

建設省土木研究所 正 員 ○ 青木佑久
同 学生員 前山利雄

I. 概要

降雨時の流域における表面流出の発生機構の解明は、洪水予測など有効雨量の推定に必要不可欠なことであるが、この報告は、土木研究所が先年より水文諸観測を継続している多摩試験地および裏筑波小試験地内の傾斜面で得られた表面流出発生を観測資料を用いて、これらの斜面における降雨時の表面流出発生機構の検討を試みたものである。

検討の結果、次の事項が分った。

- ・ 地被状態が一樣な地面では、つねにある一定強度以上の降雨のときのみ表面流出が発生する。傾斜面、とくに谷沢筋では下流端近くで浸透能が小さい（表面流が発生しやすい）が、それ以外の斜面では浸透能は比較的大きい（発生しにくい）。このように、表面流出は弱強度の降雨では、流域の特定の部分のみで発生する。
- ・ 表面流出発生量は短時間の降雨強度に敏感である。したがって、降雨時の流出率および流出係数は、弱強度の降雨では表面流出の発生する面積率に関係し、強強度の降雨では流域の平均的な浸透能に関係する。
- ・ 降雨継続時間が長いと流出率、流出係数が比較的大きくなる。

2. 表面流出発生を観測

(1) 両試験地の概要

・ 多摩試験地 ----- 東京都下多摩ニュータウン建設予定地域内、多摩川水系大栗川の支川、多摩川沿いに発達した河岸段丘。火山灰の堆積によるローム土より成る。堆積と浸蝕の繰返しで谷が広く発達している。土研その他の水位計設置9箇所。このうち、^{しみずいりやど}清水入谷戸にて表面流出発生を観測。昭和43年より。この地目は畑で、穀物を栽培。

・ 裏筑波小試験地 ----- 茨城県筑波山北側。利根川（霞ヶ浦）水系樺川の支川山口川。流域の岩質は大部分が花崗斑岩で一部に花崗岩が見られる。流域の緩斜面を深さ10～20mのこまかい谷を刻んでいる。流域の花崗岩・花崗斑岩は風化が進んでおり、風化表土層は水を含みやすく、谷の各所で長期無降雨時でも山腹や麓から浸透水の湧出が見られる。したがってこの流域では、洪水流出率が小さく、低水流量が大きい。表面流出量観測はこの流域中、^{そみがみ}祖父ヶ峯国有林内の1つの谷（面積1.0ha、縦断勾配1/2.0）を選んで、谷の中央および下流端の2箇所を観測。この谷の植生は植林による5年生の松と雑草。



表面流出量観測装置

(2) 観測方法

表面流出が発生した際に水道または流路となる谷筋に流量観測用の小型箱型三角堰または全幅堰を置き、これより左右両側に山腹最大傾斜線に沿って集水用の袖板を出す（写真）。降雨量および堰の越流深は長期巻自記水位雨量計により記録する。多摩および裏筑波における観測例とそれぞれ図-1、2に示す。

(3) 多摩試験地（清水入谷戸）における観測

昭和43年7月に観測開始より45年6月までに、次の4回の表面流出発生を観測した。

発生年月日	発生時の降雨強度 (10分間) (mm/hr)	発生時までの 累加降雨量 (mm)	発生時までの 降雨継続時間 (hrs)
43.12.10	36	60.5	12.0
44.8.5	57	5.0	1.0
8.23	45	3.5	2.0
45.1.31	39	69.0	8.5

なお、表面流出が発生しなかった降雨のうち、最大の降雨強度および降雨量は、

- ・最大降雨強度 … 27 mm/hr (S.44.7.5)
- ・最大総降雨量 … 153 mm (S.45.6.15~6.17 継続時間 48 hrs)

であった。

降雨に関する上記の観測値からみて、この地域における表面流出の発生は、降雨強度の強弱のみによっていることが分かる。すなわち、36 mm/hr 以上では必ず発生し、27 mm/hr 以下では全然発生しない。累加降雨量は無関係と言ってよい（3.5 mm で発生するのに 153 mm でも発生していない）。降雨継続時間も同様に無関係のようである。

(4) 裏筑波小試験地（祖父ヶ峯の谷、2箇所）における観測

図-1 多摩試験地 清水入谷戸における
表面流出量観測例
昭和44年8月5日

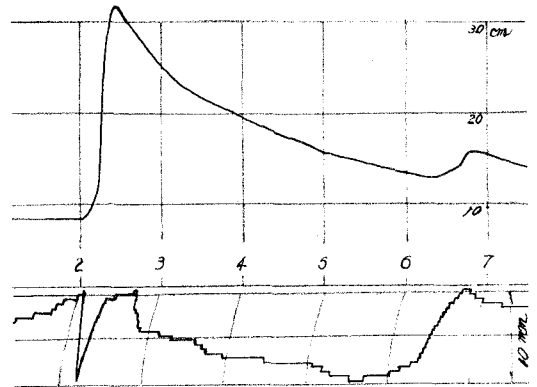
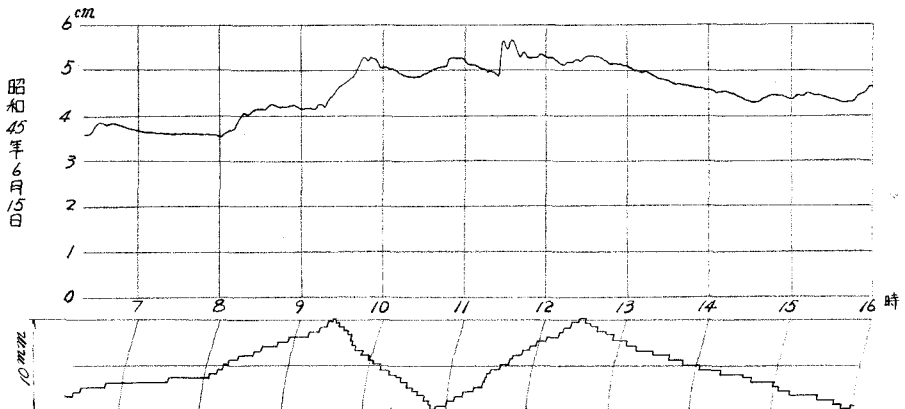
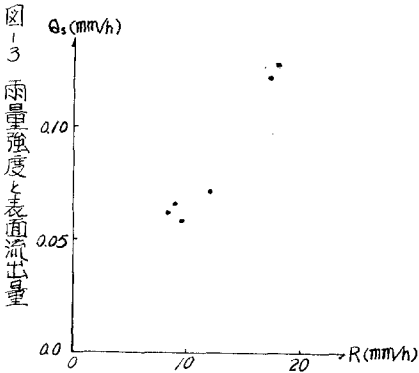


図-2 裏筑波小試験地内祖父ヶ峯の谷(下流端)における
表面流出量観測例(角度30°の三角堰)



昭和45年5月末に観測開始より、谷の中央においては一度も表面流出発生を見ず、谷の下流端においては降雨のたびごとに表面流出の発生を記録した。谷の下流端における観測記録の例を図-2に示す。たゞしこの谷には下流端より少し上流につねに湧水があるので、下流端側の観測所では表面流出の発生があれば湧水量に発生量が上積みされる。図からみて、表面流出量がその時々々の降雨強度に非常に敏感であることが分かる。すでに観測された数降雨における両者の関係を図-3に示す。

この図から、降雨強度が20 mm/hr以下の範囲では表面流出量はおよそ降雨強度に比例しており、したがってこの谷(1ヵ)の約0.7%の部分でつねに表面流が発生していると推定できる。降雨時の現地調査により、表面流は谷の下流端近くのみで発生していることが確かめられる。もし降雨強度が大きくなれば表面流発生面積が増すであろう。残念ながら観測開始以来、この図の強度以上の降雨はまだない。



3. 流域における降雨時の流出率および流出係数の検討

前述の表面流出観測区域を含む次の3つの流域、

- ・ 裏筑波小試験地 (山口川流量観測所 $A = 3.1 \text{ km}^2$)
- ・ 多摩試験地 (南大沢流量観測所 $A = 0.97 \text{ km}^2$)
- ・ 美和試験地 (小沢流量観測所 $A = 1.36 \text{ km}^2$, 天竜川上流左支川三峰川、美和ダム右岸)

で観測された一雨ごとの流出率(この降雨による総有効流出高と総降雨量との比。たゞし、有効流出高は降雨時の流出ハイドログラフから、わずかに右上りの基底流量を差し引いた流出分として求めた)および流出係数(ピーク流出量とピーク発生直前60分間(裏筑波のみ120分間)の降雨量との比)の値を右の表に示す。

表-1 三試験地における流出率・流出係数

裏筑波小試験地では流出率の値はほぼ0.04~0.06の範囲にあり、流出係数の値も大体それに近い範囲の値を示している。この流域では、前述の観測および洪水の到達時間からみて、流域内で表面流出が発生しているのは間違いないから、降雨時の流出について次のような推定が可能である。

山岳流域に適当な降雨があったとき、前述のように表面流出は流域内のごく特定部分のみで発生し、裏筑波の流域ではその部分の面積が平均して流域全

試験地名	ピーク発生年月日	総雨量(mm)	降雨継続時間(hr)	総流出高(mm)	総有効流出高(mm)	流出率	ピーク時雨量強度(mm/hr)	ピーク時流出量(mm/hr)	ピーク発生直前60分間の降雨量(mm)	流出係数
裏筑波	44 6 26	56.0	14.0	6.47	3.27	0.058	10.25	0.55	8.5	0.053
	7 9	59.5	24.5	12.45	3.81	0.064	6.75	0.57	24.5	0.084
	7 31	25.0	2.5	2.00	0.89	0.036	11.50	0.44	1.5	0.038
	8 5	38.6	6.5	4.92	1.49	0.039	8.00	0.43	3.5	0.052
	8 23	43.5	5.0	4.94	2.76	0.064	16.00	1.03	3.0	0.064
	9 2	26.5	3.5	2.18	1.05	0.040	11.00	0.48	2.5	0.044
	10 8	51.7	13.0	4.52	2.14	0.041	9.50	0.57	7.5	0.060
	10 25	83.0	22.0	9.53	4.99	0.060	8.75	0.75	16.5	0.086
多摩	44 7 5	30.0	20	6.24	2.81	0.094	4.5	0.73	13.0	0.161
	7 9	46.0	30	11.61	4.26	0.093	7.0	0.64	10.0	0.092
	8 2	55.0	11	5.95	2.27	0.041	13.5	0.60	4.0	0.045
	8 5	44.0	7	10.59	3.04	0.069	11.5	0.86	5.4	0.074
	8 23	41.0	6	4.21	1.80	0.044	19.0	0.76	3.0	0.040
	9 2	23.5	10	3.00	0.49	0.021	15.0	0.35	4.0	0.024
美和	40 5 21	56.0	26	14.00	7.11	0.127	13.0	0.61	14	0.047
	5 27	113.4	131	57.34	38.65	0.350	8.2	1.45	30	0.174
	6 21	53.6	27	13.83	8.35	0.156	18.3	0.71	11	0.038
	7 13	40.0	29	15.95	7.35	0.184	16.6	0.71	11	0.043
	9 17	104.2	31	32.63	22.12	0.212	10.8	1.47	30	0.136
	41 6 28	98.0	31	34.55	21.34	0.215	10.0	1.55	26	0.155

美和試験地の流出係数の値は国本の計算による。

体の4~6%程度ではなかろうか。その他の部分(流域の94~96%)では浸透能が大きく(少なくとも20mm/hr以上)、表面流出が発生しなかった(浸透能を越える強度の降雨がなかった)と推定される。すなわち、降雨強度が大きくない降雨時には、1流域内に浸透域と不浸透域(貯留閾教法の用語とは少し意味が異なる)とが併存し、降雨時の流出率および流出係数はこの不浸透域の面積率にほぼ同等であろうと考えたい。浸透能を上回るような強度の大きな降雨が相当時間継続すれば、表面流出発生が増し、流出率や流出係数は降雨強度および浸透能の関数となるだろう。

多摩および美和試験地においても、流出率および流出係数について、裏筑波小試験地の場合とまったく同様ことが言える。ただし次のような特徴がある。すなわち、両試験地とも、降雨継続時間がかなり長い(約20時間以上)と流出率が大きくなり、降雨開始より流出ピークまでの時間長がかなり長いと流出係数が大きくなって来る。(多摩の7月5日、7月9日の降雨;美和の5月27日、9月17日の降雨。裏筑波の7月9日、10月25日の降雨も、他の降雨より流出係数が大きい)つまり、降雨の継続時間が長くなると、おそらく、浸透流出量が次第に増加し、不浸透域より発生した表面流出量に加算されて、流出率、流出係数を大きくするものと思われる。岡本によれば¹⁾、美和試験地では中間流出が卓越していると述べているが、降雨開始より大体20時間後ころより中間流出が増大し始めると仮定すれば、この流域の流出率および流出係数を値を理解できる。

参考文献

- 1) 岡本芳美・辻川正昭:「美和試験地における洪水流出についての一考察」,土木技術資料 Vol. 11, No. 6, 昭和44年6月,