

名古屋大学工学部 正員 松林 宇一郎

① まえがき 流出解析法は従来から多くのモデルが提案されている。しかしその構造あるいはパラメータが実際現象におけるどのような水の流しに対応したものであるかは十分明らかにされていない状況にある。本報告では実用によく用いられるタンクモデルを例として取り上げ、模型実験との対応からその構造について考察を加える。なお、本研究では別途流出観測を始めている深層風化の進んだ花崗岩地域の兼平流域(岐阜県)を念頭においており、流出場としてはいゆるA層だけでなくその下層をも含めて考えている。

② 模型実験の相似律 一般に模型実験は適切な相似律にしたがって行なわれなければならない。ここでは下島、吉田らの研究を参考にし、次にあげる浸透・流出の相似律を考えた。① 幾何形状…… 歪まない模型とする。② 速度の基準量…… 飽和透水係数 k_s を取り、降雨強度は r/k_s が、2層の場合の透水係数は k_{s1}/k_{s2} が模型と原型で等しくなる様にする。③ 時間の基準量…… l/k_s をとる。(l : 長さの基準量) ④ 初期条件…… 平均的な降雨無降雨のパターンをもとにし、周期的に降雨を降らせ定常になつた状態での現象を考察の対象とする。

③ 実験 図-1は実験装置の概要である。実験では砂層下流端で流出流量をメスシリンダーで測定し、砂層内の含水率分布を図中○印の位置に埋込んだ抵抗線式のアルーを用いて測定した。実験装置について模型と原型の対応を示したものが表-1である。実験の種類は表-2に示す4ケースであり、各々 Run 2, Run 4 はA層に対応する層の有無、A・Bは降雨強度継続時間の相異を意味している。各実験は図-2の降雨時系列について行なった。

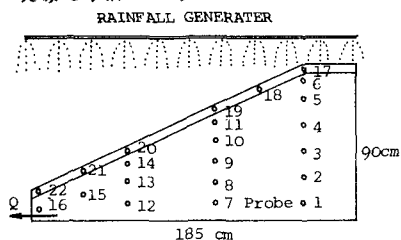


Fig.1 Conceptual figure of apparatus

表-1 模型・原型の諸量

特性量	模型	原型
起伏量 (m)	約 1	約 70
透水係数 (A層)	1.0	0.014
(cm/sec) (深層)	0.17	5×10^{-4} 4×10^{-3}
降雨強度	1.4~2.6 mm/分	30 mm/分
降雨継続時間	0.5~1 分	2 B
無降雨期間	約 3 分	5 日

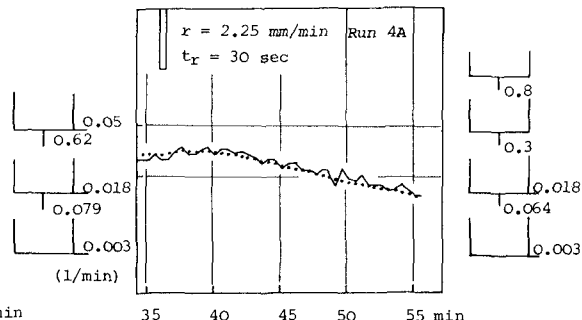
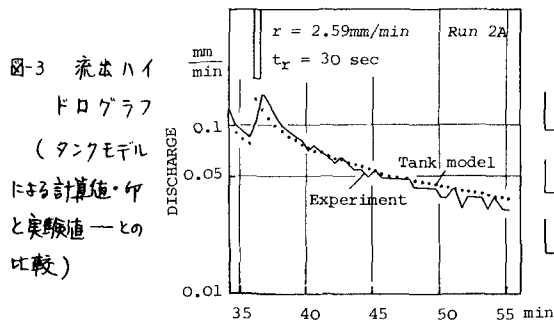
表-2 実験条件

Run	r mm/分	t _r 分	t _d 分	モデル
2A	2.59	0.5	3.5	1層
2B	1.45	1	3	1層
4A	2.25	0.5	3.5	2層
4B	1.43	1	3	2層

④ 流出特性 降雨特性の異なるA・Bの実験は総雨量が等しいため流出特性に差はあまりなかった。そこで図-3にはAの結果のみを示す。現地実測との比較については、実験と実測とで降雨規模が異なるため正しい比較とはならないが、ピーク後5日頃の減衰係数で比べると現地では $\lambda_p = 0.067$ 倍、模型実験 Run 2A では $\lambda_m = 0.154$ 倍 (現地換算で 0.044 倍) となりほぼ対応した。ところが Run 2A はA層を考えない模型であり、A層を考えた Run 4A のハイドログラフはかえって現実と似ていない。この点より相似律あるいは実験条件になお検討の余地を残している。



図-2 実験に用いた降雨時系列



⑤ タンクモデルの構造について 以上の様に実験と現実との対応はまだ十分ではないので本報告ではこの実験の範囲内でタンクモデルの構造の物理的意味について考察する。図-3は図-2の実験期間全体を通して同定したタンクモデル及びそれを用いて計算したハイドログラフを示したものである。図より、まず実験での流出流量をタンクモデルで表現しうるということが確かめられる。又Run 2A, Run 4Aを比較すると、とくに上部のタンクほどその特性が異なりRun 4Aでは上部タンクからは流出はなく遅延効果を出す働きをしているが、これは図-3のハイドログラフの特徴と対応している。つぎに各タンクの貯留量の変化特性を実験結果と比較する。そのため砂層を各タンクに対応させて図-4のように分割し各層の貯留量を含水率分布から計算した。Run 2A, Run 4Aについて実験値は図-5、タンクモデルの計算値は図-6に・印で示した。(実験の貯留量は初期貯留量からの増加量で表わしている) 図中の記号はダッシュのつかないものが実験値、ついでものがタンクモデルの値である。さて、図-5のSと図-6のS'を比べるとピーク時刻に対応が見られるものの全般に合っていないとはいえない。そこで両者がどこまで対応づけられるかを知るために、試算として全体の収支を変えないで実験の各貯留量に一定値を加減してみた。その結果を図-6に実線で示し、生データとの換算式を図中に示す。この操作により実験値とタンクモデルの値とはかなり対応づけられる。(ただしRun 4Aでは実験の層とタンクとはおれず対応している) ところで、こうした操作はタンクモデルの連続式 $\frac{dS}{dt} = Q_{in} - Q_{out}$ に対しては $\frac{d(S+const)}{dt} = \frac{dS}{dt}$ であるから何ら影響を及ぼさない。問題は運動則についてであり、この変換は $S = kQ$ の S のすなわち流れの駆動力として有効な貯留量が実際の貯留量そのものではない可能性を示唆するものである。ただこの一定値が具体的にどのような意味を持っているかについては現在のところ明らかではなく、砂層の分割の仕方、変換の仕方とも関連して今後検討してゆかねばならない。

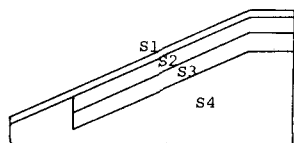


Fig.4 Division of sand layer

又、従来のタンクモデルの説明として透水性の相対的に異なる層の近くでの飽和浸透流を考慮することが多かったが、今回の実験では一様な砂層でしかも不飽和浸透流として生じている。このことは対象が模型実験であることを割引いてもタンクモデルの物理的解釈の枠を従来より広げうることを示唆している。

⑥ あとがき 本研究では流出場内部の状況を表わす量として貯留量あるいは含水率のみを取り扱った。更に詳しく知るためには浸透流のfluxが必要であり、今後本研究に残されたあるいは新たに出来た問題点とともに解決してゆきたい。

参考文献

松林・西川：山地流域流出機構の実験的研究，土木学会中部支部講演要旨集，1983，2月。

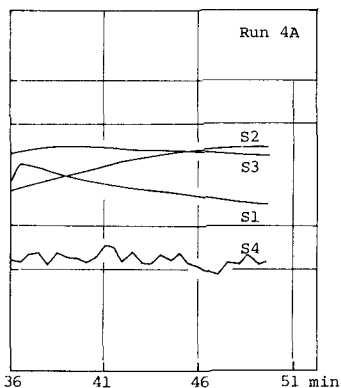
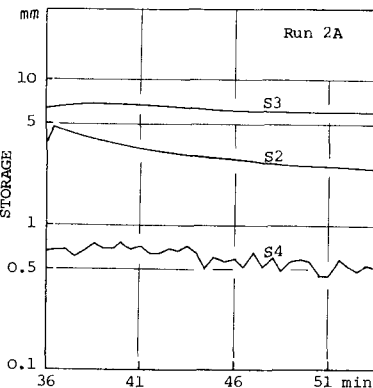


Fig.5 Storage of each layer (Experiment)

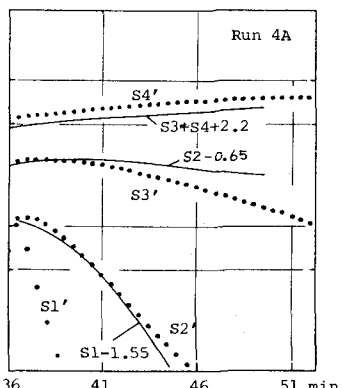
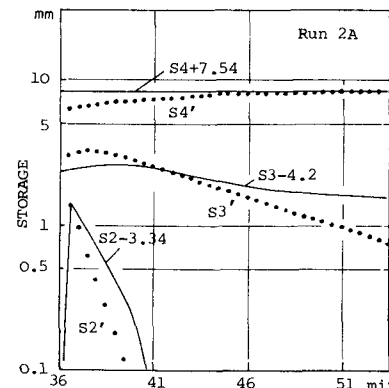


Fig.6 Storage of each layer, Comparison of Tank model and Experiment(modified)