

森林内外における消雪日の差の地域特性と積雪・融雪観測

Regional characteristics on the difference of snow disappearance date between open and forest areas and observation of snow accumulation and melt

○平田智道*・藤原洋一*・高瀬恵次*・一恩英二*・長野峻介*

○Tomomichi Hirata, Yoichi Fujiwara, Keiji Takase, Eiji Ichion, Shunsuke Chono

1. はじめに 冬期の降雪は流域内に積雪として貯留され、春先に緩やかに溶け出した融雪水は、積雪地帯の重要な水資源となっている。わが国では国土面積の約70%を森林が占めているため、森林流域内の積雪が少しでも緩やかに融雪すれば、春先の水資源確保に寄与することができる。しかし、森林流域内の融雪が緩やかになる要因については不明である。そこで、本研究では全国の観測事例を整理したメタ解析と森林内外の積雪・融雪観測によって、森林内外の消雪日の違いを決定づける要因について検討することを試みた。

2. 消雪日に関するメタ解析

2.1 方法 本研究では、森林内外の消雪日の差の指標として ΔSDD (Snow disappearance date) を利用した。消雪日の差 ΔSDD (日) は以下の式で定義される。

$$\Delta SDD = SDD_{forest} - SDD_{open}$$

SDD_{forest} (日) は林内の消雪日、 SDD_{open} (日) は林外の消雪日を表す。つまり、 ΔSDD がプラスの場合、林内の積雪の方が長く残り、マイナスの場合、林外の積雪の方が長く残ることを表している。日本国内を対象とした論文、資料から消雪日を判読し、森林内外の消雪日の差 ΔSDD を算出した。 ΔSDD との関係を検討する説明変数として、観測地点における気温(°C)、風速(m/s)、降水量(mm)、日射量(MJ/m²)、最大積雪深(cm)の5項目について解析した気温、風速、日射量は12~2月の平均値、降水量は12~2月の積算値とし、最大積雪深は積雪期間中の最大値とした。

2.2 結果および考察 使用する消雪日の差 ΔSDD のデータ数は42個であり、最大値が+27日、最小値が-11.2日である。 ΔSDD と各気象条件について単回帰分析を行った(図-1)。その結果、冬期平均気温($r=-0.62$, $p<0.01$)、冬季平均風速($r=0.48$, $p<0.01$)、最大積雪深($r=0.46$, $p<0.01$)は ΔSDD と有意な相関が見られた。特に冬期平均気温と

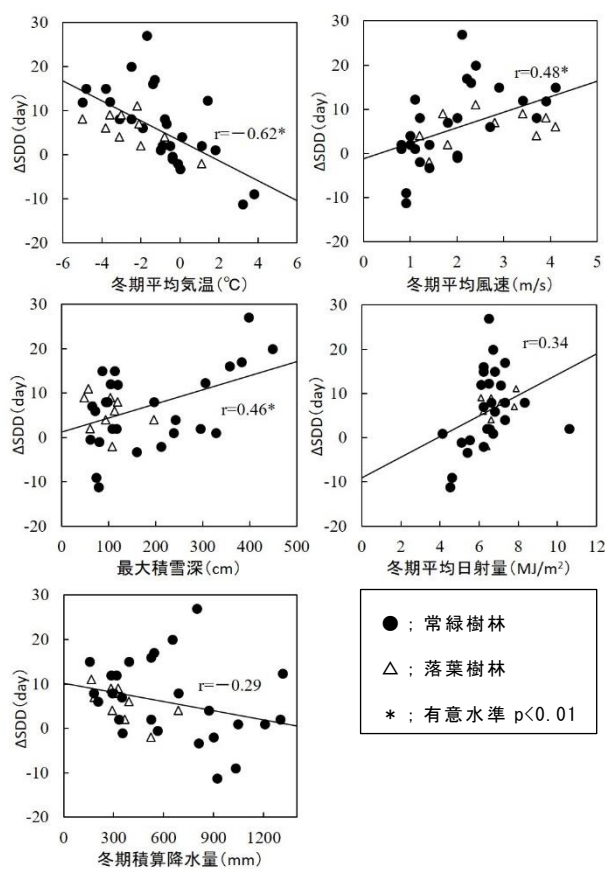


図-1 気象条件と ΔSDD の単回帰分析
Fig. 1 Single regression analysis of weather conditions and ΔSDD

*石川県立大学生物資源環境学部 Ishikawa Pref. Univ., Faculty of Bioresources and Environmental Sciences
キーワード：降雪・融雪，森林，メタ解析，熱収支

ΔSDD には最も強い相関が見られ、回帰式は $\Delta SDD = -2.26 \times \text{冬期平均気温} + 3.17$ であった。よって、冬期平均気温が低いほど林内の積雪の方が林外よりも長く残る傾向にあると言える。例えば冬季平均気温が -3°C である場合、 ΔSDD が +10 日となり、林内の方が 10 日残りやすい。気温上昇に対する林内の雪と林外の雪の感度が同じであれば、気温上昇が生じて消雪日の差は変わらないはずだが、この場所で冬期平均気温が 2°C 上昇した場合、林内での融雪がより早まり ΔSDD は 1 日となる。よって、林内の積雪は気温変化の影響を受けやすく、将来的には森林の貯雪・融雪遅延機能は低下する可能性があると考えられる。

3. 森林内外の積雪・融雪観測

3.1 方法 石川県林業試験場

(石川県白山市、標高 220m) を対象地とし、林外と林内(樹種: スギ、立木密度: 350 本/ha、平均樹高: 28.1m) で観測を行った。観測期間は 2018 年冬期(2017 年 12 月～2018 年 3 月)と 2019 年冬期(2018 年 12 月～2019 年 3 月)である。なお、2019 年冬期は、断続的な積雪が観測されたため、1 度目の積雪期間を 2019 年 A、2 度目の積雪期間を 2019 年 B として解析した。観測項目は、風速、気温、湿度、日射、純放射、降水量、地温、地中熱流である。これらの気象データを使用し、森林内外における積雪面の融雪熱量を熱収支法に基づき、以下の式で求めた。

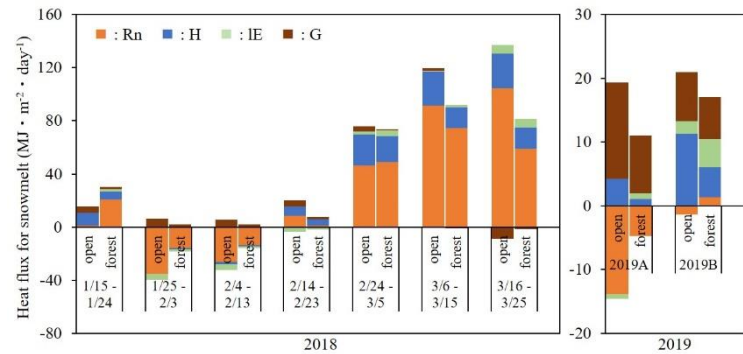


図-2 森林内外における融雪熱収支

Fig. 2 Heat flux for snowmelt in open and forest areas

$$Q_m = R_n + H + IE + G$$

Q_m : 融雪または積雪の凍結・降温に費やされる熱量, R_n : 純放射量, H : 顕熱輸送量, IE : 潜熱輸送量, G : 積雪層底面からの地中熱流 (MJ/m^2). 記号の正負は雪面に向かう場合が正であり, Q_m が正の場合に融雪が生じる。なお、降雨による融雪は無視した。

3.2 結果および考察

各期間の消雪日の差 ΔSDD は 2018 年冬期が +1 日、2019 年 A が -4 日、2019 年 B が -1 日となった。2018 年は冬期平均気温が 1.8°C 、最大積雪深が 238cm であり、2019 年は冬期平均気温が 3.5°C 、最大積雪深が 28cm と異なった気象条件であった。次に、森林内外の融雪熱量を比較する(図-2)。2018 年冬期の融雪熱量は林外で $42\text{MJ}/\text{m}^2$ 、林内で $36\text{MJ}/\text{m}^2$ となり、林内の融雪熱量は林外の 85% に減少した。2018 年は、日射量が増大する 2 月中旬まで積雪が森林内外どちらでも残っており、森林の日射抑制効果によって融雪が遅延されるため、最終的に林内の方が消雪は 1 日遅くなった。一方で、2019 年 A の融雪熱量は林内の方が大きくなり、2019 年 B の融雪熱量は林内の方が小さくなった。この結果として、2019 年の期間全体における森林内外の融雪熱量はどちらも $12\text{MJ}/\text{m}^2$ 程度となり、森林内外でほとんど融雪熱量は変わらなかった。2019 年は暖冬の影響で積雪量が少なく、1 月中旬には林外でも消雪しているため、森林が日射抑制効果を十分に発揮できなかった。したがって、冬期平均気温と ΔSDD に負の相関が見られるのは、冬期平均気温が低いほど、森林の日射抑制効果が発揮される 2 月下旬頃まで森林内の積雪が残っているためと考えられる。