

さし木苗木と実生苗木を植栽したグイマツ雑種F₁低密度植栽実証林における幼齢期の成長と造林コスト

来田和人*¹・内山和子*¹・市村康裕*¹・黒丸 亮*²

Initial evaluation of tree growth and silvicultural costs in low-density plantations of hybrid larch (*Larix gmelinii* var. *japonica* × *L. kaempferi*) established by seedlings and rooted-cuttings.

Kazuhito KITA, Kazuko UCHIYAMA, Yasuhiro ICHIMURA, and Makoto KUROMARU

要 旨

植栽密度が625本/ha, 1000本/ha, 1333本/haの3段階、苗木がさし木と実生の2種類からなるグイマツ雑種F₁低密度植栽実証林の5年間の成長と林齢6年までに要した造成・保育経費を調べ、低コスト林業に対するさし木苗木低密度植栽の有効性を検討した。さし木苗木の5年生樹高は、実生苗木よりも大きかった。5年生生存率は、実生苗木よりもさし木苗木で低かったが、その差は4%で小さかった。6年生までに要した経費は、1000本/ha以下の低密度植栽では、一般的な植栽密度(1900本/ha)に比べて3~4割少なかった。また低密度植栽では筋状の下刈りを行うことにより、侵入広葉樹の除伐が必要となるが、全面的下刈りを繰り返すより、少ない経費で済むことが明らかとなった。

キーワード：グイマツ雑種F₁, さし木, 低密度植栽, 樹高成長, 造成・保育経費,

はじめに

北海道のカラマツは、1950年代~1960年代にかけて盛んに造林され、現在伐期を迎えている林が多くなっている。また、近年、外材の輸入量が減少していることもあり、カラマツの伐採量が2004、2005年に急増した。一方、森林施業コストが高く森林所有者が将来の収益を期待できないことから、伐採しても造林されない林地が増え、造林未済地の増加が大きな問題となった。さらに、2008年に起った世界同時不況によりカラマツ材の用途の8割を占める梱包・パレット材の需要が減少し、操業停止に追い込まれる製材工場が現れた。このことから、梱包材等の低質材生産から建築用材等の高質材生産への産業構造の変革、それをサポートするための高付加価値材生産を目的としたカラマツ林を低コストで造成する新育林システムの構築が急務となっている(北海道林業再生研究会2009)。

従来のカラマツ育林システムでは、苗木を多めに植栽することで成林の確実性を確保し、欠点のある木や被圧された木を除伐することで、最終的に価値の高い木材を生産するという方法を取ってきた。もし、植栽本数を減らし、途中の除伐

を無くすことができれば、植え付けから主伐までのトータルコストを減らすことができると期待される。

グイマツ雑種F₁(グイマツ (*L. gmelinii* var. *japonica*) × カラマツ (*Larix kaempferi*))は、カラマツの造林樹種としての欠点を補うことを目的で開発され、カラマツに比べて野ネズミの被害や冠雪害に強く高い生存率を示す(高橋ら1966, 畠山・梶1982)。またカラマツに比べて初期成長が早く(大島1986)、幹が通直で(黒丸ら1995, 大島2000, 根井ら2005)材の密度と強度が高い(根井ら2005, Kita et al. in 2009)。これらの特徴は、少ない本数で植栽しても確実に成林することを保証し(高い生存率, 早い初期成長), 成長の過程で形質不良木を淘汰する必要が少ないことから(通直な幹), グイマツ雑種F₁は、建築用材生産(強度が高い材)を目的とした低密度植栽による低コスト林業に適した樹種といえる。しかしながら北海道では、他の林業用樹種を含め事業的な低密度植栽の事例はなく、グイマツ雑種F₁で少数の研究例があるだけである(八坂2000, 山田ら2009)。それらの研究では、低密度植栽で直径成長が早くなり伐期の短縮が期待できる反面、林冠の閉鎖が遅れるとことにより、下枝の枯れ上がりが遅れ径が太くなるため枝打ちが必要になること、林床植生や

* 北海道立林業試験場 079-0198 北海道美唄市光珠内町東山 Hokkaido Forestry Research Institute, Bibai, Hokkaido 079-0198, Japan

**北海道立林業試験場道北支場 098-2805 北海道中川郡中川町字誉300

Dohoku Station of Hokkaido Forestry Research Institute, Nakagawa, Hokkaido 098-2805, Japan

[北海道林業試験場研究報告 第47号 平成22年3月, Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No.47, March 2010]

広葉樹の侵入が多くなりツル切り・除伐の回数が多くなるという欠点が指摘されている。そのため低密度植栽により新たに必要となる施業とそれらに要するコストについて明らかにし、低密度植栽に適した施業体系を確立する必要がある。

北海道立林業試験場と同林産試験場では、グイマツ雑種F₁の開発の過程でグイマツ雑種F₁の中でも、成長、幹の通直性、材の強度が優れた家系を選抜し、この家系の種子を生産する採種園を1994年と1996年に造成した。しかし、まだ母樹が小さく、実生苗木では需要を満たす種子量を確保できない状況にあるため(黒丸ら 2003)、当林業試験場が北海道山林種苗協同組合と共同開発した「さし木増殖技術」を民間苗木生産者へ技術移転し、さし木苗木により優良家系の普及を図っている。この方法により1本の実生苗木を7本のさし木苗木に増やすことができる利点があるが、一般的にさし木苗木は、実生苗木に比べて細根が少なく植栽後の活着に心配があること、枝性が出やすく幹がまっすぐ直立しないことが問題として指摘されている。

また北海道におけるさし木苗を用いた造林は、道南地方のヒノキアスナロの事例を除いては皆無で、当场が試験的にさし木苗を植栽した研究事例があるのみである(黒丸・来田 2003)。このため林業関係者はさし木苗木を植栽した経験がなく、使用することに大きな不安がある。

以上のことからグイマツ雑種F₁さし木苗木による低密度植栽造林の安全性を実証するとともに、最適な施業体系を確立することを目的として2002年から2004年にかけて、低密度植栽実証林を造成した。本報告は、1)さし木苗木と実生苗木の幼齢期における生残、成長過程の比較からさし木苗木造林

の安全性を検証すること、2)低密度植栽で必要とされる幼齢期の施業とそれに要するコストを明らかにすることを目的とする。

材料と方法

実証林の概要

2002年から2004年にかけて、津別町、士別市、由仁町、美幌町、忠類村(現幕別町)の道有林内にグイマツ雑種F₁低密度植栽実証林を造成した(図-1)。5か所に共通した試験設計は、植栽苗木はさし木苗木と実生苗木の2種類で、それぞれの苗木の植栽密度を625本/ha、1000本/ha、1333本/haの3段階とした(表-1)。それぞれの処理の反復数は2で、一つの実証林は合計12のプロットからなっている。植栽苗木の苗間間は、625本/ha区が4m×4m、1000本/ha区が4m×2.5m、1333本/ha区が3m×2.5mである。ただし、由仁実証林では等高線と平行に4m間隔で筋刈り地拵えを行ったため、すべての密度区で列間を4mとし、苗間を替えることで植栽密度を調整した(625本/ha区:4m×4m、1000本/ha区:4m×2.5m、1333本/ha区:4m×1.9m)。

津別実証林(網走東部森づくりセンター101林班41-43小班)は42年生カラマツ単層林の皆伐跡地に2002年5月に造成した。1プロット当たりの面積は0.4ha、実証林全体の面積は4.8haである(表-1)。苗木を植えやすくする整地作業の地拵えは筋刈り(刈り幅1.5m)で、植栽後の下刈りは1反復目が全刈り、2反復目が筋刈り(刈り幅1.5m)で、林齢4年まで実施した(表-2)。筋刈りで林床植生が刈られずに残ったところ(おき幅)にはシラカンバ、ミズナラ等の広葉樹の侵



図-1 グイマツ雑種F₁低密度植栽実証林の位置図

表－１ 実証林の概要

実証林	面積(ha)	造成年	植栽苗木	系統	植栽密度(本/ha)	
津別	4.80	2002	さし木	事業用	625, 1000, 1333	
			実生	事業用	625, 1000, 1333	
			試験区外 対照区 ^{a)}	実生	事業用	1900
士別	3.60	2003	さし木	事業用	625, 1000, 1333	
			実生	優良家系	625, 1000, 1333	
由仁	2.19	2004	さし木	優良家系	625, 1000, 1333	
			実生	優良家系	625, 1000, 1333	
美幌	2.40	2004	さし木	優良家系	625, 1000, 1333	
			実生	優良家系	625, 1000, 1333	
忠類	2.40	2004	さし木	優良家系	625, 1000, 1333	
			実生	優良家系	625, 1000, 1333	
			試験区外 対照区	実生	事業用	1750

^{a)}津別実証林の対照区では、経費のみを対象とし、樹高と生存率を調査していない。

表－２ 実証林の造成から林齢6年までの施業内容

実証林	反復	施業内容			
		地拵え	下刈り	殺鼠剤散布	侵入広葉樹の除伐
津別	1	筋刈り	1～4年目・全刈り2回	1～4年目・地上1回 5年目・空中2回	－
	2	筋刈り	1～4年目・筋刈り2回	〃	2反復目のみ・6年目
	対照区	筋刈り	〃	〃	－
士別	1	ブラッシュカッター 枝状粉碎	1年目・全刈り1回 2～4年目・全刈り2回 5年目・全刈り1回	1～5年目・地上1回	－
	2	ブルドーザー全押し	1年目・全刈り1回 2,3年目・全刈り2回 4年目・全刈り1回	1～4年目・地上1回	－
由仁	1,2	筋刈り	1～3年目・筋刈り1回	1～4,6年目・地上1回	6年目
美幌	1,2	ブルドーザー全押し	1,3,4年目・全刈り1回 2年目・全刈り2回	1,2年目・地上1回 3年目・空中2回 4年目・空中1回	－
忠類	1,2,対照区	全刈り	1～4年目・全刈り1回	1～5年目・空中1回	－

入、または根株からの萌芽更新が多く見られ、6年生時に広葉樹の徐伐を実施した。殺鼠剤散布は林齢5年まで実施した。

士別実証林（上川北部森づくりセンター311林班87小班）は75年生トドマツ単層林の皆伐跡地に2003年5月に造成した。1プロット当たりの面積は0.3ha、実証林全体の面積は3.6haである(表－1)。地拵えは1反復目がブラッシュカッターTRH-100（カナダ、デニス・シマフ社）、2反復目がブルドーザーにより行った(表－2)。ブラッシュカッターTRH-100は、クローラタイプの油圧ショベルに装着され、数枚の歯が

高速に回転することで枝条を粉碎し地拵えを行う。2反復目の一部で傾斜がきつくブルドーザーが入ることができなかったところは、肩掛け式刈払い機による地拵えを実施した。ブラッシュカッター地拵えのほうで林床植生の繁茂が旺盛で1反復目の下刈（全刈り）期間が1年長く5年間で、2反復目は4年間行った。殺鼠剤散布も同様で1反復目が5年間、2反復目が4年間行った

由仁実証林（胆振森づくりセンター119林班60小班）はホオノキ、ハルニレなどの広葉樹が上層まで侵入した70年生ト

ドマツ林の皆伐跡地に2004年5月に造成した。1プロット当たりの平均面積は0.18ha、実証林全体の面積は2.19haである(表-1)。地拵えおよび植栽後の下刈りは刈り幅1.5m、おき幅2.5mの筋刈りで、下刈りは林齢3年まで実施した(表-2)。おき幅にシラカンバ等の広葉樹の侵入が激しく、今後、植栽木の成長を妨げると予想されたので6年生時に侵入広葉樹の徐伐を実施した。殺鼠剤散布は5年生を除き林齢6年まで実施した。

美幌実証林(網走東部森づくりセンター94林班41-43小班)は31年生カラマツ単層林の皆伐跡地に2004年5月に造成した。1プロット当たりの面積は0.2ha、実証林全体の面積は2.4haである(表-1)。地拵えはブルドーザーによる全押しである(表-2)。植栽後の下刈りは全刈りで、林齢4年まで実施した。殺鼠剤散布は林齢4年まで実施した。

忠類実証林(十勝森づくりセンター249林班53小班)は46年生カラマツ単層林の皆伐跡地に2004年5月に造成した。1プロット当たりの面積は0.2ha、実証林全体の面積は2.4haである(表-1)。また、実証林の周囲に十勝森づくりセンターが通常用いている密度1750本/haでグイマツ雑種F₁実生苗木を植栽しており、そこを対照区として調査した。地拵えおよび植栽後の下刈りは全刈りで、下刈りは林齢4年まで実施した(表-2)。殺鼠剤散布は林齢5年まで実施した。

植栽した苗木は、津別実証林のさし木、実生、士別実証林のさし木、忠類実証林対照区の実生苗木が一般造林用に生産されているグイマツ雑種F₁と同じ系統(以下、「事業用」という)で(表-1)、民間苗木生産者が育苗した。それ以外の苗木は、グイマツ精英樹の中標津3号(スーパーF₁の母樹)または中標津5号(クリーンラーチの母樹)を母樹とする苗木で、北海道立林業試験場の苗圃(美幌市)で育苗した。植栽した苗木の大きさをさし木と実生を比べた場合、さし木が大きく、優良家系と事業用を比べた場合、優良家系が大きかった(表-3)。

成長量と造成・保育経費の調査

植栽後の成長量調査は、1, 2, 3, 5年生の成長が終了した秋に実施した。美幌、忠類、由仁実証林では全木を対象に樹高を測定した。津別、士別実証林では、各プロットの半分の面積を対象に樹高の全木調査を実施した。1年生時の調査では植栽時の苗木の樹高も合わせて測定した。また、枯死原因が推定できる枯死木については枯死原因を記録し、ナラタケ、獣害、雪害、誤伐、その他の5区分に分けて集計した。「獣害」には、ネズミの食害、シカの食害・角こすり、ウサギの食害が含まれている。枯死原因が不明の個体は「その他」に分類した。林床植生による被圧や植栽後1, 2年の間に発生する活着不良は原因を特定することが難しく、これらの枯死個体は、「その他」に含めた。

造成・保育経費は、森づくりセンターが実証林の造成、保育を行うに当たって実証林の植栽密度処理区毎に積算した請負事業費を用いた。積算した造成・保育経費の項目は、地拵え経費、苗木代、植栽経費、下刈り経費、殺鼠剤散布経費の5つである。士別実証林の地拵えに使ったブラッシュカッターは試験的に使用されている機械で、道有林に積算根拠がないため、ブラッシュカッター地拵え経費はブルドーザー地拵えの値を用いた。また、津別実証林では、隣接する小班に植栽密度1900本/haで同時期に植栽したグイマツ雑種F₁林を対照区として経費を算出した(表-1, 2)。

統計解析

5年生樹高について全実証林を対象とした分散分析と個々の実証林を対象にした分散分析を行った。前者では、実証林、実証林内反復、苗木、密度、実証林と苗木の交互作用、実証林と密度の交互作用、苗木と密度の交互作用、実証林、苗木、密度の交互作用を要因とした。また実証林内反復を変量、その他の要因を母数として解析した。後者では、反復、苗木、密度、苗木と密度の交互作用、を要因とし、反復を変量、その他の要因を母数とした。

表-3 植栽した苗木の平均苗長と標準偏差

植栽年	苗木の種類	系統	植栽場所	平均苗長±標準偏差(cm)
2002	さし木	事業用	津別	60.2±13.1
	実生	事業用	津別	51.4±11.2
2003	さし木	事業用	士別	63.4±15.4
	実生	優良家系	士別	75.4±14.3
2004	さし木	優良家系	由仁、美幌、忠類	89.6±21.4
	実生	優良家系	由仁、美幌、忠類	74.4±18.0
		事業用	忠類(対照区)	45.6±6.0

表-4 全実証林を対象とした5年生樹高の分散分析結果

要因	自由度	平均平方	F値	危険率
実証林	4	3086411	5.4	0.046
実証林内反復	5	569363	63.4	<0.001
苗木	1	281302	31.3	<0.001
植栽密度	2	169843	18.9	<0.001
実証林×苗木	4	132987	14.8	<0.001
実証林×植栽密度	8	215665	24.0	<0.001
苗木×植栽密度	2	46066	5.1	0.006
実証林×苗木×植栽密度	8	54257	6.0	<0.001
誤差	8527	8978		

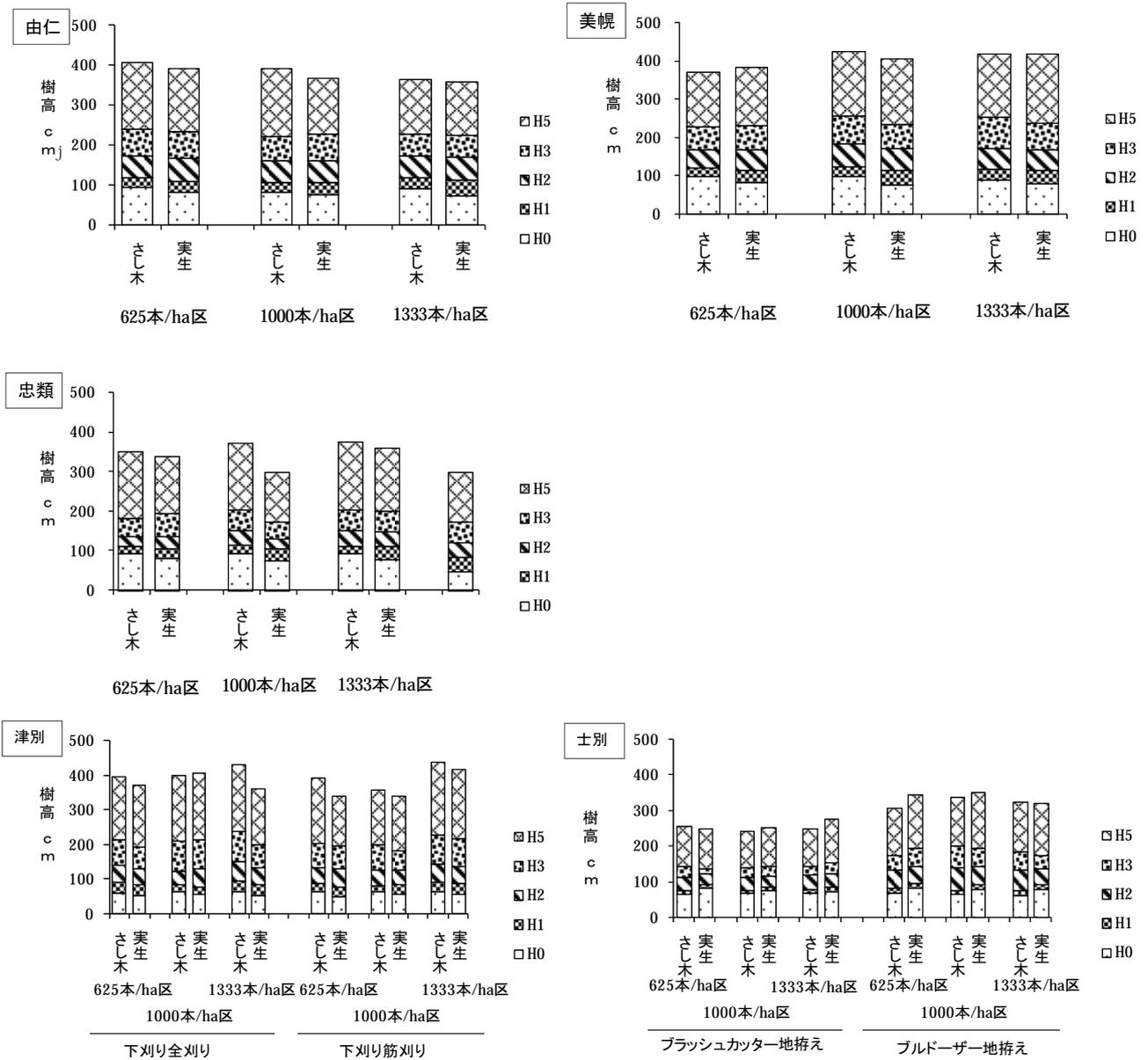


図-2 実証林毎に示した苗木・密度別樹高

H0, H1, H2, H3, H5はそれぞれ植栽時, 1年生, 2年生, 3年生, 5年生の樹高を表す。

表-5 各実証林の5年生樹高の分散分析結果

実証林	要因	自由度	平均平方	F値	危険率
由仁	反復	1	105945	9.6	0.002
	苗木	1	102147	9.2	0.002
	植栽密度	2	199188	18.0	<0.001
	実証林×苗木	2	16084	1.5	0.234
	誤差	1745	11077		
美幌	反復	1	3734	0.3	0.594
	苗木	1	2032	0.2	0.694
	植栽密度	2	191617	14.6	<0.001
	実証林×苗木	2	32070	2.4	0.087
	誤差	1637	13127		
忠類	反復	1	272	0.0	0.867
	苗木	1	295404	30.7	<0.001
	植栽密度	2	153930	16.0	<0.001
	実証林×苗木	2	139384	14.5	<0.001
	誤差	1440	9611		
津別	反復	1	72166	11.0	<0.001
	苗木	1	266156	40.6	<0.001
	植栽密度	2	475266	72.4	<0.001
	実証林×苗木	2	57763	8.8	<0.001
	誤差	1880	6561		
士別	反復	1	2664699	508.6	<0.001
	苗木	1	90671	17.3	<0.001
	植栽密度	2	15302	2.9	0.054
	実証林×苗木	2	2572	0.5	0.612
	誤差	1825	5239		

次に全実証林を対象に3年生時と5年生時の生存率と3年生～5年生の2年間の枯死率の分散分析を行った。プロットごとの生存率を用いて、実証林、苗木、密度、実証林と苗木の交互作用、実証林と密度の交互作用、苗木と密度の交互作用、実証林、苗木、密度の交互作用を要因とする分散分析を実施した。解析には統計処理パッケージSAS(ver.9.1)を使用した。また生存率、枯死率のデータは、正規性を保つために逆正弦変換を行い分散分析を実施した。

結果

苗木と植栽密度別の樹高成長

5年生樹高を対象にした分散分析によると、5年生樹高には実証林間 (F=5.4, p=0.046), 苗木間 (さし木vs 実生, F=31.3, p<0.001), 植栽密度間 (F=18.9, p<0.001) に有意な違いがあった(表-4)。そこで以下に実証林毎に苗木・植栽密度別樹高

を比較した。

由仁実証林の5年生樹高は低密度植栽のほうが大きく(ANOVA; F=18.0, p<0.001), さし木が625本/ha区, 1000本/ha区, 1333本/ha区でそれぞれ, 405±111cm, 389±118cm, 361±116cm, 実生が625本/ha区, 1000本/ha区, 1333本/ha区でそれぞれ, 390±128cm, 364±86cm, 355±92cmであった(表-5, 図-2)。同一密度区で比べた場合, 実生よりもさし木が大きかった(ANOVA; F=9.2, p=0.002)。

美幌実証林の5年生樹高は, 由仁実証林とは異なり625本/ha区で小さく(ANOVA; F=14.6, p<0.001), さし木が625本/ha区, 1000本/ha区, 1333本/ha区でそれぞれ, 370±115cm, 423±120cm, 416±130cm, 実生が625本/ha区, 1000本/ha区, 1333本/ha区でそれぞれ, 382±116cm, 403±103cm, 417±100cmであった(表-5, 図-2)。さし木と実生の5年生樹高に違いはなかった(ANOVA; F=0.2, p=0.694)。

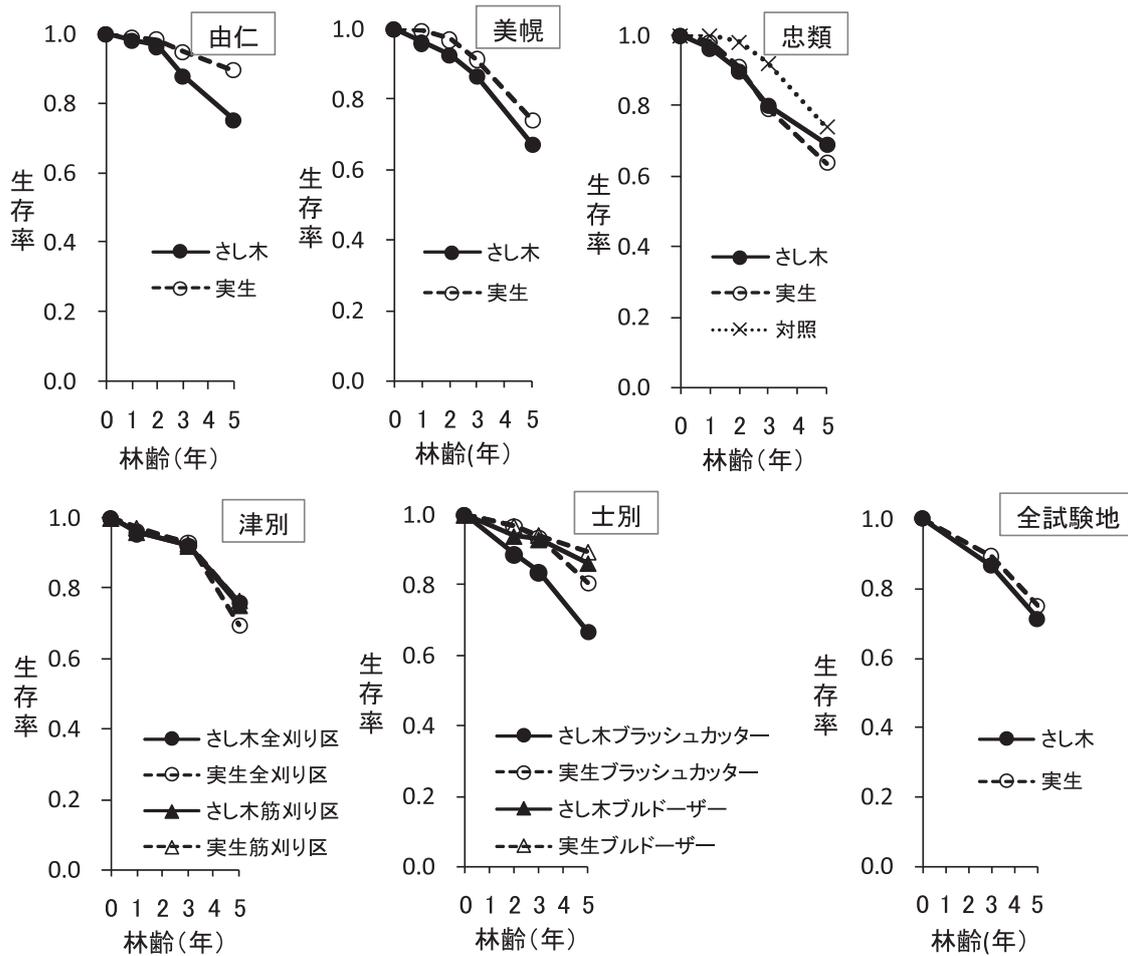


図-3 実証林每および全検定林を平均した苗木別生存率の推移

忠類実証林の5年生樹高は植栽密度間で有意な違いが認められたが (ANOVA; $F=16.0, p<0.001$), 植栽密度の多少による一定の傾向はなく、さし木が625本/ha区, 1000本/ha区, 1333本/ha区でそれぞれ, 349 ± 91 cm, 371 ± 108 cm, 373 ± 97 cm。実生が625本/ha区, 1000本/ha区, 1333本/ha区でそれぞれ, 336 ± 111 cm, 297 ± 85 cm, 358 ± 95 cmであった (表-5, 図-2)。また同一密度区で比べた場合、実生よりもさし木が大きかった (ANOVA; $F=30.7, p<0.001$)。対照区に植栽した事業用実生苗木の5年生樹高は 296 ± 82 cmであり、優良家系のほうが大きかった。

津別実証林の5年生樹高は、施業方法 (反復) と苗木による違いが認められたが (それぞれANOVA; $F=11.0, p<0.001$, ANOVA; $F=40.6, p<0.001$)、下刈りが全刈りの場合、さし木と実生がそれぞれ 407 ± 72 cm, 383 ± 80 cm, 筋刈りの場合、さし木と実生がそれぞれ 408 ± 82 cm, 375 ± 96 cmで、施業方法よりも苗木による違いの方が大きかった (表-5, 図-2)。また5年生樹高には植栽密度による違いも認められたが

(ANOVA; $F=72.4, p<0.001$)、植栽密度の多少による一定の傾向はなかった。

士別実証林の5年生樹高は、施業方法 (反復) (ANOVA; $F=508.6, p<0.001$) と苗木 (ANOVA; $F=17.3, p<0.001$) による違いが認められ、ブラッシュカッター地拵えを行った箇所のさし木と実生がそれぞれ 244 ± 75 cm, 260 ± 73 cm, ブルドーザー地拵えを行った箇所のさし木と実生がそれぞれ 323 ± 69 cm, 336 ± 73 cmで、地拵え方法で大きな違いがあった (表-5, 図-2)。5年生樹高には植栽密度による有意な違いはなかった (ANOVA; $F=2.92, p=0.054$)。

なお、さし木でしばしば問題とされる枝性を示した個体は、すべての実証林で観察されなかった。

生存率の推移と枯死要因

全実証林を対象とした生存率の分散分析結果では、3年生生存率には植栽密度間に違いはなかったが (ANOVA; $F=0.73, p=0.491$)、苗木間に違いがあり (ANOVA; $F=12.03, p=0.002$),

表－6 全実証林を対象とした3年生生存率の分散分析結果

要因	自由度	平均平方	F値	危険率
実証林	4	0.0900	19.77	<.0001
苗木	1	0.0547	12.03	0.002
植栽密度	2	0.0033	0.73	0.491
実証林×苗木	4	0.0091	2.00	0.119
実証林×植栽密度	8	0.0132	2.91	0.016
苗木×植栽密度	2	0.0015	0.33	0.720
実証林×苗木×植栽密度	8	0.0057	1.24	0.309
誤差	30	0.0046		

表－7 全実証林を対象とした5年生生存率の分散分析結果

要因	自由度	平均平方	F値	危険率
実証林	4	0.0903	7.35	<.0001
苗木	1	0.0702	5.72	0.024
植栽密度	2	0.0189	1.54	0.231
実証林×苗木	4	0.0204	1.66	0.187
実証林×植栽密度	8	0.0065	0.53	0.823
苗木×植栽密度	2	0.0089	0.73	0.492
実証林×苗木×植栽密度	8	0.0064	0.52	0.830
誤差	29	0.0123		

表－8 全実証林を対象とした3年生～5年生の枯死率の分散分析結果

要因	自由度	平均平方	F値	危険率
実証林	4	0.0525	5.27	0.003
苗木	1	0.0190	1.91	0.178
植栽密度	2	0.0149	1.49	0.242
実証林×苗木	4	0.0113	1.14	0.358
実証林×植栽密度	8	0.0046	0.47	0.870
苗木×植栽密度	2	0.0065	0.65	0.529
実証林×苗木×植栽密度	8	0.0072	0.73	0.668
誤差	29	0.0100		

(表－6), 苗木別平均生存率は, さし木が0.86, 実生が0.89であった(図－3)。5年生生存率も同様で植栽密度間に違いはなかったが(ANOVA; F=1.54, p=0.231), 苗木間に違いがあり(ANOVA; F=5.72, p=0.024), (表－7), 苗木別平均生存率は, さし木が0.71, 実生が0.75であった。しかし, 3年生から5年生の2年間の枯死率には苗木間に違いが認められず(ANOVA; F=1.91, p=0.178)(表－8), 忠類実証林と津別実証林の反復1ではさし木より実生の生存率が低かった。

施業方法が実証林内の反復で異なる津別実証林と士別実証林で, 施業方法による5年生生存率の違いをみると, 津別実証林では施業方法による明瞭な傾向はなく, 下刈りが全刈りの場合, さし木が0.76, 実生が0.70, 下刈りが筋刈りの場合, さし木が0.75, 実生が0.76であった(図－3)。一方, 士別実

証林の5年生生存率は, ブルドーザー地拵えのさし木と実生がそれぞれ0.86と0.89であったのに対してブラッシュカッター地拵えのさし木と実生がそれぞれ0.67と0.81であり, ブラッシュカッター地拵えで低かった。

由仁実証林では, ネズミの食害による獣害が主要な枯死要因であった(図－4)。獣害枯死本数は実生よりもさし木が多くなっていたが, さし木を植栽した2つのプロットの獣害枯死本数が, 29本と40本で, 由仁実証林内の他のプロット(さし木6本～14本/プロット, 実生2本～10本/プロット)に比べて突出して多く, 場所の影響も示唆された。美幌実証林, 忠類実証林, 津別実証林, 士別実証林では, ナラタケが主要な枯死原因で, 3年目～5年目に枯死木が増加した。ナラタケ枯死本数にはさし木と実生による顕著な違いは見られなかつ

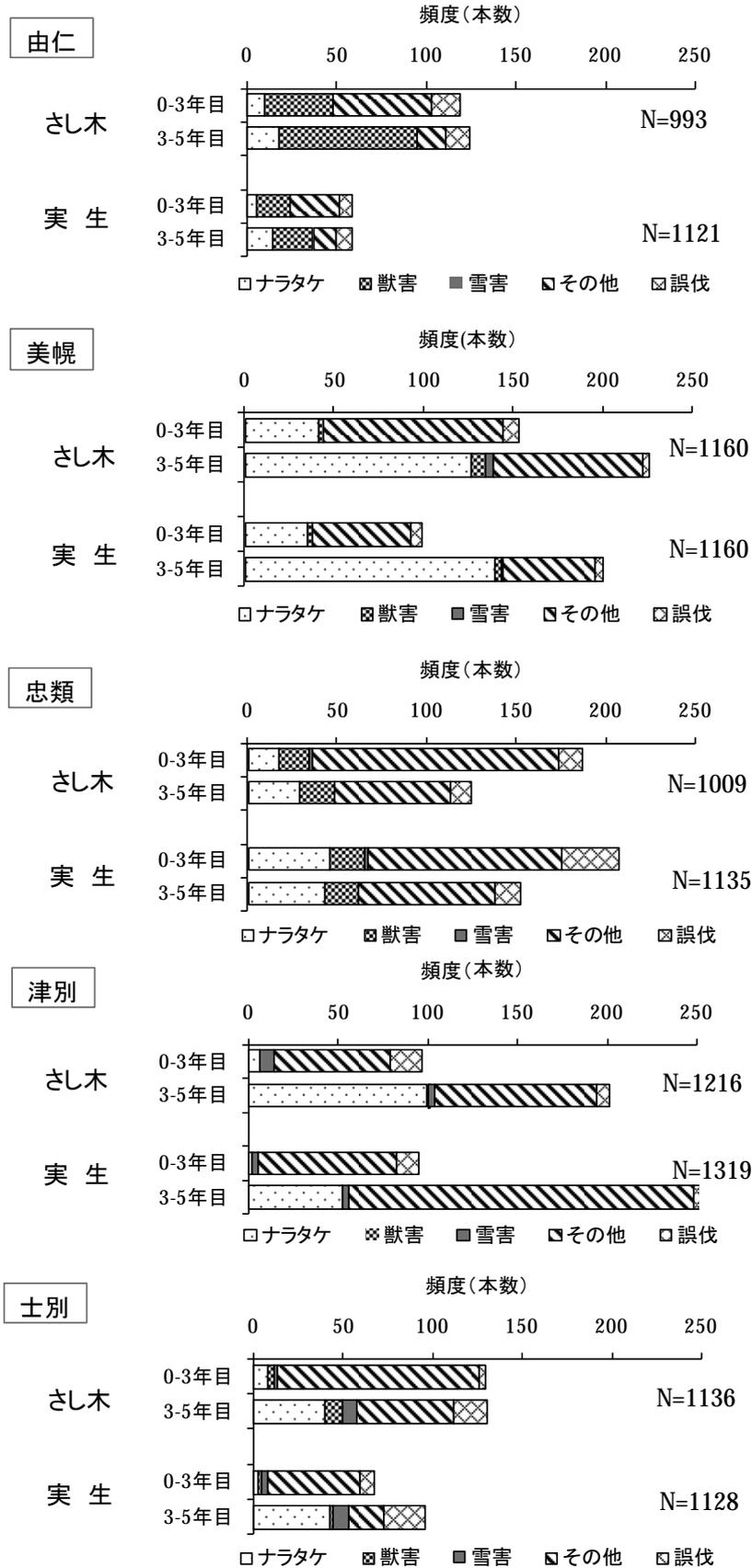


図-4 実証林毎に示した0～3年生と3～5年年生の苗木別死亡要因
Nは植栽本数で生存率の母数。

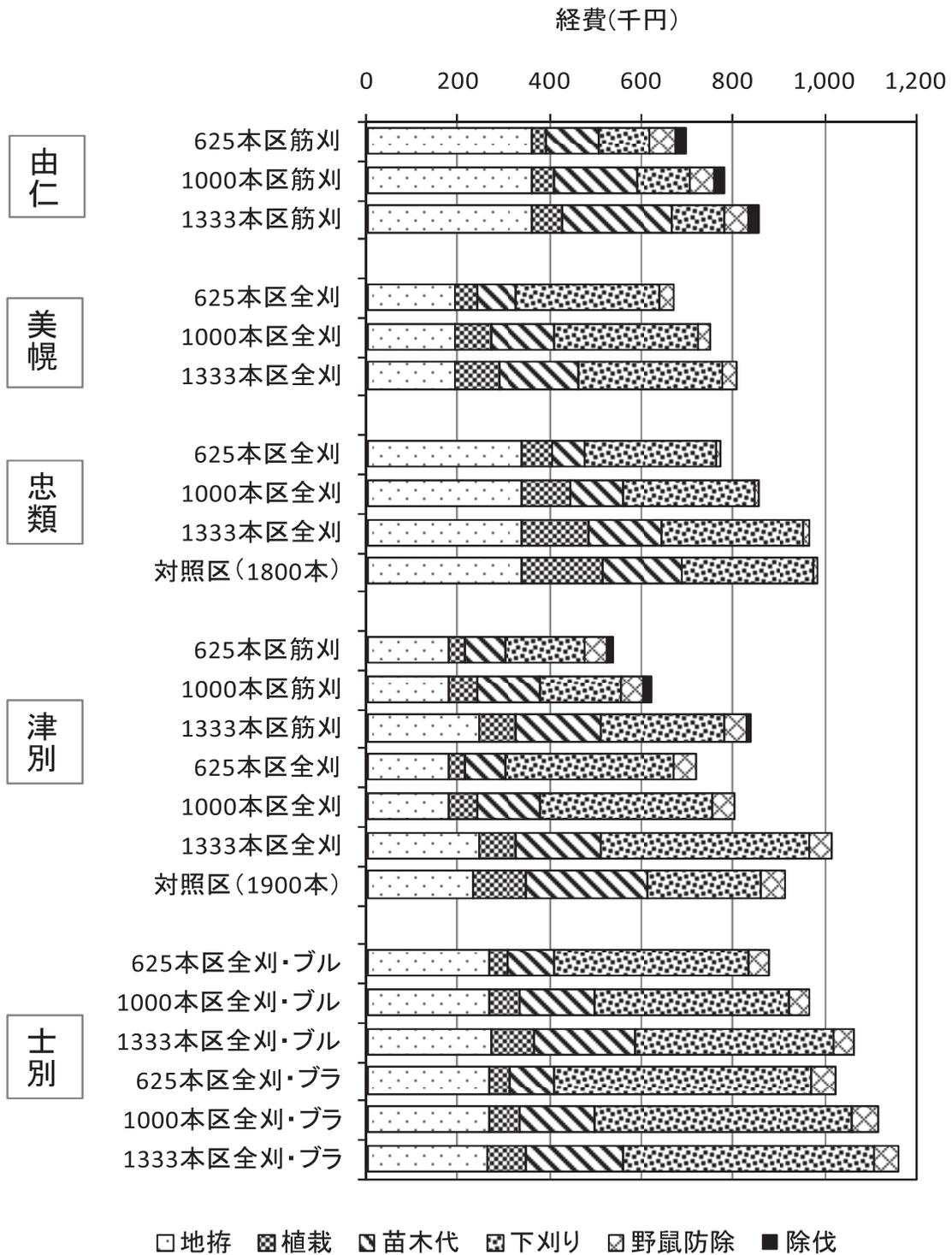


図-5 実証林毎に示した造成から6年生までに要した植栽密度別経費
 筋刈, 全刈はそれぞれ下刈り方法が筋刈り, 全刈りであることを示す。
 ブル, ブラはそれぞれ地拵えにブルドーザー, ブラッシュカッターを用いたことを示す。

た。植栽後の活着不良が含まれると考えられる3年生までの枯死原因「その他」の本数は、由仁実証林、美幌実証林、士別実証林において実生よりさし木が多くなっていた。

植栽密度・施業方法別の造成・保育経費

下刈りが全刈りの箇所（津別実証林の1反復目、美幌実証林、忠類実証林、士別実証林）では、ha当たりの平均造成・保育経費は625本区が平均813千円/ha（最小670千円/ha－最大1,025千円/ha）、1000本区が平均899千円/ha（最小751千円/ha－最大1,117千円/ha）、1333本区が平均1,002千円/ha（最小805千円/ha－最大1,160千円/ha）であり、1333本区に対して625本区が18.9%、1000本区が10.3%減少した（図－5）。これは、植栽本数が減少したことにより植栽経費と苗木代が減少したことが要因となっている。対照区のある忠類実証林内で比較すると、造成・保育経費は、対照区に対して625本区が21.5%、1000本区が13.1%、1333本区が1.9%減少した。士別実証林では伐採時の残材や岩塊があったため、ブルドーザー地拵えよりもブラッシュカッター地拵えで多くの林床植生が残り、苗木植栽後の林床植生の成長が旺盛であった。そのためブルドーザー地拵えを行った箇所の下刈りが4年であったのに対してブラッシュカッター地拵えを行ったところでは5年であり、その結果、造成・保育経費が増加した。

津別実証林の下刈りを筋刈りで行った箇所の造成・保育経費は、625本区が540千円/ha、1000本区が620千円/ha、1333本区が840千円/haであり、1333本区に対して625本区が35.8%、1000本区が26.3%減少した（図－5）。また対照区（1900本/ha植栽）に対して625本区が41.1%、1000本区が32.7%、1333本区が8.2%減少し、全刈り下刈りに比べて植栽密度の減少に対する経費の削減効果が大きかった。これは全刈りの下刈り経費は625本区、1000本区それぞれで367千円/ha、375千円/haであったのに対して筋刈りの下刈り経費が625本区、1000本区それぞれで174千円/ha、178千円/haと半分以下になったことが大きな要因であった。下刈りを筋刈りで行った場合、全刈りでは必要のない広葉樹の除伐を6年生時に行った。しかし、除伐経費は625本区が15千円/ha、1000本区が14千円/haであり全刈りと筋刈りの下刈り経費の差よりはるかに少なかった。

由仁実証林の造成・保育経費は625本区が697千円/ha、1000本区が782千円/ha、1333本区が857千円/haであった（図－5）。由仁実証林の下刈りは筋刈りであるが、すべての植栽密度区の列幅が同じであるため、植栽密度の減少に対する経費の削減効果が少なく、1333本区に対する削減幅は625本区が19.8%、1000本区が9.3%であった。由仁実証林でも下刈りが筋刈りであったため6年目に侵入広葉樹の除伐を実施したが、その経費は24千円/haで、全体の経費の2.7～3.4%にすぎなかった。

考 察

本研究では、道内5か所に造成したグイマツ雑種低密度植

栽実証林の5年間の成長と6年間の造成・保育経費から、さし木苗木による低密度植栽林業の有効性について検証した。さし木苗木の生存率は実生苗木に比べて低かったが。その差は3年生で3%、5年生で4%と小さく、3年生～5年生の枯死率に違いはなかった。実用上は許容範囲内と言えそうであるが、さし木で生存率が低かった理由として2つの要因が考えられる。一つ目は植栽時のさし木苗木が実生苗木に比べて大きかったことである（表－3）。大苗は、正常な成長を開始するまでに時間を要し、活着率が悪くなることがある（桜井1998）。さし木苗木は、さし木を行った年の8月に野外の苗畑に植え替えを行い、そのまま越冬し4月下旬に開葉、秋に成苗となる（黒丸・来田 2003）。一方、実生苗木は、4月下旬から5月上旬に床替えを行い、5月中旬に開葉し、その年の秋に成苗になる。このようにさし木苗木は実生苗木に比べて早い時期から成長が始まるのがさし木苗木の苗長が大きくなった要因であると考えられる。さし木の生存率が低かった2つ目の要因としてさし木苗木の根系の発達不良が考えられる。さし木苗木は、乾燥による枯死を防ぐため発根前後に湿潤な環境に置かれるため太い根（いわゆる「ごぼう根」）が数本伸びただけで細根が発達しないことがよくある（黒丸・来田 2003）。そのため、床替え床で根切りを行い細根の発達を促すとともに地上部の樹高成長を抑制することが、植栽後の生存率の低下を防ぐ有効な方法であると考えられる。

3年生～5年生間の主要な枯死要因であるナラタケは、道内のカラマツ造林地において菌糸束が見出せない箇所はほとんどなく、土壤中の菌糸束の大部分は地表下10cmまでのところに分布している（小野1965）。またグイマツ雑種F₁の方がカラマツより被害を受けやすく、その原因の可能性としてグイマツ雑種F₁の方がカラマツより直根が少なく水平根が多いことが指摘されている（黒丸・来田2001）。ナラタケ病被害は、さし木、実生に関係なくグイマツ雑種F₁全体の問題と言えるが、有効な対処方法が確立されていない（太田2006）。カラマツのナラタケ病被害は3～4年生が最も多く、5～6年生では非常に少なくなり、30年生ぐらいの成木はごくまれに罹病する程度である（小野1965）。グイマツ雑種F₁のナラタケ病被害は5年生～10年生にかけて急速に終息する（来田ら未発表データ）。そのことから樹体が大きくなると抵抗力が増すと推察され、健全な苗木を適切な施業で早く大きくすることが、現在提案できる対処方法である。

さし木と実生で遺伝的背景が共通である津別、由仁、美幌、忠類実証で5年生樹高を比べた場合、つまり優良家系同士のさし木と実生、事業用同士のさし木と実生を比べた場合、美幌実証林を除きさし木の方が大きかった。また枝性を示した個体も観察されなかったことからさし木が造林上問題になることはない結論できるであろう。さし木の5年生樹高が実生より大きかった理由としてさし木は植栽時の樹高が大きく、林床植生の被圧を早くに脱したことが考えられる。

低密度植栽にすると苗木本数が減少することから苗木代と植栽経費が減少する。また列間が広がることから地拵えや下刈りを筋状に実施することで、さらに経費を削減できると期待できる。道有林の請負事業費で算出した低密度植栽実証林の造成から6年生までに要した経費は、下刈りを筋状で行った場合、通常の植栽密度(1900本/ha)に比べて625本区で41.1%、1000本区で32.7%減少した。下刈りを全刈りにすると筋刈りより、625本区、1000本区でそれぞれ2割以上増加した。一方、低密度植栽で筋刈りにすると林床植生が刈られないおき幅が広くなり広葉樹が侵入しやすくなり、侵入広葉樹の除伐の必要回数が増加することが懸念される。下刈りを筋状に実施した津別実証林と由仁実証林では、懸念された通り侵入広葉樹の成長が旺盛になり、いずれも6年生で除伐を実施した。しかし除伐に要した経費は、わずか10千円~25千円/ha程度で、筋刈り下刈りと全刈り下刈りの差約200千円/haと比べるとはるかに安上がりである。低密度植栽で侵入広葉樹の除伐の必要性がなくなるのは10年生以降であり(八坂2000)、今後、除伐が何回か必要になる可能性があるが、下刈り方法の違いによる樹高成長の差もわずかであり(津別実証林の1反復目と2反復目)、低密度植栽と筋刈りはグイマツ雑種F₁の低コスト林業を実現する有効な方法であるといえる。ただし、植栽密度によって植栽列の間隔を変え、下刈りを筋刈りで行ったのは津別実証林の1か所だけであり、研究事例を増やしてどのような条件でどれだけのコスト削減効果があるのか詳細に検討する必要がある。またグイマツ雑種F₁がカラマツより野ネズミの食害に強いとはいえ、全く被害を受けないということではないので、野ネズミの発生状況によっては下刈りを全刈りにすべき場合もあると考えられる。

ブルドーザーによる地拵えは表土を剥ぎすぎることがあり、植栽木の成長に悪影響を与えることが心配される。そのため表土を攪乱しないブラッシュカッターによる地拵えを試験的に実施したが、ブルドーザー地拵えに比べて林床植生の成長が旺盛で下刈り年数が増加するとともに樹高が低くなった。これは、林床に岩礫や伐採による残材が多く、十分な地拵えが出来なかったことが原因であり、ブラッシュカッター地拵えは、実施箇所の適否を検討した上で実行する必要があると考えられた。

本研究の結果、グイマツ雑種F₁さし木苗の生存率と樹高成長は、実生苗木と遜色なく、6年生までの施業経費の比較から低密度植栽によりグイマツ雑種F₁林造成の低コスト化を図れることが明らかとなった。グイマツ雑種F₁の需要は、近年高まっているが、毎年安定した量の種子が採取できないことから苗木が不足している状況にある(北海道水産林務部総務課林務企画グループ2009)。さし木することにより1本の実生苗木を7本に増やすことができ、また低密度植栽により同じ苗木本数でも広い面積を造林できることから、さし木苗による低密度植栽は種子不足を解消する方法でもある。現在、

10社の民間苗木生産者がさし木苗木の技術取得、事業生産を始めており、今後さし木苗木の普及が期待されている。また苗木生産者が生産しているさし木苗木は、本研究で用いた中標津3号と中標津5号を母樹とする優良家系のF₁(スーパーF₁とクリーンラーチ)であり、苗木本数の量的な増加だけでなく、遺伝的な質の向上が期待できる(黒丸ら2003)。

低密度植栽では林冠の閉鎖が遅れることにより下枝の枯れ上がりが遅れ、枝が太くなることから(八坂2000)、今後、当実証林では、樹高が10mになった頃に枝打ちを実施し、成長や材質に及ぼす影響とそれに要するコストについて検証する計画である。また、植栽密度毎の間伐適期についても検討することとしており、低コストで付加価値の高い材を生産する施業方法を確立することを目的に今後も調査研究を継続していく。

謝 辞

胆振森づくりセンター、網走東部森づくりセンター、十勝森づくりセンター、上川北部森づくりセンターの森林整備課、普及課、北海道水産林務部森林環境局森林活用課および同道有林課の多くの方々のご指導、ご助言を頂くとともに協力しながら低密度植栽実証林の造成、保育、調査を進めてきた。お世話になった方々は50人以上に上り一人ひとり名前を記載できないが、ここに感謝します。

引用文献

- 畠山末吉・梶 勝次(1982)グイマツとカラマツとの種間雑種の耐野兎と耐風雪性 北海道の林木育種25(1):6-11
- 北海道水産林務部林務局総務課林務企画グループ(2009)平成20年度北海道森林づくり白書. 北海道, 札幌
- 北海道林業再生研究会(2009)北海道林業再生に向けた提言. 北海道水産林務部林務局林業木材課林業木材グループ, 札幌
- Kita Kazuhito, Fujimoto T, Uchiyama K, Kuromaru M, Akutsu H. (2009) Estimated amount of carbon accumulation of hybrid larch in three 31-year-old progeny test plantations. *J.Wood Science* 55: 425-434
- 黒丸 亮・大島紹郎・錦織正智(1995)グイマツ雑種F₁の幹の曲がりに関する等級別本数割合の家系間差 日林北支論 43: 137-139
- 黒丸 亮・来田和人(2001)グイマツ雑種F₁の新品種開発のための幼齡期の評価. 平成12年度(2000年)北海道林業試験場年報: 19-21.
- 黒丸 亮・来田和人(2003)グイマツ雑種F₁の幼苗からのさし木増殖法. 北海道林業試験場研究報告40: 41-63
- 黒丸 亮・大島紹郎・来田和人・内山和子(2003)グイマツ雑種F₁種苗のブランド化を目指した新採種園方式一列状植栽した単一クローン母樹産種子の品質と雑種率一

北海道の林木育種46：5-8

- 根井三貴・藤本高明・安久津久・来田和人 (2005) グイマツ雑種F₁の幹曲りとヤング係数の家系間差 日林北支論 53：12-14
- 小野 馨 (1965) 北海道におけるカラマツ造林地のナラタケ病-地形および土壌環境と発病 林試研報179：1-67
- 大島紹郎 (1986) グイマツ雑種F₁の15年間の生長. 60年道林研論：116-117
- 大島紹郎 (2000) カラマツ類の育種成果とその利用. 北海道カラマツ・トドマツ等人工林材対策協議会季報100：11-29
- 太田祐子 (2006) ナラタケ属菌の分類・系統・生態およびならたけ病の防除. 樹木医学研究 10：3-10
- 桜井尚武 (1998) 人工造林-植え付け. 林業技術ハンドブック：798-824. 全国林業改良普及協会, 東京
- 高橋延清・西口親雄 (1966) 林木の耐鼠性に関する研究 (II) 雑種カラマツ苗に対するエゾヤチネズミの摂食嗜好性. 東大演報：62：173-188
- 山田健四・八坂通泰・大野泰之・中川昌彦 (2009) 低密度植栽後24年間のグイマツ雑種F₁の成長. 日林北支論 57：85-87
- 八坂通泰 (2000) グイマツ雑種F₁の低密度植栽の可能性. 光珠内季報 118：1-4

Summary

In Hokkaido, northern Japan, more and more artificial stands of Japanese larch (*Larix kaempferi*) have been logged lately, because of their maturation and increasing demand for domestic timber due to the recent decrease of imported logs. Reforestation of these stands, however, tends to be delayed, since the relatively high costs for silviculture, such as planting, weeding and thinning, often discourage private land owners from regenerating the stands. To promote the reforestation and maintain the resource of this tree species in the region, silvicultural costs are expected to be lowered.

The F₁ hybrid of Kuril larch (*L. gmelinii* var. *japonica*) and Japanese larch exhibits various superior traits, i.e. rapid growth and high survival rate at the juvenile stage and straight stems. These traits are all desirable for low-density plantation which could contribute to the potential reduction in silvicultural costs of the species. Furthermore, as the rooted-cutting method has been established for propagation of the selected families of the F₁ hybrid with high wood quality, future production of high quality timber are also expected.

To evaluate the growth performances of the F₁ hybrid planted at lower density and assess the costs of this new silvicultural system, we set up five experimental stands in the various regions of Hokkaido during the years between 2002 and 2004. Planting

densities were 625, 1000 and 1333 trees/ha and two kinds of planting stock, i.e. seedlings and rooted-cuttings, were used.

At the age of 5-year-old, trees originated from rooted-cuttings were taller than those from seedlings. Mean survival rates at this stage were 4 % lower in the rooted-cuttings than seedlings. Silvicultural costs for the initial six years, i.e. costs for site preparation, purchase of seedlings/rooted-cuttings, planting, weeding and application of rodenticide, were reduced by 30-40 % in the stands with lower planting density (<1000 trees/ha) as compared with those with regular density (1900 trees/ha). Although the partial weeding by the striped-way allowed some broad-leaved trees to invade into the non-weeded areas, the cost for eliminating these trees were quite low and, consequently, the striped weeding contributed to reduce the total silvicultural cost in the initial stage of stand establishment.

Key words

hybrid larch, rooted cutting, lower planting density, height growth, silvicultural cost