

東京大学 工学部 正員 ○小池俊雄
 東京大学 工学部 正員 高橋 裕
 農林水産省林業試験場 吉野昭一

1. はじめに

流域融雪量は地形及び森林の影響を受けると同時に、流域の積雪面積率によって大きく支配される。本研究では、筆者らによって提案されている日射・気温・降水量を用いた融雪モデルとリモートセンシングの発達に伴って入手が容易となった積雪面積情報を用いた流域融雪量の算定法を提案する。

2. 日射・気温・降水量を用いた融雪モデル

斜面や森林が融雪に及ぼす影響を表し得る融雪モデルとして筆者らにより次式が提案されている。¹⁾

$$M_{cal} = \frac{0.332 I \left(\frac{\bar{T}_{6-18} + 273}{273} \right)^4 - 33.4 \Delta T_{18-21} \left(\frac{273}{T_{18} + 273} \right)^4 + 3.0}{8} + 0.102 d.h. + \frac{2.49 \Sigma (e_{sat} - 6.1) + \frac{P \bar{T}_p}{10}}{8} \quad (1)$$

ただし、 $\bar{T}_{6-18}$: 6-18時の平均気温、 ΔT_{18-21} : 18-21時の気温低下率

T_{18} : 18時の気温、d.h.: Degree-hour, e_{sat} : 飽和水蒸気圧、

P: 降水量、 $\bar{T}_p$: 降雨中の気温

ここで、気温に関しては標高に対する低減率を用いて高度補正を行い、日射量(I)に関しては、日射量観測地点における受光係数(S_o)と計算地点における受光係数(S_N)及び森林の日射遮蔽率(C)を用いて、観測された日射量(I_o)を次式で補正して用いた。

$$I = (1 - C) \frac{S_N}{S_o} I_o \quad (2)$$

3. 対象流域の概要と融雪特性の計量

本研究で対象とした流域は林業試験場宝川森林理水試験地の本流域で、流域面積が19.1km²、高度分布が800~1950mの山地流域である。図1に流域の概要を示す。植生は原生のブナ林と植林によるスギ・カラマツ林であるが、落葉樹であるブナは融雪期には日射遮蔽効果は小さく、スギは積雪荷重により倒れていることが多いため日射遮蔽の影響は小さく、本流域では森林の影響を無視した。融雪モデルに組み込まれる受光係数は次式で表され、²⁾

$$S_N = \sqrt{1 - \cos^2 \lambda \sin^2 \beta} \sin(\xi + \theta) \quad (3)$$

ただし、 $\tan \xi = \tan \lambda \sec \beta$

θ : 斜面勾配 (南斜面+, 北斜面-)、 β : 真南または真北から

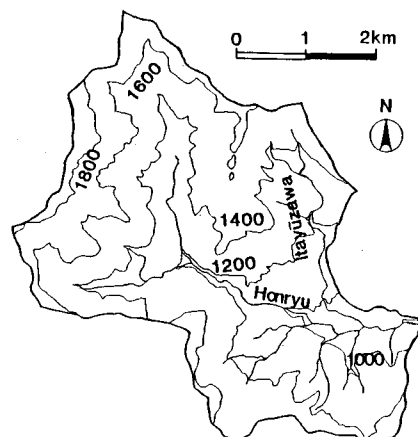


図1. 対象流域の概要

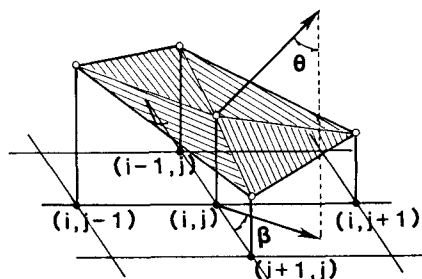


図2. 斜面特性の計量法

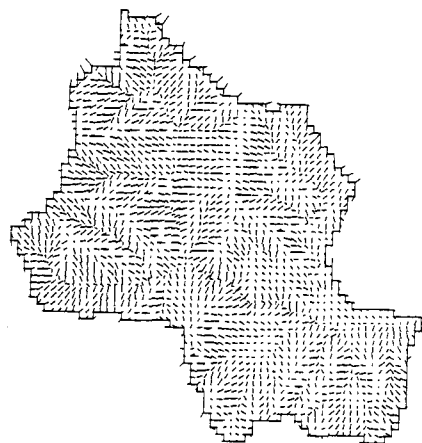


図3. 斜面のベクトル図

の角度 λ : 太陽南中時の入射角

この算定にあたっては斜面向と斜面勾配の計量が必要となる。そこで、本研究では標高のメッシュデータを用いた斜面特性の数値表現として、図2に示すように点 (i, j) とそれを囲む4つの点から作られる4つの三角形平面の単位法線ベクトルの和を点 (i, j) における斜面特性を表すベクトルとして、この水平面への正射影から斜面向を定め、鉛直線との角度から斜面勾配を算定する方法を用いた。図3は上記の方法によって得られた本流流域の斜面のベクトル図である。

4. 積雪面積情報の収集と流域融雪量の算定

積雪面積情報の収集には地上からの目視観測法を用いた。これは、融雪期に流域の大半が見渡せアプローチが容易な観測点数カ所を流域内に設定して、3月下旬～5月下旬に積雪面積の分布の程度を目視で0, 10, 25, 50, 75, 100%の6段階に区分してその分布範囲を2万5千分の1の地形図に書き込み、各分布帯の面積を計量して、流域積雪面積率を算定する手法である。図4は観測の一例を示している。融雪モデルによる計算値 (M_{cal}) に対応する流域融雪量の観測値 (M_{obs}) は次の水収支式により算定した。

$$M_{obs} = \Sigma Q + \Sigma E - \Sigma P - S_{gs} + S_{ge} \quad (4)$$

ただし、 $\Sigma Q \cdot \Sigma E \cdot \Sigma P$: 対象期間の流量・蒸発散量・降水量の総和 $S_{gs} \cdot S_{ge}$: 対象期間の起日・終日における地下水貯留量

ここで、蒸発散量の算定には、

- 積雪域からの蒸発散は無視する。
- 各メッシュ毎に計算して平均値をを算出する。

として、Hamon式を用いて日平均蒸発散量を算出し、メッシュ数と日数の総和をとって流域の蒸発散量を求めた。地下水貯留量の算定には地下水流出の分数関数型の減水式の積分形である次式を用いた。

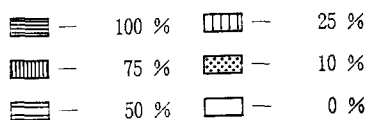
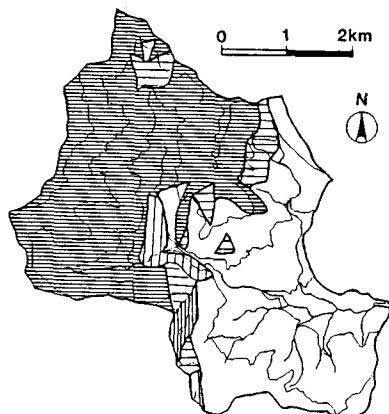
$$S_g = \frac{\sqrt{Q_0}}{A_u} \quad (5)$$

ただし、 A_u : 分数関数減水定数 Q_0 : 初期流出高
なお Q_0 は日最低流量を日換算して用いた。

5. 結果と考察

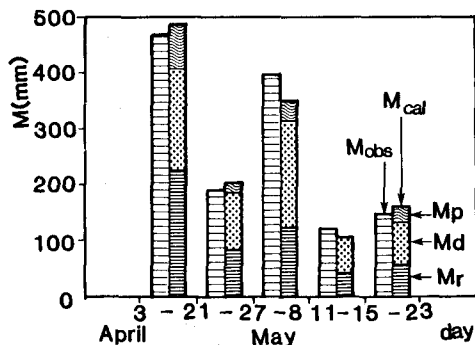
図4は、a) 1983年、b) 1984年の本流流域における水収支法による結果 (M_{obs}) と流域融雪モデルによる融雪量 (M_{cal}) を表しており、兩年とも両者の整合性は非常によく、(1) 式で示される融雪モデルを山地多雪流域に適用した結果 モデルの妥当性が示された。

【参考文献】1) 高橋・小池・吉野：第28回水理講演会論文集，pp.447-452, 1984. 2) 高橋・小池・吉野：第29回水理講演会論文集，pp.149-154, 1985. 3) 高橋・安藤・伊藤・伊藤：土木学会論文報告集，No.377, pp.75-81, 1983.

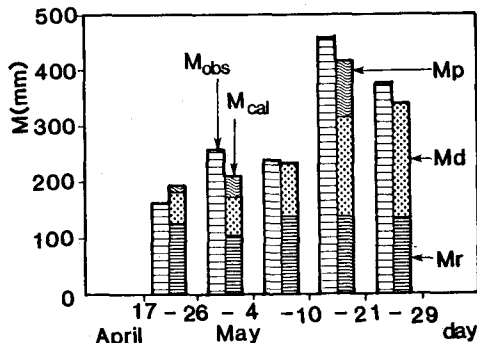


積雪面積率=50% (1984年 5月14日)

図4. 積雪面積の観測例



a) 1983年



b) 1984年

図5. 融雪モデルの適用結果