

積算暖度に基づく簡便な融雪水量推定方法に関する研究

土木研究所寒地土木研究所 正会員 ○日外 勝仁
土木研究所寒地土木研究所 正会員 倉橋 稔幸

1. はじめに

北海道等の積雪寒冷地での融雪期においては、降雨だけではなく、融雪水の地盤浸透により表層崩壊が発生した事例も確認されている¹⁾。そこで筆者らは、気温のみから融雪水量を簡便に推定する改良 Degree-hour 法を考案し²⁾、融雪による道路斜面災害の回避に向けて、雨に加えて融雪を考慮した事前通行規制基準の設定方法を検討してきた³⁾。また、実際に融雪期に表層崩壊が発生したモデル箇所において、降雨に融雪水を合算した土壌雨量指数により、崩壊の発生有無を判別できる可能性を確認した⁴⁾。融雪水量を推定するためには、当該箇所において複数年にわたり気温や融雪水量等を実際に観測した上で、事前に融雪水量係数を算定しておく必要がある。そのため、事前に調査観測を行っていない新たに融雪災害が発生した箇所の融雪水量を、融雪水量係数と日射量との相関関係を用いて推定する方法などを考案したので解説する。

2. 既に積雪調査を行った地点の融雪水量推定方法

融雪水量の推定については、融雪水量と積算暖度との相関関係に基づき、式-1 に示す改良 Degree-hour 法を提案してきた⁴⁾。積雪深の変化を推定する従来の Degree-hour 法との違いは、積雪密度を係数に内包し、融雪水量を気温から直接推定できる点が特徴である。

融雪水量 = 融雪水量係数 × 積算暖度 …… 式(1)

また、計算に用いる融雪水量については、積雪の全層の水分量をスノーサンプラーで毎週調査し、その減少量に、観測期間に降った雪の水分量を加算補正して算出している(図-1)。なお、降雪量については、雨、霰、雪といった降水の型は相対湿度と気温に因るため、北海道の平均的な相対湿度の値から雪と雨の閾値を 4℃として、観測された降水量から推定した。

融雪水量係数は、年ごとのバラツキに対応するため、融雪水量と気温を複数年観測した上で、図-2 に例示する相関式の傾きを算出することで求められる。決定係数は 0.9 以上となり、従来の Degree-hour 法と比べ、極めて高い値を示している。なお、個々のデータは、調査毎のバラツキの影響を抑えるため、1 週間毎ではなく、調査開始時からの累積値を用いている。

ちなみに図-2 の調査データで示した N0.3 地点の R3 年度の融雪水量係数は 0.150kg/m²/℃/hour であった。

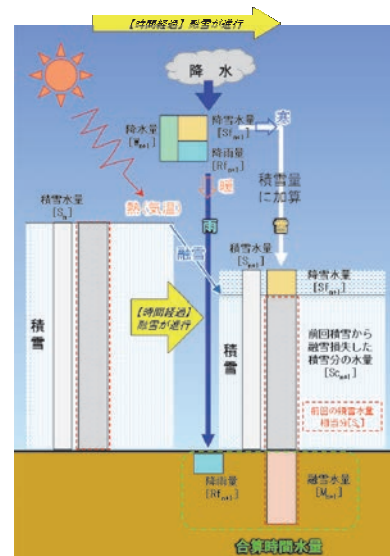


図-1 積雪調査と融雪水量の関係図

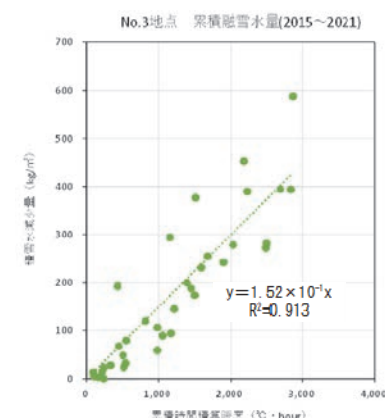


図-2 融雪水量と積算暖度の関係例

3. 積雪調査を行った箇所周辺での融雪水量推定方法

本性では、積雪調査を行い既に融雪水量係数を算出した地点以外の融雪水量を求めたい場合の方法について解説する。融雪水量係数は地形や斜面の向きで変わる日射の当たりやすさと相関が認められている。そのため、調査対象地域内の複数地点で融雪水量係数と日射量を算出し、両者の相関関係を求めて置くことで、任意の箇所の日射量が分かれば、融雪水量係数が推定可能となる(式-2)。本報告では、ArcGIS のエクステンションである Spatial Analyst に含まれる日射量解析機能を用いて三次元地形データから日射量を解析している。具体的な計算に当っては、融雪に影響する期間の特徴的な日光の当たりやすさを示すものとして、3～4 月の日射量を累積

キーワード 積雪寒冷地、表層崩壊、融雪水量、改良 Degree-hour 法、積算暖度、土壌雨量指数

連絡先 〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸 1 条 3-1-34 (国研) 土木研究所 寒地土木研究所 TEL:011-841-1775

した積算日射量を使用し、調査地域最寄りの実際の日射量観測結果と解析で求めた全天日射量値との適合状況から、解析のパラメータを「透過率 0.5、散乱率 0.4」と設定している。

推定融雪水量係数=3~4月の積算日射量×補正係数……式(2)

図-2に示した調査地点を含む17地点における、日射量と融雪水量係数の関係を図-3に例示する。補正係数は 2.16×10^{-4} となっている。ちなみに、3章と同様にNo.3地点の解析日射量である906.79(MJ/m²)であれば、融雪水量係数は0.196kg/m²/°C/hourとなる。

4. 積雪調査を行っていない場合の融雪水量推定方法

積雪調査を行っていない場合、融雪と気温の関係が明らかになっていないことから、これまでに示した方法では融雪水量係数を算出できない。その場合、式-2の関係を基に、3章で示したある特定地域で求めた補正係数を、精度は落ちると思われるが別の地域においても準用する方法が1つ考えられる。

別の方法としては、密度を含めた積雪の水分量を観測している地点は少ないが、積雪深だけであれば数多くの地点で観測されているため、積雪深の変化の推定方法であるDegree-hour法により求められる融雪係数を求めた上で、融雪水量係数に再変換する方法が考えられる。北海道内で求められている融雪水量係数と融雪係数の関係を参考として図-4に示す。両者の大きな違いは雪の密度を考慮するか否かである。図-4によると融雪水量係数と融雪係数の間には、式-3が成り立つ。その結果、調査データにおいては、雪の密度は平均的におよそ4.1kg/m³となる。

推定融雪水量係数=4.1×融雪係数 ($R^2=0.75$) ……式(3)

ちなみに、北海道内の空間分布や地形形状(山地、平地、沿岸部)を考慮して選定した、アメダス39箇所及び道路テレメータ19箇所の合計58箇所の気象観測所(図-5)において、年度違いも含めて整理した延べ142個の融雪係数の頻度分布を図-6に示す。北海道の平均的な日当たりの融雪係数(1.36cm/°C/day)を、雪の比重410kg/m³で時間当たりの融雪水量係数に換算すると0.232mm/°C/hourとなる。

5. まとめ

融雪水量を気温のみから簡便に推定する改良Degree-hour法を用いて、

①積雪調査を行った地点の融雪水量を推定する方法だけではなく、②調査地域内で複数の積雪調査を行った上で、GISによる解析日射量から任意地点の融雪水量を推定する方法や、③積雪調査は行わないものの北海道の平均的な融雪係数や融雪期の積雪密度から融雪水量を推定する方法について、実例を示しつつ解説した。例示した方法による融雪水量係数は、0.150~0.232mm/°C/hourと幅があるものの、事前調査に対する手間・コストや必要とする推定精度に応じて選択できるように複数の方法を提示した。

参考文献

- 1) 日外勝仁, 角田富士夫, 倉橋稔幸: 北海道における道路斜面災害の発生と降雨・融雪の影響, 平成29年度土木学会全国大会第72回年次学術講演会講演概要集, pp.379-380, 2017.
- 2) 吉野恒平, 倉橋稔幸, 日外勝仁, 角田富士夫, 矢島良紀: 道路管理に適した融雪水量推定手法の検討, 第53回地盤工学研究発表会平成30年度発表講演集, 2018.
- 3) 日外勝仁, 坂本尚弘, 吉野恒平, 倉橋稔幸: 気温に基づく簡便な融雪水量推定方法における降水量補正に関する研究, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会講演概要集, III-66, 2021.
- 4) 日外勝仁, 田本修一, 倉橋稔幸: 融雪を考慮した土壌雨量指数に基づく事前通行規制に関する分析, 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会講演概要集, III-186, 2022.

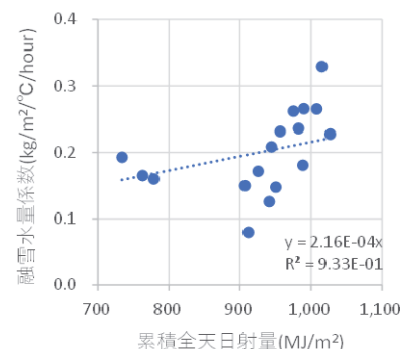


図-3 調査地域内17地点の3/1~4/30の累積全天日射量と融雪水量係数の関係例

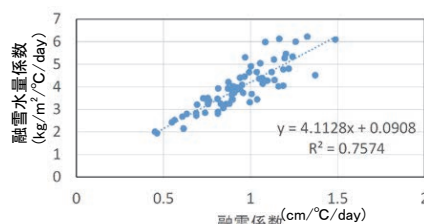


図-4 融雪水量係数と融雪係数の関係(2015~2019年)

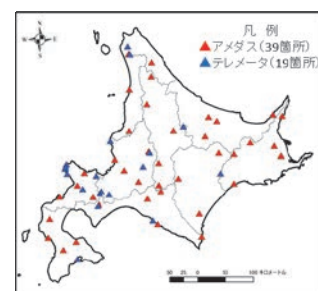


図-5 融雪係数を整理した気象観測所位置図

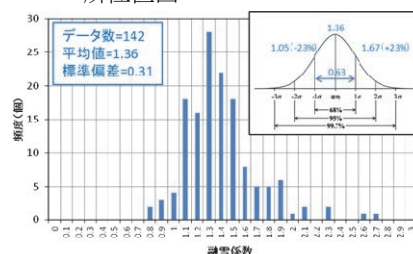


図-6 北海道内の平均的な融雪係数(cm/°C/day)の算出例