

## ヨーロッパトウヒ防風林の間伐後の成長

福地 稔・鳥田宏行

### Changes in the stand structure and growth of shelterbelt of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) after thinning

Minoru FUKUCHI and Hiroyuki TORITA

#### 要 旨

北海道中央部に位置する林齢25年生ヨーロッパトウヒ防風林に本数伐採率が1/3で、材積間伐率が異なる3種の間伐を実施し、林齢38年生までの13年間の直径、樹高、枝下高、林分材積の変化を継続調査した。材積間伐率で約40%の強度間伐を実施した処理区では直径成長量が最も高かった。また、下層木を中心に伐採した材積間伐率約20%の弱度間伐区では、無間伐区の直径成長量との間に差がみられなかった。間伐後13年間の材積の粗成長量は無間伐区の24m<sup>3</sup>/ha/年から間伐区の17m<sup>3</sup>/ha/年であった。一方、純成長量は無間伐区で17m<sup>3</sup>/ha/年、強度間伐区で16m<sup>3</sup>/ha/年、弱度間伐区で13~15m<sup>3</sup>/ha/年であった。無間伐区および弱度間伐区では自然枯損や風倒により材積率で26~29%枯損したが、強度間伐区では11%であった。強度間伐区では弱度間伐区や無間伐区よりも枝の枯れ上がりが抑制され、樹冠長も大きくなった。耐風性を高め林分を健全に維持するためには、強度の間伐を実施するか、早期に繰り返し間伐を実施する必要がある。

キーワード：ヨーロッパトウヒ防風林、間伐、林分成長、直径成長、枝下高

#### はじめに

北海道中央部の石狩川低地帯は平坦な沖積平野であり、北海道の代表的な水田地帯となっている。この地域は夏期に太平洋岸から吹送する冷涼な偏東風の影響を強く受けるため(堀口ら, 1982)、防風対策として幅の広い幹線防風林や1~数列の耕地防風林が造成されている。これらのうち、国有幹線防風林は主に戦前から造成されており、1950年代以降造成された民有幹線防風林とともに農地周辺に縦横に配備されている。国有幹線防風林は一部天然生林を残置させた箇所があるものの、多くは人工林である。また、民有幹線防風林は人工林がほとんどであり、シラカンバ、ヤチダモ、カラマツ、ヨーロッパトウヒの4樹種が主要構成種である(福地ら, 1996)。これらの樹種が用いられたのは、初期成長の早さや苗木の得やすさ、造林樹種としての使用実績の高さなど、いずれも防風林造成に必要な条件を備えていたことが理由としてあげられる。

ヨーロッパトウヒは石狩・空知管内における民有幹線防風

林では最も多く造林されている樹種である。鉄道防風林として造成実績があったことや(北海道, 1953)、初期成長が早いこと、常緑針葉樹でカラマツやシラカンバに比べて下部まで着生する枝葉は枯れ上がりが遅く、強風の遮断効果が高いことなどが造林面積の多い理由と考えられる。一方で、ヨーロッパトウヒは一旦林冠が閉鎖すると風の遮断効果は高いものの、耐陰性が高いため完全に被圧木とならない限り自然枯損しづらく、放置すると過密林分になり風害を受けやすくなる。また、防風林としての機能を高めるには過密な状態を改善し、適度の通風性を維持することが必要とされている。防風機能の推移を定量的に把握するためには、対象とする林分がどのような成長経過を示すのか、さらに、保育伐によって成長や枝の枯れ上がりがどう変わるのかなどの情報を得ることが必要である。ここでは農地の保護を目的に造成されたヨーロッパトウヒ幹線防風林を対象に、間伐後の直径成長や樹高成長にともなう枝の枯れ上がり等を調査し、保育伐に対する考え方を検討した。

## 調査地の概要と調査方法

### (1)調査地の概要

対象とした林分は、石狩平野の中央部に位置する江別市東野幌のヨーロッパトウヒ防風林である。石狩川水系千歳川左岸に位置する標高約8mの平坦な低地で、林帯の前後には小麦や葉菜類が栽培されており、これらの作物を冷涼な夏季の季節風から保護する役割を果たしている(写真-1)。調査林分周辺の土壌の母材は泥炭土が広く分布しているが(瀬尾ら, 1965), 土壌改良のために客土が実施されている。林帯は1973年にはほぼ東西方向に造成され、延長は約620mである。林帯幅は全体で約32mあるが、風上側に当たる南側半分はカラマツが植栽され、ヨーロッパトウヒは風下側の林帯北側に配置されている。ヨーロッパトウヒ林の幅は16mであり、植栽本数は6000本/ha(列間1.33m, 苗間1.25m)である。調査地設定以前は弱度の除伐が実施されていたが、施業経過は不明である。設定時の林内は下枝が枯れ上がり、過密な状態を示していた。



写真-1 調査林分と保護対象の農作物  
(風下側, 2011年6月)

### (2)調査方法

林齢25年生時点の1997年10月に、林内に長さ100m幅16mの3つの間伐区と長さ50m幅16mの無間伐区を設定し、以下の方法で間伐を実施した。

A区(下層間伐区): 通常の保育伐で実施されている間伐方法で、下層木を主体に本数で1/3伐採。

B区(全層間伐区): 上層から下層にわたり、直径階ごとの本数分布を考慮し、本数で1/3伐採。

C区(列状間伐区): 2列残し、1列伐採を交互に繰り返し、本数で1/3伐採。

D区(無間伐区): 無間伐の対照区。

間伐実施前に、3つの間伐区の中央に長さ30m幅16mの固定調査区(480㎡)、および、無間伐の対照区の中央に長さ15m幅16mの固定調査区(240㎡)を設定し、各調査区内での立木の配置と直径を測定した。伐採木の選木に当たり、A区の下

層間伐区とB区的全層間伐区は、残存木の形質と配置を考慮した。

間伐後5年間はほぼ毎年、それ以降は2~4年間隔で、直径巻尺を用いて0.1cm単位で胸高直径を毎木測定した。また、間伐3年後と11年後に樹高を全木測定するとともに、それ以外の調査年には直径階ごとに標準木を選び、樹高測定を行った。樹高測定には主に測竿を用いたが、間伐11年後には超音波式測高器(haglöf社製)を使用した。樹高測定後、針葉樹で適合の高いネスランド式を用いて樹高曲線を求めた。樹高曲線より計算された直径ごとの樹高を用い、2変数材積表(中島, 1993)により個体ごとの樹幹材積を求めた。また、枝下高は間伐3年後と11年後に測竿を用いて毎木測定を行った。さらに、4方向の枝張りを測定して樹冠投影図を作成し、調査地面積に対する樹冠閉鎖度を算出した。

## 結果

### 1 間伐後の本数および直径成長量の推移

表-1に、各区の間伐内容を示した。間伐を実施した林齢25年生時点では、どの区も1ha当たり3000本以上残存しており、残存率は51~59%であった。また、立ち枯れ状態で枯損していた個体も20~230本/ha認められ、過密のため小径木を中心に自然枯損が進む段階であった。各間伐区は生存木の1/3を目処に伐採したが、林内に大きな開放地を作らないよう立木の配置と残存木の形質を考慮したため、本数間伐率は29~36%となり、間伐後の残存本数は約1900~2300本/haとなった。

間伐前後の平均直径の推移を表-2に示した。下層木を中心に伐採したA区では、残存木の平均直径が最も大きくなり、

表-1 間伐前後の林分概要

	(ha当たり)			
	間伐前	間伐木	間伐後	間伐率(%)
A区	3216	1127	2089	35.1
(下層間伐)	197	43.8	153.2	22.2
B区	3279	961	2318	29.3
(全層間伐)	198.5	46.6	151.9	23.5
C区	3028	1086	1942	35.9
(列状間伐)	162	64.1	97.9	39.5
D区	3551	0	3551	0
(無間伐)	175.4	0	175.4	0

上段: 本数, 下段: 材積 (m<sup>3</sup>)

表-2 間伐前後の平均直径の推移

	(cm)			
	間伐前	間伐木	間伐後	d/D
A区	12.42	10.21	13.61	0.82
B区	12.37	11.21	12.85	0.91
C区	11.67	12.22	11.37	1.05
D区	11.29		11.29	—

d/Dは間伐前直径に対する間伐木の直径の比

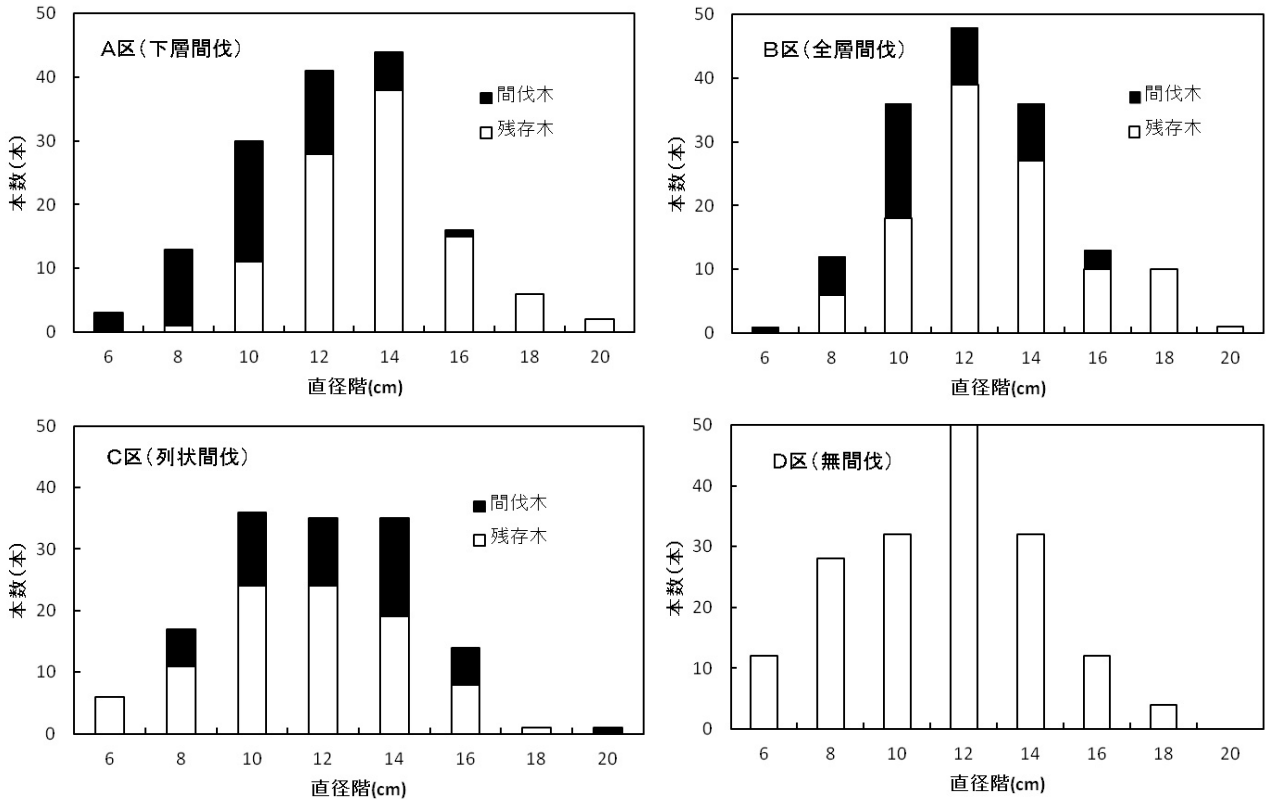


図-1 間伐時における各区の直径階別本数分布  
D区は面積が半分のため、本数を2倍にした

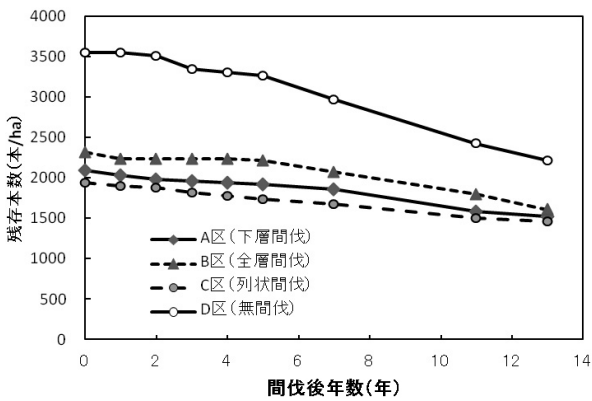


図-2 間伐後の残存本数の推移

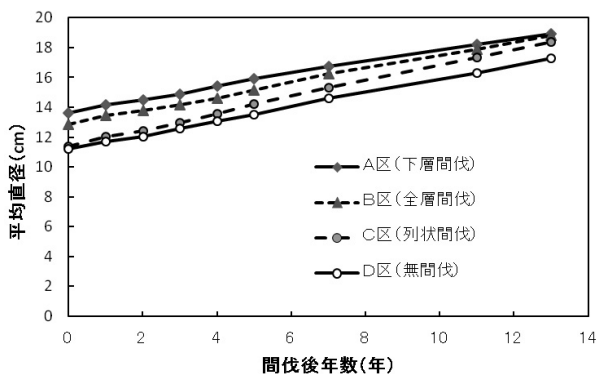


図-3 間伐後の平均直径の推移

間伐前直径に対する間伐木の直径の比 ( $d/D$ ) が0.82となった。また、全層間伐を実施したB区では同様に間伐木直径の比は0.91と伐採内容がやや下層に偏っていた。これは被圧木や形質不良木を中心に選木したためである。列状間伐を実施したC区は間伐木直径の比が1.05となり、上層木がやや多く伐採される結果となった。

図-1に各区の直径階別の本数分布を示した。無間伐のD区は他の3区の半分の面積のため、本数を2倍にして示してある。どの区も12~14cm階をピークにほぼ正規型の分布を示していた。A区およびB区は下層木をやや多く伐採したため、残存木はC、D区に比較し、やや大きな直径階の個体が分布する結果となった。

間伐後13年間の本数の推移を図-2に示す。枯損は間伐直後から発生した。間伐後5年間の枯損は主に被圧された下層木が中心であったが、間伐後7年目の2004年9月の18号台風、および8年目の2006年2月の低気圧による強風では上層木にも幹折れ等による枯損が発生した。とくに間伐後7年目では残存木の3.3% (A区) ~ 9% (D区) に、8年目では同様に10% (C区) ~ 18.3% (D区) に枯損が生じた。この結果、間伐13年後の2011年には間伐区で1460本/ha~1610本/ha、無間伐区で2210本/haに本数が減少した。ただし、これらの自然枯損および強風による幹折れ、先折れを伴う枯損は林分内で集中して起こっていたわけではなく、枯損後に大きな開放地は発

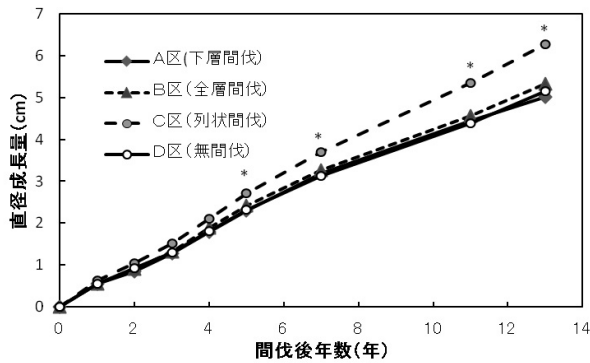


図-4 直径成長量の推移

\*はD区(無間伐)とC区(列状間伐)との間に5%レベルで有意な差があることを示す

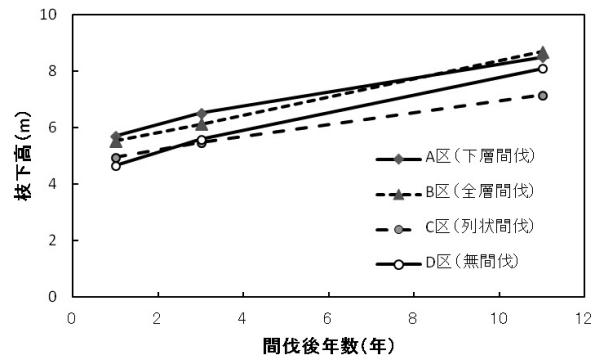


図-7 枝下高の推移

年後には1.7cm, 7年後には1.3cm, 13年後には0.3cmとほとんど平均値の差がないほどになった。各間伐区の直径成長量の推移を無間伐のD区と比較すると、A区、B区ではほとんど差がなく、C区のみ大きな成長量を維持し、その差は拡大する傾向を示した(図-4)。

各処理区の直径成長量の差を検定すると、間伐直後は有意な差が生じていないものの、5年後には無間伐のD区と列状間伐のC区との間に有意な成長差が生じ(t検定,  $p < 0.05$ ), 7年後以降はどの間伐区とも有意な差が生じた。また、下層木を中心に間伐を実施しても、あまり成長促進に効果がないことが示唆された。間伐13年後の直径成長量の差を無間伐の対照区と比較すると、D区の5.2cmに対し、A区が5.0cm, B区が5.3cmと有意な差がなく、直径成長に及ぼす間伐の効果は現れていない。一方、C区の13年間の直径成長量は6.3cmと平均1cm以上どの区よりも大きな値を示した。

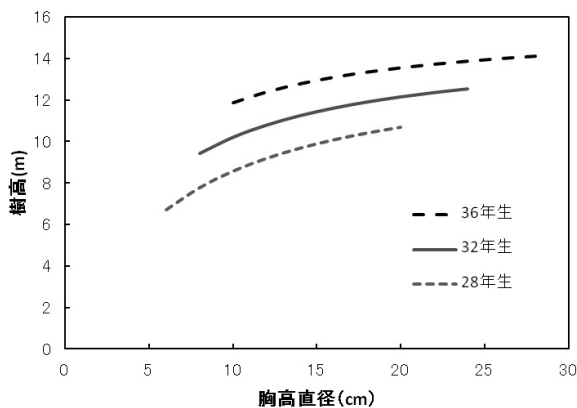


図-5 樹高曲線の推移

各年の樹高曲線は

$$28\text{年生} : H = D^2 / (0.886 + 0.282 * D) + 1.3$$

$$32\text{年生} : H = D^2 / (0.660 + 0.273 * D) + 1.3$$

$$36\text{年生} : H = D^2 / (0.444 + 0.263 * D) + 1.3$$

H: 樹高, D: 胸高直径

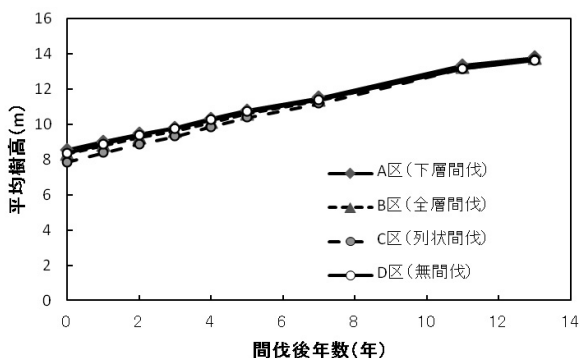


図-6 樹高成長の推移

## 2 樹高及び枝下高の推移

図-5に、全木樹高測定を行った間伐3年後(林齢28年生)と間伐11年後(林齢36年生)、および標準木の樹高測定から描いた間伐7年後(林齢32年生)の樹高曲線を示した。各年の樹高曲線は右上部にスライドしながら高樹高階に移動するような形となっており、林齢の増加に伴い旺盛な樹高成長を示した。同様にその他の調査年の樹高曲線も標準木の樹高から計算し、各年の直径に対応する樹高を求めた。図-6に全木の直径から求めた平均樹高の推移を示した。間伐時から13年後(林齢25年生から38年生まで)の樹高の推移をみると、多少の年変動はあるものの、ほぼ直線的な成長を示していた。また、この間の樹高の年平均成長量は、0.4~0.45mの範囲であった。

図-7に各区の林縁木を除く枝下高の平均値の推移を示した。間伐直後のA区とB区の枝下高は、C区とD区よりもやや高い値を示していた。間伐後の樹高成長と枝の伸長にともなう枯れ上がりのため、枝下高はどの区も高くなった。しかしながら、列状間伐を行ったC区の枝の枯れ上がりの早さは他の区に比べ緩慢な傾向を示した。間伐1年後から11年後の10

生していない。

図-3および図-4に間伐後13年間の平均直径および直径成長量の推移を示した。間伐直後の平均直径は、A区が最も大きく、最も小さいC区とは約2.2cmの差が生じていた。しかし、林分の成長にともない、その差は次第に小さくなり、4



年間の枝の枯れ上がりは、A区で2.8m、B区で3.2m、D区で3.4mであったのに対し、C区では2.2mの上昇にとどまり、C区では無間伐区や他の間伐区に比べ、1~1.5m小さい値を示した。さらに同じ期間の樹高から枝下高を引いた樹冠長の伸長量は、D区で0.9m、B区で1.3m、A区で1.5mであったのに対し、C区では2.6mと大きな値を示した。したがって、枝下高を樹高で除した枝下高比は、D区およびA区、B区で増加したにもかかわらず、C区では59%から54%に低下した。

間伐によって樹冠の混み合いがどの程度緩和されたかを検討するため、調査地面積に対する樹冠投影面積の割合を表す樹冠閉鎖度を無間伐、間伐区間で比較した。各区の樹冠閉鎖度は、A区78%、B区79%、C区65%、D区91%であり、ほぼ同じ本数間伐率であっても、樹冠の混み具合を緩和する度合いは間伐方法や間伐内容により異なった。

### 3 林分材積成長量の推移

図-8に、間伐後の林分材積成長量の推移を示した。間伐直後の25年生時点では林分本数の違いを反映し、無間伐のD区の林分材積が約175m<sup>3</sup>/haと最も大きく、ついでA区の約153m<sup>3</sup>/ha、B区の約152m<sup>3</sup>/haがほぼ同様の値であり、C区が約98m<sup>3</sup>/haと最も低い値であった(表-1)。間伐13年後の38年生時点では、無間伐のD区が約395m<sup>3</sup>/ha、ついでB区の約341m<sup>3</sup>/ha、A区の約316m<sup>3</sup>/ha、C区の301m<sup>3</sup>/haとなった。この期間の純成長量はD区の220m<sup>3</sup>/ha(16.9m<sup>3</sup>/ha/年)、C区の203m<sup>3</sup>/ha(15.6m<sup>3</sup>/ha/年)、B区の189m<sup>3</sup>/ha(14.6m<sup>3</sup>/ha/年)、A区の163m<sup>3</sup>/ha(12.5m<sup>3</sup>/ha/年)の順であった。一方で、この間の枯損量はD区で6.9m<sup>3</sup>/ha/年、B区で5.0m<sup>3</sup>/ha/年、A区で4.9m<sup>3</sup>/ha/年、C区で1.9m<sup>3</sup>/ha/年に達した。この間の粗成長量に対する枯損量の割合は、C区の11%以外、26~29%と高い率を示した。したがって、間伐後の林分材積の推移を見ると、C区ではほぼ直線的に増加したのに対し、それ以外の無間伐のD区やA、B区では材積成長はやや頭打ち傾向を示し、C区との材積の差は小さくなった。

図-9に、林分材積の粗成長量、枯損量、純成長量を間伐後の年数ごとに示した。調査間隔が異なるため、それぞれの値はその前の調査年との差を測定間隔で除した値で示してある。各年の粗成長量は間伐7年後をピークに、無間伐のD区で22~25m<sup>3</sup>/ha/年、A区、B区は13~22m<sup>3</sup>/ha/年とやや低いものの、ほぼ同様の傾向を示した。一方、C区では間伐後の年数が経過し、林齢が高くなるにしたがい連年成長量は14~19m<sup>3</sup>/ha/年と増加した(図-9a)。枯損は間伐直後から被圧された下層木を中心にわずかに発生していたが、台風や冬季の強風による幹折れが発生した間伐7年後以降、枯損量は増加した。しかしながら、間伐を強度に実施したC区での枯損はわずかで、強風による幹折れも少なかった(図-9b)。したがって、粗成長量から枯損量を差し引いた純成長量は、C区のみ間伐後ほぼ15m<sup>3</sup>/ha/年で経過していたのに対し、他の

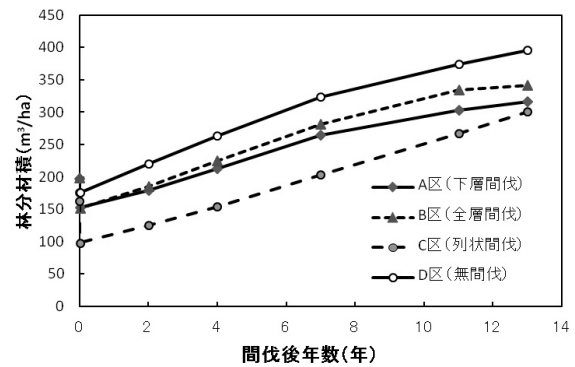


図-8 林分材積の推移

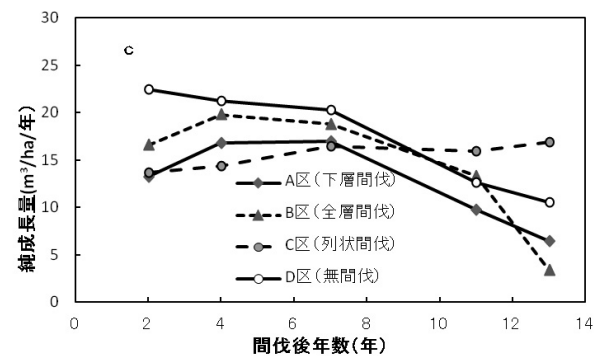
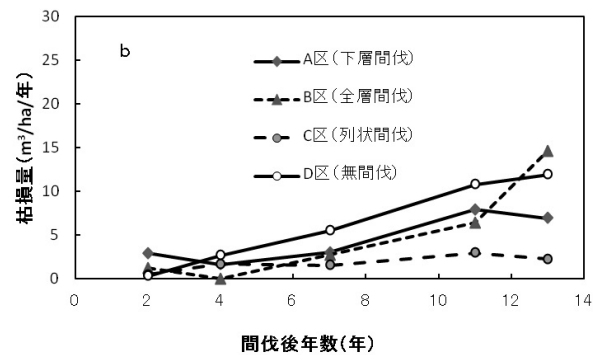
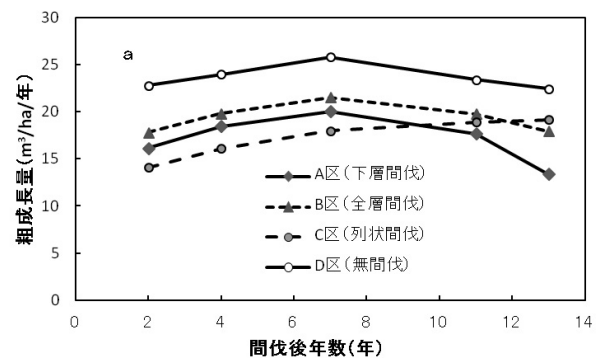


図-9 粗成長量(a)・枯損量(b)・純成長量(c)の推移

区では減少傾向を示した(図-9c)。

### 4 直径成長に及ぼす間伐の効果

直径成長に影響する要因として、間伐時の期首直径、樹冠

表-3 直径成長に影響する要因の分散分析と回帰係数 (C区)

間伐4年後							
要因	偏差平方和	自由度	不偏分散	F値	P値	F (0.95)	r <sup>2</sup>
回帰	10.605	4	2.6513	15.1215	9.39E-09	2.5153	
残差	11.2211	64	0.1753				
計	21.8261	68					0.486

	回帰係数	標準誤差	標準回帰係数	t値	P値	t (0.975)
定数項	0.256	0.387	0.256	0.662	0.510	1.998
樹冠面積	0.058	0.037	0.192	1.546	0.127	1.998
影響度	-7.019	2.463	-0.321	-2.850	0.006	1.998
樹間距離	0.108	0.115	0.093	0.946	0.348	1.998
期首直径	0.067	0.029	0.305	2.300	0.025	1.998

間伐13年後							
要因	偏差平方和	自由度	不偏分散	F値	P値	F (0.95)	r <sup>2</sup>
回帰	208.5627	4	52.1407	14.13837	7.11E-08	2.549763	
残差	191.7700	52	3.6879				
計	400.3326	56					0.521

	回帰係数	標準誤差	標準回帰係数	t値	P値	t (0.975)
定数項	3.354	1.949	3.354	1.721	0.091	2.007
樹冠面積	0.226	0.181	0.158	1.249	0.217	2.007
影響度	-34.269	6.286	-0.581	-5.452	0.000	2.007
樹間距離	1.112	0.544	0.215	2.047	0.046	2.007
期首直径	0.111	0.139	0.100	0.798	0.428	2.007

の大きさ、間伐後の隣接木との距離、隣接木による影響度などが上げられる。そこで、林縁木を除く樹木を対象に、直径成長量と各要因との相関を求めた。樹冠の大きさは4方向の枝張りを測定し、楕円近似により樹冠面積を求めた。隣接木との距離は最近接木4本との間の距離の平均値とした。また、隣接木による影響度は、Masakiら(2006)にしたがい、最近接木4本のうち対象木よりも大きい個体の胸高断面積合計とした。単純相関ではどの区でも、直径成長量と期首直径、樹冠面積、隣接木との距離との間に弱い正の相関があった。また、隣接木の影響度とは負の相関があり、周囲に大きな個体があるほど直径成長が抑制される傾向にあった。そこで、これらの要因を説明変数とし、直径成長量を目的変数として、重回帰分析を行った。表-3に材積間伐率が最も高く、直径成長量も大きかったC区の間伐4年後と、13年後の分散分析表および各要因の回帰係数を示す。間伐4年後では隣接木の影響度と期首直径が有意であった。間伐13年後では隣接木の影響度および隣接木との距離が有意となった。この傾向は他の調査区ともほぼ同様であった。したがって、間伐当初は期首直径の大きな木の成長量が大きい傾向にあるものの、その

影響は間伐後の年数が経過するほど次第に小さくなり、樹冠の拡大にともない隣接木との距離が大きくなり、周囲に競合する大きな木が少なくなるほど成長量は大きくなり、周囲の競合する木よりも小さいほど成長量は小さいことを示している。

### 考 察

防風林は植栽本数が5000~6000本/haと多いため、適切な時期に除間伐をせずに放置すると過密になり、枝が枯れ上がった状態となるとともに、直径成長量も低下する。常緑針葉樹であるヨーロッパトウヒは隣接木の影響がなければ幹の下部まで葉が着生しているが、林分が過密状態では樹高成長にともない、葉が幹上部にしか着生していない形態になる。さらに、肥大成長が抑制されて幹が細長となり、直径に対する樹高の比である形状比が高くなる。防風林は農地を保護する性格上、常風の影響を強く受ける立地環境下に置かれており、形状比の高い樹形は風雪害を受けやすい(烏田, 2009)。したがって、これらの気象害に対処するためには、耐風耐雪性の高い樹形へと誘導する必要がある。

本数率でほぼ同様の間伐を行ったにも関わらず、A区やB区

よりもC区の樹冠閉鎖度が低かったのは、列状間伐を行ったC区では伐採列に十分な空間ができたこと、および上層木も多く伐採されたことによる。一方、下層間伐を実施したA区や間伐木がやや下層に偏ったB区では、被圧木や下層木を中心に伐採したため、間伐による樹冠の競合の緩和は小さかったと考えられた。間伐翌年から10年間の枝の枯れ上りを比較すると、C区は無間伐区および他の間伐区に比べ枯れ上がりが1.0~1.6m小さく、樹冠長は他の区よりも0.9~1.4m大きくなった。Kanazawaら(1985)はスギ人工林の調査から、枝下高が密度の増加とともに高くなり、密度が高いほど樹高の増加に対する枝の枯れ上がりは著しいと述べている。枝の枯れ上がりが大きく、樹冠が幹上部に偏ることは耐風性の面でも劣ることになる。今回の結果でも、風荷重を受ける高さである風心高は、強度間伐のC区よりも1m程度無間伐区や弱度間伐区の方が高くなった。本調査地では当初の植栽本数が多く、間伐後でも2000本/ha程度残存していたことから、耐風性の高い樹形をもつ林分に誘導するためには、さらに本数を減少させる必要がある。

これまでヨーロッパトウヒ林で実施した間伐試験では、間伐率40%程度までは林分成長量を大きく低下させないと報告されてきた(菊沢, 1987; 梅木, 2001)。本調査地でもほぼ同様の結果が得られたが、本数の多い無間伐区が純成長量、粗成長量ともにもっとも多かった。このような本数の多い区で成長量を維持できるのは、梅木(2001)が指摘するような耐陰性の高いヨーロッパトウヒ林の特徴と考えられた。一方で、被圧や風倒に伴う枯損は、本数の多い無間伐区や下層木を中心に伐採したA区とB区で多く発生した。

40%程度の強度間伐を行ったC区と他の区の直径成長量を比較すると、間伐後からわずかな差がみられ、5年後にはB区、D区と、さらに、7年後にはC区と他のすべての区との間に有意な差が生じた(図-4)。このことから、間伐効果がすぐには直径成長には反映されず、効果が現れるには少なくとも4~5年は必要と考えられた。

間伐は樹冠の競合を緩和させるために実施するが、間伐後の直径成長量と樹間距離との関係を見ると、必ずしも高い相関はみられない(表-3)。カラマツ壮齡林で直径成長量と隣接木の距離との関係を調べた例では、隣接距離だけよりも、隣接木の直径を距離で除いた値の方が直径成長量との相関が高かった(阿部, 1973)。むしろ間伐直後は、期首直径やそれと相関の高い樹冠の大きさがその後の成長に影響する要因といえる。さらに隣接木であっても、樹冠の競合に及ぼす影響を考慮すると、対象木よりも大きい小さいかが重要と考えられる。このためには、樹冠の競合を緩和させるような間伐が必要であり、従来の被圧木や下層木主体の弱度の間伐ではすぐに樹冠が閉鎖し、効果が継続して得られない。防風林のように環境圧に常にさらされている林分では枝の枯れ上りを抑え、直径成長を促進させる強度の間伐を実施するか、

繰り返し間伐を実施して本数を減らす必要があると考えられた。

## 謝 辞

本調査を実施するに当たり、石狩振興局林務課の方々に調査地の選定および設定の便宜を図って頂いた。また、現地調査には、菅野正人氏、寺田文子氏、佐藤創氏、佐藤孝弘氏、佐藤弘和氏(現北海道立総合研究機構法人本部)、伊藤実氏、来田和人氏、山田浩二氏(現十勝総合振興局)の方々にご協力を頂いた。記して以上の方々に感謝いたします。

## 引用文献

- 阿部信行(1973)カラマツ林分における単木の胸高直径生長量と隣接木の距離との関係.北海道林業試験場報告11:77-88
- 福地 稔・鳥田宏行(1996)道央地域におけるヨーロッパトウヒ防風林の成績.日林北支論44:17-19
- 北海道(1953)北海道山林史:1095pp
- 堀口郁夫・松村伸二・谷 宏(1982)海洋性冷気流の農業地帯への影響-勇払・石狩平野の風向と気象の特徴-.農業気象38:287-293
- Kanazawa Y., Kiyono Y. and Fujimori T. (1985) Crown Development and Stem Growth in Relation to Stand Density in Even-Aged Pure Stand (II) Clear-Length Model of *Cryptomeria japonica* Stands as a Function of Stand Density and Tree Height. J. Jap. For. Soc. 67:391-397
- 菊沢喜八郎(1987)ヨーロッパトウヒの間伐試験.北海道林業試験場研究報告25:28-35
- Masaki T., Mori S., Kajimoto T., Hitsuma G., Sawata S., Mori M., Osumi K., Sakurai S. and Seki T. (2006) Long-term growth analyses of Japanese cedar trees in a plantation: neighborhood competition and persistence of initial growth deviations. Journal of Forest Research 11:217-225.
- 中島廣吉(1993)北海道立木幹材積表.興林会北海道支部叢書第一輯:41pp
- 瀬尾春雄・富岡悦郎・片山雅弘(1965)石狩国南部および胆振国東部(一部)土性調査報告.北海道農業試験場土壤調査報告第15編:242pp+附図
- 鳥田宏行(2009)防風林の防風防雪機能と気象害に関する研究.北海道林業試験場研究報告46:1-51
- 梅木 清(2001)ヨーロッパトウヒ間伐試験地の林分成長と間伐の個体成長・形態に対する影響.北海道林業試験場研究報告38:37-46

## Summary

The effects of thinning on the diameter, stem increment and clear length of individuals were examined in the shelterbelt of a

*Picea abies* plantation in central Hokkaido with a stand age of 25 years. Four plots were established and investigated for 13 years: low-thinned plot (20% in volume, 35% in number), mechanically thinned plot (22% in volume, 31% in number), line-thinned plot (40% in volume, 35% in number) and unthinned plot. The low-thinned and mechanically thinned plots were lightly thinned and line-thinned plot was heavily thinned. The total volume increments in each plots were 17-24m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>, but in tow lightly thinned plots and unthinned plot, small trees died and storm damage was incurred. Conversely, in the heavily thinned plot, slightly more trees died than those in the other plots. Therefore, the net increment of the unthinned plot, line-thinned plot, mechanically thinned and low-thinned thinned plots were 17, 16, 15 and 13 m<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>, respectively.

The heavily thinned plot were maintained a lower clear length than the lightly thinned and unthinned plots. In addition, the crown length was higher in the heavily thinned plot than in the other plots. Therefore, the heavy thinning was effective for increasing wind resistance, and maintaining the stability of the stand, indicating the necessity of heavy or repeat thinning to maintain low density.

**Key words:** *Picea abies*, shelterbelt, thinning, diameter growth, clear length