

II - 161

小流域における積雪水量の空間分布を考慮した融雪流出解析

日本建設コンサルタント 正会員 齋藤 靖史

北見工業大学工学部 正会員 早川 博

北見工業大学工学部 正会員 内島 邦秀

1. はじめに 本試験地の位置する北海道東部の少雪寒冷地域¹⁾において、融雪流出は水資源を確保することができる反面、異常出水による洪水災害にもつながり、高精度の流出予測が必要である。富里ダム流出試験地(0.084km²)は、融雪期においても凍結土層が残存する場合があります、凍結土層の有無によって融雪初期に流出量が長周期のうねりを示す特徴的な流出形態が観測される場合と、そのうねりが認められない2タイプの流出形態に分類できる²⁾。本試験地は小流域であるので、前報では積雪水量の空間的な偏りを無視した融雪流出解析を行ったが、再現計算結果から積雪水量の空間分布の必要性が指摘された³⁾。本研究は、積雪水量の空間分布を考慮した実用的な融雪量の算定法を提案し、凍結土層の有無による流出形態の違いを解明する。

2. 融雪量の空間分布 前報³⁾では、凍結土層の存在する場合の融雪水の流出経路を図-1のように考え、この推定に基づいた並列4段タンクモデルを構築して、凍結土層が流出形態に及ぼす影響を土壌の凍結による流出パラメータの変化に結びつけて検討した。しかし、流域最下流部で観測されたライシメータの融雪量を融雪流出解析に用いたため、流出量のピーク時刻に実測値との差が認められた。本研究では、流域の積雪水量の空間分布を考慮するために、まず、Degree-hour法によって各地点の積雪表面融雪量を求め、次に、地表面到達融雪量を算出する。この際、融雪水の再凍結を考慮する為、Cold-Content⁴⁾なる係数を導入した。

$$CC = C_i \times \rho_s \times h_s (0 - \theta_p) / (79.7 \rho_w) \quad \dots\dots (1)$$

ここで、CC: Cold-Content, C_i : 氷の比熱, ρ_s : 雪の密度, ρ_w : 水の密度, h_s : 積雪深, θ_p : 積雪温度(=気温と近似)である。式(1)に示す Cold-Content の物理的意味は、積雪温度($\theta_p \leq 0^\circ\text{C}$)をある温度から 0°C に上昇させるのに必要な熱量を 0°C の水から奪った時に、 0°C の融雪水をどれくらいの深さまで凍結させるかを示している。融雪水の再凍結を考慮すると、次の日の融雪の開始時刻を遅らせることになる。また、地表面到達融雪量は、積雪層内の融雪水の遅れ時間を単純に積雪深に比例させただけであるが、ライシメータの実測値との対応は良好である。図-2は、流域を上流域、中流域、下流域の3地帯に分割し、各地帯の積雪水量を求めた'96年の各地帯別融雪量、積雪水量である。各時刻の積雪水量は、算定した融雪量を積雪水量から差し引いて求め、積雪水量が無くなった時点以降を融雪量の終了とした。積雪水量の計算値は観測値によく一致している。

3. 3列4段タンクモデル 前節の地帯別融雪量に対応するために再構築したモデルは、3列4段タンクモデル(図-3)である。地帯面積比は、上流域より9:3:1である。また、上流域、中流域は凍結土層の発達が顕著であるため、各々に対応する列の第1段タンクは、融雪水の浸透流遮断に対応する浸透孔の絞り込みを行い、第2段タンクの土壌水分構造は飽和容量を低下させる。

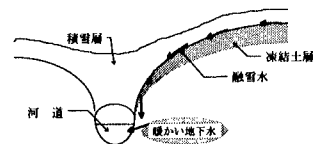


図-1 融雪水の流出経路の推定

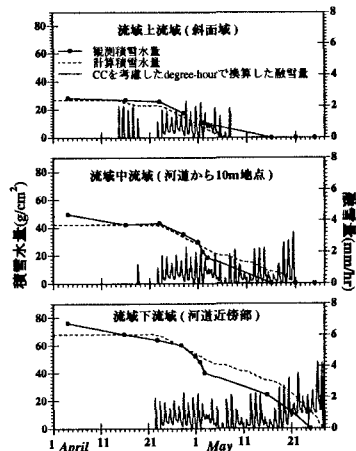


図-2 各地帯での積雪水量・融雪量変化(1996年)

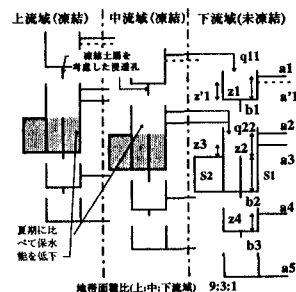


図-3 3列4段タンクモデル

4. 融雪流出解析

‘93, ‘94 年型流出 融雪初期に流出量のうねりを確認することが出来る‘93, ‘94 年型融雪流出の再現計算結果を図-4 に示す。凍結土層の発達した流域斜面域に対応する第1, 2列の第1段タンクの浸透孔は、融雪初期で夏期洪水時の値の10%に絞り込み、積算暖度に比例して浸透孔を拡げていき、融雪終了時点で80%になるよう設定した。この絞り込みの割合は、並列モデルの最良値³⁾である。更に、土壤水分構造の飽和容量も夏期洪水に比べて半分になっている。一方、凍結土層の影響が無視できる河道近傍部(第3列目)の第1段タンクは、その絞り込みを行わず、土壤水分構造の飽和容量も夏期洪水と同じである。再現結果から融雪初期のうねりの成分は、河道近傍部の第3列の第2段タンクからの出力が主であることが分かる。‘93年の第2段タンクへの入力値の比率を図-4 に併記した。この比率で示すq11は、図-3の上流域、中流域各列の第1段タンクの流出孔を経由してきた、凍結土層上の表面流に相当する。またq22は、第1段タンクで浸透し、第2段タンクから流出してきた側方浸透流に相当する。第2段タンクへの入力値の比率から、うねりの骨格をなす成分は、斜面域で凍結土層により遮断された融雪水が、凍結土層上を流下してきた成分であることを示している。

‘95, ‘96 年型流出 ‘95, ‘96 年融雪期の再現計算結果を図-5 に示す。この両年の融雪流出は、融雪初期の凍結土層が発達しておらず、凍結土層の影響が無視できるものとして、斜面域の浸透孔の絞り込みと土壤水分構造の容量の低下は行っていない。両年の流出形態は、斜面域の凍結層が無視できる程度であるので、流域の大部分が未凍結層となり、融雪水はほとんど浸透する。図-5中の‘95年における、河道近傍部の第3列の第2段タンクへの入力値の比率から、斜面域の第2段タンクからの流出が大部分を占め、‘93, ‘94 年で卓越していた斜面域の第1段タンクからの流出(q11)が、この場合ほとんど見られないことが分かる。更に、再現計算結果の各タンクからの出力をみると、浸透した融雪水による第2段、第3段タンクからの流出成分が支配的である。つまり、凍結土層の影響が無い場合には、ほとんど表面流が起こらず、夏期の洪水流出と同じパラメータ値で実測流量を再現出来ることになる。

5. おわりに 本研究は空間分布する融雪量の実用的な推定と凍結土層を考慮した融雪流出解析を行った。以下に主な結論を列記する。

- 1) ‘93, ‘94 年融雪期に見られる融雪初期の流出量の長周期のうねりは、流域の大半を占める上流域、中流域の凍結層上を流下する表面流によるものである。
- 2) ‘95, ‘96 年融雪期の凍結土層があまり発達していない場合、上流域、中流域の早い時期の融雪流出は大部分が浸透し、その浸透流が河道近傍部で集中して大きな流出となる。
- 3) 融雪流出解析には、本試験地のような小流域においても融雪量の空間分布を考慮に入れる必要がある。

【参考文献】1)早川・内島:富里ダム流出試験地の流出特性について, 土木学会北海道支部論文報告集, 第50号, pp.324-329, 1994.
2)齋藤・早川・内島:富里ダム流出試験地の融雪流出解析, 土木学会北海道支部論文報告集, 第53号, pp.66-71, 1997.
3)齋藤・早川・内島:融雪流出における凍結土層の影響, 土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第2部(A), pp716-717, 1996.
4)中尾・佐渡:積雪の含水率, 温度を考慮した融雪モデルの研究, 土木学会北海道支部論文報告集, 第45号, pp.347-352, 1989.

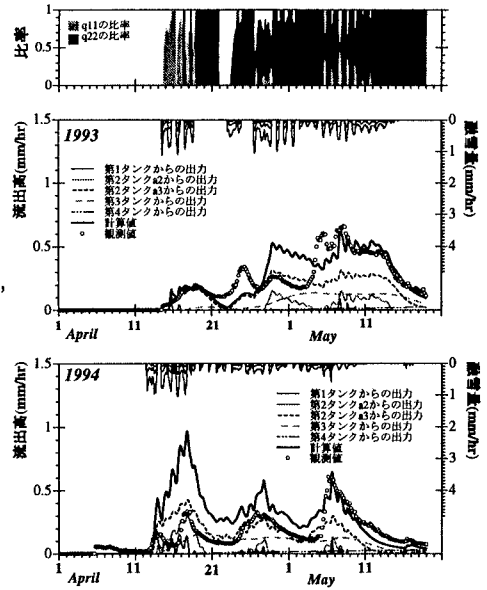


図-4 ‘93, ‘94 年融雪期における再現計算結果

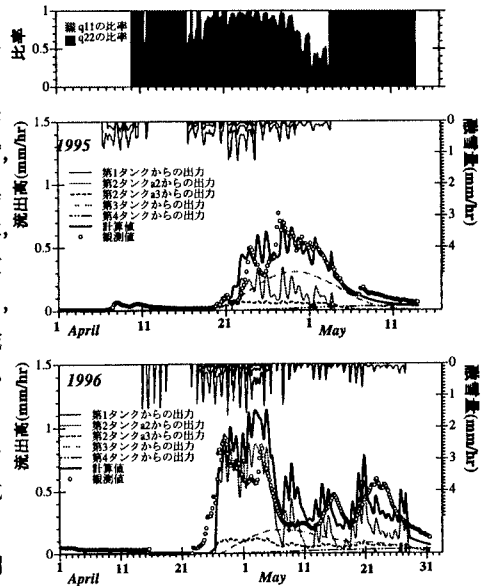


図-5 ‘95, ‘96 年融雪期における再現計算結果