

東京理科大学 土木工学科 正会員 大西 外明  
 東京理科大学 土木工学科 学生員 須山 治

1. はじめに

自然エネルギーの有効利用の観点から、近年、中・小水力エネルギーの開発に社会的関心が集まり、その計画立案のために小流域河川を対象とした水文資料の整備が急務となっている。すなわち、小流域河川においては、一般に水文資料が不足もしくは皆無なことが多いために、簡単な現地調査結果を基にして、できるだけ高い精度で流出量を算定しうる方法を確立しておくことが求められている。その点、近年、著しく発展しつつあるランドサットデータの応用は有用と予測される。事実、ランドサットデータを用いて地表被覆分布を解析し、それを水文流出解析におり込む試みは、米国においてすでにRaganらによってなされている。しかし、その試みはランドサットリモートセンシングの本来の目的である広大な流域を対象とするものであり、我国の中小水力開発計画で対象とされる数10km以下の流域についての検討は、従来なされたことが無く、その適用性については明らかにされていない。以上の観点から、本報告では三重県柳田川水系蓮川（流域面積約5km<sup>2</sup>）を対象として、ランドサットデータを組み込んだ降雨・流出解析を行ない、その手法の適用性と問題点を窺うこととした。

2. 降雨・流出解析へのランドサットデータ組み入れの考え方と問題点

降雨強度をP、流出量をQとし、対象流域の水文・地質・地形特性をCと表わすと、一般に

$$Q = f(P, C) \quad (1)$$

と表わされる。ここに、fは関数を表わす。その関数形の決定手法としては、従来から、貯留関数法、タンクモデル法、各種の確率過程理論を応用した手法が提案されているものの、特に中小流域に関しては、各手法とも未だ不満足な段階にあると思われる。その主要な原因の一つに流域の流出率推定上の困難性が挙げられよう。流域の流出率は、一般に流域面積、地質、地表被覆状態、傾斜、地表の湿潤状態、日射量等の多くの要素に支配されており、式(1)中のCはこれらの影響要素を総括した変数である。ランドサットデータは、Cに影響を及ぼす上記の諸要素に関する情報を豊富に含んでいることから、その利用は従来の解析手法にはない明るい展望を与えてくれるであろう。Raganらは大規模流域を対象として考察を加え、Cのうちの直接流出に対する影響要素をCNで表わし、ランドサットデータを用いる場合、地表被覆（流出の難易度により分類した）と土壌によって表1の値を採用することを提案している。

地球上の情報を巨視的に伝達するランドサットリモートセンシング利用の面から見れば、Raganらの提案するCNは、有用な水文パラメータの一つと考えられるが、それを我国の中小河川に適用しようとする場合、次の問題点がある。

- (i) ランドサットデータを対象流域の地表被覆状態、湿潤状態等の把握に利用しようとする場合、本来は広大な地域に適用したランドサットリモートセンシングがどの程度の精度で小流域に適用しうるかといった疑問。
- (ii) 米国の水文資料を基にして推定されたCNを、日本の流域にそのまま適用しうるか否かといった疑問。

3. 蓮川を例とした検討

以上の問題点につき、柳田川水系蓮川を対象として検討するために、同地点のランドサットデータを基にした画像解析を行ない、地表被覆の状態を求めた。さらに、得られた画像解析結果を用いて、同流域のCNを算定して米国の値と比較した。

地表被覆	Hydrologic Soil group に対するCN値			
	A	B	C	D
森林	25	55	70	77
草がはえた空地	36	60	73	78
商業工業地域	90	93	94	95
居住地域	60	74	83	87
露出した土	72	82	85	90

表-1

i) ランドサットデータによる流域の画像処理

水文解析には、現在、三重県飯南群飯高町で建設中の蓮ダム地点の降雨・流量観測値を用いたので、それに対応させる意図で、1979年5月23日のランドサットデータを用いて図1に示すような4.7km<sup>2</sup>の範囲について画像解析を行ない、地表被覆状態を表2の8カテゴリーに分類して求めることとした。写真1は、画像解析の結果であり、また、表2中に流域の地表被覆率を示した。なお、ランドサットデータを用いた土地被覆算定法の精度については別途、鶴見川流域について建設省作成の土地利用図と比較検討し、よい対応関係を得ている。写真1および表2から明らかのように、この流域の90%以上が森林地帯であるために、地表付近の地質分布を分類することは、本流域では不可能であった。その点については、別の流域で検討中であるので機会をあらためて報告する予定である。

ii) 流域の流出特性の解析

河川への全流出量を $Q$ 、直接流出量を $Q_d$ 、基底流出量を $Q_b$ とすると

$$Q = Q_d + Q_b \quad (2)$$

により表わすことができる。いま、有効降雨高を $P_e$ 、地下への最大浸透高を $S$ とし、(3)式の関係を仮定すると(4)式を得る。

$$\frac{P_e - Q_d}{S} = \frac{Q_b}{P_e} \quad (3) \quad Q_b = \frac{P_e^2}{P_e + S} \quad (4)$$



図-1

さらに、初期浸透高を $I_a$ とし、それと $S$ との比を $A_x$ とする。すなわち、

$$I_a = A_x \cdot S \quad (5)$$

と置くと、 $P_e = P - I_a = P - A_x \cdot S$ となる。したがって、式(4)は次式となる

$$Q_b = \frac{(P - A_x \cdot S)^2}{P + (1 - A_x)S} \quad (6)$$

蓮ダム地点での昭和49年1~12月の日雨量・日流量資料を基に $A_x$ を試算した結果、年間平均値として $A_x = 0.2$ が得られた。この値は、Raganらの解析で採用されている米国の値とほぼ一致している。式(6)に $A_x = 0.2$ を代入すると(6)式が得られる。また、 $S$ はCNによって(7)式により表わされる。日雨量・

分類	色	被覆率	分類	色	被覆率
針葉樹林	濃緑		住宅	ピンク	0.29%
広葉樹林	緑	90.80%	畑地	褐色	0
針・広葉樹混交林	淡緑		水田	青	0
裸地	灰	8.67%	草地	黄	0.24%

表-2

$$Q_b = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.2S} \quad (6') \quad S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (7)$$

日流量資料を基にして、流量経時曲線を描いた図上で基底流量を分割して $Q_b$ を求め、その値を用いて式(6)と(7)からCNを算定すると $CN = 20$ が得られた。ちなみに、米国で提案されている表1のCN値を蓮川流域にそのまま適用して流域のCNの平均値を求めると $CN = 55$ となる。

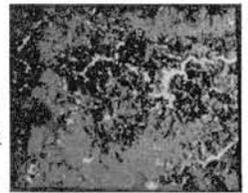


写真-1

4. おまけ 以上の検討の結果、ランドサットデータは小流域の地表被覆状態把握に十分に適用できることが明らかとなった。しかし、地表浸透状態把握は今後の研究課題として残っている。また、解析の結果推算されたCNと米国での値との不一致は、流域特性や降雨特性の差異によると考えられるほか、今回の検討に用いた水文資料の精度の問題もあると推測され、これらの点については、さらに検討中である。しかし、種々の流域についてこの種の検討を重ねて、地表被覆別、地質条件ごとにCN(または、他の流出特性パラメータ)を定めることで、ランドサットデータを我国の水資源問題に有効に利用しうる道が明らかになるように筆者らは考えている。

参考文献 Ragan, R.M. and Jackson, T.J. "Use of Satellite Data in Urban Hydrologic Models". Jour. of Hyr. Div. ASCE. vol 101, NO. HY12, Dec. 1975. PP. 1465 ~ 1475.