寒冷地における降水量・融雪量の確率年評価

中央大学理工学部　学生員　○新谷　勇樹　中央大学大学院　学生員　富澤　彰仁
中央大学大学院　学生員　呉　修一　中央大学大学院　フェロー会員　江花　亮
中央大学理工学部　フェロー会員　山田　正

１．はじめに

わが国において現行の土砂災害警戒・避難システムに融雪の効果は考慮されていない．著者らは寒冷地における法面保護設計手法の構築を目的とし，融雪量の確率年評価を提案している．本論文は水文・気象特性の観点から，寒冷地における融雪量を確率年の概念を用いて評価するものである．また，融雪量を算出する手法として気温データのみを用いる Degree・Day 法と気温のみならず風速，日射等を考慮する熱収支法があるがそれらを比較することにより，融雪量を算出するために融雪に寄与するとされている気象因子をどこまで考慮すべきか検討を行った．

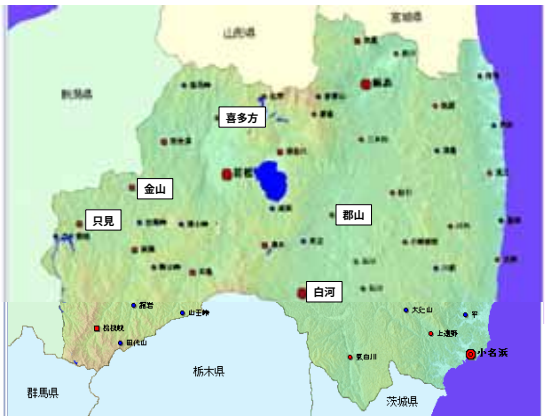

図-1　福島気象観測台の位地図(出典:気象庁 HP)

２．融雪量の算出方法及び確率年評価

２－１．融雪量の算出方法

本章では融雪量を Degree・Day 法を用いて算出する．著者らは従来から福島県にて降雨，流量観測等の各種水文観測を精力的に行っている．本論文の対象地域としても降雪・融雪量の多い福島県を選定した．対象地点は只見（377m），白河（355m），金山（324m），郡山（249m），喜多方（212m）の 5 地点（**図－1**）を選定し気象庁の気象観測データを用いた．３月１日から３月７日までの７日間における融雪量を Degree・Day 法により求める．Degree・Day 法とは，当該期間内における融雪に寄与するある一定温度以上の有効気温の積算値に融雪係数をかけ，算出する方法である．本論文では，融雪に寄与するのは 0℃以上として計算を行った．融雪係数 k の値に関しては，日本では時空間的にも変化するが，3～7 程度の値をとると言われている [1)]．ここでは，k=7 として計算を行った．

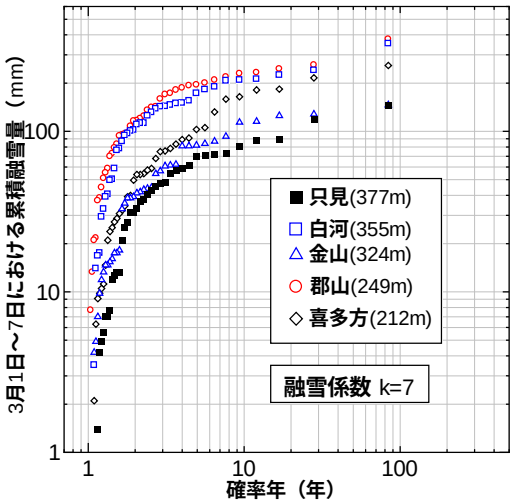

図-2　各地点における融雪量と確率年の関係

２－２．融雪量の確率年評価

河川治水計画を策定する際に確率年の概念を用いて降雨量や流量を評価することは一般的に広く行われている．しかしながら，融雪量に対して確率年を用いて評価した事例は少ない．これは融雪量の影響因子として気温，日射，風速，地熱など多くの要因が挙げられるため定量的評価が難しいからである．しかしながら積雪地域では，融雪期に斜面・法面の崩壊が発生し，重大な事故をもたらすことが度々ある．このような斜面崩壊は，降雨を伴わない天候下で発生することが多く，融雪水が地盤内に多量に供給されることに起因して発生するものと考えられている．そこで，上記のように，融雪量は積算気温で表現可能であることから，ここでは推定することが困難な外力としての融雪量を確率年の概念を用い評価する．確率年を評価するにあたり融雪量の超過確率は Hazen プロットを用いて求めた．**図－2** は福島県の 5 地域を対象とした Degree・Day 法から求めた融雪量の確率年である．これより算出した 1965～2005 年における選定期間（3 月 1 日～3 月 7 日）での融雪量が最大でも 132mm であり，そのときの確率年が 80 年であることがわかった．また，標高が低く南方に位置する地域は融雪量が多く，標高が高く北方に位置する地域は融雪量が少ないことがわかる．これより，積雪地域における土砂災害などを引き起こす外力の一つとして融雪量を評価することが可能となる．

キーワード　融雪量，確率年，熱収支法
連絡先　〒112-8551　東京都文京区春日 1-13-27　中央大学理工学部　ＴＥＬ:03-3817-1807

3．Degree・Day 法と Degree・Hour 法及び熱収支法の比較

2 章では融雪量を日平均気温の積算値のみで表わせる Degree・Day 法を用いて算出した．本章では融雪の影響因子として，どこまで考慮すべきか検討するため融雪量を気温，日射，風速などの時々刻々と変化している多くのデータを用いた熱収支法と時間ごとの気温を用いた Degree・Hour 法とを比較し，次に熱収支法から算出した 1 時間ごとの融雪量を 1 日ごとに累積した累積融雪量と 2 章にて Degree・Day 法で算出した 1 日の融雪量を比較した．ここで熱収支法の概要を以下に示す．

$$Q_s + Q_{Melt} = Q_G$$

$$Q_G = (1 - Al)I_s + L_d\downarrow - \varepsilon_s \sigma T_s^4 - H - lE + Q_B + Q_R$$

ここに，Q_s:積雪の温度を上昇させるエネルギー，Q_{Melt}：融雪に使われるエネルギー，Q_G：積雪層が表面と底面から得る正味のエネルギーであり，Al：積雪表面のアルベド，I_S：斜面全天日射量，$L_d\downarrow$：下向き大気放射量，$\varepsilon_s\sigma T_s^4$：上向き長波放射量，$H$：顕熱伝達量，$lE$：潜熱伝達量，$Q_B$：積雪底面から入ってくる地中伝導熱，$Q_R$：雨の熱量である．一般的には積雪表面のアルベドは 0.5～0.9 をとると言われており，今回は0.5 と 0.7 を用いた．顕熱伝達量のバルク係数：2×10^{-3}，潜熱伝達量のバルク係数：2.1×10^{-3}，射出率：0.97，Stefan-Boltzmann 定数：$5.67\times10^{-8} w/m^2K^4$ とし，降雨による熱量に関しては，降雨時に発生する潜熱の影響が大きく降雨自体の熱量は微小なことより今回は考慮しない．また斜面全天日射量は天頂角，緯度，太陽の赤緯，太陽の南中からの時角，太陽・地球間の距離とその平均値を用いて算出した．上式より熱収支法で融雪量を算出する際，風速，日照時間，日射量など多くのデータが必要となる．そこで，対象地点として必要データが全て得られる若松とした．期間は 2000 年から 2002 年の各年の 3 月 1 日～3 月 7 日とした．Degree・Hour 法と熱収支法から算出した融雪量の比較を**図－3** に示す．各種係数の違いにより 0～4mm 程度違いが生じているが定性的には等しいと見られる。また，Degree・Day 法と熱収支法から算出した累積融雪量を比較した**図－4** に示す. 一日の累積量として比較した場合には定量的にも一致していると言える．これにより，著者らが従来から提案している Degree・Day 法を用いた融雪量の確率年評価の妥当性が示された．

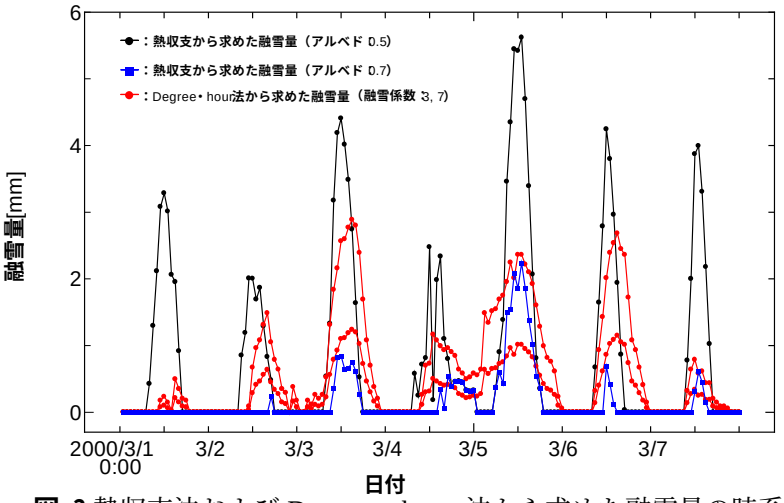

図-3 熱収支法および Degree・hour 法から求めた融雪量の時系列

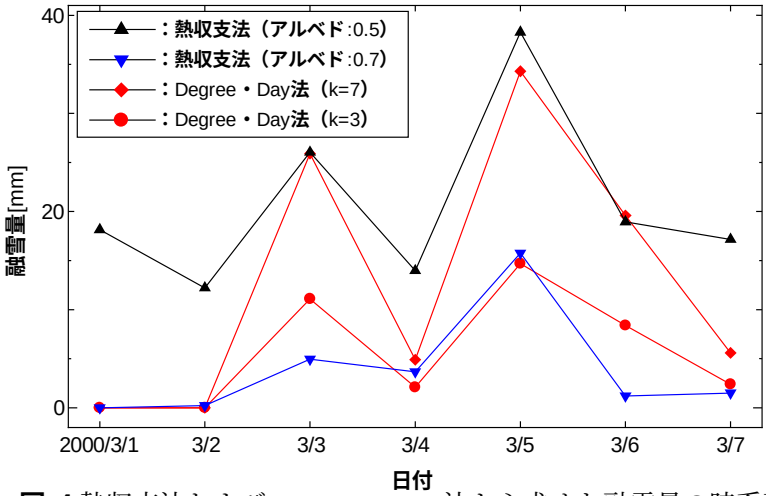

図-4 熱収支法および Degree・Day 法から求めた融雪量の時系列

4．まとめ

本論文は，融雪量の確率年評価を行い，また融雪量の算出手法である Degree・Day 法，Degree・Hour 法及び熱収支法の比較を行ったものである．以下に得られた知見を述べる．

（1） 標高の異なる地点において融雪量を Degree・Day 法を用い定量的に算定した結果，3 月 1 日～3 月 7 日において最小で 30mm 程度，最大で 100mm 程度の融雪が生じ，例えば 80 年確率の融雪量を考える場合，100mm 程度の融雪量を考慮すべきことがわかった．

（2） Degree・Day 法, Degree・Hour 法及び熱収支法を比較した結果, 各種係数の違いにより融雪量に 0mm～4mm の差が生じるが Degree・Day 法と熱収支法を用いた 1 日の累積量としては定量的に一致することを示した．

参考文献

1） 太田岳史：水文・水資源ハンドブック，水文水資源学会編集，pp.54－55，1997.
2） 近藤純正：水環境の気象学　地表面の水収支・熱収支，pp240－249，1994.