

流出試験地調査 (S45～)

開発土木研究所 河川研究室

1、調査概要

1-1 調査目的

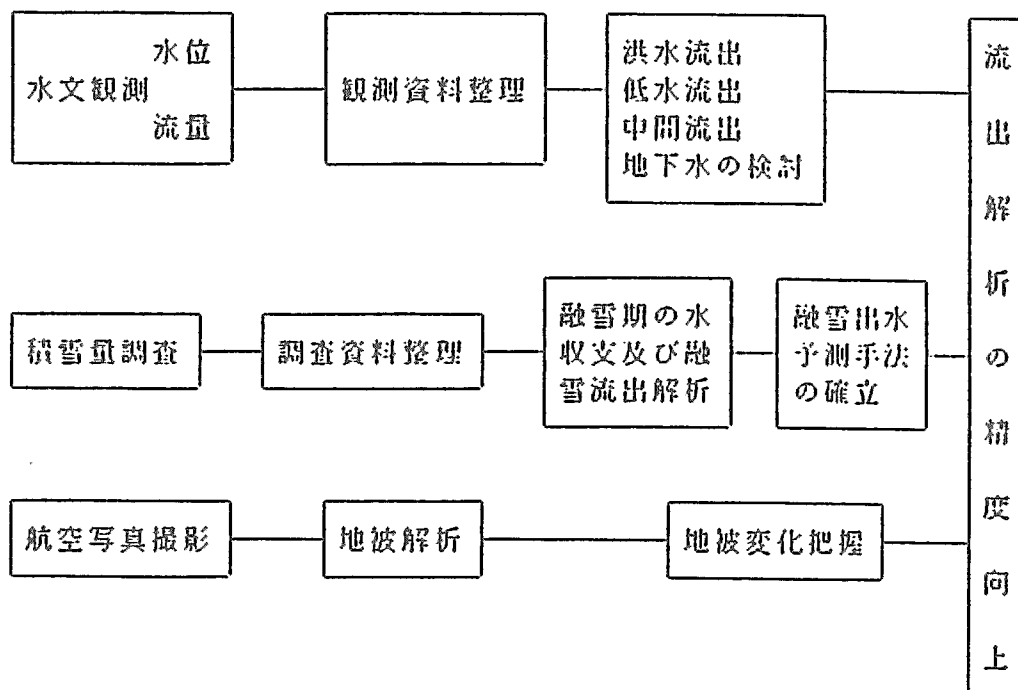
流域が新統制に富んだ地質で覆われている場合、表面流出成分の他に、中間流出成分の占める割合が大きく、比較的降雨強度が小さいときでもかなりの流出を見ることがある。

火山灰質土で覆われ、雨水の浸透性が比較的高い輪厚川流域において土壌特性調査を実施し、中間流出成分を取り入れたモデルによる流出解析を行ない、流出モデルの精度向上をはかる。また、流域の都市化に伴う流出機構の変化も合わせて調査する。

1-2 調査方針

従来行ってきた観測に加え、中間流出機構を把握するための不飽和鉛直浸透実験を行い土壌特性と中間流出の関係を調査解析し、流出解析の精度向上をはかる。

調査、解析のフロー



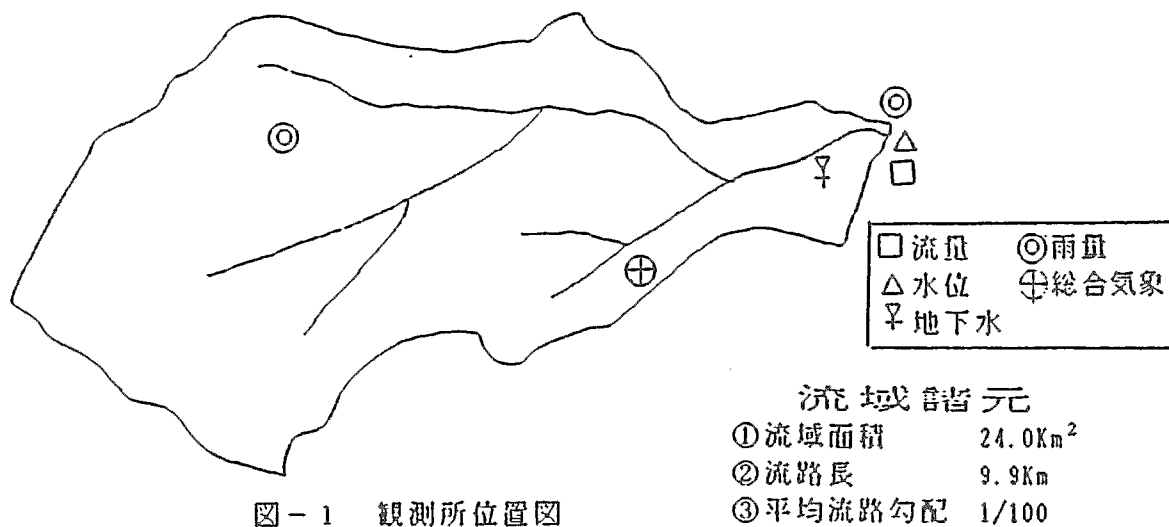
1 - 3 既往調査

年度	調査費 (千円)	報告書名	事業内容
59	5,500	北広島気象観測資料整理 報告書 北広島流出試験地にお ける流出特性 (土木試験所月報)	1、各種観測の実施 2、貯留関数モデル パラメータの同定 3、気象観測の整理
60	5,500	北広島流出試験地にお ける流出特性 (土木試験所月報)	1、各種観測の実施 2、貯留関数モデル パラメータの同定 3、モデルパラメータ と都市化の関係 4、気象観測の整理
61	5,500	北広島流出試験地にお ける不飽和浸透特性につ いて	1、各種観測の実施 2、既往調査成果の とりまとめ 3、気象観測の整理
62	5,500	北広島流出試験地調査 (不飽和帯の水の挙動に ついて)	1、各種観測の実施 2、室内土質試験 3、既往調査成果の とりまとめ 4、気象観測の整理
63	5,500	北広島流出試験地調査 (不飽和浸透観測測定)	1、各種観測の実施 2、不飽和浸透室内 試験 3、気象観測の整理
H1	5,000	北広島流出試験地調査 (不飽和浸透観測測定)	1、各種観測の実施 2、不飽和浸透室内 試験(現地砂) 3、気象観測の整理
H2	5,000	北広島流出試験地調査 (不飽和浸透観測測定)	1、各種観測の実施 2、不飽和浸透室内 試験(ケイ砂) 3、気象観測の整理
H3	5,000	北広島流出試験地調査 (不飽和浸透観測測定)	1、各種観測の実施 2、不飽和浸透室内 試験(現地砂) 3、気象観測の整理
H4	5,000	北広島流出試験地調査 (不飽和浸透観測測定)	1、各種観測の実施 2、不飽和浸透室内 試験(ケイ砂) 3、気象観測の整理

2、平成2年度調査成果

2-1 調査概要

石狩川水系輪厚川流域を流出試験地として、昭和45年度から継続して河川水位、雨量、地下水、総合気象（気温、風向、風速等）の観測を図-1に示す地点で行っている。



また、昭和61年度から調査している中間流出についての不飽和浸透室内実験を継続して行っている。

2 - 2 平成4年度の調査成果

1) 実験装置

実験装置は図-1に示す土層部、降雨発生部、流出部の他、データ表示および蓄積部から構成され、その機能、サイズおよび特性は以下のとおりである。

土層部は幅30cm、斜面方向長500cmの可傾斜水路に深度40cm、斜面方向長480cmに珪砂7号(粒径 $\phi = 0.2\text{mm}$)を充填し、下流端20cmには珪砂流出防止用の砂利を配置する。側面の21箇所には圧力測定のためのテンシオメーターを設置する。降雨発生部は塩化ビニール管3本を斜面方向に並べ、それぞれ5cm間隔に直径0.4mmの穴を開け、降雨が雨粒となって落ちるように綿糸を吊るす。土層表面の水滴孔を防止し、広範囲に雨を降らせるために破碎ネットを土層表面よりやや上に取り付ける。降雨の供給法は一定量の降雨条件を保つため一度高水タンクに水道水を溜め、水位を一定に保ちながら水を送ることとし、降雨強度はそれぞれの塩化ビニール管に取り付けられたバルブで調節する。流出部には流出カウンターを設置し、流出カウントを単位時間毎にカウントし累積する。また、流出カウンターの精度を検定するために、転倒マス置き、同時に流出量の測定も行った。データ表示・蓄積部はテンシオメーター及び流出カウンターからのデータを設定時間まで設定単位時間毎に読みとり、パーソナルコンピュータ上の画面に表示すると共に、データはハードディスクに記録した。

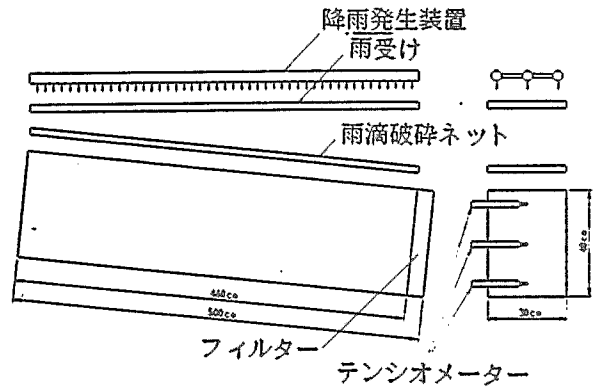


図-1 実験装置概要図

2) 実験概要

実験は表-1に示すとおり、降雨強度が10mm/hrと30mm/hrの2種でそれぞれ斜面勾配が1/5と1/10の2種の計4ケースを行った。実験開始直前にデータ表示・蓄積システムをリセットすると共に、降雨強度をそのケース毎に調整し3回計った平均値を降雨強度とした。なお、データの読みとり間隔は1分毎とし、実験終了時間については前年度の実験を参考にして決めた。実験によって得られるデータは、土中負圧(サクシヨン)21測点(配置は図-2参照)及び流出の累積値である。これらの値は単位時間毎にハードディスクに蓄積され、volt-timeのグラフとしてモニターに表示される。降雨時間については、流出が定常状態に達した後、実験の様子を見ながら適当と思われる時間に降雨を停止させた。

実験ケースによっては表面流が発生する場合もあった。この場合には計量カップで1分毎に表面流出の計量および記録を行った。降雨停止後、引き続き負圧と流出量の計測は終了設定時間まで行った。それぞれのケースの実験開始前には、土層内の初期条件を揃えるため2~3日の排水を行った。

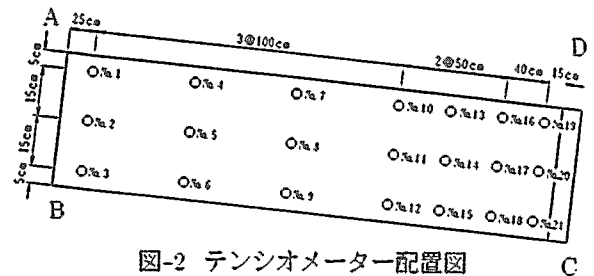


図-2 テンシオメーター配置図

表-1 実験ケースおよび実験条件

ケース No.	勾配	降雨時間 hr	降雨強度 mm/hr	
			開始時	停止時
1	1/5	6.0	10.72	10.44
2	1/10	8.0	10.90	10.26
3	1/5	4.5	30.85	29.63
4	1/10	3.0	32.05	30.46

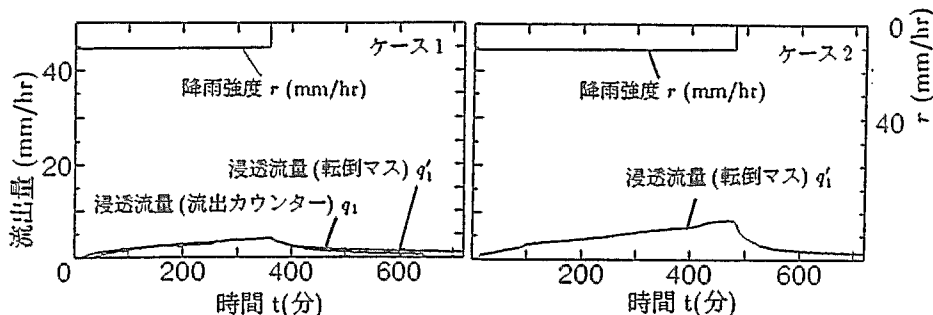


図-3 降雨強度 r および流出量の時間変化 (ケース1) 図-4 降雨強度 r および流出量の時間変化 (ケース2)

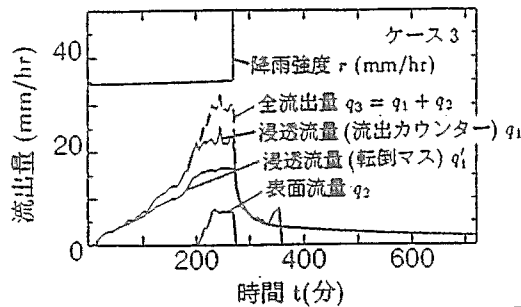


図-7 降雨強度 r および流出量の時間変化 (ケース 3)

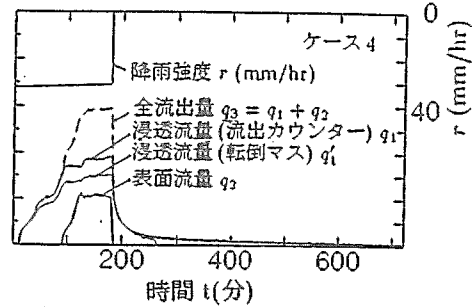


図-9 降雨強度 r および流出量の時間変化 (ケース 4)

3) 実験結果と考察

図-3 から図-10 に各ケースの流出量ハイドログラフおよびサクシヨンの時間変化を示す。ここで図-3,5,7,9 における流出量は浸透流量 [流出カウンター q_1 (mm/hr)、転倒マス q_1' (mm/hr)]、表面流量 [q_2 (mm/hr)] および全流出量 [$q_3 (= q_1 + q_2)$] であり、図-4,6,8,10 のライン脇の数字は図-2 に示したテンシオメーターの位置を示す。

全ハイドログラフに共通する点は降雨発生直後に流出はなく流出はやや時間がたってから発生し、降雨停止後急激に流出量の減少傾向が見られる。下流端での流出が発生するまでに降雨終了後少し遅れ時間があるのは、土中水が降雨によって押し出されるように流出する為には、ある程度雨水の貯留がなければならず、このため流出発生までに時間要するものと思われる。降雨停止後の流出量の激減については、土中水を押し出すための降雨が無くなったことにより生じたと考えられる。サクシヨン圧の時間変化を見ると降雨停止後どのケースも一様にサクシヨンが急に負の方向に変化している。土中水の挙動がこの変化ほど急激に生じるとは考えにくく、この変化は砂の吸水と排水過程における水分量とサクシヨン圧の違い (いわゆるヒステリシス現象) が関係しているものと思われる。

降雨強度が 30mm/hr のケースでは、定常に達するまでに流出量が段階的に増加する傾向が見られる。またサクシヨンの方でも定常となるまで正圧への変化に段階がある。この双方を比べると、それぞれ次の段階への変化時間に類似性がみられる。また、この現象が降雨のある時のみ起こっていることにより、雨水の浸透が原因であると推定される。おそらく降雨により土中の空隙がある程度満たされることにより土層の透水性が良くなり、さらに流出量が増したものと思われる。ただ、流出量が増加すれば逆にサクシヨンの正圧への急な変化は無いはずだが、サクシヨン図での変化は正の方向へ向かっている。これは透水性が良くなったと共に、下流端の流出に引かれて地表面からの流入量も多くなったことを現していると思われる。

降雨強度が 30mm/hr のケースでは斜面勾配が 1/5 および 1/10 の両ケースとも全流出量が降雨強度とほぼ等しいことから、定常に達した時点ではこれ以上土中には貯溜できず、土層は飽和状態であると考えられる。定常に達するまでの時間は 1/10 勾配の方が 1/5 勾配より速い。これは、初期含水量と、斜面勾配の違いによる重力排水量の違いによるものと思われる。また勾配が急なほど浸透流量の割合が高く、これは浸透流出における圧力勾配の影響によるものと考えられる。

4) おわりに

本研究においてはまず、2 次元斜面を用いた降雨・浸透の実験を行ない斜面勾配や降雨強度と流出特性の関係を調べた。この結果、降雨量や斜面勾配と流出特性に関してはほぼ常識的な傾向が見られたが、特に降雨多く表面流の発生する場合においては流出量やサクシヨンが段階的に変化することや勾配の急な場合の方が流出量の増加率が緩やかであるにもかかわらず流出量のピーク (定常状態) では斜面勾配の緩い場合よりも流出量が多いことなどの興味深い現象も見られた。

キーワード サクシヨン、浸透流

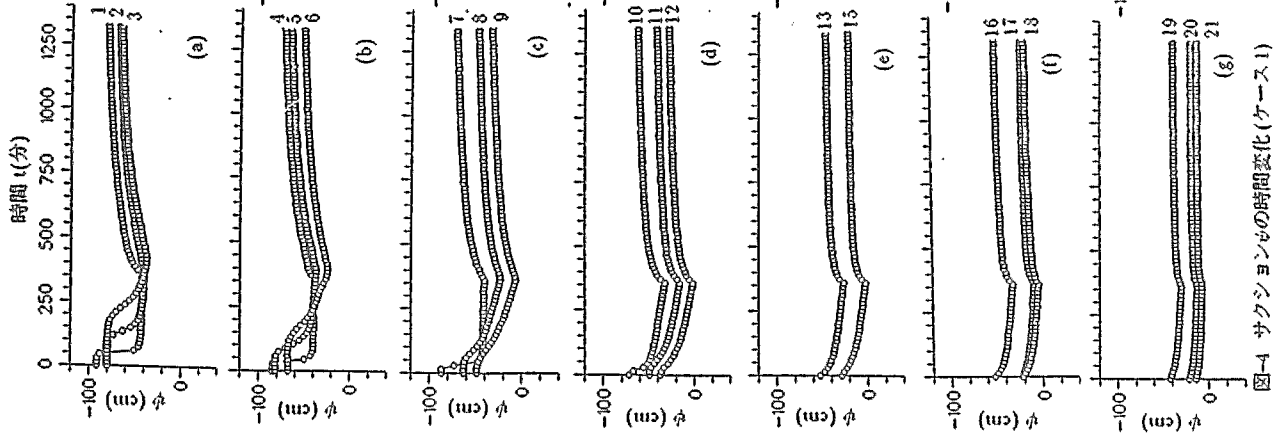


図-4 サクシオン濃度の時間変化(ケース1)

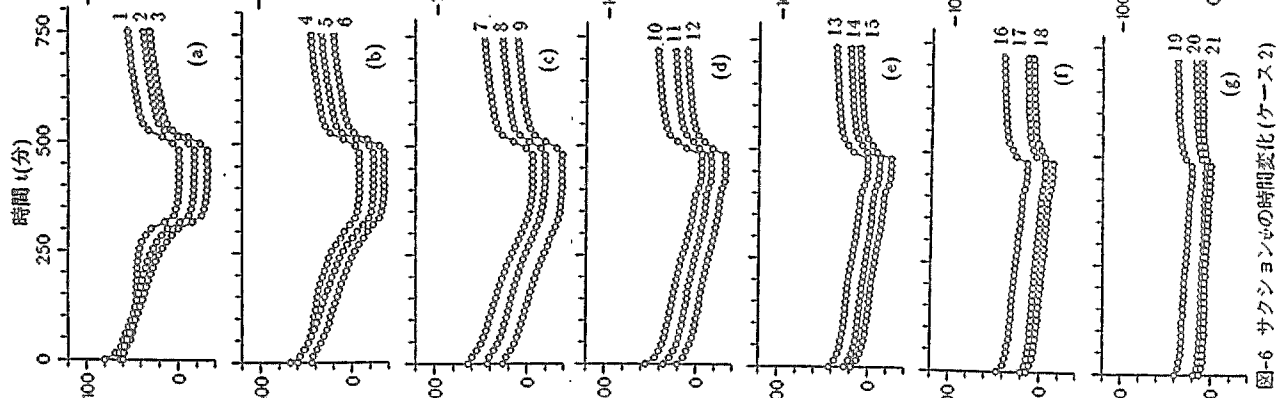


図-6 サクシオン濃度の時間変化(ケース2)

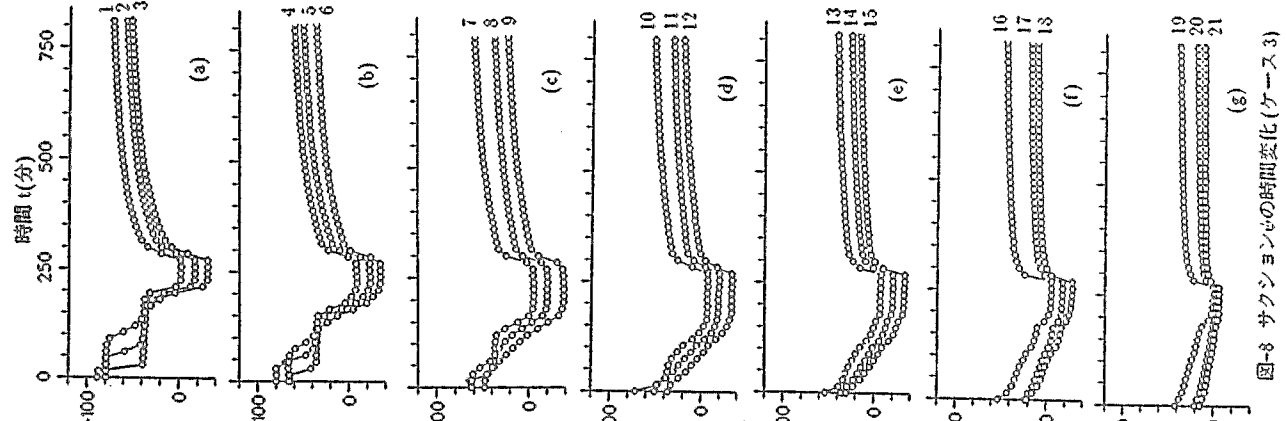


図-8 サクシオン濃度の時間変化(ケース3)

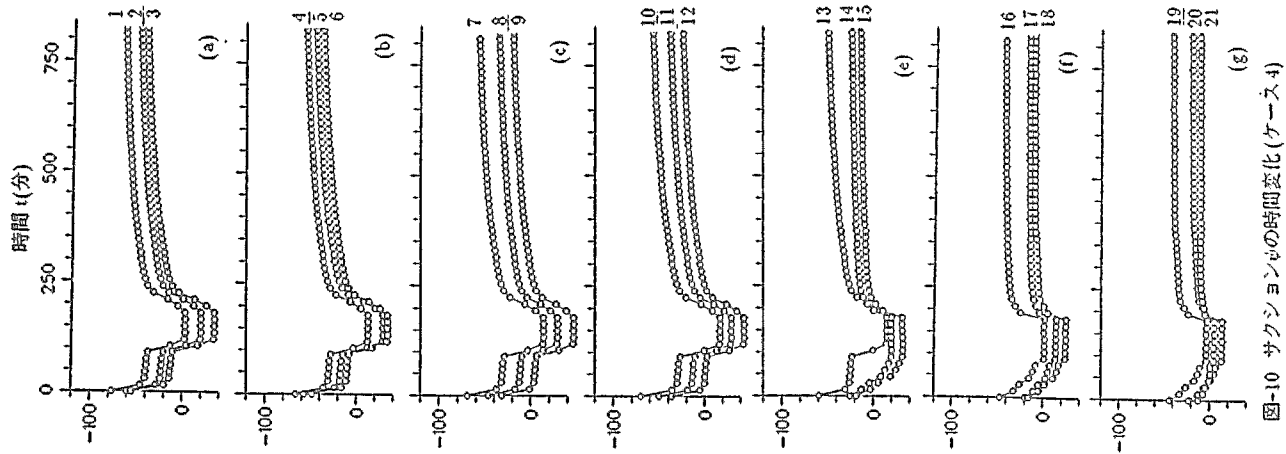


図-10 サクシオン濃度の時間変化(ケース4)