

降雨の損失機構の不確実性を考慮した流出解析に関する研究

中央大学大学院 学生会員 ○渡邊 瑞貴 中央大学大学院 学生会員 小石 一宇
中央大学 正会員 成 岱蔚 中央大学 フェロー会員 山田 正

1. はじめに

近年の X バンド MP レーダ網の発達に伴って、降雨の時空間分布は、従来に比べてより詳細に捉えられるようになった。しかし、観測の精度をいくら上げても空間分布の物理的な不確かさや真値の不確かさは常に存在し、これらは時空間分布に起因する不確かさである。

図-1 は、矢木沢ダム流域と矢木沢ダム流域を含む周辺流域の総降雨量と損失雨量の関係を図示したものである。図から見て取れるように、一般に流域に降った雨水の全てが流出に寄与している訳ではない。山田ら¹⁾は、流域内における保水能の分布特性を考慮した有効降雨の算定手法を提案している。しかしながら、図中に示した点は損失雨量曲線の周りに分布しており、損失雨量曲線そのものの不確かさを理論に取り入れる必要があるといえよう。従って、本研究では吉見・山田、成の研究をもとに損失雨量曲線そのものの不確かさを考慮した理論の導出を行った。さらに、山地流域を対象とし、損失雨量曲線を構成するパラメータに不確かさを与えて流出解析を行い、損失機構の不確かさが河川流量の不確かさに与える影響を分析した。

2. 有効降雨の算定における保水能理論

ある 1 つの特性を持った表土層によって構成された斜面において、累積降雨量はその土壌特性によって決まるある値に達するまでは、直接流出には寄与しない。この問題を考えるために、流域全体で損失する量を考える。

有効降雨の算定法は従来より複数の方法が提案されているが、本研究では山田²⁾が提案した保水能を用いた一般式(1)を用いる。

$$u(t) = \left(1 - \frac{\partial F}{\partial R}\right) r(t) \quad (1)$$

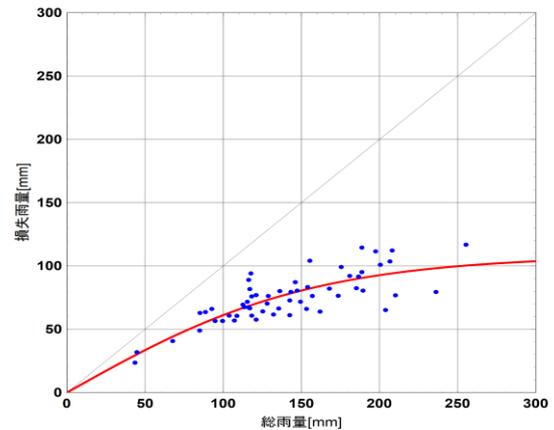


図-1 矢木沢ダム流域と矢木沢ダム流域を含む周辺流域の総降雨量と損失雨量の関係

3. 損失雨量曲線

山地流域における損失雨量 $F(R)$ は、保水能の理論において、式(2)で近似的に表現することができる。

$$F(R) = a \operatorname{Tanh}(bR) \quad (2)$$

このとき、式(2)のパラメータ a と b は総降雨量に対する損失雨量の関係を回帰するためのパラメータである。式(2)に示す損失雨量と総降雨量の関係を用いることで、流出に寄与する有効降雨および流出寄与割合を、累積雨量に応じて時々刻々と算出することができる。

4. 降雨流出過程における不確か性理論

山田ら³⁾によって提案された単一斜面における降雨流出の基礎式を(3)式に示す。

$$\frac{dq_*}{dt} = a_0 q_*^\beta (r(t) - q_*) \quad (3)$$

ここに、 q_* : 流出高[mm/h], $r(t)$: 降雨強度[mm/h], a_0 と β は流域特性を表すパラメータである。

5. 損失雨量曲線のパラメータ

矢木沢ダム流域を含む周辺流域の総降雨量と損失雨量の関係をプロットし、プロットに最も適合するような損失雨量曲線のパラメータ a と b を算出した。周辺流域のパラメータを用いて、矢木沢ダム流域の損失雨量曲線のパラメータに適用した。

図-2は損失雨量曲線パラメータの信頼区間を考慮した場合の矢木沢ダム及び矢木沢ダム流域を含む周辺流域の雨量と損失の関係である。損失雨量曲線のパラメータの信頼係数5~95%を考慮し、総雨量100mm, 150mm, 200mm時の損失雨量の分布を調べた。さらに、得られたパラメータを用いて、有効降雨についてアンサンブル計算を行い、流域平均降雨のピーク時の有効降雨の分布を調べた。また、流域のピーク時流量の分布を調べた。

図-3は矢木沢ダム流域の1時間平均降雨の時系列とピーク時の降雨のヒストグラムである。また、図-4は矢木沢ダム流域において流出計算を行った際の流域末端の流量の時系列とピーク時流量のヒストグラムである。

6. まとめ

本研究では損失雨量曲線の不確実性が河川流量に与える影響を分析した。矢木沢ダム流域及びこの流域を含む周辺流域の雨量と損失関係の分析を行い、さらに算出した有効降雨を用いた流出解析を行うことで損失機構の不確実性が河川流量に与える影響を分析した。本研究の結果より得られた知見を以下に詳述する。

- ・アンサンブル計算を行った際の有効降雨の時系列は、有効降雨強度がピークの値に近づくにつれ、減少し、実測値を下回る結果となった。
- ・アンサンブル計算を行った際ピーク時の流量時系列は、250~300mm に多く分布しており、アンサンブル計算を行わない場合 よりも上回った。
- ・流域平均降雨、流量ともに、立ち上がりに分布する傾向が見られた。

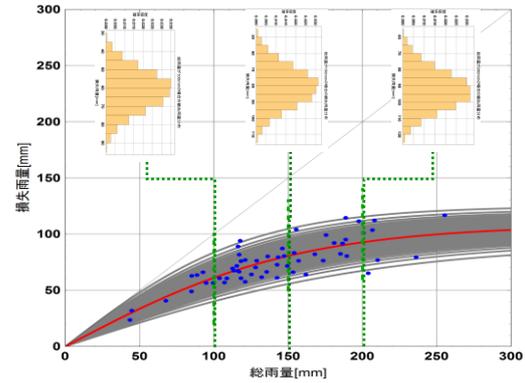


図-2 損失雨量曲線パラメータの信頼区間を考慮した場合の矢木沢ダム及び矢木沢ダムを含む周辺流域の雨量-損失関係

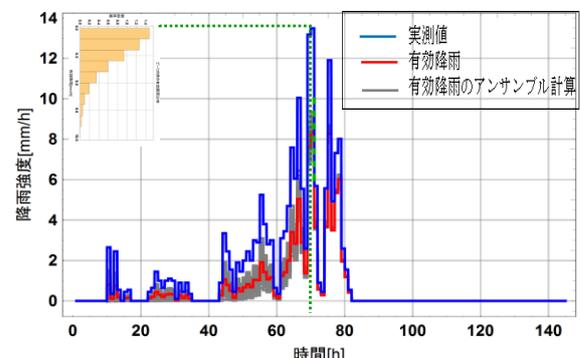


図-3 矢木沢ダム流域の1時間平均平均降雨のピーク時降雨とその分布

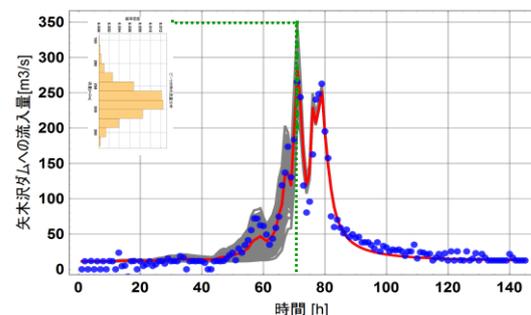


図-4 矢木沢ダム流域のピーク時流量とその分布

参考文献

- 1) 呉修一, 降雨流出の普遍的適用にむけた物理的アプローチ, 大学院研究年報理工学研究科篇, 第38号 pp.105-138, 2008.
- 2) 山田正, 山地流出の非線形性に関する研究, 土木学会水工学論文集, 第47巻, pp.259-264, 2003.
- 3) 山田正, 山地小流域の斜面長分布と瞬間単位図の関係, 土木学会論文報告集第306号, pp.11-21, 1981.