

北海道内の国管理ダムにおける 積雪包蔵水量の経年変化について

国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム ○山田 嵩
北海道大学 工学研究院 山田 朋人
国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所 水環境保全チーム 柿沼 孝治

北海道では多くの国管理ダムにおいて積雪調査が行われている。本研究では、この積雪調査による積雪包蔵水量の経年変化の整理及び気象観測データとの比較を行った。その結果、定山溪ダム及び豊平峡ダムにおいて積雪包蔵水量には周期性があり、近年は明確な減少傾向にあった。また、気象観測データにおいても降水量及び気温に周期性があり、降水量は積雪包蔵水量と同じく減少傾向にあったことから、積雪包蔵水量の減少は降水量の減少が原因と考えられる。

キーワード：積雪調査、ダム管理

1. はじめに

積雪寒冷地において積雪は春先から初夏にかけての重要な水資源であり、安定した水を供給している¹⁾。そのため、積雪寒冷地での多目的ダムでは春先から初夏にかけて、融雪水の貯留を行うとともに豪雨時における洪水調節を行う必要がある。このような場合融雪期前の流域スケールでの積雪水量（積雪深を水に換算した値）の推定が極めて重要である²⁾。また、気候変動に伴い日本ではほとんど地域で積雪の減少が予測されており³⁾、今後ますます積雪分布の把握の重要性が高まっている。

北海道においては多くの国管理ダムにおいて積雪ピーク期を対象に流域内の現地踏査を行い、流域全体の積雪水量（以下、積雪包蔵水量と呼ぶ）を調査している。また、鳥谷部ら⁴⁾は道内の国管理ダムにおける積雪調査による積雪包蔵水量の精度を水収支を基に検証している。

近年では、航空レーザー測量を利用した積雪計測事例が特に米欧にて多数報告⁵⁾⁶⁾されており、日本国内においても西原らの事例⁹⁾がある。しかしながら、航空レーザー測量では広範囲を計測できるメリットがあるものの、積雪深の計測のみであり積雪水量の計測は困難である。また、前述の通り気候変動の影響により積雪の減少とともに、雪質の変化も予測されている⁹⁾。そのため、現在でも現地にて積雪水量の直接観測を行い、積雪包蔵水量の推定を行う積雪調査の重要性は高い。

本研究では、鳥谷部ら⁴⁾の検証より10年以上が経過し新たに得られた積雪調査結果を追加して、今後の積雪調査手法の検討の基礎資料とするために積雪調査結果の経年変化を整理した。

2. 対象ダム

本研究での対象ダムは札幌市にある定山溪ダム及び豊平峡ダムとした。両ダムは札幌市の水がめとしての役割をになっており、札幌市の水道用水の大半が両ダムから供給されている¹⁰⁾。

(1) 定山溪ダム流域

定山溪ダムの流域面積は104 km²であり、標高帯は300 m付近から1300 m付近である。図-1に定山溪ダムの概要図を示す。図中の植生分布は環境省の自然環境保全基礎調査による植生調査¹¹⁾の結果を利用して10分類したものである。定山溪ダム流域は森林域が大半を占めてい

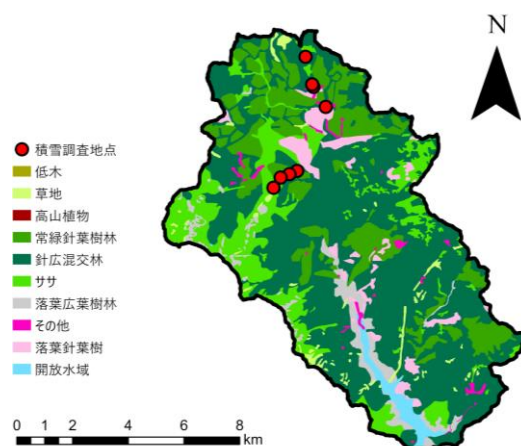


図-1 定山溪ダムの概要図

る。

(2) 豊平峡ダム流域

豊平峡ダムの流域面積は134 km²であり、標高帯は400 m付近から1300 m付近である。図-2に豊平峡ダムの概要図を示す。図中の植生分布は図-1と同様に環境省の自然環境保全基礎調査による植生調査¹⁰⁾の結果を利用して10分類した結果である。豊平峡ダムも定山溪ダムと同様に森林域が大半を占めている。

3. 積雪包蔵水量の経年変化

(1) 積雪調査による積雪包蔵水量の推定

定山溪ダム及び豊平峡ダムともに、積雪調査に基づき回帰式を作成することで積雪包蔵水量を算出している。具体的には標高と積雪調査により得られた積雪水量との回帰式を作成し、その回帰式から標高毎の積雪水量を計算して面積を乗じて、標高毎の総和を取り積雪包蔵水量としている。

積雪調査の結果はコースや時期により結果が左右されるが、定山溪ダム及び豊平峡ダムでは、2007年以前は調査コース（測点数）が一定していない。本研究では、鳥谷部らの検証にて水収支への影響が見られないことから、調査コースの影響は無いものとして扱う。

(2) 積雪包蔵水量及び気象観測データの年々変動

定山溪ダム（1984年から2023年まで）及び豊平峡ダム（1994年から2023年までの）の積雪包蔵水量を図-3に示す。図-3を見ると積雪包蔵水量は年々変動が大きいことが分かる。また、最大値と最小値での倍率は定山溪ダムで2.01倍、豊平峡ダムでは1.84倍であり、多雪年と少雪年の差も非常に大きい。さらに2020年前後は積雪包蔵水量が小さくなっており、少雪年が続いている。

積雪包蔵水量と気象庁の札幌気象台における気象観測値との比較を行った。対象とした観測値は降水量及び気温である。降水量は1月1日から定山溪ダムの積雪調査日

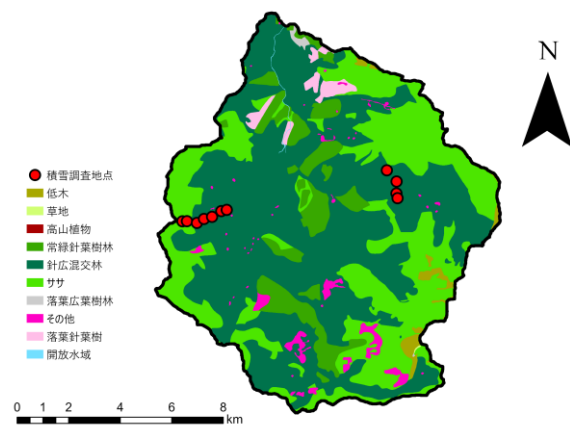


図-2 豊平峡ダムの概要図

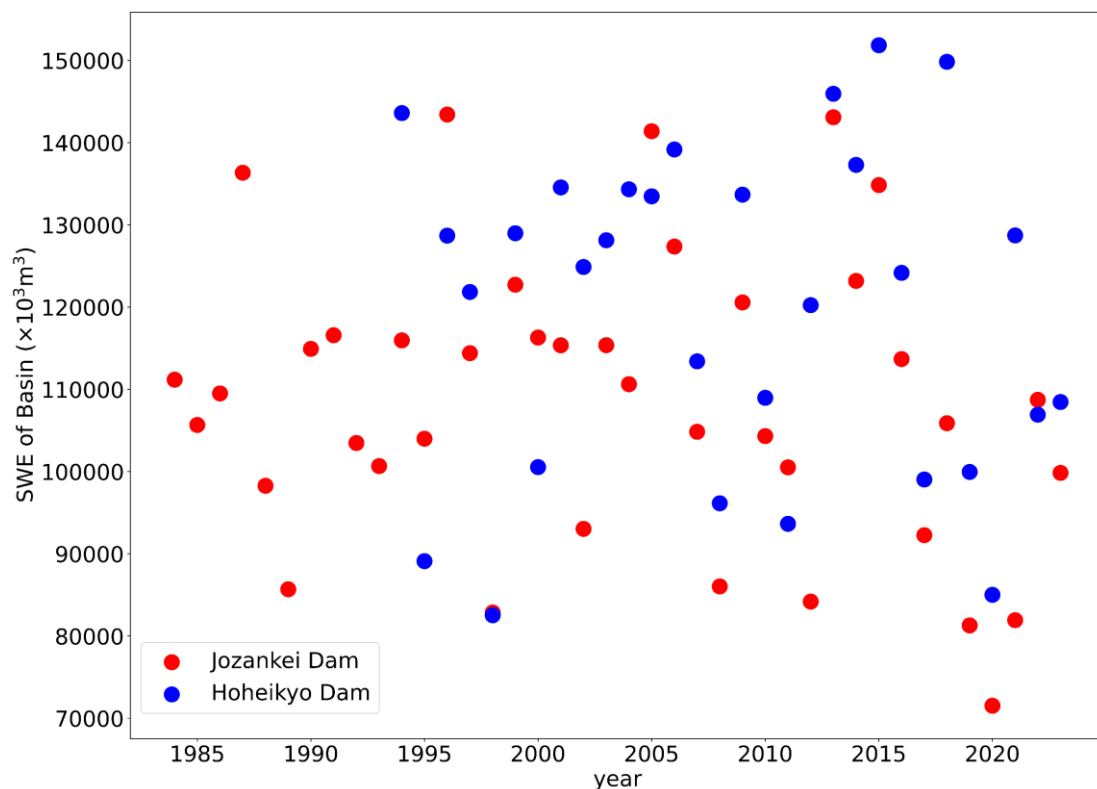


図-3 積雪包蔵水量の年々変動

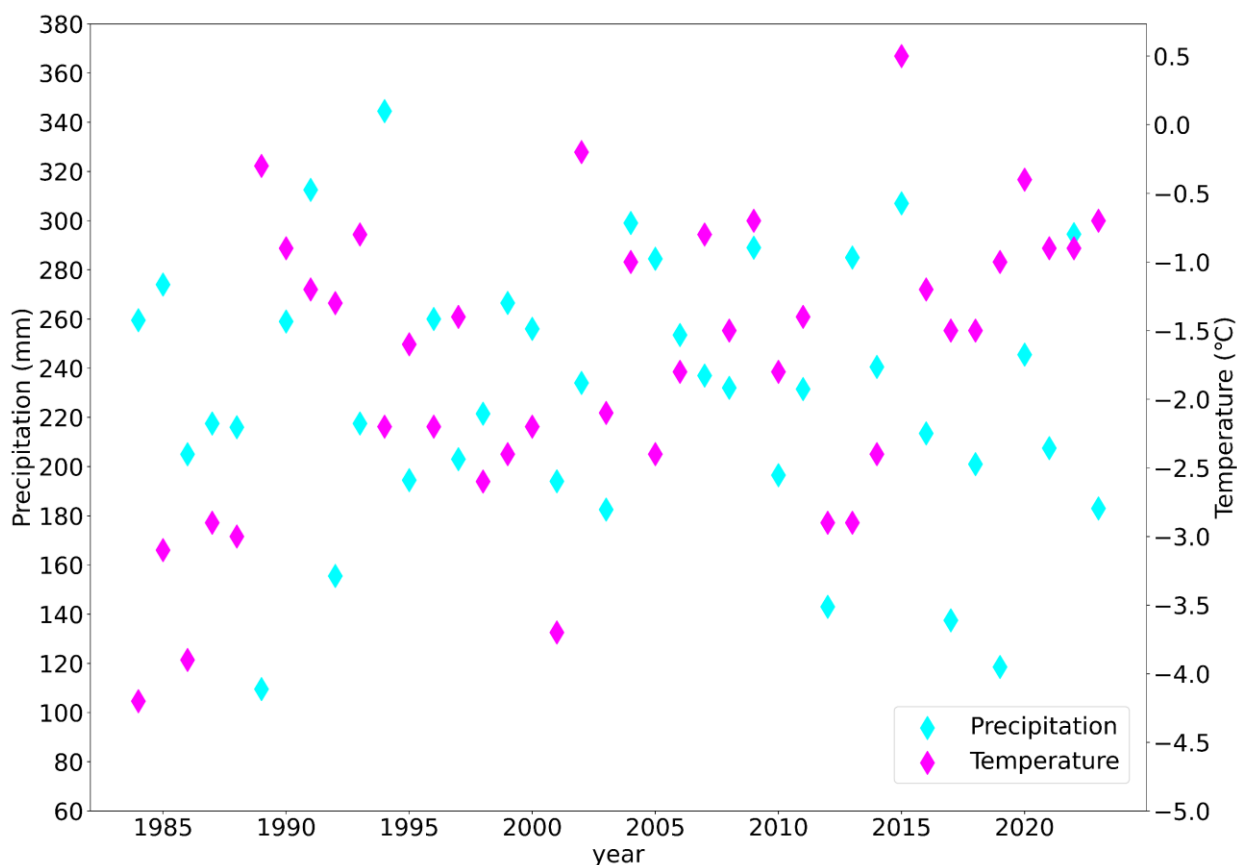


図-4 降水量及び気温の年々変動

までの総和を、気温は1月、2月及び3月の3か月平均気温を比較に用いた。降水量及びは札幌気象台の観測値であり、山間部にあるダム流域での降水量とは異なることが考えられるが、3か月間の総和あるいは平均値であり、シーズン全体の比較は可能とした。図-4に示す各年の降水量及び気温を見ると、積雪包蔵水量と同じく年々変動が大きいことが分かる。

両ダムにおけるオリジナルの積雪包蔵水量及び気象観測データだけでは年々変動が大きく、経年的なトレンドを捉えることが困難である。そのため、積雪包蔵水量及び気象観測データの5年間の移動平均を計算した。

計算した5年間移動平均の積雪包蔵水量及び降水量を図-5に、5年間移動平均の気温を図-6に示す。図-5を見ると積雪包蔵水量及び降水量には周期性があることが確認でき、この周期期間は概ね10年程度である。また、降水量は積雪包蔵水量と同じ動きをしていることが確認できる。2005年前後からは降水量及び積雪包蔵水量が減少傾向にある。また、図-6に示す気温においても周期性が確認できる。

(3) 考察

考察は周期性の確認できた5年間移動平均値に着目して行う。降水量と積雪包蔵水量の関係性を考えると、積雪包蔵水量の周期性は降水量によりもたらされたと考

えられる。周期性に関しては高橋¹²⁾は気象現象の9年周期を指摘しており、太陽黒点数は11年周期であることが知られている。本論文では詳細な解析はできていないが、これらの気象現象の背景には周期性をもたらし何かしらの因子があると考えられる。

長谷川・山田¹³⁾は両ダムにて融雪期（4月から6月）のダム流入量（2003年から2022年まで）が減少傾向にあることを報告している。この減少傾向は両ダムの積雪包蔵水量の5年移動平均と一致するものであり、ダム流入量の減少は積雪包蔵水量の減少が原因と考えられる。また、積雪包蔵水量のみならず降水量も減少傾向にある。降水量の減少傾向の原因は現時点では不明であるが、仮に気候変動による影響とすれば気候変動による積雪の減少には降雪量の減少だけではなく、降水量自体が減少も考慮する必要がある可能性がある。ただし、本研究にて使用してデータ期間は40年程度のため、長期的な変化傾向を捉えるためにはさらなるデータの蓄積が必要である。

5. まとめ

本研究では定山溪ダム及び豊平峡ダムにおける積雪調査による積雪包蔵水量の経年変化を取りまとめて、気象

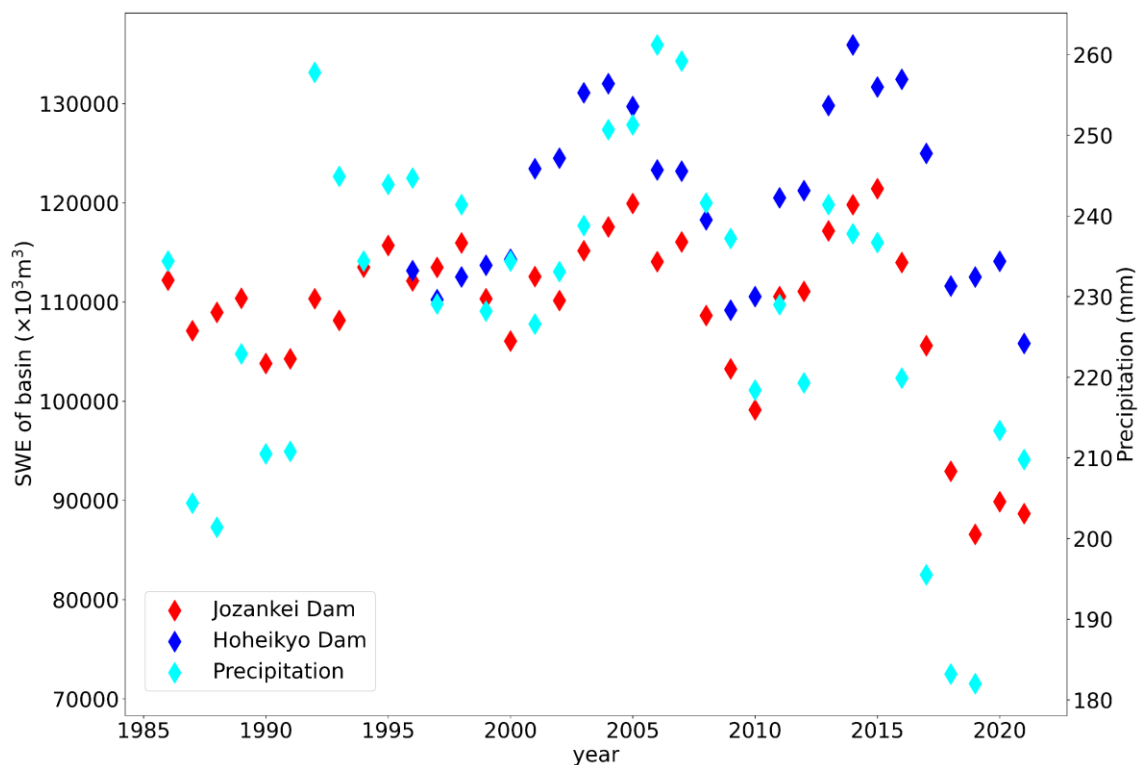


図-5 5年間移動平均の積雪包蔵水量及び降水量

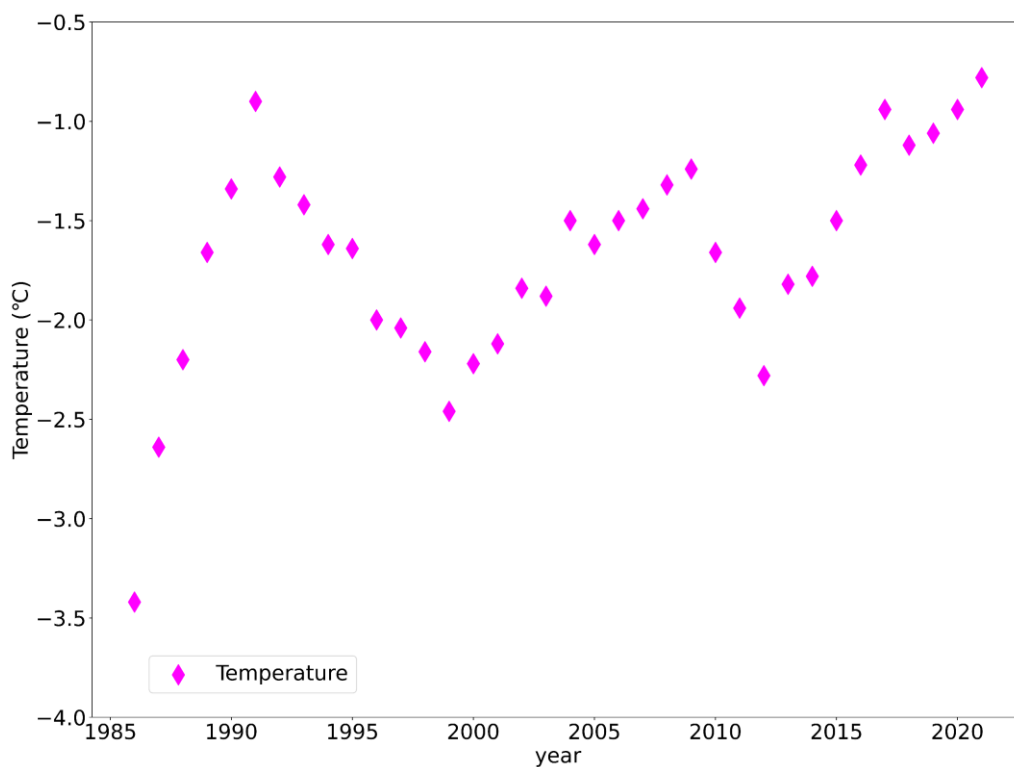


図-6 5年間移動平均の気温

観測データとの比較を行った。その結果、両ダムにおいて積雪包蔵水量には周期性があること、2005年頃から積雪包蔵水量は減少傾向にあることが確認できた。また、

札幌气象台での積雪包蔵水量と同様の降水量も減少傾向を示しており、積雪包蔵水量の減少は降水量の減少が影響していると考えられる。

今後は、対象ダムを追加するとともに周期性の要因について詳細な検討を行う予定である。

謝辞：定山溪ダム及び豊平峡ダムの積雪調査結果は豊平川ダム統合管理事務所より提供を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 小野延雄, 石川信敬, 新井正, 若土正暁, 青田昌秋: 雪氷水文現象 (基礎雪氷学講座VI) 前野紀一, 福田正巳編, 古今書院, p17, 1994.
- 2) 水文・水資源学会編集出版委員会: 積雪寒冷地の水文・水資源, 信山社サイテック, p5, 1998.
- 3) 気象庁: 地球温暖化予測情報第9巻 (IPCCのRCP8.5シナリオを用いた非静力学地域気候モデルによる日本の気候変化予測, 2017).
- 4) 鳥谷部寿人、浜本聡、石谷隆始: 道内直轄ダムにおける近年の積雪水量と融雪期の水収支について、平成22年度北海道開発技術研究発表会、2011。
- 5) Chris Hopkinson, Mike Sitar, Laura Chasmer, and Paul Treitz: Mapping Snowpack Depth beneath Forest Canopies Using Airborne Lidar, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 70, No. 3, pp. 323-330, 2004. DOI:10.14358/PERS.70.3.323.
- 6) Tennant, C. J., Harpold, A. A., Lohse, K. A., Godsey, S. E., Crosby, B. T., Larsen, L. G., Brooks, P. D., Van Kirk, R. W. and Glenn, N. F.: Regional sensitivities of seasonal snowpack to elevation, aspect, and vegetation cover in western North America, Water Resour. Res., Vol. 53, Issue 8, pp6908-6926, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/2016WR019374>
- 7) Grünewald, T., Stötter, J., Pomeroy, J. W., Dadic, R., Moreno Baños, I., Marturià, J., Spross, M., Hopkinson, C., Burlando, P. and Lehning, M.: Statistical modeling of the snow depth distribution in open alpine terrain, Hydrol. Earth Syst. Sci., 17, pp.3005-3021, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-17-3005-2013>
- 8) 西原
- 9) 谷口 陽子、中津川 誠、工藤 啓介: 将来の気候変化が積雪の量的・質的变化に及ぼす影響に関する研究、土木学会論文集 G(環境)、Vol.72、No.5、pp.205-211、2016。DOI: https://doi.org/10.2208/jscej.72.1_205
- 10) 札幌市水道局: 水源の確保状況, <https://www.city.sapporo.jp/suido/overview/suigen/kakuho.html>, 2023, (最終アクセス 2024-01-12)。
- 11) 環境省: 自然環境保全基礎調査 植生調査 (植生自然度調査)、https://www.biodic.go.jp/kiso/vg/vg_kiso.html#mainText (最終アクセス 2024-01-12)。
- 12) 高橋浩一郎: 気象現象の9年周期について、地学雑誌、72巻3号pp.105-109、1963。
- 13) 長谷川禎史、山田朋人: 豊平川流域における積雪による水資源の特徴と経年特性の分析、水文・水資源学会 日本水文科学会 2023年度研究発表会、PP-1-1-06、2023。