

II-14 北海道内の小流域における地質と流出特性

北海道大学工学部 正 員 藤田睦博

北海道大学工学部 正 員 山田 正

北海道大学工学部 学生員 嶋田啓一

1. はじめに

流域の地質構造は、その流域の流出特性を規定する大きな要素の一つである。しかしながら、地質構造と流出特性の関係を定量的に評価しようとすると、いまだ数多くの問題が残されている。例えば、水理公式集でピーク流出係数をとりあげてみても、地形の状態や土地の利用状況とピーク流出係数の関係についての記述は詳しいが、地質構造との関係についてはその記述は不十分である。

ここでは、北海道内の小流域を対象に流出特性として、流出率（総流出量／総降雨量）とピーク流出係数をとりあげ、地質構造との関係について考察したものである。

2. 地質と流出特性

図-1は、北海道の地質を示したものである。図-1の凡例について以下に簡単に説明する。

- 低地堆積物 — 河川氾濫原堆積物・三角州性堆積物・自然堤防堆積物・後背湿地堆積物（泥炭）など河川流域及び沿岸の低地を構成する地質系統を一括。
- 扇状地堆積物 — 地質時代は前期更新世から完新世まで一括。主に砂礫で構成されている。
- 崖錐堆積物 — 主として火山山麓の淘汰不良、粗しょうな堆積物を一括。岩塊・砂礫・火山灰の混合体。
- 段丘堆積物 — 河岸段丘、海岸段丘で高度の異なる各堆積物を一括。主に砂礫で構成されている。
- 中～下部更新統 — 段丘堆積物・火山碎屑物を除く更新統を一括。砂礫・粘土からなる厚層の累層でよく締まっている。
- 鮮新統 — 比較的粗粒な累層を一括。一部更新世に属するものも含む。
- 火山碎屑物 — 軽石流堆積物及び溶結凝灰岩を一括。また、完新世の溶岩と鮮新～更新世の平坦溶岩を一括。

不透水性基盤 — 上記各地質を除く、新第三系、白亜系、ジュラ系などの古期堆積岩類、火成岩、変成岩などを一括。

著者らは図-1の地質図にもとづき北海道の小流域を分類して、各小流域毎に総降雨量 $R_g(mm)$ と総直接流出量 $Q_g(mm)$ （基底流量は、ハイドログラフの立ち上がり時刻の流量と減水部第2折曲点の流量を直線で結んで分離）を図示して、次ぎに示すような結果を得ている。²

(1) 不透水性基盤の小流域の流出率が、最も大きい。

(2) 火山灰地域では、沖積火山灰域と洪積火山灰域では、流出率 f に明らかに差が認められた。

これらの結果は、流出率 f が流域の地層の厚さに

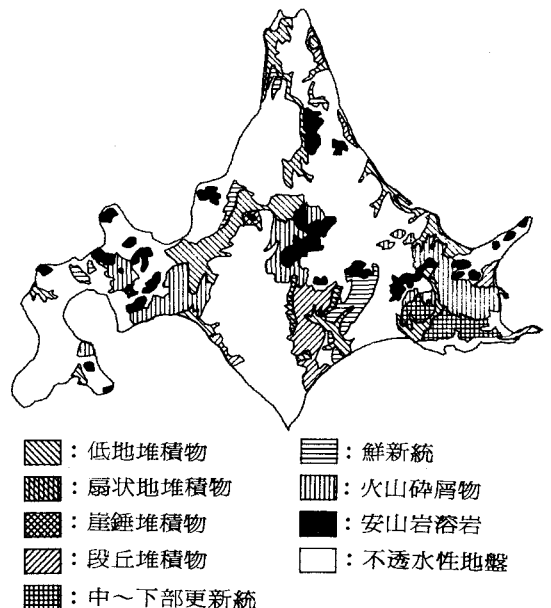


図-1 北海道の地質¹

強く依存していることを示唆しているが、定量的な解析にまで至っていない。

本研究では、特に火山灰性の小流域と不透水基盤の小流域に注目し、これら小流域の近傍の地質柱状図の収集に務めた。図-2は採用した地質柱状図の位置と(×印に付した番号は資料番号で、図-7の地質柱状図の番号と対応している。)、小流域の位置を示している。()の数値は採用した小流域の番号である。

最初に各小流域の到達時間 T_c について考察してみよう。到達時間は図-3に示すように定義した。到達時間に関しては、既に角屋ら³の提案している次式がよく知られている。

$$T_c = CA^{0.22}r_e^{-0.35} \quad (1)$$

$A(km^2)$: 流域面積

$r_e(mm/hr)$: 到達時間内の平均有効雨量

$T_c(min)$: 到達時間

丘陵山林地域 : $C = 290$

粗造成宅地 : $C = 90 \sim 120$

放牧地 : $C = 190 \sim 210$

市街化地域 : $C = 60 \sim 90$

図-4は、横軸に $A^{0.22}r_e^{-0.35}$ を縦軸に到達時間 T_c をプロットしたものである。したがって、その勾配が式(1)の係数 C を表すことになる。

本論文では、図中の記号を統一して用いておりこれらを一括して表-1に示す。表中の番号は小流域の番号である。また、地層の厚さの大、中、小は、次のような基準で分類した。不透水性基盤の流域では、粘土・シルト層を不透水層と考え、地表から粘土・シルト層までを地層厚と定義した。ここでは、5mを境として薄い・厚いを決定した。一方、火山灰性の流域では、火山灰の厚さを地層厚と定義し、地表から約20m以下を薄い、20~40mを中程度とし、それ以上を厚いとした。一つの小流域の近傍に複数個の地質柱状図のデータが得られる場合には、原則としてこれらの地層

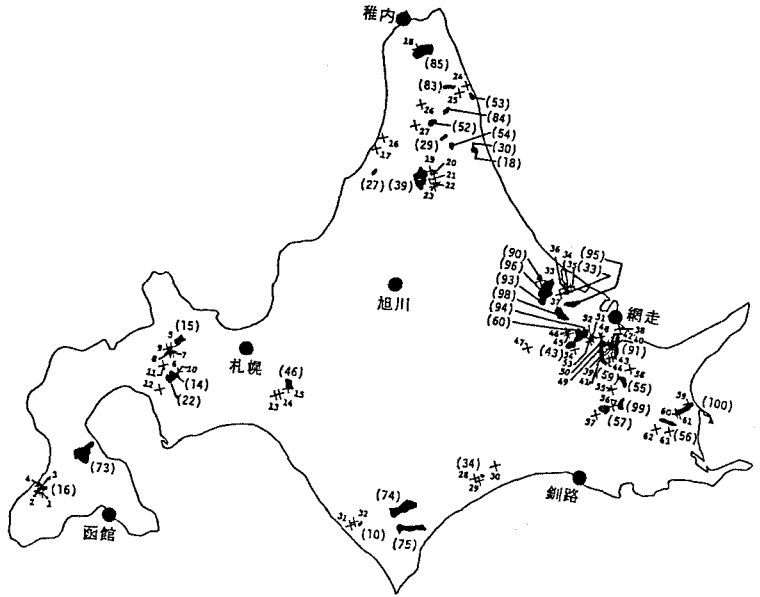


図-2 小流域の位置と地質柱状図の採用地点

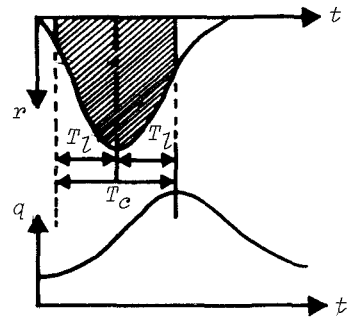


図-3 到達時間の定義

表-1 図の記号の一覧

火山灰			不透水性基盤	
薄	中	厚	薄	厚
14 ◆	56 ◇	46 ◇	10 ◇	15 ◆
22 ■	91 ■	55 □	16 □	27 ■
	94 ▲	57 ▲	34 ▲	33 ▲
	100 ✕	59 ✕	39 ✕	90 ✕
		60 ○	42 ○	93 ●
		99 ◇	43 ◇	95 ◆
			52 □	96 ■
			53 ▲	98 ▲
			84 ✕	
			85 ◇	

厚の平均をとって層厚の大小を決めた。具体的に 91 番の流域で説明すると、図-2 より 39、40、41、42、43、44 番の地質柱状図が関係している。それぞれを見てゆくと 39 番では地表から 8 m 付近に厚い粘土層があり、ほかにそのような粘土・シルト層は見当たらないので 39 番は特異なものと考え、層厚の分類には使用しない。あとのものは火山灰単独の層ではなく礫や細砂・中砂等があるが、薄いものや火山灰の透水係数との差が比較的小さいと考えられるものは、火山灰と同一視して考えて層厚をとる。従って順に、40、50、15、30、40 m と読み取れ、平均値は 35 m となり層厚は中と分類される。またここで採用した流域は、山林が流域面積の大部分を占めるものが多いので、 c の値が 290 の破線を図中に引いた。不透水性基盤、火山灰流域とも平均的な C の値がほぼ 290 程度であり、(1) 式の有用性を示しているが、不透水性基盤では点のばらつきが大きく、地層厚の大小による関係は、明確ではない。一方火山灰性の流域では、層の薄い方が到達時間が短いことが認められる。

流域番号：27 流域面積 19.81 (km²)

洪水名	a	b	c	d	e	f
初期流量 (m ³ /s)	2.6	2.1	0.3	1.0	2.8	0.8

流域番号：46 流域面積 38.15 (km²)

洪水名	A	B	C	D	E	F	G
初期流量 (m ³ /s)	4.1	1.2	2.1	2.8	1.4	1.4	1.9

表-2 初期流量の大きい洪水

本研究は、文部省科学研究費「比較河川学の研究」(代表 岸 力)の補助をうけた。また、本研究に使用した資料は、北海道開発局土木試験所から提供していただいた。記して謝意を表する。

<参考文献>

- 1) 北海道立資源調査所：北海道の地質と資源 5
- 2) 藤田：小流域の地質と流出率、土木学会第 41 回年講、1986
- 3) 角屋・福島：中小河川の洪水到達時間、京大防災研年報、第 19 号 B、pp. 143~152、1976
- 4) 北海道立地下資源調査所：北海道水理地質図

図-5 は、ピーク流出係数 f_p を解析するため直接流出量のピーク流量 q_p と到達時間内の平均降雨強度を流量に換算した $R_{ts} = \frac{1}{3.6} rA$ の関係を図示している。

R_{ts} (m³/sec): 到達時間内平均降雨強度を流量に換算したもの

r (mm/hr): 到達時間内平均降雨強度

(A) 図において英文字を記した点は、流域番号 27 番のもので他の資料に比較して初期流量が特に大きい場合である。しかしこれを除いても層厚の大小による関係は見られなかった。また (B) 図でも同様に英文字を記した点は流域番号 46 番のもので、やはり他に比べ初期流量が極めて大きい場合である。これを除けば火山灰層の薄い流域の f_p が大きくなっている。尚英文字を記した点は、面積及び初期流量を一括して表-2 に示す。

図-6 は、総直接流出量 Q_s と総降雨量 R_s の関係を示したものである。英文字を記した点は、(A) 図においては 27 番、(B) 図においては 46 番であり、図-5 で除いた流域と符合している。ここでも同様に除いて考えると、地層が薄い流域では流出率が大きくなる傾向が認められる。

3. 終わりに

火山灰性の流域では、その層厚の大きい方が雨水はより深くまで浸透して直接流出が減少し、また不透水性基盤の流域でも基盤上部の層厚が大きいほど直接流出量は減少すると考えられる。今回の解析の結果は上記の推論を裏付けたが、地層の厚さを、大・中・小という程度の分類であったことや、分類の基準となった値が最もよいものであったかという問題が残っている。今後の課題とした。

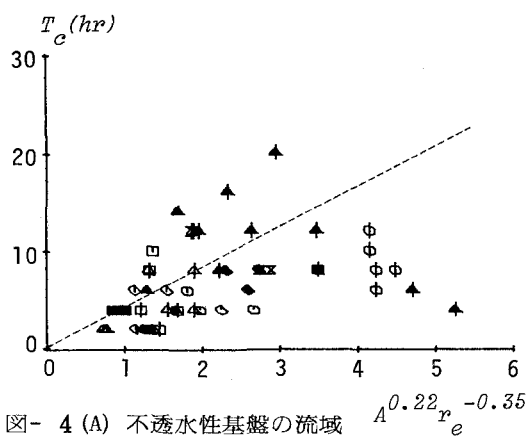


図- 4 (A) 不透水性基盤の流域

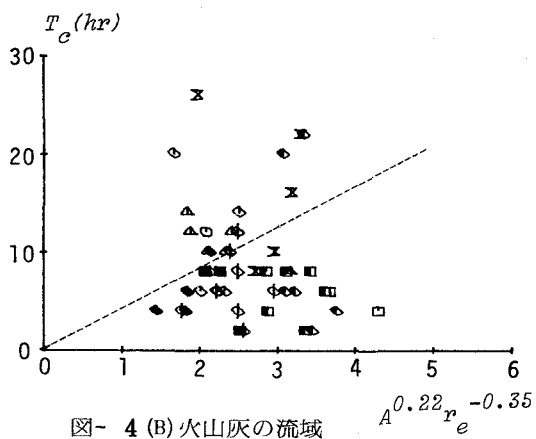


図- 4 (B) 火山灰の流域

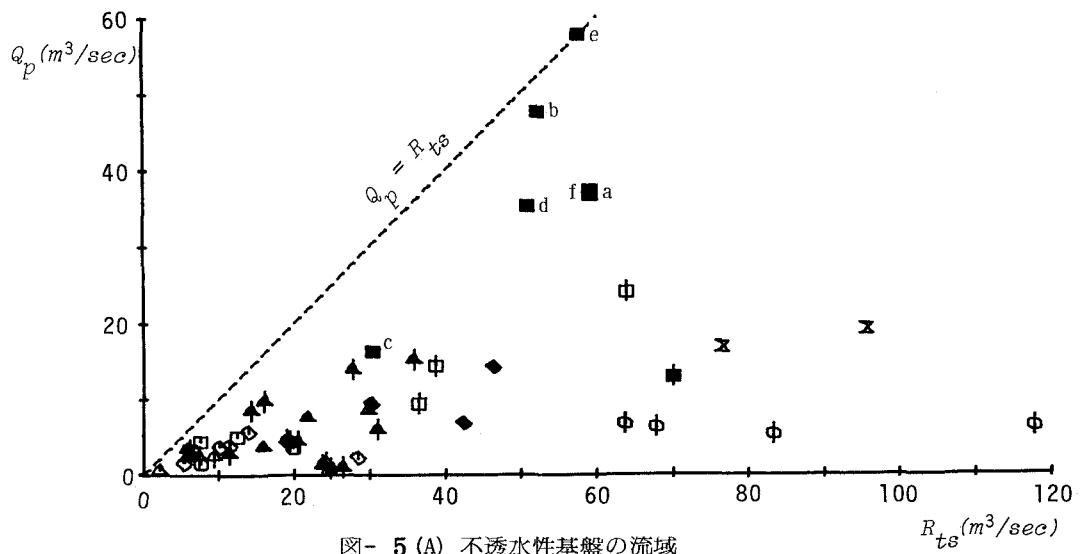


図- 5 (A) 不透水性基盤の流域

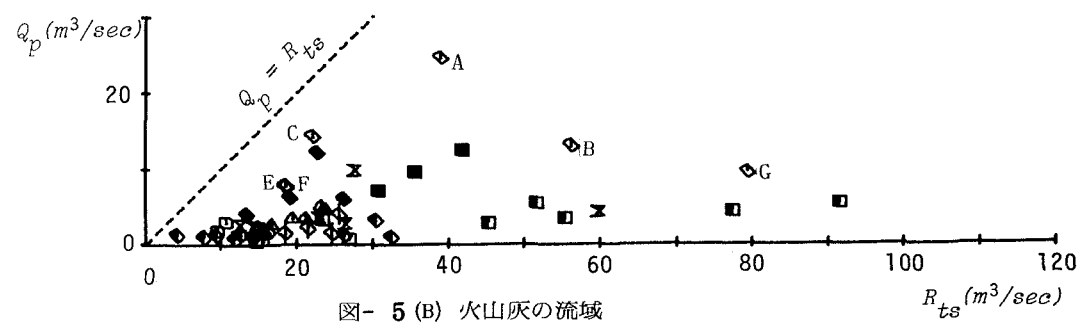


図- 5 (B) 火山灰の流域

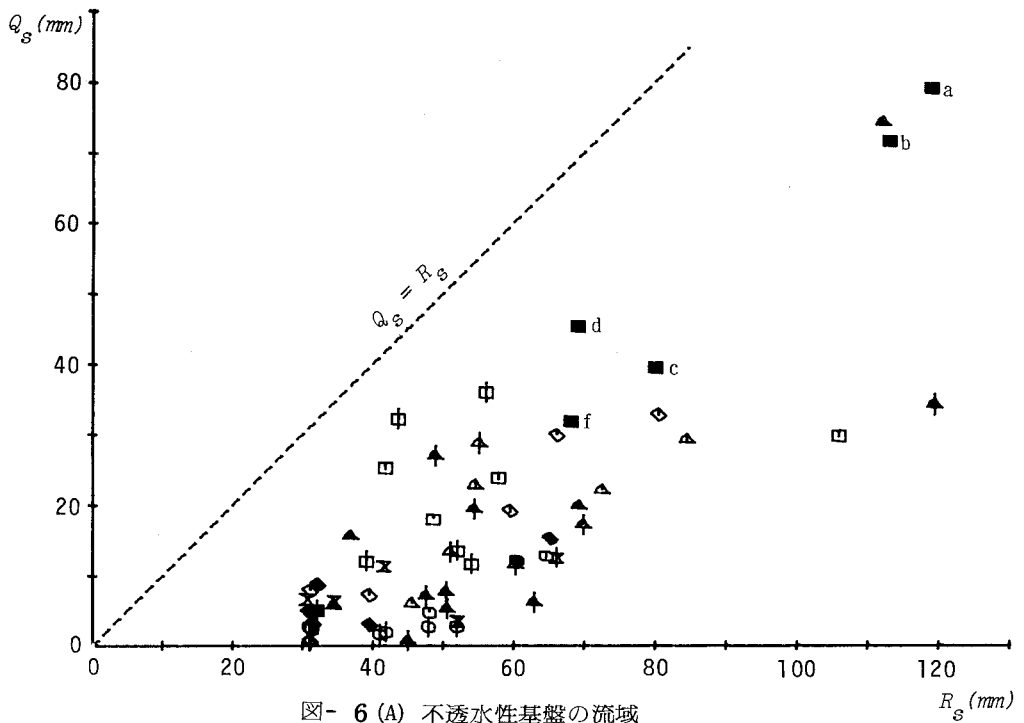


図- 6 (A) 不透水性基盤の流域

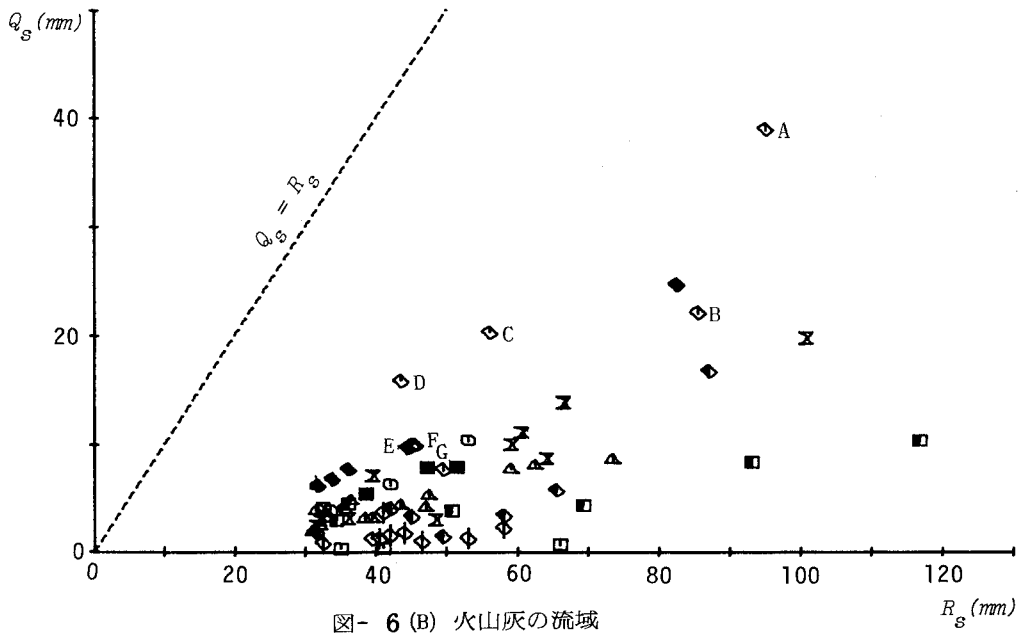


図- 6 (B) 火山灰の流域

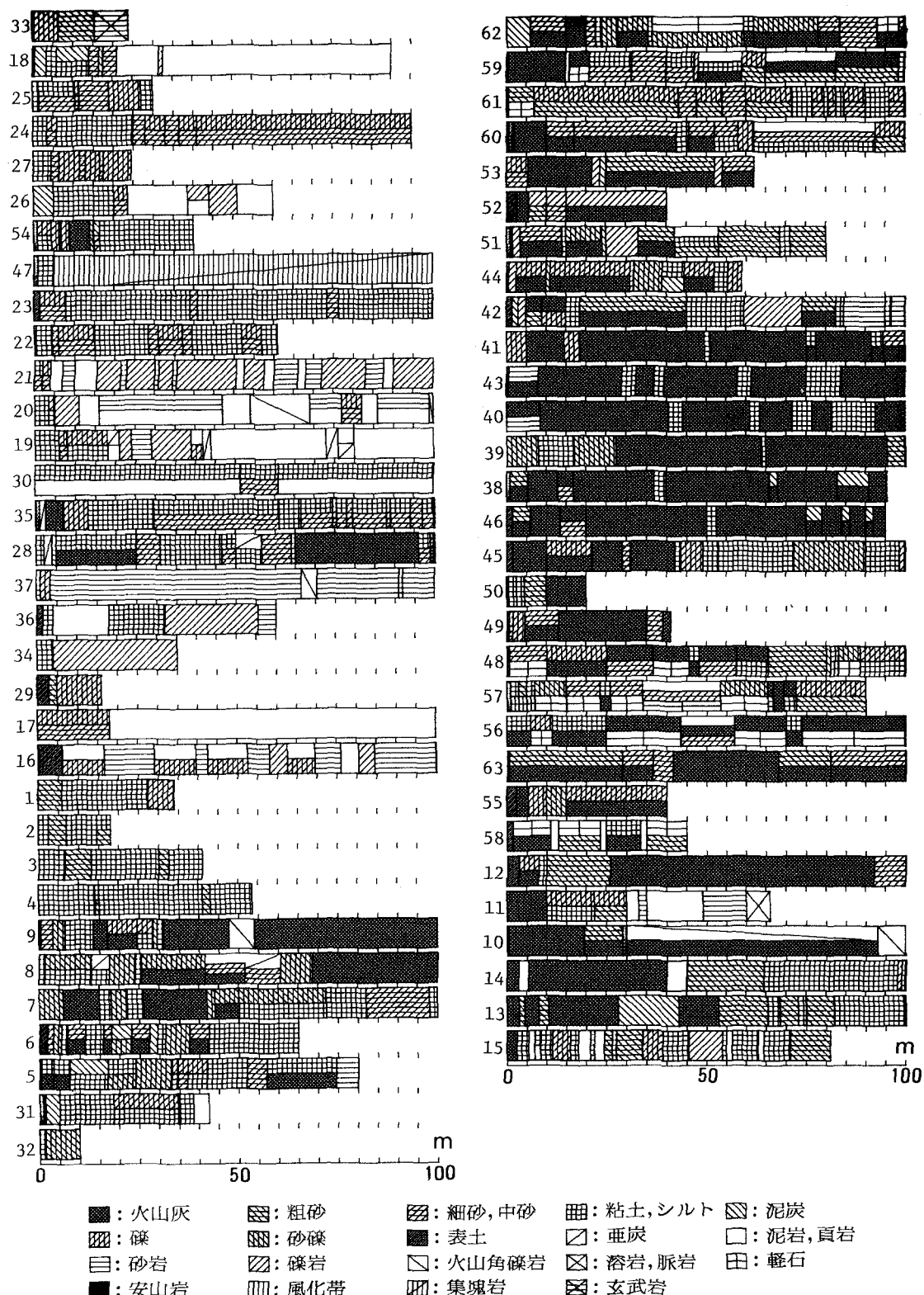


図- 7 地質柱状図