

分布型モデルによる手取川流域の日融雪流出解析

金沢大学工学部 正会員 宇治橋康行

同上 正会員 高瀬 信忠

同上 学生員○松田 千周

1. はじめに 著者らはこれまでに金沢での観測をもとに降積雪から融雪流出に至る一連の物理過程を組み込んだ日単位の積雪深、相当推量、融雪量の算定モデルを構築してきた。本研究では、このモデルを山地流域に適用し、分布型流出モデルと併用することにより日単位の融雪流出解モデルを構築したので報告する。

2. 解析モデルの概要

1) 融雪量算定モデル 積雪の融解は積雪に与えられる熱エネルギーにより生じる。積雪の熱収支は次式で表される。

$$Q = (1-A_r) \cdot I + L \downarrow + L \uparrow + Q_H + Q_E + Q_r + Q_c + Q_g \quad (1)$$

ここに、 A_r は斜面のアルベド、 I は斜面上の全天日射量、 $L \downarrow$ は大気放射、 $L \uparrow$ は雪面放射、 Q_H は顕熱伝達量、 Q_E は潜熱伝達量、 Q_r は降雨による伝導熱、 Q_c は雪中伝導熱、 Q_g は地中からの伝導熱である。この中で融雪の主要な熱源である日射および大気放射は斜面の勾配、方位および周辺地形の起伏などの地形要素に影響される。ここでは放射エネルギーのうち、日射量に対してのみ斜面特性を考慮することとした。斜面上の日射量は、次式で表される。

$$I = D_s + S_s + S_r \quad (2)$$

ここに、 D_s は斜面に放射される直達日射量、 S_s は斜面に放射される散乱日射量である。傾斜角 ϕ_s 、方位 θ の斜面上での式(2)の各成分は、天空散乱日射と散乱放射の均一角度分布を仮定すると、それぞれ、

$$D_s = \frac{D_H}{\sin h} \{ \cos \theta \cdot \sin h + \sin \theta \cdot \cos h \cdot \cos (\phi_s - \phi_0) \} \quad (3)$$

$$S_s = \cos^2 (\theta/2) \cdot S_H \quad (4) \quad S_r = \sin^2 (\theta/2) \cdot A_r \cdot I_H \quad (5)$$

と表される。ここに、 D_H は水平面直達日射量、 h は太陽高度、 ϕ_0 は太陽方位角、 S_H は水平面散乱放射量、 I_H は水平面全天日射量である。したがって、式(3)、(4)および(5)より、水平面上での全天日射量、直達日射量および散乱日射量が分かれば、斜面上の各成分が求められる。なお、水平面全天日射量の推定には近藤の式を、その直達・散乱成分への分離には吉田-篠木の式を用いる。近藤の式は、

$$I^* = (I_0/\pi) (H \cdot \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \sin H) \quad (6)$$

(I) 晴天日 (平均雲量3未満 : $n < 0.3$)

$$I_H = I^* (A + B \times 10^{-0.13m}), \quad A = 1 - B - 0.06 \times \log_{10} e, \quad B = 0.43 - 0.016 \times e \quad (7)$$

(II) 雲のある日 (平均雲量3以上 : $0.3 \leq n \leq 1$) $I_H = I^* (0.22 + 0.55(t-n))$ (8)

である。ここに、 I^* は大気上端の水平面日射量、 I_0 は太陽定数、 H は時角、 ϕ は緯度、 δ は太陽赤緯、 $m = 1.4 \sec \theta_0$ 、 θ_0 は南中時の太陽天頂距離、 e は地上付近の日平均水蒸気圧(mb)、 n は雲量、 t は雲の厚さを表すパラメータである。次に吉田-篠木の式は次式で表される。

$$S_H = (I_H - 0.048 G_s I^*) (0.733 - 1.119 S + 0.702 S^2 + 0.217 n) + 0.048 G_s I^* \quad (9)$$

$$D_H = I_H - S_H \quad (10)$$

ここに、 G_s は積雪指数、 S は日照率である。

また、雪面に与えられる日射以外の熱エネルギーの成分である顕熱および潜熱伝達量はバルク法により、大気放射に対してはBrunt-山本の式により算定できるが、その詳細はここでは割愛する。

2) 流出モデル 本解析に用いた分布型流出モデルは図-1に示すようなメッシュタンクモデルである。本モデルの特徴は流出成分の応答早さを考慮してタンクの各段毎に空間的集中化スケールを変化させていることである。すなわち、表面および早い流出成分に対応する第一段および第二段タンクからの流出に対して

はメッシュ単位で集中化を行い、遅い中間流出成分に対応する第三段タンクからの流出に対しては各支流とその残流域毎に集中化し、地下水流出成分に対応する第四段タンクからの流出に対しては全流域を集中化している。各タンクからの流出量はデジタルマップから作られる落水線に沿って河道に至るまで順次下流タンクの流入量となる。河道での遅れ、集中化過程は考慮しない。

3. 実流域への適用 メッシュタンクモデルを構成するために約250m×250mのデジタルマップを作成した。解析対象流域は図-2に示す白山(標高2,702m)山麓を水源に持つ手取川ダム流域(247.23km²)であり、解析対象期間は平成2年12月下旬から平成3年10月までである。図-3にしきい値1の落水線図、1/25000地形図の実河道にもっとも近い擬河道網(しきい値10)および1/25000地形図の実河道網を示す。この結果から第三段タンクの集中化はしきい値10の擬河道網を基準にして行った。計算結果および流出解析結果等の詳細については講演時に述べる。

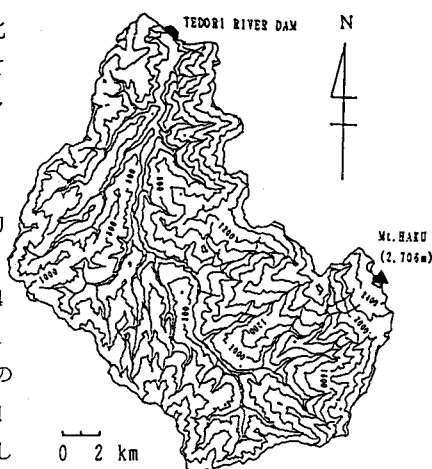


図-2 手取川ダム流域図

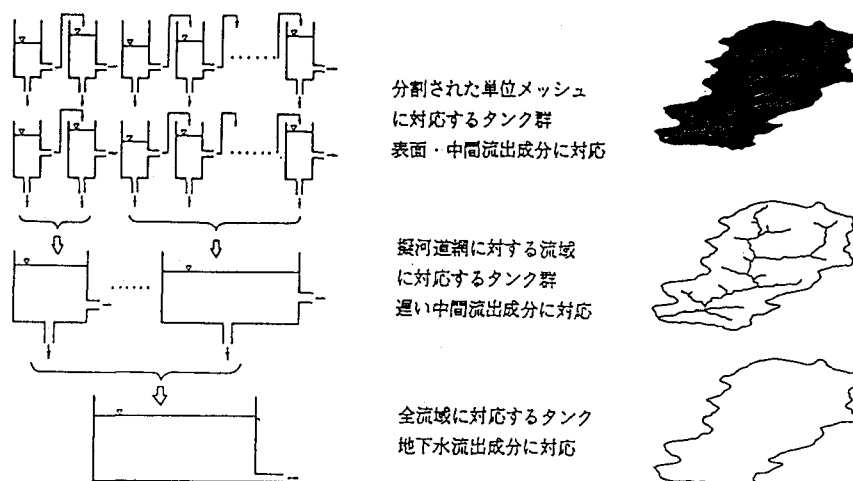
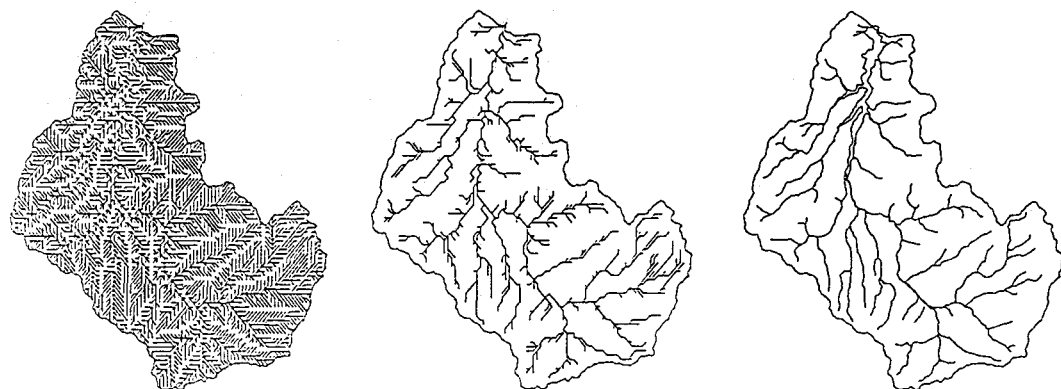


図-1 メッシュタンクモデルの概念図



(a) しきい値 1

(b) しきい値 10

(c) 実河道網

図-3 手取川流域の落水線図および実河道網