

冬季に強雨を受けた積雪の融雪期における観測結果 Observation of snowpack received heavy rain in peak snow season

西原照雅 ((国研) 土木研究所 寒地土木研究所)
Terumasa Nishihara

1. はじめに

積雪寒冷地のダムは、融雪水を貯留して夏季にかけての水需要を賄っており、積雪は貴重な水資源である。一方で、融雪水は融雪出水の原因ともなり、特に、融雪がピークとなる時期に強雨が発生した場合、大規模な出水となる可能性がある。

融雪期に積雪の表面にもたらされた降雨及び積雪の表面において発生した融雪水は、積雪内を通過し、土壤に供給され、ダムや河川に流出する。このように、積雪は融雪期の流出現象に大きな影響を与えるが、降雨等が積雪内に貯留される例、貯留されない例といった、相反する結果が報告されている等、積雪が果たす役割について分かっていない点が多い¹⁾。さらに、3月から4月にかけての積雪の多い時期に強雨が発生することは稀であり、このような際に積雪が果たす役割の解明に必要となるデータを得ることが難しい。

このような中、石井ら¹⁾は、降雨を受けた積雪が果たす役割を明らかにするため、融雪期において、雪面上に 100 mm 以上の大雨が降った時を想定した模擬降雨散水実験を行っている。結果、積雪底面からの流出が顕著に現れる場合とほとんど現れない場合が見られたこと、流出状況は散水量や積雪深とは関係がなく、その時の積雪の層構造に応じて多様であったことを報告している。

寒地土木研究所では、札幌市近郊に位置する定山溪ダムの流木処理場において、気象・水文観測を実施している。2014年-2015年冬季には、積雪深が 200 cm 程度であった3月10日に、この時期としては珍しく日降水量 92 mm の降水が観測され、降雨を受けた積雪が果たす役割を明らかにする上で、貴重なサンプルデータが得られた。そこで本稿では、本データを分析した結果を報告する。

2. 気象・水文観測の概要

気象・水文観測は、定山溪ダムのダム湖上流端付近に位置する流木処理場に設置した気象観測露場において実施した(図1)。標高は 400 m である。観測期間は、毎年 11 月から翌 5 月までの積雪期・融雪期である。2005 年に開始しており、2015 年時点で 10 冬分のデータが蓄積されている。観測項目及び観測機器の構成を図2及び表1にそれぞれ示す。一般的な気象観測項目に加えて、長短波放射、積雪底面流出量、積雪重量といった観測を行っていることが特徴である。なお、設置している積雪重量計は、新潟電機社製の MN-301 である。また、ライシメーターの大きさは 2 m×2 m である。観測値は毎正時の値である。加えて、気象観測露場に隣接する平地において、月に 1 回から 3 回の積雪断面観測を実施している。



図1 気象・水文観測地点

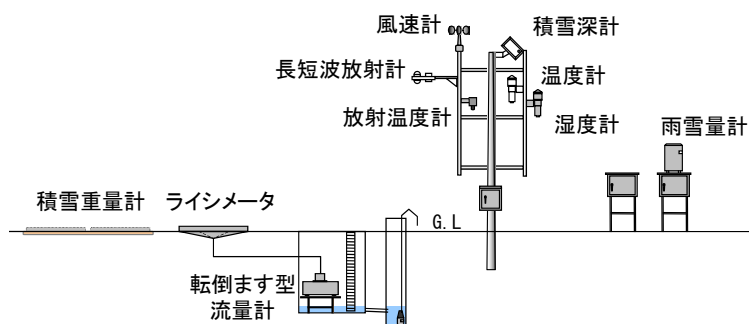


図2 気象・水文観測機器の構成

表1 観測項目

観測項目	単位
気温	°C
湿度	%
風速	m/s
降水量	mm/h
積雪深	cm
長短波放射	W/m ²
積雪表面温度	°C
積雪底面流出量	mm/h
積雪重量	kg/m ²

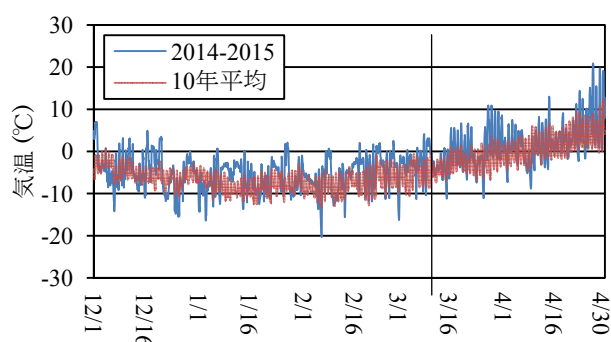


図3 2014年-2015年冬季の気温

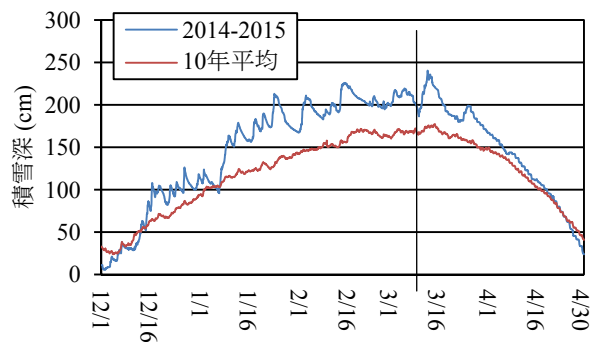


図4 2014年-2015年冬季の積雪深

3. 2014年-2015年冬季の気象概要

定山溪ダム流木処理場において観測した10冬季分のデータを用いて2014年-2015年冬季の気象の特徴を明らかにする。図3に気温、図4に積雪深をそれぞれ示す。図中の縦の線は、強雨が観測された3月10日を示している。はじめに気温を概観すると、2014年-2015年冬季の気温は、11月から2月中旬頃までは過去10年の平均と同じような傾向を示すが、2月中旬以降は過去10年の平均と比較して気温が高く推移している期間がある。強雨が観測された3月10日も気温が高く推移した期間に含まれる。次に、積雪深を見ると、2014年-2015年冬季は、ほとんどの期間において過去10年の平均より積雪深が50cm程度大きく、多雪年であったことがわかる。一方で、2月中旬以降に気温が高く推移した期間があることから、3月中旬以降に積雪深が急激に減少しはじめ、過去10年の平均と比較して、融雪のペースが早い。

表2 2015年3月10日の気象概要

降水量	日合計	92.0mm
	時間最大(9:00)	8.5mm
積雪深	最小(9:00)	186cm
	最大(23:00)	197cm
気温	平均	0.4°C
	最高(1:00)	3.1°C
	最低(24:00)	-2.9°C

4. 2015年3月10日の気象概要

表2に2015年3月10日の気象概要を示す。同日は、午前中の気温が高く、降雨の中心は午前中である。気象観測データを基に、同日の気象概要をまとめると以下のとおりである。

- ・ 前日の3月9日より気温がプラスの状態が続き、3月9日の夜遅くから雨が降り始めた、雨は3月10日の午前中にピークとなった。
- ・ 気温は、一日中下がり続け、気温がマイナスとなった昼過ぎに雨が雪に変わった。

5. 観測結果の分析

図 5 に降雨が観測され始めた 3 月 9 日午後から、積雪底面流出量がほぼ 0 となった 3 月 11 日午前中にかけての、降水量、積雪底面流出量及び積雪相当水量を示す。積雪相当水量は、積雪重量計及び積雪深計の観測値から求めた。降水のピークは、3 月 10 日の 9:00 であり、この時点における積雪深は 201 cm である。図の降雨が観測され始めた時刻及び積雪底面流出量が観測され始めた時刻を基準にすると、降雨が積雪内を浸透するのに要した時間は 11 時間である。次に水収支であるが、図示した 48 時間における総降水量が 106.5mm であったのに対し、総積雪底面流出量は 161.5mm であり、流入に対して流出が約 1.6 倍であった。強雨が積雪に作用した場合、降水は下方ではなく水平方向に流れることが報告されている¹⁾。

今回のケースでは、積雪内に降雨が供給される中で、ライシメーターの受水範囲

内に降水が積雪底面から流出する層ができ、ライシメーターの受水範囲内にもたらされた降水に加えて、受水範囲外にもたらされた降水が積雪内を水平移動し、この層から流出した可能性が考えられる。なお、設置しているライシメーターには、受水升の周囲を木枠で囲う²⁾等の処理をしておらず、積雪底面流出量が実際の値よりも大きく観測された可能性がある。続いて、積雪相当水量の変化を見ると、積雪底面流出量が観測され始める時刻までは、積雪相当水量が増加しており、降水が積雪内に貯留されていると考えられる。積雪底面流出量が観測された始めた後は、積雪相当水量が減少しており、積雪内に貯留された降水が排出されていると考えられる。図を見ると、積雪底面からの排出の特徴として、底面流出が始まった直後から短時間に多くの降水が排出され、降水量のピークと比較して積雪底面流出量のピークが約 2 倍となっていることが挙げられる。このように、積雪内に貯留された降水が短時間で排出された場合、河川やダムに大きな負荷を与えると考えられる。図 6 には、気象観測露場の下流にある定山溪ダムの流入量と積雪底面流出量の関係を示した。積雪底面流出量及びダム流入量の増加の傾向はほぼ一致しており、積雪底面流出が始まった時刻から 4 時間後にダム流入量が急激に増加し始めている。積雪がある場合、ダムや河川への流出に影響するのは、降雨のパターンではなく、積雪底面流出のパターンである。今回の降雨はダムや河川の水位が低い時期に発生したため、ダムや河川に大きな負荷を与えることは無かったが、積雪の影響により、ダムや河川への流出パターンが災害を誘発しやすいパターンに変化する可能性があることが示された。

融雪期においては、日中に積雪の表面に発生した融雪水が積雪内を通過しダムや河川に流出するため、積雪表面における融雪量（融雪熱量）、積雪底面流出量、ダムや河

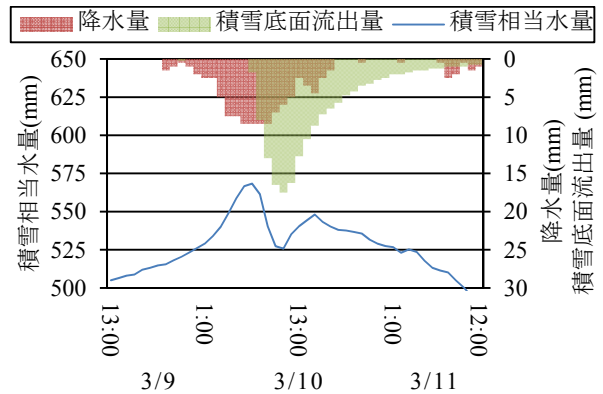


図 5 降水量，積雪底面流出量，積雪相当水量の時間変化

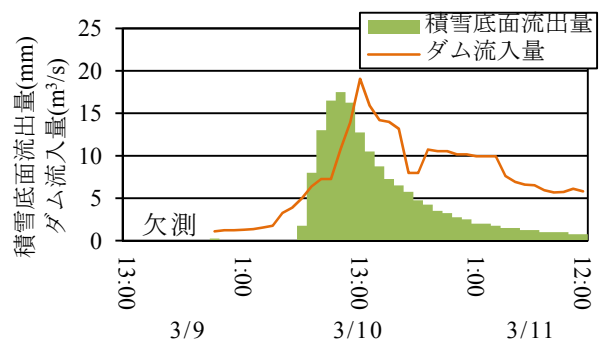


図 6 積雪底面流出量とダム流入量

川の流量の順にピークとなることを毎日繰り返す。このうち、積雪表面における融雪量（融雪熱量）のピーク時刻と積雪底面流出量のピーク時刻の差（融雪水が積雪を浸透するのに要する時間に相当すると考えられる）がダムや河川の流量がピークとなる時刻に影響する³⁾。また、ダム管理の現場では、一度強い降水を受けると融雪水が積雪内を浸透する時間が短くなり、ダム流入量がピークとなる時刻が早くなることが経験的に知られている。図7に融雪熱量のピーク時刻及び積雪底面流出量のピーク時刻の時間差を示す。縦線は、積雪深が150cm及び100cmとなった日を示す。降雨があった日は、ピーク時刻が降雨に影響を受けるため、×で示した。積雪深が100cm以上である時期は、ピークの時間差は5時間以上となることが多いが³⁾、図を見ると2015年4月は、積雪深が100cm以上の場合であっても概ね4時間以下となっている。2015年は、毎日のダム流入量がピークとなる時刻が例年よりも早かった可能性がある。

最後に、降雨翌日の3月11日及び3月24日の積雪断面観測の結果を図8に示す。両日ともに積雪の全層が0℃となっており、融雪期前の時期であるが、多くの厚い氷板が存在すること、ざらめ層が多いことが特徴である。これは、3月10日の降雨により、積雪に多くの降雨がもたらされたこと、この際に降水が積雪内を水平移動したことにより形成されたと考えられる。

6. おわりに

2014年-2015年冬季は、積雪深が200cm程度であった時期に比較的規模の大きい降雨があり、貴重なサンプルデータを入手できた。データを分析したところ、降雨が積雪内を通過して排出される過程において、ダムや河川への流出パターンが災害を誘発しやすいパターンに変化する可能性があることが示された。

【参考・引用文献】

- 1) 石井吉之, 中坪俊一, 森章一, 的場澄人, 2013: 降雨と融雪が重なって生じる融雪出水(2)—3ヵ年の模擬降雨散水実験の比較—, 北海道の雪氷, 32, 104-107.
- 2) 小杉健二, 望月重人, 阿部修, 2012: 2種類のライシメーターにより観測された積雪底面流出量の比較, 雪氷研究大会研究要旨集, 211.
- 3) 西原照雅, 数馬田貢, 2013: 気象・水文観測値から融雪期のダム流入量を予測する一手法, 河川技術論文集, 19, 259-264.

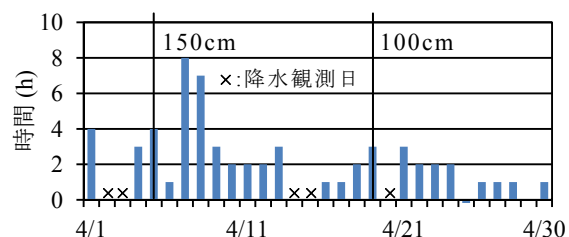


図7 融雪熱量のピークと積雪底面流出量のピークの時間差

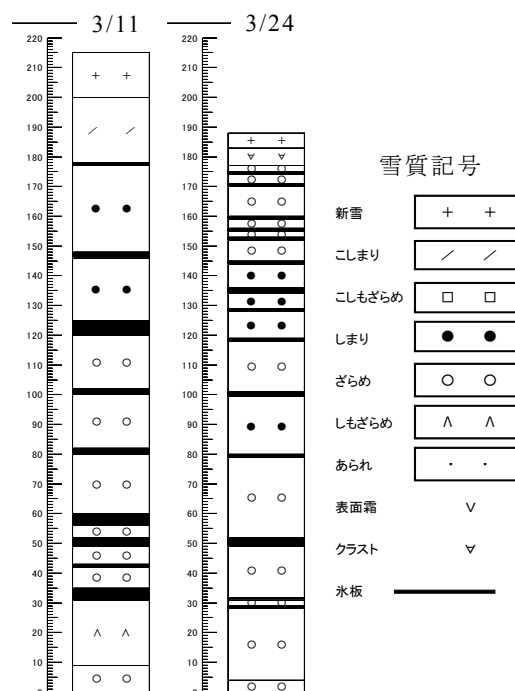


図8 積雪断面観測結果