

東京大学大学院 学生員 小池 俊雄
 東京大学 工学部 正員 高橋 裕
 科学技術庁 資源調査所 正員 武田 要

1. はじめに

積雪は有益な水資源であり、水資源の有効利用のためには流域の積雪水量の推定は重要である。従来より、融雪開始時については、スノーサーバイや相関法によって積雪水量の推定が行われてきたが、近年のリモートセンシング技術の発達に伴い、融雪が進行した時点における積雪水量のリアルタイムな推定の可能性が示された。¹⁾ 前報²⁾では、利根川上流の近接する流域において、LANDSATから抽出される積雪面積率と水収支式から得られる積雪水量との関係を3流域を合わせた形で検討したが、本稿では、関係式に修正を加え、各々の流域について検討を行う。

2. 解析資料と対象流域の概要

本稿で用いたLANDSATデータは、前報と同じく、116-34/1979年3月29日、5月4日、5月22日の3シーンであり、対象流域は、利根川上流域の林業試験場宝川森林理水試験地本流流域、矢木沢ダム流域、相保ダム流域の3流域である。図1に流域の概要を示す。ただし、 Q_s は平均春期融雪高を示す。²⁾

3. 解析の方法

本研究では、流域積雪水量推定のために次の方法を用いた。

- (1) LANDSATのMSSデータからデジタル解析により積雪面積率を算定する¹⁾
- (2) 各流域の水文データから水収支式を用いて積雪水量を算定する。¹⁾
- (3) 流域の積雪面積率と積雪水量との関係を表わす式を定める。
- (4) (1)、(2)の結果と(3)の関係式を用いて最小自乗法により、積雪水量の推定式を定める

ここで、積雪面積率と積雪水量との関係を導くために、次の2つの仮定をおいた。

- (i) 雪線は標高にしたがって移動し、雪線より上については、標高 h における積雪水量 $S(h)$ は雪線の標高 H_0 とある点の標高 h_0 との差に比例する。

$$S(h) = \begin{cases} a(h - H_0) & (h \geq H_0) \\ 0 & (h < H_0) \end{cases} \quad (1) \quad (a \text{ は定数})$$

- (ii) 標高 h における累加面積率 $A_c(h)$ (流域内最低標高から標高 h までの面積率の和)は、標高 h と流域内最低標高との差に比例する。

$$A_c(h) = (h - H_L) / (H_U - H_L) \quad (2)$$

ただし、 H_L :流域内最低標高 H_U :流域内最高標高

山田・水津らは、大雪山組岳西斜面³⁾と牛嶋山⁴⁾における積雪調査の結果、雪の堆積期・融雪期を通して積雪水量と標高との関係は直線的で、全山が融雪状態になると融雪量は標高によらず一定となり、従って直線の傾きは一定となると結論している。また図2は、1982年4月17~18日に宝川森林理水試験地で行った積雪調査の結果を、風の影響をうける稜線筋の調査点を除いて整理したものであるが、この結果により、宝川流域においても、積雪水量と標高との間に明瞭な直線関係があることが示され、(i)の仮定の妥当性が理解される。ただし、こ

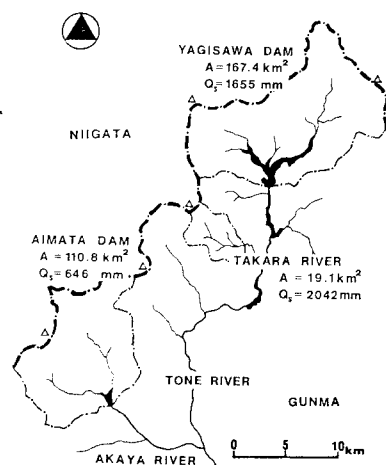


図1 対象流域の概要

の調査は危険なため流域奥の降雪域のサンプリングを行っていないので、図の直線は流域を代表するものではない。図3~5は各流域における累加面積率と標高との関係を示したもので(4)の仮定が妥当であると理解される。

(1)より標高 h における面積率 $A(h)$ は、

$$A(h) = dA_c(h) / dh = 1 / (H_u - H_L) \quad (3)$$

また、雪線が $h = H_0$ にあるとき積雪面積率 A_s は

$$A_s = 1 - A_c(H_0) = (H_u - H_0) / (H_u - H_L) \quad (4)$$

一方、積雪水量 S_s は

$$S_s = \int_{H_L}^{H_u} S(h) A(h) dh \quad (5)$$

と表現でき、(1)、(3)、(4)より

$$\begin{aligned} S_s &= \int_{H_0}^{H_u} a(h - H_0) / (H_u - H_L) dh \\ &= \frac{a}{2} (H_u - H_L) A_s^2 \\ &= C A_s^2 \quad (\text{ただし、} C = \frac{a}{2} (H_u - H_L)) \quad (6) \end{aligned}$$

という関係を得る。本研究では、(1)、(2)から求める積雪面積率と積雪水量の算定値より、最小自乗法を用いて係数 C を定める。

4. 解析の結果及び結論

図の6~8は各流域における算定結果および最小自乗法による積雪水量の推定式を示しており、各流域において式(6)の適合性がよいことが理解される。すなわち、利根川上流の3流域において、79年の解析の結果、積雪水量は積雪面積率のほぼ2乗に比例することが示され、流域に雪線が現われ、積雪面積情報が得られれば、その時点における積雪水量の推定の可能性が示された。

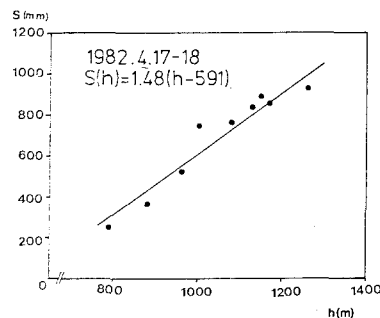


図2 宝川試験地におけるスノーサーベイの結果
 $S(h)$ と h との関係

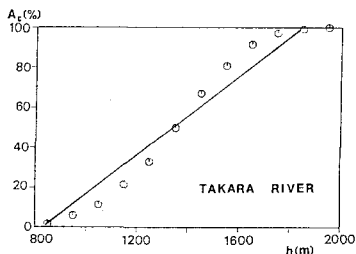


図3 宝川森林水文試験地本流流域における
累加面積率 A_c と標高 h の関係

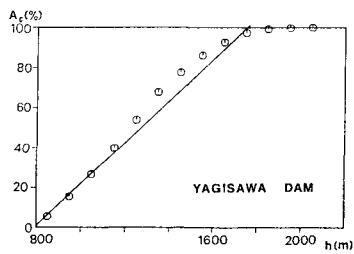


図4 矢木沢ダム流域における
累加面積率 A_c と標高 h の関係

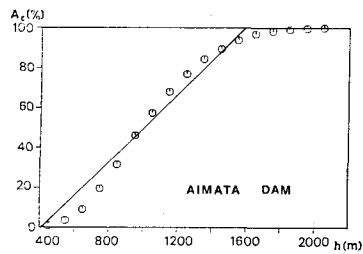


図5 相模ダム流域における
累加面積率 A_c と標高 h の関係

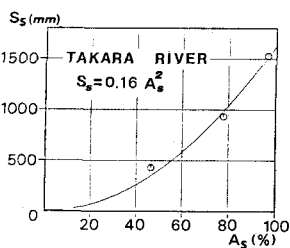


図6 宝川森林水文試験地本流流域における
積雪面積率と積雪水量の関係 (1979年)

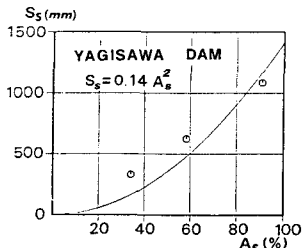


図7 矢木沢ダム流域における
積雪面積率と積雪水量の関係 (1979年)

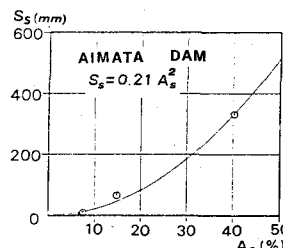


図8 相模ダム流域における
積雪面積率と積雪水量の関係 (1979年)

謝辞 本研究を進めるにあたり、貴重な資料の提供と御指導を賜りました。林業試験場防災部、建設省利根川上流ダム統合管理事務所、相模ダム管理支所の各位と積雪調査に協力していただいた東京大学大学院の森原君、山田君に心から感謝いたします。

参考文献 1) 高橋武田・森田・小池：LANDSAT積雪面積情報の利用による流域積雪水量推定に関する研究、第26回水理講演会
2) 竹内：利根川上流域に於ける融雪の長期予報について、防衛大学校理工学部研究報告 第15巻 第2号
3) 山田・西村・水津・若次：大雪山旭岳西斜面における積雪の分布と堆積・融雪過程、低温科学 物理篇 第37輯
4) 水津・山田・若次：年相山における積雪の堆積と雪質の変化、低温科学 物理篇 第37輯