

## 温暖多雪地帯におけるスギ林の樹冠通過降水量の評価

藤原洋一\*・川田秋雅\*\*・平田智道\*\*\*・高瀬恵次\*

**要旨：**樹冠遮断とは降水の一部が樹冠に遮られ、地表に到達せずに蒸発する現象であり、この樹冠遮断は雨では全降雨量の約20%~30%、雪では雨の数%~10%ほど大きいと言われている。本研究では、温暖多雪地帯である石川県白山市を対象として、スギ林の樹冠通過降水量の計測を行うとともに他の研究事例も取りまとめることで、雪の樹冠遮断について定量的に評価することを試みた。その結果、2018年度冬期の樹冠通過率は78.1%、2019年度冬期の樹冠通過率は76.2%、2020年度冬期の樹冠通過率は84.0%であった。それぞれの冬期における樹冠通過率は、新雪期、厳冬期、残雪期といった時期による違いは見られず、降水量との関係の方が明瞭であった。さらに、貯留式雨雪量計を用いた樹冠通過率の観測結果と開空度との関係を調べたところ、対数曲線によって近似できることが分かった。

**キーワード：**樹冠遮断、温暖多雪地帯、スギ人工林、開空度、積雪・融雪

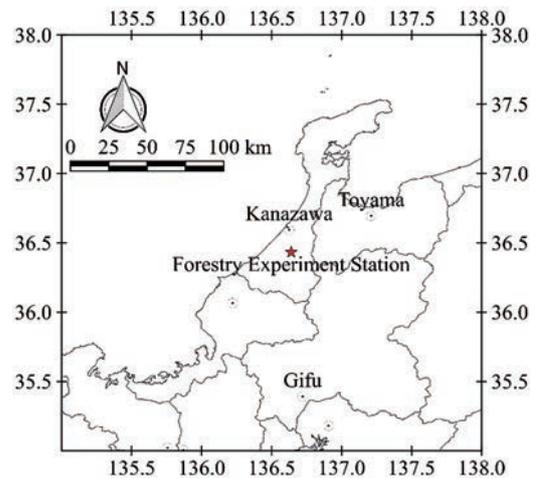
### I はじめに

樹冠遮断とは降水の一部が樹冠に遮られ、地表に到達せずに蒸発する現象のことである。この樹冠遮断は雨では一般に全降雨量の約20%~30%であり、雪では雨の数%~10%ほど大きいと報告されている。このため、この遮断量を正確に把握することは、森林の水源涵養機能の評価に極めて重要である。しかし、降雪の樹冠遮断の研究事例は、降雨の樹冠遮断に関する研究事例より少なく、定量的な評価をするに至っていない。そこで、本研究では石川県白山市のスギ林における冬期の樹冠通過降水量を観測し、雨と雪の樹冠通過量の比較を行うことで降雪遮断の特性を調べるとともに、他の研究事例も取りまとめることで、雪の樹冠遮断について定量的に評価することを試みた。

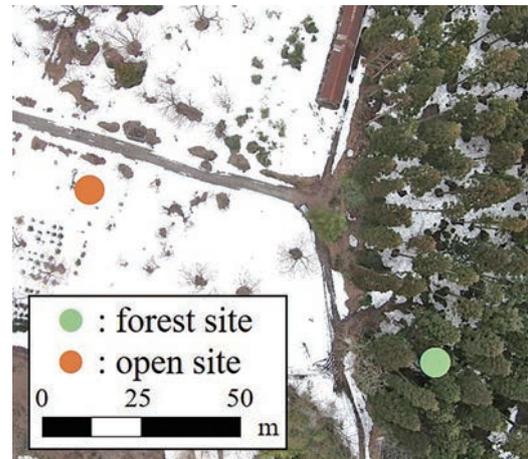
### II 研究方法

#### 1 研究対象地の概要

本研究の対象地は、石川県農林総合研究センター林業試験場とした(図-1(a))。本試験場を対象とした研究は、Fujihara et al. (2017)、平田ら(2021)、Hirata et al. (2021)、高瀬ら(2016)などにも発表している。敷地内に林内と林外の観測プロットをそれぞれ1カ所ずつ設けた(図-1(b))。そして、林内の植生状態を調べるために毎木調査を実施した。調査区の大きさは、林内の観測機が設置してある地点を中心に20m×20mの区画とした。調査項目は、樹齢、樹冠開空度、立木本数密度、平均胸高直径、胸高断面積合計、平均



(a) 林業試験場の位置



(b) 林内と林外のプロット

図-1 研究対象地の位置・概要

\* 石川県立大学生物資源環境学部    \*\* 森林研究・整備機構森林整備センター  
 \*\*\* 土木研究所寒地土木研究所

表－1 林内プロットの林況

植生	スギ人工林
樹齢	約 70 年
樹冠開空度	27.3 %
立木本数密度	350 本/ha
平均胸高直径	49.62 cm
胸高断面積合計	70.3 m <sup>2</sup> /ha
平均樹高	28.11 m
収量比数	0.57

樹高、収量比数である（表－1）。樹冠開空度は、撮影した森林樹冠の全天写真に占める空隙部分の割合を示した指標である。森林樹冠の全天写真は、魚眼レンズ（Nikon FC-E8）を取り付けたデジタルカメラ（NIKON E990）により撮影した。そして、開空度の推定には国立環境研究所・竹中明夫氏が作成したフリー解析ソフト CanopOn2 を用いた。また、積雪に影響を及ぼす範囲のみを抽出するために、野口・西園（2010）を参考に天頂角 20 度の範囲の開空度を求めた。収量比数は、森林法施行規則（農林水産省令）の中で間伐材積の基準として採用されている林分密度の尺度である。本研究では、測定した林内の平均樹高と立木本数密度から、「森林総合研究所 Ry 計算プログラム」を使用し、収量比数を算出した。

## 2 樹冠通過降水量の観測

樹冠遮断量の観測には、積雪深を測定する方法、スノーサンプラーによって積雪試料を採取し積雪

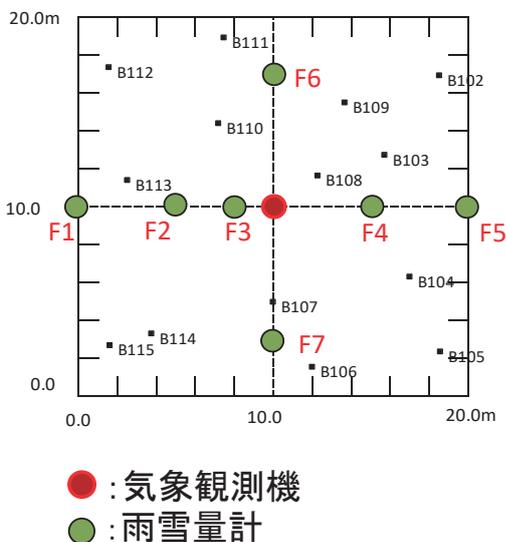
水量を計測する方法などがある。また、融雪の影響を受けず、積雪の移動の影響も小さいと考えられる樹冠通過降水量の測定方法として、貯留式雨雪量計による計測が代表例として挙げられる。本研究では、重労働であり測定の時間分解能が測定間隔に依存するというデメリットはあるものの、安価かつ多地点で測定することが可能であることから貯留式雨雪量計（大型バケツ）によって、樹冠通過降水量を計測した。2018 年度冬期の観測は、2018 年 11 月 27 日から 2019 年 4 月 4 日までの計 14 回、2019 年度冬期の観測は、2019 年 12 月 10 日から 2020 年 3 月 20 日までの計 8 回、2020 年度冬期の観測は、2020 年 12 月 11 日から 2021 年 2 月 26 日までの計 7 回である。

林内に内径 47 cm の 70L の大型バケツを 7 個、林外に内径 47 cm の 90L の大型バケツを 3 個設置した（図－2）。大型バケツは風や野生動物による転倒を防ぐため、木製の杭を打ち、バンドを用いて固定した。大型バケツには厚手のビニール袋を取り付け、吊ばかりを用いて 10g 単位で貯留された雨雪の重量を測定した。観測された降水は、水の密度を 1g/cm<sup>3</sup> と仮定し、貯留式雨雪量計の受水面積で除することにより水高値換算を行った。林内で観測された滴下雨と飛散雨、直達雨を樹冠通過降水量、林外で観測された降水量を林外降水量とし、林外降水量に対する樹冠通過降水量の割合を樹冠通過率とした。なお、樹木の幹を伝って流れる樹幹流下においては非常に少ない割合であるため考慮していない。

## III 結果と考察

2018～2020 年度冬期における気象（アメダス白山河内）の概要を表－2 に示す。観測を行った期間は比較的温暖な冬期で、雨と雪の判別温度として用いられる 2℃を基準とすると、月平均気温が 2℃を下回ったのは 2019 年 1 月、2021 年 1 月のみであった。2018 年度冬期の月平均気温は 4.2℃、2019 年度冬期の月平均気温は 5.5℃、2020 年度冬期の月平均気温は 4.1℃であった。また、2018 年度冬期の降水量は 989.5mm、2019 年度冬期の降水量は 958.5mm、2020 年度冬期の降水量は 1074mm であった。

2018 年度の冬期における林外降水量、樹冠通過降水量、および、樹冠通過率を図－3 (a) に示す。2018 年度の林外の貯留式雨雪量計による総降水

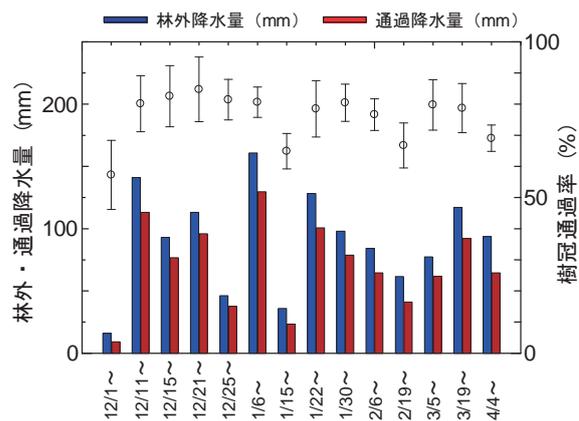


図－2 林内プロットの概要

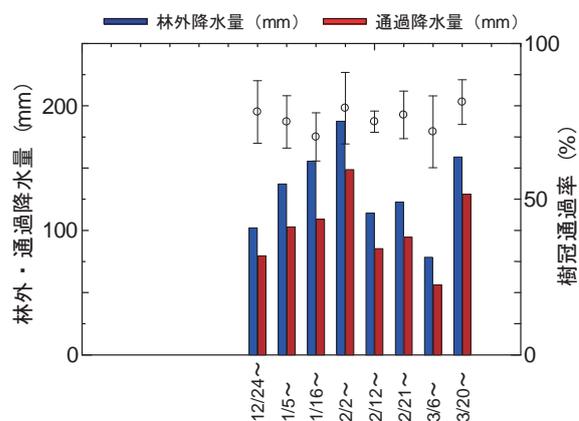
量は 1266.5mm であった。総樹冠通過降水は 989.4mm であった。樹冠通過率は 57.3~84.8% であった。これを見ると樹冠通過率に季節的（新雪期、厳冬期、残雪期など）な変化は見られず、通過率は降水量 80mm までは降水量と共に上昇するが、80mm 以上の通過率は約 80% でほぼ一定となっていることが分かる。

2019 年度の冬期における林外降水量、樹冠通過降水量、および、樹冠通過率を図-3 (b) に示す。2019 年度の林外の貯留式雨雪量計による総降水量は 1056.3mm であった。総樹冠通過降水は 805.0mm であった。樹冠通過率は 70.0~81.2% であった。2018 年度と同じく樹冠通過率に季節的な変化は見られなかった。また、2018 年度のような少量の観測期間が無かったことから、通過率は約 75% 前後の値となっている。

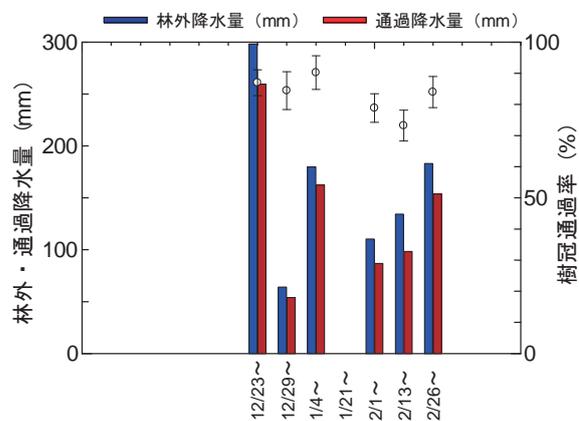
2020 年度の冬期における林外降水量、樹冠通過降水量、および、樹冠通過率を図-3 (c) に示す。2020 年度の林外の貯留式雨雪量計による総降水量は 969.8mm であった。総樹冠通過降水は 814.9mm であった。樹冠通過率は 73.2~90.2% であった。2018 年度、2019 年度と同じく、樹冠通過率に季節的な変化は見られなかった。また、通過率は約 80% で一定となっている。なお、2020 年度については観測インターバルの関係から林外降水量・通過降水量が他の年より多くなったことから、y 軸のスケールが異なっている。また、1 月 21 日からの観



(a) 2018 年度



(b) 2019 年度



(c) 2020 年度

図-3 林外・樹冠通過降水量

表-2 気象の概要：アメダス白山河内

年月	平均	月降	平均	日照	最深
	気温 ℃	水量 mm	風速 m/s	時間 h	積雪 cm
2018/12	4.9	401.0	1.6	48.9	34
2019/01	1.8	264.5	1.6	66.5	27
2019/02	3.6	146.5	1.7	85.0	23
2019/03	6.6	177.5	1.9	105.6	2
2019/12	5.7	322.5	1.6	77.9	0
2020/01	4.9	287.5	1.8	56.0	0
2020/02	4.1	171.5	1.9	81.8	21
2020/03	7.3	177.0	2.1	136.5	2
2020/12	4.2	378.0	1.5	53.4	48
2021/01	1.2	377.0	1.7	53.2	141
2021/02	2.9	180.5	1.9	91.5	93
2021/03	7.9	138.5	2.0	153.4	27

測については大型バケツをオーバーフローしたことから欠測となっている。

さらに、スギ林の冬期樹冠通過率について定量的に評価することを目的として、スギ林で貯留式雨雪量計を用いて降雪遮断の計測を行った論文を収集した。収集した論文は、阿部ら (2016)、金子ら (2019)、久保田・岡本 (2015)、野口・西園 (2010)

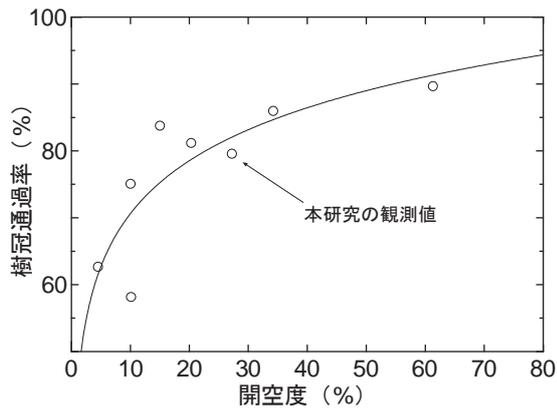


図-4 開空度と樹冠通過率の関係

である。これらの論文から、樹冠通過率と開空度の情報を抽出した。そして、樹冠通過率の観測結果と開空度との関係をプロットした(図-4)。また、本研究の3年間における樹冠通過率もプロットしている。これを見ると、金子ら(2019)が指摘しているように、開空度と樹冠通過率に正の相関があることが分かる。これらのデータに対して近似曲線を当てはめたところ、次式の対数曲線の当てはまりが良かった。

$$Y = 26.3 \times \log_{10}(X) + 44.3 \quad (1)$$

ここに、X: 開空度(%), Y: 樹冠通過率(%)である。ここで求めた近似式を用いることで、スギ林の冬期樹冠通過率の推定を行うことができると考えられる。ただし、本研究では時期(新雪期、厳冬期、残雪期など)による樹冠遮断率の変化は明確ではなかったが、気温によって降雪遮断量が異なることも報告されており(金子ら、2019)、森林の3次元的な樹冠構造も考慮しつつ、さらに降雪遮断に関する研究事例の蓄積が必要であろう。

#### IV まとめ

温暖多雪地帯である石川県白山市を対象として、スギ林の樹冠通過降水量の計測を3冬期行った。2018年度の樹冠通過率は78.1%、2019年度の樹冠通過率は76.2%、2020年度の樹冠通過率は84.0%であった。それぞれの冬期における樹冠遮断率は、季節(新雪期、厳冬期、残雪期など)との対応関係は見られず、降水量との関係の方が明瞭であった。さらに、貯留式雨雪量計を用いて樹冠通過降水量を観測した既往の観測結果をまとめたところ、樹冠通過率と樹冠開空度との間に弱いながら相関が認められ、対数曲線で近似できることが分かった。

なお、本研究は、基盤研究C(20K06301)「森林管理による融雪遅延機能強化は温暖化による積雪減少に対する適応策となるか?」、石川県からの受託研究「水土保全機能調査」、文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム領域テーマD「統合的ハザード予測」の助成を受けた。また、現地観測の際には、石川県の矢田豊さん、小倉晃さんにご協力を頂いた。記して感謝の意を表す。

#### 引用文献

- 阿部俊夫・久保田多余子・野口正二(2016) 東北地方の多雪地帯における2013/2014年冬季の落葉広葉樹林、スギ林の降雪遮断特性および融雪特性、21(1)、pp.6-10
- Y. Fujihara, K. Takase, S. Chono, E. Ichion, A. Ogura, and K. Tanaka (2017) Influence of topography and forest characteristics on snow distributions in a forested catchment, *Journal of Hydrology*, 546, pp.289-298
- 平田智道・藤原洋一・高瀬恵次・一恩英二・長野峻介: 森林内外の消雪日の差の地域特性: メタ解析による検討(2021) 水文・水資源学会誌、34(1)、pp.54-68
- T. Hirata, Y. Fujihara, K. Takase, E. Ichion, S. Chono (2021) Snow accumulation and melt in open and forest areas in a snowy temperate region of Japan, *Journal of Rainwater Catchment Systems*, 26(2), pp.27-33
- 金子智紀・野口正二・和田覚・新田響平・澤野真治(2019) 間伐を実施したスギ林における冬期樹冠通過降水量の評価、水文・水資源学会誌、32(3)、pp.138-147
- 久保田多余子・岡本隆(2015): 森林総合研究所東北支所構内スギ林における開空度と降雪遮断率の関係、東北森林科学会誌、20(1)、pp.27-32
- 野口正二・西園朋広(2010) 積雪期の常緑針葉樹林と落葉広葉樹林における樹冠通過降水量の比較、日本森林学会誌、92(1)、pp.29-34
- 高瀬恵次・小倉晃・藤原洋一・丸山利輔(2016) 積雪深の再現を目的としたモデルの構築と検証、水文・水資源学会誌、29(2)、pp.107-115