

流域植生分布を取り入れた融雪量の算定について

An analysis of snowmelt water by heat budget model taking in the planting cover distribution

桑川高德*・長谷部正彦**・末永仁良***

By T. Kumekawa, M. Hasebe, H. Suenaga

Spring runoff is mostly comprised snowmelt and is very important on water resource as public water and etc. And Many studies have been conducted on forecasting and estimation of snowmelt volume.

In this paper, firstly, characteristic of snowmelt runoff is investigated using spectral analysis. Next, Snowmelt water is estimated by Heat budget method that takes in planting cover information in the Yuda basin. And it is investigated that plant cover distribution have influence on snowmelt water. It is clear that it is necessary the information of plantcover distribution of theriver basin in the analysis of snowmelt water.

keywords: snowmelt water, heat budget method, planting cover distribution

1. はじめに

春季の河川水の大部分は融雪による流出水である。融雪出水は水資源上重要であるばかりでなく、融雪洪水や水利施設を規定する見地からもその算定は重要となっている。これまで、融雪出水を算定する方法としては気温を融雪流出の代表指標として取り上げ、流出水との関係から融雪量を見積もるデグリーディ法（デグリーアワー）⁽¹⁾⁽²⁾や融雪に寄与している気象要素の熱エネルギーを見積もることにより融雪量を算定する熱収支法⁽³⁾⁽⁴⁾が用いられてきた。いずれの方法でも、地上での融雪エネルギーとしての気温、風速、日射等の気象要素を基にして融雪量を算定している。これまで、融雪に関して、地上部の地形的な要因として高度分布や斜面向きなどが考慮されてきている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。また、融雪量に与える影響としては太田ら⁽⁷⁾により樹木による気象要素が検討されている。しかしながら、積雪域における植生を考慮した融雪期の融雪量

* 正会員 工修 宇都宮工業高校

(〒320 宇都宮市京町9-25)

** 正会員 工博 宇都宮大学教授 工学部建設工学科

(〒321 宇都宮市石井2753)

*** 正会員 地研コンサルティング

(〒350-11 川越市脇田本町11-27)

の算定に関してはまだ研究が少なく、より正確な融雪出水情報を得るためには、精度の良い融雪量算定を行うことが重要であり、融雪流出に大きく寄与している植生分布等の影響を検討する必要がある。

本研究では、融雪に与える植生分布等の影響を検討するために、湯田ダム上流域において、①流出特性を検討し、次に②流域の植生分布を調査検討し、その情報を取り込んだ熱収支法により融雪量の算定を行い、③植生分布が融雪量へ及ぼす影響を検討することを目的とする。

2. 流域水文特性

今回対象とした流域は湯田ダム上流域（583 km²）である。この流域の最大積雪深は年毎により異なるが200 cm位となる。降雪は主に季節風の影響を受ける場合が多く、降雪降雨の判別気温は約1.7℃である⁽⁸⁾。流域の標高は約300 mから1500 mに分布している。気温は3月上旬までは平均気温が0℃以下であり、それ以後上昇している。したがって、融雪は3月中旬頃開始されると判断され、ダム流入量の変化から5月中には終了するものと推定できる。解析に用いた資料は、沢内村雪国文化研究所で得られた日射量・気温・流入量・降雨量・積雪深・風速の現地観測結果である。解析年は平成6年の融雪期を対象とした。図1に平成6年の平均気温、積雪深変化、湯田ダム流入量、積雪密度を示す。雪の密度は新雪として0.05位であり、融雪期の平均密度としては0.45程度である。また、融雪期の積雪は主に濡れ雪であり、融雪してから流出しやすいタイプである。

まず、湯田ダム上流域の流出特性を検討するためにスペクトル解析⁽⁹⁾を行なった。入力に降雨量（降雪も含む）、出力にダム流入量を用いた。結果を図2に示す。この図からこの流域では融雪してからの流出成分は早い成分とゆっくりしてくる成分である。また、フィルター分離AR法により流出の早い成分の単位図を図3に示す。この結果、比較的流出の早い成分は約2日でピーク流量に達し、その後は20日位までに流出が終わる。このことは奥只見で行なった解析⁽¹⁰⁾と比べて流出までの時間が短く、奥只見ダム上流域と比較して融雪流出が早めに行われていることを示している。この原因としては、この解析年では湯田流域において高度差が奥只見流域と比べて低いために降雨日が多いためであろう。

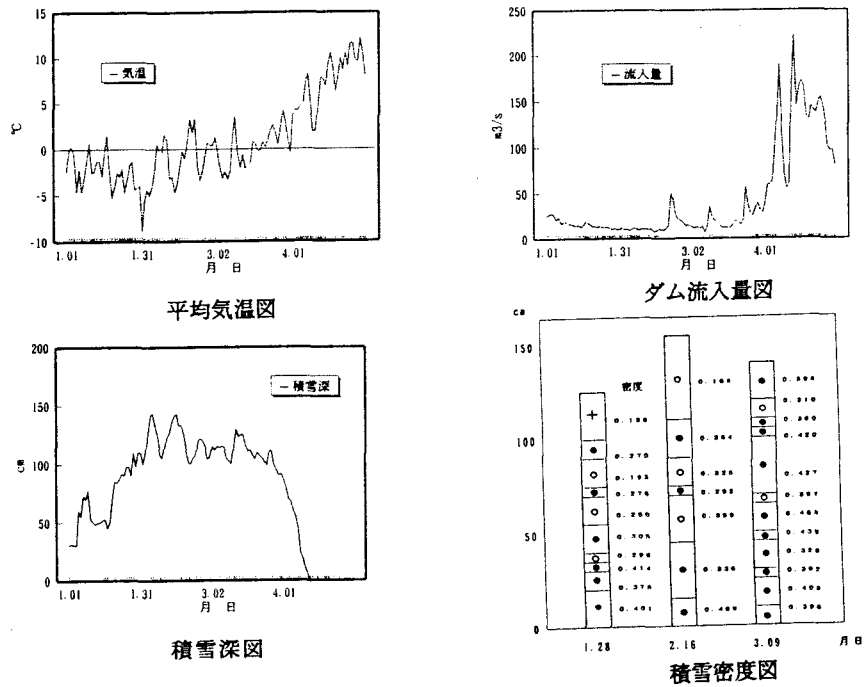


図1 湯田ダム流域における水文資料

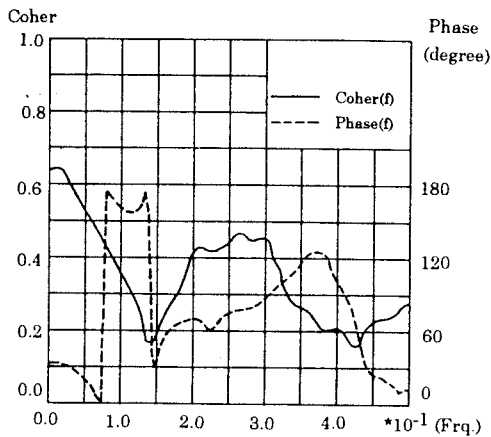
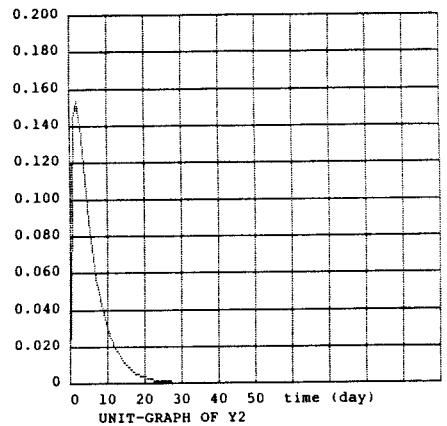


図2 降水量—流出量特性図



Yuda (1994)

図3 逆探法による単位図

3. 流域植生分布

流域の植生調査は、まず、国土地理院の2万5千分の1の地形地図から流域全域を1グリッド1km²メッシュに分割して、樹木の割合、樹種の特定、標高等を算定し植生図を作成した。次に、この植生図をもとに現地調査を行い、高度帯毎の確認作業を目視により行った。さらに、融雪期を考慮して、耕作地、はい松、あれ地は無植生とし、広葉樹及び針葉樹の3区分として分類した。表1に流域植生一覧を、図4に流域植生の3区分とした分布図を示す。さらに、図5に高度別植生分布の結果を示す。

表1 グリッド毎の植生一覧

標高 範囲	グリッド 面積	流域 面積	平地 面積	無植生 面積	全 面積	広葉樹 面積	全 面積	果樹林 面積	全 面積	針葉樹 面積	全 面積	はい松 面積	全 面積
255~	11	9.61	0.02	0.12	0.08	0.01	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300~	143	136.18	0.24	0.56	0.52	0.21	0.74	0.21	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00
400~	146	142.07	0.25	0.28	0.20	0.22	0.00	0.00	0.00	44.96	0.32	0.42	0.00
500~	125	113.59	0.20	0.04	0.07	0.21	0.00	0.00	0.00	29.39	0.26	0.21	0.00
600~	85	67.51	0.12	0.00	0.02	0.14	0.00	0.00	0.00	13.66	0.20	0.10	0.00
700~	67	49.35	0.07	0.00	0.02	0.10	0.00	0.00	0.00	7.27	0.15	0.05	0.00
800~	17	11.50	0.02	0.00	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	0.44	0.04	0.00	0.00
900~	25	16.04	0.03	0.00	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.93	0.06	0.01	0.00
1000~	20	13.90	0.02	0.00	0.03	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1100~	12	8.92	0.02	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1200~	10	3.92	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1300~	3	1.98	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1400~	2	0.53	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合計	666	575.11	44.03	0.08	63.12	0.11	381.36	0.66	0.31	0.00	123.75	0.22	6.72

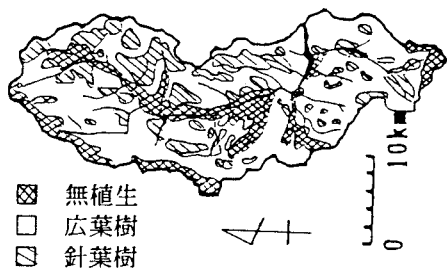


図4 植生分布図

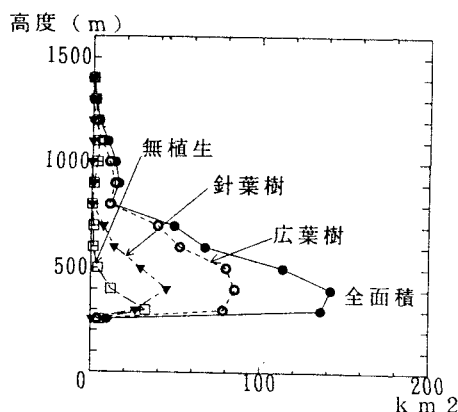


図5 高度別植生分布図

これらの結果から、この流域は湯田川に沿った耕作地と河川西側の高標高にあるはい松地が無植生となり、針葉樹が広葉樹林帯の中に在するように配置されていることがわかる。また、図5により、高度別では全体に占める広葉樹林が約70%で卓越しており、次に針葉樹、無植生となっていることがわかる。さらに、針葉樹、広葉樹共に300mから500mまでに集中しており、全流域の30%強となり、支配的であることがうかがわれる。針葉樹は高度800m以上ではほとんど見られない。無植生は300mから400mの低高度でピークであり、800m以上でわずかに見られる。これは、耕作地が河川部に集中しており、800m以上でははい松地があるためである。高度分布は300mから500mをピークとし800m以上は全体の10%程度である。

4. 融雪量の算定

4.1 植生を考慮した熱収支法

融雪量の算定には熱収支法を用いる。一般に熱収支法は以下の式で表される⁽³⁾⁽⁴⁾。

$$Q_M = Q_A + Q_S + Q_L + Q_r + Q_e \dots (1)$$

ここで、 Q_M : 融雪熱量、 Q_A : 日射による熱量、 Q_S : 顕熱、 Q_L : 潜熱、 Q_r : 雨による熱量、 Q_e : 地中伝達熱量である。

ここでは植生を考慮して各項を以下とする。

$$Q_A = I(1 - \alpha)a + \Delta R, \quad Q_S = C_h \mu u C_p \rho (\lambda T - T_0), \quad Q_L = L C_e u (\eta e - e_0), \\ Q_r = P \lambda T / 10$$

ここに、 a : 植生による減少率、 ΔR : 長波放射収支量、 α : 雪面のアルベド、 I : 日射量、 C_h : 顕熱伝達のパルク係数、 μ : 植生効果による風速減少率、 u : 風速、 C_p : 空気定圧比熱、 ρ : 大気密度、 λ : 植生による気温補正係数、 T : 大気気温、 T_0 : 雪面温度、 L : 水の気化熱、 C_e : 潜熱伝達のパルク係数、 η : 植生による湿度補正係数、 e : 水蒸気量、 e_0 : 雪面での水蒸気量、 P : 降雨量である。高度による気温減率は岩木山での観測結果から $0.65^\circ\text{C}/100\text{m}$ を用いた⁽⁸⁾。顕熱。潜熱のパルク係数は現地で資料から得ることができなかったため近藤ら⁽³⁾の 0.002 を用いた。 a 、 λ 、 η 、 μ の各係数の一覧を表2に示す⁽⁷⁾。

融雪量の算定は各高度帯毎に融雪熱量を計算し、それぞれの面積を乗じ、加算して求めた。

表2 植生パラメーター一覧

	落葉樹	常緑樹
全天日射量 a	0.5-0.8	0.1-0.4
気温 λ	0.8 - 1.0	
相対湿度 η	1.0 - 1.1	
風速 μ	0.1 - 0.4	

4. 2 結果及び考察

図6に熱収支法による融雪エネルギーを日単位とした高度帯別としたグラフを示す。高度300mから500mでの融雪熱が多いが、これはこの高度帯の面積が大きいと思われる。しかし、この流域での融雪量におおきな影響を示していると考えられる。このことは流域全体での融雪流出特性として融雪流出量が融雪開始後2から3日でピークを示していること、つまり、逆探法で推定された流出特性と一致していることや、堺⁽⁸⁾の積雪水量が高度に比例して増加していることから考慮すれば、この高度帯での融雪がこの流域全体に対する影響は大きいと言える。

図7に融雪エネルギーを日射、顕熱、潜熱、降雨成分の成分別に分類したものを示す。成分別では主に日射エネルギーが大半であり、融雪もっとも寄与していることが示される。図8に植生を考慮した場合の最大と最小及び植生を考慮しない場合の流出高を比較したグラフを示す。3月1日から4月の観測地での消雪日までのものである。融雪開始時期の3月中旬では河川流量高と計算融雪高のピークとは時間的にずれがあるがあるが、4月の融雪最盛期では時間的なずれは少なくなっている。また、植生を考慮しない場合の日単位融雪量はかなり大きな融雪高を示しているが、植生を考慮した場合、融雪最盛期には河川流量高と近くなっていることが示されている。

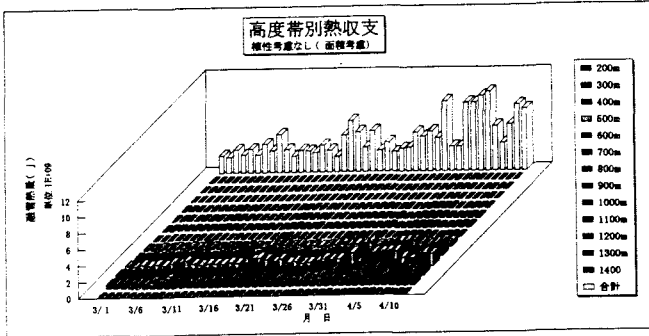


図6 高度別熱収支図（無植生）

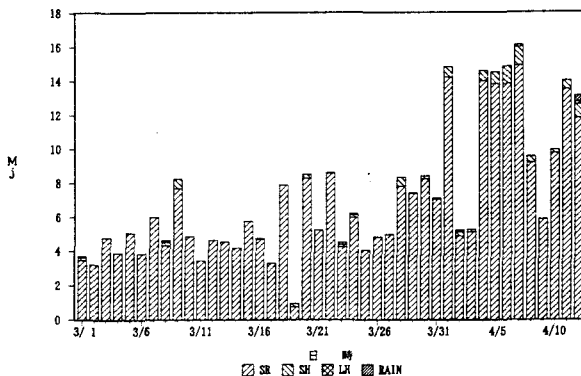
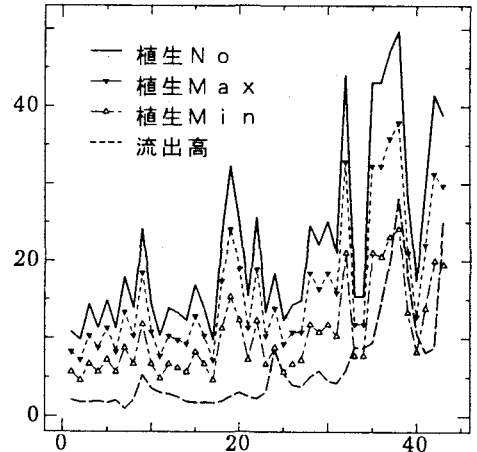


図7 成分別熱収支図（無植生、500-600m）

流出高 (mm)



3月1日から4月12日までの日時

図8 計算融雪と河川流出高比較図

5. 結論

これまでに、湯田ダム流域での融雪流出特性の検討及び植生を考慮した熱収支法による融雪量の算定による比較検討を行った。主な結論を以下に示す。

- (1) 湯田ダム流域での流出特性はピーク流量が2日程度までに流出する成分とそれ以降に流出してくる成分とに分離でき、奥只見ダム流域での解析と比較して低周波成分つまり比較的遅い成分に分離される周期が20日程度であったのに比べて湯田ダム流域では短く、融雪してからの流出は早い。この理由としては、奥只見流域と比べると湯田ダム流域では降雨日が多く、かつ気温が高いのが原因と思われる。
- (2) 熱収支法を用いて融雪量を算定したが、植生を考慮すれば融雪量を算定する場合、比較的精度の良い再現結果得ることができた。この流域の植生分類は3区分としたもので、簡単に熱収支法に組込むことができる。

以上の結論を得たが、植生の区分法や熱収支法の各係数の算定、また、融雪流出の遅れ時間等の取り込など融雪期の流出解析を行うには、まだまだ検討を要することが多く、これからの観測の継続と資料の収集の蓄積が大切である。最後に、貴重な資料及び御助言を頂きました建設省北上川ダム統合管理事務所及び沢内村雪国文化研究所の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 小島賢治、本山秀明、山田芳則；気温等単純な気象要素による融雪予測について、低温科学物理篇 第42号、昭和48年
- (2) 小島賢治；融雪機構と熱収支、気象研究ノート、第136号、pp1-36、1979
- (3) 近藤純正編；水環境の気象学、pp240-257、朝倉書店、1994
- (4) 前野紀一・福島正巳編；雪氷水文現象、古今書院、pp1-85、1994
- (5) 小池俊雄、後藤巖、坂本和則、浅沼順、奥村学；融雪期の熱収支に関する比較研究、水工論文集、第35巻、pp39-44、1991
- (6) 砂田憲吾他；融雪水の予測について、第29回 水理講演会論文集 pp161-166、1985
- (7) 太田岳史他；表層融雪量に及ぼす森林の影響に関する基礎的検討、雪氷、52巻4号、pp289-296、
- (8) 堺茂樹；降雪量と気温のみを用いた融雪流出予測モデルの精度向上と実用化に関する研究、平成5年度科学研究成果報告書、1994
- (9) 日野幹雄；スペクトル解析、朝倉書店、1977
- (10) 長谷部正彦、桑川高德；スペクトル解析による融雪期の流出解析、水工学論文集、第36巻、pp605-610、1992