

### 天塩川流域岩尾内ダムにおける融雪出水量と積雪水量の関係

北海道大学大学院工学院 学生会員 和智 光貴  
北海道大学工学研究院准教授 正会員 山田 朋人

#### 1. はじめに

北海道内の豪雪地域では、融雪出水量の事前把握が春以降の安定的な水資源管理を行う上で不可欠である。本研究で対象とする岩尾内ダムは北海道北部の天塩川流域上流部に位置している。岩尾内ダムでは1971年から積雪調査を実施している。積雪調査はダム流域を4つの集水域に分割し、計25箇所、標高300m~900mまで100mごとに積雪深と密度を測定することにより、流域全体の積雪水量を算出している。これは北海道のダムの中では観測数が多いため調査結果は高精度と考えられるが、2008年以降は積雪水量から予測されるダム湖への流入量が過少評価されている。また、近年は融雪期の気温上昇の早期化により融雪開始時期が早まっており、今後のダム管理に支障をきたす恐れがある。したがって、融雪出水予測の精度向上が重要である。

岩尾内ダムでは融雪量を積雪水量で除した融雪比という値を用い、観測によって推定される積雪水量と融雪によるダム湖への流入量の比較検討を行っている。融雪比が1.0であれば、積雪水量と融雪量は等しく積雪水量はすべて融雪出水量としてダム湖へ流入する。1976年~2007年の融雪比の平均値は1.00、標準偏差は0.09と精度が良かったが、2008年、2009年の融雪比の精度はそれぞれ0.66、0.74であり、ここ2年間は精度が非常に悪く、積雪水量から予測される融雪出水量は少ない。(図-1)

#### 2. データの検証

本研究では、過去34年間のうち、融雪比が低い年はダム湖への流入量や気象状況にどのような傾向があるのかデータの検証を行った。検証結果を以下に記す。

流入量：例年よりも遡増時期、ピーク時間、遡減時期が早まる。また、2008年のピーク日は平均より2週間、2009年は1週間早い。(図-2)

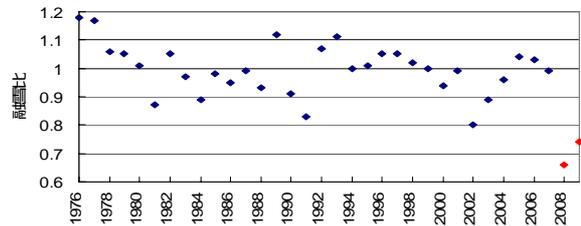


図-1: 岩尾内ダム流域における1976年から2009年の融雪比の経年変化

気温：3月中旬から5月中旬にかけて、例年より気温が高い。(図-3)

風速：2005年~2009年のデータでは、2008年、2009年は他の年に比べて、日最大瞬間風速を比べることにより、風が強い傾向がある。

湿度：2005年~2009年のデータでは、2008年、2009年は他の年より、湿度が低い。ただ、精度が良い2007年も2005年、2006年より低い。

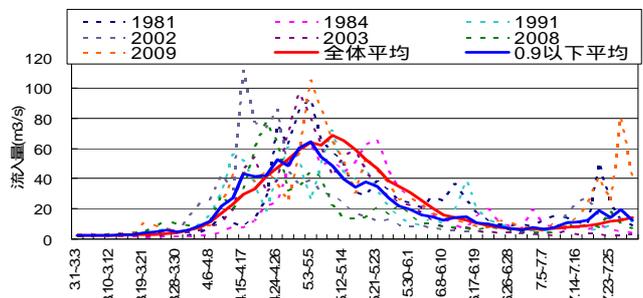


図-2: 3月1日から7月31日までの流入量の3日平均

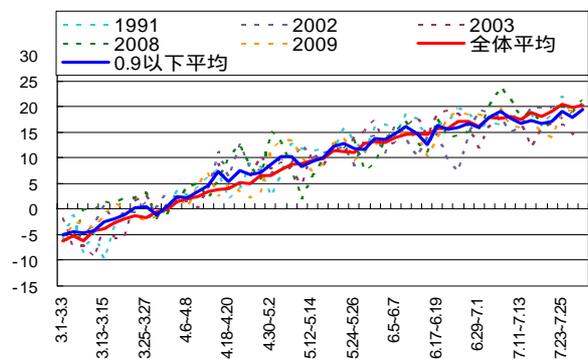


図-3: 3月1日から7月31日までの気温の3日平均

キーワード 融雪出水，豪雪地域における水資源管理

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目 TEL 011-706-6189

これらの傾向を踏まえると、雪面からの蒸発、また、雨による雪の融解の現象が融雪比の精度を悪化させる原因として考えられる。表-1、表-2のモデルにより解析を行い、岩尾内ダム の4つのサブ流域ごとに標高別に蒸発量(2005年~2009年)、降雨融解量(2008年、2009年)を推定し、それらすべてを合計した値を総蒸発量、降雨融解量とした。解析結果を表-3に示す。

表-1: 蒸発量の推定式

$$E_g = \rho \beta_g C_{Hg} u \{e_{sat}(T_g) - e\} \frac{0.622}{p} \quad (4)$$

$\lambda E_g$ : 地表面からの潜熱フラックス( $W/m^2$ )  
 $E_g$ : 地表面からの蒸発散量 ( $mm/s$ )  
 $T_g$ : 地表面の代表温度( )  
 $\lambda$ : 蒸発潜熱( $J/Kg$ )  
 $\rho$ : 空気密度( $=1.2kg/m^3$ )  
 $p$ : 大気圧( $hpa$ )  
 $C_{Hg}$ : 地表面~大気間のバルク係数  
 $\beta_g$ : 地表面の蒸発効率  
 $u$ : 代表高度での風速( $m/s$ )  
 $e, e_{sat}$ : 各々代表高度での水蒸気圧( $hPa$ )および飽和水蒸気圧( $hPa$ )

表-2: 降雨融解量の推定式

$$HR = \frac{Q_R}{Q_L}$$

$HR$ : 降雨融解量( $kg/m^2=mm$ )  
 $Q_R$ : 雨の熱量( $J/m^2$ )  
 $Q_L$ : 雪の融解熱( $=3.34 \times 10^5 J/kg$ )  
 $Q_R = PcT_i$   
 $P$ : 日降雨量( $mm$ )  
 $c$ : 雨の比熱( $=4.19 J/g \cdot k$ )  
 $T_i$ : 気温と仮定した標高別の降雨温度( )

表-3: 総蒸発量、降雨総融解量の推定結果

年	2008	2009
総蒸発量 (百万 $m^3$ )	17.27	26.36
降雨総融解量 (百万 $m^3$ )	4.02	5.46
融雪比	0.76	0.84

### 3. まとめ

岩尾内ダム流域のような豪雪地域では、治水、利水の両面において、融雪出水量の事前把握が重要である。観測によって得られたデータから融雪出水量

として天塩川流域の農業従事者等に提供する。しかしながら、近年は融雪比の精度の悪化により、ダム湖への流入量が過少評価されている。その原因を本研究で調査したところ、融雪量に蒸発量、降雨融解量を加味すると、2008年、2009年の融雪比はそれぞれ0.76、0.84となり兩年とも12%の向上が見られた。

また、融雪出水量が過少評価される原因として、蒸発量、降雨融解量の他にも様々な要因が考えられる。雪崩による積雪の流域外への流入や、雪の昇華による積雪水量の損出などといった影響、また、100m 間隔に分けられている流域面積をより細かく分割して、積雪水量の算定などを詳細に行う必要がある。そして、積雪観測のさらなる定式化、精緻化も重要である。

昨今、温暖化といった地球環境の変化が注目されているが、それらが積雪量ならびに融雪時期に与える影響を考慮すると、現地における積雪観測のさらなる精緻化とともに、新しい融雪比の提案が必要となる。

### 謝辞

本研究を行うにあたり、過去30年以上にわたる貴重なデータを提供して下さった北海道開発局旭川開発建設部名寄河川事務所岩尾内ダム管理支所に感謝の意をここに記します。

### 参考文献

- (1) 北海道開発局旭川開発建設部名寄河川事務所岩尾内ダム管理支所：岩尾内ダム流域における融雪予測の精度向上について
- (2) 北海道開発局旭川開発建設部名寄河川事務所岩尾内ダム管理支所：岩尾内ダム各種データ
- (3) 近藤純正：水環境気象学，朝倉書店、1994
- (4) 口澤寿 中津川誠：2層モデルによる積雪と蒸発散の包括的な再現について，土木学会第56回年次学術講演会（講演概要集），2001
- (5) 臼谷友秀 中津川誠 工藤啓介：石狩川全流域を対象とした水循環の定量化，平成16年度土木学会北海道支部論文報告集第61号，2004
- (6) 気象庁ホームページ：気象等の知識
- (7) 甲山治 佐原将史 寶馨：分布型流出モデルを用いた融雪洪水の再現計算，京都大学防災研究所年報第52号，2009