

最上川上流白川ダム流域における長期流出解析

明星大学理工学部土木工学科 学生会員 後藤吉裕
明星大学理工学部土木工学科 正会員 藤村和正

1. はじめに

我が国は、水資源の多くを山地流域に依存しており、特に積雪地域の山地河川流域において流出特性を把握することは水資源の開発、管理にとって重要である。本研究では、積雪地域における山地河川流域の流域特性を把握することを念頭におき、東北地方日本海側の最上川上流白川ダム流域を対象として 17 年間の日雨量、日流量のデータを整理し、一雨雨量－直接流出量の相関関係、流域損失量などの水水量について考察する。さらに、安藤等によって小河内ダム流域¹⁾や神流川流域²⁾など関東の山地流域で適合性が確認された積雪・融雪モデルを組み込んだ長期流出モデルを、GIS データが適用できるように改良を加え、17年間の整理した資料を用いて長期流出解析を行い、その適合性について検討することを目的とする。

2. 長期流出モデルと GIS の利用

< 積雪・融雪モデル >

積雪・融雪モデルとして基本的に菅原正巳(1972)の考案した方法を用いる。すなわち、ある日のある地帯の日平均気温が0℃以下ならば、その降水は雪であると考え、前日までの積雪水量にその日の降水量を加える。気温が0℃より高ければ、その降水はすべて雨と考え、また前日までの積雪があれば、そこから気温に比例する雪を融かして水にする。この融雪水量については、気温 $t^{\circ}\text{C}$ ($t > 0$) のとき、雨の温度も $t^{\circ}\text{C}$ と考え、雨量が P とすると、水の融解熱が 80cal/g であるから $P \cdot t / 80$ の雪が雨によって融けると考える。また、気温 1°C につき、雪が降雨に換算して何 mm 融けるかという定数を m ($\text{mm}/^{\circ}\text{C} \cdot \text{day}$)とすると、積雪がある場合には気温 $t^{\circ}\text{C}$ ($t > 0$)で日雨量 P (mm/day)の日の融雪量 SN は次式で与えられる。

$$SN = m \cdot t + P \cdot t / 80$$

< 直接流出、地下水涵養・地下水流出モデル >

安藤³⁾等の提案した直接流出、地下水涵養・地下水流出モデルの考え方を以下に示す。流域は流出域と浸透域に別け、流出域への降雨を直接流出と考える。直接流出は、前期降雨の多寡により有効降雨を算定する。次に有効降雨を単位図の配分率を用いて降雨当日、降雨翌日、降雨翌々日に分配する。浸透域への浸透量は降雨量から直接流出量と樹冠遮断量を差し引く。ここで樹冠遮断量は降雨量に比例すると仮定している。土壌水分保留量には地表からの浸透量に加わり、浸透域からの蒸発散量が消失していく。次に、地下水涵養量は表層の土壌水分の超過保留量に比例すると考えられ、当日の土壌水分量から地下水涵養量を差し引くことにより、翌日の土壌水分量を求めることができる。一方、地下水涵養量は地下水貯留量を増加させ、地下水流出量は地下水貯留量を減少させる。地下水流出は地下水貯留量の二乗に比例すると考える。最後に、総流出量は直接流出量と地下水流出量との和から蒸発散量を差し引いて求める。融雪水の流下過程としては、雪が大量に空隙を持っているので雪中を浸透し、地表面に達して降雨の場合と同じように一部は土壌水分保留量に加わり地中に浸透し、一部は直接流出すると考える。

< GIS の利用 >

山地流域の降水量は、標高や山地の地形など、地形的要因や気温や地形による気流の変化、あるいは季節風の影響など気象的要因が複雑に関係し、降水量の分布が生じてくる。本研究では、様々な地形的要因や気象的要因が影響する流域の平均降水量を算定するため、GIS を利用し、メッシュ交点の標高と気温を考慮し、流域平均雨量を算定した。また、雨量資料を整理した結果、雨量－高度法に

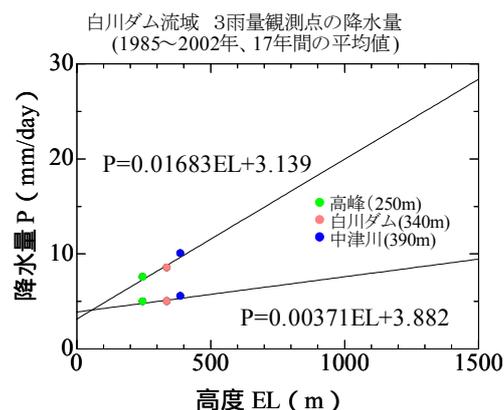


図-1 雨量と高度の関係

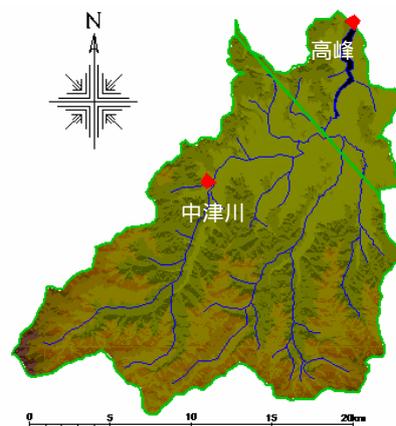


図-2 白川ダム流域概要図

キーワード：積雪地域、長期流出解析、積雪・融雪、GIS、水循環モデル

連絡先：東京都日野市程久保 2-1-1 明星大学理工学部土木工学科 TEL042-591-5111

より、冬期(12月～2月)の回帰直線と春期(3月～5月)、夏期(6月～8月)、秋期(9月～11月)の回帰直線は傾向がまったく異なっていることが明らかになった。春期、夏期、秋期の回帰直線はほぼ近似していることがわかったので、3月から11月までの高度と降水量の関係は、1つの回帰直線で表わした。以上より、本研究では、雨量－高度の関係式は12月から2月の冬期の雨量－高度直線とその他の期間の雨量－高度直線の2種類で使い分けることとする(図-1)。

3. 対象流域と対象期間

置賜白川は、その源を山形・福島県境の飯豊山(標高 2105m)に発し、広河原川、小屋川等の支川を合わせ、置賜白川として最上川に注いでいる。本研究では白川ダムにある高峰観測地点までの上流域を対象とし、その流域面積は205km²である(図-2)。本流域の地質は、全体が主に第三紀の凝灰岩である。このほとんどが、中新世及び鮮新世のものである。

対象期間は1985年10月～2002年9月の17年間とした。水文資料として、多目的ダム管理年報及び白川ダム管理月報より流域下端の白川ダムの全流入量データ、雨量データを用い、白川ダム雨量月報より高峰地点の雨量データを用い、アメダスデータにより中津川地点の雨量データを用い、また、気象庁アメダスデータから高峰地点の日平均気温を用いた。

本流域の流出特性を表わすため流況曲線を図-3に示し、一雨雨量－直接流出量の相関図を図-4に示す。図-3には流出が多い年の1995年と流出が少ない年の1990年の流況曲線、および17年間の豊水流量、平水流量、低水流量、渇水流量の平均値を示す。平水流量の平均値が3mm/day以上あり、渇水流量の平均値でも1mm/day以上あり、本流域は保水性が比較的高いことがわかる。一雨雨量と直接流出量の関係は、1次遷移雨量を50mm、2次遷移雨量を140mmと設定し、基本流出率が0.17、1次付加流出率が0.31、2次付加流出率が0.95と求めた。また、直接流出の配分率は4つの孤立降雨から求めた結果、D1=0.50、D2=0.41、D3=0.09であった。

4. 解析結果と考察

解析期間初日を10月1日として各年毎に解析を行った。パラメータは、各年共通した値として、地下水涵養の定数 $g=0.9$ 、土壌の最小容水量 $h=150\text{mm}$ 、雪が気温 1°C につき雨量に換算して何mm融けるかという定数 m は試算により40程度の値を用いた。また、分数減水定数 a の値については、役内川流域⁴⁾で得た値を参考とし、 $a=0.010$ と設定した。解析結果の一例として、2001年～2002年の場合を図-5に示す。計算ハイドログラフは実測ハイドログラフを比較的良好に再現しており、他の年についてもほぼ同様の結果となった。

5. おわりに

安藤等¹⁾の日単位の水循環モデルは、比較的少ない水文資料で解析が行えるモデルと言える。豪雪地域である白川ダム流域に対する解析の結果、積雪地域への適用可能性が示された。今後の課題として、積雪面積などその他の水文資料、観測値をもとにモデルの検証を行う必要があると考えている。

参考文献

- 1) 安藤義久・知久岳史・安池宏之: 山地流域の積雪・融雪モデルを含む日単位の長期流出解析、水文・水資源学会誌第1巻第1号、pp.69-74、1988。
- 2) 野村拓生・安藤義久: 山地河川流域における日単位の長期流出解析、水文・水資源学会 1994年研究発表会要旨集、pp.196-197、1994。
- 3) 安藤義久・高橋裕: 山地河川の長期流出解析に関する一考察、土木学会論文報告集、第318号、pp.93-105、1982。
- 4) 後藤吉裕・藤村和正: 雄物川上流役内川流域における非積雪期の流出特性、第30回関東支部技術研究発表会講演概要集、2003。

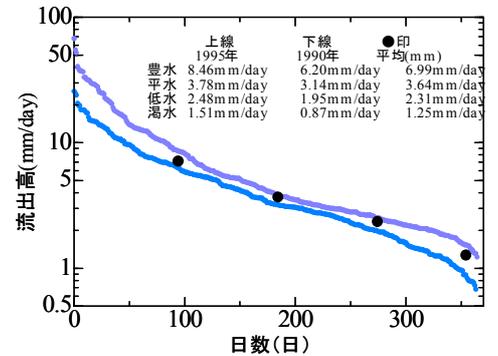


図-3 流況曲線

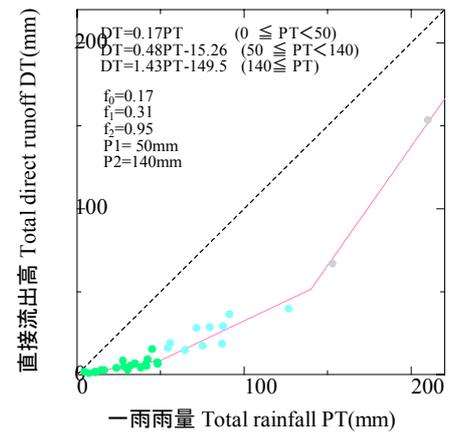


図-4 一雨雨量－直接流出高の相関図

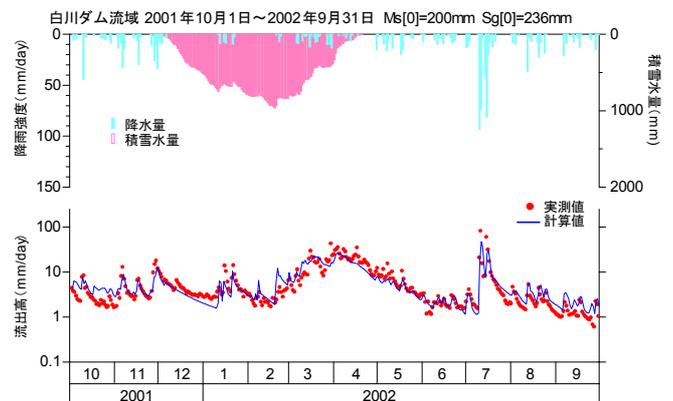


図-5 解析結果の一例