

岩手大学 正員 ○笹本 誠
正員 堺 茂樹
正員 平山健一

1. はじめに

北海道、東北、北陸等の多雪地帯では春先の融雪出水は貴重な水資源である。一方、この出水は継続時間が長くしばしば河川災害の原因にもなっている。融雪出水は降雪→積雪→融雪→流出といった一連のプロセスで構成される。本研究は融雪流出を予測する第一段階として降水（降雪）→積雪への変換モデルについて検討したものである。

2. モデルの概要と計算結果

降ったばかりの新雪は、時間の経過と共に自重や熱の作用を受けてしまり雪、さらめ雪に変態し圧密していく。本研究は平地積雪を対象とし、自重による積雪層厚の変化を粘弾性モデルを用いて検討している

粘弾性体の歪みと応力の関係は図-1のバーガーモデルで示される。このモデルでは、一定荷重 W が t 時間作用した時の歪みの変化 $\varepsilon(t)$ は図-1を参照して、

$$\varepsilon(t) = \frac{F}{E_1} \left[1 + \frac{E_1}{\eta_1} t + \frac{E_1}{E_2} \left(1 - e^{-\frac{E_2}{\eta_2} t} \right) \right] \quad (1)$$

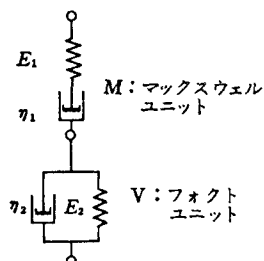


図-1

となる。篠島の実験によると遅延時間 τ_2 (η_2/E_2)の値は自然積雪の圧密のようなタイムスケールに比べ小さくフォクトユニットの部分では弾性歪みのみ生ずる。さらに緩和時間 τ_1 (η_1/E_1)も小さいため式(1)中の第二項が支配的になり

$$\varepsilon \cong \frac{F}{\eta_1} \cdot t \quad (2)$$

が得られる。

η_1 については次のような値が実験的に求められている。

$$\eta_1 = 0.62 \cdot \text{EXP}(0.089 \cdot (101 - 5) + 25.3\gamma) \quad (\text{新潟})$$

$$\eta_1 = 1. \cdot \text{EXP}(21\gamma) \quad (\text{札幌})$$

(3)

同様に図-2に示すように厚さ h の雪層上に t 時間内に W の重さを持つ降雪があり、厚さが dh 変化するものとすれば(2)式にならい次式が与えられる。

$$-\left(\frac{1}{h} \cdot \frac{dh}{dt} \right)_t = \frac{W(t)}{\eta_{es}} \quad (4)$$

(4)式は雪層厚の時間変化を示す式であるが、雪層厚に密度 γ を乗ずるとその雪層の重量 W となる。 W は一定であるから、密度に関する式(5)が得られる。

$$\left(\frac{1}{\gamma} \cdot \frac{d\gamma}{dt} \right)_t = \frac{W(t)}{\eta_e} \quad (5)$$

式(3)を式(5)に代入し、積分すると次式が得られる。

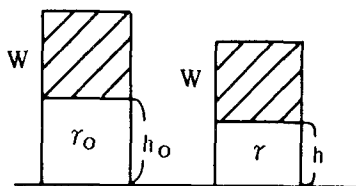


図-2

$$\gamma(t) = \frac{1}{\alpha} E_i^{-1} \left[\frac{1}{\eta_e} \int_0^t W(t) dt + E_i(\alpha \gamma_0) \right] \quad (6)$$

ここでEは誤差関数である。

従って、ある雪層につき初日の密度 γ_0 とそれ以後の降雪（降水）による荷重Wが与えられればt日後の雪層の厚さは次式で与えられる。

$$H = \int_0^t \frac{w_1}{\gamma(t)} dt \quad (7)$$

降雪（降水）により雪層の数が増えれば同じ手順でそれぞれの雪層について厚さの変化を計算し、各層の厚さを合計すればt日までの積雪深が求められる。

計算では、毎日の気温と降水量を与えたが、初日の積雪密度を見積る必要がある。

図-3は岩手県和賀郡沢内村と盛岡市での降雪日の気温と密度の関係を示したものである。これにより、

$$\gamma_0 = 0.04 \quad T \leq -3.^\circ\text{C}$$

$$\gamma_0 = 0.1 \quad -3.^\circ\text{C} < T \leq 2.5^\circ\text{C}$$

$$\gamma_0 = 1. \quad 2.5^\circ\text{C} < T$$

と仮定し、初日の密度を求めた。 η_1 は新潟と札幌の中間の値となるよう次式で与えた。

$$\eta_1 = 1.5 \cdot \text{EXP}(21\gamma) \quad (8)$$

盛岡市と沢内村での計算結果と実測値の比較を図-4と5に示す。計算結果は盛岡市では積雪の初期に大きめになっており、また沢内村では降水量が極めて多い日の積雪深が大きい過ぎるなどの問題はああるものの、全体的にかなり良い一致が見られる。

3おわりに

本計算では、降水量と気温から積雪深を求めたが、逆に積雪深と気温からその間の降水量を推定する事が可能である。今回は、降雪（降水）から流出に至る一連のプロセスの中の降雪積雪という初期の過程のみを対象としたが、今後積雪融雪、融雪流出までのメカニズムを組み込み、融雪出水の予測を検討するつもりである。

<参考文献>

- ・ 新防雪工学ハンドブック
- ・ 小島賢治：積雪の粘弾性圧縮 I～IV，低温科学

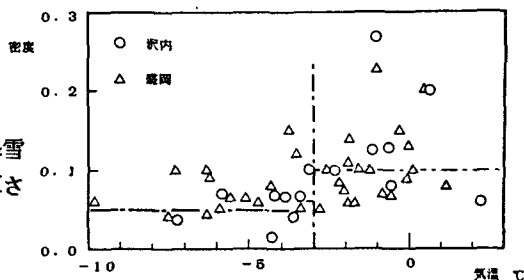


図-3

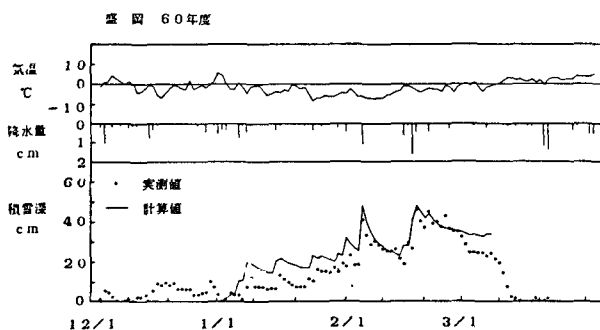


図-4

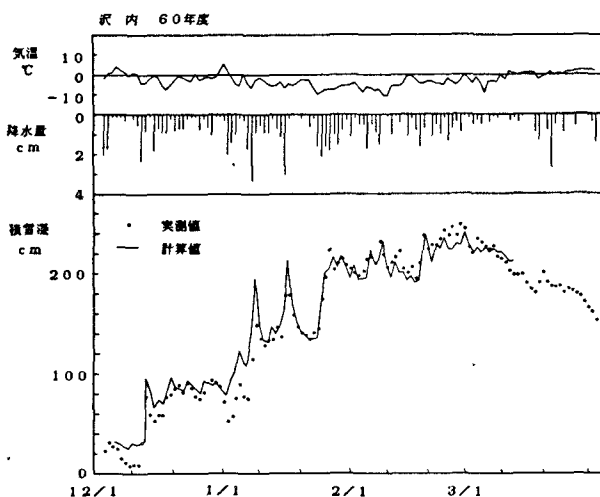


図-5