

森林内における積雪分布

° 北原 曜・中井裕一郎・坂本知己・斎藤武史（森林総研）

1. はじめに

北海道のように融雪水を重要な水資源とする地域では、流域の大部分を占める森林内の積雪水量についての研究が必要不可欠である。しかし、森林と積雪水量の関係は不明な点が多く、積雪水量と樹種や林況との関係、あるいは間伐など森林施業との関係については必ずしも明らかとなっていない。そこで筆者らは、林況の異なる数樹種の人工林を対象に積雪水量や密度の分布について調査し、いくつかの知見が得られたので報告する。

2. 調査地と調査方法

調査地は2地点で、1地点は札幌定山溪の林齢19年のトドマツ林(0.2ha)で5年前に一部分間伐が行なわれている。斜面は東向きで傾斜は5度である。もう1地点は札幌羊ヶ丘の森林総研実験林内のシラカンバ林(0.3ha)、カラマツ林(0.3ha)、バンクスマツ林(0.3ha)、トドマツ林(1.2ha)で、いずれも林齢は18年である。このうちシラカンバとカラマツは5年ほど前に一部分間伐が行なわれている。斜面は北向きで傾斜は3度である。なお、両地点とも地吹雪の影響は少なく、森林内への雪の供給は主に降雪によると考えられる。

表1に調査地の林況を示す。植栽はいずれも方形植えで、表中の立木間隔が異なるのは植栽間隔や間伐によるためである。表に示したように、定山溪では樹種はトドマツ1種であるが、その樹高、枝下高、立木間隔が異なる7プロット(No.1~7)で調査した。一方、羊ヶ丘では樹種は4種で(No.8~13)、シラカンバとカラマツでは立木間隔が異なる2プロットで調査した。

調査方法は、スノーサンプラーを用いて立木間を等間隔に積雪採取し、積雪深と重量を測定した。また、両地点とも森林の影響のない隣接の裸地でも積雪調査を行なった。調査日は、積雪水量が最大に達したと思われる1991年3月4~8日の短期間である。

3. 調査結果と考察

1) 平均積雪水量($\overline{HW}$, mm) 図1に示したように、HWの分布は樹種により著しく異なり、トドマツとバンクスマツでは山型、シラカンバとカラマツでは平坦であった。そこで、前者のHWは図2に示したように平坦なHW分布の上に四角錐状のHWが載っているとみなし、以下のように計算した。

$$\overline{HW} = \frac{(1/3)(L^2/2)(HW_{\max} - HW_{\min}) + HW_{\min} \cdot L^2}{L^2} = \frac{HW_{\max} - 5HW_{\min}}{6} \dots (1)$$

ここで、L(m)は立木間隔である。

後者の $\overline{HW}$ については、立木間の積雪水量分布図より断面積を計算し、それを立木間隔で除して求めた。その結果を表2に示す。表に示したように $\overline{HW}$ は、樹高、立木間隔などには差がなく、樹種により大きな違いが認められた。樹種内のばらつきは小さかった。またトドマツの例に見られるように、定山溪と羊ヶ丘では裸地における積雪水量(HW_0)は大きく異なるにもかかわらず、同一樹種ならば森林内外の $\overline{HW}$ の比は近似していた。森林内外の $\overline{HW}$ の差は主に遮断によるものと推定されるので、以上の結果はうっ閉した森林な

らば同一樹種の遮断率が一定となることを示している。

表2の遮断率(I、%)は、

$$I = (1 - \overline{HW} / \overline{HW_0}) \times 100$$

として求めた。Iを冬期落葉性の有無で比較すると、落葉性のシラカンバはほとんど遮断しないが、同じ落葉性のカラマツではIが15%で違いが認められる。これは枝の本数密度(カラマツの方が大)などの影響によるためと考えられる。これに対し、常緑樹のトドマツやバンクスマツのIは大きく、トドマツは定山溪で28~45(平均34)%と羊ヶ丘で36%、バンクスマツで45%にも及んでいた。Iが高いと多雪地でも土壌凍結の発生が考えられ、実際にこのバンクスマツ林では年によっては融雪期まで土壌凍結が認められた。また、先にも述べたように、Iは森林がうつ閉されていれば、樹高、枝下高、立木間隔による差はないようである。うつ閉度が小さい場合のHWについては調査していないが、当然Iは小さくなると考えられる。

2) 積雪水量の分布型 Iに関しては樹種による影響が大きかったが、HWの分布については、図1中下段に示すように同じトドマツ林でも著しい差が認められた。トドマツの同じような立木間隔同士のプロットで比較すると、No.4、5は HW_{max}/HW_{min} が大きく(表2参照)、立木間中央が顕著な山型をしている。そして立木間中央付近の HW_{max} は、裸地の $\overline{HW_0}$ とほぼ同じである。枝下高が低い場合のHWの分布は、 $x(m)$ を立木からの距離としてごく大雑把に以下のように示された。

$$HW = \overline{HW_0} (0.5x/L + 0.5)$$

これに対し、No.1や3は HW_{max}/HW_{min} が小さく、より緩やかな山型をしている。この差は枝下高に起因すると考えられる。すなわち、トドマツは樹冠部が円錐形をしているため、鉛直方向に投影すると枝葉の密度は立木から離れるにしたがい小さくなる。そのため、立木間中央に向かうにつれてIが低下すると考えられる。また、樹冠を通過した雪は、枝下高が高いと地上に到達する間に分散し、逆に低いと裸地と同程度のHWが立木間中央に積もると推定される。トドマツの枝下高と HW_{max} の関係は、ほぼ直線関係が認められ(図3)、

$$HW_{max} = \overline{HW_0} \{1 - 0.032(D - 3.5)\}$$

で表わされた。ここでD(m)は枝下高である。枝下高は植栽密度と樹高(林齢)によって決定されるため、HWの分布も決定されと考えられる。シラカンバとカラマツについては、Iが小さいためHWの分布は枝下高と関係なく山型とならないようである。

3) 積雪密度 立木間の積雪の平均密度は、定山溪と羊ヶ丘のすべてのプロットとも裸地の積雪密度以下であった。この原因は林内では裸地に比べ、HWが小さく圧密されにくいこと、日射量が少なく風速も弱いことにより密度が大きくならないためと考えられる。積雪密度の分布については、トドマツ林において立木間の中央が高い山型が認められたが、これはHWの圧密によるためと考えられる。この結果は、HWの分布は積雪深の分布より顕著な山型になることを示している。

4. おわりに

森林内の積雪については不明な点が多いが、今後も樹種や林況などの条件ごとに調査例を増しながら、特にトドマツなど常緑針葉樹の積雪水量の分布モデルを作成する必要がある。

表1. 積雪調査を行なった森林の林況

No.	調査地	樹種	樹高(m)	枝下高(m)	胸高直径(cm)	うっ閉度	立木間隔(cm)
1	定山溪	トドマツ	15.0	10.5	17.1	10	150
2	"	"	14.5	8.8	16.9	10	300
3	"	"	15.3	7.5	15.4	10	450
4	"	"	12.8	5.5	14.5	10	340
5	"	"	10.2	3.5	14.7	10	500
6	"	"	9.5	4.7	14.2	10	180
7	"	"	9.5	3.6	12.8	10	360
8	羊ヶ丘	シラカンバ	11.0	7.0	9.3	10	180
9	"	"	10.5	6.0	10.7	9	360
10	"	カラマツ	12.0	6.0	16.0	10	250
11	"	"	12.0	7.5	11.5	10	150
12	"	バンクス	8.5	3.9	12.4	10	180
13	"	トドマツ	7.5	3.5	9.8	10	150

注) うっ閉度とは、完全に樹冠で天空が覆われた状態を10、全く覆われない状態を0とした値。バンクスとはバンクスマツのこと。

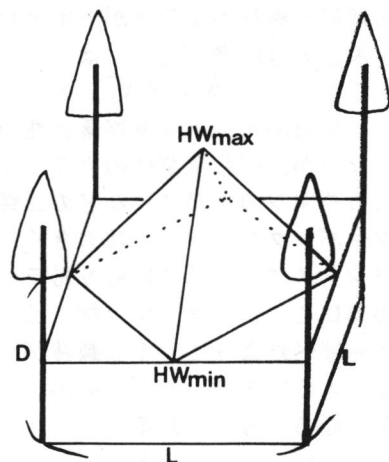
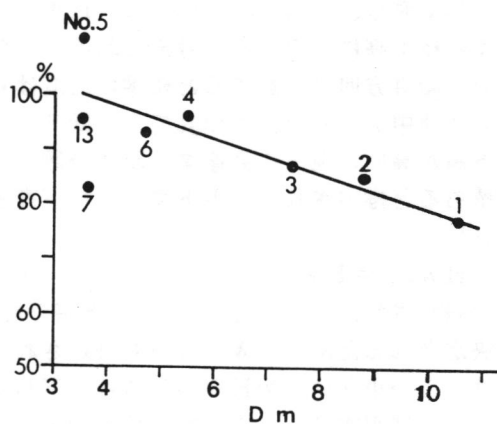


図2. トドマツ、バンクスマツのHW計算の概念図

表2. 積雪調査の結果

No.	平均積雪 深H(cm)	平均密度 ρ (g/cm ³)	平均積雪水 量HW(mm)	HW _{max} (mm)	HW _{min} (mm)	HW _{max} /HW _{min}	遮断率 I (%)
標地	127	0.333	424	--	--	--	--
1	95	0.325	297	326	292	1.12	29.9
2	93	0.314	261	359	241	1.49	38.5
3	102	0.323	293	374	277	1.35	30.9
4	94	0.324	276	422	247	1.71	35.0
5	92	0.307	234	469	187	2.51	44.8
6	98	0.331	307	394	289	1.36	27.7
7	100	0.333	298	403	278	1.45	29.6
標地	89	0.383	341	--	--	--	--
8	96	0.340	324	358	299	1.20	5.0
9	96	0.350	337	361	289	1.25	1.2
10	86	0.338	290	303	281	1.08	15.0
11	85	0.341	289	298	286	1.04	15.2
12	68	0.301	213	233	180	1.29	44.6
13	78	0.310	218	280	206	1.36	36.0

注) Hと ρ は単純平均。HWは、トドマツとバンクスマツの場合(1)式より、シラカンバとカラマツの場合HWの分布図より断面積を求め、立木間隔で除した。HW_{max}は最大積雪水量、HW_{min}は最小積雪水量でトドマツとバンクスマツでは両端の平均。

図3. 枝下高とHW_{max}/HW₀の関係

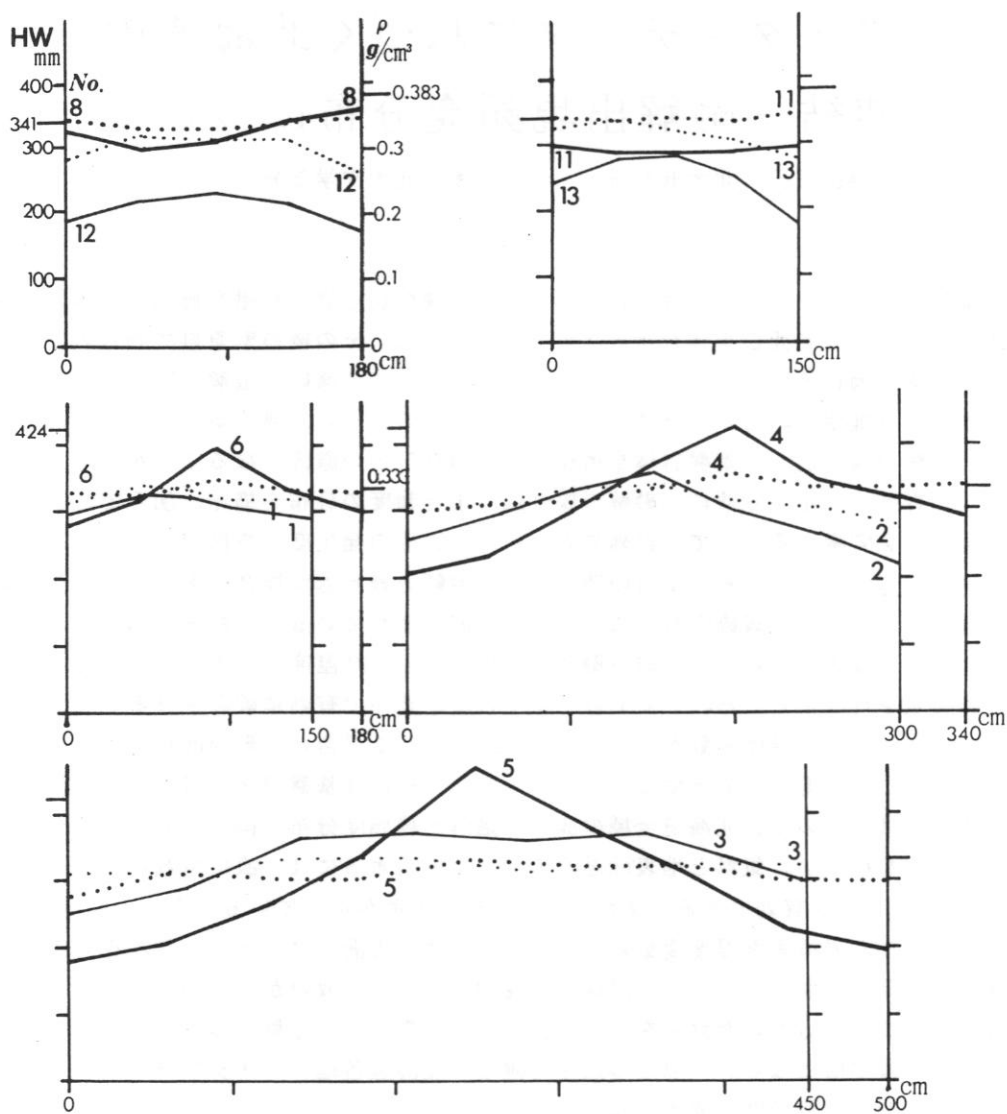


図1. 立木間の積雪水量 (HW、実線) と密度 (ρ 、点線) の分布例
 上段：羊ヶ丘、中下段：定山溪