

1. はじめに オホ四紀火山岩流域における流出特性は、まず長期流出の低減特性にみられるが、短期流出についても、損失雨量が、他の流域に比較して大きいことが指摘される。これは、いずれも流域における雨水の浸透・滞留現象によって特徴づけられており、一般的には、損失雨量が200 mm以上に達することが認められるものの、表層土壌の表面の条件によって、同一降雨に対して流出成分は、かなりの相違を生じる。火山流域の表層土壌の特性が流出に与える影響は、まだ不明な点も多く残している。

2. 対象流域概要 研究対象流域は阿蘇カルデラ式火山の斜面に設定されたA(傾陽)試験地(0.153 km²)とB(池平)試験地(0.0754 km²)で、いずれも表層は有積層を多量に含み、黒灰色を呈した、凝結黒ボク土、かつを呈する火山灰質粘性土と赤ボク土が互層をなし、熔岩層をまじえて、10 m以上の堆積層を形成している。A試験地の植生は、上流部8 haが牧草地、下流部4 haには樹齢10~20年程度の杉・松林があり、その他は雑草地である。またB試験地は流域の上流部を占める林地が約3/5、残り1/5は畑と荒地である。本報告ではA試験地を主として、表層土壌の黒ボク土は50%粒径が0.01~0.05 mmで、ロームないし、シルト層ロームに分類され、空隙率は70%台の比較的大きい値を示すが、この空隙はきわめて微粒子土壌の空隙であって、有効空隙率は20~30%である。そのために透水性は低く、飽和透水係数で 10^{-4} ~ 10^{-3} cm/sの値である。

3. 観測結果とその考察 $Q = Q_0 \cdot e^{-\lambda t}$ の型で流量の低減があらわされるとして、A試験地について、表面流が発生した出水(49, 50日2ヶ月間の約20テスト)の各流出成分毎の λ を算定すると $\lambda_1 = (6-9) \times 10^{-3} \text{ hr}^{-1}$, $\lambda_2 = (6-8) \times 10^{-2} \text{ hr}^{-1}$, $\lambda_3 = (2-3) \times 10^{-1} \text{ hr}^{-1}$ となる。 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ は地下水流出および中間流出、早い中間流出に対応すると考えられる流出の低減係数である。 λ_1 の低減部は、他層から考え、層状の帯水層地下水からの流出とは考えにくく、そのような層状の飽和帯の形成は、さうな深部へ浸透した雨水によるものと考えられる。したがって本試験地のような山腹斜面の上流部では、土壌表層と通過した雨水が、地層中に散在する噴出岩などの割目や、熔岩の空隙に浸入し、いわゆるfissure waterとして浸透過程にあるものの一部が頭端部分で河道へ浸出したものである。ついで λ_2, λ_3 はダレシー

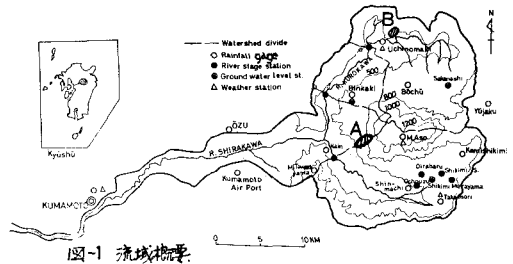


図-1 流域概要

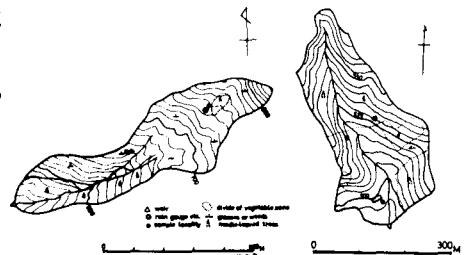


図-2 A(傾陽)試験地

表-1 A流域地形

流域面積	0.153 km ²
流域長さ	900 m
流域平均勾配	1° SINθ=0.0174
流域平均標高	677 m
流域平均標高	647 m
流域平均標高	627 m
流域平均標高	22 m
流域平均標高	17 m
流域平均標高	200 m
流域平均標高	5~1000 m

表-2 B流域地形

流域面積	0.0754 km ²
流域長さ	500 m
流域平均勾配	1° SINθ=0.0174
流域平均標高	677 m
流域平均標高	647 m
流域平均標高	627 m
流域平均標高	22 m
流域平均標高	17 m
流域平均標高	200 m
流域平均標高	5~1000 m

図-3 B(池平)試験地

表-3 表層土壌特性

深さ(m)	土壌水分計	土壌水分計	土壌水分計	土壌水分計
0				100, 200
15				
30				
45				
60				
75				
90				
105				

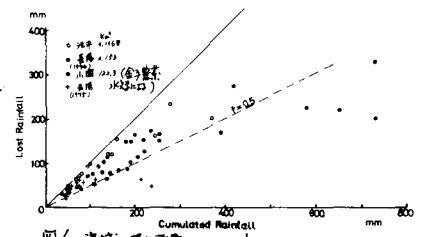


図-4 流域の損失雨量

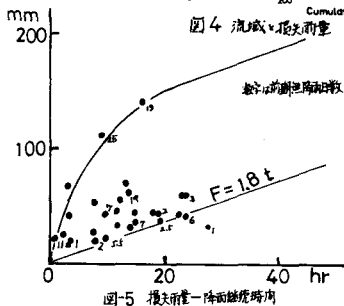


図-5 損失雨量と時間関係

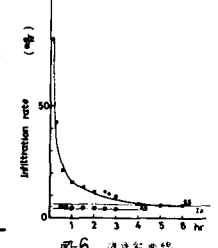


図-6 浸透率関係

則に1.1が、地層あるいは、斜面の傾斜に沿い、斜面勾配が大きいこと、水面勾配の無視できる一種のkinematic waveの流しと考えられる流出の低減である。この中で λ_2 のおよそ中間流は、むしろ地下水流出と見えるものであって、 λ_2 の地下水と同一性状のものが、浸透経路の抵抗状態によって、異なる t_c 伝播時間を示すものと考えられる。

A試験地において降雨強度 $0.5 \frac{mm}{10min}$ (最終浸透能にほぼ対応する) では、流量増加が極めて少ない。(河道降雨による増加が主) さらに $3.0 \sim 3.5 \frac{mm}{10min}$ ではゆるやかな流量増加が観測され、これを超えると明らかに表面流出による流量増加がみられる。 $3.0 \frac{mm}{10min}$ ($18 \frac{mm}{hr}$) は浸透能から考えると、かなり大きい値と見えるが、両流域において、この表面流の発生は、ほぼ共同的に観測されている。この表面流の到達時間と石原・高橋博士の定義にしたがって算定すると図-7に示す。 t_{peak} の関係がえられる。これはManning則を仮定した場合、ほぼkinematic waveの流しで近似できることを示している。ただし有効降雨強度波形については高橋博士の仮定と同一の手法 $k_e = f_p \cdot Y$ (f_p : ピーク流出係数、 Y : 到達時間内平均降雨強度) によった。つぎに前述の早い中間流として中間流モデルの手法を適用してハイドログラフの立ち上がりおよび低減部の性状から伝播速度 $\frac{1}{f} \frac{dQ}{dt} = 1.2 \frac{cm}{s}$ が求められる。表層の有効空隙率 $\tau = 0.3$ (土壤水分計による測定値を参考) として $\tau_1 = 1 \%$ となる。さらにおよそ中間流については具体的に土壌表面からの深さと算定することはできないが、約50 cm深さの土壌の含水比が常時高い部分があることを考慮して、こゝに一度停滞した雨水が前述の地中の割目などへ供給されるものと考へ、土壤水分計および円筒型ライシメーターの50 cm層通過の含水量と浸出継続時間を指標として、この部分への有効降雨と考へる。一方低減 λ_2 、 λ_3 にほぼ近い低減を示す場合の伝播速度を試行錯誤的に算定すると $\frac{1}{f} \frac{dQ}{dt} = 0.24 \frac{cm}{s}$ ($\lambda = 0.3 \sim 0.1$, $\lambda_2 = 0.20 \sim 0.72 \%$), $\frac{1}{f} \frac{dQ}{dt} = 0.048 \frac{cm}{s}$ とする。

この場合の透水係数はいずれも、土壌中の透水係数そのものではなく、種々の割目を通過する雨水の経路によって異なる、みかけの透水係数といえる。したがってこの値と実観的に決定することは困難であつて、上記のような各流出成分の低減係数より試行錯誤的に、現実の流出強度に合致する有効降雨と透水係数と算定せざるを得ない。以上の結果をもとに特性曲線図B A, Ex. Basin Model法により各流出成分を計算し、ハイドログラフの再現を試みる。そのときの各成分への有効降雨は表-6のようになる。初期損失は15 cm層の土壌水分が急激に増大しないまでの雨量と取り、計算時間 t_c は10分としている。両流域を比較するたため通年の水収支を表-4, 5に示す。なお、本研究は49.50年長期研究(旭興業代表者京大防災研所産学連携)の援助をうけた。記に謝意を表する。

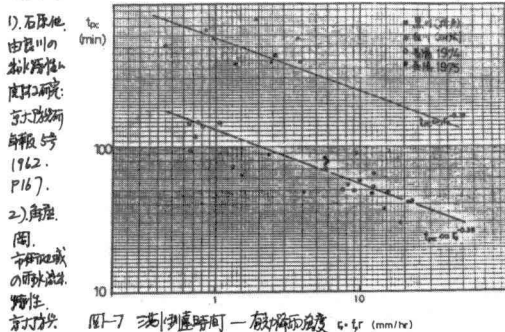


図-7 流出時間-ピーク流量関係 (単位: t_c (min), Q_{peak} (mm/hr))

研究報告B, 1971) 149, 3), 産学連携: 流出時間と実用推定式 30日工学部産学連携 1975:

4). 1に同じ 5) 石原地、流出時間: 工学部産学連携 64-04, 1974

表-4 B試験地水収支

日	雨量	流出量	損失量	残水量
74-9	164.5	0.5	164	
10	168.5	0.5	168	
11	6.9	0	6.9	
12	6.1	0.5	6.6	
75-1	3.9	0	3.9	
2	11.5	0	11.5	
3	7.7	0	7.7	
4	65.8	1.9	44.9	4.0
5	89.5	0.5	89	
6	866.5	386.5	480	45
7	26.9	10.8	16.1	40
8	8.3	0.3	8.2	
9	82.5	0	82.5	
9-8計	2470	570.5	1949.5	21.0
合計	2552.5	"	2032	20.3

表-5 A試験地水収支

日	雨量	流出量	損失量	残水量
74-7	52.0	333.9	186.1	66
8	209.5	59.4	150.1	38
9	274.5	89.2	185.3	34
10	260.1	139.7	120.4	58
11	94.5	45.7	48.8	42
12	119.5	52.4	67.1	49
75-1	74.3	48.1	26.2	64
2	15.7	106.2	50.3	47
3	6.9	57.1	11.4	83
4	34.4	194.6	149.2	57
5	81.5	61.5	20.0	74
6	244.5	597.9	247.1	71
7	209	178.2	30.8	85
8	309.5	110.2	199.3	35
9	111.5	45.4	66.1	46
10	134	84.7	49.3	63
11	130	51.4	78.6	35
12	9.8	65.4	32.9	67
9-8計	2838	1670.7	1157.3	59
1-12計	2562.7	1600.6	961.9	62

表-6

	74-10-2	75-7-6
初期損失	6.5	7.0
表面流出	14.0	15.0
早い中間流	2.3	30.250
遅い中間流	4.8	4.7297
地下水流出	21.0	168.655
降雨量	67.5	570
合計	189	105

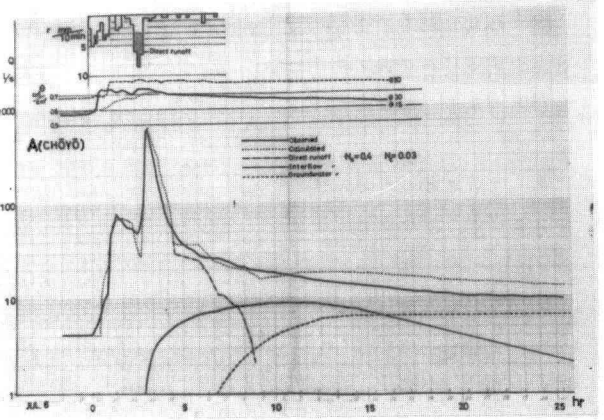
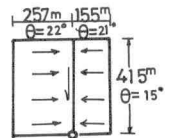


図-9 流出 Hydrograph