

I S S N 0386—5878

土木研究所資料 第2299号

土 木 研 究 所 資 料

ダム基礎岩盤の透水性に関する調査

昭和61年 3 月

建設省土木研究所
ダム部ダム構造研究室

Copyright © 1986 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 General 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、複製は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行ってはならない。

ダム基礎岩盤の透水性に関する調査

ダム部ダム構造研究室 藤 沢 侃 彦
齊 藤 孝 三
渡 辺 和 夫
宮 崎 一 義*

* 栃木県。昭和58年4月～昭和59年3月の間、
派遣研究員として在籍。

要 旨

ダム基礎岩盤の透水性状は、力学的性状とともにダムの設計・施工方法にかかわる重要な要素である。したがってこの性状を正確に把握することは基本的かつ重要な課題である。

本調査では、ダム基礎岩盤の透水性状を把握するため全国44ダムの基礎岩盤の地質成因・地表からの深度・岩盤等級区分と透水性に関する資料の収集・整理・分析を実施した。

透水性は、現場で行われたパイロット孔でのルジオンテストより得られたルジオン値で評価した。調査結果より、地質成因・地表からの深度・岩盤等級区分とルジオン値の相関性が認められた。

キーワード：ダム基礎岩盤、透水性、ルジオン値

まえがき

ダム基礎岩盤の透水性については、力学的性状（変形、強度）と同様にダム建設のうえで検討すべき重要な問題であり、強度・変形試験と同様に正確にその性状を把握することが必要である。ダム基礎岩盤の透水性が高い場合、漏水量が多くなり、貯水効果が上らないだけでなくパイピングによる基礎の破壊に至るなど、ダムの安全性に大きな影響を与えることにもなる。

一般にダム基礎の透水性改良の工法としてはグラウチングが主流となっている。グラウチングはダムの基礎岩盤に多数のボーリングを幕状に行い、ボーリング孔を通じて岩盤内の割れ目にセメントミルクを注入することによって割れ目を塞ぎ岩盤内の浸透水を抑制するものである。

ダム基礎岩盤内の透水性状を数値化して表わす一方法としてルジオンテストがある。これは、地質調査用のボーリング孔を利用して簡単にテストができること、実用的で岩盤の透水性の大小を知ることができること、ボーリング孔内に水を直接に圧入するのでグラウチング施工に関する資料が得られることなどによるものである。

ルジオンテストは、ボーリング孔に圧力水を注入し、その注入量をもって透水性を表わすもので、ルジオン値は注入区間1 mについて10kgf/cm²の圧力で1ℓ/minの水が岩盤内に注入された値を1ルジオン（1 Lu）と定義している。なお、ルジオン値をDarcy則による透水係数値と比較することは不規則な割れ目や空隙の存在する岩盤を対象とした場合には問題があるが、目安としては1 Lu $\div$ 1.3 $\times$ 10⁻⁵ cm/sec（ボーリング孔径が66mmの時）とされている。

本調査では、ダム基礎岩盤の透水性としてグラウチング施工に先立ち実施されたパイロット孔を利用したルジオンテストで得られたルジオン値を用い、以下の点に着目してデータの整理・集計を行ったものである。

1)ルジオンテストより得られたP～Q曲線の形状分類

2)ルジオン値の大きさに与える要因

また、整理・集計の結果をもとにダム基礎岩盤の地質性状別透水性の特徴および注入限界圧力等について若干の考察を加えている。

目 次

まえがき

1. 調査方法	1
1. 1 調査対象ダム	1
1. 2 調査項目	3
2. 調査結果	5
2. 1 調査ダムの地質分類とルジオンテストのステージ数	5
2. 2 ルジオンテストの深さ分布	5
2. 3 地質成因別岩盤等級区分の分布	5
2. 4 P～Q曲線の分類	6
2. 5 限界圧力	17
2. 6 地質・地表からの深度とルジオン値	24
2. 7 地質・岩盤等級区分とルジオン値	27
3. 考 察	30
あとがき	34

1 調査方法

ダム基礎岩盤の透水性・力学性状は地質年代・地質成因によって大きく影響を受けており、当然のことではあるが各ダムサイトごとに異なるものである。したがって、調査に際しては対象ダムが地域的に片やらないことと調査ダム数を多くすることとした。今回の調査では調査の第一段階としてダム基礎岩盤の透水性に関与している主な因子を統計的に整理・集計・分析することとした。

ダム基礎岩盤の透水性は、パイロット孔を用いて実施された各ダムのルジオン値 (Lu) によって評価している。

1.1 調査対象ダム

調査対象ダムは、直轄および補助ダムとしダム型式については重力式コンクリートダムおよびロックフィルダムとした。調査対象としたダムは重力式コンクリートダムが28ダム、フィルダムが15ダム、重力式コンクリートダムとフィルダムの複合ダムが1ダムの合計44ダムである。調査対象ダムの一覧を表-1に示す。また、図-1に調査対象ダムの分布図を示す。

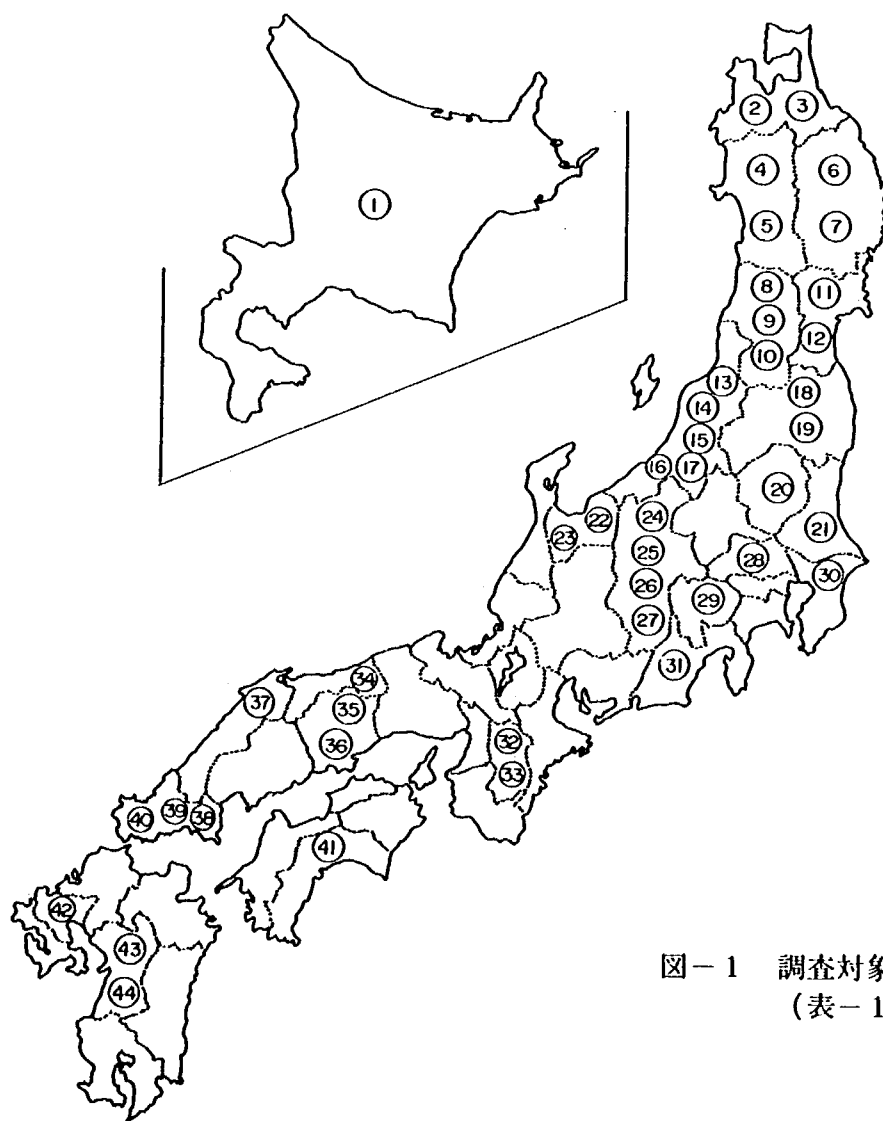


図-1 調査対象ダムの概略分布
(表-1に対応したダム)

表-1 (a) 調査対象ダム

ダム名	型式	堤 高	所 在 地	地 質	ダム名	型式	堤 高	所 在 地	地 質
①	R	84.3 m	北海道	角斑岩, 輝緑岩, 変質粘板岩	⑫	R	43.0 m	宮城県	角礫凝灰岩と安山岩 の互層
②	R	70.0 m	青森県	凝灰角礫岩	⑬	G	37.0 m	新潟県	泥岩, 赤固結砂岩
③	G	55.0 m	青森県	チャート	⑭	G	47.0 m	新潟県	第三紀泥岩, 砂岩
④	G	61.0 m	秋田県	粗粒玄武岩	⑮	G	83.5 m	新潟県	安山岩
⑤	G	100.0 m	秋田県	溶結凝灰岩, 玄武岩	⑯	R	115.5 m	新潟県	斑れい岩
⑥	G	59.0 m	岩手県	輝緑凝灰岩	⑰	R	75.0 m	新潟県	緑色凝灰岩, 斜長流紋岩
⑦	G	80.0 m	岩手県	石英粗面岩	⑱	G	70.0 m	福島県	石英安山岩, 角礫凝灰岩
⑧	G	54.5 m	山形県	凝灰角礫岩	⑲	R	83.5 m	福島県	緑色片岩, 珪質片岩
⑨	G	60.6 m	山形県	火山礫凝灰岩	⑳	R	62.2 m	栃木県	流紋岩
⑩	R	115.0 m	山形県	閃緑岩	㉑	G	45.0 m	茨城県	安山岩質火山砕屑岩
⑪	R	80.0 m	宮城県	角礫凝灰岩, 石英粗面岩					

表-1 (b) 調査対象ダム

ダム名	型式	堤 高	所 在 地	地 質	ダム名	型式	堤 高	所 在 地	地 質
㉒	R	45.0 m	富山県	泥岩, 砂岩	㉔	G	46.0 m	鳥取県	花崗岩
㉓	R	58.5 m	富山県	安山岩, 泥岩, 砂岩	㉕	G	67.0 m	岡山県	流紋岩
㉔	G	50.0 m	長野県	凝灰角礫岩	㉖	G	34.0 m	岡山県	花崗岩
㉕	G	51.3 m	長野県	凝灰岩, 変朽安山岩	㉗	G	72.0 m	島根県	流紋岩質凝灰岩
㉖	G	48.5 m	長野県	砂岩, 頁岩, れき岩	㉘	R	96.3 m	山口県	泥質片状ホルンフェルス
㉗	G	107.0 m	長野県	花崗岩	㉙	G	42.1 m	山口県	片 岩
㉘	R	83.5 m	埼玉県	粘板岩, チャート	㉚	G	88.0 m	山口県	結晶片岩
㉙	R	88.0 m	山梨県	安山岩, 凝灰角礫岩	㉛	G	68.5 m	高知県	砂 岩
㉚	G	24.5 m	千葉県	第四紀泥岩	㉜	G	117.0 m	佐賀県	変成岩の片岩類
㉛	R	63.0 m	静岡県	安山岩, 凝灰角礫岩	㉝	G	37.0 m	熊本県	砂岩, 頁岩
㉜	G	72.0 m	奈良県	花崗岩	㉞	G R	99.5 m	熊本県	花崗岩と阿蘇溶結凝灰岩
㉝	G	55.0 m	奈良県	粗粒花崗岩					

G:重力式コンクリートダム R:フィルダム GR:複合ダム

1.2 調査項目

前述したようにダム基礎岩盤の透水性は、基本的に地質成因別に、特性を異にするところが大きいと推定される。したがって、地質成因に着目して下記の分類を行い、以下のデータ整理・集計・分析を進めることとした。

まず透水性に直接的に影響を与えと考えられる岩石の固結度に着目して大別すると、新生代の古第三紀以前と新第三紀以降に分類できるものと考えられる。また、透水性に影響すると考えられる割れ目の成因別に着目すると堆積岩と火成岩および変成岩に分類できるものと考えられる。

地質別の成因と透水性についての特徴は一般に以下のようである。

堆積岩は堆積物によって碎屑性堆積岩・火山性堆積岩・化学性堆積岩・有機性堆積岩に分類される。堆積岩の特徴は一般に層をなしており層理面が存在する。傾斜した層理面は透水性が高い場合がある。また、固結度の小さい軟岩では一般に割れ目が少なく透水性が低い、ルーズな場合には透水性が高い。

火成岩は一般に、マグマが固結する地表からの深さによって深成岩と火山岩に分類されている。特に、地表または地表付近で固結した火山岩は一般に冷却節理の発達によって透水性が高い。

変成岩は堆積岩・火成岩が変成作用をうけて、その鉱物結晶の形や組成が変化したものである。一般に岩は硬く地表より深い所では岩盤内の割れ目が密着していて透水性は低い。

以上の点を考慮して本調査での地質成因による分類は表-2に示すとおりとした。

表-2 透水性に着目した地質成因分類

新第三紀以降・火山性堆積岩
新第三紀以降・水成堆積岩
古第三紀以前・火山性堆積岩
古第三紀以前・水成堆積岩
火成岩・火山岩類
火成岩・深成岩類
変成岩類

1) 調査データ

調査対象ダムでは、ダムサイトにおいて複数本のパイロット孔について最大ダム高さ程度の深さまでルジオンテストが実施されている。試験区間長は1ステージ当り5mを採用しているダムがほとんどである。また、ダムサイト基礎岩盤は地質調査の結果より地質分類（地質年代・岩種・岩盤等級区分）が行われている。したがって各ダムにおいて試験ステージに対応した地質年代・成因・岩種・岩盤等級区分およびルジオン値に関する情報が得られている。本調査では以上の情報・データを調査の対象としている。

2) 調査項目

調査項目は、本調査の主目的である「ダム基礎岩盤の透水性」に関係していると考えられる因子を選定し、得られた情報の範囲でこれら因子を組合せ整理して分析することとした。

透水性状に関係していると考えられる因子を列記すると下記のものが対象となろう。

- ①地質成因
- ②岩盤等級区分
- ③地表からの深度
- ④地下水位

本調査では④地下水位に関する情報が完全でないの
で今後データを充実することとして調査項目から除外
している。したがって調査項目としては地質成因・岩
盤等級区分・地表からの深度の三項目として、整理・
分析をおこなった。

ところで、ルジオン値についてはその定義より10kg
f/cm²の注入圧力に対応した注入量によって求める必要が
ある。しかし、基盤岩盤の性状・強度・応力状態によ
っては10kgf/cm²以下の注入圧力で基礎岩盤が内部破壊
を生じる場合がある。このような場合には透水性は換
算ルジオン値によって評価している。換算ルジオン値
(L_u)は図-2に示すように注入量と有効注入圧力の
関係を用いて図式法によって求める。また、図-2に
示された場合のように注入量が急増する点における注
入圧力を限界圧力 (P_c) と定義する。したがって透水
性には直接的に関係していないが上記の三項目の他に
限界圧力 P_c と $P \sim Q$ 曲線の形状を調査対象の項目に加
えてある。図-3に分析対象項目の組合せを示す。

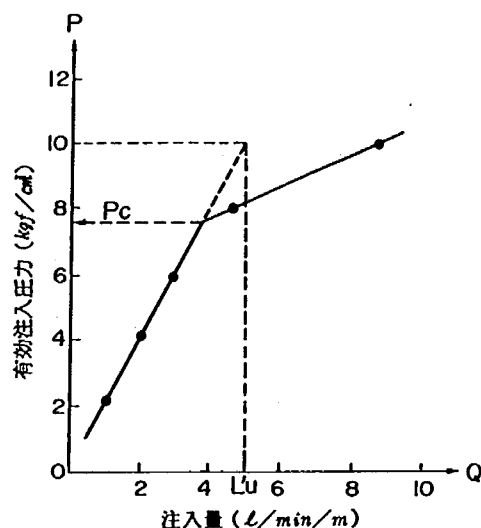


図-2 換算ルジオン値 L_u の求め方

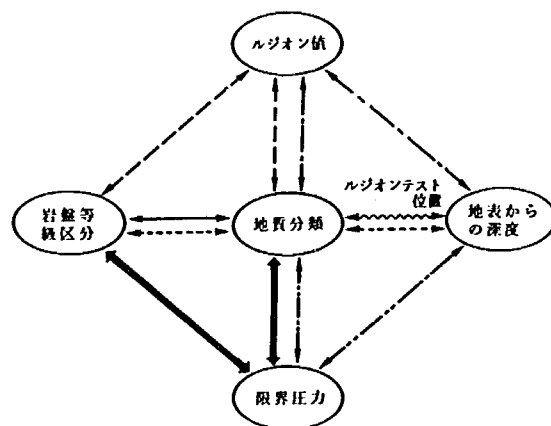


図-3 分析対象項目の組合せ

2. 調査結果

2.1 調査ダムの地質分類とルジオンテストのステージ数

表-3に地質成因分類（表-2による）別の調査対象ダムとステージ数・岩種の一覧を示す。本調査における地質成因別の対象ステージ数は多い順に下記の通りである。

①火成岩・火山岩類	19ダム	756ステージ
②火成岩・深成岩類	9ダム	601ステージ
③新第三紀以降・火山性堆積岩	13ダム	592ステージ
④変成岩類	5ダム	304ステージ
⑤古第三紀以前・水成堆積岩	6ダム	263ステージ
⑥古第三紀以前・火山性堆積岩	4ダム	178ステージ
⑦新第三紀以降・水成堆積岩	6ダム	145ステージ

以上より調査対象となった基礎データの半数は火成岩および火山性堆積岩である。

2.2 ルジオンテストの深さ分布

図-4に地質成因別に、ルジオンテストを実施した地表からの深さ（以下、地表からの深度という。）の分布を示す。図は横軸を地表からの深度（m）で、縦軸を地表からの深度の加積百分率（%）で表わしたものである。

図より水成堆積岩、特に新第三紀以降の場合には火成岩および変成岩類を基礎とする場合よりもルジオンテストの試験深さが浅いことが現われている。この傾向の主な要因は地質と計画ダム高さとがある程度関係を有しているためと考えられる。

2.3 地質成因別岩盤等級区分の分布

図-5に調査対象ダムの地質別の岩盤等級区分分布を百分率（%）で示す。また、図-6に岩盤等級区分の加積百分率を示す。図-5および図-6より地質成因別にみると下記の順で岩盤等級区分が上級区分に分布している。

- ①古第三紀以前・火山性堆積岩
- ②変成岩類
- ③火成岩・深成岩類
- ④火成岩・火山岩類
- ⑤新第三紀以降・火山性堆積岩、古第三紀以前・水成堆積岩
- ⑥新第三紀以降・水成堆積岩

以上より、調査対象ダムの基礎岩盤等級区分の分布は、古第三紀以前の火山性堆積岩・変成岩類および火成岩類が上位等級区分に占める割合が多い傾向にある。

2.4 P～Q曲線の分類

ルジオンテストにおける有効注入圧力P (kgf/cm²) と注入量Q (ℓ/min) の関係 (以下、P～Q曲線という。) に着目した整理を行った。

整理の手法としては、P～Q曲線の形態を経験的に図-7に示す4種類とこれのいずれにも該当しない形態の合計5種類の形態に分類して、調査対象グムのデータについて形態と特性について考察してみることとした。

以下に図-7に示したP～Q曲線の形態に対する特徴の概要を示す。

1) 形態P-I

PとQの間には直線的な比例関係がある。しかし、Pがある程度大きくなるとQの増加割合が減少する傾向を示す場合。

2) 形態P-II

$P \leq 10 \text{ kgf/cm}^2$ の範囲までPとQの間には直線的な比例関係が顕著な場合。

3) 形態P-III-I

$P < 10 \text{ kgf/cm}^2$ の範囲でP～Q曲線が階段状の傾向を示す場合。または、限界圧力が存在して換算ルジオン値が5以下の場合。

4) 形態P-III-II

$P < 10 \text{ kgf/cm}^2$ の範囲で限界圧力が存在して換算ルジオン値が5以上の場合。または、可能注入圧が 10 kgf/cm^2 以下の場合。

5) 形態IV

上記1)から4)の形態分類に該当しない場合。

表-4に地質成因別にP～Q曲線の形態について集計した結果を示す。また、図-8に表-4の数値を用いて表わした形態別の百分率の分布を示す。

全データに対する形態の百分率では、P-IとP-IIで約56%を占めており全体に対する割合はそれほど大きくないことが認められる。しかし、P-IとP-IIの合計を地質成因別における百分率でみると新第三紀以降の水成堆積岩が36%であるが、他の地質ではP-IとP-IIの占める割合が50～60%程度となっている。このことは固結度の低い岩盤の場合には 10 kgf/cm^2 以下の圧力範囲に、限界圧力が存在する場合が多いことを示唆しているものと考えられる。

図-9に地表からの深度とP～Q曲線の形態別の百分率分布を示す。図-9より古第三紀以前の火山性堆積岩の地表からの深度0～10mを除いて、地質成因別によらず地表からの深度が深くなるとP-II形態のP～Q曲線の占める割合が大きくなる傾向にある。したがって、その反対にP-III-II形態のP～Q曲線の占める割合が地表からの深度が深くなると減少する傾向にある。また、P-IとP-III-I形態が占める割合は地表からの深度にあまり影響されず一定の傾向を示している。

図-10に岩盤等級区分とP～Q曲線の形態別の百分率分布を示す。図-10より地質成因によらず岩盤等級区分の下級区分より上級区分の方がP-II形態の占める割合が多くなる傾向にある。また、P-III-II形態はその逆の傾向が顕著である。P-IとP-III-I形態については地表からの深度との関係の場合と同様に岩盤等級区分による影響は顕著に認められず一定した割合となっている。

表-3(a) 地質分類別の分析対象ダムとステージ数

ダム名	タイプ	高さ(m)	ステージ数	岩 種
-----	-----	-------	-------	-----

1. 新第三紀以降の火山性堆積岩

②	R	65.0	106	凝灰角礫岩
⑧	G	54.5	79	"
⑨	G	60.6	62	火山礫凝灰岩
⑪	R	80	43	凝灰岩・凝灰角礫岩
⑫	R	43.0	47	角礫凝灰岩
⑮	G	83.5	5	凝灰角礫岩
⑰	R	75.0	12	凝灰岩
⑱	G	70.0	17	角礫凝灰岩
⑳	R	62.2	10	凝灰角礫岩
㉔	G	50.0	81	"
㉕	G	51.3	33	凝灰岩
㉙	R	88.0	26	凝灰角礫岩
㉚	R	63.0	71	"

2. 新第三紀以降の水成堆積岩

⑬	G	37.0	46	砂岩, 泥岩
⑭	G	47.0	43	砂岩, 泥岩, 互層
㉒	R	45.0	17	砂岩, 泥岩
㉓	R	58.5	10	凝灰質砂岩
㉕	G	51.3	13	砂岩, 頁岩, 互層
㉚	G	24.5	16	泥 岩

3. 古第三紀以前の火山性堆積岩

①	R	84.3	76	輝緑凝灰岩, 赤色凝灰岩
③	G	55.0	9	輝緑凝灰岩
⑥	G	59.0	29	"
㉟	G	72.0	64	凝灰岩

4. 古第三紀以前の水成堆積岩

③	G	55.0	65	チャート
⑥	G	59.0	19	粘板岩
㉕	G	48.5	52	砂岩, 頁岩, 互層
㉙	R	83.5	61	粘板岩, チャート
㉚	G	68.5	47	砂 岩
㉛	G	37.0	19	"

表-3(b) 地質分類別の分析対象ダムとステージ数

ダム名	タイプ	高さ(m)	ステージ数	岩 種
-----	-----	-------	-------	-----

5. 火成岩の火山岩類

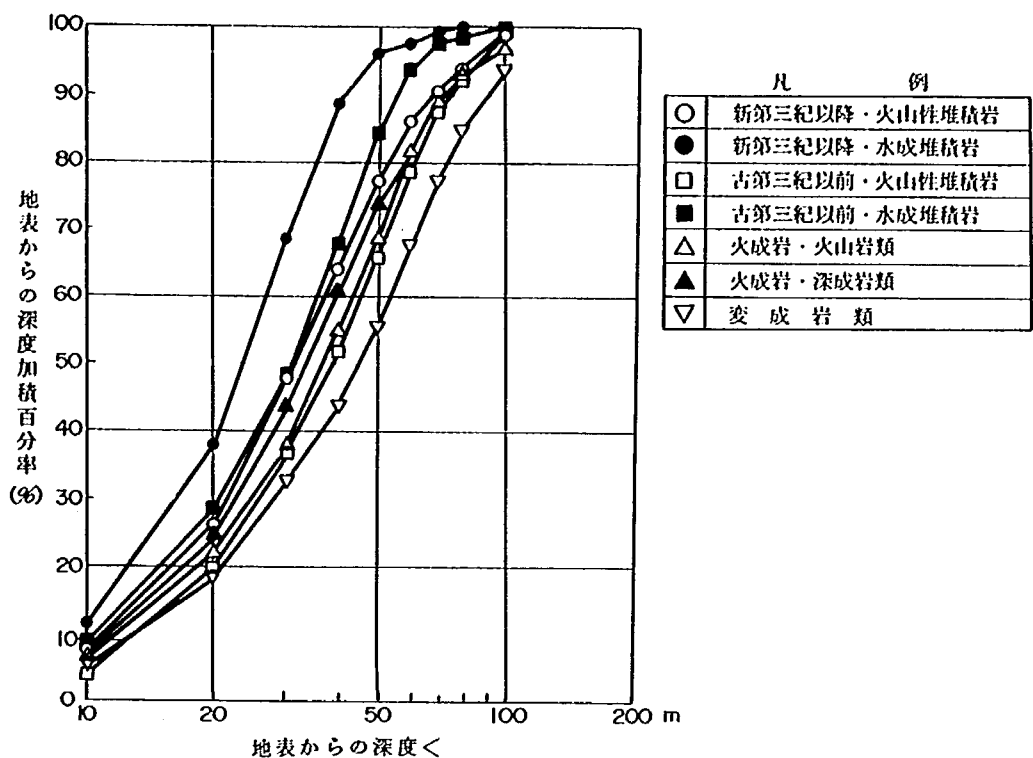
①	R	84.3	135	角斑岩
③	G	55.0	10	流紋岩
④	G	61.0	39	石英粗面岩
⑤	G	100.0	84	熔結凝灰岩
⑦	G	80.0	22	石英粗面岩
⑨	G	60.6	3	安山岩
⑫	R	43.0	28	"
⑮	G	83.5	52	"
⑰	R	75.0	24	流紋岩
⑱	G	70.0	43	安山岩
⑳	R	62.2	68	流紋岩
㉑	G	45.0	28	安山岩
㉓	R	58.5	47	"
㉔	G	50.0	5	"
㉕	G	51.3	5	"
㉙	R	88.0	24	"
㉛	R	63.0	73	"
㉝	G	67.0	61	流紋岩
㉞	G・R	100.5	5	阿蘇熔岩

6. 火成岩の深成岩類

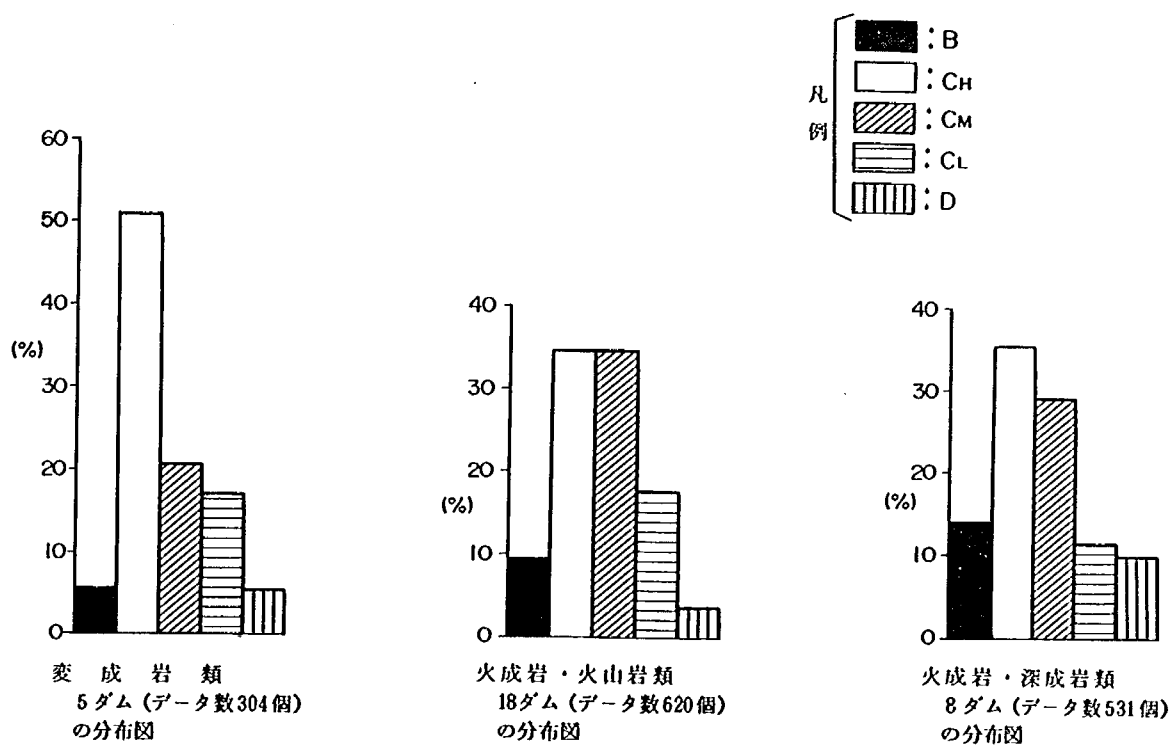
①	R	84.3	42	輝緑岩
⑩	R	115.0	124	閃緑岩
⑯	R	115.5	82	閃緑岩, 斑れい岩, ひん岩
㉓	G	107	116	花崗岩
㉔	G	72.0	52	"
㉕	G	55.0	39	"
㉖	G	46.0	73	花崗岩, ひん岩
㉗	G	34.0	14	花崗岩
㉞	G・R	100.5	59	"

7. 変成岩類

⑰	R	83.5	110	片 岩
㉛	R	96.3	55	ホルンフェルス
㉙	G	42.1	46	片 岩
㉚	G	88	37	"
㉞	G	115.5	56	"



図－4 調査対象としたルジオンテスト深さの分布



図－5 (a) 調査対象ダムの地質別の岩盤等級分布

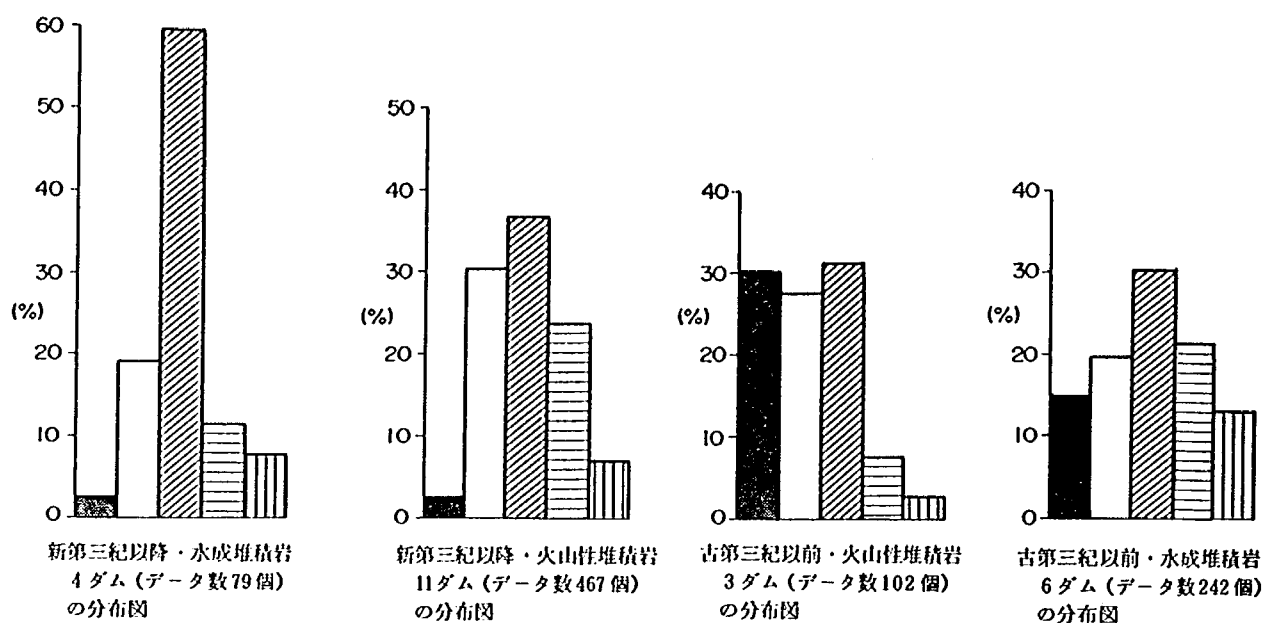


図-5(b) 調査対象ダムの地質別の岩盤等級分布

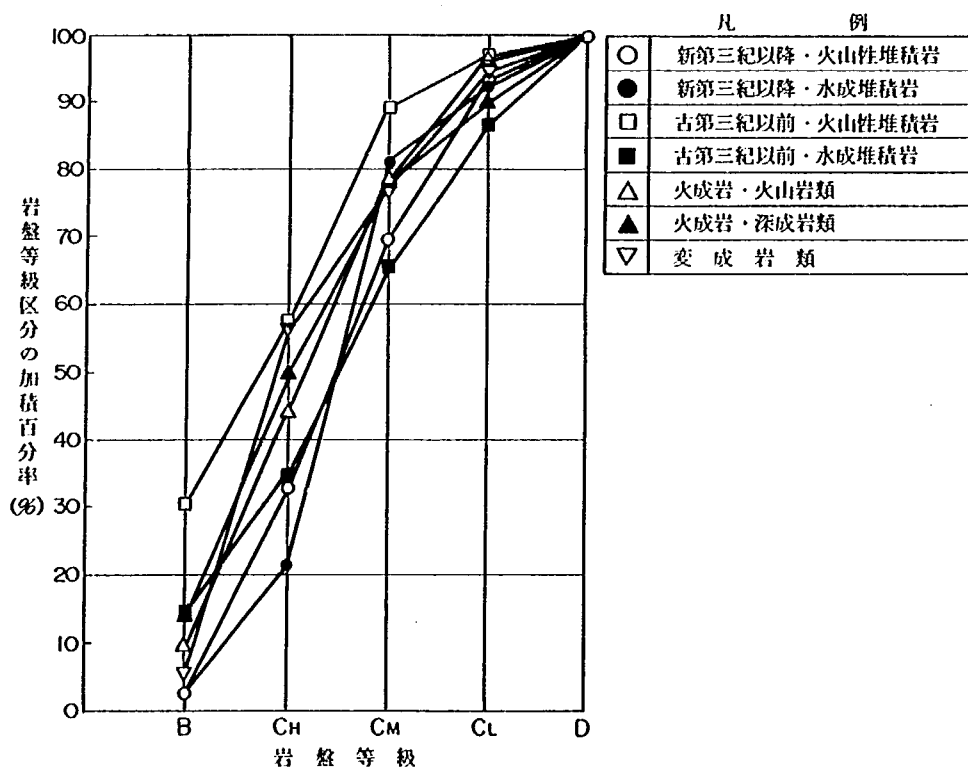
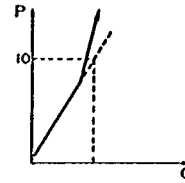
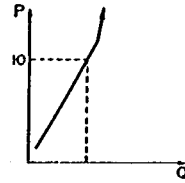


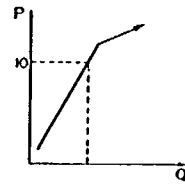
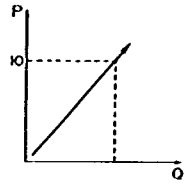
図-6 調査対象としたダム基礎の岩盤等級区分の分布

P—I



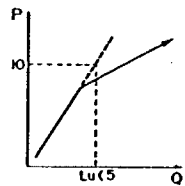
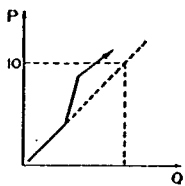
- 1) $P_c \geq 10 \text{ kgf/cm}$
- 2) PとQの関係は直線的であるが、Pがある程度増加するとQの増加割合が減少する。

P—II



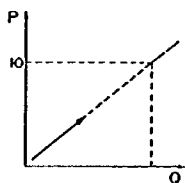
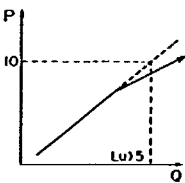
- 1) $P_c \geq 10 \text{ kgf/cm}$
- 2) $P \leq 10 \text{ kgf/cm}$ でPとQの関係が直線的

P—III—I



- 1) $P_c < 10 \text{ kgf/cm}$
- 2) $L'_u < 5$

P—III—II



- 1) $P_c < 10 \text{ kgf/cm}$
- 2) $L'_u < 5$

単位
P: kgf/cm
Q: L/min

図-7 P～Q曲線の形態分類

表-4 P～Q曲線の形態集計結果

P-Q曲線 パターン	P—I	P—II	P—III—I	P—III—II	その他
全 体 (2402)	306 個 12.7%	1045 個 43.5%	504 個 21.0%	497 個 20.7%	50 個 2.1%
① 新第三紀以降 (470) 火山性堆積岩	66 2.7	199 8.3	91 3.8	106 4.4	8 0.3
② 新第三紀以降 (83) 水成堆積岩	5 0.2	25 1.0	35 1.5	18 0.7	0 0.0
③ 古第三紀以前 (102) 火山性堆積岩	7 0.3	44 1.8	38 1.6	13 0.5	0 0.0
④ 古第三紀以前 (263) 水成堆積岩	22 0.9	103 4.3	48 2.0	90 3.7	0 0.0
⑤ 火山岩類 (621)	83 3.5	285 11.9	116 4.8	112 4.7	25 1.0
⑥ 深成岩類 (559)	89 3.7	242 10.1	112 4.7	104 4.3	12 0.5
⑦ 変成岩類 (304)	34 1.4	147 6.1	64 2.7	54 2.2	5 0.2

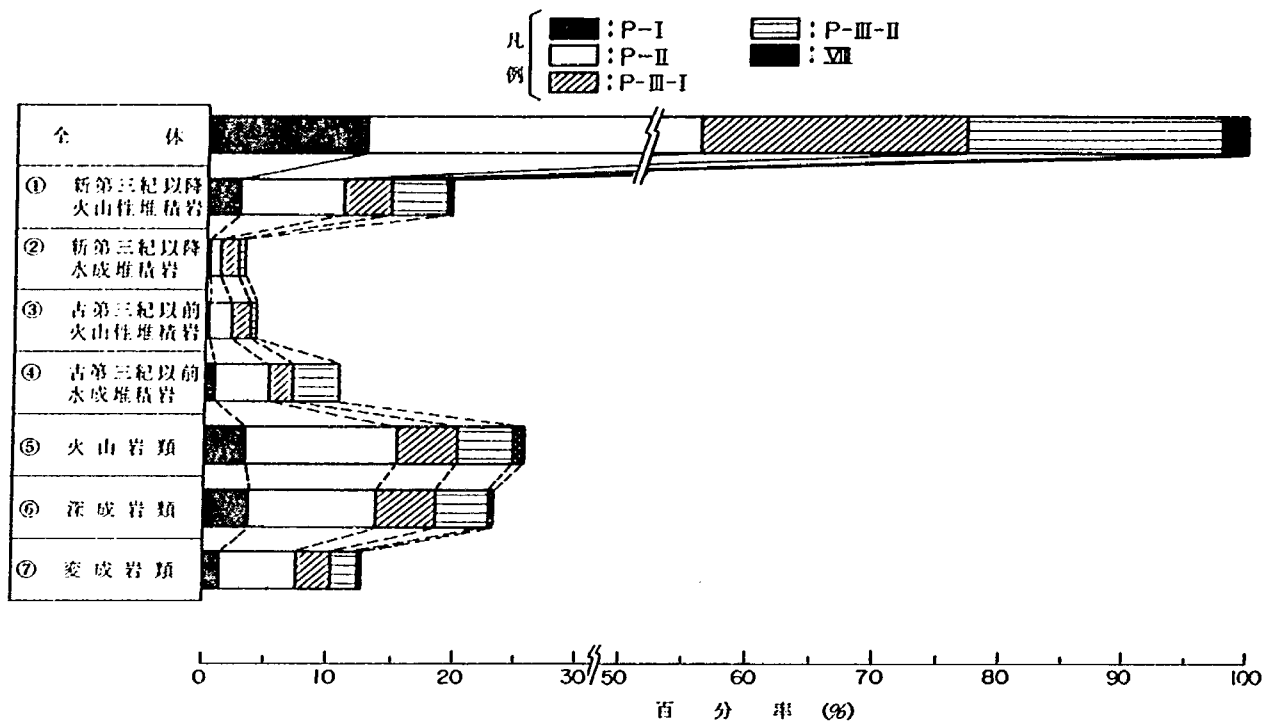


図-8 P～Q曲線形態の百分率分布（地質成因別）

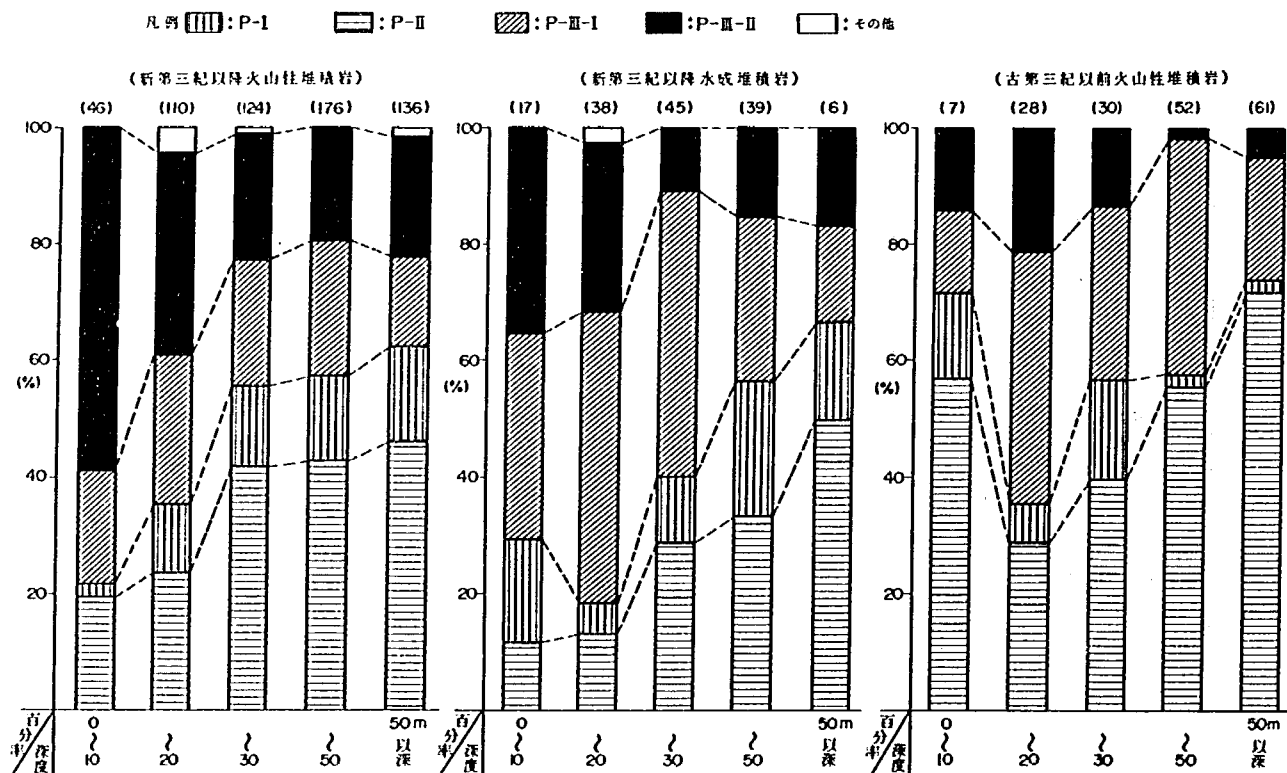


図-9 (a) 地表からの深度とP～Q曲線パターン分布図

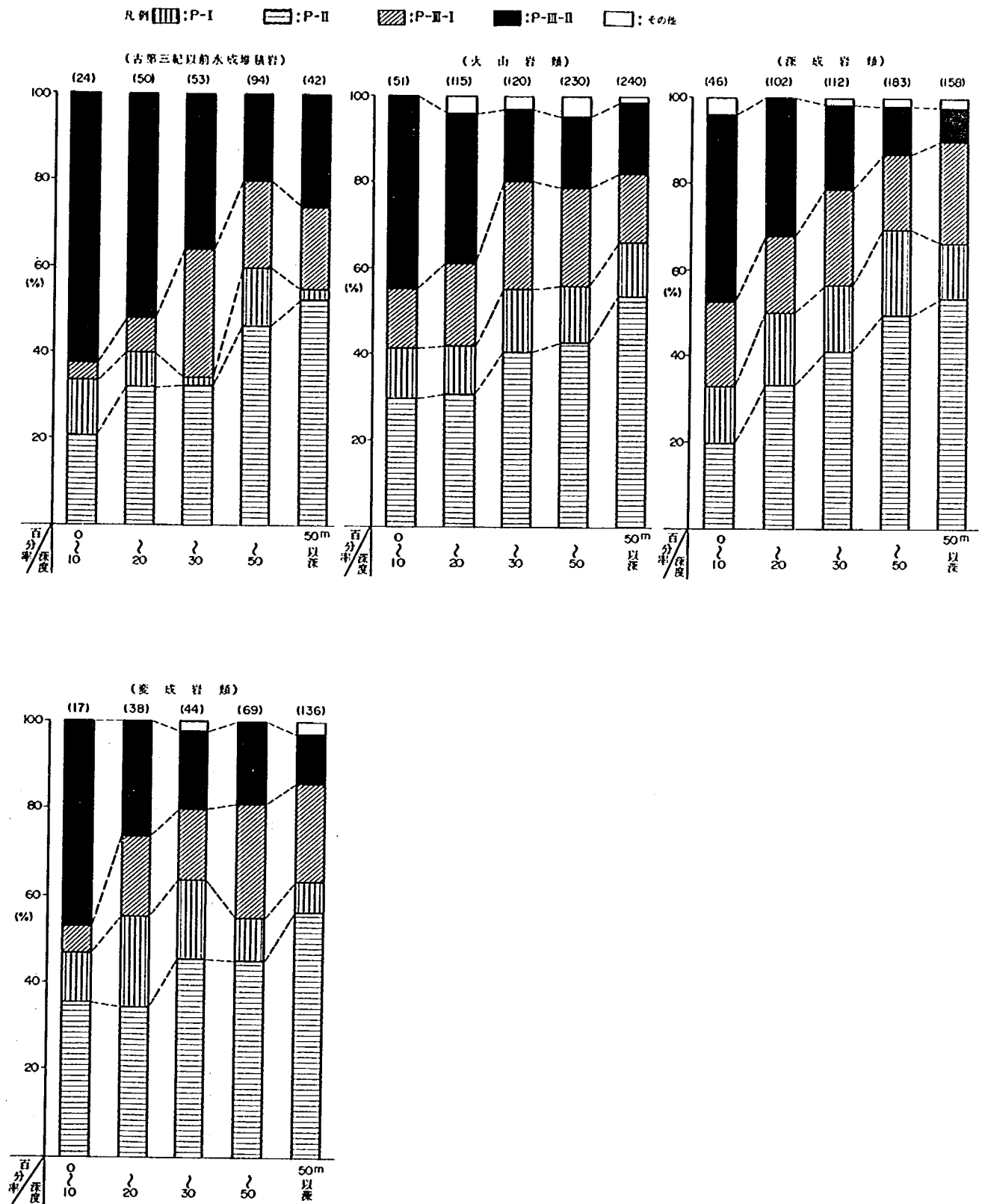


図-9 (b) 地表からの深度とP~Q曲線パターン分布図

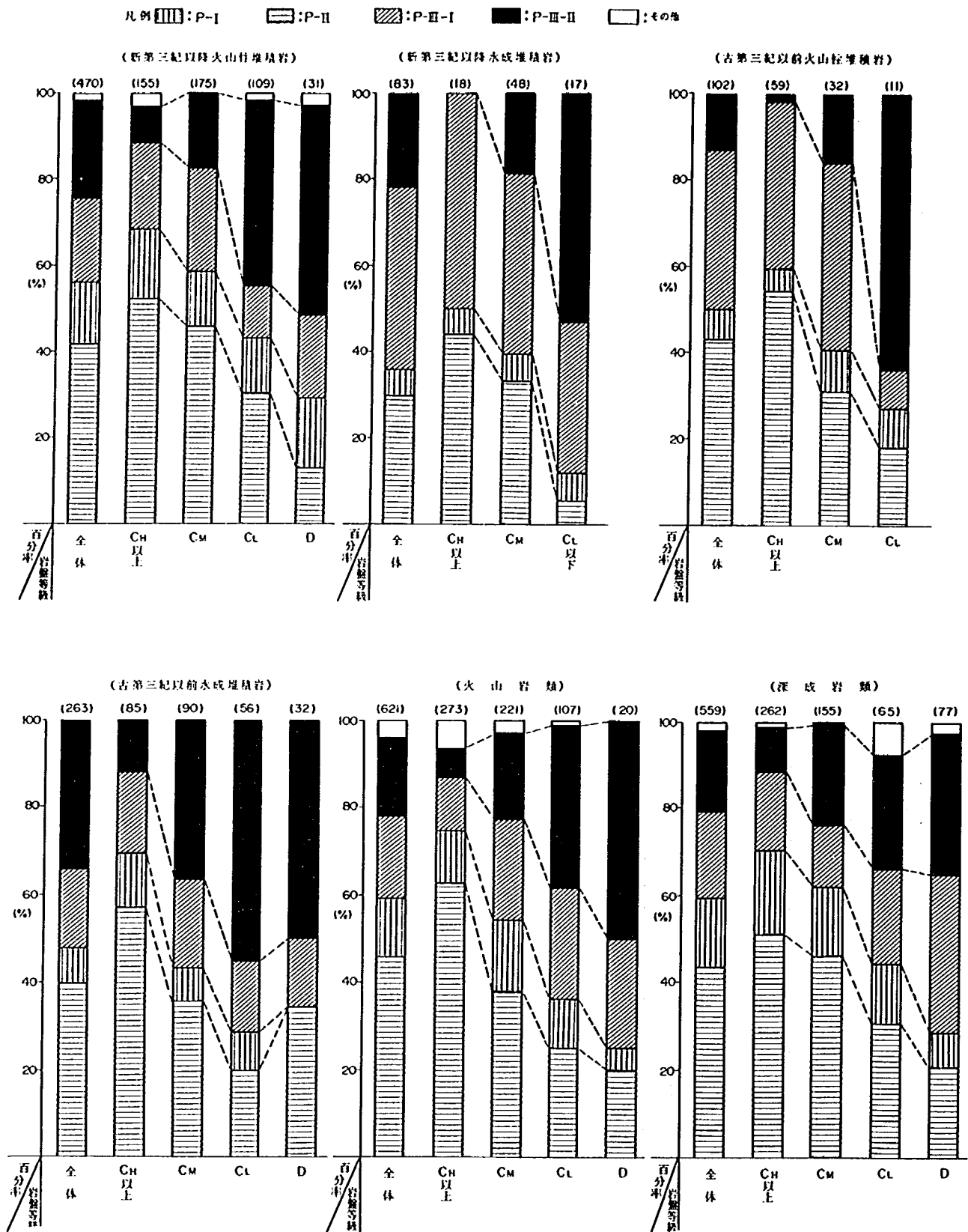


図-10 (a) 岩盤等級区分と P~Q 曲線パターン分布

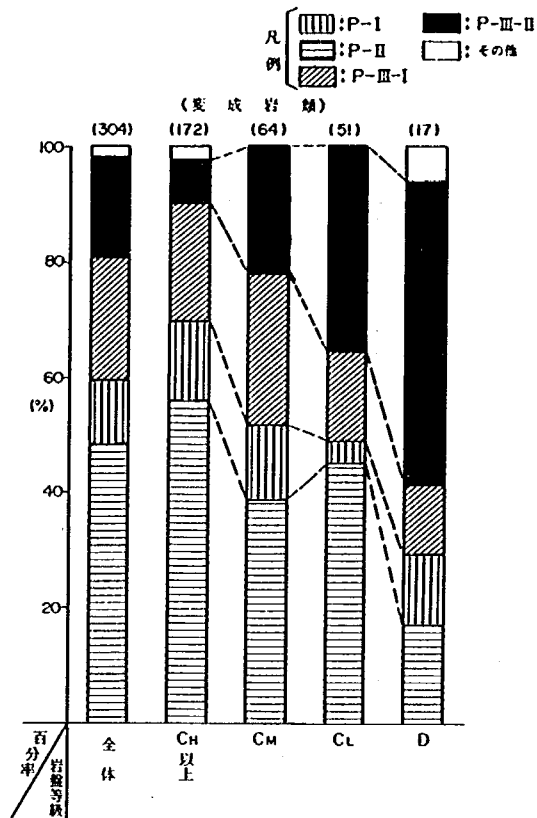


図-10 (b) 岩盤等級区分と P~Q 曲線パターン分布

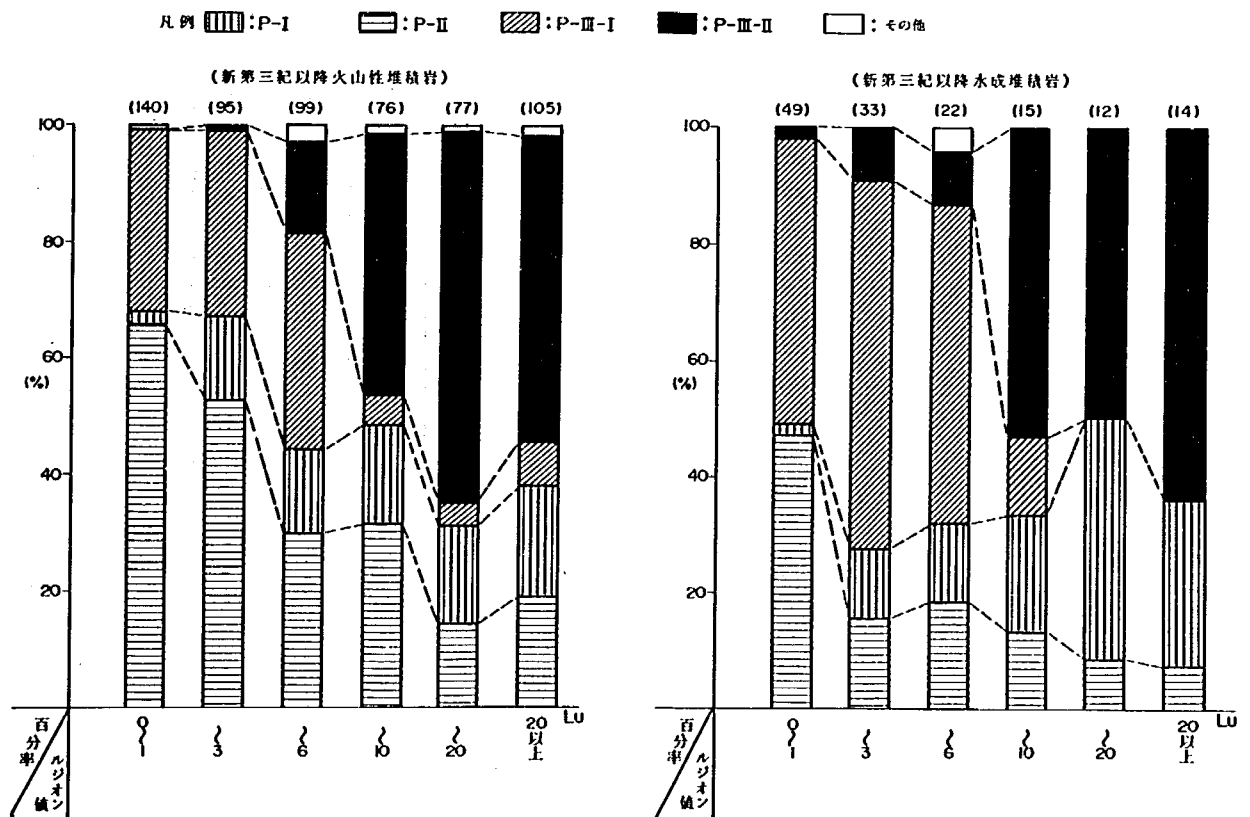


図-11 (a) ルジオン値と P~Q 曲線パターン

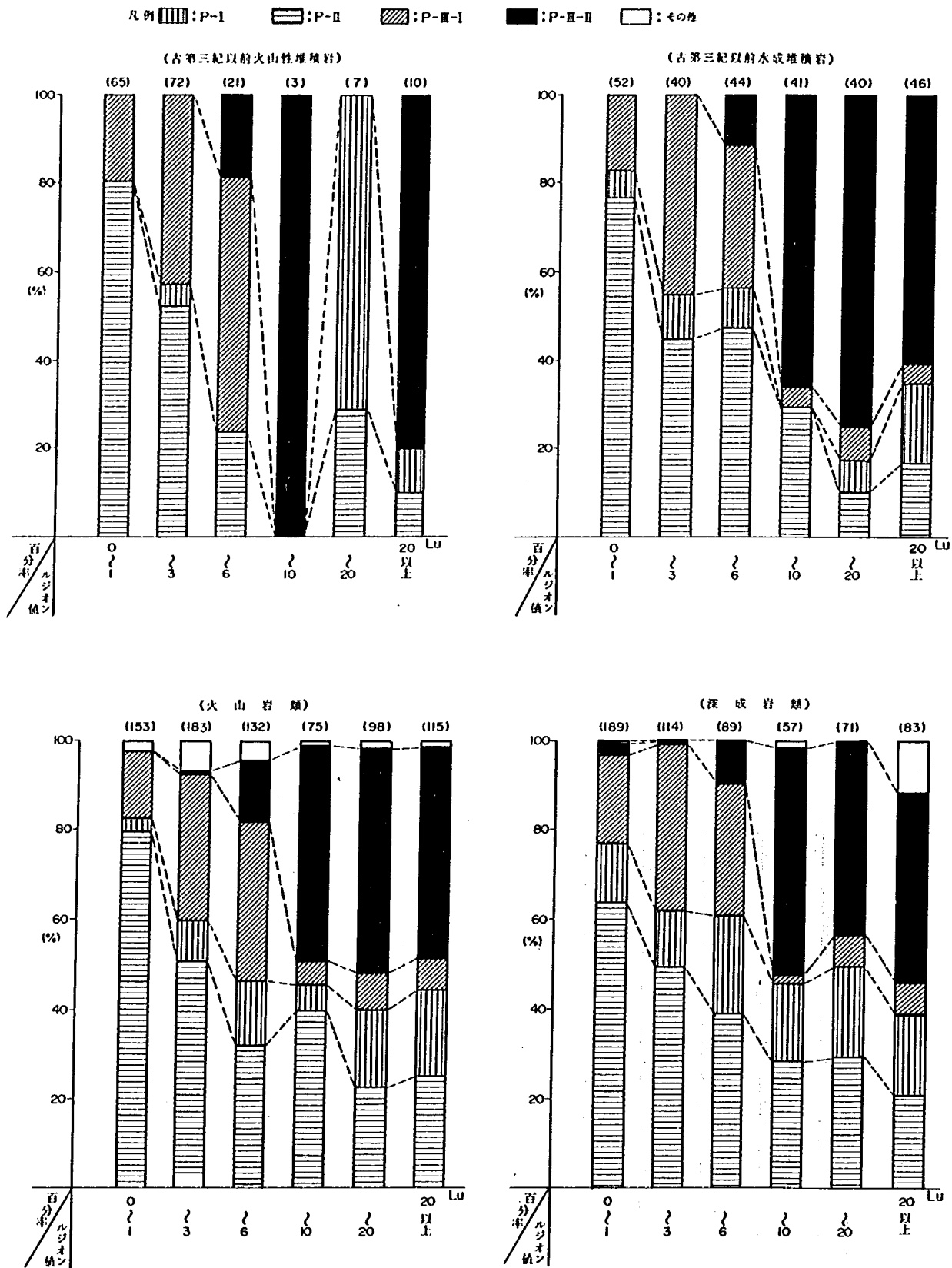


図-11 (b) ルジオン値と P~Q 曲線パターン

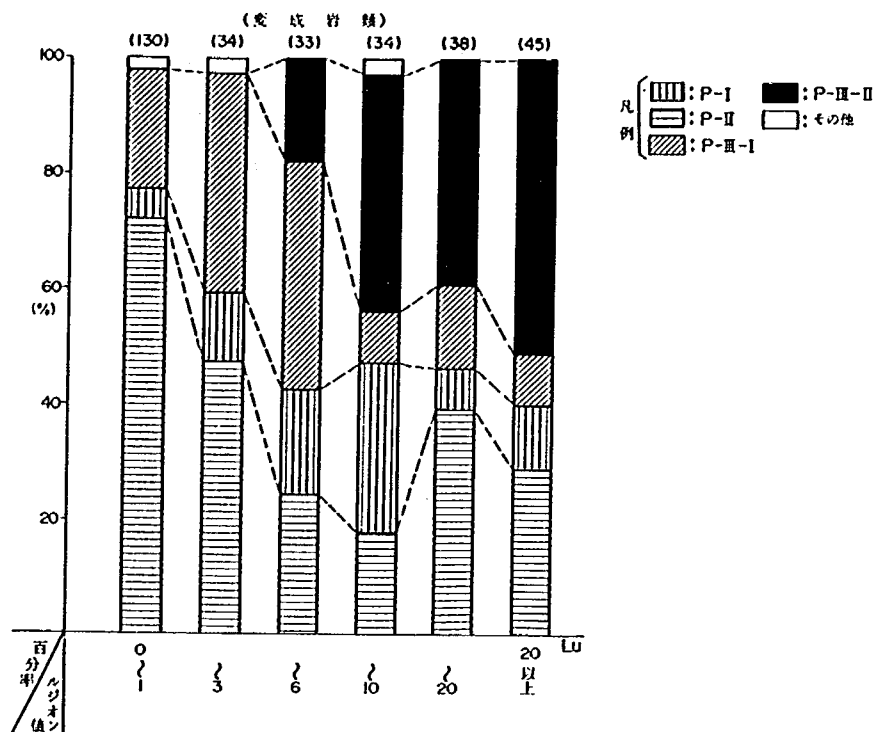


図-11 (c) ルジオン値と P～Q 曲線パターン

図-11にルジオン値と P～Q 曲線の形態別の百分率分布を示す。図-11についても上述した地表からの深度・岩盤等級区分との関係と同様にルジオン値が大きくなるにしたがって、P-II 形態は減少し、P-III-II 形態は増加の傾向を示している。このことは、ルジオン値が小さい岩盤では P-II の形態の P～Q 曲線が得られ、ルジオン値が大きく現われる岩盤では P-III-II の形態の P～Q 曲線が得られることを示している。P-I と P-III-I 形態の合計した割合はルジオン値の大きさにあまり影響されていないようである。しかし、P-I と P-III-I との比率についてみると、ルジオン値が小さい範囲では P-I より P-III-I の形態が過半以上を占めている。逆にルジオン値が大きい範囲では P-III-I より P-I の形態が過半以上を占めており特に堆積岩にその傾向が顕著に認められる。

2.5 限界圧力

限界圧力の定義は、「ルジオンテスト技術指針同解説」(建設省河川局開発課監修1985.6)によると、「注入圧力～注入量曲線において注入量が急増する点における注入圧力を限界圧力という。」である。

限界圧力が発生するメカニズムは大別して下記の二種類が考えられている。

- ①岩盤内の連続した割れ目の途中に粘性土等が挟在しており、注入圧力の増大に伴って挟在物が流れ去ることによって注入量が急増する場合。
- ②岩盤内の不連続または連続した割れ目内に注入圧力を与えることに伴って割れ目の大きさや連続性が拡大した場合。

しかし、上記のメカニズムに関しては一般に現場試験では直視することは不可能であり、ボーリングコアの観察等から推定されるところである。実際には両者が組合さって発生することも十分に考えられるものである。

図-12に地質別の限界圧力の分布特性について整理した結果を示す。横軸は限界圧力 P_c であり、縦軸は P_c 以下の圧力に対応した加積百分率(%)を表わしている。すなわち図中において示される曲線が図の右側または下方に位置するほど全体の限界圧力が大きいことを表わしている。図-12より限界圧力の小さい順番はおおよそ下記のようなものである。

- ①新第三紀以降・水成堆積岩
- ②古第三紀以前・水成堆積岩
- ③新第三紀以降・火山性堆積岩
- ④火成岩・火山岩類
- ⑤古第三紀以前・火山性堆積岩、火山岩・深成岩類、変成岩類

本調査対象ダムのデータ範囲では、新第三紀以降の水成堆積岩が他の地質成因に比較して著しく限界圧力が低いことが認められる。約85%程度が $P_c < 10 \text{ kgf/cm}^2$ であった。

図-12は全データを用いて整理した限界圧力に関する分布グラフである。ここで限界圧力発生のメカニズムに関して岩盤内の割れ目の拡大に着目した場合には試験ヶ所における拘束応力状態が関与していることが十分に考えられる。このため拘束応力状態の大きさを地表からの深度で評価して再整理してみる。

図-13に地表からの深度別に地質成因と限界圧力の関係を示す。図より地質成因別の限界圧力は地表からの深度 h_z が40 m以下では図-12に示した傾向とほぼ同様である。しかし $40 \leq h_z < 70 \text{ m}$ では地質成因による限界圧力の差異が顕著に認められない。

以上、図-12および図-13からの考察結果は、限界圧力の大きさは地表からの深度にほぼ比例している。また、 $h_z < 40 \text{ m}$ 範囲では地質成因の影響を受け、水成堆積岩は火山性堆積岩・火成岩および変成岩類に比較して限界圧力が小さい傾向が顕著である。しかし、地表からの深度が $40 \leq h_z < 70 \text{ m}$ と大きくなるに従って地表からの深度による拘束応力が限界圧力の大きさに関与しているものと考えられる。

図-14に地表からの深度方向に対して岩盤等級区分がどのように分布しているかを把握するため、以下に定義した岩盤等級区分の比と地表からの深度との関係を示す。

ここに岩盤等級区分の比を次式によって定義することにする。

$$\text{等級区分の比} = \frac{C_L + D}{B + C_H + C_M} \dots\dots\dots(1)$$

または、

$$\text{等級区分の比} = \frac{C_M + C_L + D}{B + C_H} \dots\dots\dots(2)$$

ここに、

B , C_H , C_M , C_L , D は岩盤等級区分 B , C_H , C_M , C_L , D に対応したデータ数である。

図-14より地表からの深度が0~10 mでは、式(1)の比が約0.8~1.7の範囲に分布しており C_L および D 級の岩盤が占める割合が大きいことを表わしている。しかし、地表からの深度が20 m程度以上の深さになると地質成因別にほぼ一定した0~0.4の値を示している。

図-15に式(2)で定義した岩盤等級区分の比と地表からの深度との関係を示す。図-15は図-14に比較して若干のバラツキ(特に新第三紀以降の火山性堆積岩と水成堆積岩)が現われている。しかし全体の分布傾向は図-14の場合とほぼ同様であり、地表からの深度がほぼ30m程度以上になると地質成因別に一定して0~1の値を示す傾向が現われている。

以上、図-14および図-15の整理結果から判断して、地表からの深度が0から30mまたは40m程度までは深度が深くなるにしたがって $B \cdot C_H \cdot C_M$ 級の岩盤等級が増加する傾向にあるものと考えられる。また、岩盤等級区分の比の変曲点である地表からの深度20~40mは上述した地表からの深度と限界圧力が地質成因によらずバラツキが小さくなる深さ範囲とほぼ一致しているものと判断される。したがって本調査結果より、地表面付近での浅い範囲では深度が限界圧力および岩盤分類の等級区分に深く関与しているものと考えられる。

図-14より地表からの深度が20~100m範囲で岩盤等級が深度にしたがい上級区分(B, C_H, C_M)へと変化する傾向を強く示す地質成因の順番はおおよそ下記の通りである。

- ①新第三紀以降・水成堆積岩
- ②古第三紀以前・火山性堆積岩
- ③火成岩・火山岩類
- ④火成岩・深成岩類, 変成岩類, 古第三紀以前・水成堆積岩, 新第三紀以降・火山性堆積岩

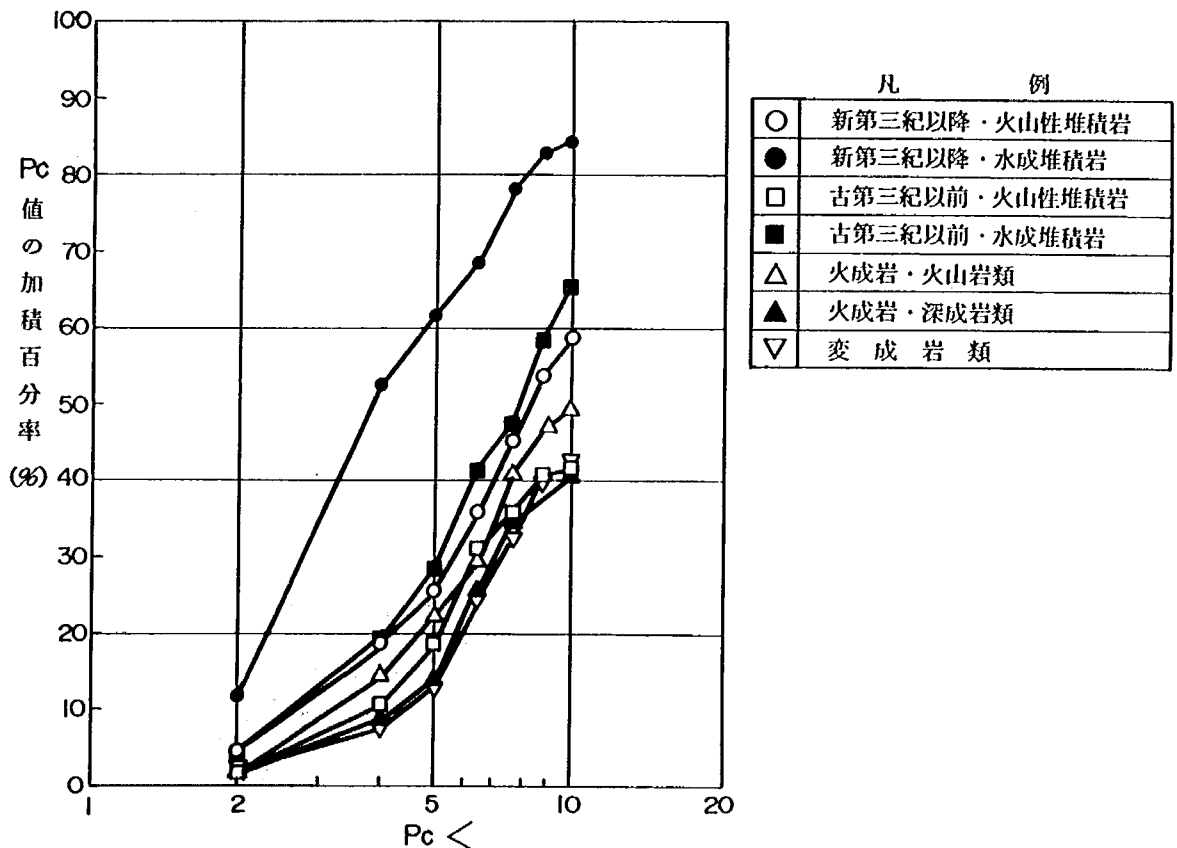


図-12 地質別の限界圧力分布特性

凡 例	
○	新第三紀以降・火山性堆積岩
●	新第三紀以降・水成堆積岩
□	古第三紀以前・火山性堆積岩
■	古第三紀以前・水成堆積岩
△	火成岩・火山岩類
▲	火成岩・深成岩類
▽	変 成 岩 類

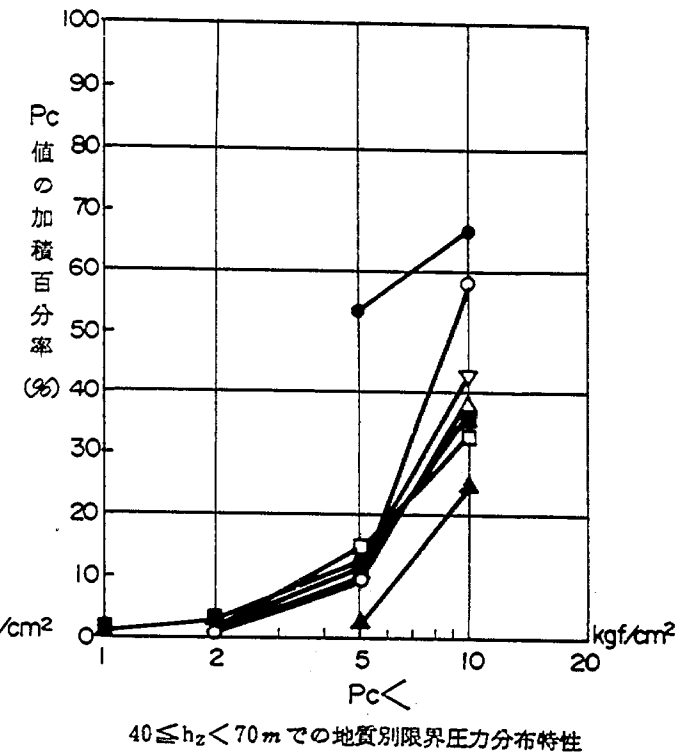
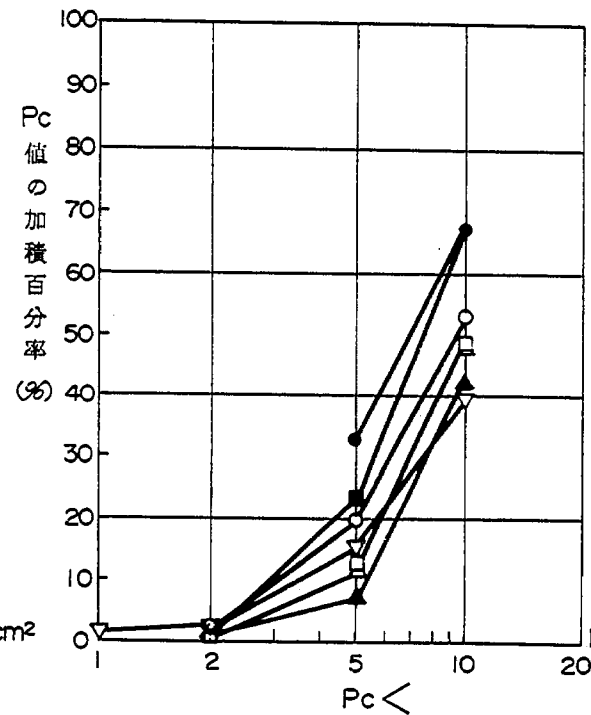
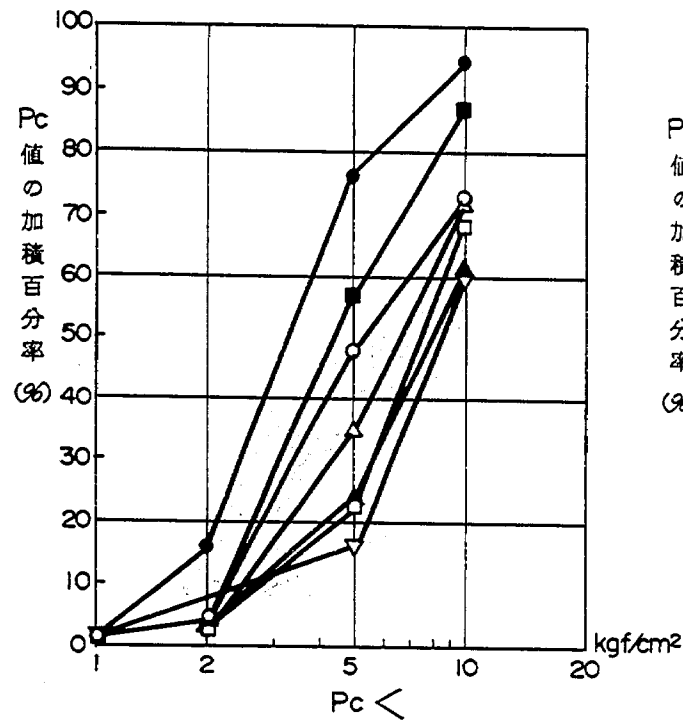


図-13 地表からの深度と限界圧力 P_c の関係

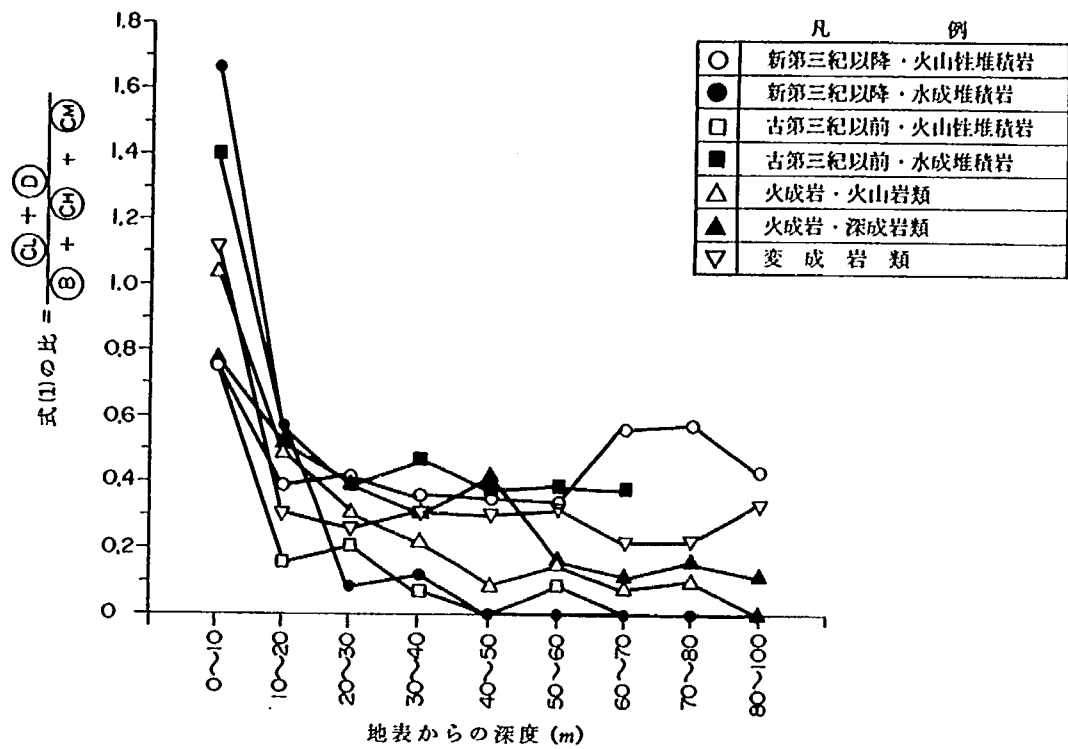


図-14 地表からの深度と式(1)の比

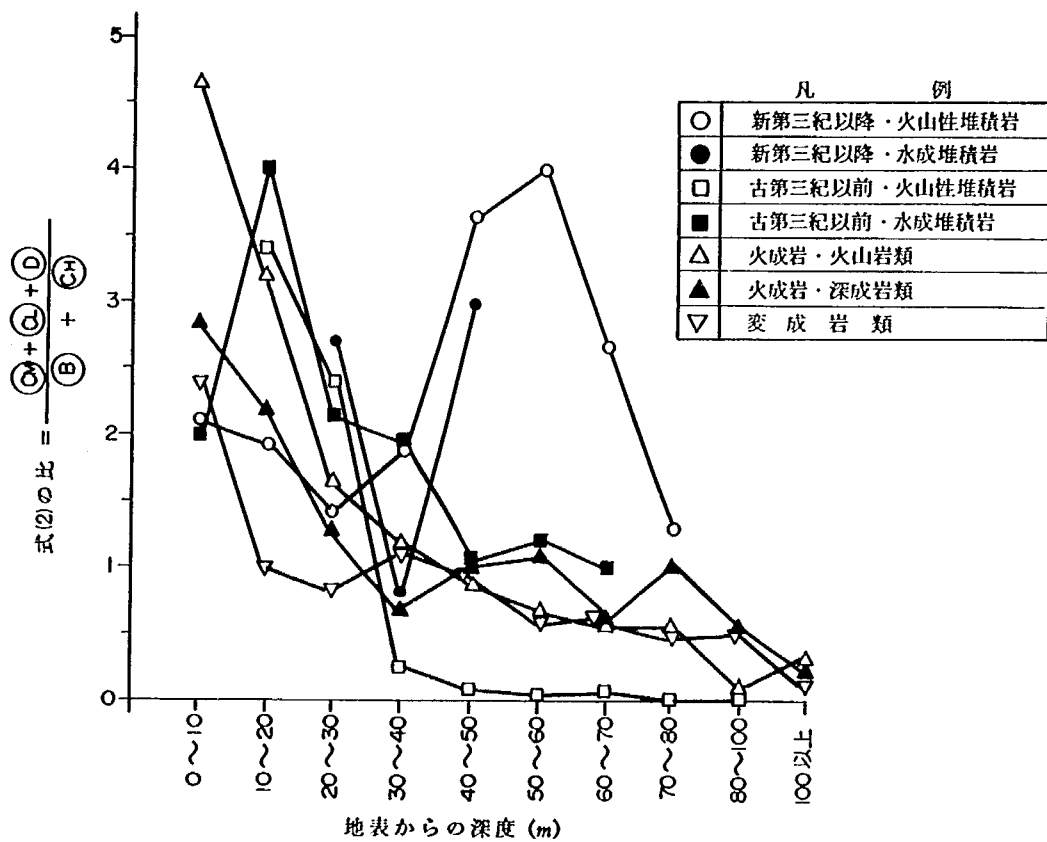


図-15 地表からの深度と式(2)の比

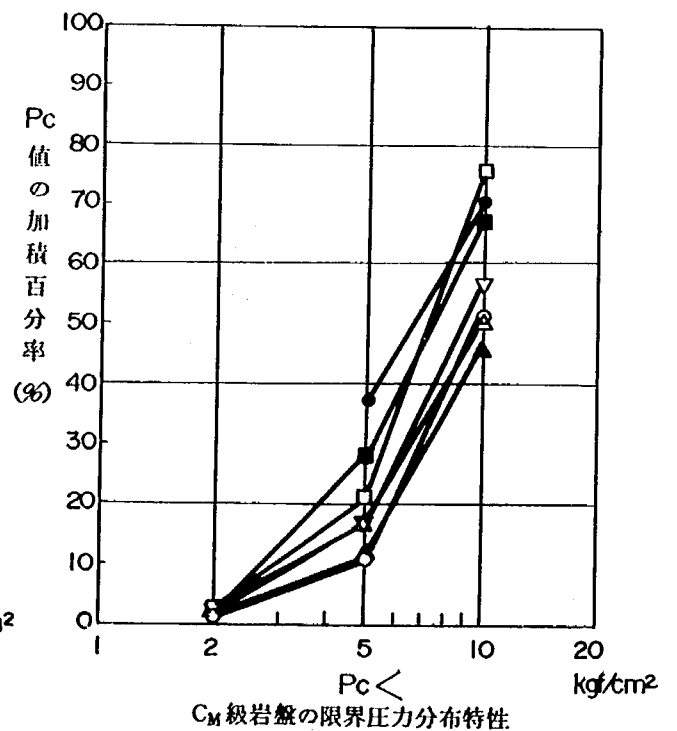
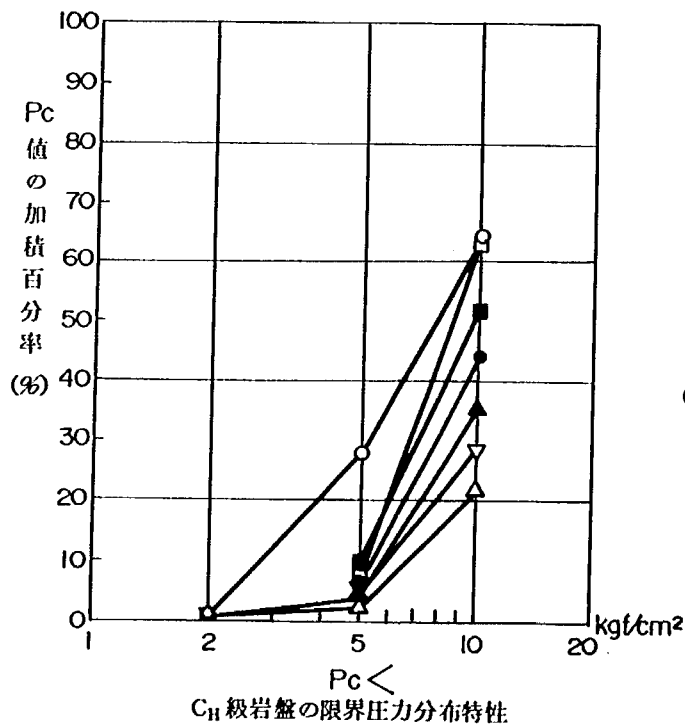
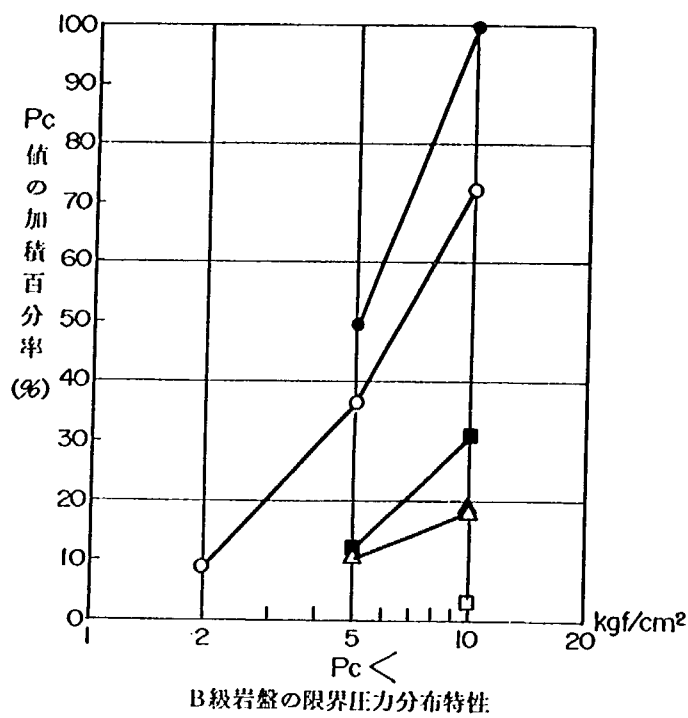


図-16 (a) 地質成因・岩盤等級区分別の限界圧力分布

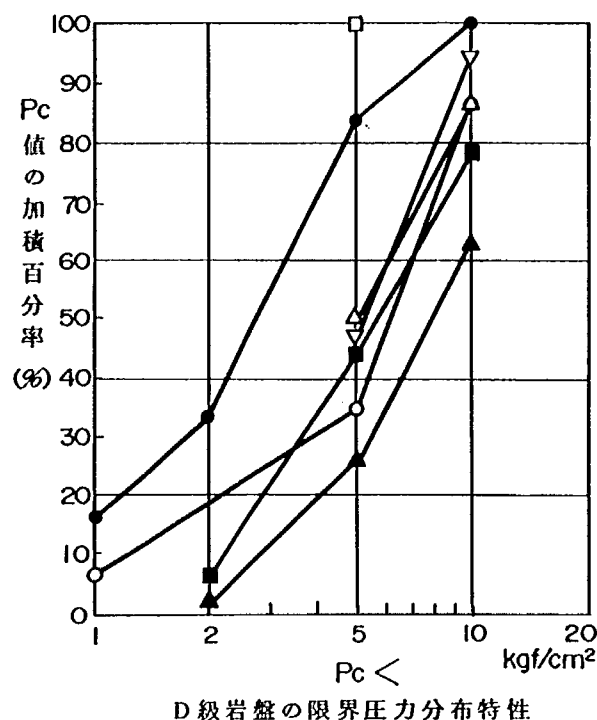
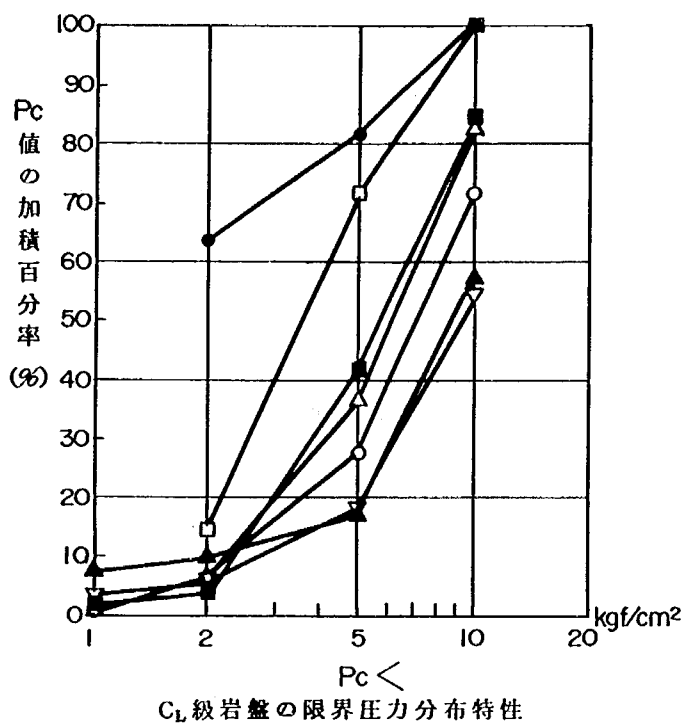


図-16 (b) 地質成因・岩盤等級区分別の限界圧力分布

図-16に地質成因・岩盤等級区分別の限界圧力分布を示す。以下に岩盤等級区分別にみられる特性について記述する。

1) B級岩盤

新第三紀以降の火山性堆積岩および水成堆積岩は他の地質成因に比較して限界圧力が低い。Pc<10 kgf/cm²の場合がほぼ70~100%程度の値を示している。他の地質成因の場合にはPc>10 kgf/cm²の場合がほぼ70~100%程度の値を示しており、限界圧力が高いことが認められる。

2) C_H級岩盤

Pc<10 kgf/cm²の加積百分率はほぼ20~65%の範囲に分布している。図より判断して堆積岩類に比較して火成岩類と変成岩類の方が限界圧力が高い傾向にある。

3) C_M級岩盤

Pc<10 kgf/cm²の加積百分率はほぼ45~75%の範囲に分布しておりC_H級岩盤に比較して全体に限界圧力が低い。また、C_H級岩盤と同様に堆積岩類に比較して火成岩類と変成岩類の方が限界圧力が高い傾向が若干ではあるが認められる。

4) C_L級岩盤

Pc<10 kgf/cm²の加積百分率はほぼ55~100%の範囲に分布しており全体に限界圧力が低い。特に新第三紀以降の水成堆積岩と古第三紀以前の火山性堆積岩は本調査対象データでは限界圧力が総て10 kgf/cm²以下であった。また、Pc<1 kgf/cm²の状態も存在している。

5) D級岩盤

Pc<10 kgf/cm²の加積百分率はほぼ60~100%の範囲に分布しており、C_L級岩盤の場合とほぼ同じである。また、Pc<1 kgf/cm²の百分率はC_L級岩盤に比較して増加している。

以上、岩盤等級と限界圧力の分布特性から判断して、岩盤の等級区分が下位よりも上位の方が限界圧力が高い傾向にある。この傾向は $B \cdot C_H \cdot C_M$ 級岩盤範囲では強い。 $C_L \cdot D$ 級岩盤では分布特性に大きな差は認められない。しかし、 C_L 級に比較して D 級の方が $P_c < 1 \text{ kgf/cm}^2$ の百分率が大きく現われている。

$C_M \cdot C_L \cdot D$ 級岩盤では他の地質成因に比較して、新第三紀以降の水成堆積岩と古第三紀以前の火山性堆積岩の限界圧力が低い傾向にある。

2.6 地質・地表からの深度とルジオン値

図一17に地質成因別に地表からの深度と Lu 値の關係に着目して整理した結果を示す。

地質成因別にみられる傾向または特徴は下記の通りである。

1) 新第三紀以降・火山性堆積岩

地表からの深度が Lu 値に与える影響は顕著に認められず、 $Lu < 2$ の加積百分率は $20 \sim 45\%$ 程度の範囲に分布している。

2) 新第三紀以降・水成堆積岩

地表からの深度が Lu 値に与える影響は顕著に認められず、 $Lu < 2$ の加積百分率は $hz < 70 \text{ m}$ で $40 \sim 55\%$ 程度の範囲に分布している。

3) 古第三紀以前・火山性堆積岩

地表からの深度が Lu 値に与える影響が極めて顕著であり、 $Lu < 2$ の加積百分率は $70 \leq hz < 100 \text{ m}$ で 95% 程度と非常に高い率を示している。また、 $40 \leq hz < 70 \text{ m}$ で $Lu < 2$ が 75% 程度である。

4) 古第三紀以前・水成堆積岩

地表からの深度が Lu 値に与える影響が顕著であるが、 $hz < 40 \text{ m}$ 範囲では Lu 値が大きく $Lu < 2$ が 20% 程度と低 Lu 値の占める割合が少ない。 $40 \leq hz < 70 \text{ m}$ では加積百分率が 40% 程度の値を示しており地表からの深度が大きくなると Lu 値は小さくなる傾向が若干認められる。

5) 火成岩・火山岩類

地表からの深度が Lu 値に与える影響は顕著に認められず、 $Lu < 2$ の加積百分率は $100 \text{ m} \leq hz$ で $10 \sim 45\%$ 程度の範囲に分布している。

6) 火成岩・深成岩類

地表からの深度が Lu 値に若干影響を与えている傾向にある。 $Lu < 2$ の加積百分率は $hz < 100 \text{ m}$ で $30 \sim 50\%$ 程度の範囲に分布している。

7) 変成岩類

地表からの深度が Lu 値に与える影響が極めて顕著である。 $Lu < 2$ の加積百分率は $70 \leq hz < 100 \text{ m}$ で 65% 程度と深成岩類に比較して若干高い率を示している。また、 $40 \leq hz < 70 \text{ m}$ で $Lu < 2$ が 50% 程度である。

以上、本調査の範囲では、古第三紀以前の火山性堆積岩と古第三紀以前の水成堆積岩および変成岩類が地表からの深度が大きくな方がルジオン値が小さくなる傾向が顕著に認められた。他の地質成因につい

ては地表からの深さによる影響が少なく、 $Lu < 5$ の加積百分率では新第三紀以降の火山性堆積岩・新第三紀以降の水成堆積岩・火山岩類・深成岩類はほぼ一定して45~75%程度の値を示している。

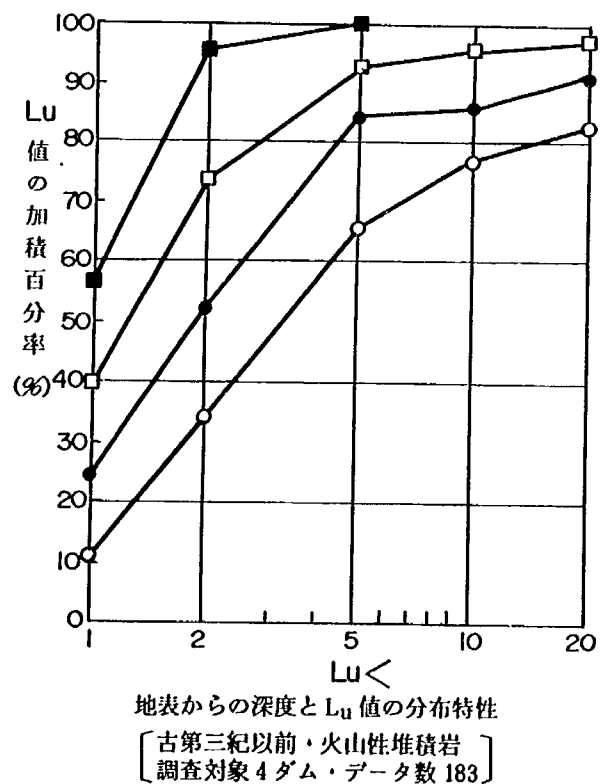
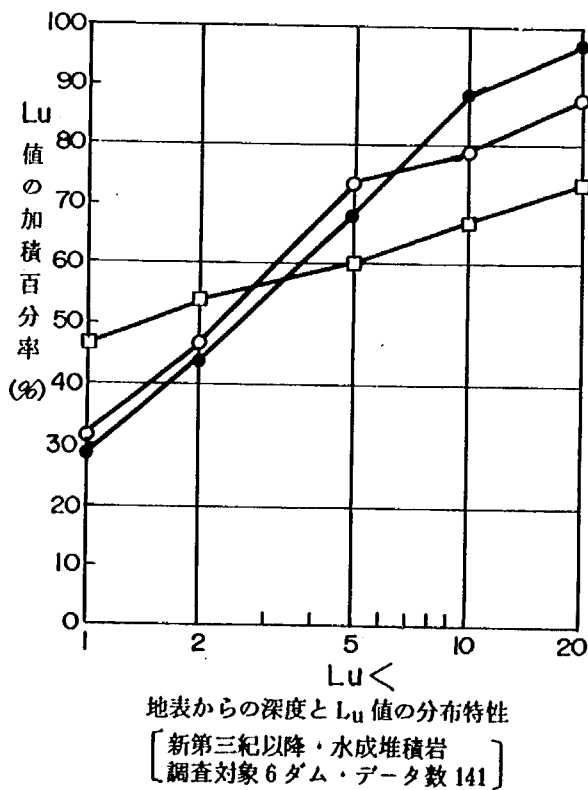
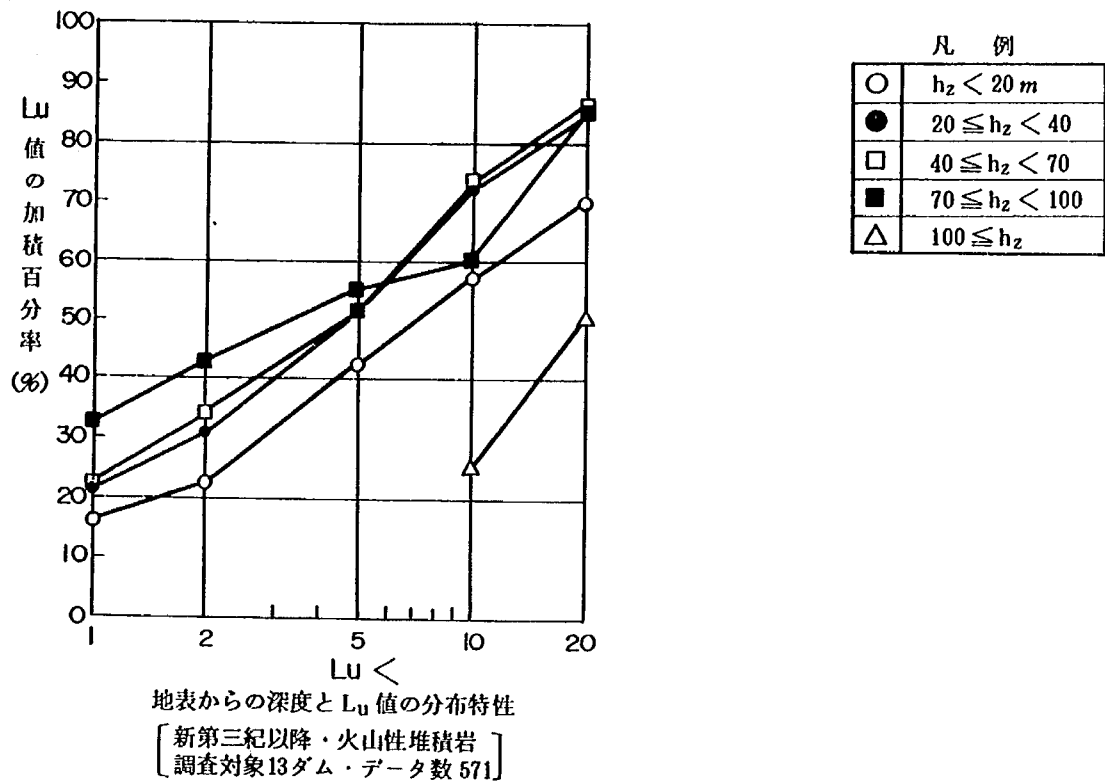
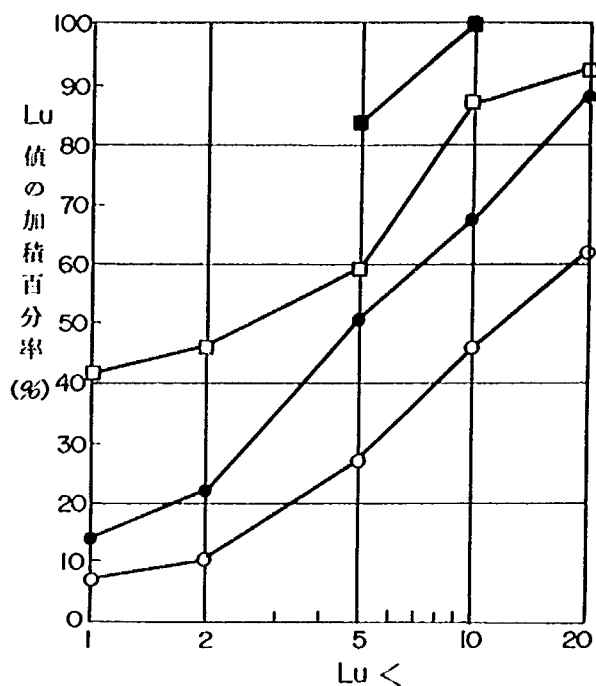
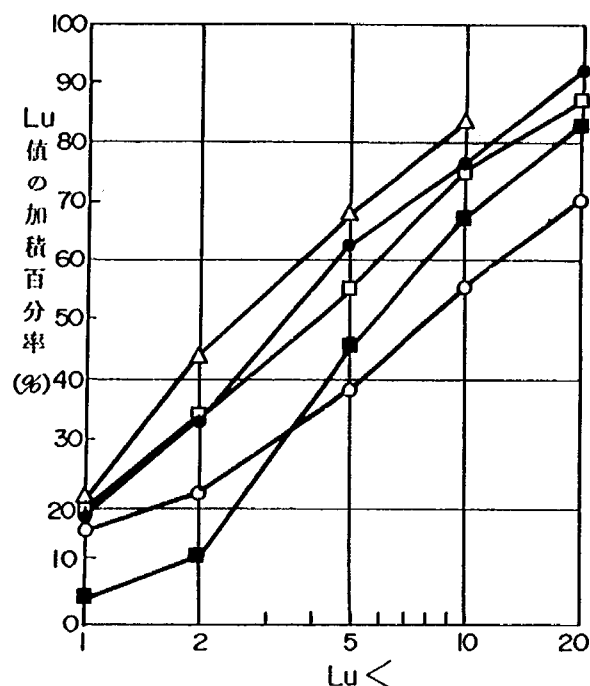


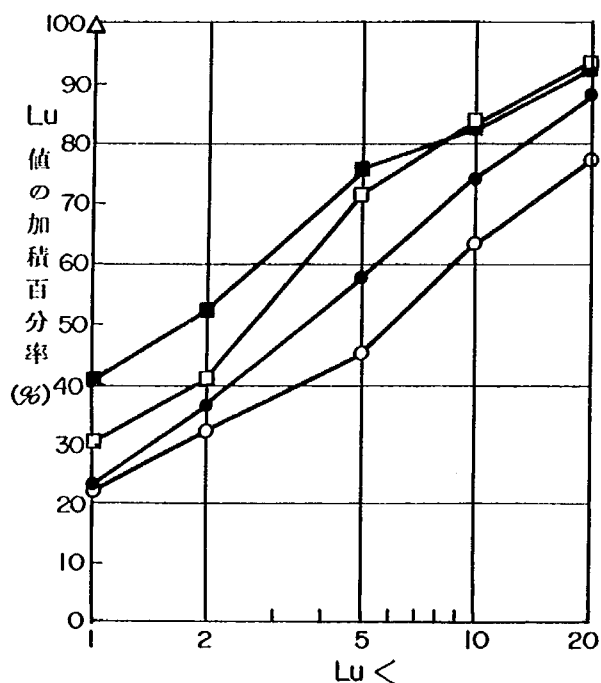
図-17 (a) 地質成因別の地表からの深度とルジオン値分布



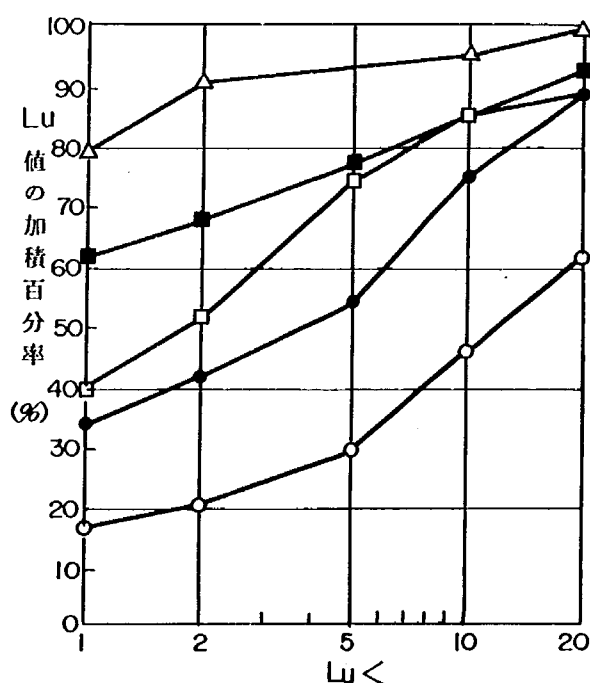
地表からの深度と L_u 値の分布特性
 [古第三紀以前・水成堆積岩
 調査対象6ダム・データ数 242]



地表からの深度と L_u 値の分布特性
 [火成岩・火山岩類
 調査対象19ダム・データ数 738]



地表からの深度と L_u 値の分布特性
 [火成岩・深成岩類
 調査対象9ダム・データ数 574]



地表からの深度と L_u 値の分布特性
 [変成岩類
 調査対象5ダム・データ数 304]

図-17 (b) 地質成因別の地表からの深度とルジオン値分布

2.7 地質・岩盤等級区分とルジオン値

通常、ダムサイトに関して得られる地質情報としては露頭・横坑・ボーリング等の調査結果による地質年代・成因・岩種・岩盤等級区分等である。またこれらのデータはダム軸の選定・ダムタイプの決定等にかかわる重要な基礎資料となっている。本項では地質成因・岩盤等級区分とルジオン値との関連に着目して考察してみることにする。

図-18に本調査データを用いて主に岩盤等級区分とLu値の分布特性について整理した結果を示す。

以下に岩盤等級区別にみられるLu値特性を地質成因も考慮して列記するとおよそ下記のようなものである。

1) B級岩盤

B級岩盤は割れ目や節理の間隔が大きく、風化・変質の少ない状態の岩盤であり岩盤内の透水性は、亀裂・節理の開口性の微少な差異によるものと考えられる。したがって図にみられるように地質成因による差異は顕著に現われていない。ほぼ安定してLu値の加積百分率が $Lu < 1$ で35~50%、 $Lu < 2$ で55~75%、 $Lu < 5$ で75~85%程度である。

2) C_H級岩盤

C_H級岩盤は割れ目が新鮮か多少風化作用を受けているが岩は比較的賢硬なものである。また、節理・亀裂の間の剪断強さはわずかに減少している状態である。したがってB級岩盤に比較して岩盤内の透水性に関与する要因が複雑になっていることが想像される。C_H級岩盤にみられる $Lu < 2$ での地質成因別の特徴は、火成岩と新第三紀以降の火山性堆積岩のLu値加積百分率に比較して水成堆積岩・古第三紀以前の火山性堆積岩および変成岩類のLu値加積百分率が大きく現われている。すなわち前者に比較して後者の方が透水性が小さな傾向にあることを示唆しているものと考えられる。

3) C_M級岩盤

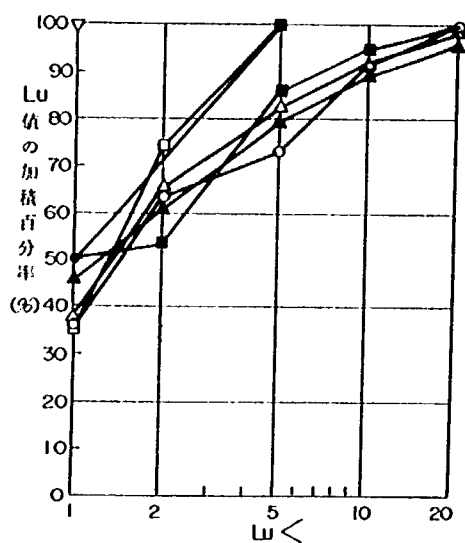
C_M級岩盤は風化作用を受けて岩片も多少軟質化しており、節理・亀裂間の剪断強さは多少減少している。また、節理間には粘土を含んでいるか、多少のゆるみを有する。したがってC_H級岩盤に比較してさらにC_M級岩盤内の透水性に関与する要因がより複雑になっていることが想像される。

C_H級岩盤に比較してC_M級岩盤の方が $Lu < 1$ および $Lu < 2$ のLu値加積百分率が小さく現われている。すなわちC_H級岩盤に比較してC_M級岩盤の方が透水性が高いことを表わしている。 $Lu < 2$ のLu値加積百分率に着目してみると、新第三紀以降の水成堆積岩が54%、古第三紀以前の火山性堆積岩が44%の値を示しており他の地質成因では11~34%の範囲に分布している。図より新第三紀以降の水成堆積岩と古第三紀以前の火山性堆積岩は他の地質成因に比較してやや透水性が低いものと考えられる。

4) C_L級岩盤

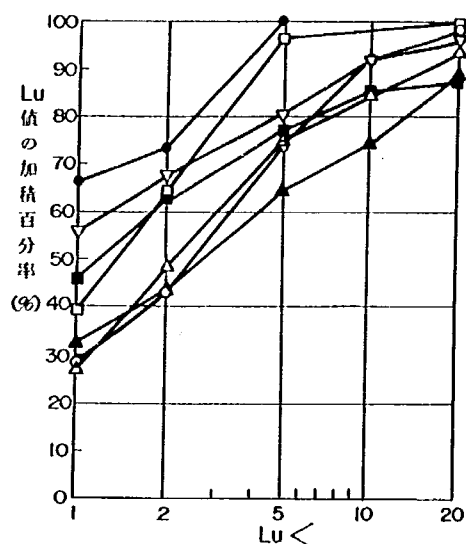
C_L級岩盤はC_M級よりも風化作用を受けて岩片は軟質化しており、節理・亀裂間の剪断強さは減少している。

C_L級岩盤の透水特性は図にみられるように全体に一樣な分布傾向を示している。この主な原因は風化作用に伴う岩強度の低下および節理・亀裂に挟在する粘土物質等の影響が関与しているためと考えられる。 $Lu < 2$ のLu値加積百分率は5~25%と小さく全体に透水性が大きいことを示唆している。

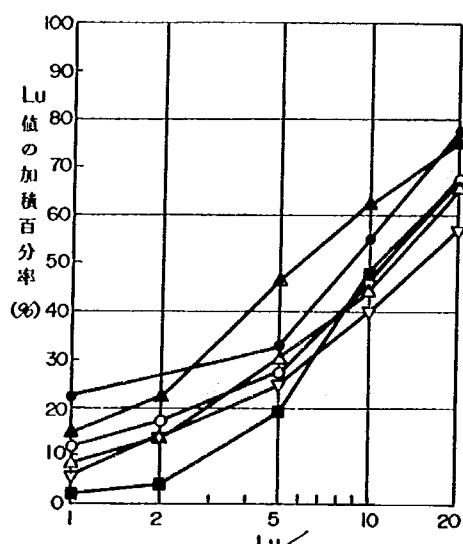


B級岩盤の L_u 値分布特性

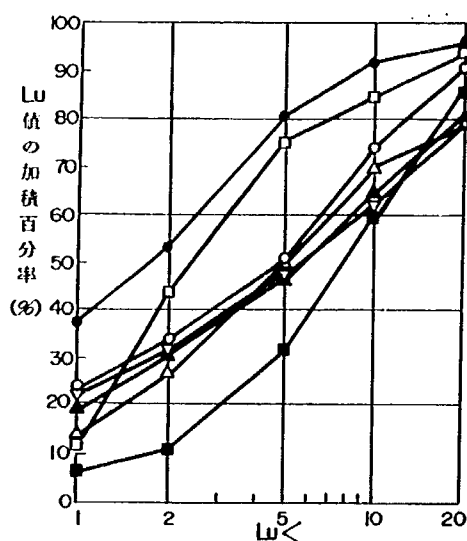
凡 例	
○	新第三紀以降・火山性堆積岩
●	新第三紀以降・水成堆積岩
□	古第三紀以前・火山性堆積岩
■	古第三紀以前・水成堆積岩
△	火成岩・火山岩類
▲	火成岩・深成岩類
▽	変成岩類



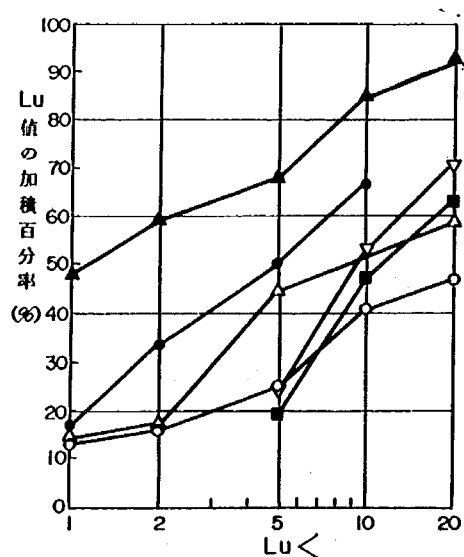
C_H 級岩盤の L_u 値分布特性



C_L 級岩盤の L_u 値分布特性



C_M 級岩盤の L_u 値分布特性



D 級岩盤の L_u 値分布特性

図-18 岩盤等級区分とルジオン値の分布

5) D級岩盤

D級岩盤は風化作用を受けて岩片は著しく軟質化しており、節理・亀裂間の剪断強さは非常に小さい。また、一部粘土化しており、時には開口節理の発達するものも含まれる。

D級岩盤のLu値分布はC_L級岩盤のLu値分布と類似している。しかし、C_L級岩盤に比較してバラツキが大きい。また、火成岩の深成岩類は他の地質成因（古第三紀以前・火山性堆積岩のLu<20のデータは零。）に比較して透水性が小さい傾向が現われている。これはマサ化によるものと考えられる。

以上、岩盤等級区分とLu値の分布について整理した結果、B・C_H・C_M・C_L・D級の順に透水性が小さい傾向にありB級岩盤が最も安定して一定した分布傾向にある。地質成因による特徴は明確に認められないが、新第三紀以降の水成堆積岩（軟岩）が他の地質成因に比較して透水性が小さい傾向を示している。

3. 考 察

今回、ダム基礎岩盤の透水性状の把握を行うため、その第一段階として合計44ダムの透水性に関係すると考えられる資料の収集・整理・分析を行った。得られた概略の知見は下記の通りである。また、本調査の対象となった地質条件は2.1で述べたように全データの半数は火成岩および火山性堆積岩であったことを再度ここに付記する。

I. P～Q曲線の分類

図-19にP～Q曲線の形態に着目した概略の分類を示す。

- (1) 新第三紀以降の水成堆積岩を除く他の地質区分別ではP-IとP-III形態の占める割合が50～60%程度であり、固結度の低い新第三紀以降の水成堆積岩では注入圧力10kgf/cm²以下に限界圧力が存在する場合が多い。
- (2) 地質成因によらず地表からの深度が深くなるとP-II形態の占める割合が大きくなる傾向にある。また、逆にP-III-II形態の占める割合が減少する傾向にある。
- (3) 岩盤等級区分の等級が下位より上位の方がP-II形態の占める割合が多くなる傾向にあるが、反面P-III-II形態は少なくなる傾向にある。
- (4) ルジオン値が小さく現われる場合はP-IIの形態、ルジオン値が大きく現われる場合にはP-III-IIの形態を示す傾向にある。また堆積岩の場合についてP-IとP-III-Iに着目するとルジオン値が小さい場合にはP-IよりP-III-Iの形態が占める割合が大きい傾向にある。

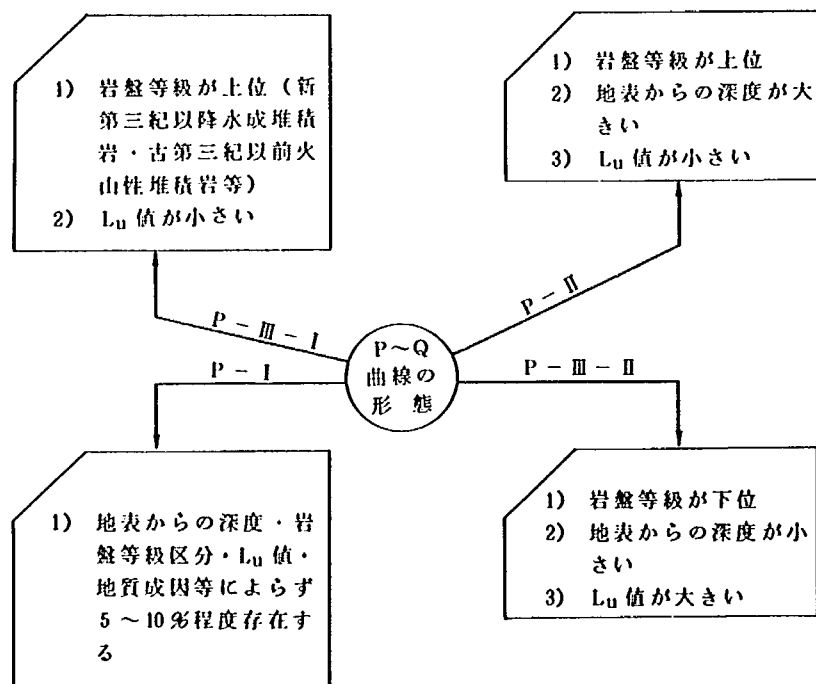


図-19 P～Q曲線形態の概略分類

II. 限界圧力

図-20に限界圧力特性についての概略分類を示す。

- (1) 水成堆積岩は他の地質成因に比較して限界圧力が低い。特に新第三紀以降の水成堆積岩の約85%程度が $P_c < 10 \text{ kgf/cm}^2$ であった。
- (2) 特に、地表からの深度が40 m以下ではその傾向が顕著である。しかし、地表からの深度が大きくなるとその影響が限界圧力の大きさに関与してくる傾向にある。
- (3) また、(2)と関連して地表から20 mまたは40 m程度までは地表からの深度が大きくなると岩盤等級区分の等級が上位に移行している傾向が顕著であり、地表からの深度と限界圧力・岩盤等級区分の関係が認められる。
- (4) 地表からの深度が大きくなると岩盤等級区分の等級が上位および限界圧力が大きくなる傾向にあるが、限界圧力は $40 \leq h_z < 70 \text{ m}$ のほぼ一定となる状態と考えられる範囲においても $P_c < 10 \text{ kgf/cm}^2$ の加積百分率は25~45%（新第三紀以降の堆積岩では60~70%程度）の値を示している。
- (5) 岩盤等級と限界圧力の大きさを同じ地質成因で比較すると、岩盤等級区分が下位よりも上位の方が大きい傾向にある。しかし、 $C_L \cdot D$ 級岩盤では大きな差異が認められない。

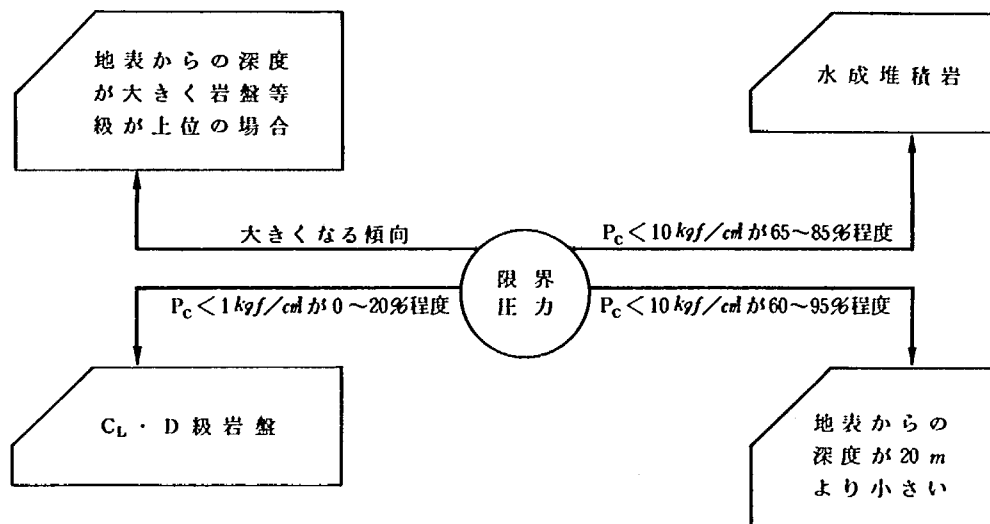


図-20 限界圧力特性の概略分類

III 地質・地表からの深度とルジオン値

- (1) 本調査の範囲では、古第三紀以前の火山性堆積岩および水成堆積岩と変成岩類が地表からの深度が大きくなると小さなLu値を示す割合が多くなる傾向が顕著である。すなわち地表からの深度に係る拘束応力の大きさがLu値に影響を与えているものと考えられる。
- (2) また、地表からの深度が $40 \leq h_z < 100 \text{ m}$ 範囲で $Lu < 5$ の加積百分率は、平均的に古第三紀以前の火山性堆積岩および水成堆積岩と変成岩類では75~90%である。他の地質成因では同様に60~70%であり地質成因による差異は顕著に認められない。

IV 地質・岩盤等級区分の等級とルジオン値

図-21に本調査結果に基づく岩盤等級区分とルジオン値 ($Lu < 5$ および $5 \leq Lu$) の百分率範囲を示す。

- (1) 一般に採用されているダム基礎岩盤の岩盤分類方法は、岩片の強さ・節理や割れ目の間隔・節理や割れ目の密着性・風化変質の程度・挟在物の程度等に着目して岩級を評価している。したがって基礎岩盤内の透水性に大きく影響すると考えられる節理・亀裂等の密着性・挟在物の有無および岩片の強さ（硬さ・軟さの程度）に関する情報の信頼性は非常に高いものと考えられる。
- (2) したがって岩盤分類の等級区分と透水性の程度との間には強い相関性が認められる。調査データによればB・C_H・C_M・C_L・D級の順にLu値が大きくなる割合が大きくなる。地質成因別にみたLu < 5の加積百分率の範囲はおよそB級で70～100%，C_H級で65～100%，C_M級で30～80%，C_L級で20～45%，D級で20～70%であった。また、Lu < 2の加積百分率はB級で55～75%，C_H級で45～75%，C_M級で10～55%，C_L級で5～25%，D級で15～16%（古第三紀以前・火山性堆積岩でのLu < 20のデータは零）であった。C_M級岩盤の場合には新第三紀以降の水成堆積岩と古第三紀以前の火山性堆積岩はC_H級岩盤のLu値分布特性に近い分布形状を示している。しかし、他の地質成因の場合にはC_L級岩盤のLu値分布特性に近い分布傾向を示している。

ダム基礎岩盤の透水性に関して44ダムのパイロット孔を用いたルジオンテストデータをもとに整理・集計した主な結果を表-5に示す。表-5からも明らかなように地質別のデータ数に多少の差がある。したがって今回の調査結果の精度にデータ数が影響を与えていることも十分に考えられるため、今後さらにデータの集積を計りデータを充実していくことが必要であると考ええる。

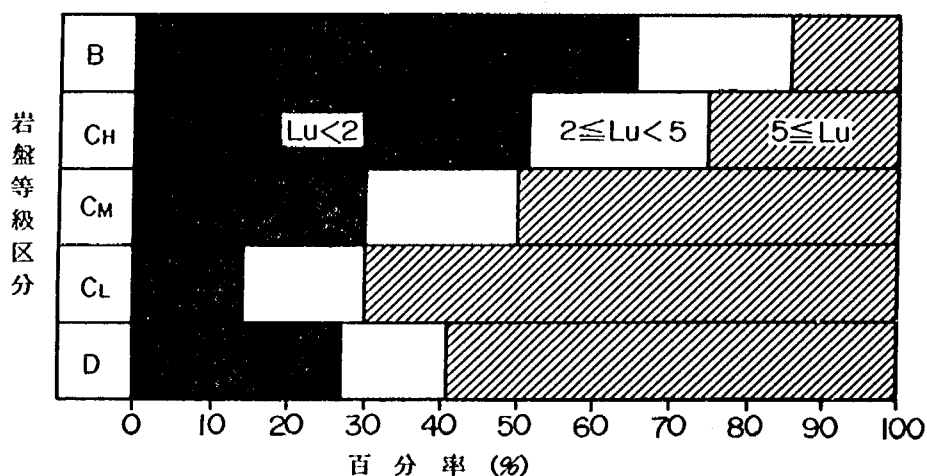


図-21 岩盤等級区分別のルジオン値特性

表-5 ダム基礎岩盤の透水性に関する調査結果の総括

項目 地質分類	P ~ Q 曲線 形態の多い 順 番		$P_c > 10 \text{ kgf/cm}^2$ の百分率 (%)	等級比 = $\frac{C_L + D}{B + C_H + C_M}$		$20 \leq h_z < 40$ での $L_u < 5$ 個数 %	岩 級 別 の $L_u < 5$ 百 分 率					データ 数の 合 計
							B	C_H	C_M	C_L	D	
							個数 %	個数 %	個数 %	個数 %	個数 %	
新第三紀以降 火山性堆積岩	1 P-II	2 P-III-II	42	0.75	0.42	$\frac{113}{221}$ 51	$\frac{8}{11}$ 73	$\frac{105}{142}$ 74	$\frac{87}{172}$ 51	$\frac{30}{110}$ 27	$\frac{8}{32}$ 25	467
	3 P-III-I	4 P-I										
新第三紀以降 水成堆積岩	1 P-III-I	2 P-II	16	1.67	0.08	$\frac{47}{69}$ 68	$\frac{2}{2}$ 100	$\frac{15}{15}$ 100	$\frac{38}{47}$ 81	$\frac{3}{9}$ 33	$\frac{3}{6}$ 50	79
	3 P-III-II	4 P-I										
古第三紀以前 火山性堆積岩	1 P-II	2 P-III-I	58	0.75	0.21	$\frac{49}{57}$ 86	$\frac{31}{31}$ 100	$\frac{27}{28}$ 96	$\frac{24}{32}$ 75	$\frac{2}{8}$ 25	$\frac{0}{3}$ -	102
	3 P-III-II	4 P-I										
古第三紀以前 水成堆積岩	1 P-II	2 P-III-II	35	1.40	0.39	$\frac{49}{98}$ 50	$\frac{31}{36}$ 86	$\frac{37}{48}$ 77	$\frac{23}{74}$ 31	$\frac{10}{52}$ 19	$\frac{6}{32}$ 19	242
	3 P-III-I	4 P-I										
火 成 岩 火山岩類	1 P-II	2 P-III-I	51	1.04	0.31	$\frac{148}{237}$ 62	$\frac{48}{58}$ 83	$\frac{160}{215}$ 74	$\frac{107}{216}$ 50	$\frac{33}{109}$ 30	$\frac{10}{22}$ 45	620
	3 P-III-II	4 P-I										
火 成 岩 深成岩類	1 P-II	2 P-III-I	56	0.77	0.39	$\frac{118}{205}$ 58	$\frac{59}{74}$ 80	$\frac{121}{188}$ 64	$\frac{72}{154}$ 47	$\frac{29}{62}$ 47	$\frac{36}{53}$ 68	531
	3 P-III-II	4 P-I										
変 成 岩 類	1 P-II	2 P-III-I	58	1.12	0.26	$\frac{42}{78}$ 54	$\frac{17}{17}$ 100	$\frac{125}{155}$ 81	$\frac{30}{63}$ 48	$\frac{13}{52}$ 25	$\frac{4}{17}$ 24	304
	3 P-III-II	4 P-I										

あとがき

ダムを築造するに当たって設計施工上要求される条件は、基本的にダムの安全性を確保可能な基礎岩盤の力学性状と透水性状を十分に把握することである。

本調査は前述したようにダムの設計、施工計画および安全性に関与しているダム基礎岩盤の透水性に着目した調査・試験データの収集・整理を実施した。ダム基礎岩盤をその成因によって大別すると火成岩・堆積岩・変成岩の3種類となる。更に、地質年代をもって区分すると古生代・中生代・新生代の3種類となる。しかし、地質構造（貫入、整合、不整合、褶曲、断層など）・地質年代・成因の組合せによって基礎岩盤の性状が一定しない場合が常である。

したがってダム基礎岩盤の透水性をルジオン値（Lu）によって評価することを基本として、多くのダム（44ダム）で得られた透水性に係るデータの収集・整理を行った。その結果、従来から経験的にダム基礎岩盤の透水性に関与していると考えられている、地質成因・地表からの深度・岩盤等級区分・限界圧力との相互関連について知ることができた。

今回の調査結果より判断してダム基礎岩盤の透水性状をさらに把握するためには下記の点に重点を置いて今後ともデータの蓄積と分析方法の詳細な検討を行うことが必要であると考えられる。

- 1) 分析対象項目によってはデータ数の多少の差が分析結果に影響を与えることが十分に考えられる。

したがって今後、データ数（標本数）を増すとともに全体の精度の均一化を計ることが必要であると考えられる。

- 2) 地質年代・成因の他に地質構造、地形等に関する情報および地下水位との関連性についてのデータ収集・分析が必要であると考えられる。

- 3) その他、ボーリングコア採取率RQD（Rock Quality Designation）に着目した整理も行う必要があるものと考えられる。

- 4) また、ルジオンテストより得られるP～Q曲線に基づくLu値、特に換算Lu値の求め方の統一と限界圧力を考慮したLu値の評価が必要である。特に新第三紀の堆積岩、火山性軟岩・風化岩等の限界圧力が非常に小さい軟岩の場合にはその評価が重要となる。

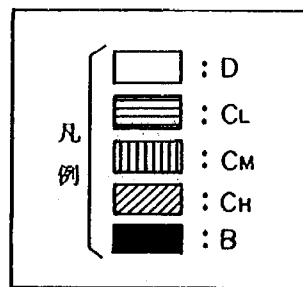
- 5) 今後さらにダム基礎岩盤の透水性に関するデータが蓄積されてくるものと予想される。したがって莫大なデータの整理・分析を行うためには電算システムの利用についても検討する必要があるだろう。

現在、ダム基礎岩盤の性状を精度良く把握することを困難にしている主な原因は、調査対象範囲について高い密度に調査しようとした場合に経済的な面で限界があること、全体を直視できない等が上げられる。したがって現時点では経験工学的な要素が強いが、データの蓄積によって徐々に解明していく努力が必要であると考えられる。

本調査を実施するに当たり、関係ダムより貴重な資料・データの提供を頂いた。ここに深甚なる謝意を表します。

付 図

以下に地質成因・ダム別のルジオン値と岩盤等級区分の百分率分布図を示す。

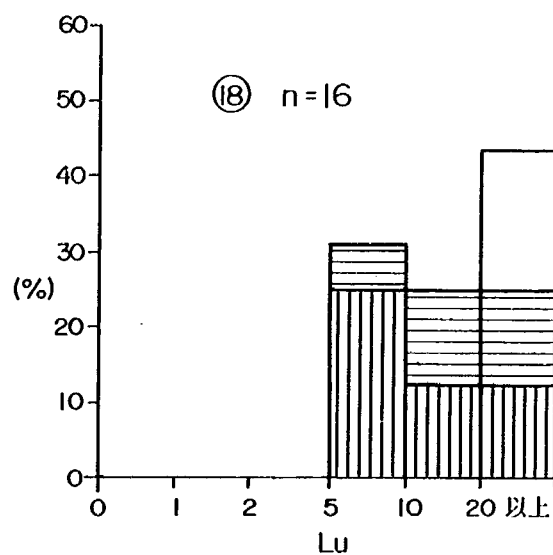
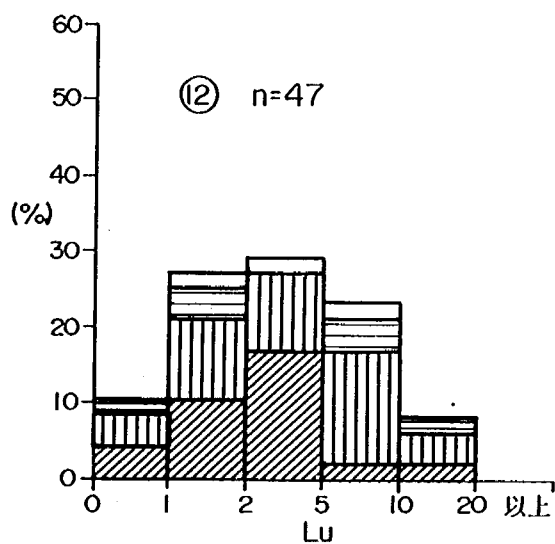
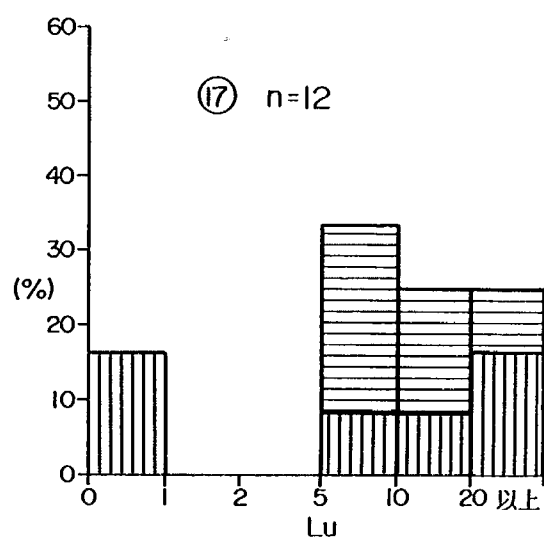
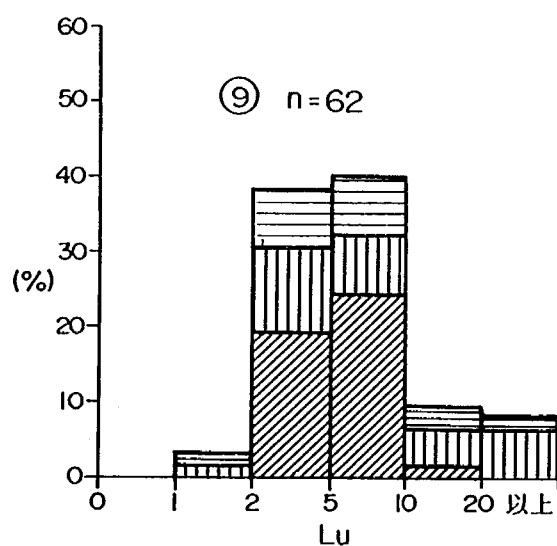
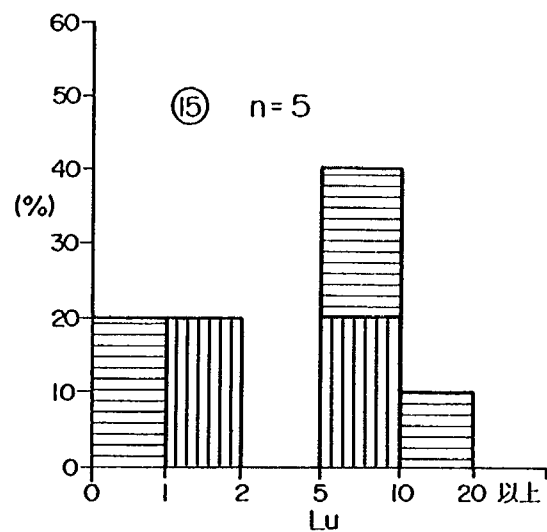
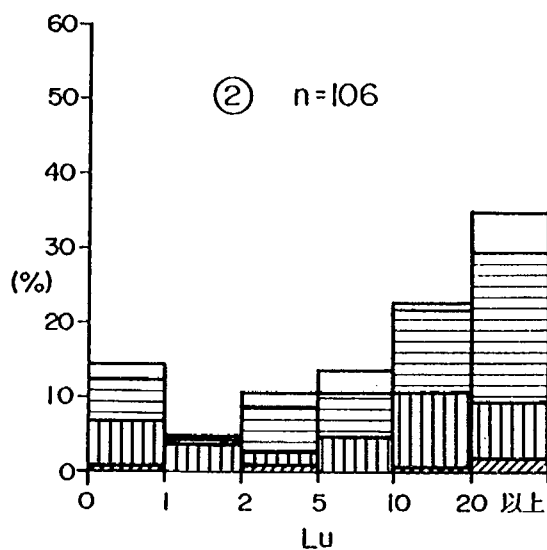


10

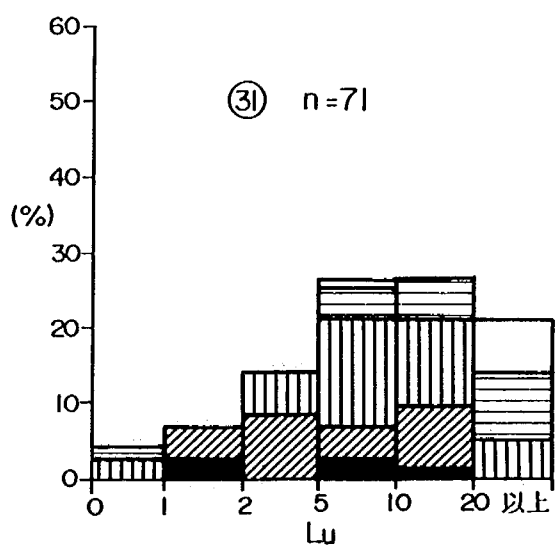
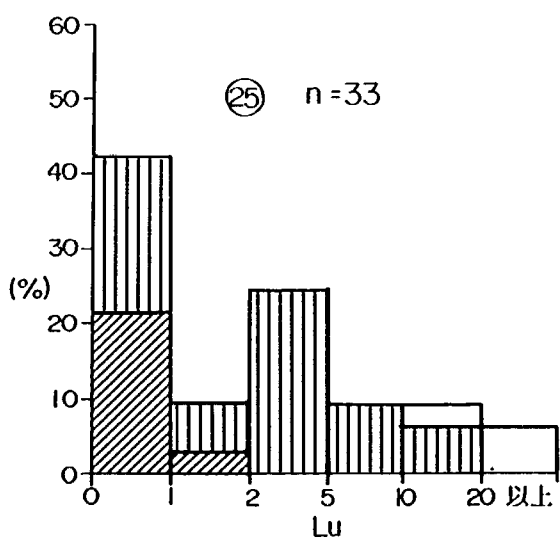
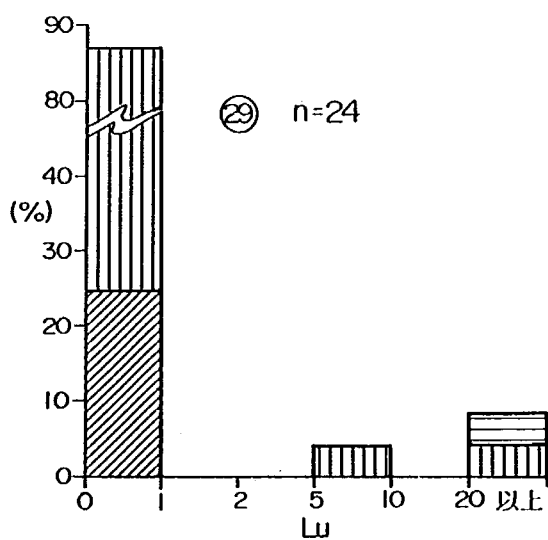
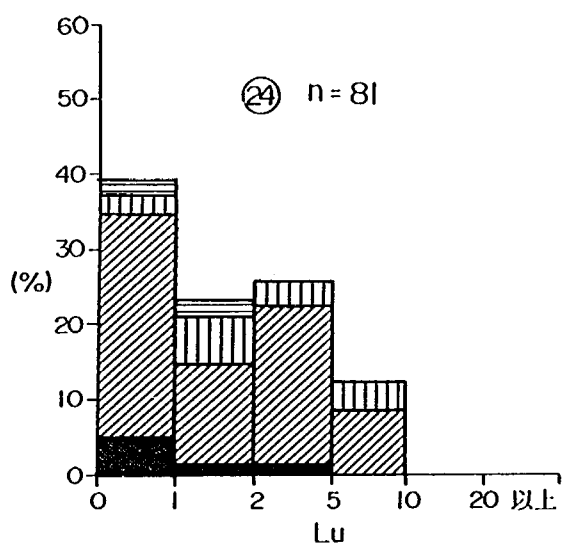
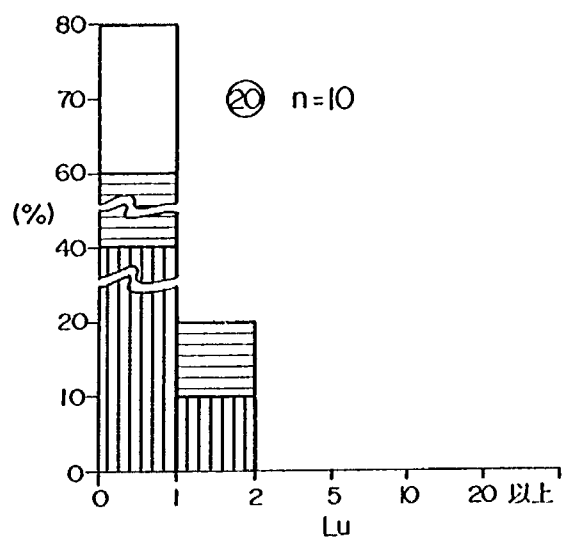
11

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

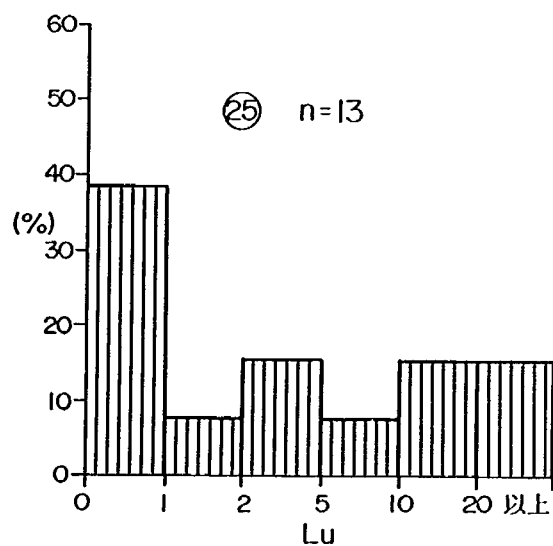
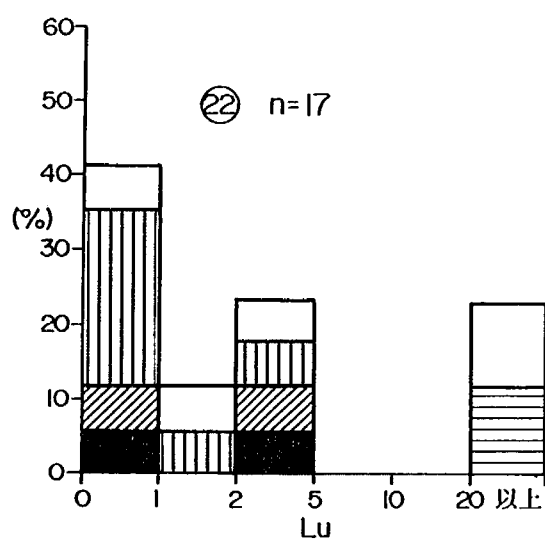
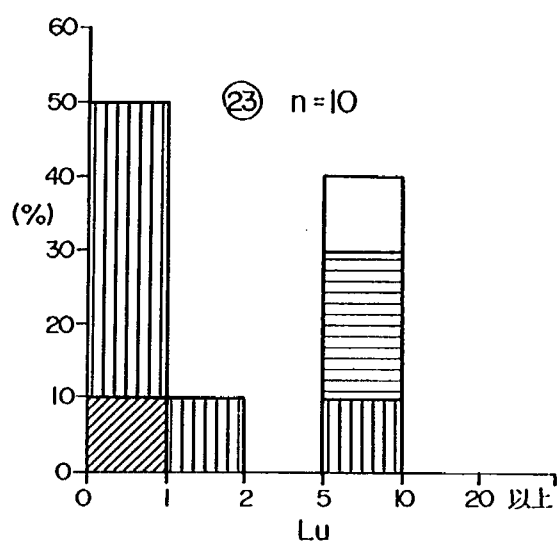
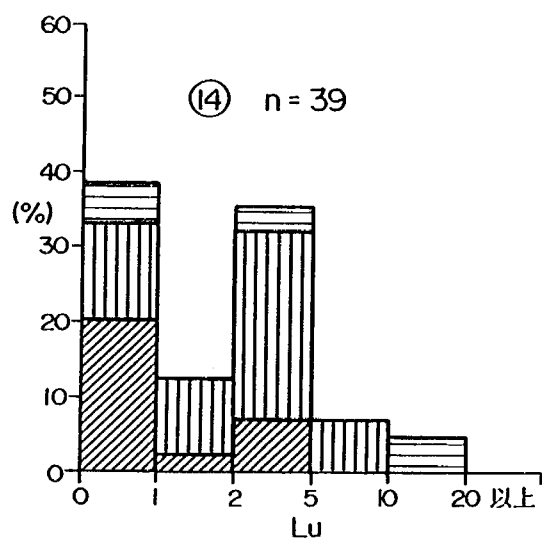
THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS
1207 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637
U.S.A.
LONDON, ENGLAND
W1P 8DB



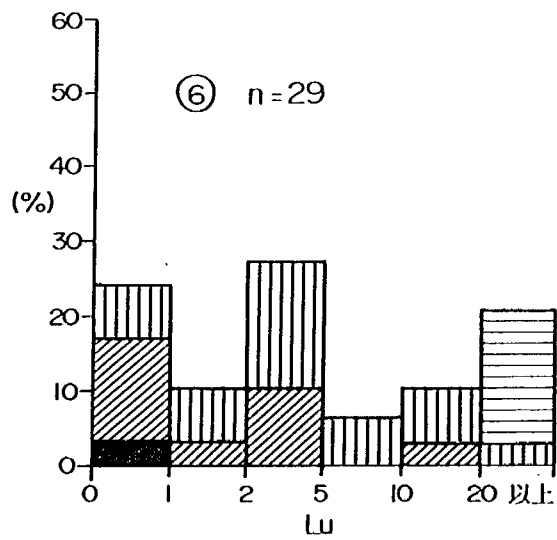
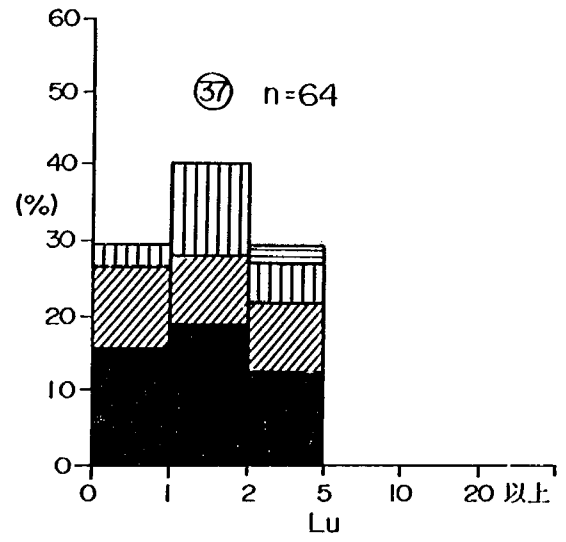
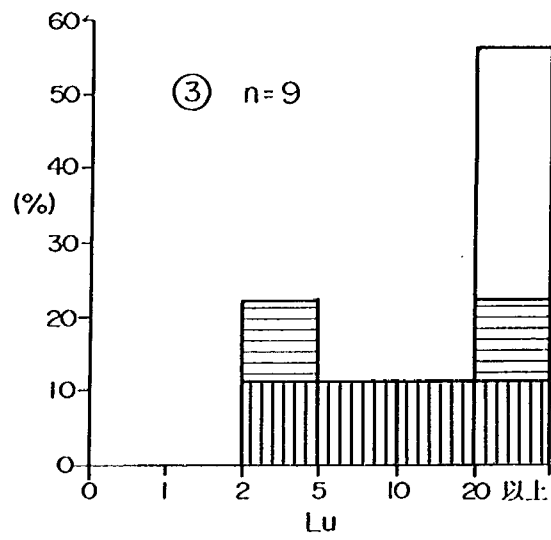
新第三紀以降・火山性堆積岩のルジオン値分布 (ダム別)



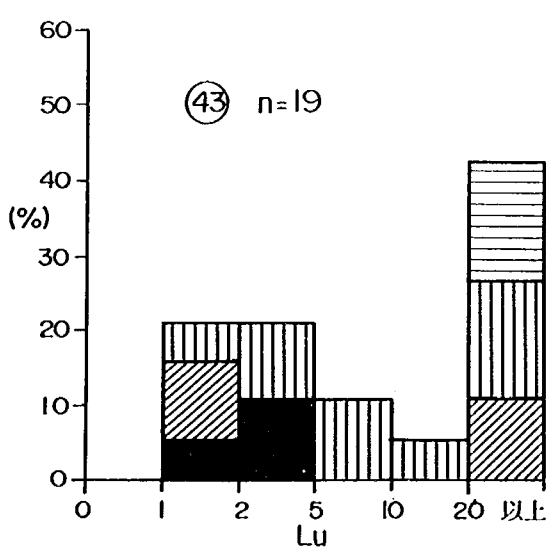
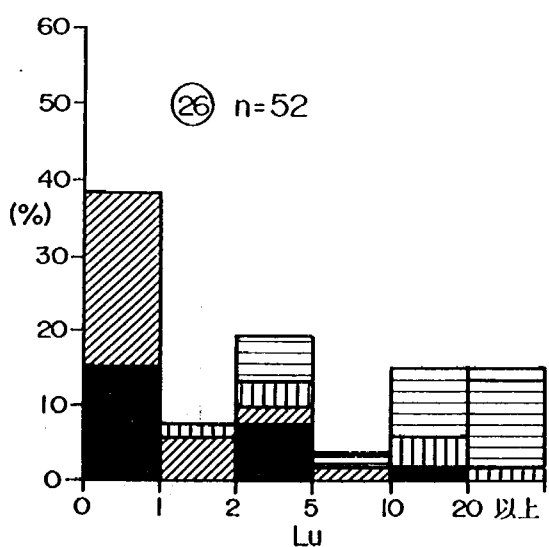
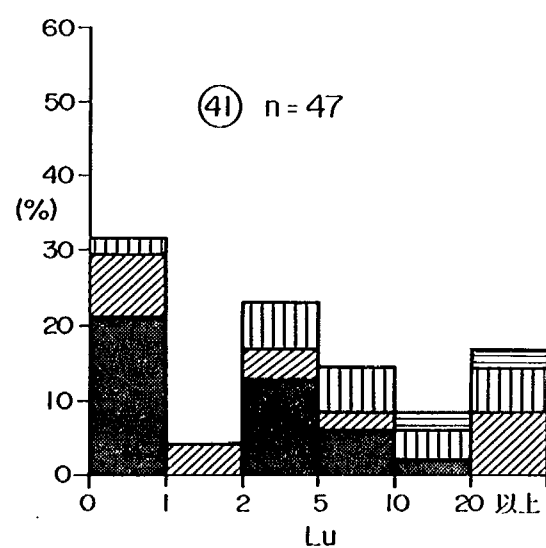
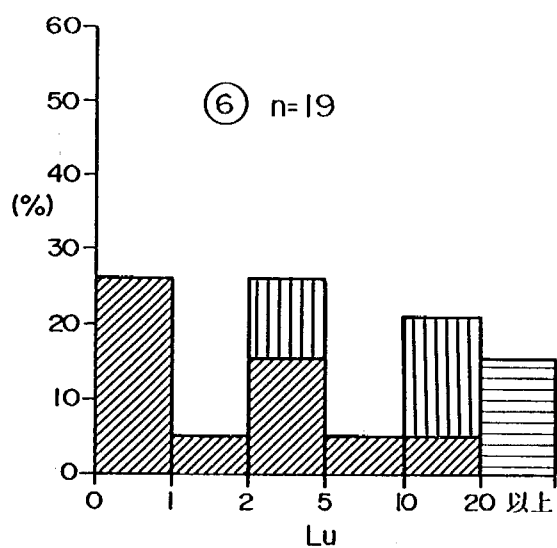
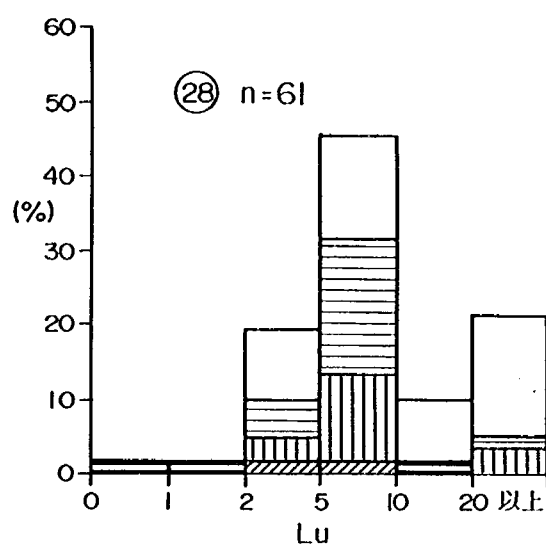
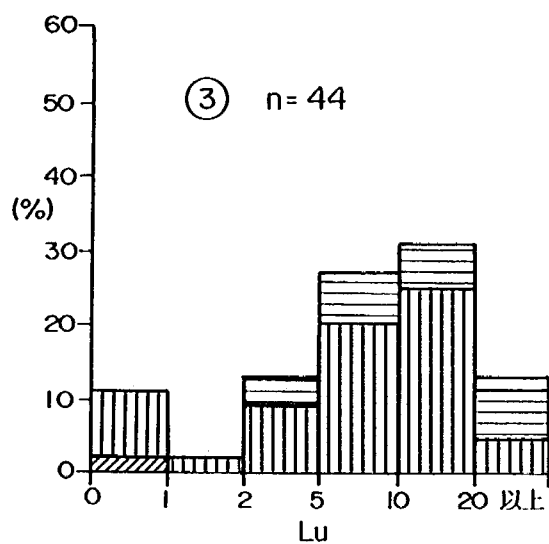
新第三紀以降・火山性堆積岩のルジオン値分布 (ダム別)



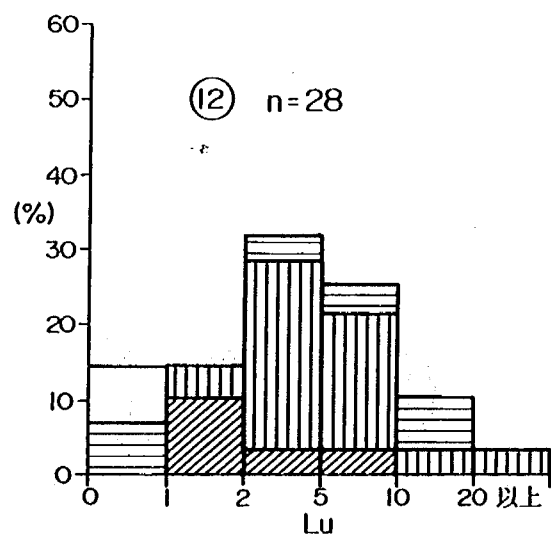
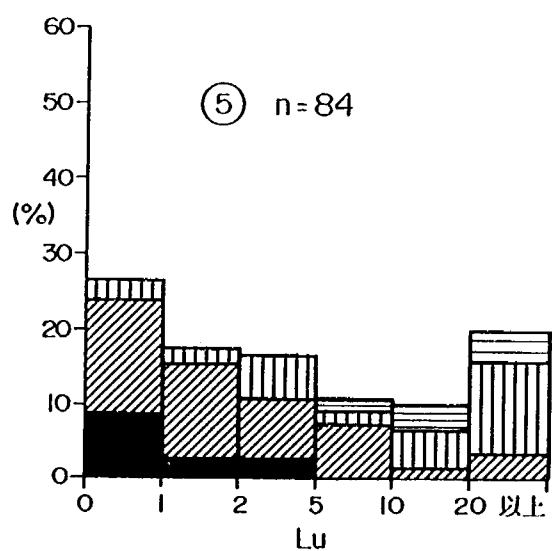
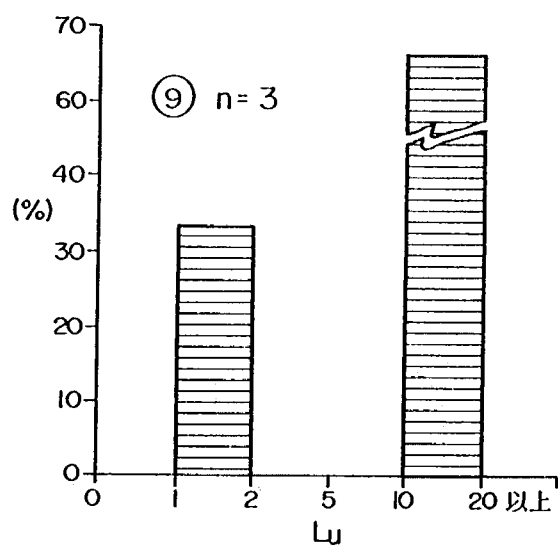
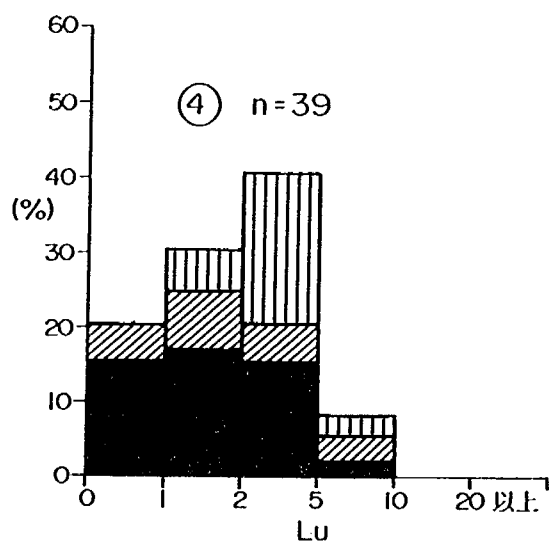
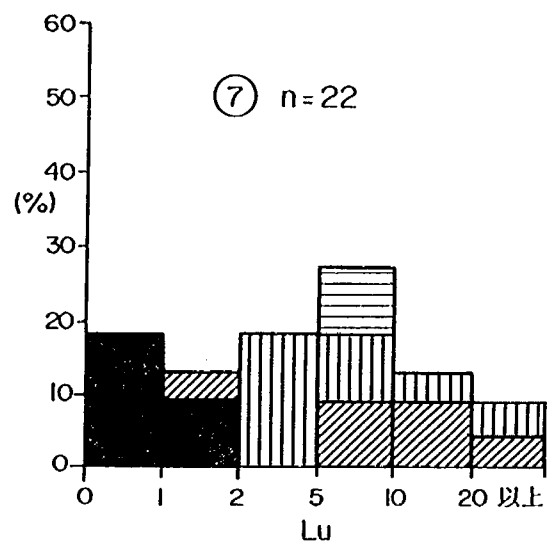
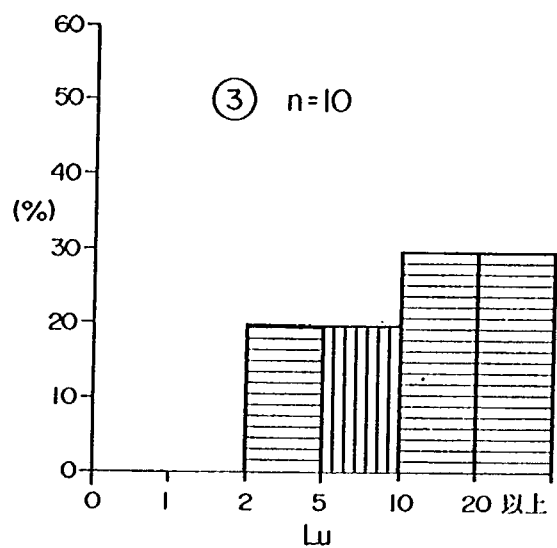
新第三紀以降・水成堆積岩のルジオン値分布 (ダム別)



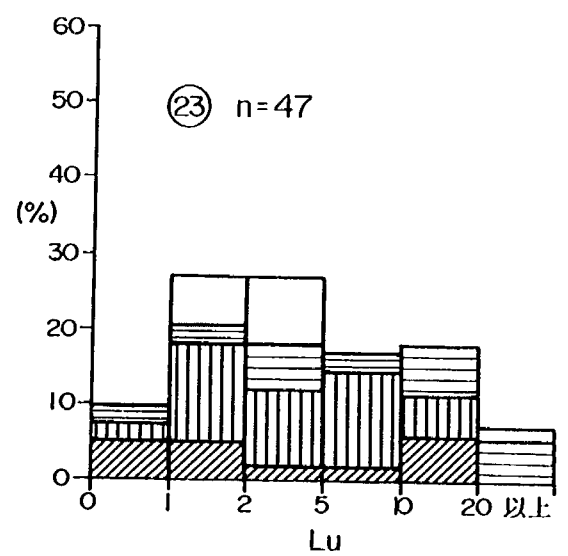
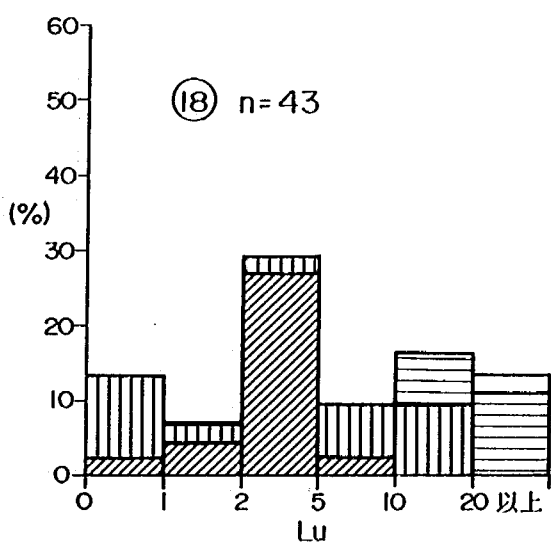
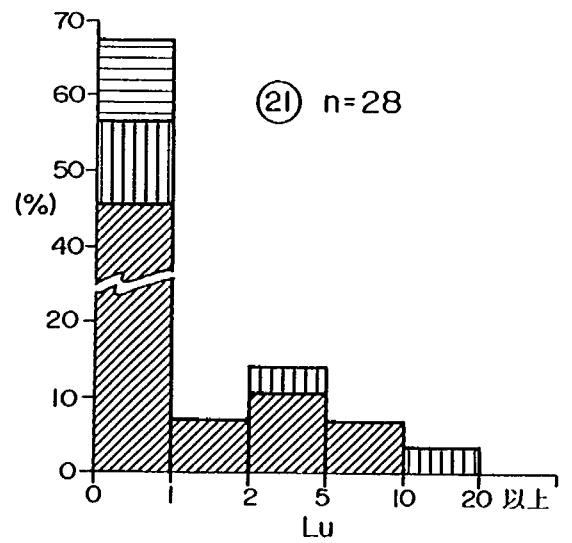
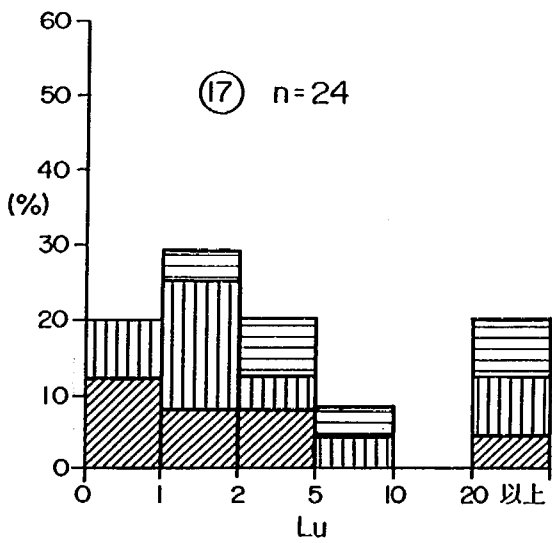
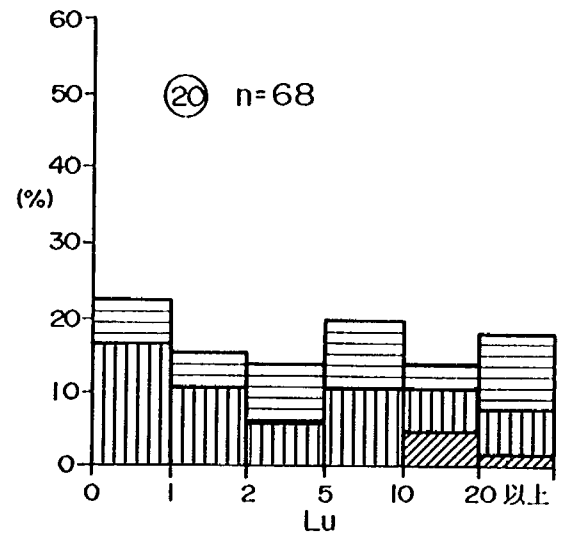
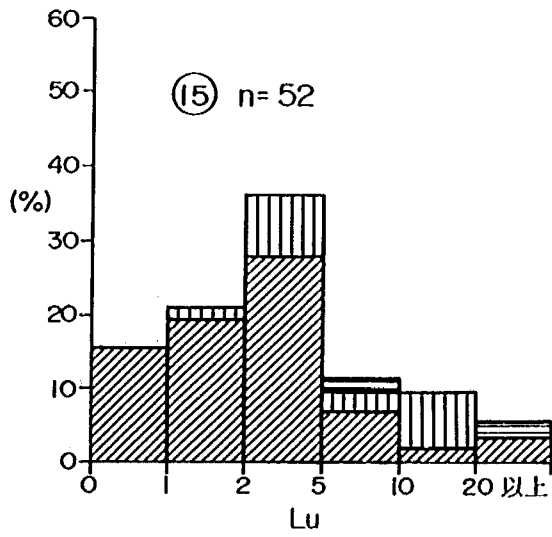
古第三紀以前・火山性堆積岩のルジオン値分布（ダム別）



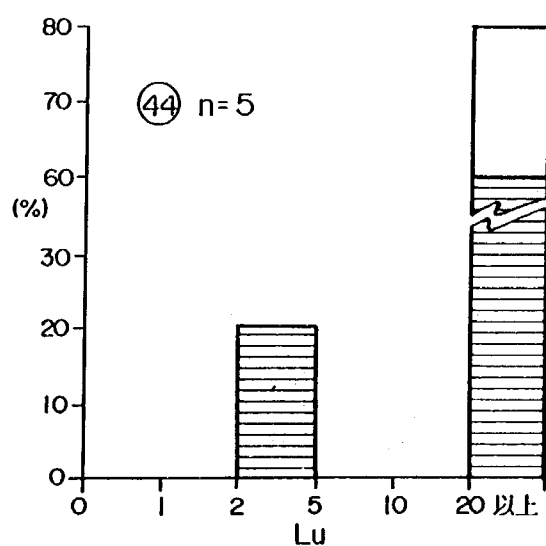
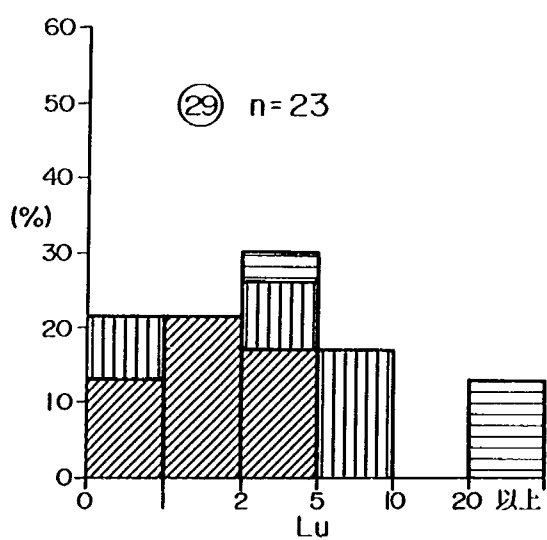
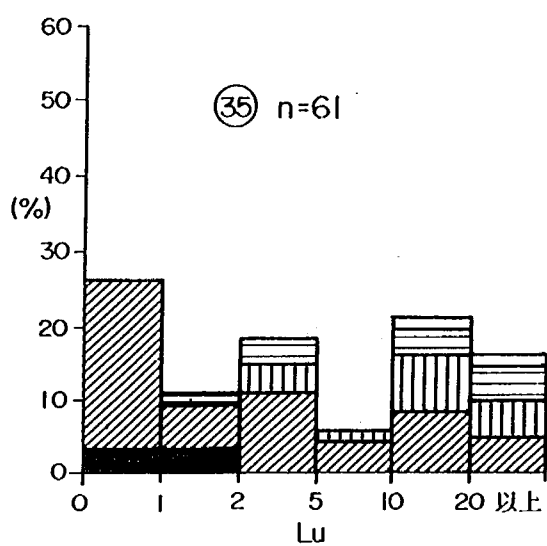
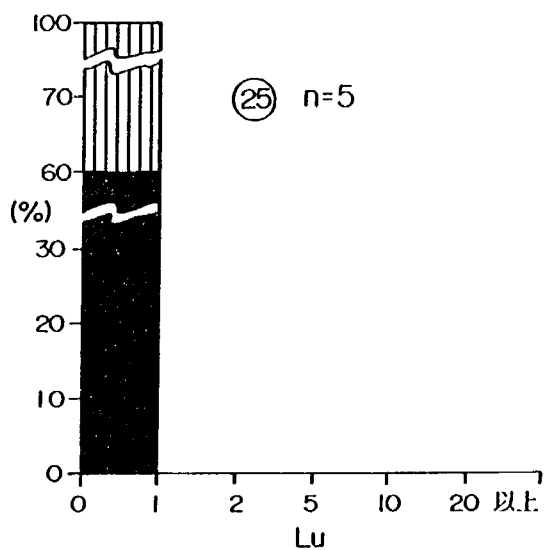
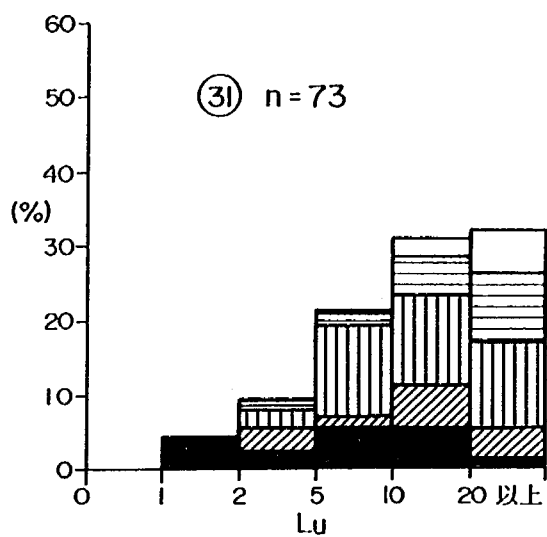
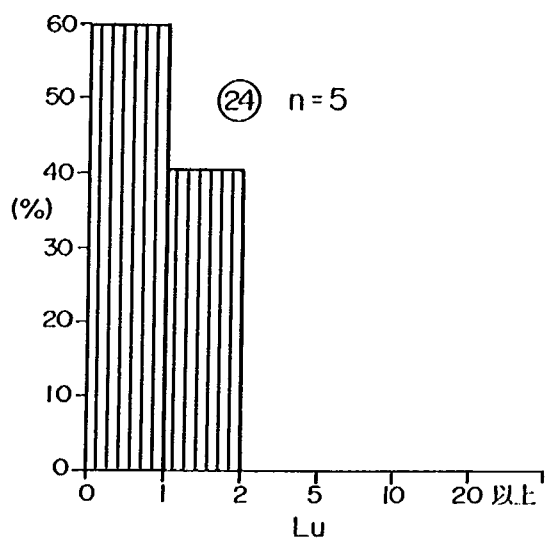
古代三紀以前・水成堆積岩のルジオン値分布 (ダム別)



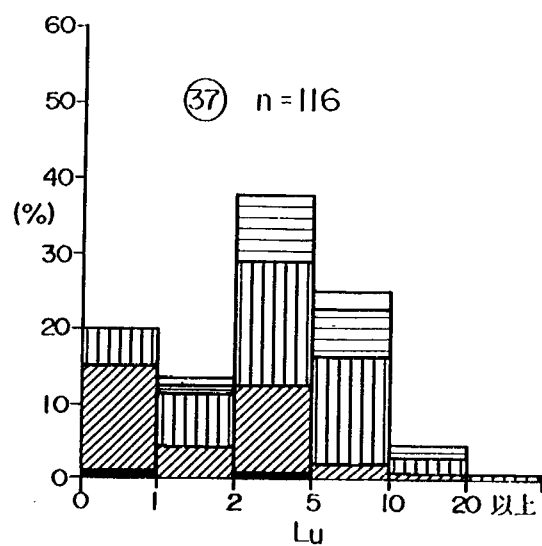
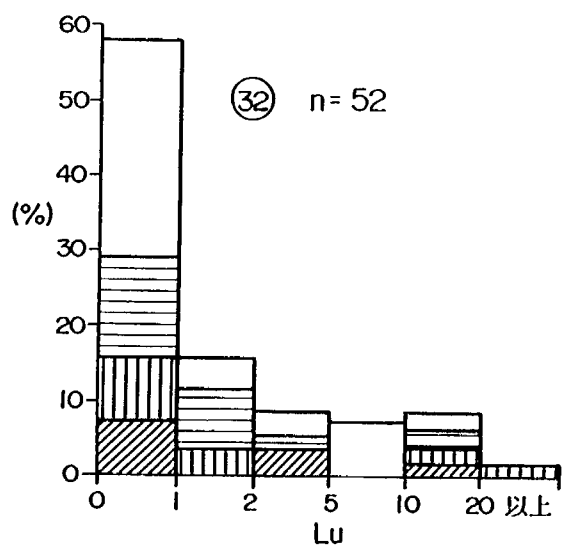
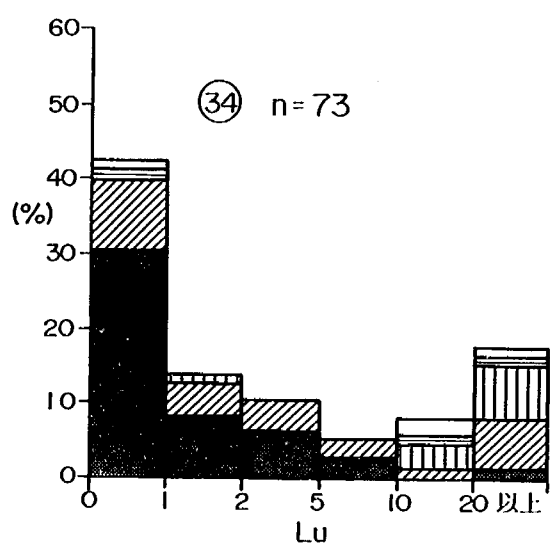
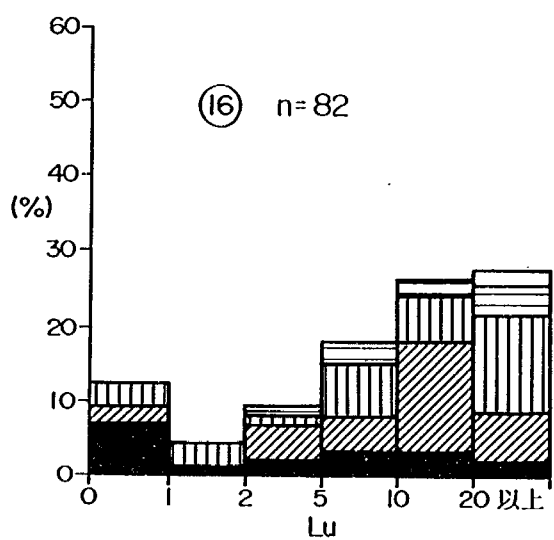
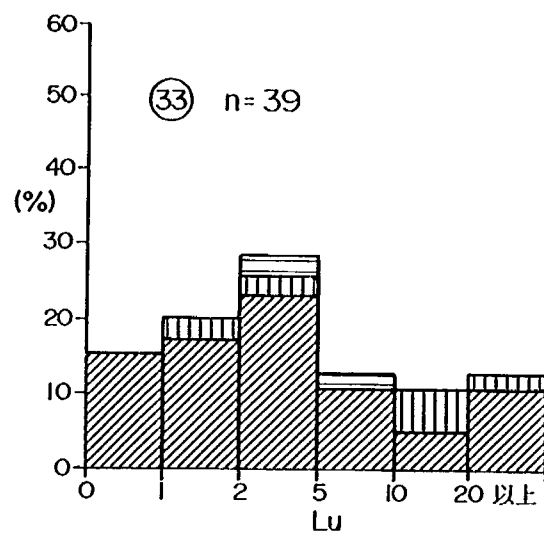
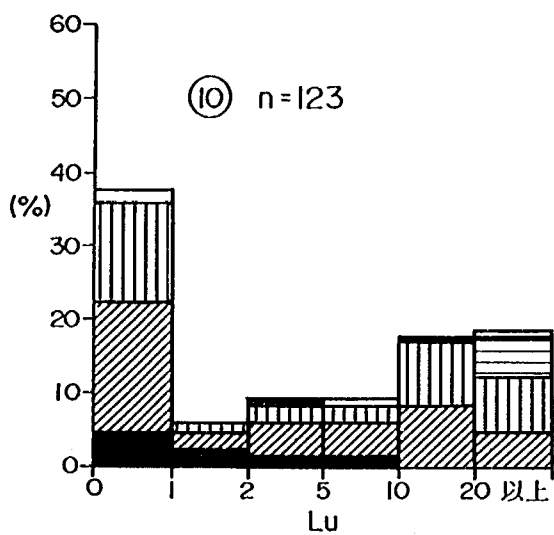
火成岩・火山岩類のルジオン値分布 (ダム別)



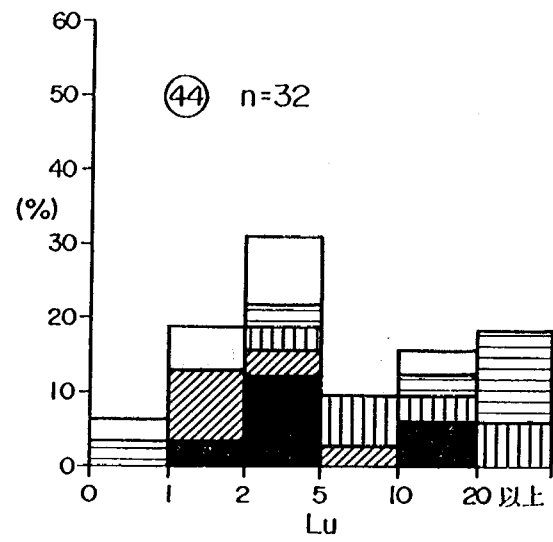
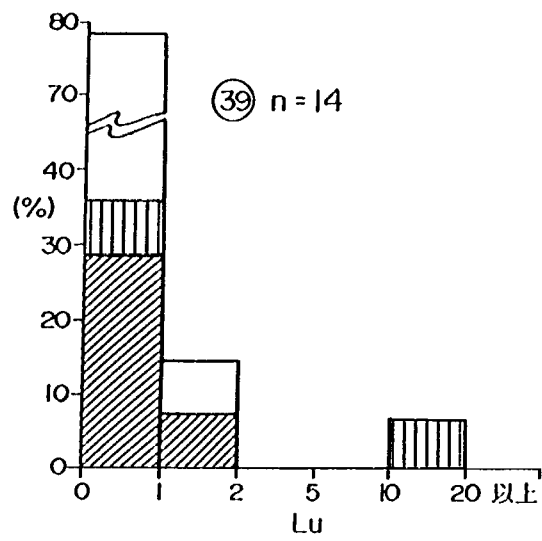
火成岩・火山岩類のルジオン値分布 (ダム別)



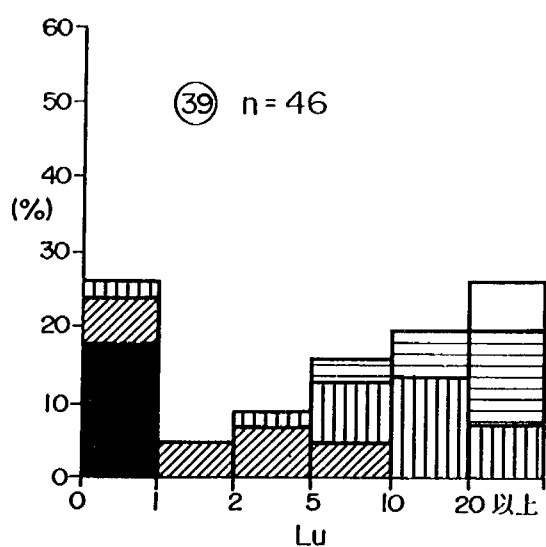
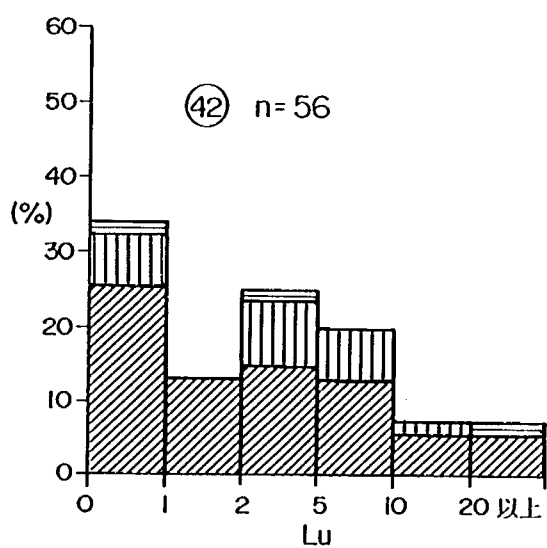
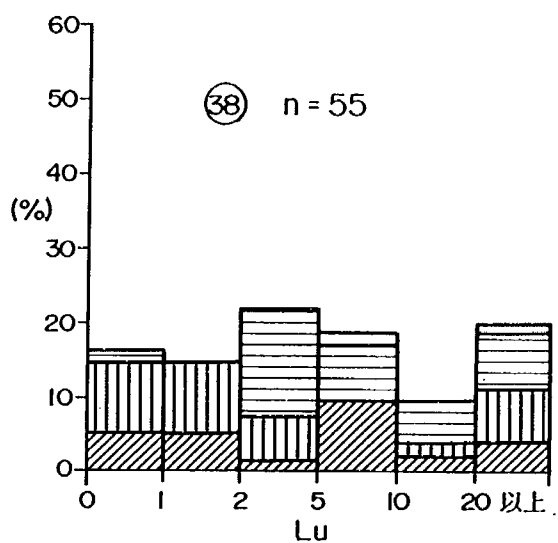
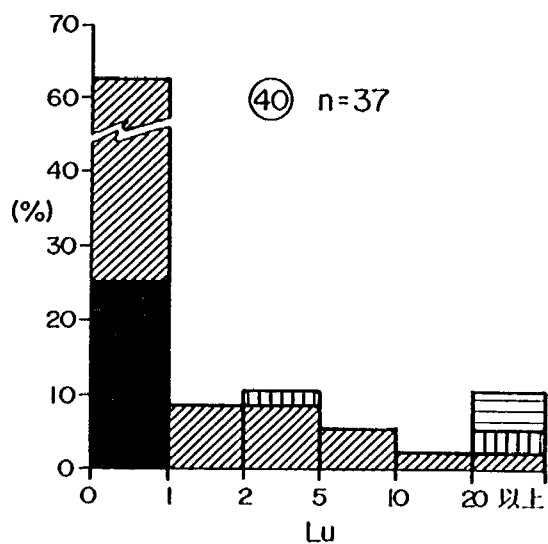
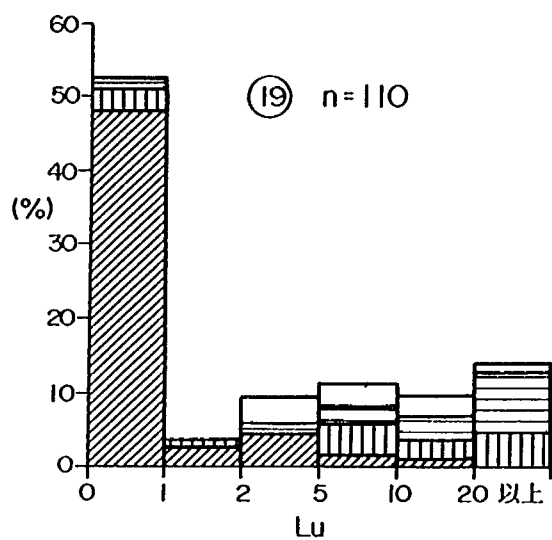
火成岩・火山岩類のルジオン値分布 (ダム別)



火成岩・深成岩類のルジオン値分布 (ダム別)



火成岩・深成岩類のルジオン値分布 (ダム別)



変成岩類のルジオン値分布 (ダム別)

ダム基礎岩盤の透水性に
関する調査

ISSN 0386-5878
土研資料第2299号
昭和61年3月(1986)
藤沢侃彦, 斉藤孝三
渡辺和夫, 宮崎一義

要 旨

ダム基礎岩盤の透水性状は、力学的性状とともにダムの設計・施工方法にかかわる重要な要素である。したがってこの性状を正確に把握することは基本的かつ重要な課題である。本調査では、ダム基礎岩盤の透水性状を把握するため全国44ダムの基礎岩盤の地質成因・地表からの深度・岩盤等級区分と透水性に関する資料の収集・整理・分析を実施した。透水性は、現場で行われたパイロット孔でのルジオンテストより得られたルジオン値で評価した。調査結果より、地質成因・地表からの深度・岩盤等級区分とルジオン値の相関性が認められた。

キーワード：ダム基礎岩盤, 透水性, ルジオン値



郵便はがき

四十円切手
をはって
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

ダム部ダム構造研究室

御中

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第 2299 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印