

山梨大学工学部 正員 坂本 康
山梨大学工学部 正員 竹内邦良

1. はじめに

降雨の河川への流出過程の検討では、流域からの流出を限られた範囲、いわゆる流出寄与域についてのみ考える方法が物理的に扱いやすい。この考え方では、1)流域中に流出寄与域をどのように想定するか、また、2)流出寄与域からの流出機構をどのように表現するかが課題となる。本研究では、流出寄与域を考える基礎として、その構成要素として河川近傍の斜面を想定することが妥当か、斜面からの流出機構がどのようなものか、を流出水の水質変化をもとに検討する。これは、著者らが従来より検討してきた「水質情報を使った流出物理機構の解析」の一環でもある。

以上の目的で、本研究では、室内にモデル斜面を作り、境界条件がはっきりした状態で hydrograph と chemograph の基本的な対応関係を特定した。また、初期貯留水と浸透水との置き換わりによる流出成分と、飽和表面流及び速い浸透流による流出成分との違いも水質により検討した。

2. 方法

実験は図1に示す斜面模型に人工降雨を降らせて行なった。材料は、団粒構造をもち水はけがよい、という表層土の性質を持つ園芸用赤玉土を用いた。赤玉土は粒径 0.84-5 mm、透水係数約 0.1cm/sec、空隙率約60%のものを用いた。この赤玉土では、流出は浸透流が主になった。また、川と土中水が連続した状態を想定し、流出口には幅 1cm の自由水面部を設けた。降雨強度は、1分間に 35, 71, 97, 136ml/486 cm² とした。水質は、電気伝導度と NO₃⁻-N 濃度を測定した。また、電気伝導度に流出成分の違いが明確に現われるよう、初期条件として、赤玉土層にはあらかじめ 0.03% NaCl 溶液を降らせて放置した。NO₃⁻-N 濃度の測定には、Cd-Cu カラム還元法と紫外外部吸光度法を併用した。NO₃⁻ は赤玉土からの溶出により供給される。

3. 結果

(1) 斜面からの流出水量・水質の時間変化

各降雨条件での流出水量・水質変化を図2、3に示す。流量変化はより自然状態に近い斜面で山田が行なった観測²⁾と同様の結果であった。電気伝導度、NO₃⁻-N 濃度は降雨開始1~2分後から下がり始め、降雨継続中は下がり続ける。降雨停止後は電気伝導度は変化しないが、NO₃⁻-N 濃度は上昇する。これより、NO₃⁻-N では浸透流量の減少につれ濃度が高くなるといえる。実際の河川では、降雨停止後、流量ピークより遅れて NO₃⁻-N 濃度ピークが現われることがしばしば観測されている。これは、上記のように、降雨停止後に量は少ないが NO₃⁻-N 濃度の高い水の流出があり、これと低濃度の基底流との混合で見掛けのピークができるためと考えられる。このように、単独の斜面からの流出水質変化は実流域の河川水質変化の基礎となる。このことは、河川近傍の斜

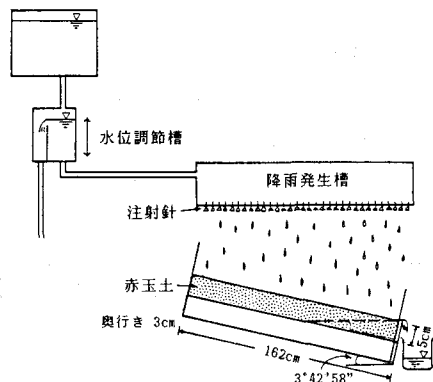


図1 実験装置

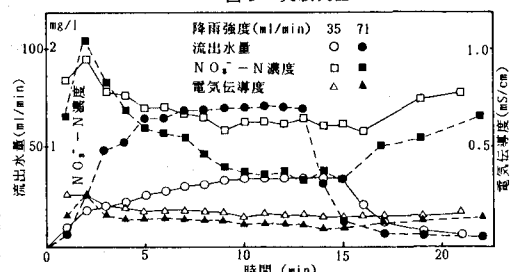


図2 斜面流出水量・水質変化 (降雨強度35,71 ml/min)

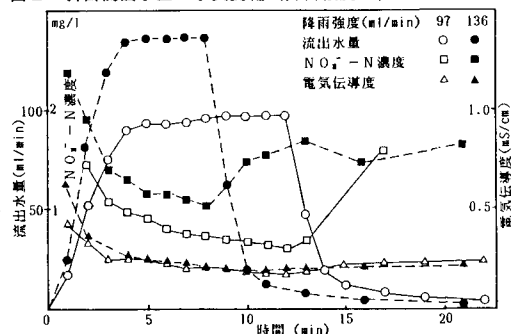


図3 斜面流出水量・水質変化 (降雨強度97,136 ml/min)

面を流域の構成単位とし流出寄与域のように扱うこと（例えば、角屋ら²⁾）が妥当であることを示唆しているともいえる。

(2) NO_3^- -N 濃度変化

次に、 NO_3^- -N 濃度変化を定式化するために、図4に示すように累加流量との関係をみた。図4のように、この関係は流量増加時・減少時とも単一直線では表わせない。累加雨量、貯留量、負荷量をパラメータとしても同様であった。これは、流れ方の違いが NO_3^- -N 濃度に直接反映するためである。ここで流れ方の違いとして考えているのは、著者ら³⁾がカラム実験で検討した通常の浸透流と水みちを經由した流れの違い、soil matrix flow と macropore flow との違いである。例えば、降雨停止後の濃度の増加には、団粒内細孔を浸透し土から多くの NO_3^- を供給される水の寄与が大きいと考えられる。

(3) 水質により分離した各流出成分の検討

図5、6には、流出水を水量・負荷の連続式に基づき高濃度・低濃度成分に分離した結果を示す。計算には電気伝導度測定値を用いた。ここで、高濃度成分とは初期貯留水と同じ値の成分であり、低濃度成分とは降雨と同じ値の成分である。図より、降雨前に貯留されていた水の流出成分は降雨の開始時に急増し、降雨中は比較的一定で、降雨停止時に急減することがわかる。これは、この成分が細孔を浸透する連続した水であり、水頭差の変化に敏感に反応するためと解釈できる。また、表面や水みちを速くかつ集中的に流れる水は、滞留時間が短くかつ溶質の洗い流された部分を通過するため水質変化が少なく、低濃度成分となったと考えられる。

4. まとめ

流出寄与域を構成すると考えられる斜面からの流出を水質を用いて検討し、以下の結果を得た。

(1) 室内のモデル斜面からの流出水の水質変化は、実流域での降雨時の河川水質変化を説明するための基礎となりうるものであった。

(2) 斜面流出水の NO_3^- -N 濃度変化は、浸透流の流れ方の違いを敏感に反映し、単純に流量だけと関係づけられないことが追認された。

(3) 斜面流出水を水量・負荷の連続式に基づいて分離した結果によると、高濃度成分は降雨の開始・停止に即時に应答する細孔内浸透成分と考えられる。

なお、この実験は、山梨大学工学部環境整備工学昭和60年度卒業生、森長敏、飛田和彦両君が卒業研究の一部として行なったものである。ここに記して謝意を表す。

文献

- 1) 山田正・日野幹雄・藤田光一：小試験地における雨水の流出機構に関する研究、第26回水理講演会論文集、pp.229-236、1982。
- 2) 角屋睦・福島晟・左合純造：丘陵山地流域モデルと洪水流出モデル、京大防災研究所年報、第21号 B-2、pp.219-233、1978。
- 3) 坂本・竹内・本郷： NO_3^- をトレーサーとした土壌浸透流の検討ー水みちの存在ー、第39回年次講演会概要集、pp.27-28、1984。

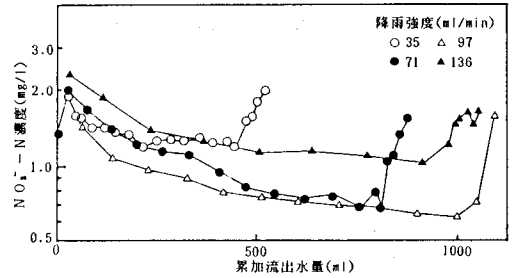


図4 NO_3^- -N 濃度と累加流出水量

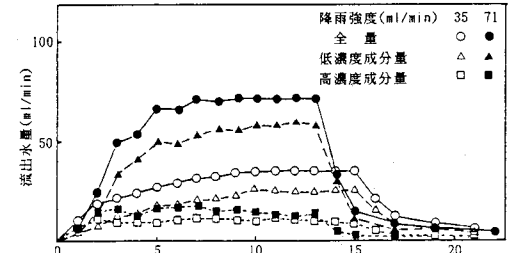


図5 流出成分水量変化 (降雨強度35, 71 ml/min)

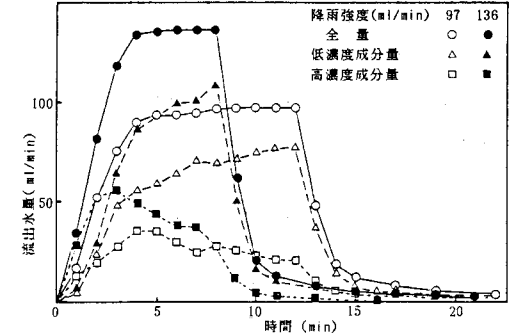


図6 流出成分水量変化 (降雨強度97, 136 ml/min)