

森林小流域における融雪を考慮した長期流出解析

前橋工科大学 建設工学科 ○学生員 清水美代
 前橋工科大学 建設工学科 非会員 孫 士禹
 前橋工科大学 建設工学科 正会員 土屋十圀

1. はじめに

日本は、水資源の多くを山地河川流域に依存しており、積雪地域においてはその重要度が高く、水資源の開発や管理は、的確に行われなければならない。そのためには、河川の長期的な水文解析を行い、積雪・融雪が影響する山地流域の水収支を明らかにし、流出特性を正確に把握する必要がある。

本研究では、安藤ら¹⁾³⁾により提案された日単位の長期流出解析(水循環)モデルを用いて、比較的簡単な計算で得られる流域のパラメーターから、長期流出の傾向を再現することとする。このモデルの適用は、基本的な水文資料から流出解析を行うことができる利便性より、すでにいくつかの山地河川流域で行われている。

そこで本研究では、積雪のある森林小流域における、2001年から2005年までの5年間について流出解析を行い、その適合性について検討することを目的とする。

2. 対象流域

1999年から研究室で独自に観測、データ解析を行っている利根水系一級河川である桜川を対象流域とする。桜川は、群馬県利根郡川場村の剣ヶ峰山の南面に水源を持ち、全長約11km、流域面積は17.283km²であり、その8割以上が急峻な山地である。

桜川の上流部は、冬季に積雪が2m以上となり、河川流量が極端に少なくなる。また春期には、融雪出水により流量が多くなるという特徴がある。流域図を図-1に示す。

3. 長期流出モデル

安藤ら¹⁾の提案した水循環モデルは、流出過程を忠実に再現しており、その概念図は図-2に示した。

流域は流出域と浸透域に分けられ、浸透域への降水の一部は樹冠に遮断され、その後蒸発する。地表に到達した雨水は、土壌水分の保留となるものと地下水涵養となるものに分かれ、土壌に保留された雨水の一部は浸透域から蒸発散する。地下水涵養は地下水貯留を増加させ、地下水流出となる。また、流出域への降水はそのまま直接流出となり、総流量は直接流出と地下水流出の和から、蒸発散を引いたものに等しい。



図-1 桜川流域

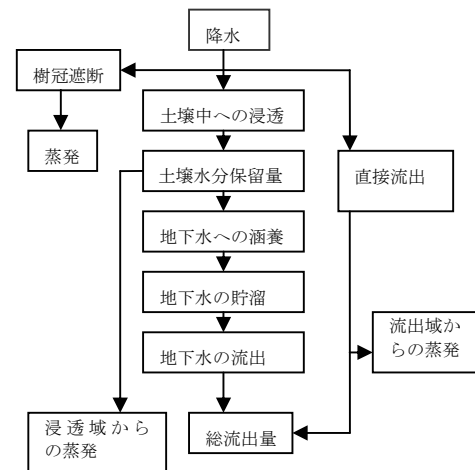


図-2 流出過程の概念図

本研究では、積雪地域における融雪を考慮した流出解析を行うため、このモデルに積雪・融雪の有無の判別式を組み込むこととする。積雪・融雪は、気温 T によるところが大きく、次の3パターンに分けられる。降雨 P が雨か雪かの境界温度を本流域では 2°C と設定する²⁾。

・ $T \leq 0^{\circ}\text{C}$

降水は雪、融雪なし

・ $0^{\circ}\text{C} < T \leq 2^{\circ}\text{C}$

降水は雪、融雪量 $SW = MC \times T$

・ $2^{\circ}\text{C} < T$

降水は雨、融雪量 $SW = T \times \frac{MC + P}{80}$

キーワード：長期流出解析、積雪地域、融雪、日単位

連絡先：〒371-0816 前橋市上佐鳥町 460 番地の 1 前橋工科大学建設工学科 Tel: 027-265-7355

4. パラメーターの算定

この長期流出解析モデルを用いるには、表-1に示すパラメーターを全て算定する必要がある。

桜川流域が小流域であることより、降雨が直接流出となり流出するのにかかる日数は長くても2日であると考え、2001年から2004年までの同定期間より孤立降雨を抽出し、配分率を求めたところ、 $d1=0.6375$ 、 $d2=0.3625$ 、 $d3=0$ であった。

直接流出量に関するパラメーターとして、一雨降雨量 P_s と直接流出量 D_s の相関図に基づき、 $f0=0.1007$ 、 $f1=0.2073$ 、 $P1=62.72\text{mm}$ とした。

実測の蒸発散量と Hamon 式による蒸発散能から蒸発散の補正係数 $E1=0.535$ 、林外雨と林内雨の関係より樹冠遮断率 $c=0.2$ が得られた。

また、分数減水定数は設定に必要な無降雨期間が得られなかったため、一般的な値である $a=0.014$ を用い、他のパラメーターも、土壌の最小容水量 $Mn=200\text{mm}$ 、地下水涵養定数 $g=1.0$ 、融雪定数 $MC=2(\text{mm}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{day})$ と仮定した。

5. 解析結果と考察

解析結果の一例として、2003年の桜川の長期流出モデルによる計算ハイドログラフと実測ハイドログラフの比較を図-3に示した。両者は、比較的良く符合しており、実測値と計算値の相関が0.89であることから良い相関を示している。概ね妥当な結果が得られた。

さらに、解析を行った5年間の、各年の1年間の総流出量の相対誤差 YRE と日流量の相対誤差の平均値 ADRE を図-4に示した。

1年間の総流量の相対誤差 YRE は0.034~0.185 となり、概ね0.1前後の小さい値を示しており、よい再現性を示していると言える。日流量の相対誤差の平均値 ADRE は0.23~0.45 という値が得られた。

これは、融雪を考慮しなかった場合に相関が0.42、総流量の相対誤差が0.26、日流量の相対誤差の平均値が0.706であったことと比較しても格段に高い適合性を示していると言える。

また、各月の月流量の相対誤差 MRE を比較すると、冬季において計算流量が実測流量より若干過小に算出され、夏季にはその逆の傾向があることが認められ、各月の日流量の相対誤差 MADRE は、冬季の積雪期間で誤差が大きくなる傾向がある。

[参考文献]

- 1) 安藤義久・知久岳史・安池宏之：山地流域の積雪・融雪を含む日単位の長期流出解析、水文・水資源学会誌第1巻、pp69-74、1988。
- 2) 土屋十圓・坂田慶太郎：森林小流域における流況変化と降雨損失量、水資源シンポジウム2002年。
- 3) 安藤義久・天口英雄・孫士禹：古生層山地流域の日単位の長期流出解析、水利科学、No. 268、pp26-39、2002。

表-1 パラメーター

記号	パラメーターの名称	値
d1	単位図配分率（降雨当日）	0.6375
d2	単位図配分率（降雨翌日）	0.3625
d3	単位図配分率（降雨翌々日）	0
E1	蒸発散の補正係数	0.535
c	樹冠遮断率	0.2
f0	基本流出率	0.1007
f1	1次付加流出率	0.2073
P1	1次遷移雨量	62.72
g	地下水涵養の比例定数	1.0
MC	融雪定数	2
a	地下水流出の分数減水定数	0.014
Mn	土壌の最小容水量	200

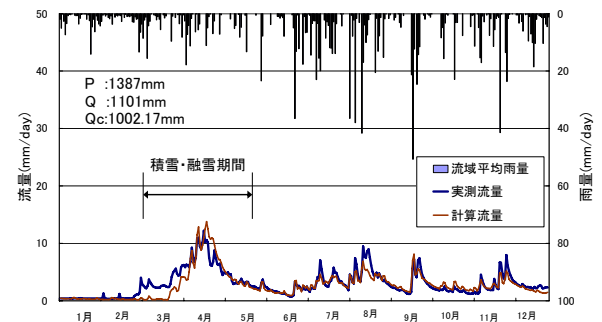


図-3 解析結果（桜川2003年）

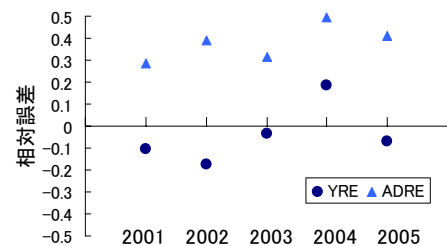


図-4 桜川流域の相対誤差によるモデルの適合性の評価

6. まとめ

積雪のある桜川流域において、長期的な流出解析を行う場合、積雪・融雪の影響を無視することはできず、必ず考慮しなければならない。

安藤らの水循環モデルを用い、積雪地域において積雪・融雪の影響を考慮した流出解析を行うと、その1年間の総流量の相対誤差は0.1前後と小さく、良い再現性を示している。以上のことから、本モデルの桜川流域への適合性は高いと言える。

しかし、日流量の相対誤差の平均値が0.4以上となる期間もあり、より良い再現性を得るためにもさらに検証を行い、少しでも誤差を小さくしていく必要があるため、今後の課題とする。