

豪雪地のブナ人工林における若齢期の霜害と群落構造との関係

長谷川 幹夫・相浦 英春

Relation between frost damage and stand structure of a young beech plantation in a heavy snowfall region

Mikio HASEGAWA, Hideharu AIURA

下刈り期間を変えた試験区（10年間継続した部分を下刈り区、3年間で中止した部分を放置区とする）で起こったブナ若齢木の霜害を調査し、気象条件や群落構造の違いが霜害の程度に与えた影響を検討した。ブナは放置区では侵入木やササ等によって被覆されていたが、下刈り区では開放下にあった。1998年は異常な少雪年であったため、この年のみ霜害が起こった。林内では開芽が早まる傾向があるため、霜害は放置区でより激しかった。被害程度の激しかった個体（全体に葉が壊死）でも枯死することはなかったが、それらは被害程度の軽い個体より被害後2年間樹高が低かった。多雪地帯といえども少雪年には、生育場所（高標高地や被覆状態）によっては霜害に注意する必要があることが示唆された。

1. はじめに

植栽木の生育が不良な人工林（不成績造林地）は、天然更新で定着した（以下、侵入という）広葉樹を育成することで修復の可能性が高い（豪雪地帯林業技術開発協議会，2000）。しかし、広葉樹の侵入がなかったり、消失したりした部分では早期の森林の回復は困難であることが多いため、生態系の保全や自然林の再生を意図して本州の積雪地帯では極相種であるブナが植栽されることが多くなっている（小野瀬，1995；松浦・長谷川，2003）。

ブナは雪圧害には最も強い樹種の一つとされるが（紙谷1993；Homma1997），霜害で枯死に至ることもあり（林，2003；黒田ら，2001），霜害の頻度がブナの分布を規定する一因であるとも言われている（林，2003；檜村，1978）。

人工造林では植栽樹種による成林が主たる目標であるが、環境が厳しい林地では植栽木のみでの育成にこだわるより、上述のように侵入した樹木も駆使して早期に閉鎖した林分を育成することも選択肢の一つとなる（長谷川ら，2007）。侵入する樹種の中には萌芽力がないウダイカンバやダケカンバも含まれ（長谷川，1998），それらを活かすための保育方法として下刈り期間を短縮したり、除伐を中止したりすることが提案されている（豪雪地帯林業技術開発協議会，2000；長谷川ら，2007）。しかし、広葉樹人工林に関する資料はほとんどないため（林野庁，2001），筆者らは、ウダイカンバ・ダケカンバ・ウワミズザクラなどが侵入したブナ人工林

表-1 調査地周辺の施業歴

年度 (西暦年)	ブナ人工林 年齢	作業	
1969		スギ植栽 (17.2ha)	
1973		下刈り	
1974		下刈り	
1976		下刈り	
↓		↓	
?		(スギ消失・ササ地化)	
↓		↓	
1991		地拵え	
1992		ブナ植栽 (2.2ha)	
		(下刈り区)	(放置区)
1993	1	下刈り	下刈り
1994	2	下刈り	下刈り
1995	3	下刈り	下刈り
1996	4	下刈り	
1997	5	下刈り	
1998	6	下刈り	
~	~	~	
2002	10	下刈り	

□ : 晩霜害発生

で下刈り期間を変えた施業実験を行ってきており、下刈り期間の違いが林分構造やブナ植栽木の雪圧害に及ぼす影響については、すでに報告した（長谷川ら，2007）。この実験の過程で1998年の春、ブナ植栽木が霜害を被った。上述のように霜害はブナが生育する上で重要な要因となりうるので、林分構造の違いがその発生に対して、どのような影響を与えたかを気象要因と関連させて検討した。

2. 調査地と方法

調査は富山県富山市有峰地内東谷源流部で標

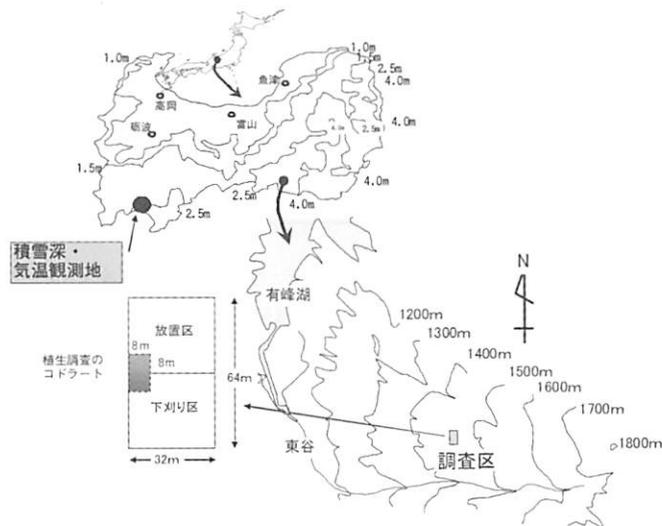


図-1 調査位置図と調査区の配置

上図の等高線は最大積雪深を示す (平・石田, 1990から作成)

高1,300m～1,500mの山腹緩斜面上に広がる人工林で行った (図-1)。当地の暖かさの指数は54℃・月とブナ帯上限に近く、年最大積雪深の平年値は386cmである (石田, 1992)。ここでは、かつて大径のブナ・ミズナラ・コメツガ・ネズコなどが生育していたが、それらを皆伐し、1969年に17.2haにわたってスギを2,500本/haの密度で植栽した (表-1)。しかし、激しい雪圧害と劣悪な土壌のためスギは成林せず、残存したスギと侵入したウワミズザクラ・コシアブラなどが点在する疎林状態となり、ササなどが林床を被った。そこでブナ林再生を目的に1991年に面積2.2haの範囲で刈払いによる地拵えを行い、1992年にブナのコンテナ苗 (産地不明) を2,500本/haの密度で植栽した。その後10年時まで毎年1回7月に、ブナを残すかたちの全刈りで下刈りを行った。

1995年に標高1460mの平坦地に面積2,048 (64×32) m²の方形区を設定し (図-1, WGS測地系：北緯36° 25′ 45″, 東経137° 27′ 20″), 植栽したブナを識別し、根元位置を測量した。そして、方形区を1/2に区切り、内1区 (面積1,024m²) で以後の下刈り等の作業を一切中止した。作業を中止した部分を放置区, 続行した部分を下刈り区として、両区内で2002年まで毎年夏期に1回、ブナの樹高・当年伸長量を測定し、被害などを記録した。当年伸長量は個体頂部付近で最も長く伸長したシュート (土用枝を除く) の芽鱗痕から先の長さとした。霜害は1998年6月にその程度に応じて、「被害なしを

0, 個体の一部の葉に壊死があったものを1, 個体全体で葉に壊死があったものを2, 個体全体の葉と一部の枝に壊死があったものを3」として記録した。

植生については、両方形区内に面積1m²の方形区 (コドラートとする) 64区 (8m×8mを分割) を設置し、その中の維管束植物について植被率 (10cm×10cmを1%とする目測; %)・各種の高さ (各種の葉の最高位置; cm) を1996年 (4年時) から2000年 (8年時) まで、毎年8月下旬に測定した。ただし、下刈り区では下刈り作業の過程で刈り残された部分を除いた56区 (7m×8mを分割) で解析した。

各区における植生調査で得られた各構成種の

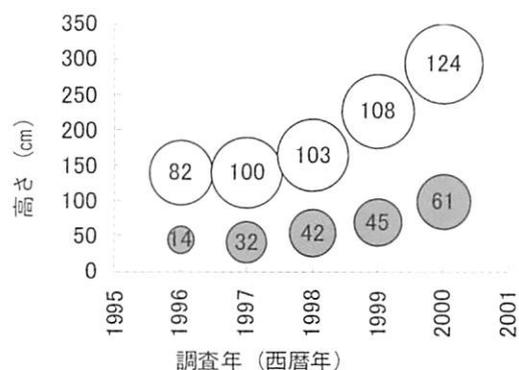


図-2 コドラートにおける全種の高さと植被率の積算値の変化

白, 放置区; 灰色, 下刈り区; 数字は植被率 (%) を示す

表-2 霜害年前後の調査区におけるブナの樹高と本数

調査年\項目	放置区		下刈り区	
	平均樹高 (cm)	本数 (本/1024m ²)	平均樹高 (cm)	本数 (本/1024m ²)
1997年	87.9	181	100.9	174
1998年	107.3	176	117.7	173

植被率の平均値 (CO, %) および各種の高さの平均値 (H, cm) の算出には次式を使用した。

$$CO = \sum_{i=1}^N C_i / N$$

$$H = \sum_{i=1}^N H_i / F$$

ただし、 C_i は番目のコドラートにおける各種の植被率、 H_i は各種の高さ、 N は全コドラート数、 F はその種が出現したコドラート数(出現頻度)である。以下、単に植被率、高さとし記した場合はこの値を示す。

3. 調査結果

3.1 群落構造

群落の高さと各コドラートにおける植被率の積算値は(図-2)、放置区では1996年にはそれぞれ82%・140cm、1997年には100%・140cmであった。植被率の積算値を被覆の程度の指標とすると下刈り終了から2年間で林地を被覆しており、2000年には124%・294cmに達していた。

一方、下刈り区では1996年にはそれぞれ14%・45cm、1997年には32%・42cmであった。その後、2000年には61%・100cmとなったが、毎年刈り取られていたため、地表を完全に被覆していない状態が続いた。

霜害は1998年の春に発生した。直前の1997年8月下旬には(図-3)、放置区では植栽されたブナが植被率2%、高さ70cmで生育し、それを取り囲むように植栽前から林床に生育していたクマイザサが植被率31%、高さ78cmで優占し、ハイヌツゲ(9%・31cm)、ノリウツギ(3%・78cm)などの萌芽幹が叢生していた。他に植栽を契機に発生したウダイカンバ(4%・103cm)・ダケカンバ(3%・114cm)などがクマイザサより上層を占め、クマイチゴ(14%・84cm)・ススキ(1%・140cm)などの伐採跡地に生育する種が混生していた。このように放置区では景観的にはウダイカンバ・ダケカンバ(上層)ークマイザサ・ブナ(中層)ーハイヌツゲ(下層)といった階層構造が形成されつつあった。下刈り区では、ブナが植被率22%・高さ70cmで生育し、刈り残されたり、刈り取られたりしたマイヅルソウ(14%・

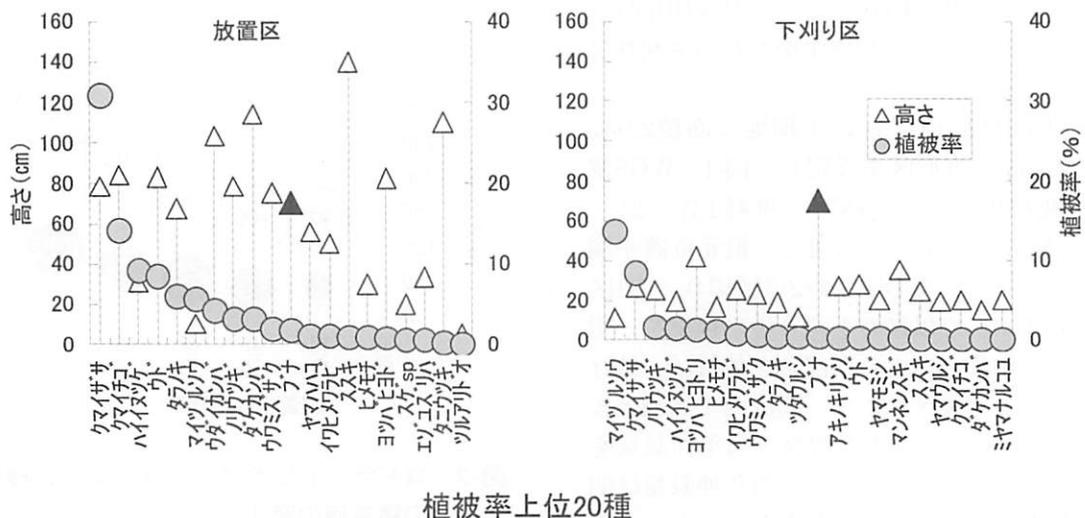


図-3 1997年夏における主な構成種の高さと植被率の平均値 ▲の高さはブナを示す

11cm)・クマイザサ(9%・27cm)・ノリウツギ(2%・25cm)などが混生する状態であった(図-3)。

霜害の起こった1997年と1998年のブナ植栽木の樹高は(表-2)、放置区で88cm~107cm, 下刈り区で101cm~118cmでいずれの年も両区間で差はなかった(Mann-WhitneyのU検定, $p > 0.05$)。また, 両区ともブナの本数にほとんど差はなかった(表-2)。

3.2 植栽木の霜害

霜害は1998年の春にのみ発生した。被害の程度をみると, 下刈り区では被害度0が61%であったのに対し, 放置区では被害度0から3は順に29%, 20%, 36%, 18%であった(図-4)。放置区では, 被害度2と3をあわせて54%であり, 放置区において被害がより激しかった(χ^2 検定, $p < 0.05$)。また, 放置区内のクマイザサの葉に高い頻度で壊死が観察された。

放置区では1998年から1999年までに枯死したブナはなかった。その後も2000年までに2本枯れたのみであった。被害度別に樹高と当年伸長量を比較すると(図-5), 霜害の起こる前の1997年での樹高は84cm~95cm, 伸長量は19cm

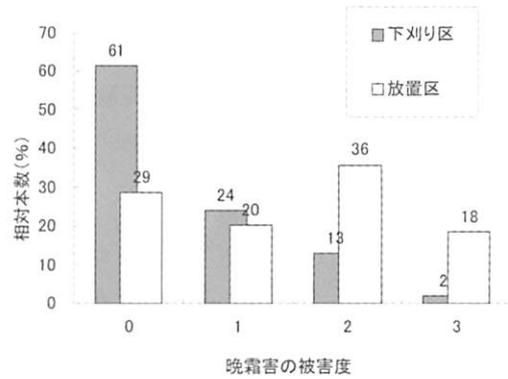


図-4 下刈り区と放置区の晩霜害発生割合

調査本数: 下刈り区, 176; 放置区, 173

~20cm/年でともに差はなかった(分散分析, $p > 0.05$)。霜害のあった1998年夏には被害度0から2の個体の樹高は105cm~116cmであったが, 被害度3では97cmと有意に小さく(同, $p < 0.05$)、伸長量も11.6cm/年と被害度0~2の21cm~22cm/年の約1/2であった。1999年も同様に被害度0~2の樹高は119~128cm, 伸長量は17~19cm/年であったが, 被害度3ではそれぞれ104cm, 12cm/年と小さかった(同)。2000年には樹高では被害度3で117cm, その他で136~147cmと前者で小さかったが(同, $p < 0.05$),

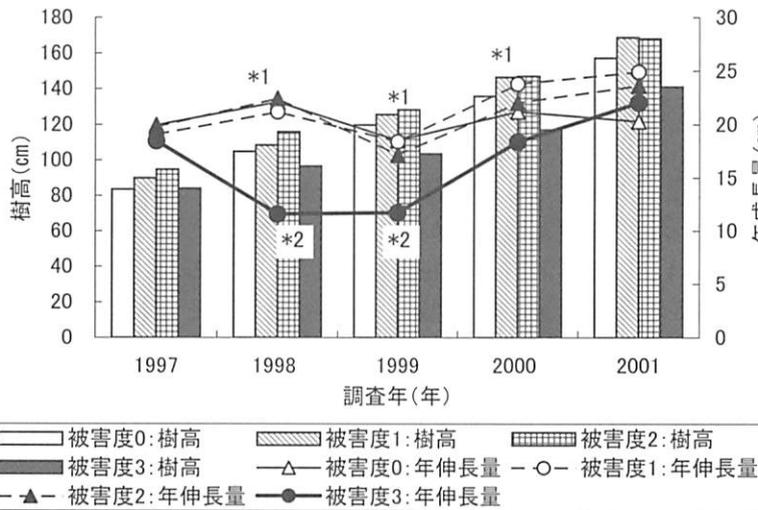


図-5 放置区における霜害の被害度別樹高と成長量の変化

- *1) 被害度3の樹高が他の被害度と有意差があった年
- *2) 被害度3の成長量が他の被害度と有意差があった年
- *3) 検定に使用した試料数は下表のとおり

試料数 調査年	被害度				合計
	0	1	2	3	
1997	47	33	59	29	168
1998	47	33	59	29	168
1999	47	33	59	29	168
2000	47	32	58	29	166
2001	46	30	56	28	160

伸長量は全被害度で18cm~24cm/年と差がなくなった(同, $p > 0.05$)。2001年には全ての被害度で樹高は141~168cm, 伸長量では20~25cm/年と差がなくなった(同, $p > 0.05$)。

4. 考察

下刈り区では刈りそろえられたクマイザサ・ノリウツギ・ハイイヌツゲなどのなかにブナが点在していたが(図-2, -3), 放置区では下刈り終了から2年経過した1997年にはウダイカンバ・ダケカンバ・ススキなどが100~140cmで, ブナ・クマイザサ・クマイチゴ・ウドなどが80cmで林地を被覆していた(図-2, -3)。すなわち, ブナは下刈り区では開放地内の状態で, 放置区では上方・側方から被覆された状態で生育していた。こうして1998年の春を迎え, ブナは霜害にあった。この霜害には①1998年のみに起こっていること, ②下刈り区より放置区において被害程度がより激しいことという2点の特徴がある。

この霜害の気象要因を検討するため, 南砺市利賀村奥山の1350m(図-1, WGS測地系: 北緯 $36^{\circ} 20' 45.1''$, 東経 $137^{\circ} 1' 3.1''$)において気温・最大積雪深および消雪日を観測した資料を用いる(相浦英春, 未発表)。この観測点は調査地から約40km離れているが, 標高はほぼ等しいため, ここでは調査地と同等の気象条件であったと仮定する。調査期間の1995年から2001年までの最大積雪深は(図-6), 1998年以外ではほぼ400cm以上に達し, 消雪日は5月1日以降であったが, 1998年だけは最大積雪深が221cmと異常に少なく, 4月16日に消雪日を迎えていた。また, 地上6mの日最低気温は消雪後の5月4日に 2.1°C , 5月11日に 2.7°C を記録した。このときには地表部分は氷点下になった可能性が高く, また消雪日から18~25日経過しており, ブナはすでに開葉していた可能性が高い。したがって, 1998年にのみ霜害が発生したのは, この年の最大積雪深が例年のほぼ半分しかなく, 早期に消雪を迎え, 開葉直後のブナが寒気にさらされたためと考えられる。したがって, 1998年以外に霜害がなかったのは, 霜害の起こりうる気象条件下となった日にブナはまだ積雪下であったためか, または消雪していたとしても, まだ開葉していなかったためであろう。この観測点では1991年から2008年までの18年間測定を行っているが, 消雪後に最低気温が氷点下にな

ったのは9回, 3°C 以下になったのは1998年の2回も含めて16回であった(相浦英春, 未発表)。温度条件だけからみるとこのような高標高に生育するブナにとって霜害の危険性の頻度は高いように見える。しかし, 多雪地帯で霜害が問題にならないのは(檜村, 1978), 消雪から開葉までに一定の期間が必要であるため, その期間経過後に降霜がある場合に限って霜害が起こることになるからであろう。いずれにしても, 1998年のように早い時期に消雪する年, すなわち少雪年には豪雪地といえども霜害の危険度が高まる可能性が高いものと考えられる。

林内と開放地に生育するブナ幼樹の開葉時期を比較したとき, 林内のブナの方が開放地のものより早いことが知られている(小谷, 1999)。放置区のブナはウダイカンバやササなどによって被われていたため(図-2; -3), 開放下にある下刈り区より早く開葉したと考えられる。この開葉の時間差の間に霜がおりたために下刈り区より放置区で被害が激しかったと推察される(図-4)。つまり開葉と降霜のタイミングによっては, 両区とも被害を受けた可能性もある。なお, 気温は地表からの高さの違いで異なると考えられるが, 1997年夏の時点でのブナの樹高は両区で差がなかったことから(表-2), この点は同一条件と推察される。

この調査では被害の軽い個体に比べ, 激しい個体では2年間ほど樹高が低い傾向があったが, その後, 差はなくなった(図-5)。霜害はブナを枯死させることがあるが(黒田ら, 2001), ここではいずれの被害度でも枯死には至らなかった。この原因として一部の枝の壊死では影響が小さいことや被害が単年度のみで済んだこと

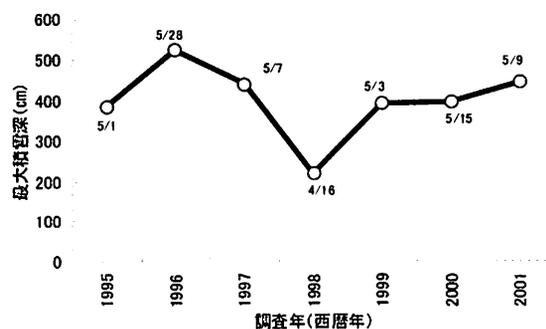


図-6 利賀村奥山1350m地点での最大積雪深の年変動(相浦英春, 未発表資料より作成) マークに付した日付は消雪日

が推察されるが、この点についてはさらなる検討が必要である。

上述のようにブナは比較的開葉時期が早いというえ、一斉に開芽してしまうため(檜村, 1978), 晩霜が頻繁に下りる地域では枯死することも多い(黒田ら, 2001)。これまで多雪地帯では大きな問題は認められなかったが、少雪年には生育場所(高標高地や被覆状態など)によっては、多雪地帯といえどもブナの霜害に注意する必要があることが示された。

引用文献

- 豪雪地帯林業技術開発協議会(2000) 雪国の森林づくり, 189pp, 林業調査会
- 長谷川幹夫(1998) 多雪地のスギ造林地に侵入したウダイカンバの消長に及ぼす下刈り・除伐の影響, 日本林学会誌, 80:223-228
- 長谷川幹夫(2004) 富山県の天然林とその管理一実践編一, 富山県林業技術センター研究報告, 17号別冊, 122pp
- 長谷川幹夫・平英彰・吉田俊也(2007) 積雪寒冷地のブナ人工林における下刈り期間の違いが林分構造に及ぼす影響, 日林誌89:14-20
- 林 一六(2003) 植物生態学一基礎と応用一, 227pp, 古今書院, 東京
- 石田 仁(1992) 県下林班の緯度・経度・標

- 高・主要気候値, 富山県林業技術センター・林業試験場, 富山県
- 檜村利道(1978) ブナ, ミズナラ, およびコナラの春先における耐凍性の消失過程について, 吉岡邦二博士追悼植物生態論集, 450-465
- 小谷二郎(1999) 落葉広葉樹林内と林外におけるブナ稚樹の葉数およびシュート伸長の季節変化, 日本林学会誌, 81:74-77
- 黒田吉雄・内田煌二・佐藤美穂(2001) ブナ・ミズナラの開芽・開葉に与える晩霜の影響, 森林立地, 43(2):75-82
- 松浦崇遠・長谷川幹夫(2003) 多雪地かつ急傾斜地に混交植栽した広葉樹の生存率と初期成長から示された樹種特性, 日林学術講演集 144:677
- 小野瀬浩司(1995) スギ不成績造林地の拡大防止と改良施業(Ⅱ)ースギ不成績造林地の改良のための基礎試験, 山形県林試研報25:51-56
- 林野庁(2001) 新技術地域実用化研究成果・冷温帯地域における広葉樹林施業技術の確立, 209pp, 林野庁, 東京
- 平英彰・石田仁(1990) 富山県の積雪地帯区分. 雪と造林8: 豪雪地帯林業技術開発協議会: 1-5

Summary

We considered the influence to frost damage of the young planted beech in examination stands differing in the weeding frequency (initial 10-years, vs. only initial 3-years). The beech were covered by colonized broadleaved species and *Sasa* in the infrequent site (TE), however in open site in the frequently weeded site (WD). The frost damage happened only in 1998, as there were unusual little snow in that year. Since the flush tended to be rash in the closed stand, frost damage was more intense in the TE. Although the heavy damaged individuals (leaf necroses recognized in the whole plant) did not die, their tree height were lower than that of the light damaged individuals for the succeeding two years. In a little snow year, it is necessary to be cautious of late frost where a stand is in high altitude or it is closed.