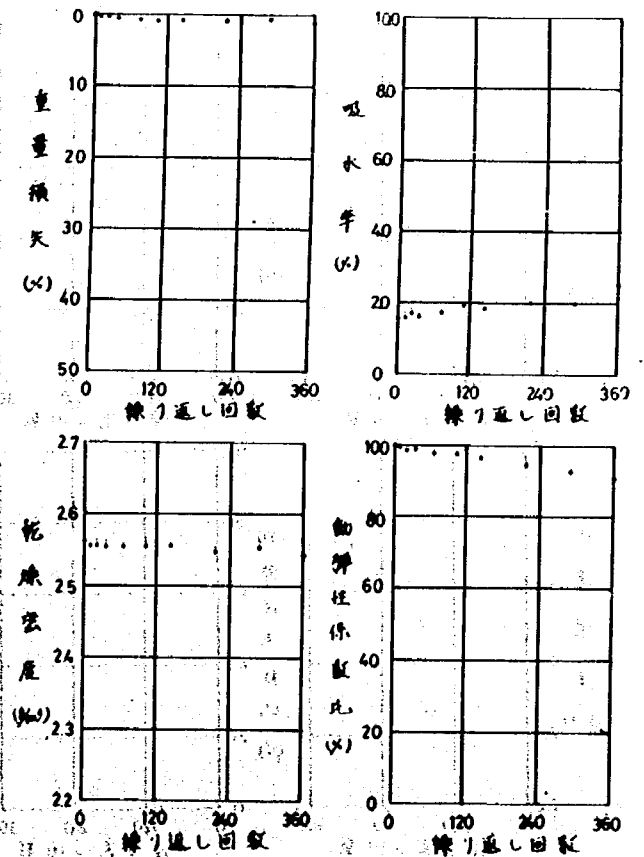
SA-10



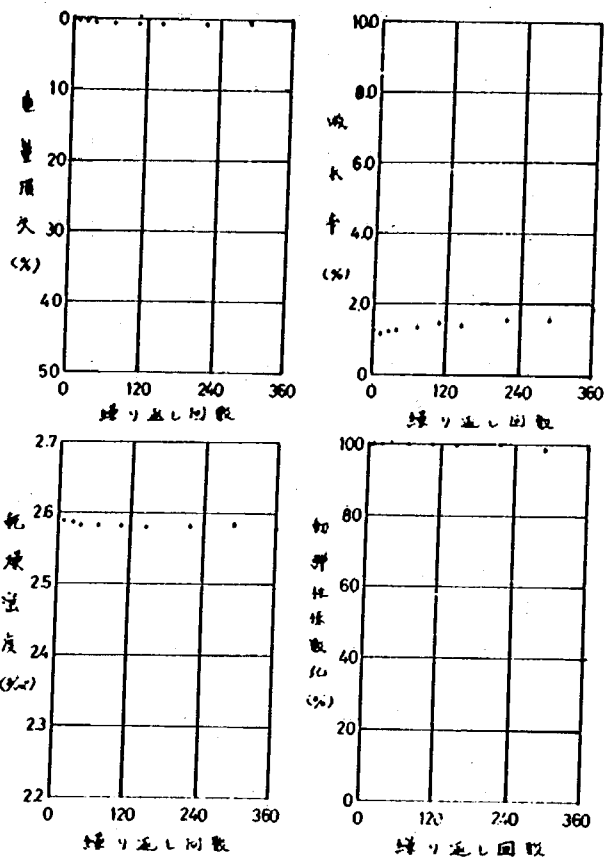
SA-11



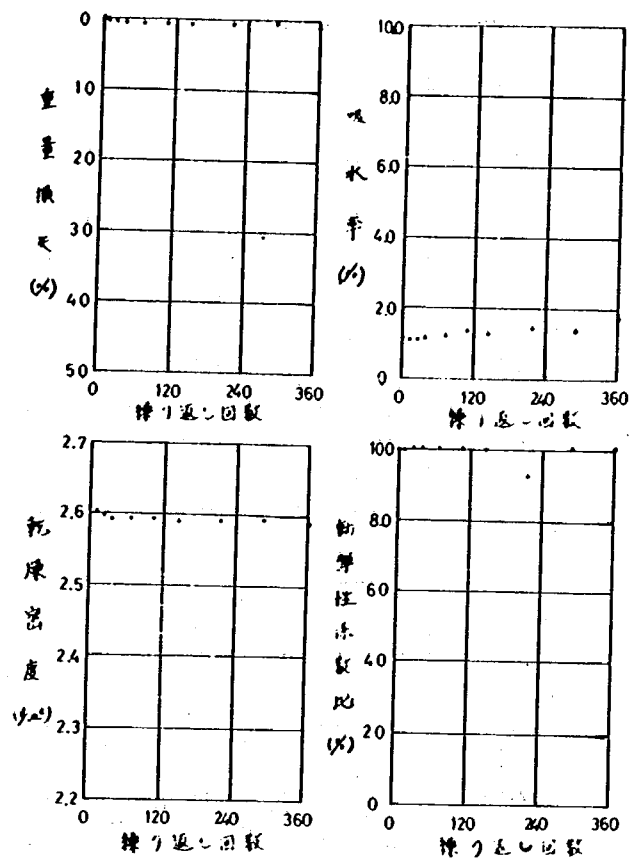
SA-12



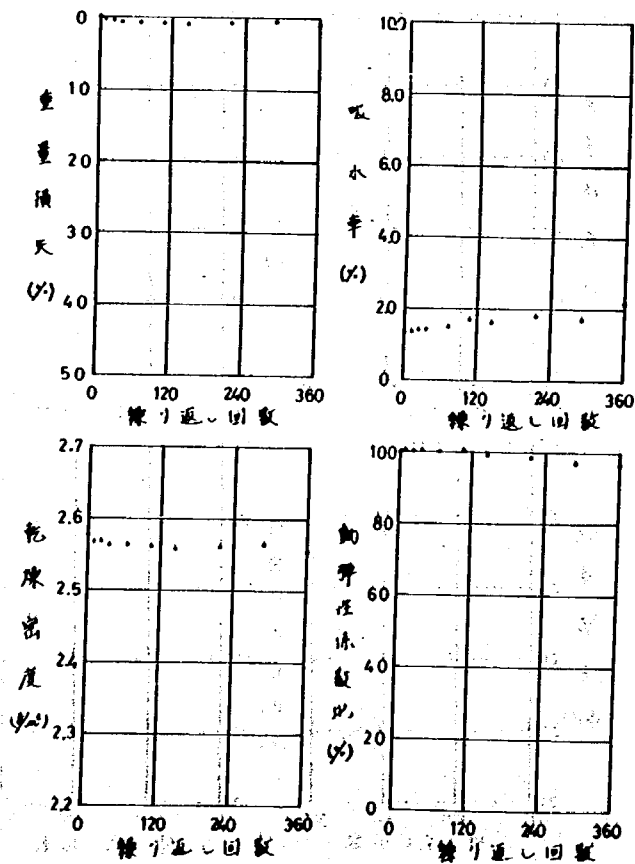
SA-13



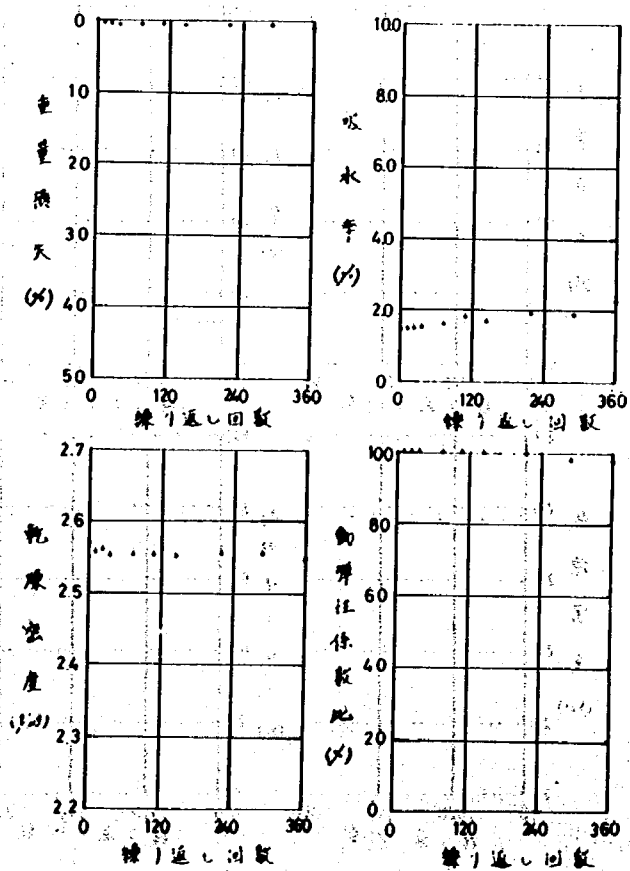
SA-14



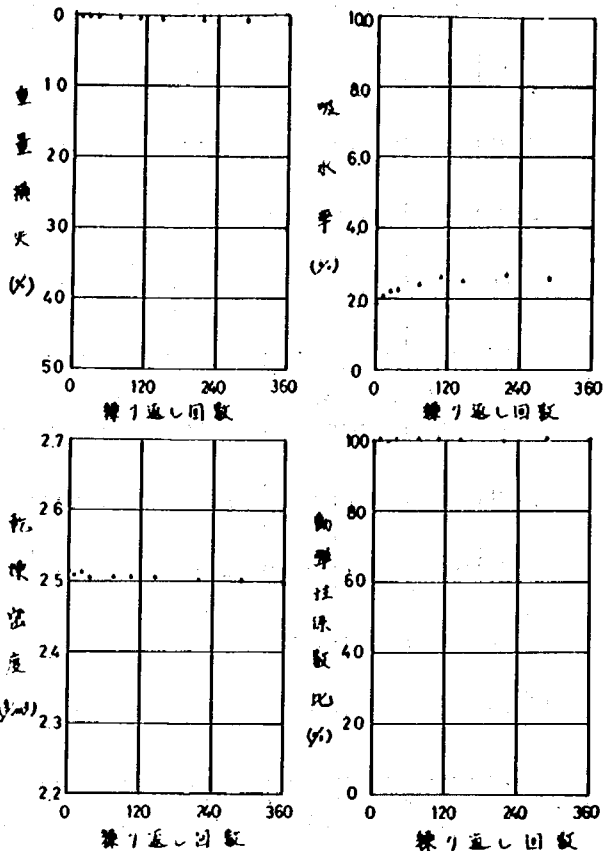
SA-15



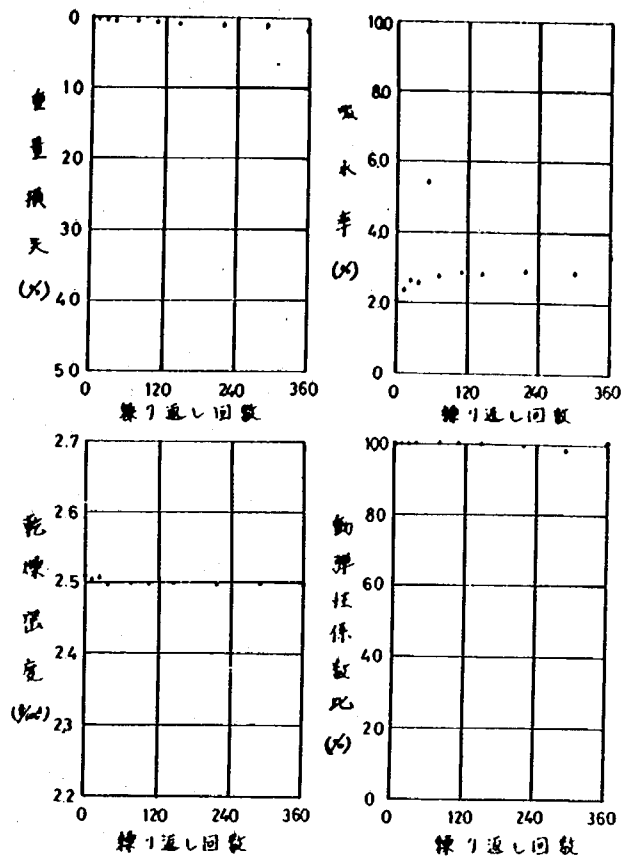
SA-16



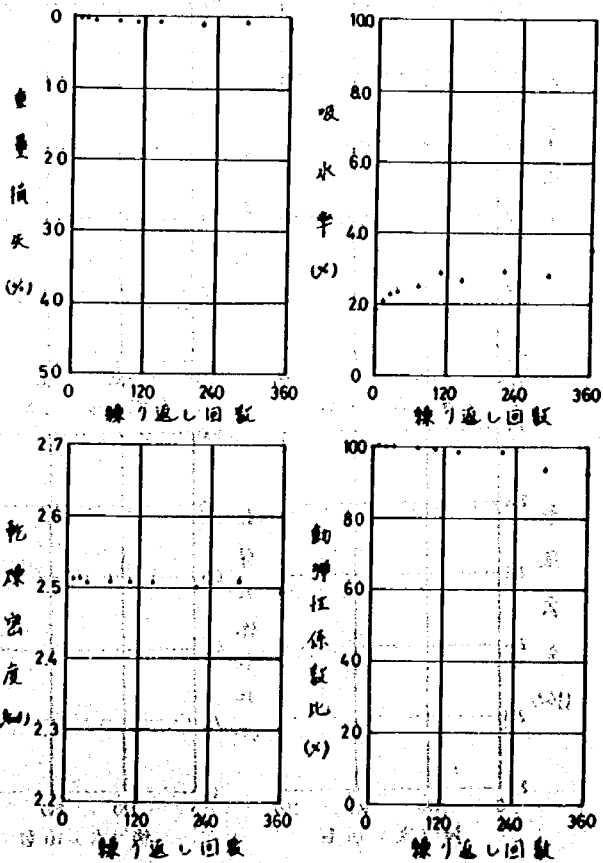
SA-17



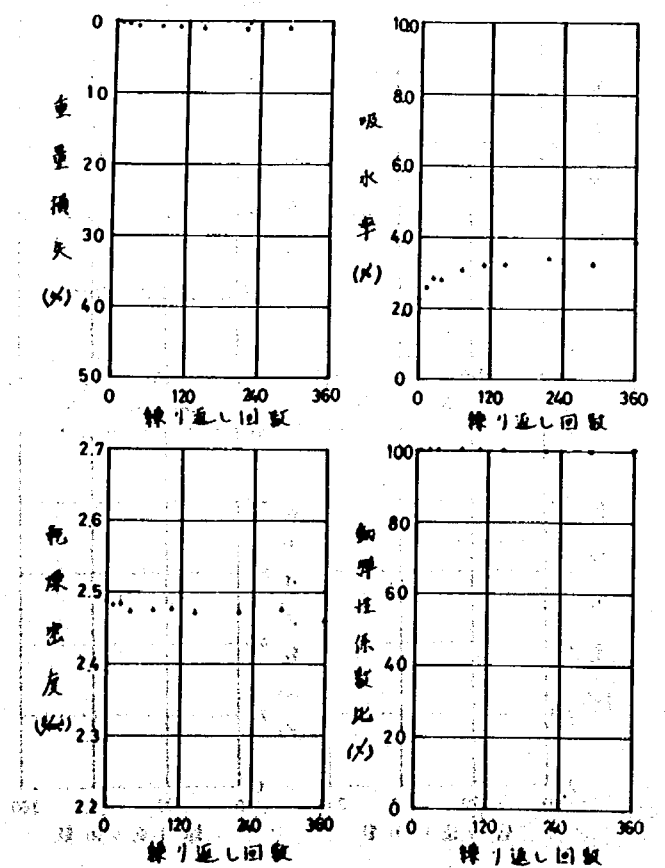
SA-18



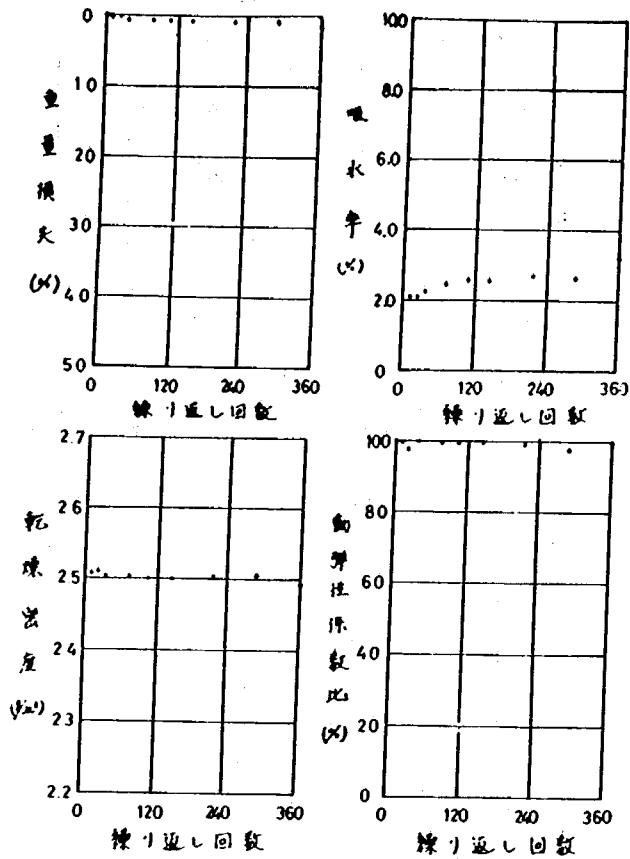
SA-19



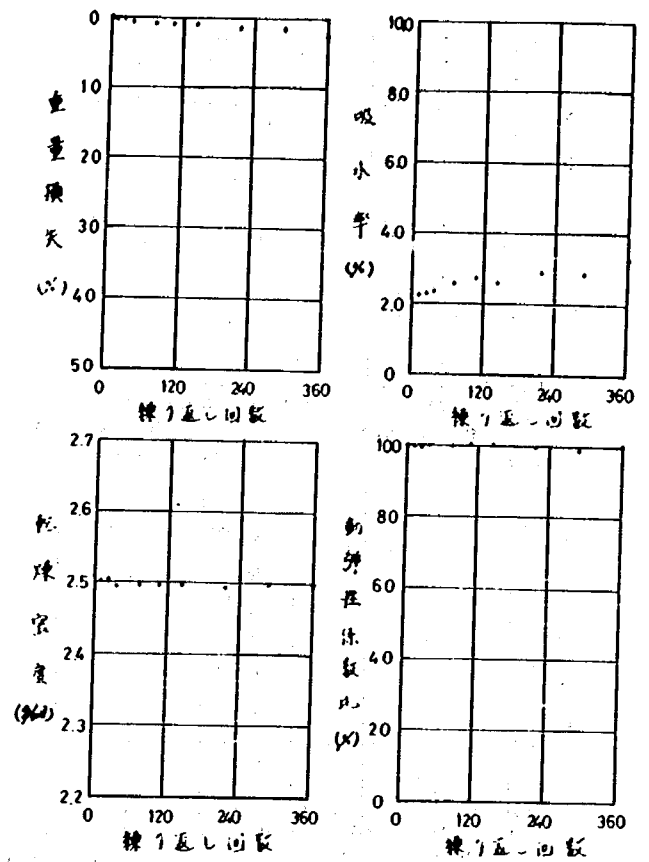
SA-20



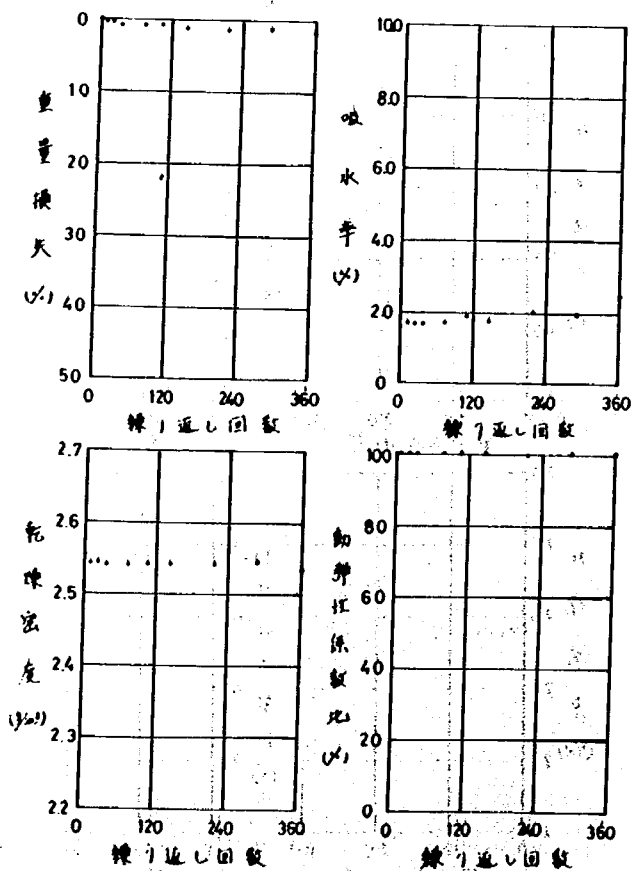
SA-21



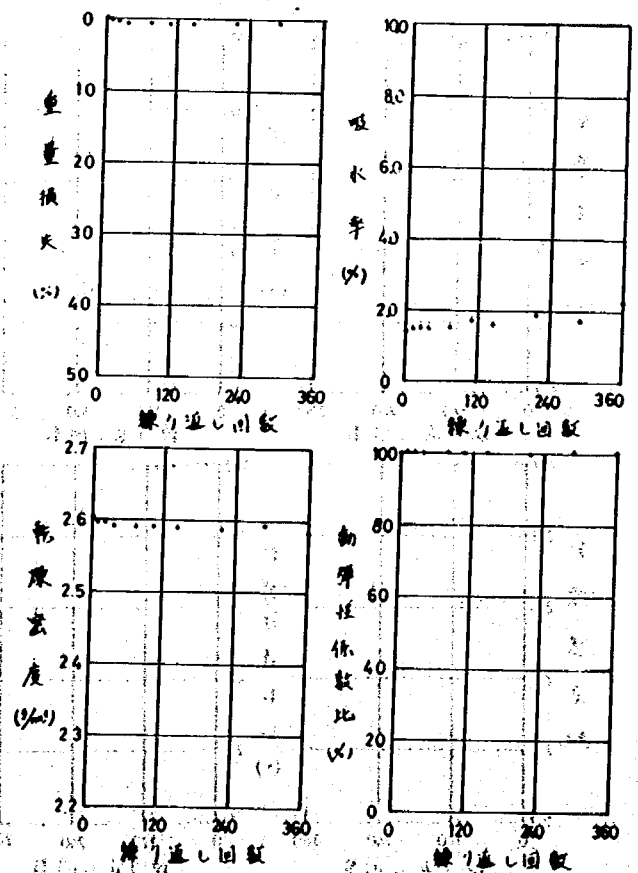
SA-22



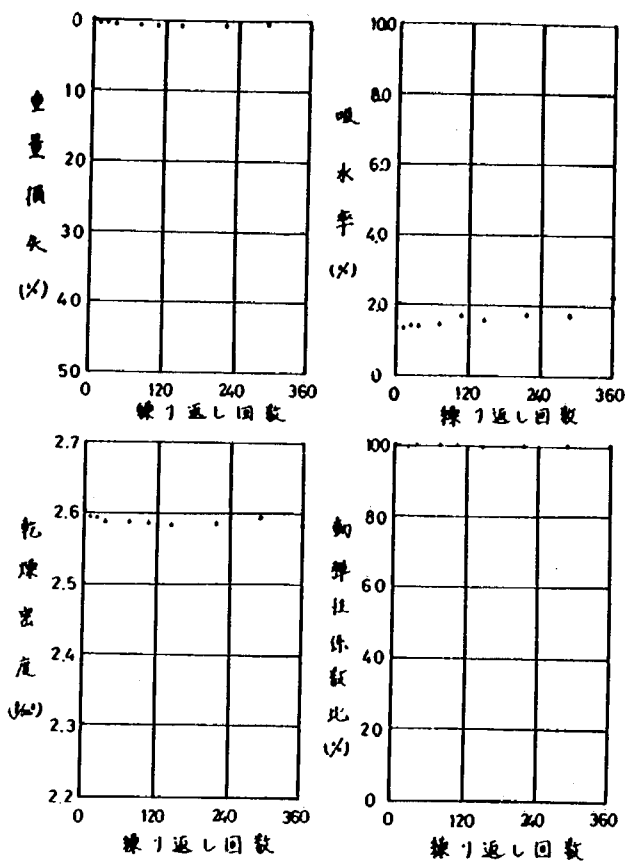
SA-23



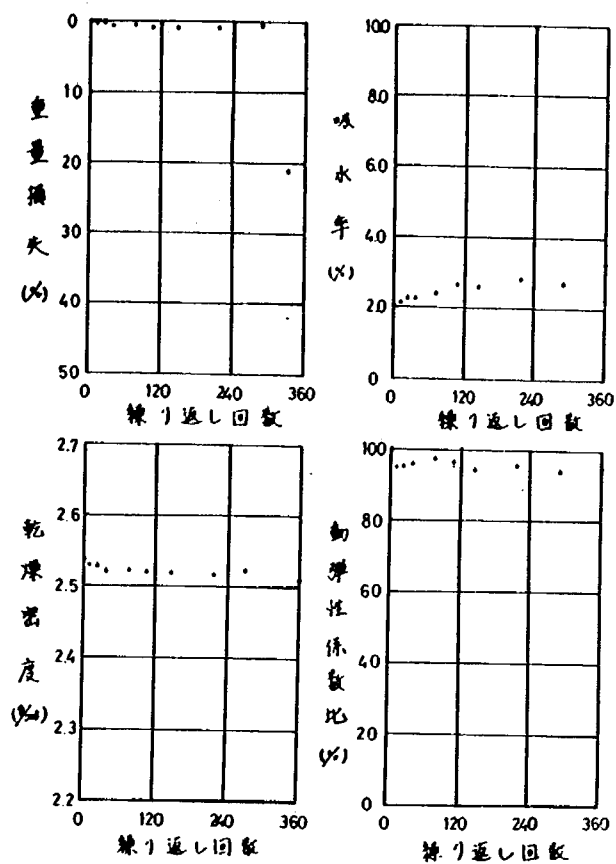
SA-24



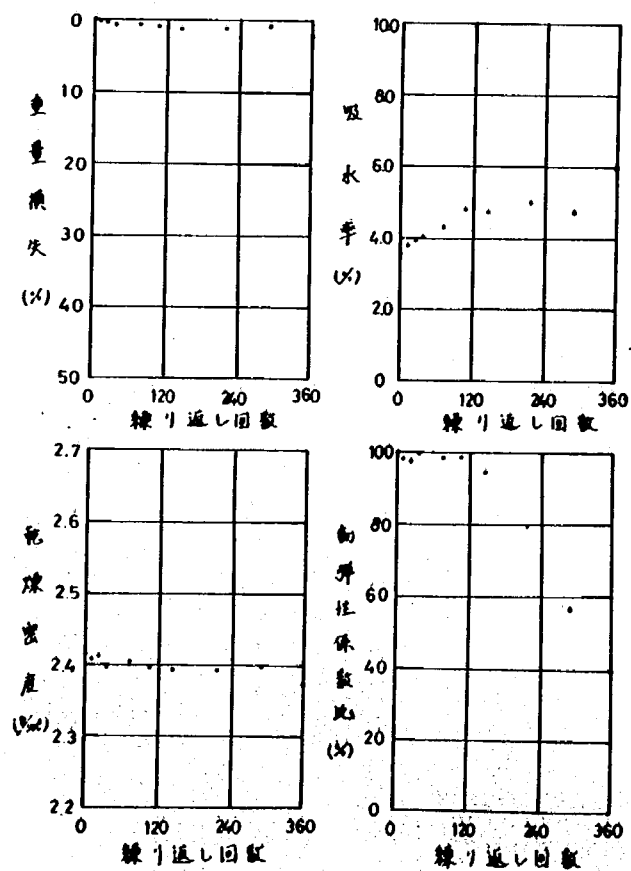
SA-25



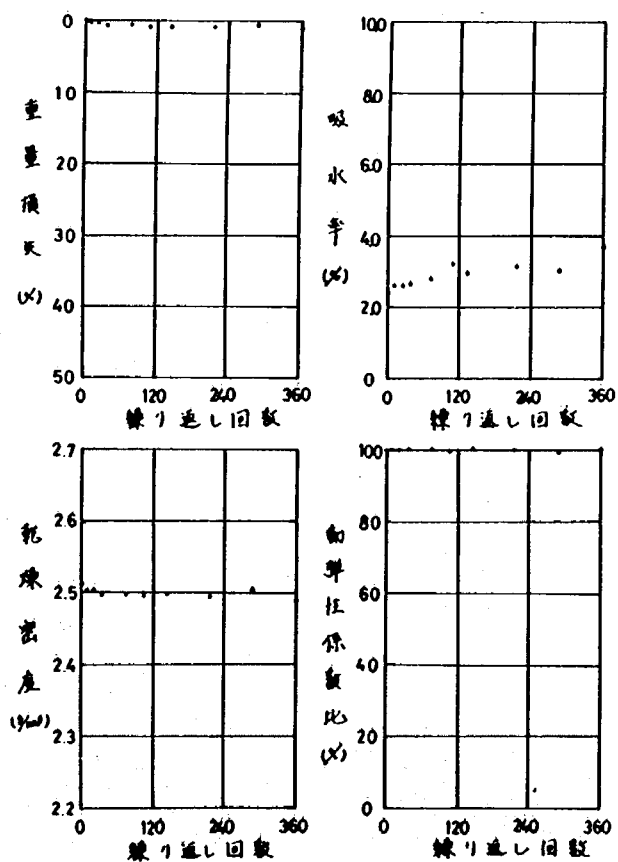
SA-26

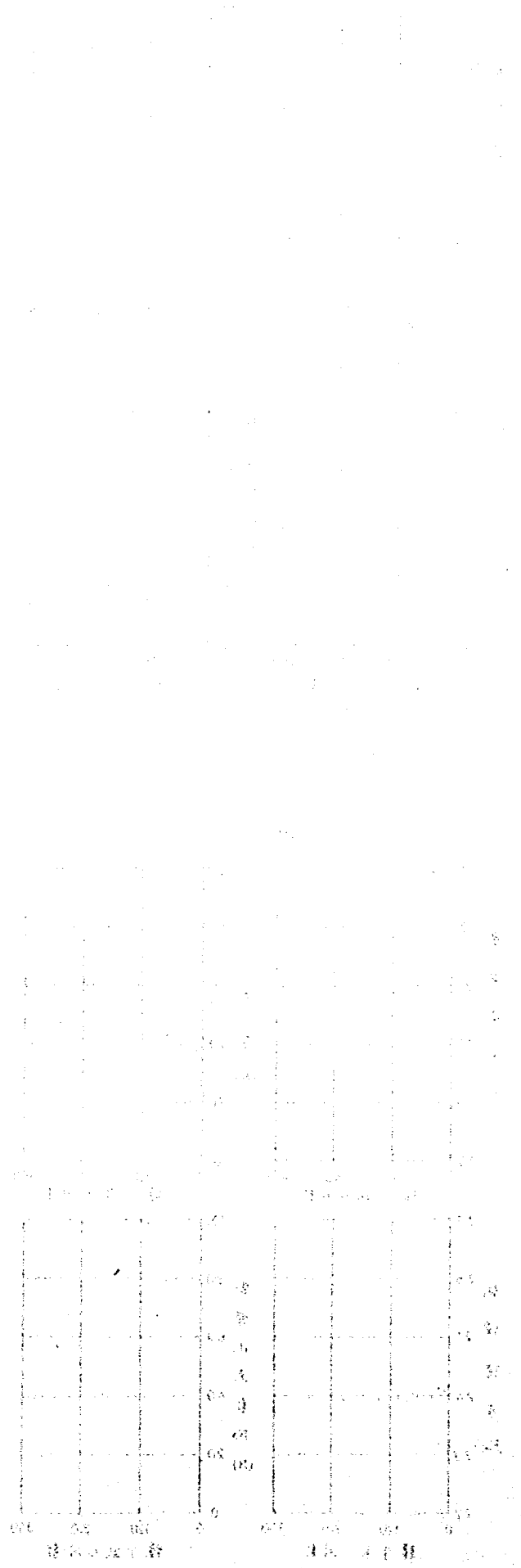
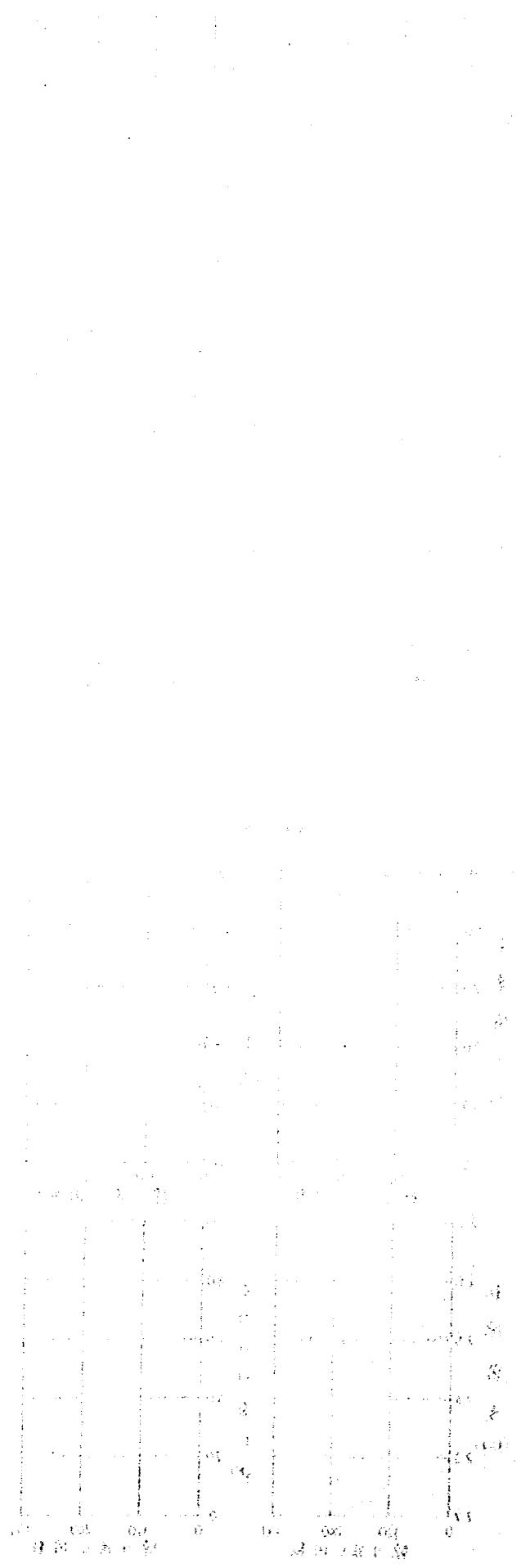


SA-27



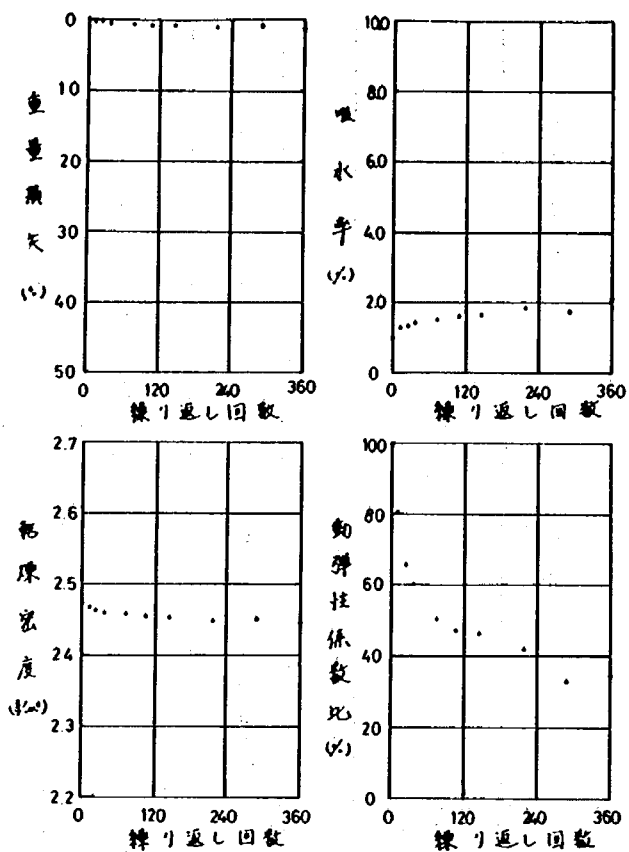
SA-28



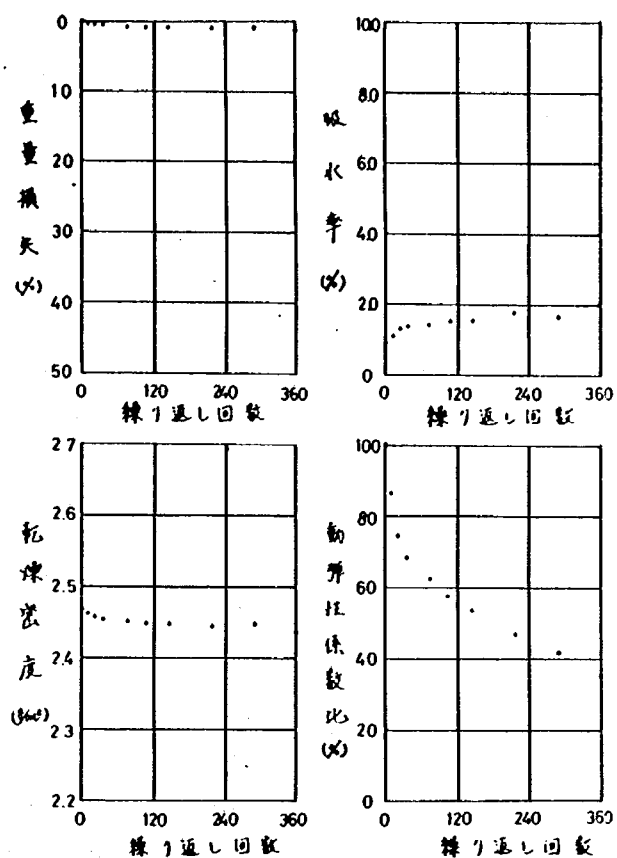


附圖—3 (4) S A—S

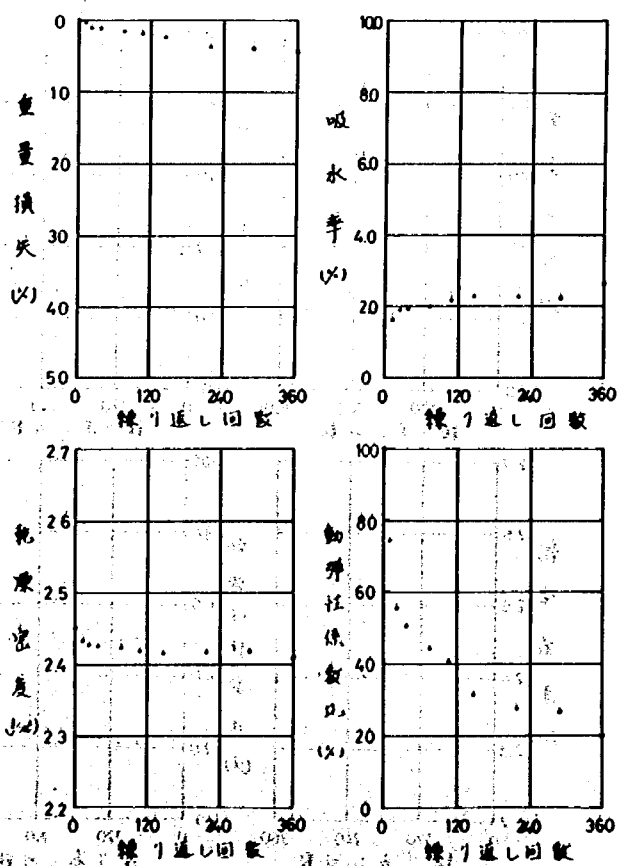
SA-29



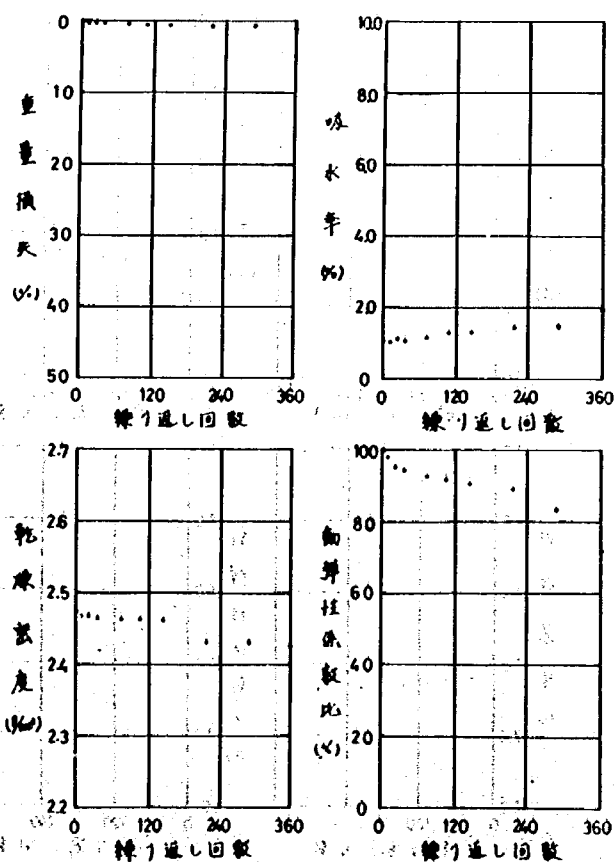
SA-30



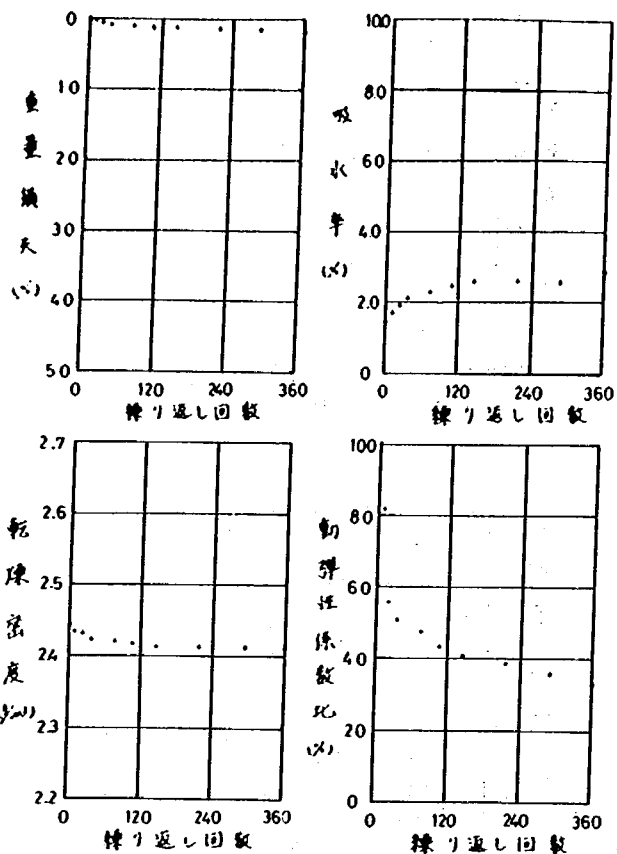
SA-31



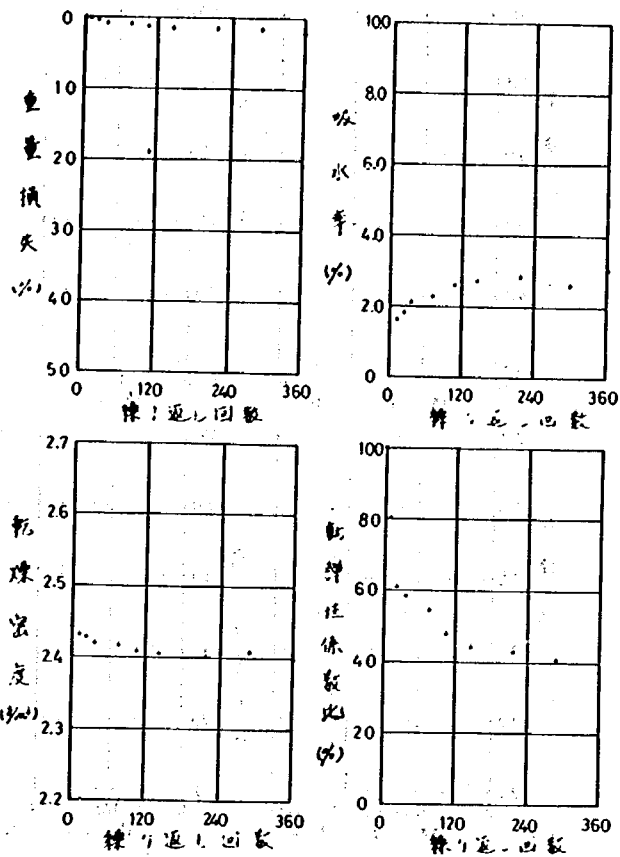
SA-32



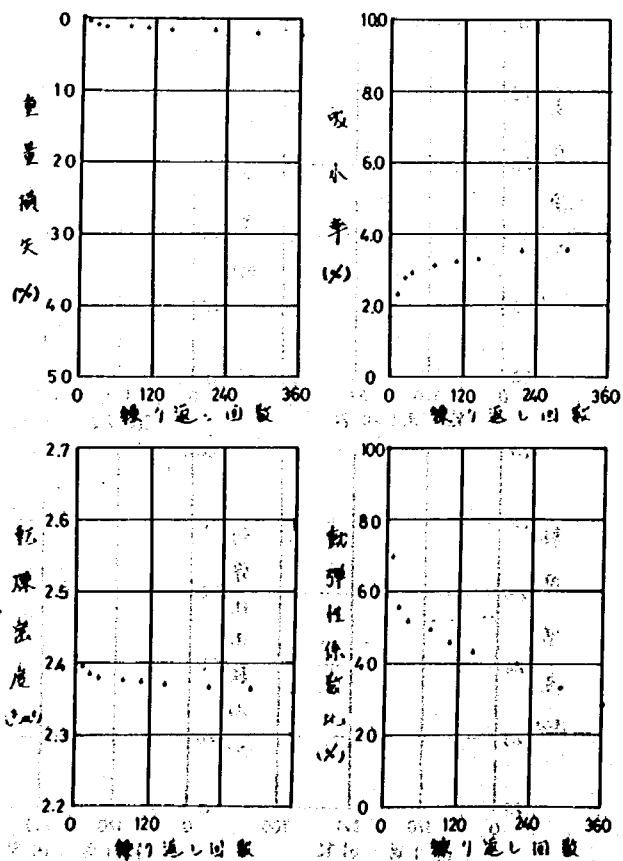
SA-33



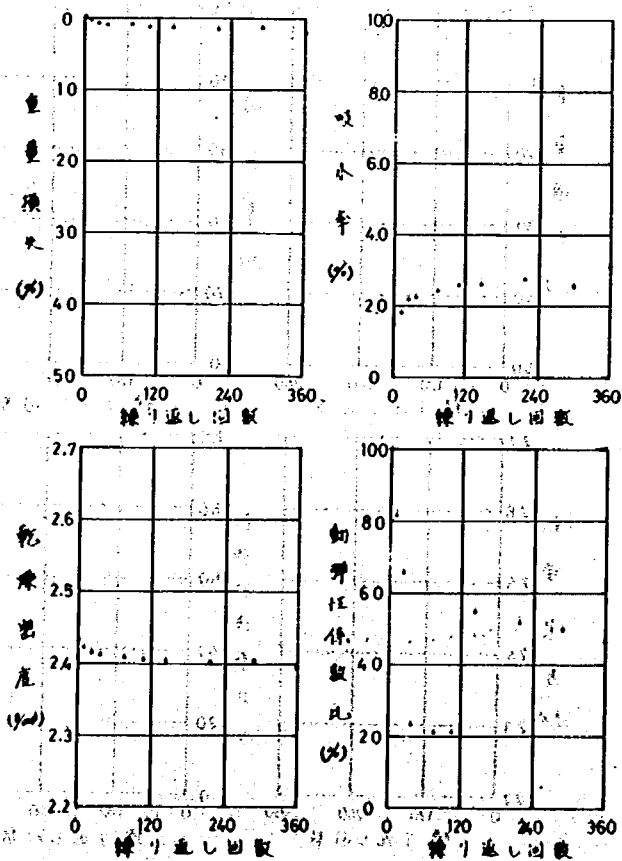
SA-34



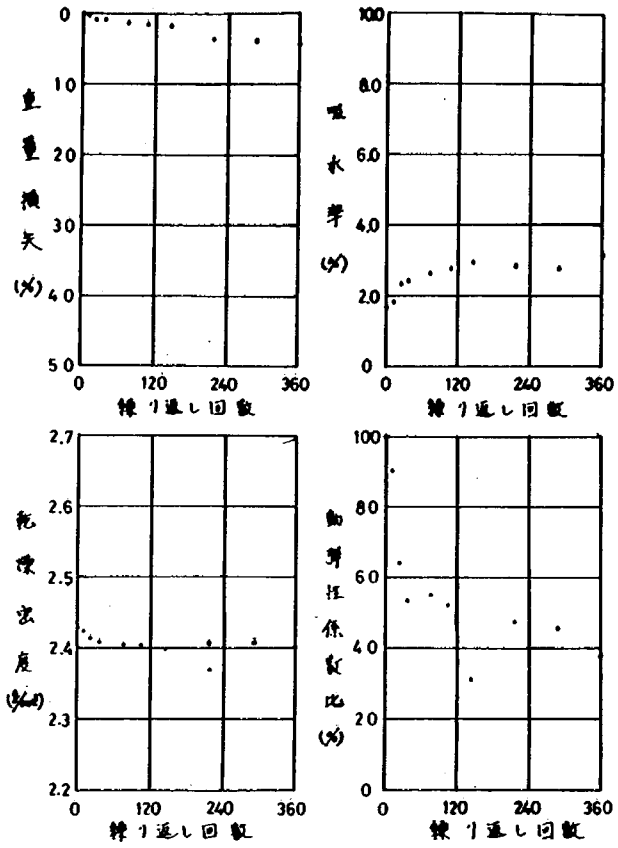
SA-35



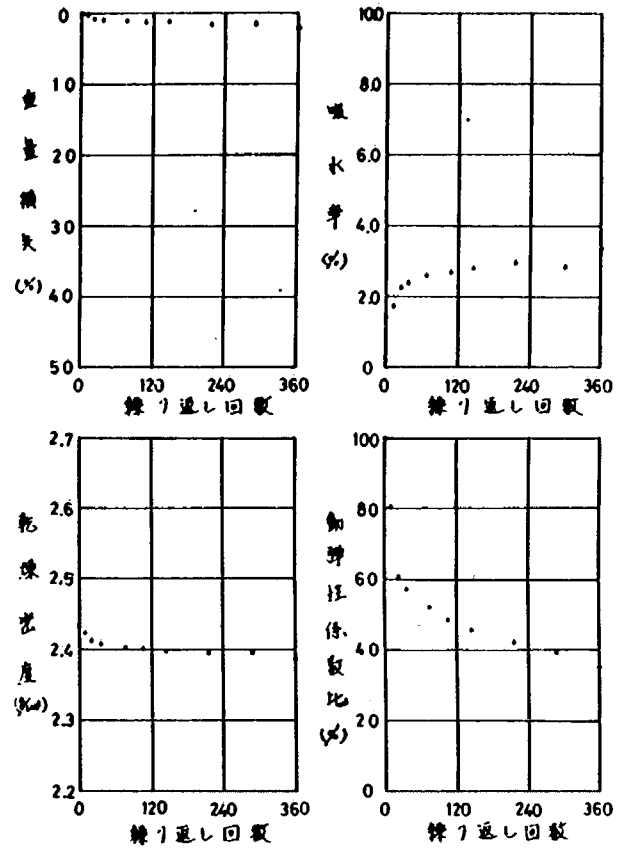
SA-36



SA-37



SA-38



附図 - 4 光沢比の経時変化

附圖—4 (1) S R—I

凡 例

△ 85°—85°

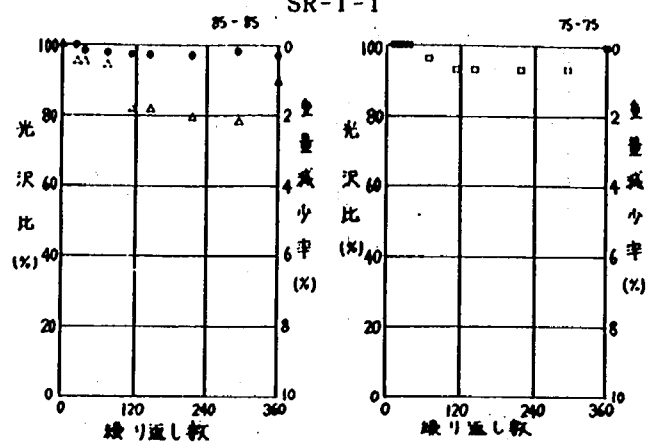
□ 75°—75°

○ 60°—60°

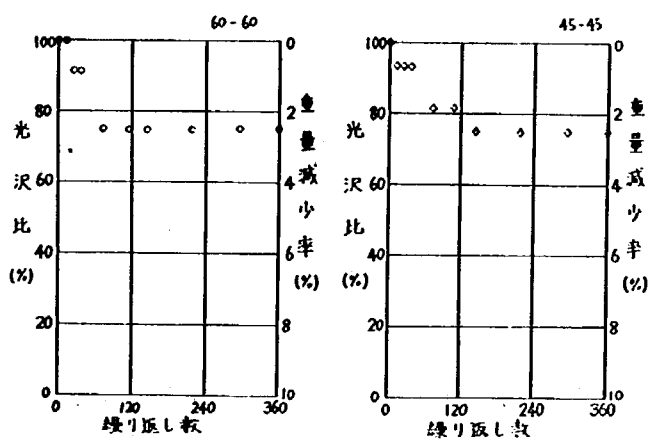
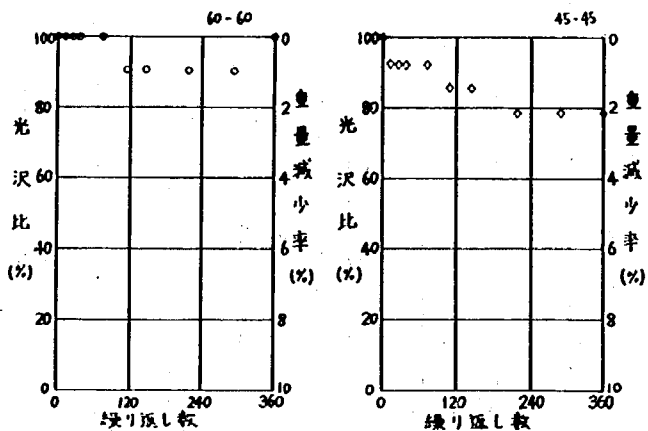
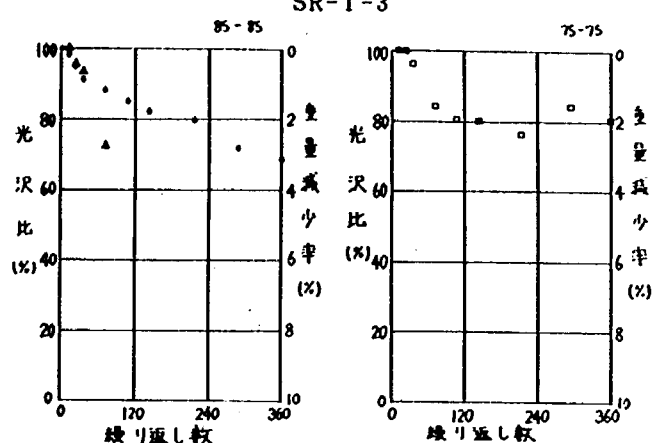
◇ 40°—40°

● 重量減少率

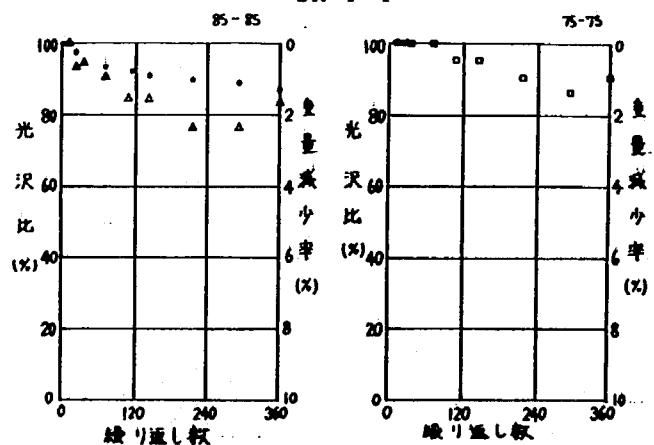
SR-I-1



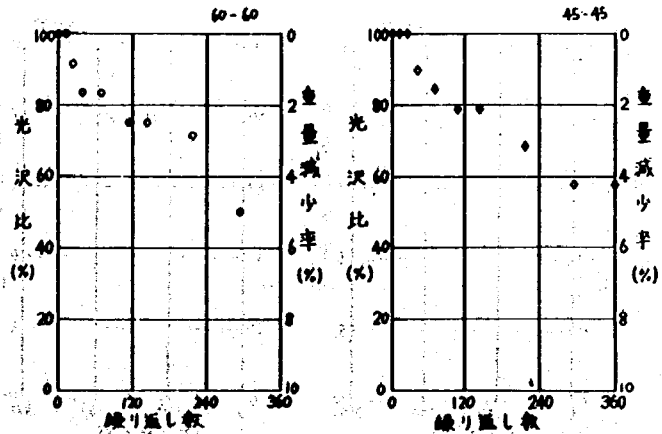
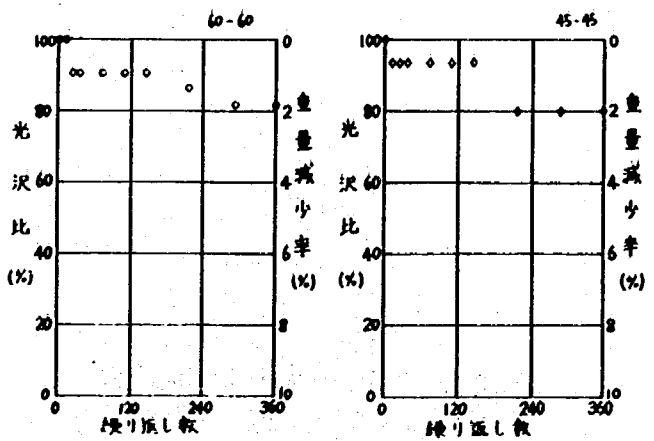
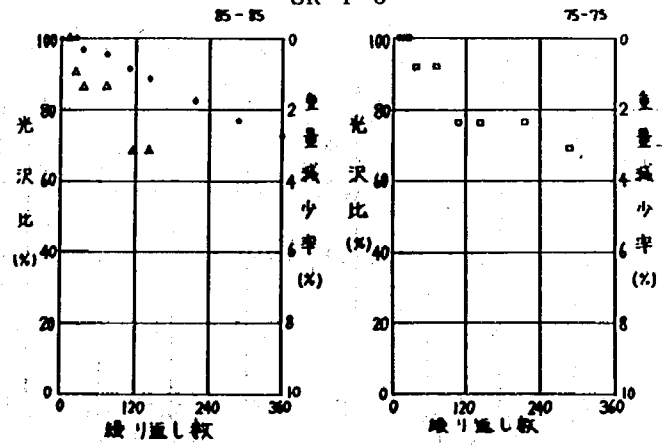
SR-I-3



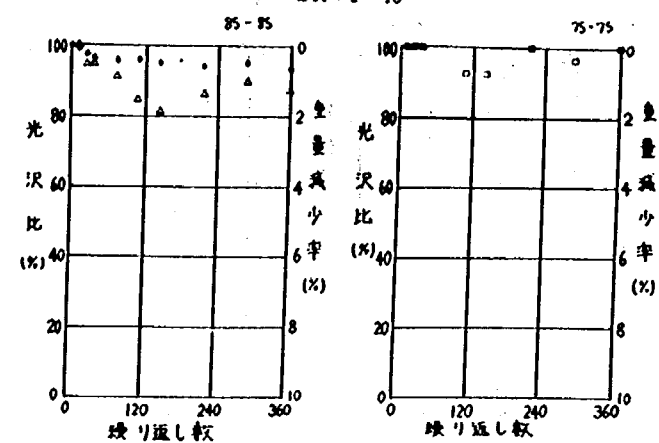
SR-I-4



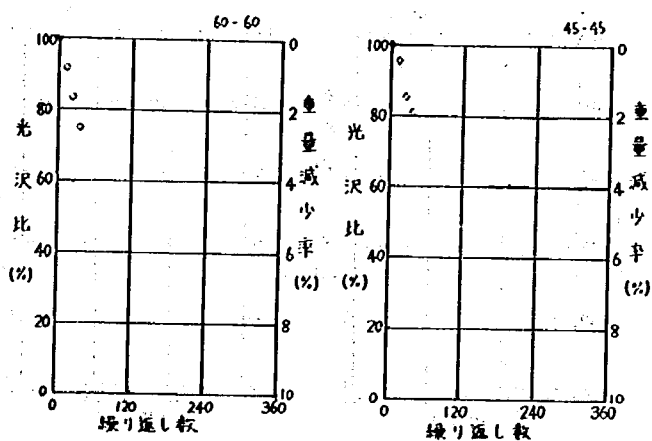
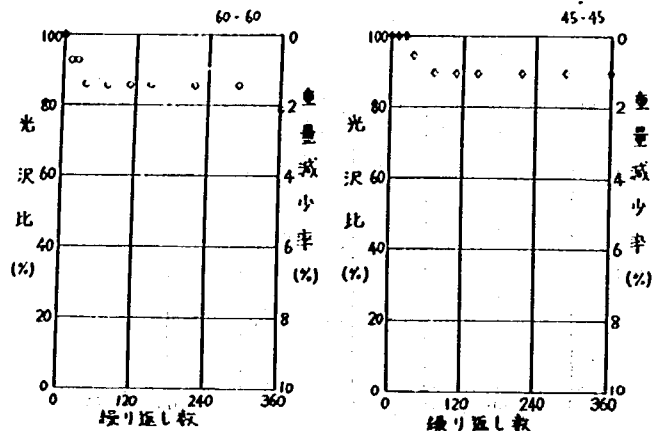
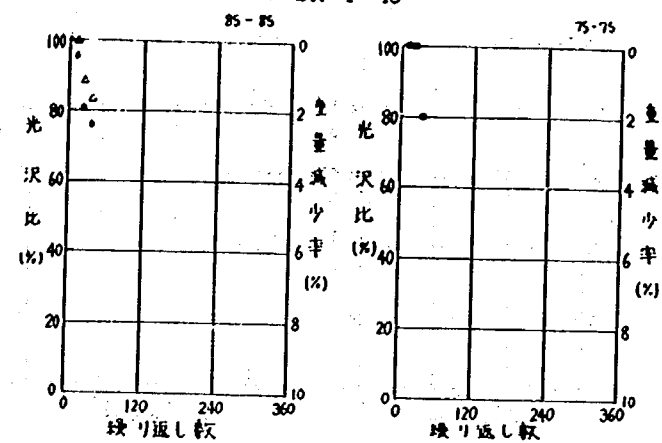
SR-I-8



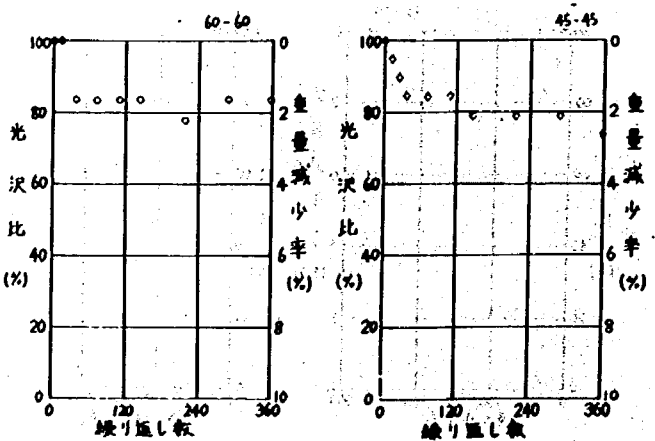
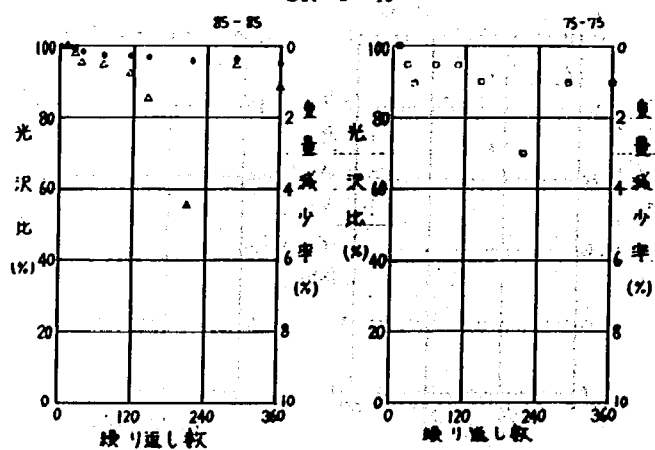
SR-I-46



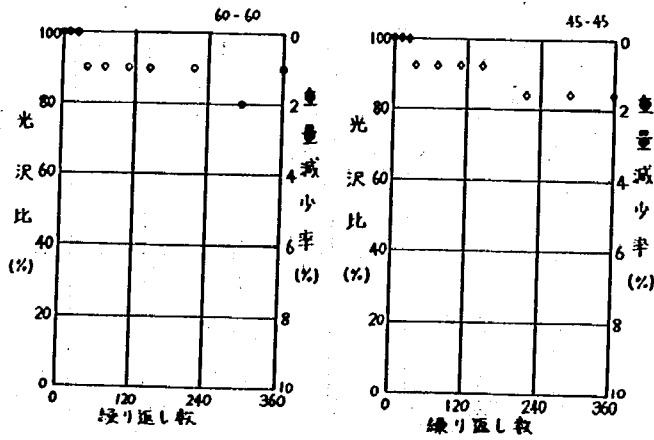
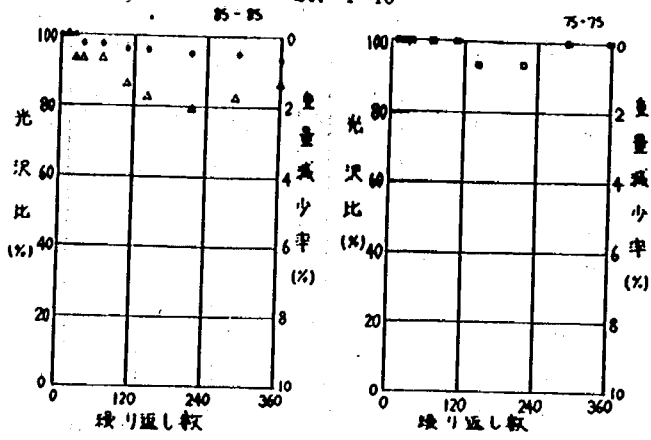
SR-I-48



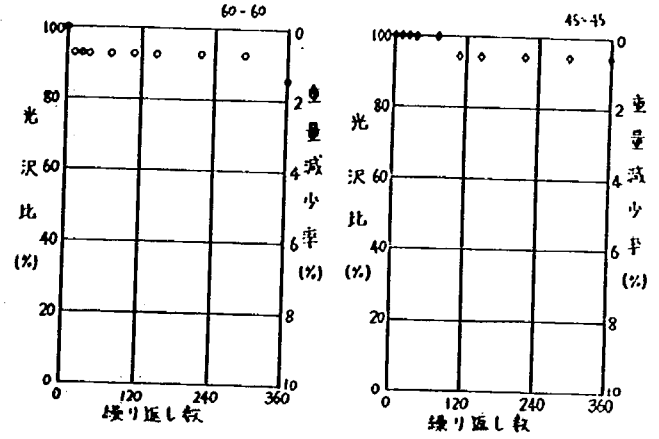
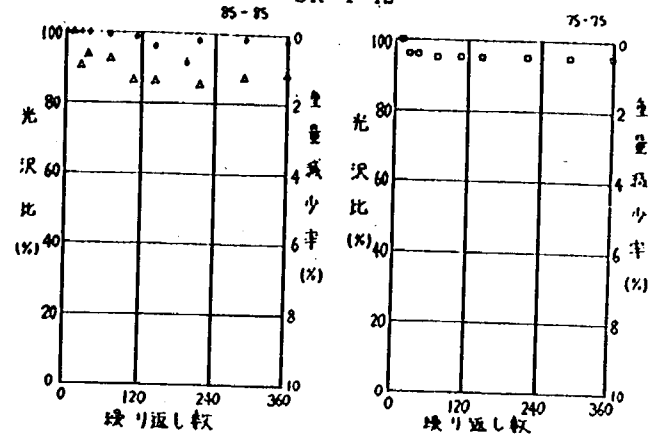
SR-I-49



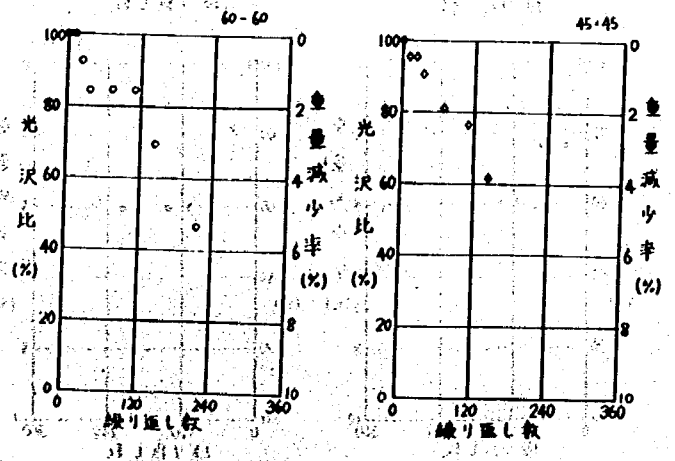
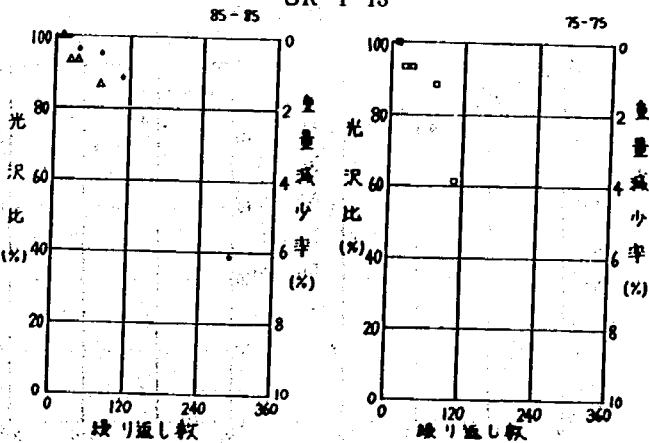
SR-I-10



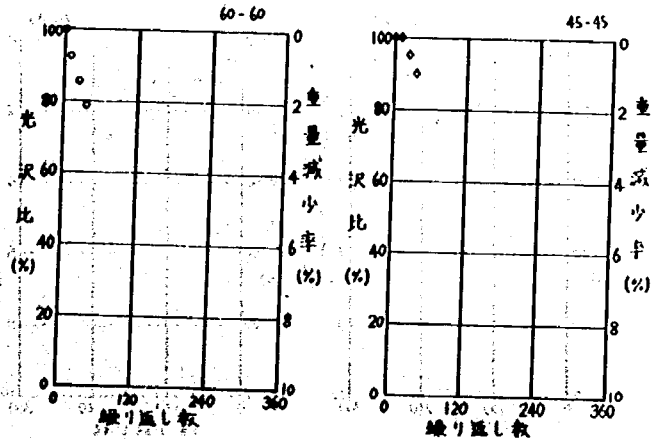
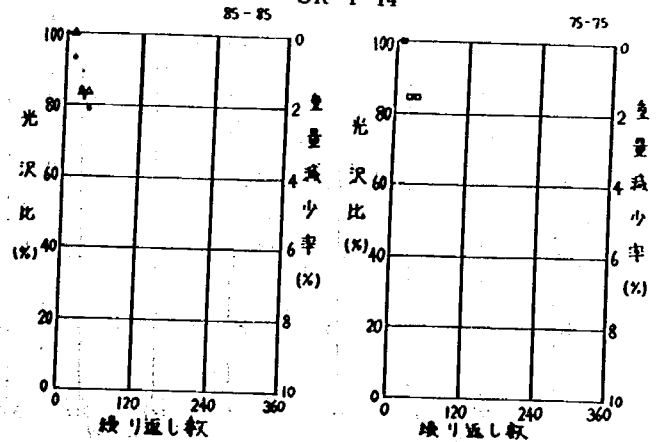
SR-I-12



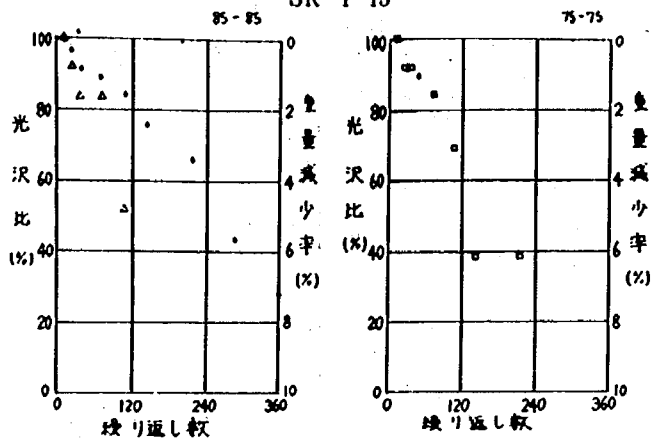
SR-I-13



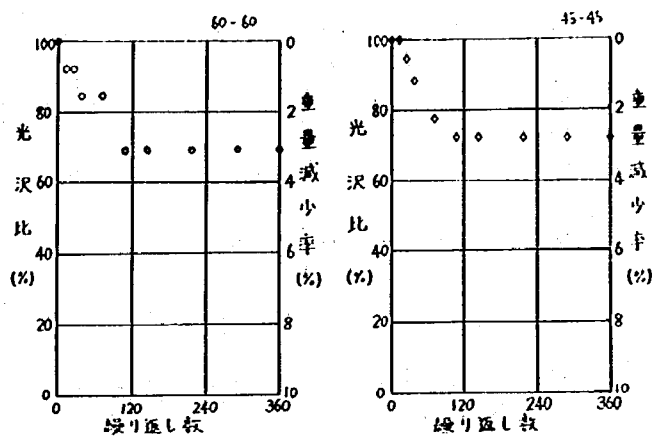
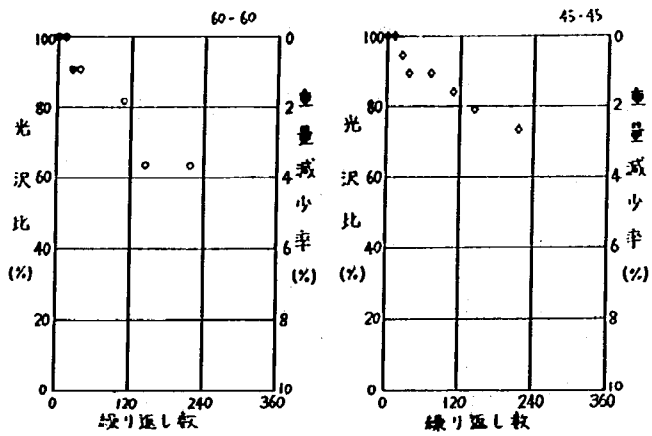
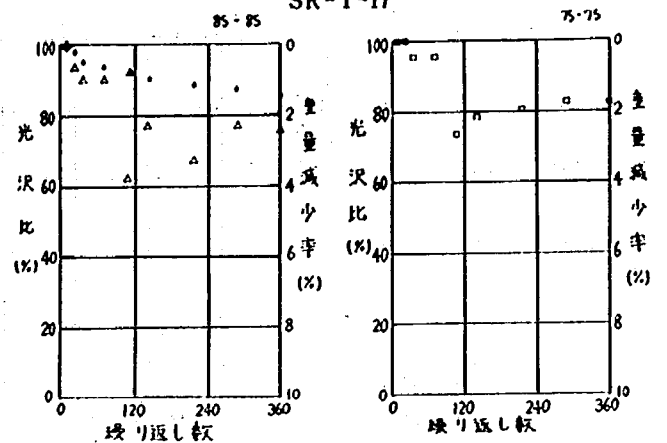
SR-I-14



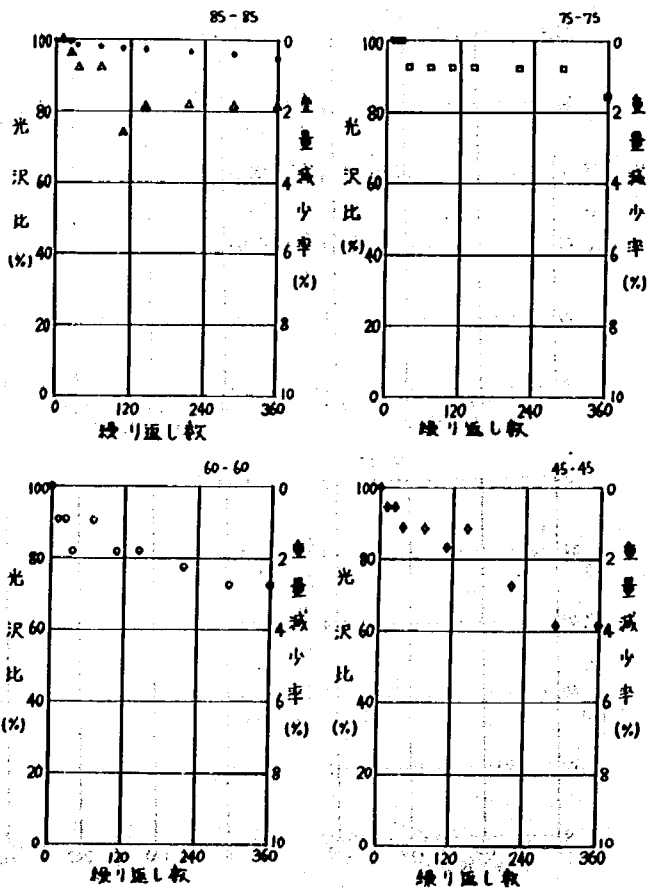
SR-I-15



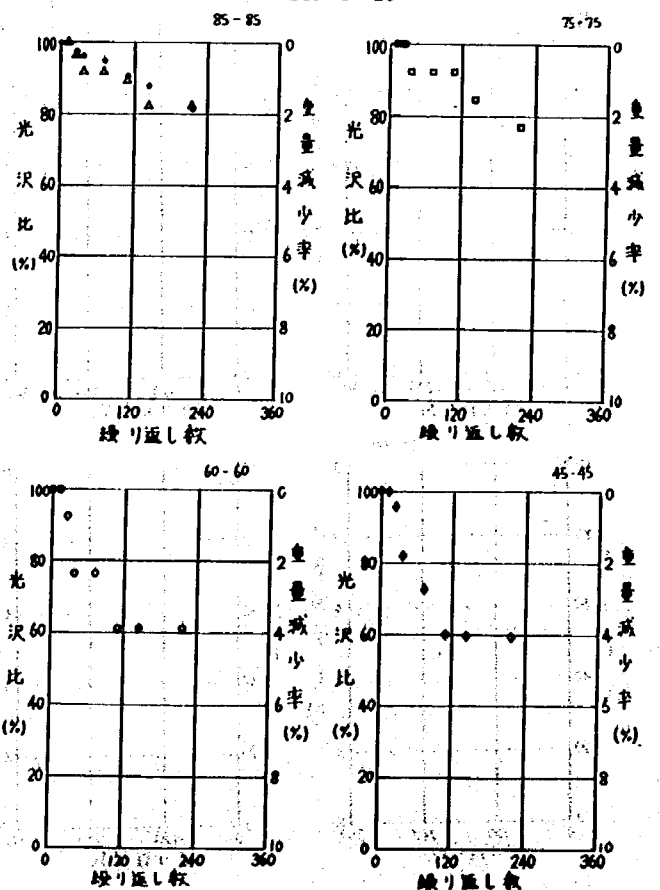
SR-I-17



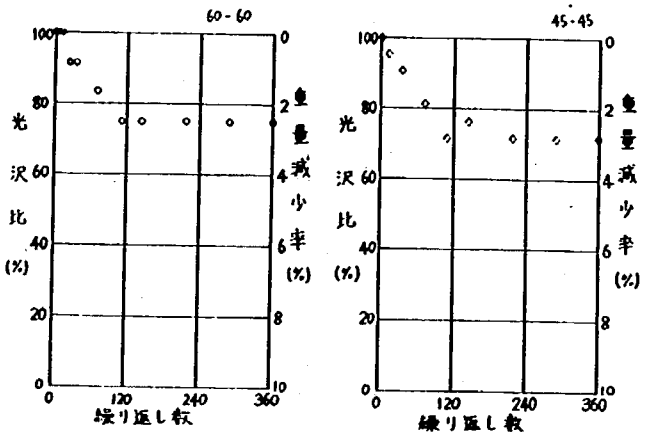
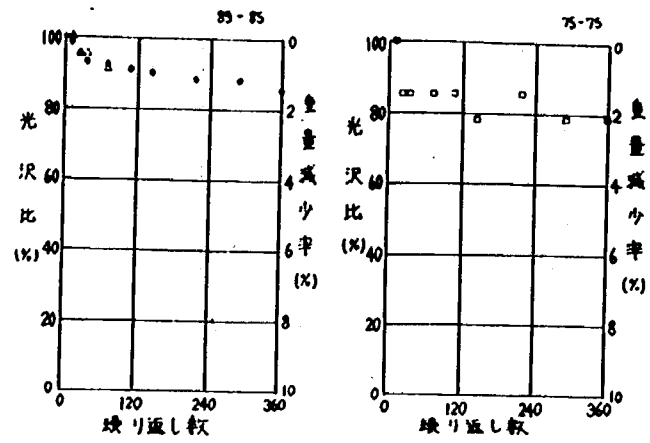
SR-I-22



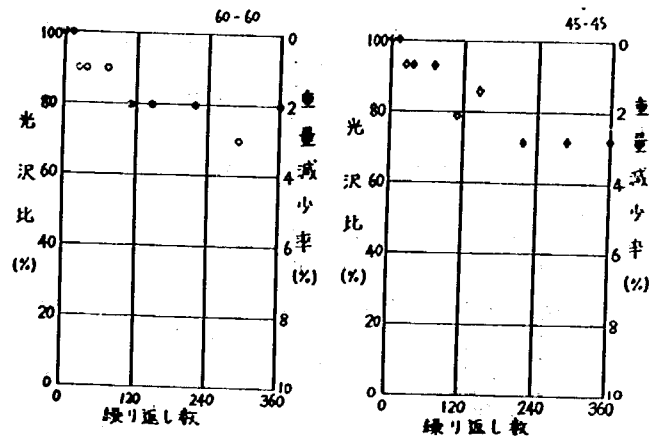
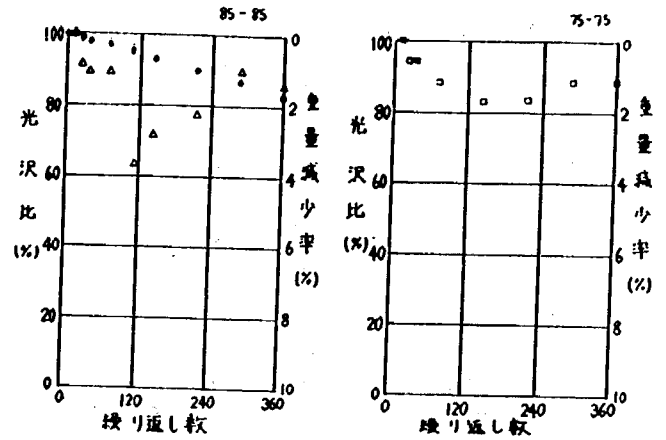
SR-I-23



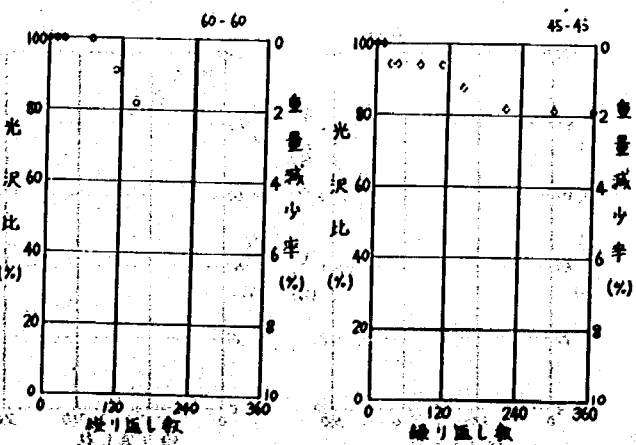
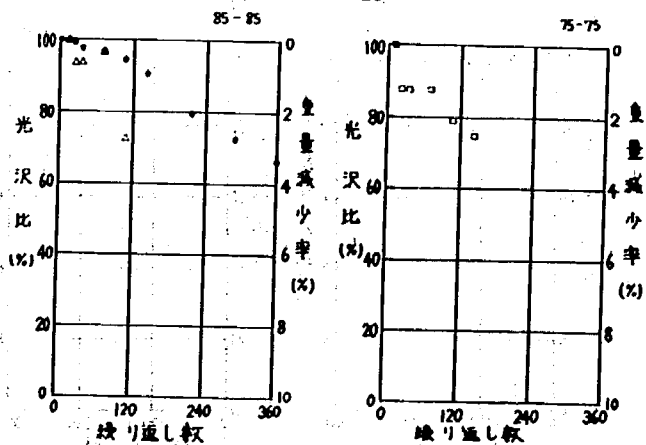
SR-I-24



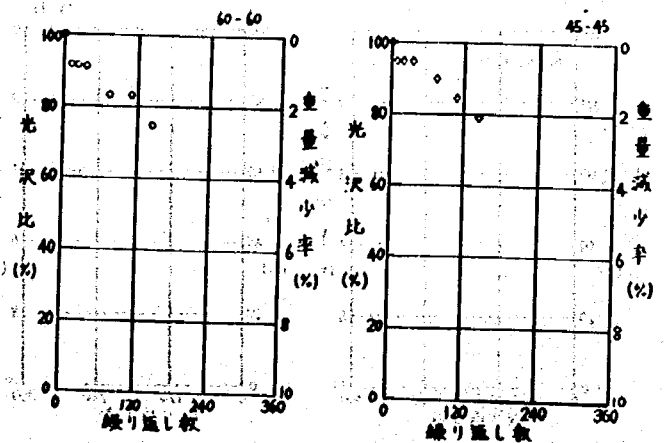
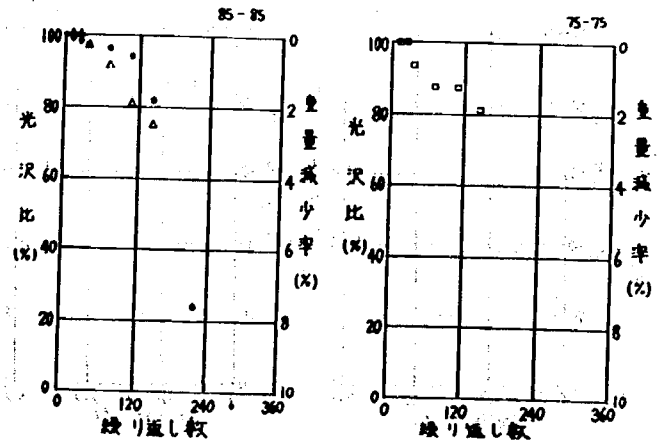
SR-I-27



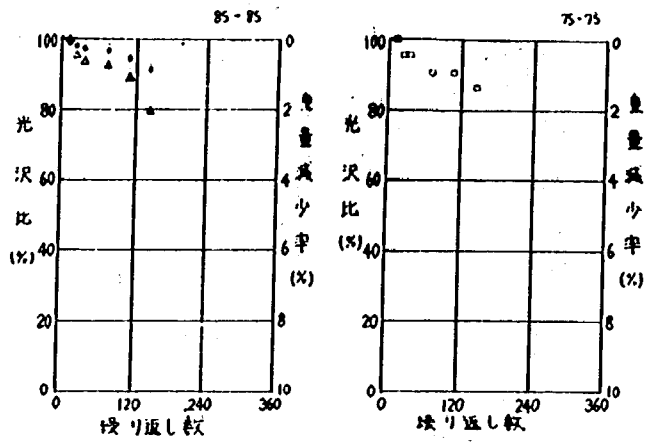
SR-I-28



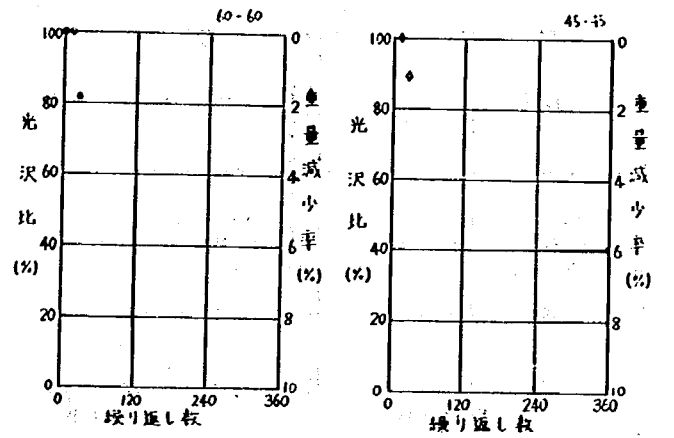
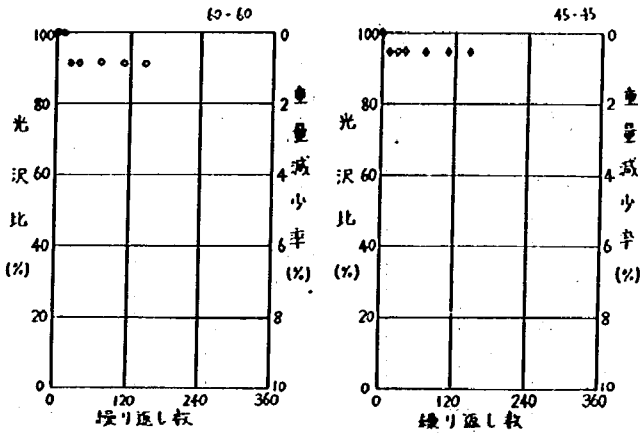
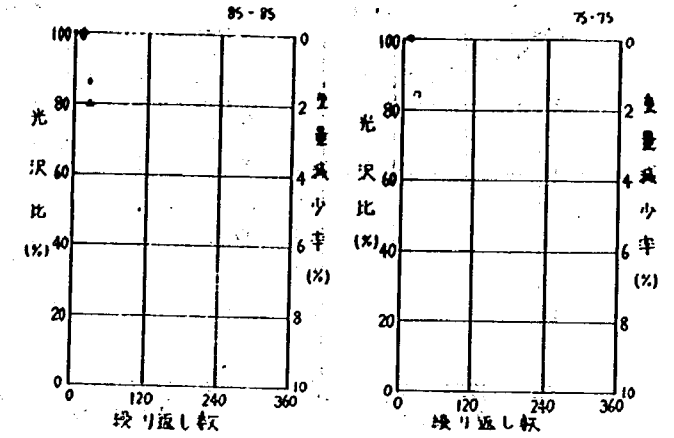
SR-I-30



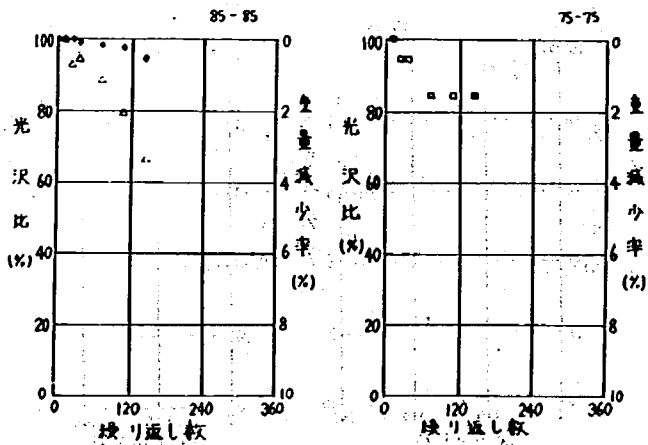
SR-I-31



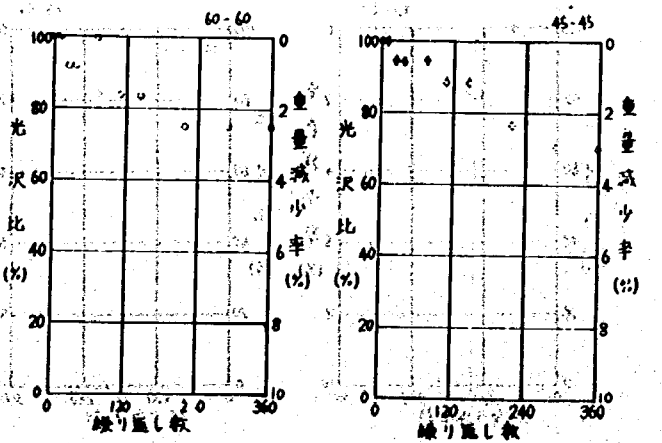
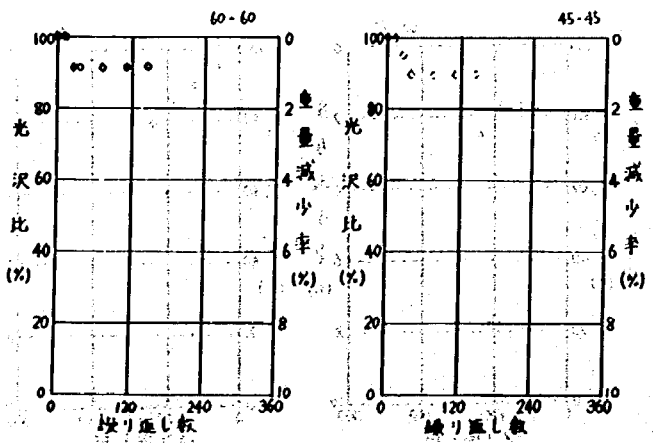
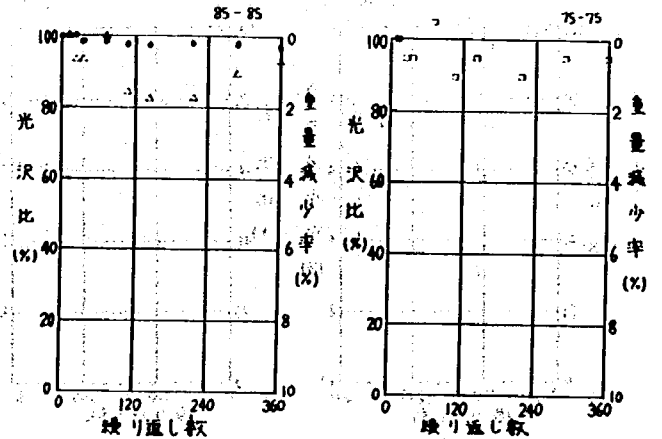
SR-I-32



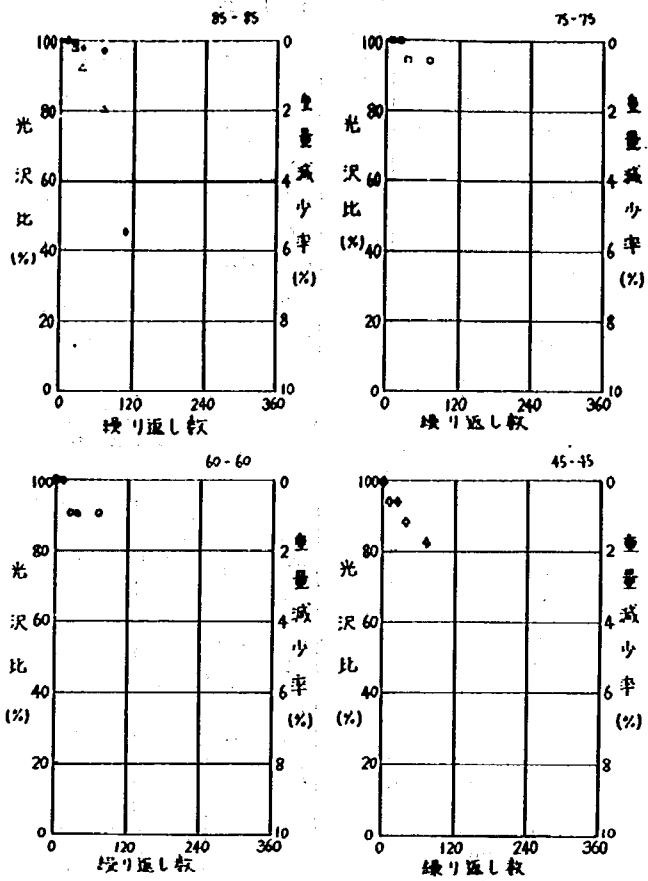
SR-I-33



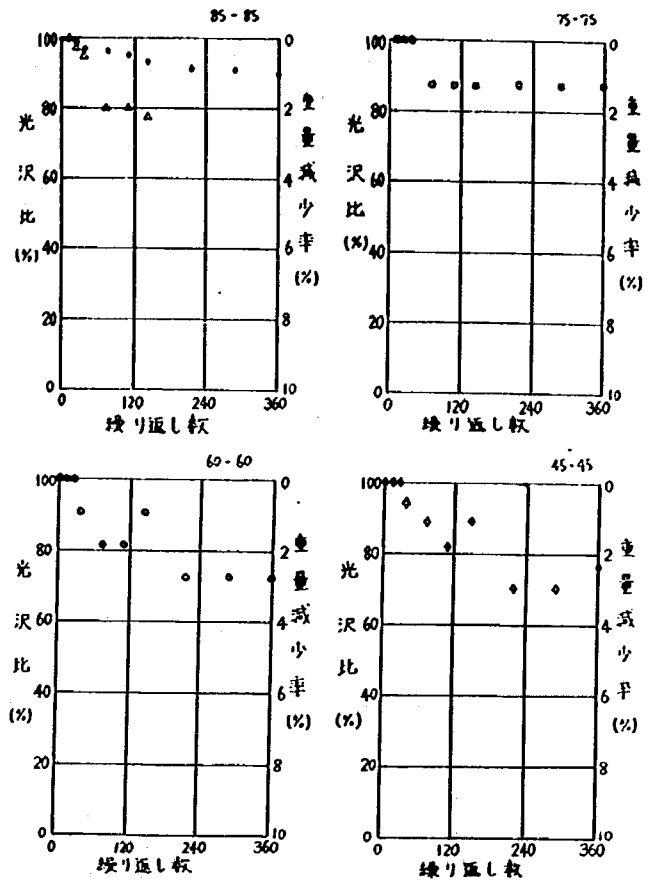
SR-I-34



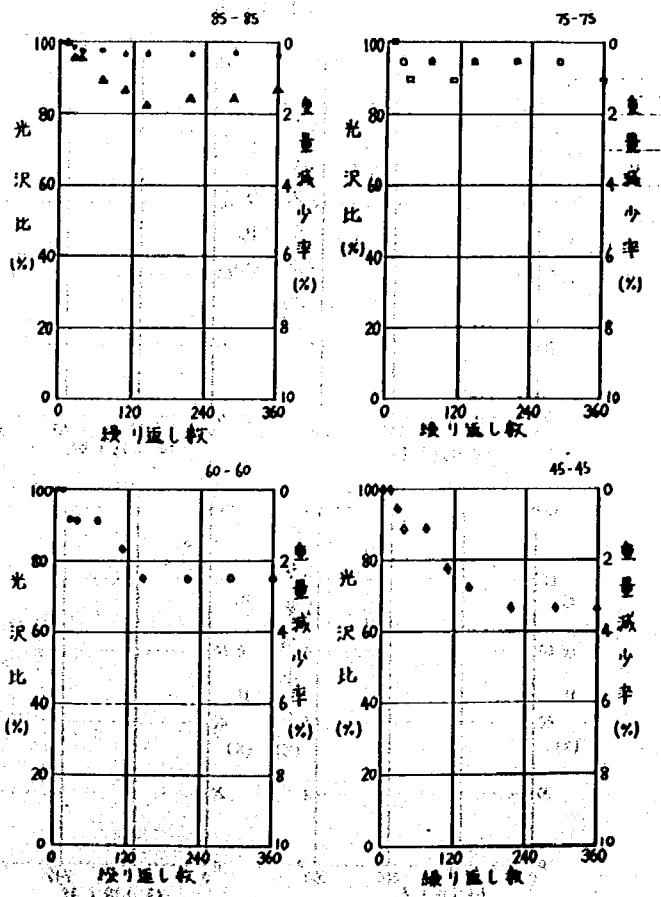
SR-I-36



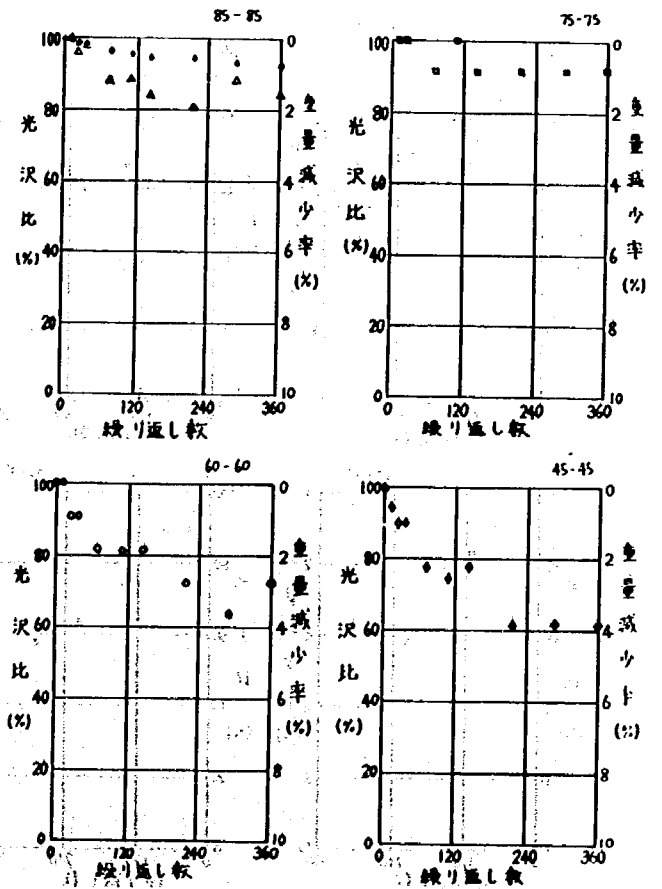
SR-I-37



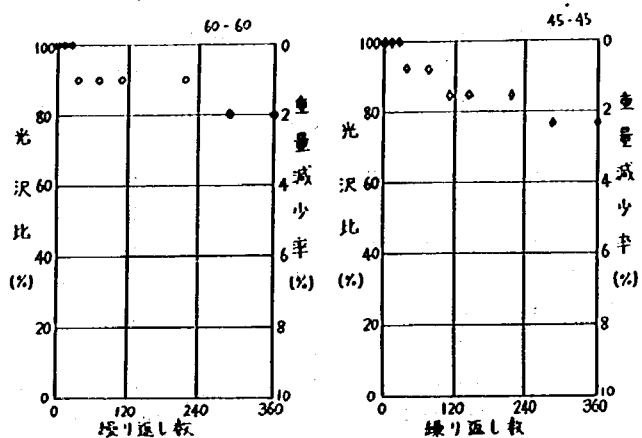
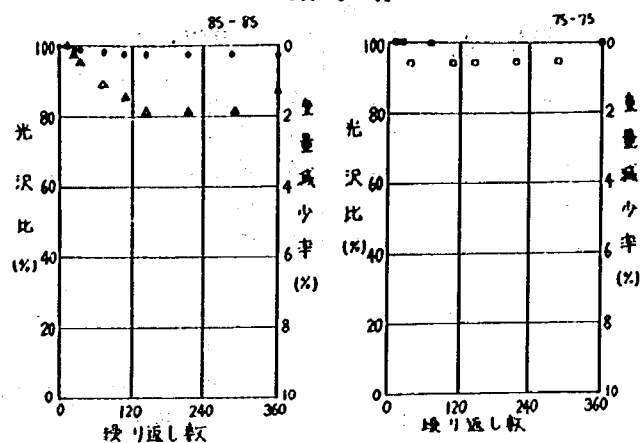
SR-I-38



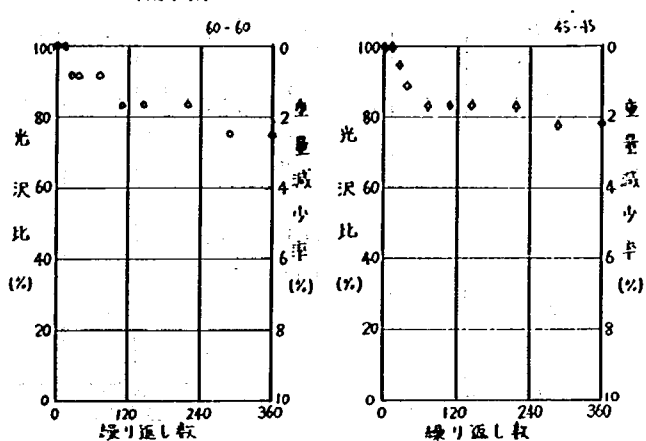
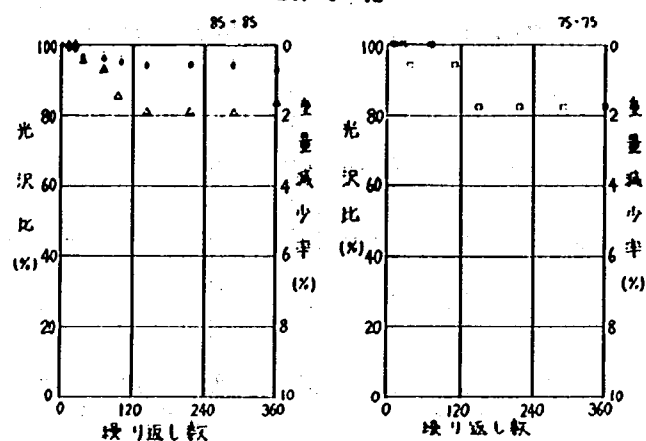
SR-I-40



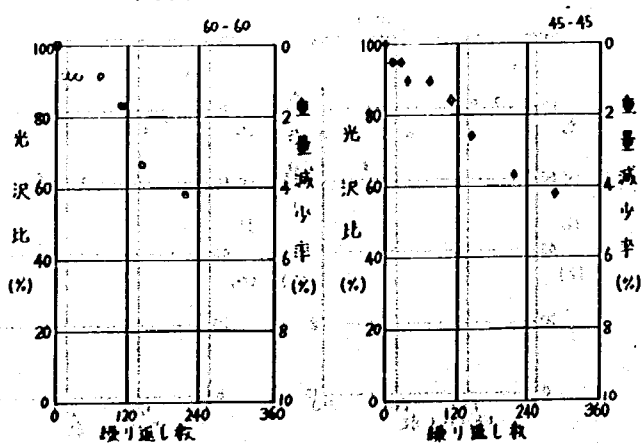
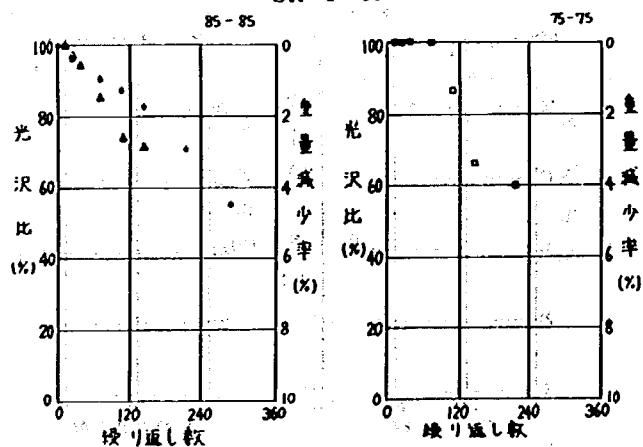
SR-I-41



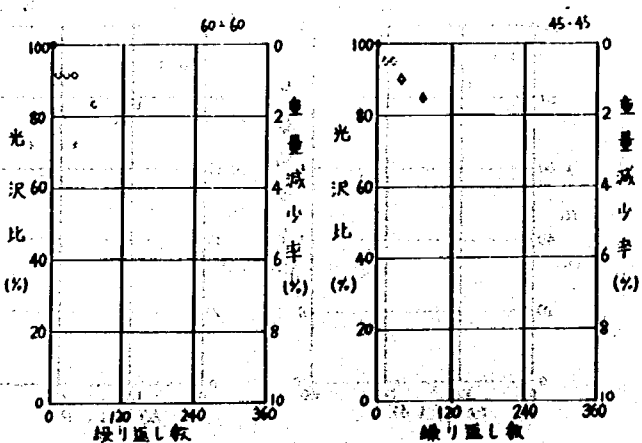
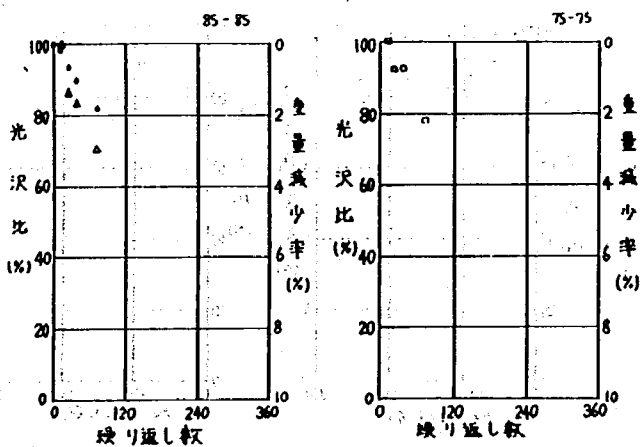
SR-I-42



SR-I-44



SR-I-45



附圖一 4 (2) S A - A

凡 例

△ 85°-85°

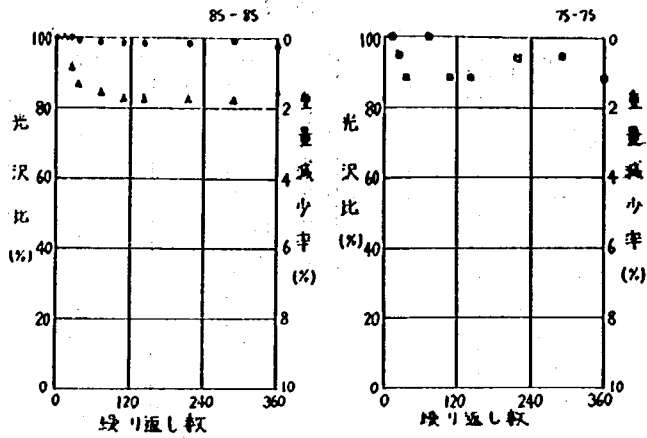
□ 75°-75°

○ 60°-60°

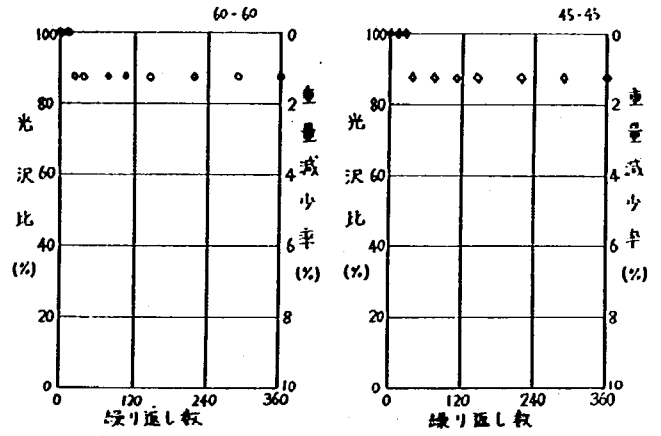
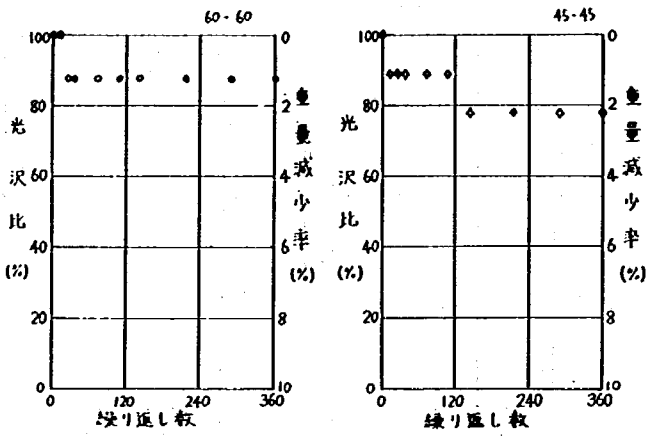
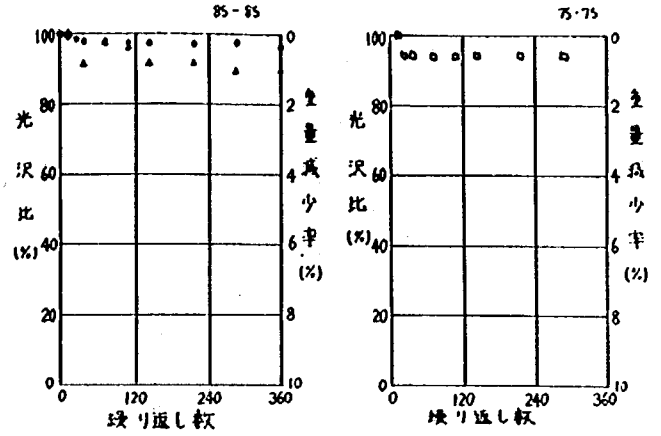
◇ 45°-45°

● 重量減少率

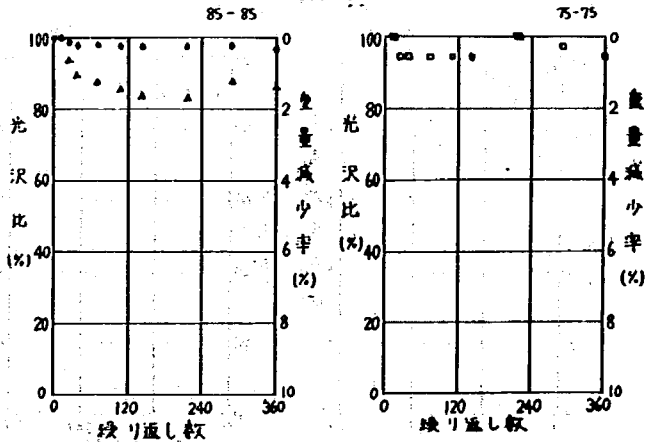
SA-1



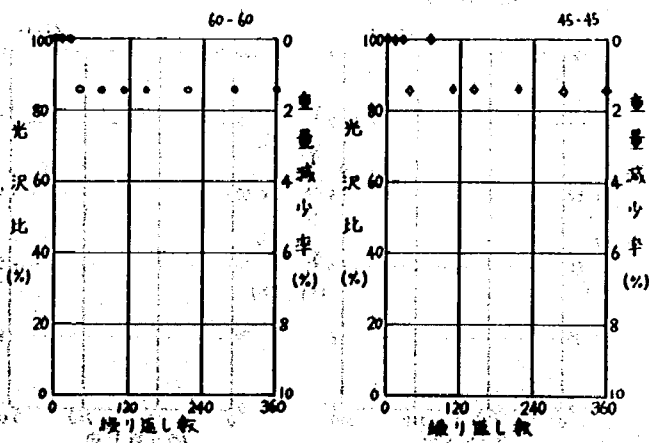
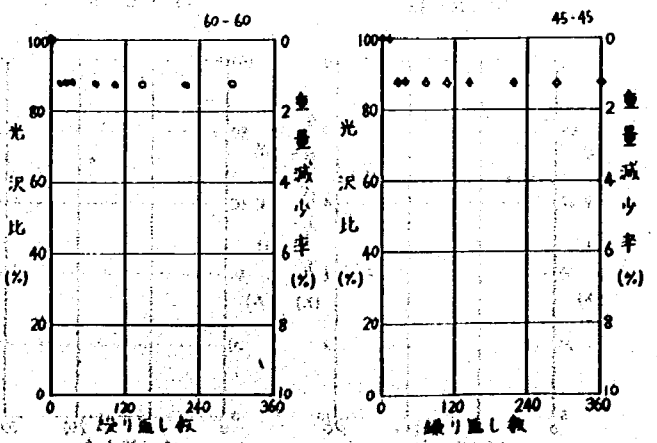
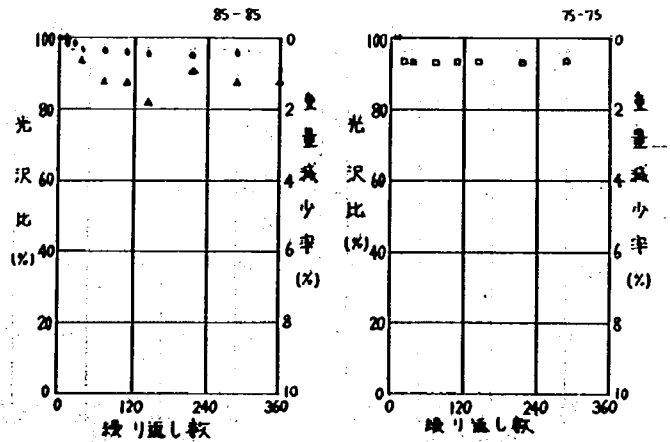
SA-2



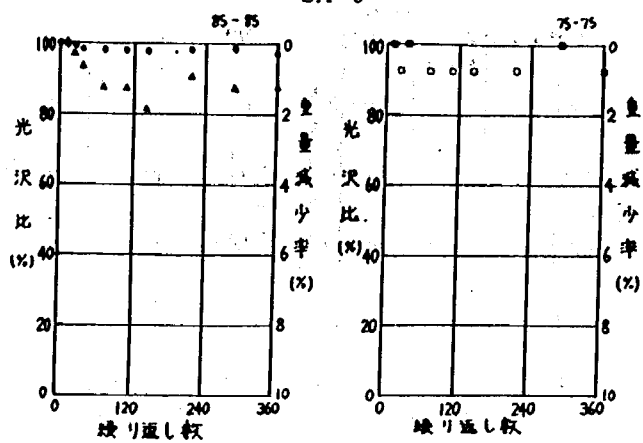
SA-3



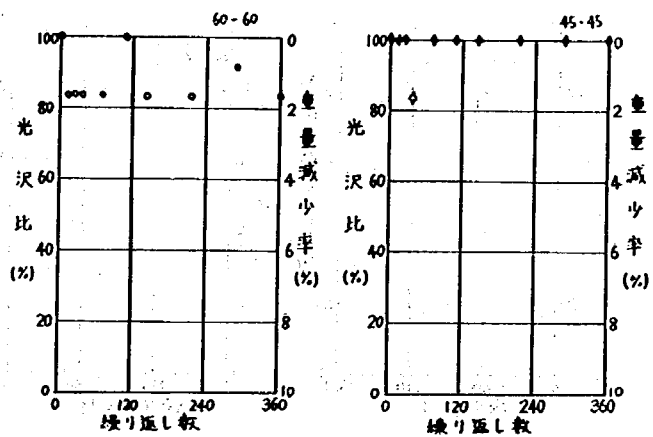
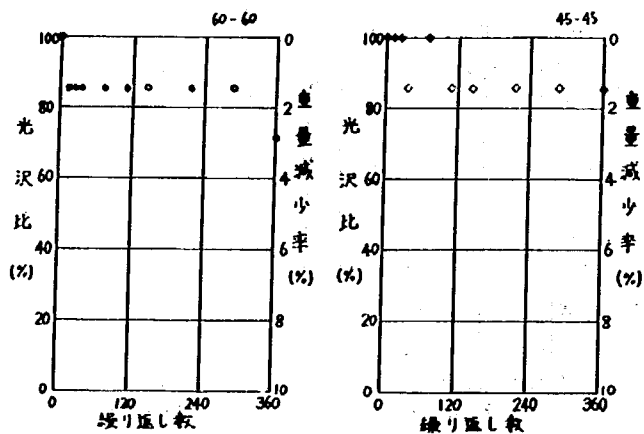
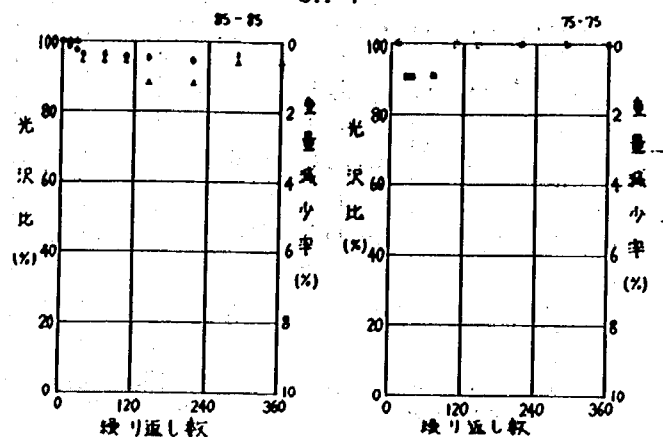
SA-5



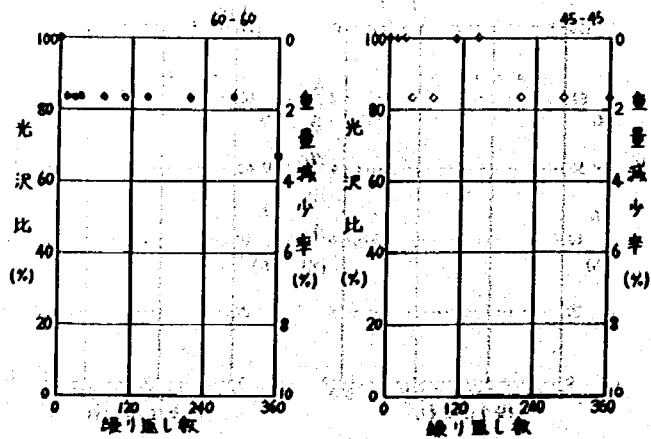
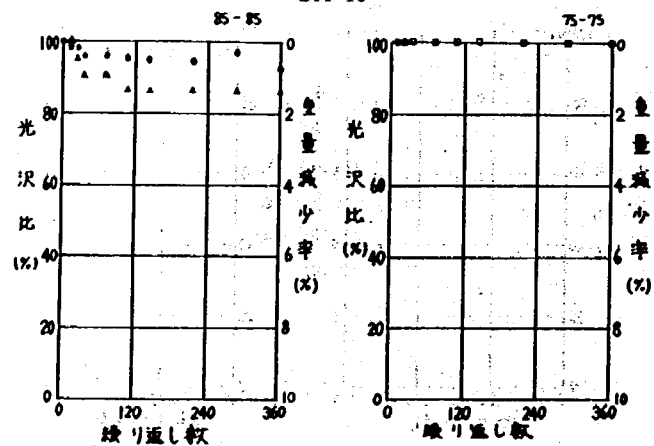
SA-6



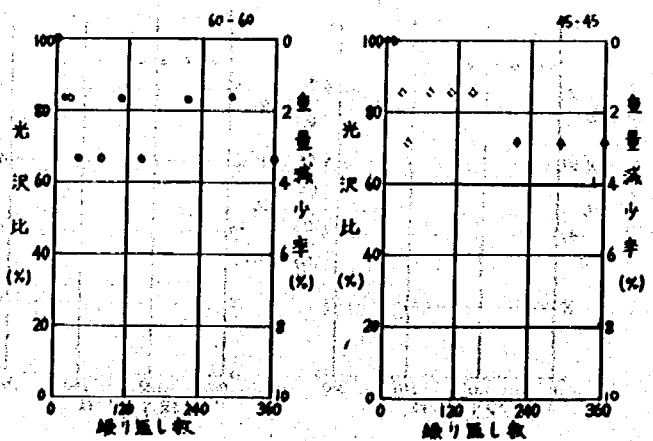
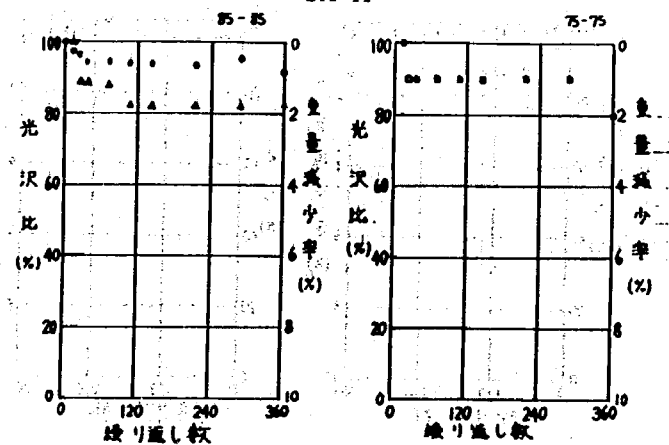
SA-7



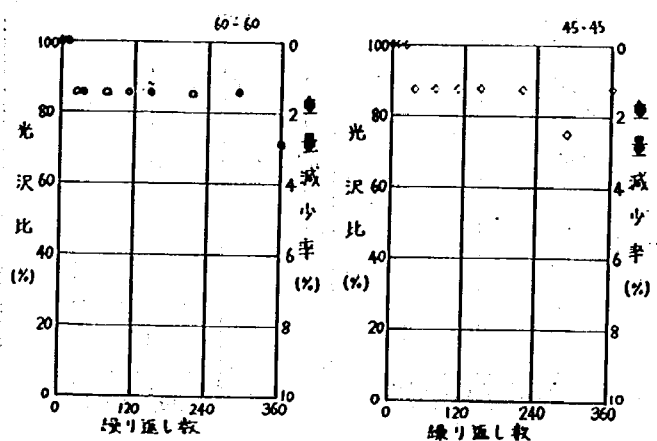
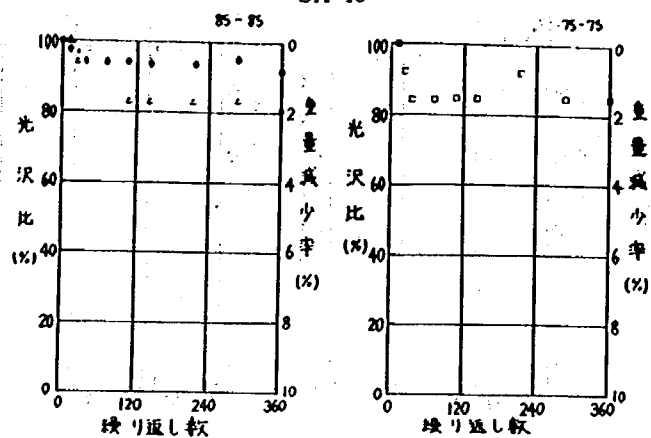
SA-10



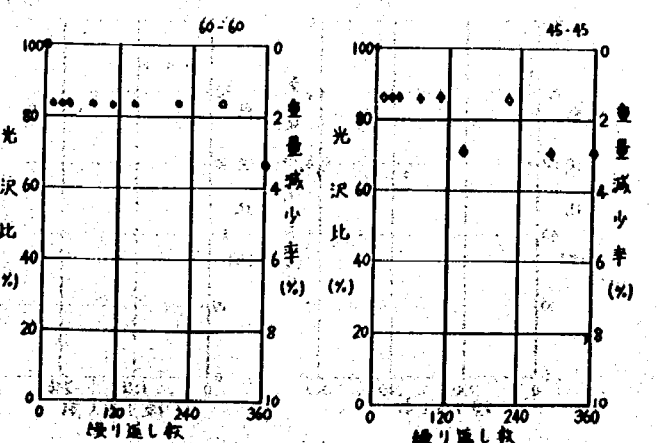
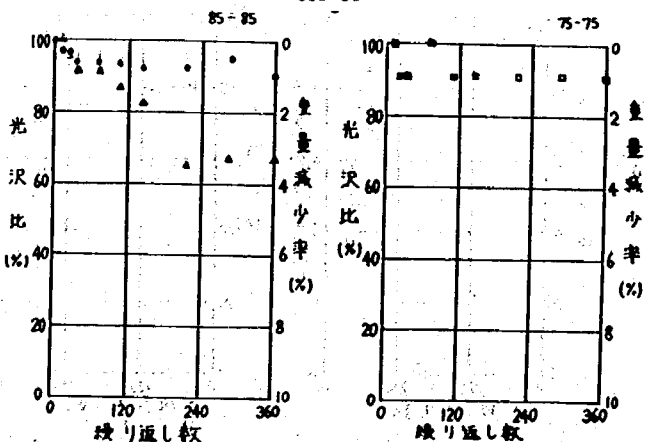
SA-11



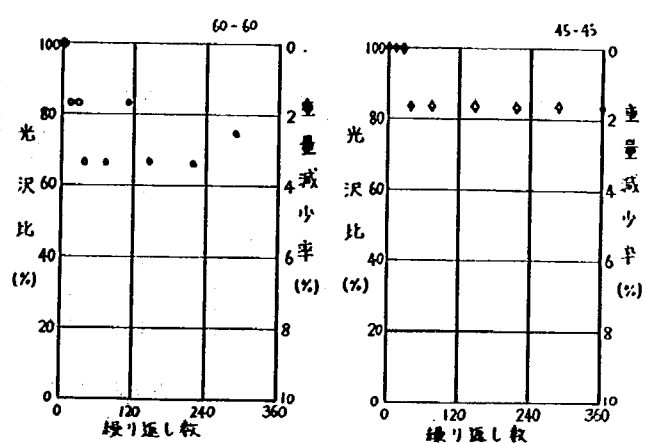
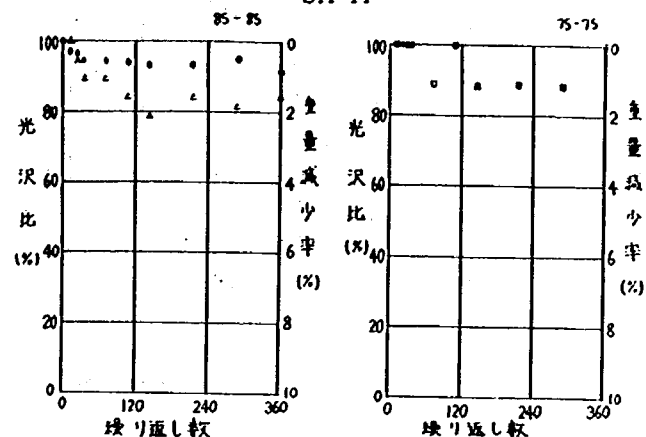
SA-13



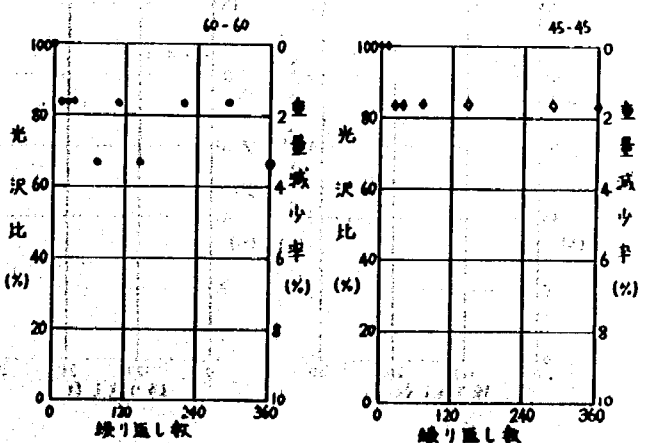
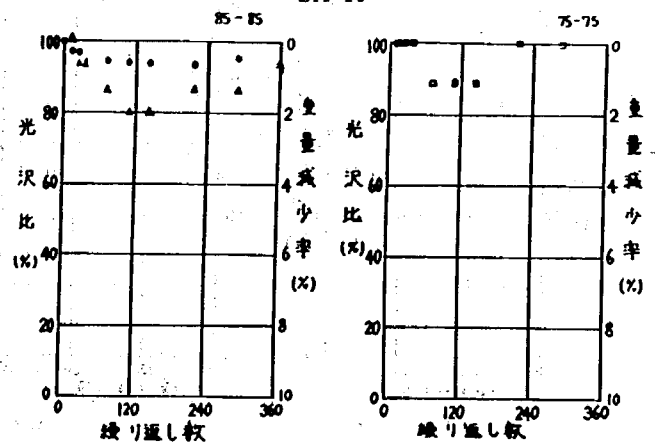
SA-15



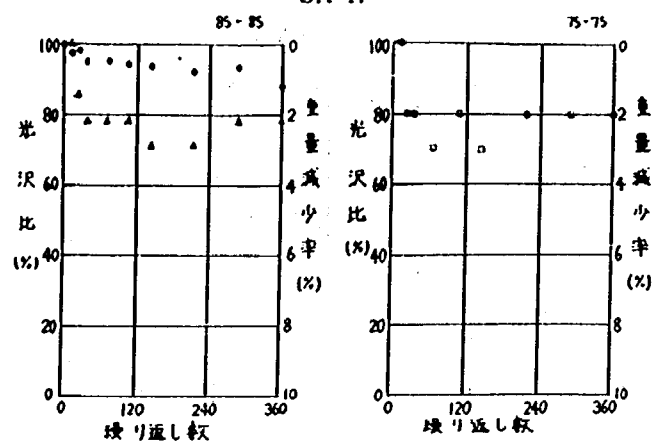
SA-14



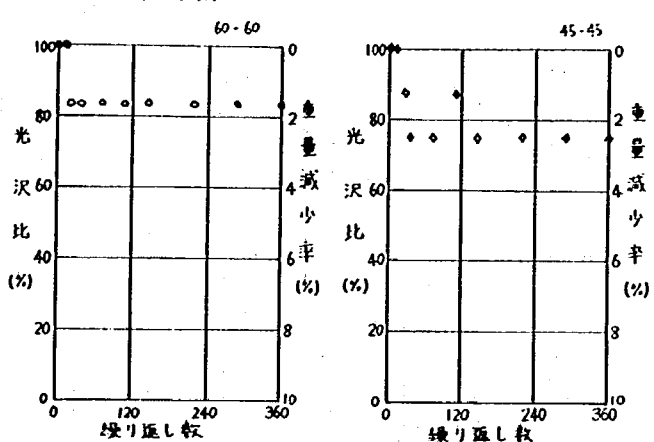
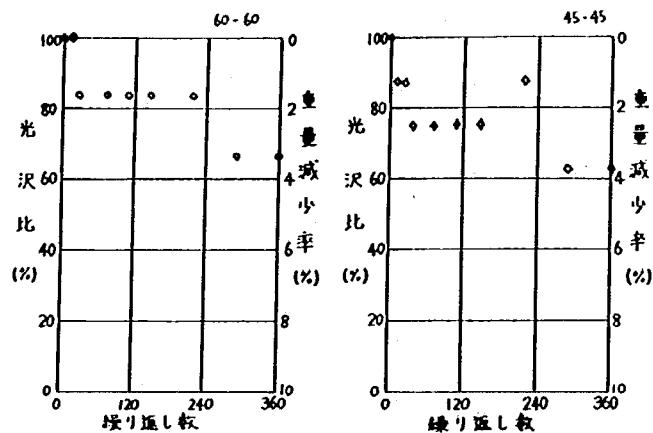
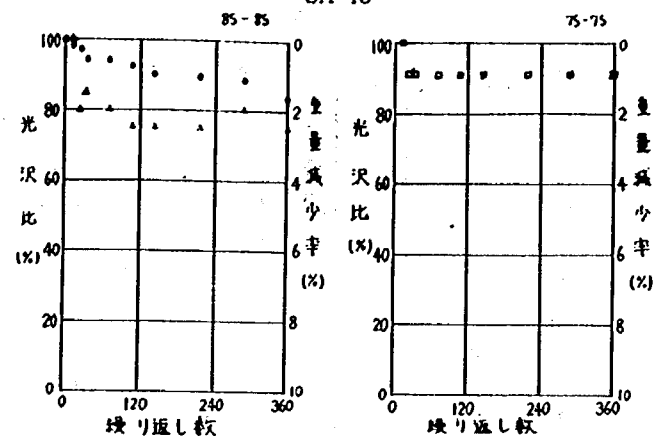
SA-16



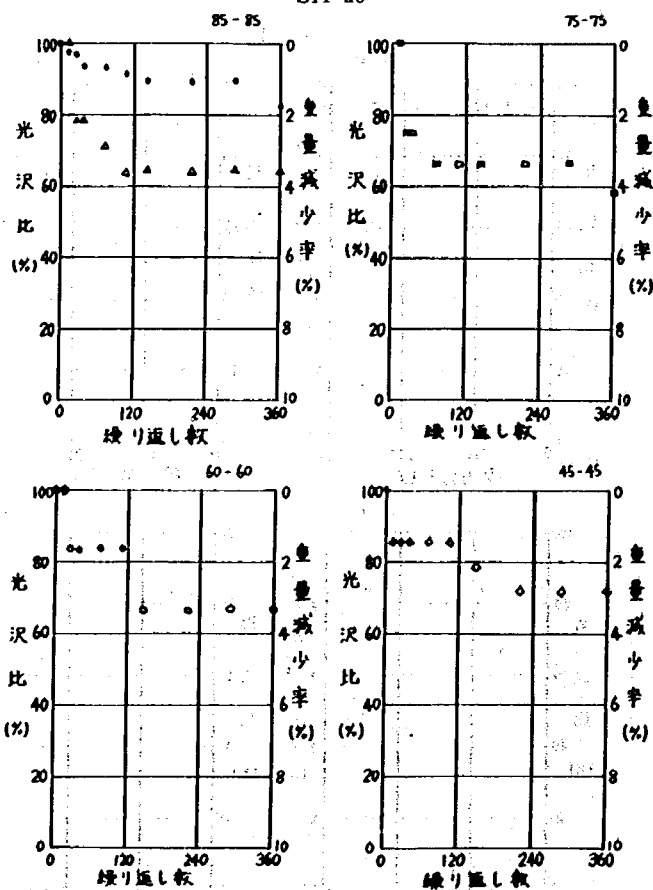
SA-17



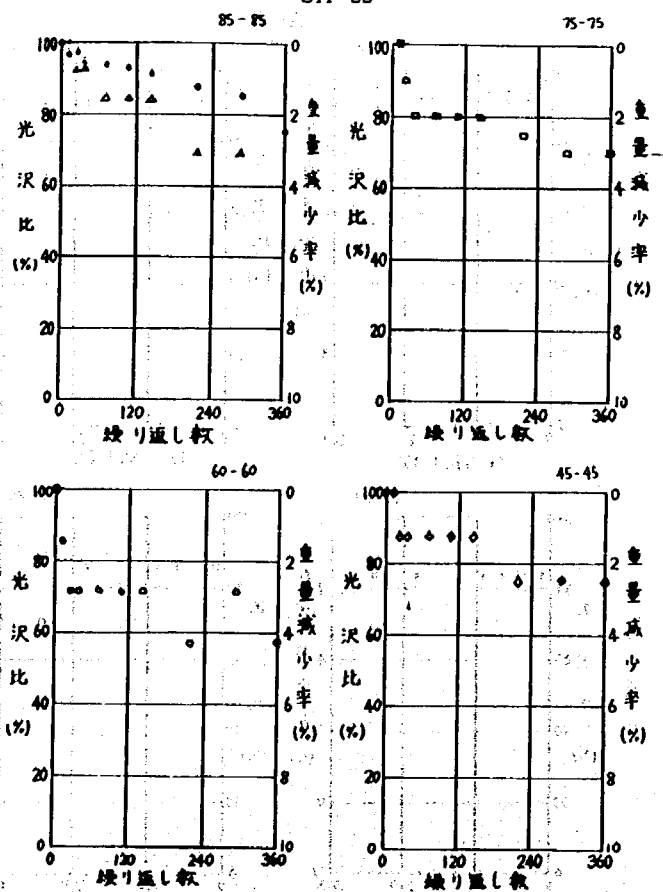
SA-18



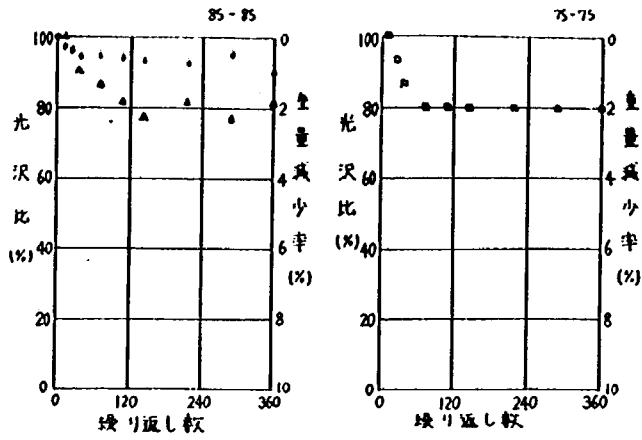
SA-20



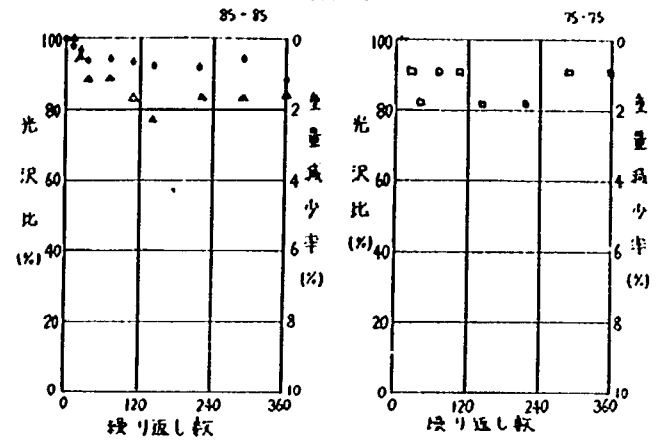
SA-22



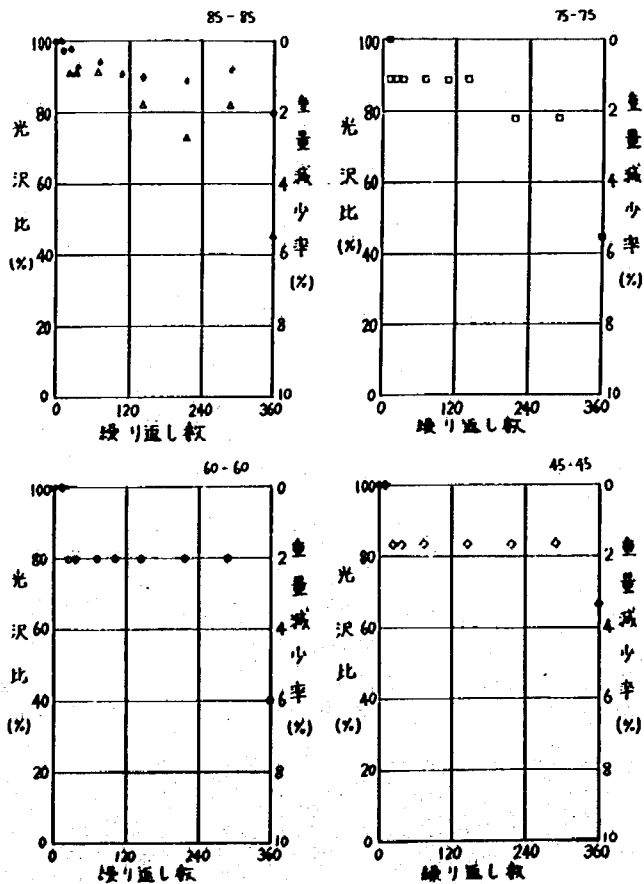
SA-24



SA-26



SA-27



附圖—4 (3) S A—S

凡 例

△ 85°—85°

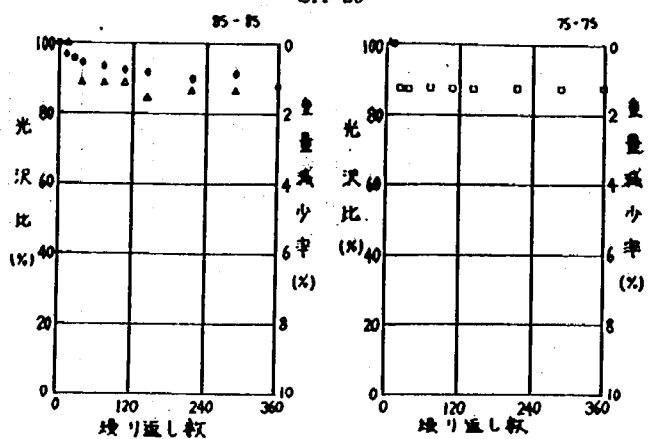
□ 75°—75°

○ 60°—60°

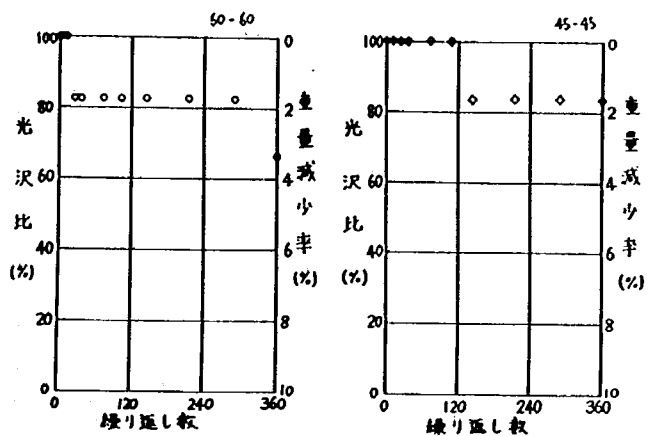
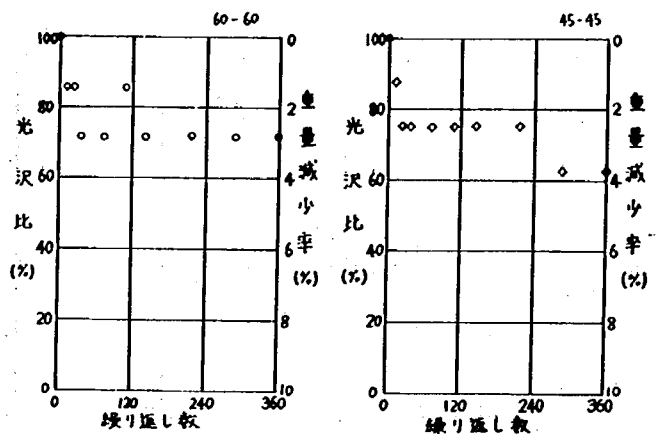
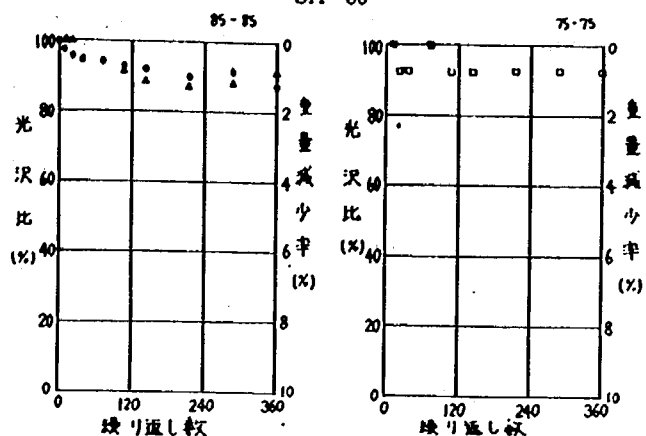
◇ 45°—45°

● 重量減少率

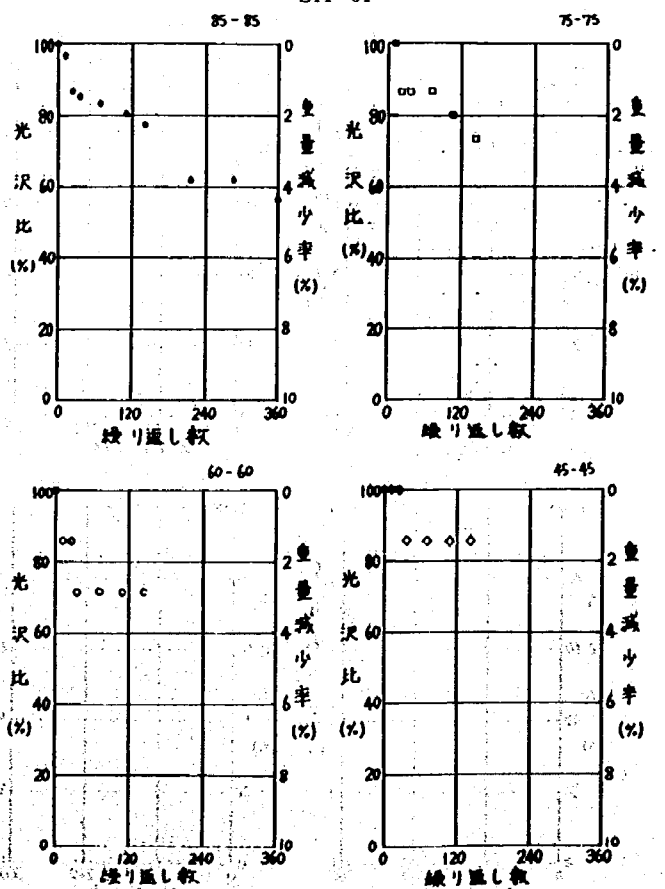
SA-29



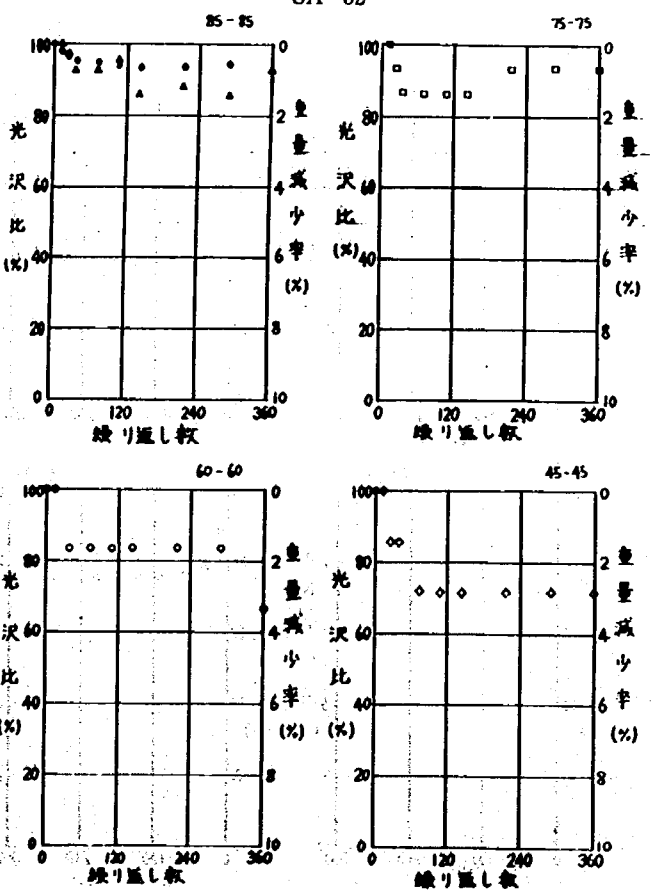
SA-30



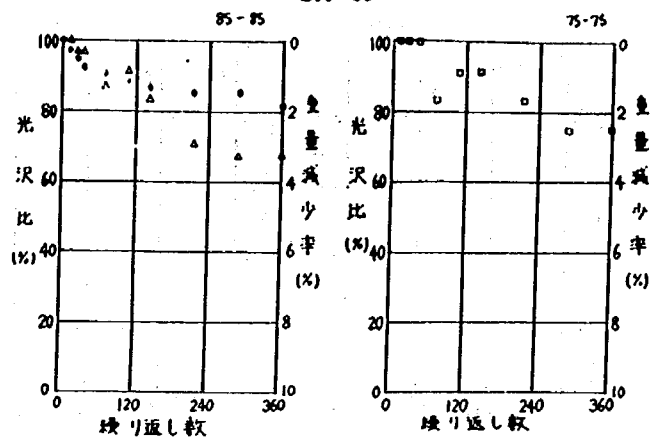
SA-31



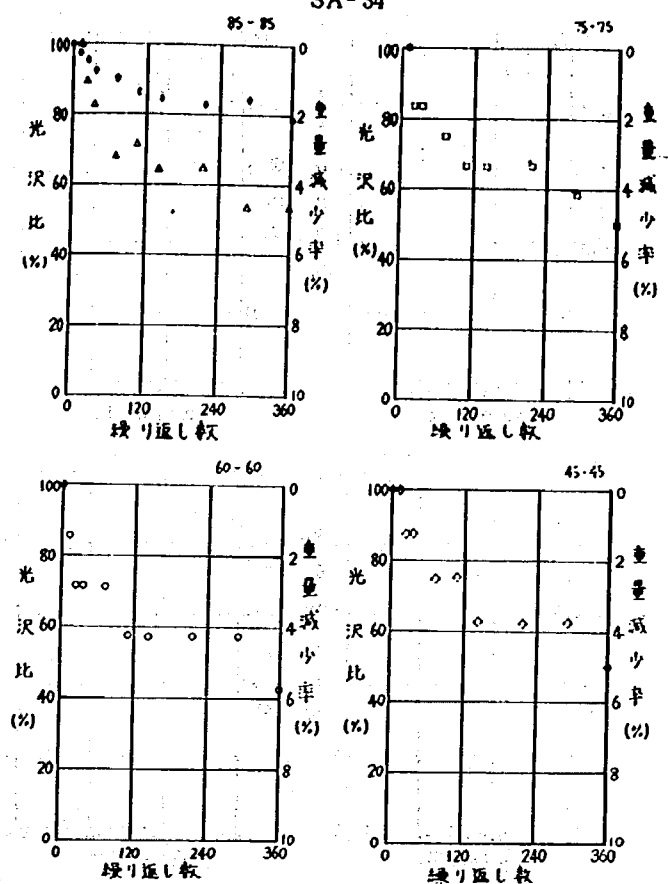
SA-32



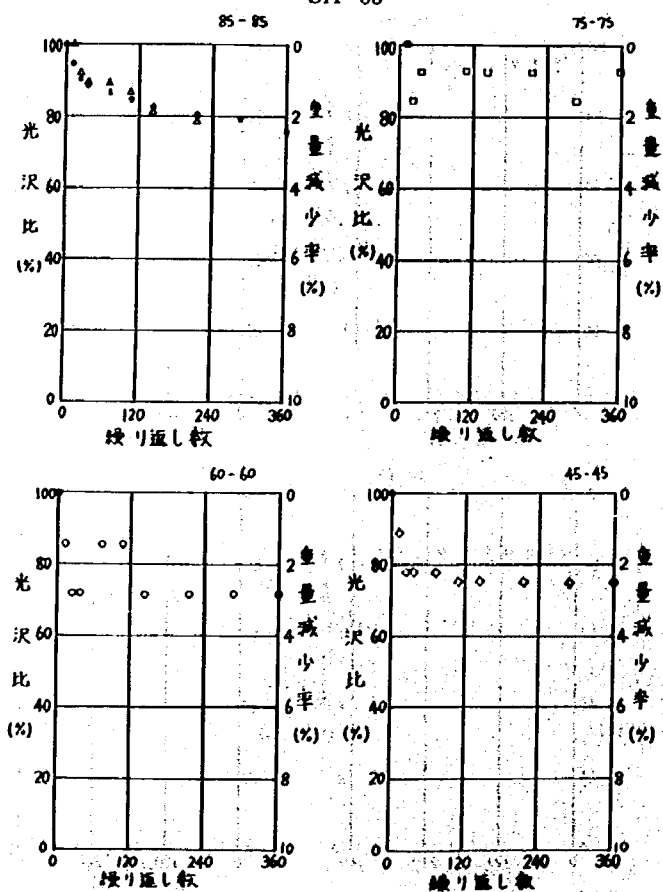
SA-33



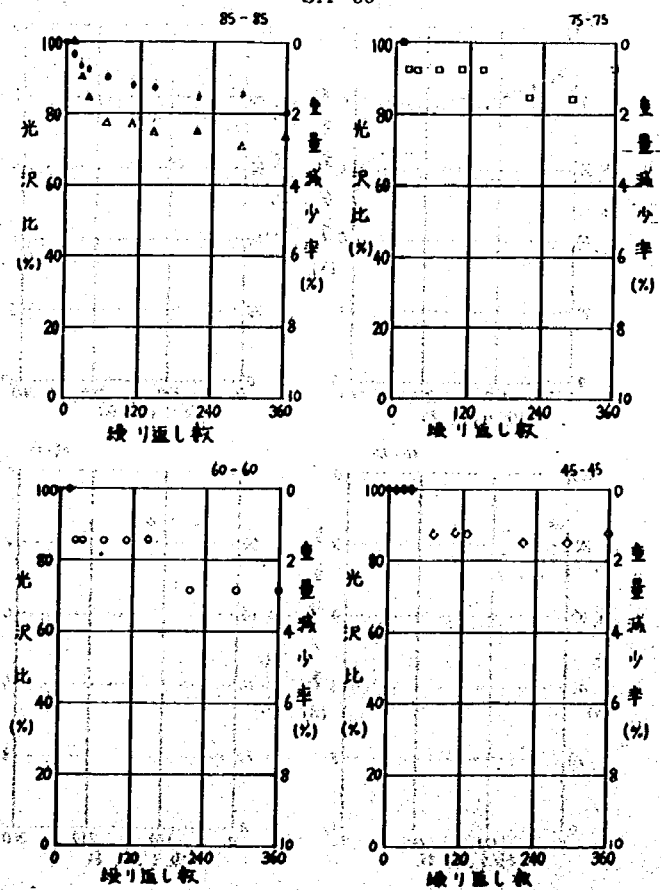
SA-34



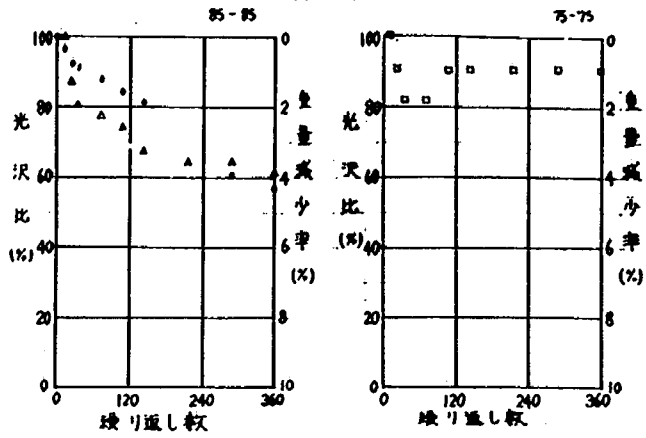
SA-35



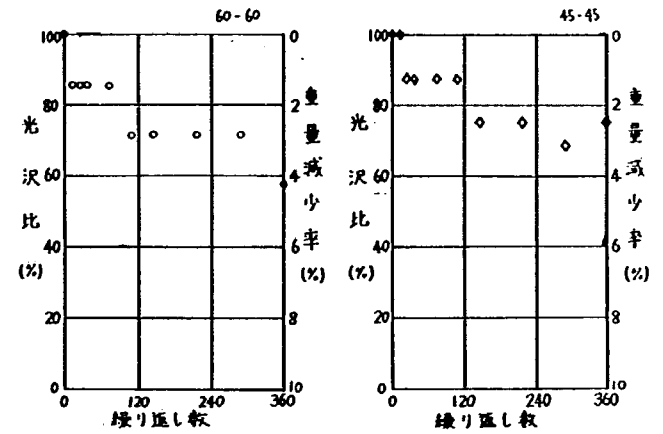
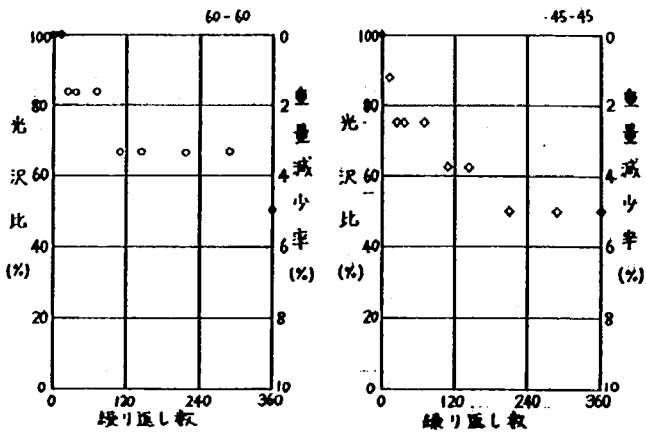
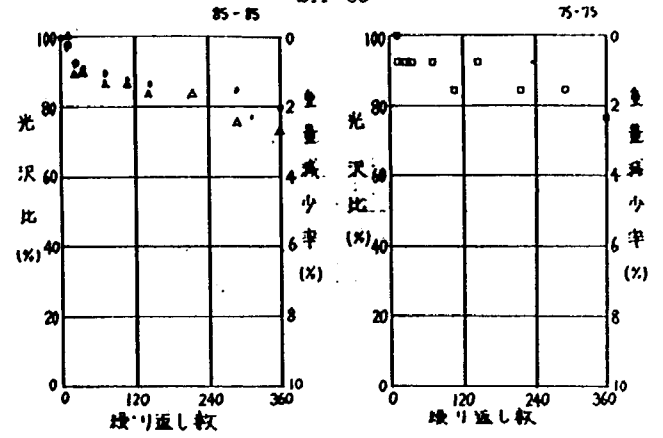
SA-36



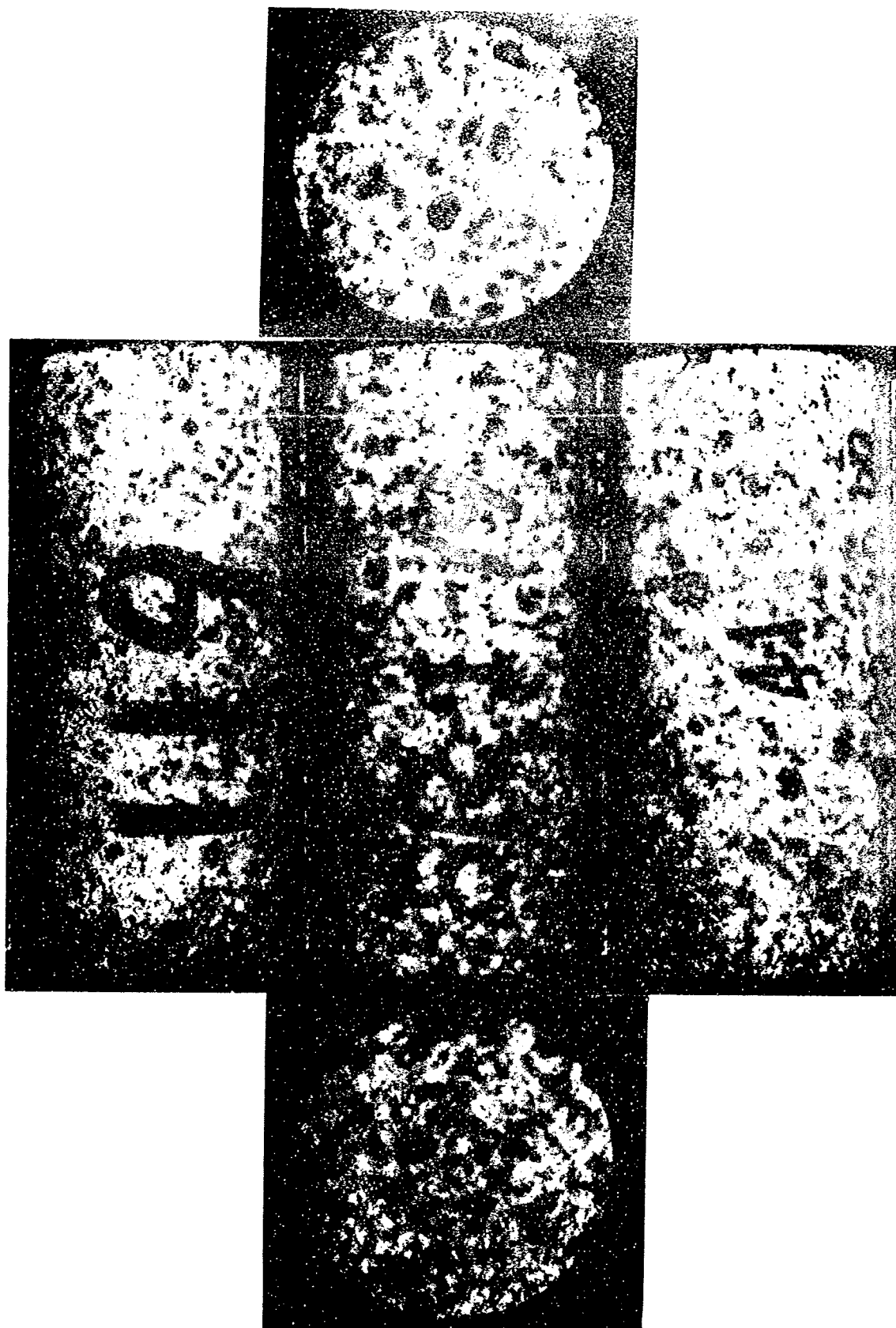
SA-37



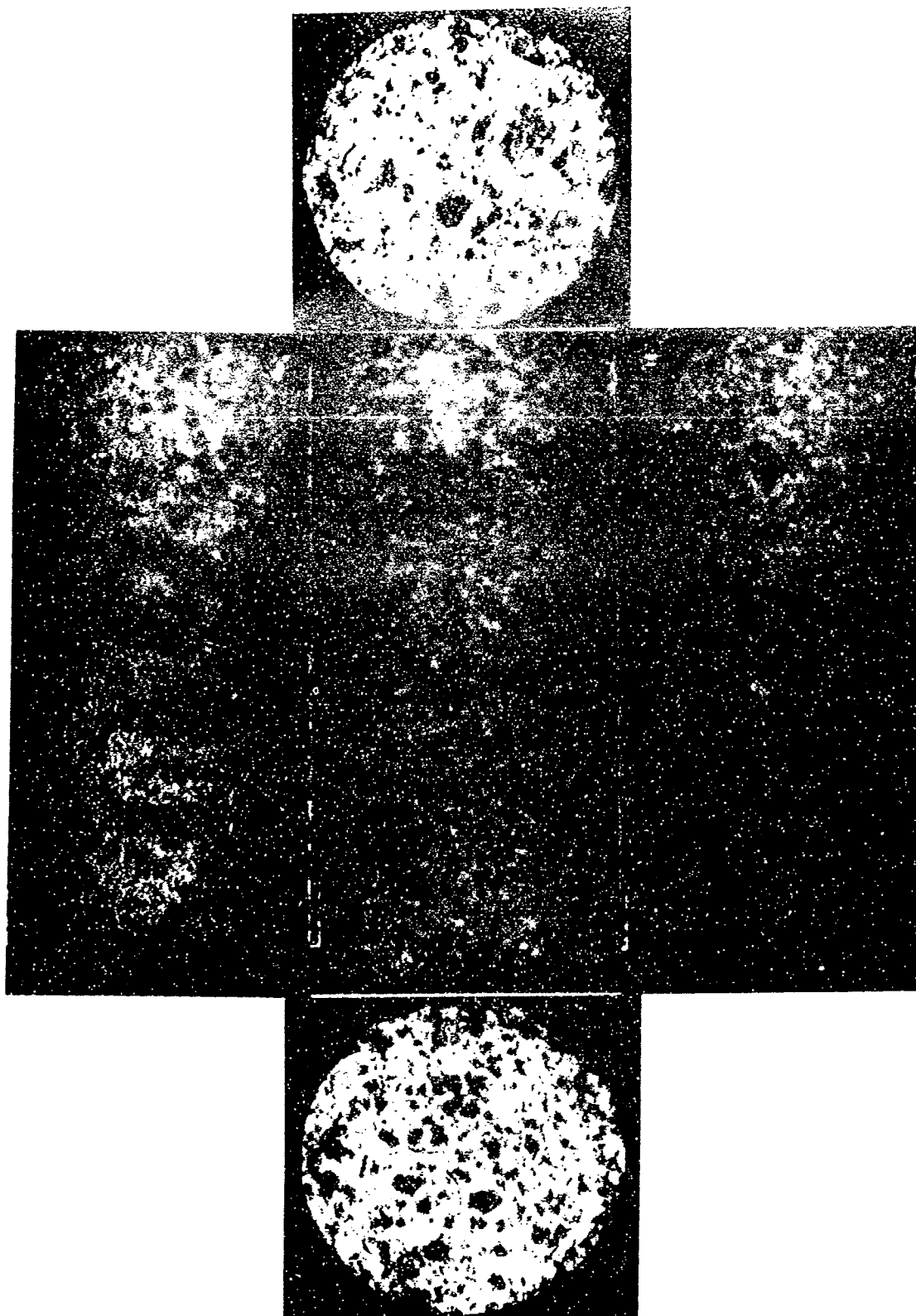
SA-38

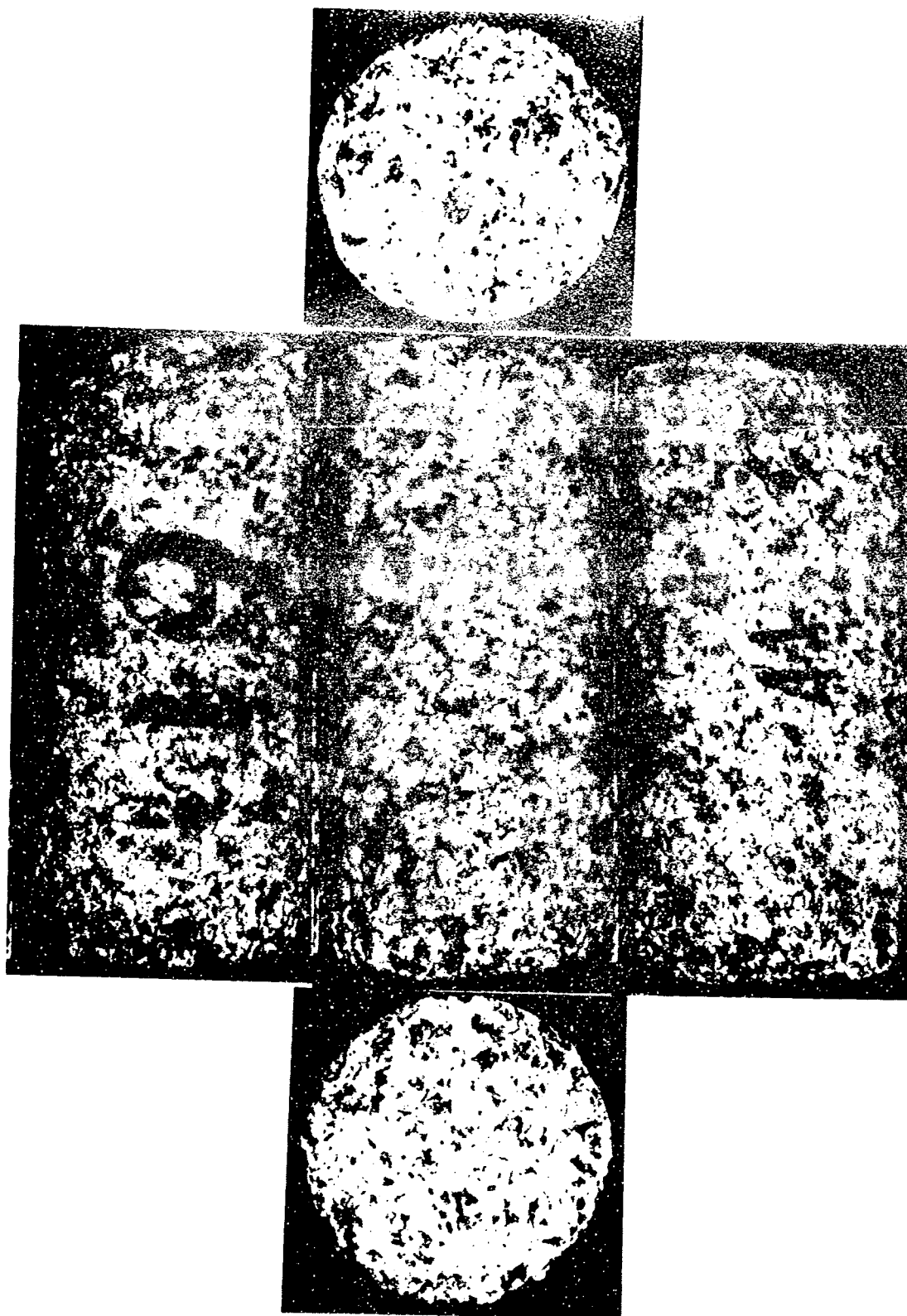


附 錄 寫 真

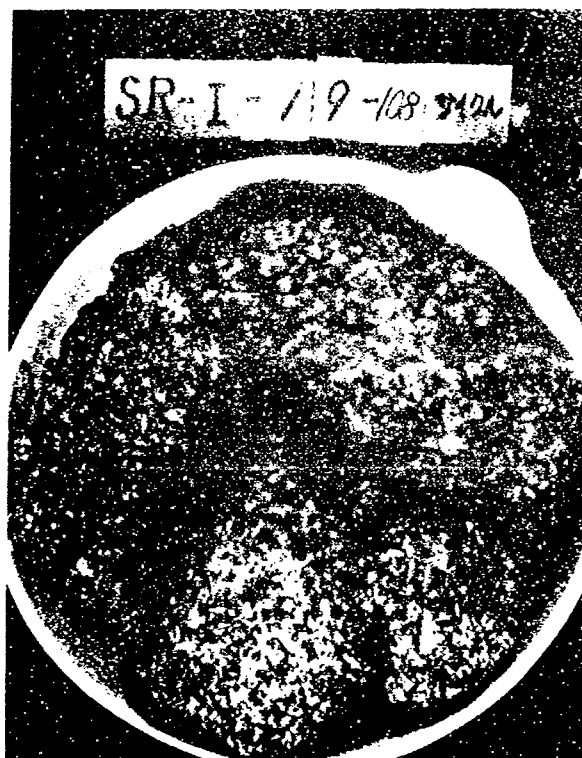


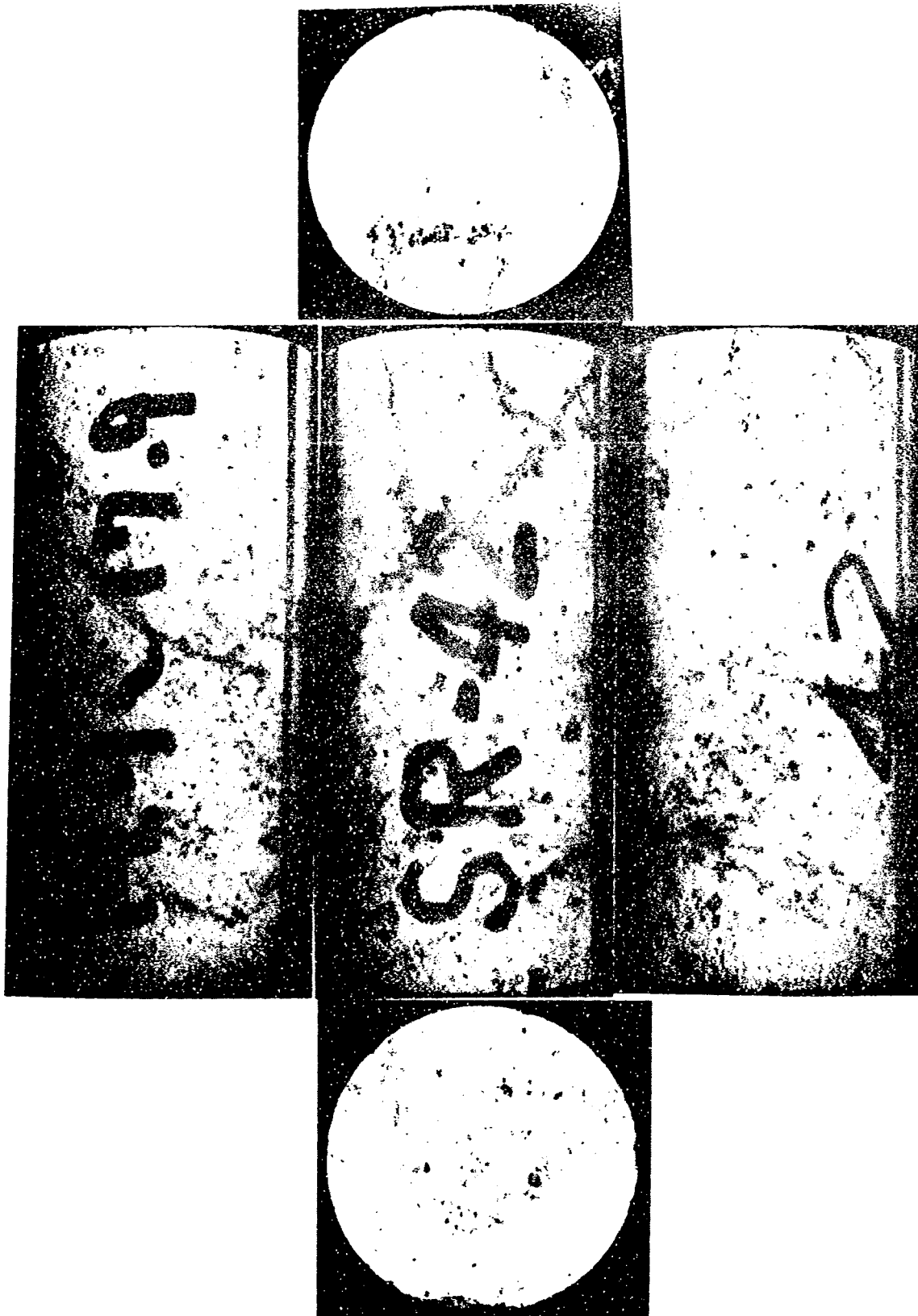
SR I 19 369124

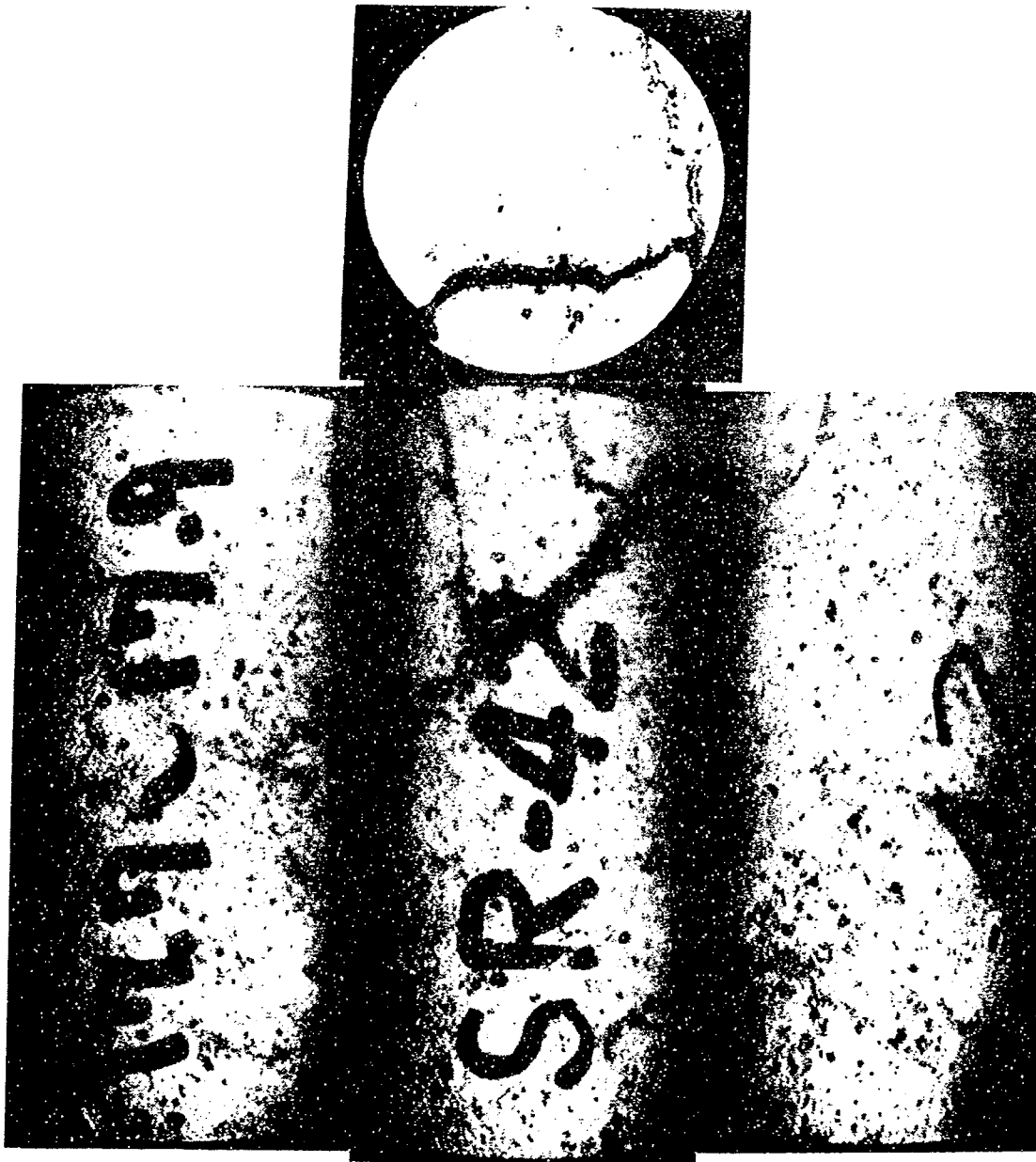


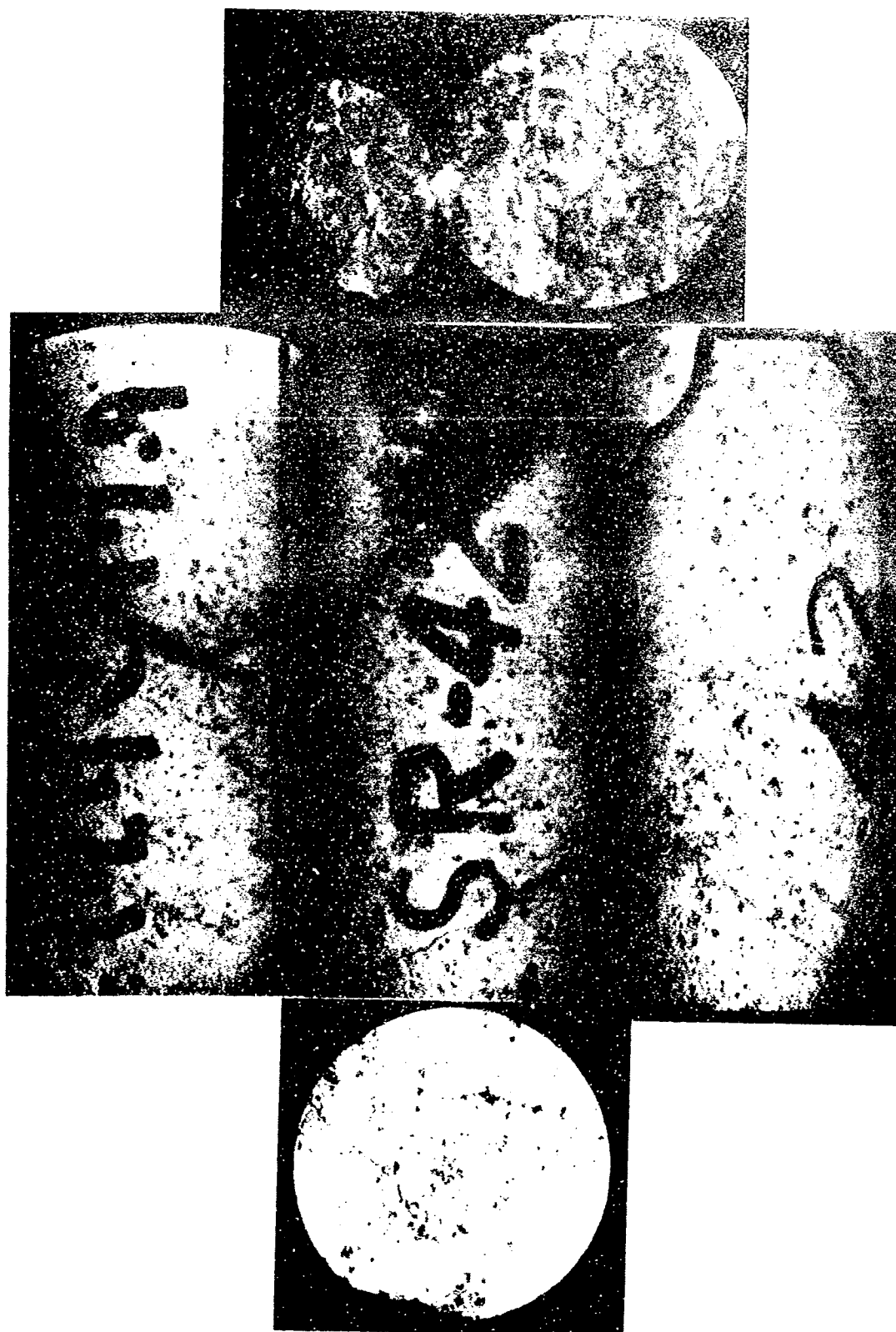


SR I 19 108サイクル





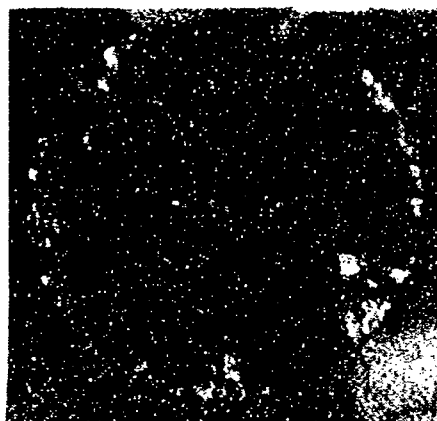
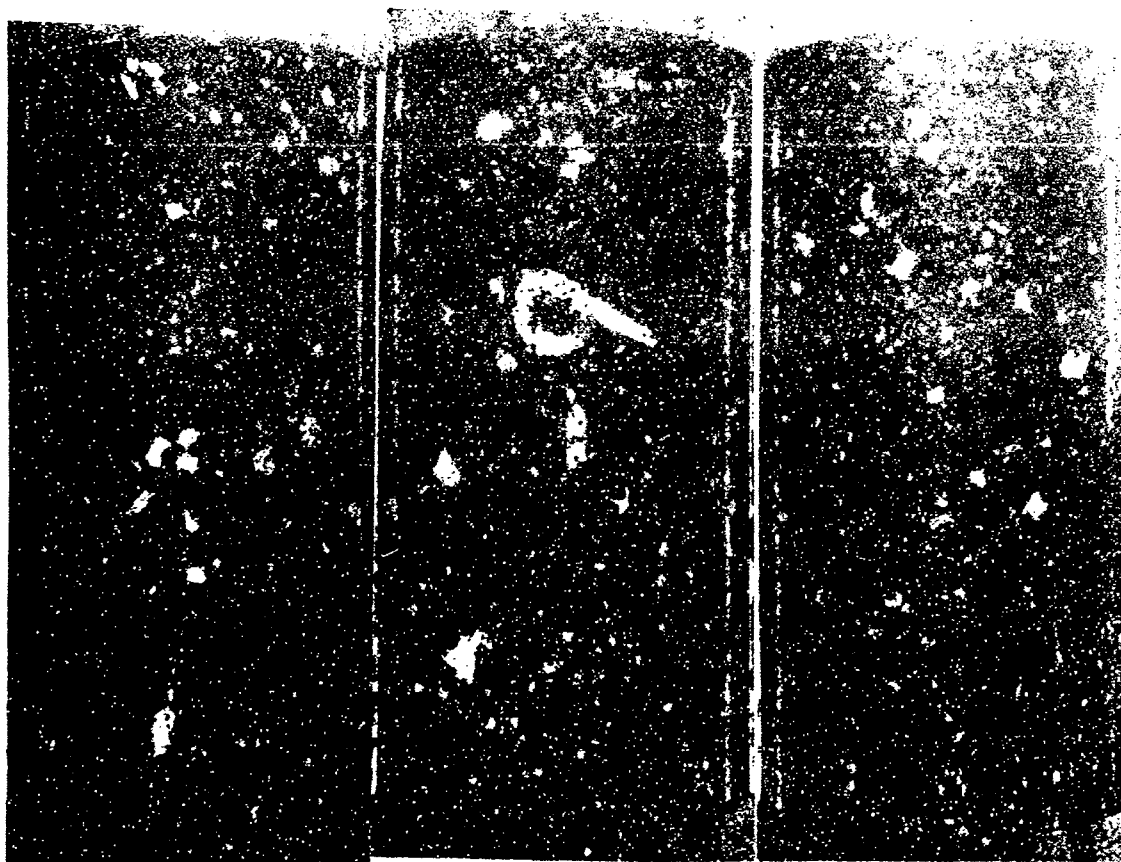
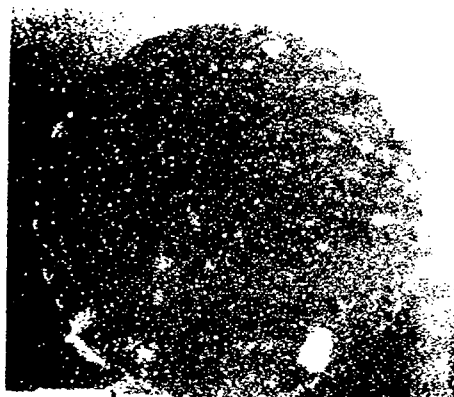


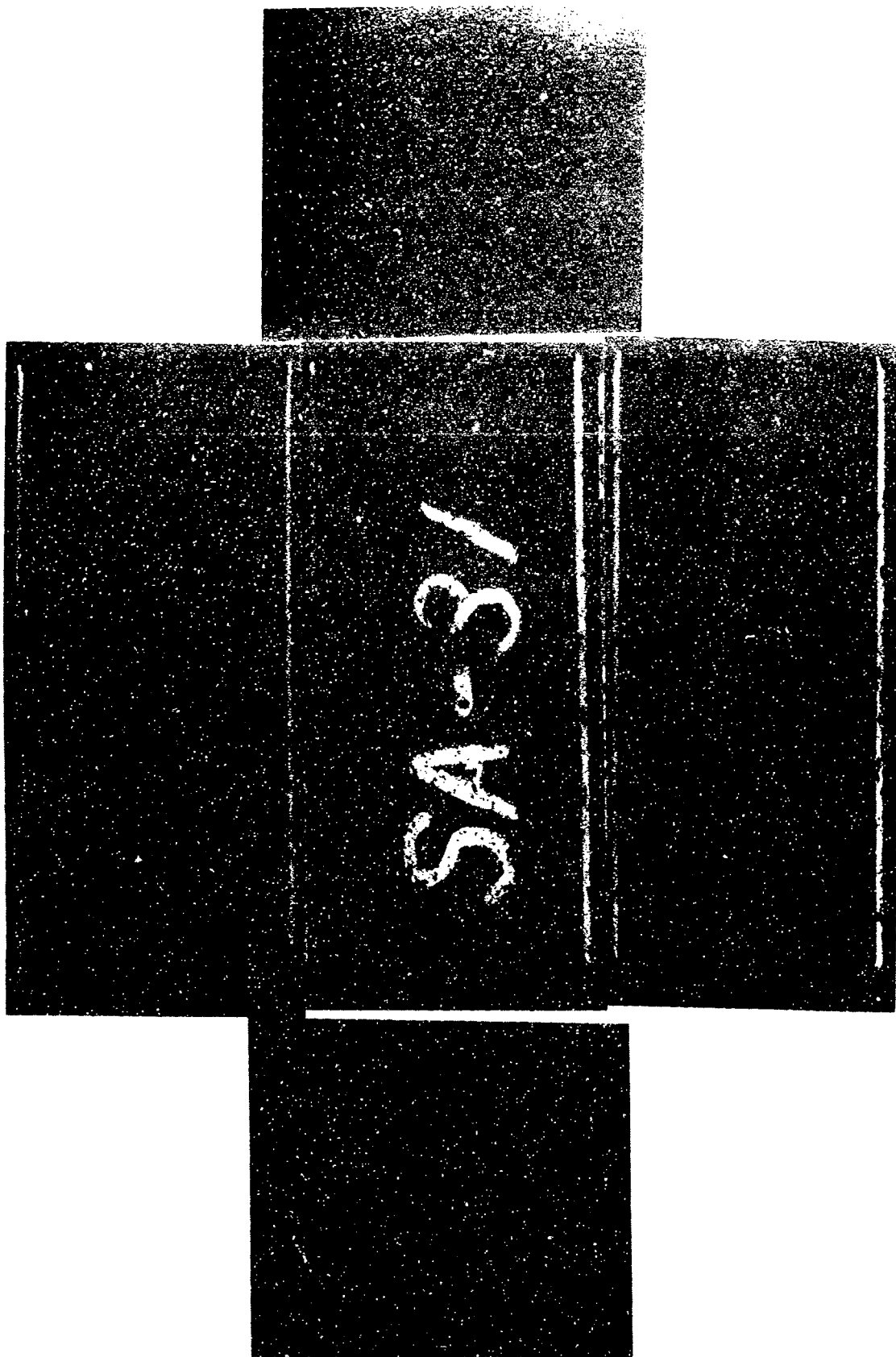














七ヶ宿ダム岩石材料耐久性試験(その2) ISSN 0386-5878

土研資料第 1711 号

昭和 56 年 9 月 (1981)

菅原 捷, 中村康夫, 加藤則男, 石塚克己

キーワード 安山岩, 石英安山岩, 流紋岩, 凍結融解試験, 耐久性, 経時変化,
重量損失

要 旨 七ヶ宿ダムでロック材およびリップラップ材料として予定さ
れている安山岩, 石英安山岩および流紋岩の耐久性について検討するた
め凍結融解試験を中心とした各種試験を行なった結果について報告する。

○

郵便はがき

40
円切
手
を
は
い
っ
て
下
さ
い

3 0 5

建設省土木研究所
地質研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No.

No.

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料第1711号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏名

印