

II-304 地球温暖化による融雪流出パターンの変化について

北海道開発局開発土木研究所 正員 中津川 誠
同 上 正員 西村 豊

1. はじめに

地球温暖化により気温の上昇や降雨量の変化が予想されている。この結果、積雪寒冷地流域においては融雪期の早まりなどで、ダム管理や水資源の運用等に影響が及ぶことも考えられる。特に融雪水に水資源の多くを依存する北海道においては融雪流出パターンの変化は切実な問題である。ここでは、札幌市南部の定山溪ダム流域を対象として、航空写真の判読による雪線の変化と積算暖度法の適用から現状での融雪流出量の把握をおこなった。また、大気大循環モデルの二酸化炭素倍増平衡時の出力結果がメッシュ情報として整理されているが、これから与えられる気温変化によって融雪流出パターンがどのように変化するかを積算暖度法を用いて試算した。

2. 融雪流出量の把握

定山溪ダムは北海道札幌市南部の石狩川水系豊平川の支川小樽内川に位置し、札幌市域の洪水調節、発電、水道用水供給のうえで重要な役割を果たす。その流域面積は 104km^2 であり、流域内には標高 1281m の朝里岳のほか 1000m 級の山々がそびえ立つ。ここでは積算暖度法を適用して、1991年の融雪期におけるダム流入量の算定を行った。流域の総融雪流入量の算定は以下の手順とした。1) 航空写真（図1）による雪線位置座標の特定を行う。空撮は1991年は4月24日と5月4日の2回行っている。2) 雪線上で選定された点で点融雪量の算定を行う。この際、次式のような積算暖度と融雪量の関係式を用いる。

$$\Delta M = k \cdot \sum_{t=d_1}^{d_2} \bar{T}_{et} \Delta A$$

ここで、 ΔM : d_1 日から d_2 日までの点融雪量 (g)、 k : 融雪係数 ($g/cm^2 \cdot ^\circ C \cdot day$)、 $\bar{T}_{et}$: t 日における有効日平均気温 ($^\circ C$)、 ΔA : 面積 (cm^2)。なお、融雪開始日はダム管理所（標高 392.5m ）での気温が傾向的に $0^\circ C$ を上回る4月1日とした。この前後の気温変化については図5を参照されたい。積算暖度の計算に際しては日平均気温が $0^\circ C$ を上回るものを加算していくが、各標高点の気温には気温減率 $0.6^\circ C/100\text{m}$ によってダム管理所の日平均気温を標高補正したものをを用いた。また、融雪係数は積雪深と積算温度、および積雪密度の関係から $0.58g/cm^2 \cdot ^\circ C \cdot day$ とした。3) これら点融雪量データを内挿して流域等融雪量線図をつくり、全融雪量を算出する。表1には4月1日から7月31日までの流域水収支を示す。これから、本手法で期間中の総融雪流出量が把握できることを確認した。4) また、標高ブロックごとに積算暖度法を適用し、日々のダム流入量積算値を求めることもできる。前日と当日で積算値の差引を行うとその日の流入量となる。図2は基底流入量を除くダム流入量について計算値と実測値の比較を示している。これから、融雪流出のパターンを概ね再現できた。なお、日単位の流入量の算出法については秀島らの報告を参照されたい。

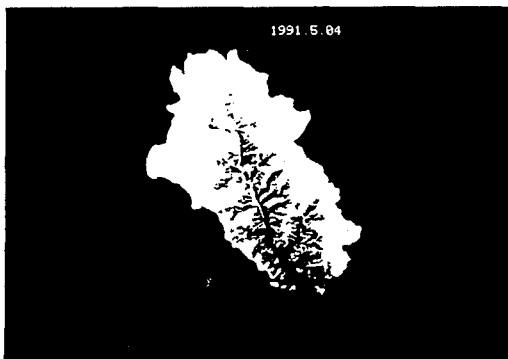


図1 積雪分布図

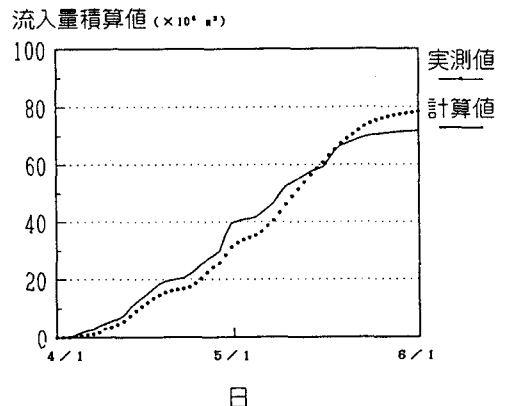


図2 ダム流入量積算値

項目	量 ($\times 10^6 \text{ m}^3$)
Q_r (降雨流出)	23.50
Q_s (融雪流出)	47.17
Q_o (基底流出)	24.47
Q_t (計算流出量)	95.14
Q (観測流出量)	101.64
計算期間	4月4日～7月31日

表1 水収支計算表

3. 温暖化による融雪期のシフト

温暖化による気温上昇により、融雪期がどのように変化するかをみる。現状および大気循環モデル (GISS GCM) で計算された二酸化炭素倍増平衡時の札幌南部における気温を 10km メッシュ気候値から読みとると、図3のようになる。これから、月平均気温は年間を通して $3\sim 4^\circ\text{C}$ 上昇している。また、降水量については年全体でみると6%程度増加するが、降雪量でみると、気温の上昇で降雨に転換し減少すると考えられる。例えば現在 12~3 月の4カ月間の降雪期間が 12~2 月の3カ月間に短縮されたとなると降雪量は約 10~20% の減となる。ここでは、単純に気温をメッシュ情報どおりに上昇させた場合の融雪流出のパターンの変化をみる。図4に見られるとおり融雪開始時期は気温の傾向から3月13日ごろになる。これを開始点として先に検討された積算暖度法を適用した場合の融雪流出 (降雨流出は含まない) のパターンを図5に示す。結果として融雪流出量のピークは4月上中旬となり、流出パターンは全体的に15日程度早めの方向にシフトしている。なお、この場合、流域総融雪量は現状と同じとしているが、降積雪量が減少すれば当然融雪もより早く終了する。

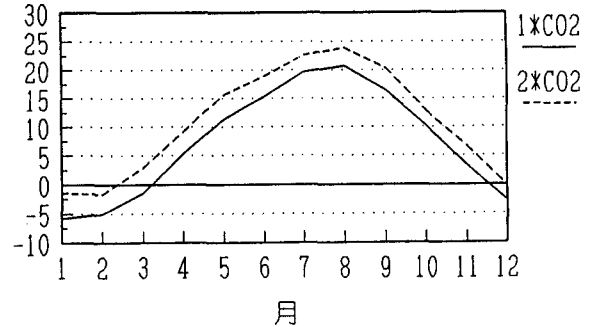
気温 ($^\circ\text{C}$)

図3 月平均気温の変化

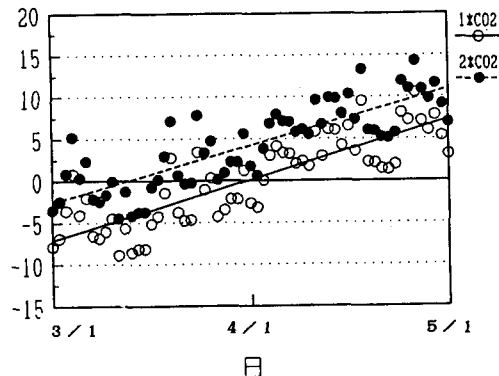
気温 ($^\circ\text{C}$)

図4 日平均気温の変化

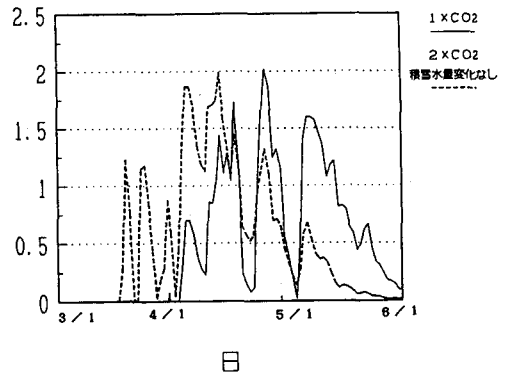
融雪流入量 ($\times 10^6 \text{ m}^3$)

図5 日融雪流入量の変化

4. おわりに

積雪寒冷地ダム流域を対象に融雪流出量を積算暖度法を適用して再現し、これに温暖化のシナリオを導入して融雪流出パターンの変化を調べた。この結果、二酸化炭素倍増によって融雪流出は半月程度早まることが試算された。以上は単年度の結果からのみ推定されたものだが、他の年度、他の個所についても調べて、温暖化の影響についての一般的動向を見ることが必要である。なお、本報告に用いた気候メッシュ情報は農業環境技術研究所の清野博士に提供していただいた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 秀島, 星: Degree-day 法にランドサットデータを活用した融雪流出解析, 農土論集, 148
- 2) 清野: 農業環境研究におけるメッシュデータと気象情報の利用 (2), 農業および園芸, 65, 8