

線状降水帯などの局所的降雨の特性を考慮した流出解析手法

(株) 建設技術研究所 ○清水万莉子、村上正人、高橋佑弥、近藤圭悟
 国土交通省北陸地方整備局阿賀野川河川事務所 星野政一※、清水 一浩、田代 和吉
 ※現 国土交通省北陸地方整備局企画部

1. はじめに

近年、大規模な降雨などにより同時多発的に斜面崩壊や土石流が発生し多量の土砂が生産され、谷出口より下流の勾配の緩い区間で広域に土砂と泥水が氾濫する土砂・洪水氾濫による被害が顕著である。特に、気候変動による影響で線状降水帯が発生し、比較的小さな流域面積の流域内でも雨域の分布に差が生じ、局所的な強い降雨による土砂流出を引き起こす例も多い。そのような流域で、代表観測所雨量を用いた集中型モデル(貯留関数法等)による流出解析を実施すると、流域内の降雨分布を考慮することができず、適切な評価ができない場合がある。

本研究では、降雨の時空間分布を考慮することができる分布型モデルによる流出解析を実施し、モデルの再現性を確認するとともに、土砂・洪水氾濫対策計画における流出解析手法の選定について検討した。

2. 流出解析モデルの概要

本研究では、降雨の時空間分布を考慮することができる分布型モデルとして、Kinematic Wave 法を採用し、再現性を確認した。

Kinematic Wave 法を用いた流出解析では、斜面から河道への流出過程(斜面系)と河道沿いの洪水の流出過程(河道系)とに分け、それぞれ次に示す方程式を用いて計算を行う。

【斜面系】

(表面流の連続式) (表面流の運動方程式)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r_e = r - q_{inf} \quad h = kq^p$$

h : 水深、 q : 斜面単位幅流量、 r_e : 有効降雨強度、 k, p : 流れの抵抗に関する定数、 x : 流下方向の距離
 表面流の運動を Manning 則で近似すると k 及び p は次式で表される。

$$k = (N/\sqrt{i})^p, \quad p = \frac{3}{5}$$

N : 等価粗度係数、 i : 斜面勾配

【河道系】

(連続式) (運動方程式)

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_s + q_g \quad Q = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} A$$

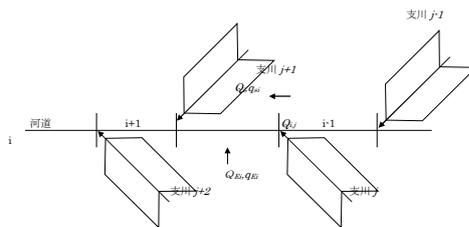


図 1 モデルの模式図

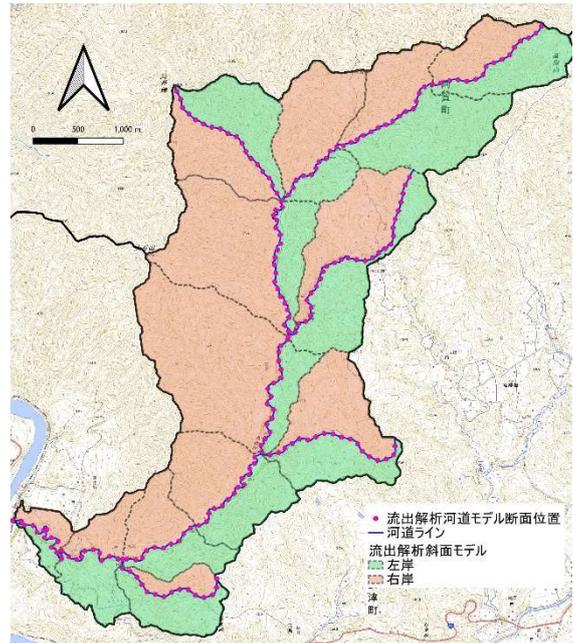


図 2 Kinematic Wave 法 馬取川地形モデル

3. 再現計算の実施と再現性の検証

3.1 R4.8 出水概要

阿賀野川水系実川・馬取川流域では、線状降水帯の影響により、令和4年8月3日の昼過ぎから8月4日の明け方にかけて、一部で非常に激しい雨が降り続き、土砂流出が発生した。

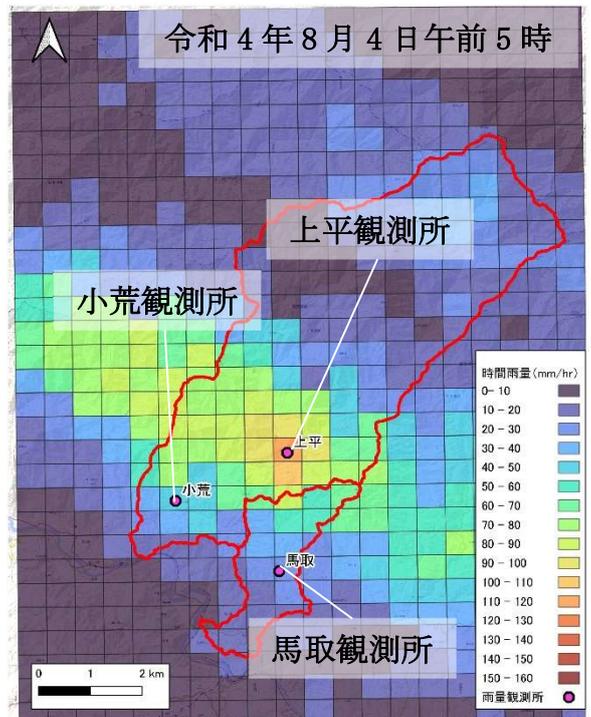


図 3 ピーク時のレーダー雨量

3.2 R4.8 出水時の流出解析

3.2.1 実績ハイドログラフ

馬取川流域では、新潟県で水位観測が実施されている。そのため、河道断面を計測し、マンニング則を用いて出水時の流量を推定した。



図 4 馬取川の洪水時の荒沢地区周辺状況

3.2.2 Kinematic Wave 法による流出解析

図 3 に示すレーダー雨量を、図 2 に示すモデル化した斜面に供給することで降雨の時空間分布を考慮した。そして表 1 に示すパラメータのうち、表面流出率と等価粗度を変化させ、実績ハイドログラフが再現可能なパラメータを設定した。洪水後半の後続流の再現性に課題はあるが、3 波の波形のピーク流量や立ち上がりと減衰状況は概ね一致している (図 5)。

表 1 流出解析パラメータ

雨量の表面流出率	0.85
係数 α (cm)	0.1835
係数 n	1.6
等価粗度	0.50
流域面積(km ²)(実川)	121.8
流域面積(km ²)(馬取川)	16.5

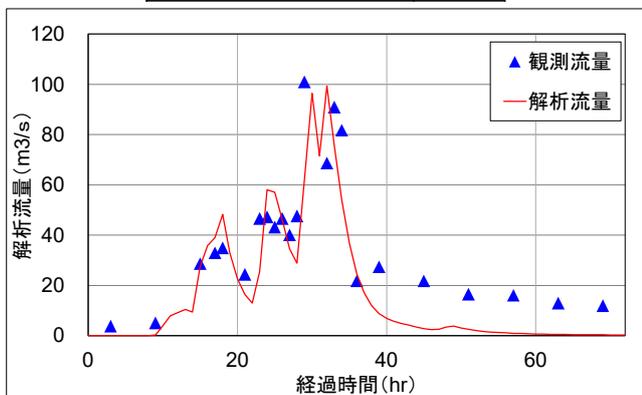


図 5 観測結果と流出解析結果の比較 (馬取川水位計地点)

3.2.3 流出解析結果の比較

貯留関数法による流出解析は、阿賀野川水系河川整備基本方針で採用されているパラメータを用いて、地上雨量観測所データより作成した流域平均雨量を基に実施した。流域平均雨量はティーセン分割により、実川は上平、小荒、馬取観測所、馬取川は上平、馬取観測所のデータを使って作成した。

馬取川、実川の流出解析結果の比較を示す(図 6、図 7)。なお、実川流域には水位観測所がないため、

Kinematic wave 法の流出解析は、馬取川と同じパラメータを用いて計算を実施した。

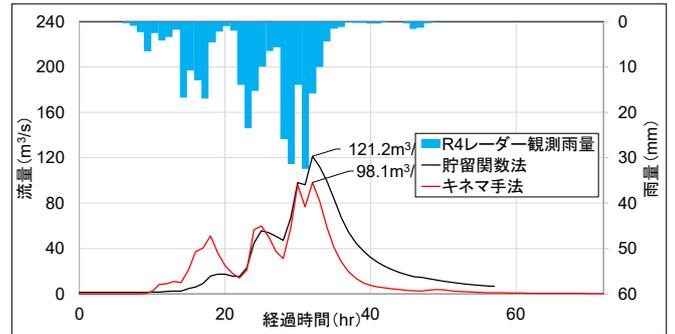


図 6 流出解析結果の比較 (馬取川)

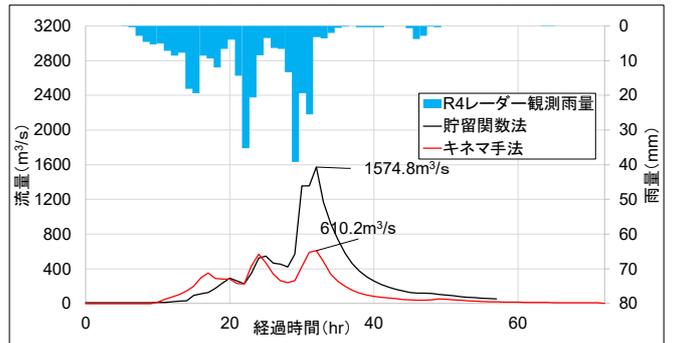


図 7 流出解析結果の比較 (実川)

R4.8 出水では、線状降水帯が発生した範囲に、代表観測所が位置していたため流域平均雨量が実態に比べて過大となり、貯留関数法による流出解析結果のピーク流量が過大となった。特に実川流域では貯留関数法のティーセン分割で流域の大部分の範囲を代表する上平雨量観測所が線状降水帯の強雨域に位置していたため流域全体のピーク流量が顕著に大きくなったものと推察される。一方、Kinematic wave 法では約 1km の精度を持つレーダー観測雨量を用いているため、貯留関数法のティーセン分割より緻密に雨量の分布を表現可能である。このため、流域で一つの平均雨量のみで評価を行う貯留関数法とピーク流量に差異が生じたものと考えられる。また、Kinematic wave 法は貯留関数法と比較して、洪水初期から降雨量の増加に対応して流量が大きくなり、ピーク後の減衰状況も降雨量に対応した状況を再現することができ、線状降水帯のような流域内の局所的降雨による流出の影響の再現性が高いことを確認した。

4. おわりに

本研究では、阿賀野川水系実川・馬取川を対象として、降雨の時空間分布を考慮できる分布型モデル (Kinematic wave 法) による流出解析を実施し、モデルの再現性を確認した。流域内の降雨分布が異なる雨による土砂流出の場合には、流域内の降雨分布を考慮できる流出解析手法を選定することで、実態に合った流出解析を行うことができ、より精度の高い土砂・洪水氾濫対策計画を検討することができる。と考える。