

トドマツ高齡人工林の収穫・更新試験 (I)

径級伐採後 8 年間の残存木の成長

木 幡 靖 夫*

Experiment of yield and regeneration in planted forest of
Abies sachalinensis MAST .

Growth of residual trees during eight years after cutting by diameter class

Yasuo KOHATA*

要 旨

林齡 48 年生のトドマツ高齡人工林において、胸高直径 32 cm 以上、36 cm 以上および 40 cm 以上の立木を対象とした径級伐採を行い、伐採前後の林分構造の変化ならびに伐採後 8 年間の残存木の成長状況を解析した。直径 32 cm 以上を伐採した試験区 (区) では、材積伐採率が 81% となり、皆伐跡地に近い林相を呈するに至った。直径 36 cm 以上を伐採した試験区 (区) では、材積伐採率が 67% となり、一部に大きな裸地が出現したが、区ほど顕著ではなかった。直径 40 cm 以上を伐採した試験区 (区) では、材積伐採率が 44% となり、区や区ほど大きな林相の変化は起こらなかった。伐採後の 8 年間に各区で伐採径級 (I 区 32 cm, 区 36 cm, 区 40 cm) に達した立木は、区は本数 63 本 / ha, 材積 56.2 m^3 / ha, 区は 74 本 / ha, 87.7 m^3 / ha, 区は 81 本 / ha, 115.1 m^3 / ha となり、それらの材積は全体の 50 ~ 70% を占めるようになった。残存木の材積連年成長量は、I 区 3.0 m^3 / ha, 区 5.4 m^3 / ha, 区 6.4 m^3 / ha となり、期首の材積に比例した。また直径成長率は、8 年間の平均で I 区 2.1%, 区 1.9%, 区 1.4% となり、いずれの区でも対照区の成長率を上回った。残存木は林齡 50 年生を超えたにもかかわらず、まだ成長の衰える傾向が認められなかった。

はじめに

トドマツ高齡人工林の収穫・更新方法として、従来の一斉皆伐方式を避け、主伐を数回に分け、利用径級に達した立木から収穫し、植え込みを図りながら複層林へ誘導する方法が検討されている(松井, 1983; 須田, 1987; 田村ほか, 1986)。その理由として、数回に分けて伐採することにより継続的な収穫が確保されること、まだ成長が期待できる細い木は次の伐採まで残しておくこと、更新木を気象害等から保護する上で複層林が有利とされることなどがあげられる。しかし、このような収穫・更新方法に関する研究や施業事例は少なく、伐採に伴う林分構造の変化や残存木および更新木の成長について明らかにしていく必要がある。

本研究では、一斉林として仕立てられたトドマツ人工林を一度に収穫せず、利用径級に達した立木の伐採 (以下、径級伐採という) および植え込みによって多段林へ誘導するための試験を行った。これまでに、

* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forestry Research Institute, Bibai, Hokkaido 079-01

[北海道林業試験場研究報告 第 28 号 平成 2 年 11 月, Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No. 28. November, 1990]

伐採後林分における上木の保残量と林内照度との関係(木幡,1984)や,伐採後4年間の残存木の成長(木幡,1986)について明らかにした。ここでは,径級構成からみた伐採後8年間の林分構造の推移ならびに残存木の成長について解析を行った。なお,更新方法や植え込んだ木の成長等については報以降で述べる予定である。

試験地と試験方法

試験地は,道有林滝川経営区40林班55小班,1934年春植栽のトドマツ人工林である。本林分において,1981年春に胸高直径32cm以上(I区),36cm以上(区)および40cm以上(区)の立木を対象とする3種類の径級伐採区と,無施業の対照区(区)をそれぞれ1ha(100m×100m)の大きさに設定した。残存木には胸高位置にナンバーテープを付け,同じ場所で直径を測定できるようにした。伐採時の林齢は48年生で,4成長期後の1984年秋と8成長期後の1989年春に直径成長ならびに林分構造の推移を調査した。なお,4成長期後と8成長期後の材積成長には設定時の対直径階樹高を使用した。

結果と考察

1 径級伐採による林分構造の変化

伐採前の各林分は,平均直径29~33cm,ha当たり材積270~320 m^3 の範囲にあり,道有林におけるトドマツ人工林収穫表(北海道林務部,1970)のI等地に近い値を示していた。各区の平均単材積は,I区0.840 m^3 ,区0.950 m^3 ,区0.975 m^3 ,区0.723 m^3 であった。このような林分に対し,前述した3通りの径級伐採を実行した結果,材積伐採率は区79.4%,区65.0%,区41.0%となった。さらに,不良蓄積の淘汰を目的として,利用径級に達していない立木を追加伐採したので,最終的な伐採率はI区81.3%,区66.8%,区43.8%となった(表-1)。

表-1 伐採に伴う林分構造の変化

試験区	伐採前			伐採木		伐採後			伐採率	
	本数 (本/ha)	直径 (cm)	材積 (m^3 /ha)	本数 (本/ha)	材積 (m^3 /ha)	本数 (本/ha)	直径 (cm)	材積 (m^3 /ha)	本数 (%)	材積 (%)
区 (32cm上伐採区)	327	31.7	274.6	221 (21)	223.2 (5.1)	106	25.8	51.4	67.6	81.3
区 (36cm上伐採区)	317	33.3	301.0	151 (10)	201.1 (5.5)	166	27.8	99.9	47.6	66.8
区 (40cm上伐採区)	331	33.6	322.7	102 (17)	141.3 (9.0)	229	31.0	181.4	30.8	43.8
区 (対照区)	385	29.4	278.5			385	29.4	278.5		

注)()の数値は,伐採木中に占める追加伐採木の量。伐採率は追加伐採木を含む。

直径32cm以上の立木を伐採したI区では,材積が274.6 m^3 /haから51.4 m^3 /haまで大きく減少した。図-1は,伐採後林分で作成した残存木の樹冠投影図である。この図からも明らかのように,I区内には最大で約0.06haの裸地が発生し,全体として皆伐跡地に近い林相を呈するに至った。

直径36cm以上の立木を伐採した区では,伐採前の材積が約1/3に減少し99.9 m^3 /haとなった。これに伴い一部に大きな裸地が出現したが,区ほど顕著な林相の変化はみられなかった。

一方,直径40cm以上の立木を伐採した区では,伐採率が区の半分程度となり,181.4 m^3 /haの材積を残すことができた。ここでは,区や区でみられたような著しい林相の変化は認められず,発生した裸地も比較的小さいものとなった。

伐採後、各区において上木の保残量と林内照度との関係を調べた結果、相対照度の平均値は 区 68.2%、区 48.0%、区 30.3%、区 6.3%となり、伐採の強さに比例して相対照度が増大していることがわかった(木幡, 1984)。

田村ら(1986)は、59年生のトドマツ人工林で直径32cm以上の立木を対象とする径級伐採を行い、伐採前の本数382本/ha、材積272m³/haが伐採後は226本/ha、98m³/haに低下したこと、このときの材積伐採率は64%、伐採後林分の相対照度は60%となったことを報告している。この事例では、伐採前林分の材積が本研究のI区とほぼ等しいが、伐採率は17ポイントほど低いものとなっている。また、須田(1987)は54年生のトドマツ人工林で直径36cm以上の立木と一部の形質不良木を対象とする径級伐採を行い、伐採前の本数338本/ha、材積273.7m³/haが伐採後は240本/ha、150.6m³/haに低下したこと、このときの材積伐採率は45%であったことを報告している。この事例を本研究の区と比較してみると、伐採率は20ポイント低い。このように、地位、林齢あるいは間伐などの施業歴により林分構造、特に林分密度が異なるため、同一基準の径級伐採を実施しても伐採率は一定とならない。

2 8年間の林分構造の推移

伐採後8年間の林分構造の推移を表-2に示した。この8年間に平均直径は区で25.8cmから30.5cmへ、区で27.8cmから32.5cmへ、区で31.0cmから34.7cmへ、ならびに対照区の区では29.4cmから33.1cmへ増大した。平均直径の増加量を、1981年から1984年の前半4年間(以下、前半4年間と

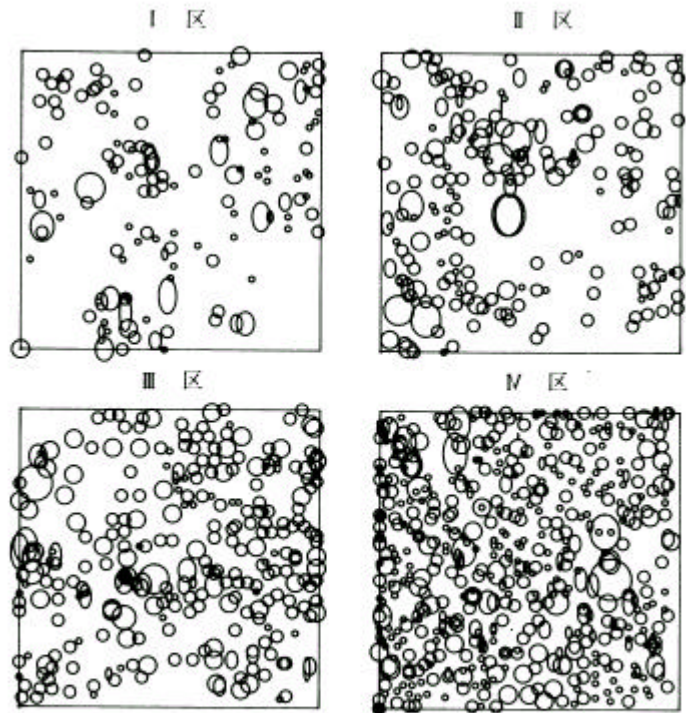


図-1 伐採後林分の樹冠投影

注) 各区とも大きさは1ha(100m×100m)。樹冠半径(4方向)の測定結果から、針葉樹は円形、広葉樹は楕円として樹冠モデルを描いた。

表-2 伐採後8年間の林分構造の推移

試験区	1981(林齢48)年			1984(林齢51)年			1988(林齢54)年		
	本数 (本/ha)	直径 (cm)	材積 (m ³ /ha)	本数 (本/ha)	直径 (cm)	材積 (m ³ /ha)	本数 (本/ha)	直径 (cm)	材積 (m ³ /ha)
区	106	25.8	51.4	103	27.4	58.1	106	30.5	76.9
区	166	27.8	99.9	163	29.9	115.4	164	32.5	143.5
区	229	31.0	181.4	226	32.7	201.9	226	34.7	233.4
区	385	29.4	278.5	383	31.3	319.7	375	33.1	355.9

注) 区では1981年から1984年の間に3本の風倒木が発生し、1985年から1988年の間に1本が進階した。
 区では1981年から1984年の間に3本が枯損し、1985年から1988年の間に1本が進階した。
 区では1981年から1984年の間に3本が枯損した。
 区では1981年から1984年の間に5本が枯損し、2本が進階した。また1985年から1988年の間に8本の枯損が発生した。

いう)と、1984年から1988年までの後半4年間(以下、後半4年間という)に分けて調べたところ、区以外はいずれの区でも後半4年間の増加量が前半4年間を上回った。特に伐採率の最も高かった区では2倍近い増加量となっていた。これらのことは、径級伐採により上木や優勢木が取り除かれ、残存木の成長環境が改善された結果であると考えられる。また材積の増加についてみると、1981年の期首材積を100とした場合の指数は、I区150、II区144、III区129、IV区128となり、伐採率の高い

表-3 期首直径と期末直径との順位相関

試験区	順位相関係数		
	1981年-1984年	1985年-1988年	1981年-1988年
I区	0.9839**	0.9564**	0.9196**
II区	0.9880**	0.9791**	0.9552**
III区	0.9846**	0.9777**	0.9417**
IV区	0.9954**	0.9962**	0.9906**

注) スピアマンの順位相関係数を用いた。

**は1%レベルでの有意を示す。

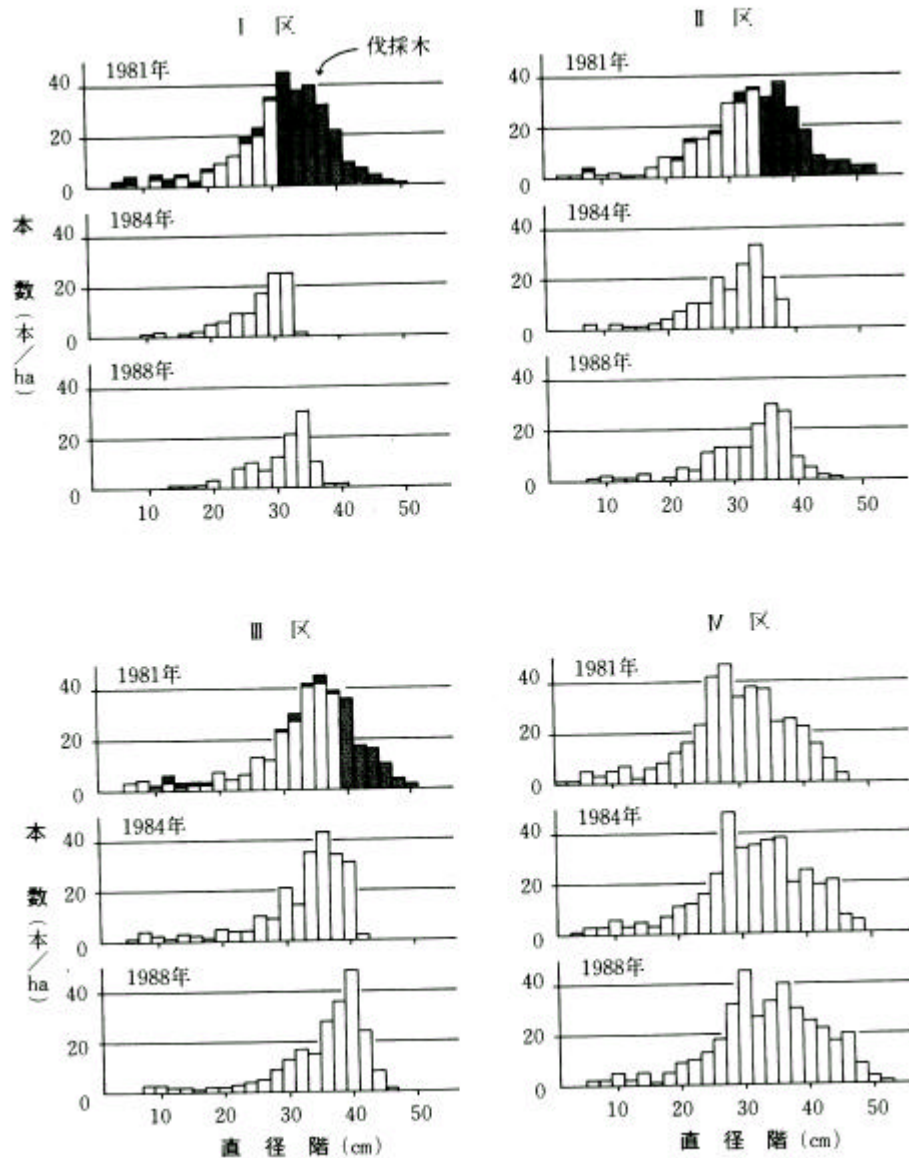


図-2 直径階別の本数構成

区ほど材積増加率が高いことがわかった。

径級伐採後、各区において直径順位の変動が起こったかを順位相関分析によって調べた(表-3)。伐採を行わなかった区では、0.99という極めて高い相関係数が得られ、直径順位の変動はほとんど起こらなかった。またI区、区および区においても、前半4年間では相関係数が0.98以上で順位の入替わりは少なかったが、後半4年間では直径成長の増大につれて相関係数はいくぶん低下した。この傾向は区において顕著であった。

図-2は径級伐採前後の1981年、4成長期後の1984年ならびに8成長期後の1988年の3時点について直径階別の本数構成を示したものである。この図から明らかなように、1984年には各区でそれぞれの利用径級を超える立木が出現している。その量は、I区で本数26本/ha(全本数の25.2%)、材積15.0m³/ha(全材積の25.8%)、以下同様に区31本/ha(19.0%)、32.9m³/ha(28.5%)、区33本(14.6%)、44.2m³/ha(21.9%)となった。1988年になるとその量はさらに増え、区63本(59.4%)、56.2m³/ha(73.1%)、区74本(45.1%)、87.7m³/ha(61.1%)、区81本(35.8%)、115.1m³/ha(49.3%)となり、利用径級に達した立木の材積が全体の50~70%を占めるようになってきた。

なお、対照区の区では、直径階別の本数構成が幅の広い一山型の分布型を示している。1988年時点において、直径階32cm以上に含まれる立木の量は本数226本/ha(全本数の60.3%)、材積286.9m³/ha(全材積の80.6%)、同様に36cm以上では166本/ha(44.3%)、235.7m³/ha(66.2%)、さらに40cm以上では96本/ha(25.6%)、158.4m³/ha(44.5%)となっている。

3 残存木の成長状況

伐採後8年間の残存木の材積成長状況を表-4に示した。1981年から1988年までの8年間にI区で3本(材積1.5m³)の風倒木が発生した。また枯損木は区で3本(0.1m³)、区で1本(1.0m³)、区で8本(2.9m³)が発生した。風倒木および枯損木を除いた純成長量でみた場合、各区での連年成長量は区3.0m³/ha、区5.4m³/ha、区6.4m³/haでそれぞれの材積に比例した。また材積成長率は、I区5.3%、区4.7%および区3.4%となり、径級の比較的細い立木が主体となっている区が最も高かった。一方、対照区の区をみると連年成長量は9.3m³/haと大きい、材積成長率は3.2%で径級伐採区に比べて低いものとなっている。

表-4 8年間の材積成長状況

試験区	1981年-1984年				1985年-1988年				1981年-1988年			
	定期 成長量 (m ³ /ha)	枯損量 (m ³ /ha)	連年 成長量 (m ³ /ha)	成長率 (%)	定期 成長量 (m ³ /ha)	枯損量 (m ³ /ha)	連年 成長量 (m ³ /ha)	成長率 (%)	定期 成長量 (m ³ /ha)	枯損量 (m ³ /ha)	連年 成長量 (m ³ /ha)	成長率 (%)
区	6.7	1.5	1.3	4.0	18.8		4.7	6.8	25.5	1.5	3.0	5.3
区	15.5	0.1	3.9	3.7	28.1		7.0	5.8	43.6	0.1	5.4	4.7
区	20.5	1.0	4.9	2.9	31.5		7.9	3.9	52.0	1.0	6.4	3.4
区	41.2	1.1	10.0	3.5	36.2	1.8	8.6	2.9	77.4	2.9	9.3	3.2

注) 1981年から1984年における区の枯損量は風倒木である。
成長率はプレスラー式による。

前半4年間と後半4年間を比較すると、径級伐採区では連年成長量および材積成長量ともに後半4年間が前半4年間を上回っている。これに対し区では径級伐採区と逆の状況となり、連年成長量は10.0m³/haから8.6m³/haに減少し、さらに材積成長率は3.5%から2.9%に低下した。特に材積成長率は前半4年間

では Ⅰ区を 0.6 ポイント上回っていたが、後半 4 年間では逆に 1.0 ポイント下回るようになった。図 - 3 は Ⅰ区の値を基準として、期首材積と材積成長量との関係を示したものである。前半 4 年間は、各区とも勾配 1 の線に沿っており、期首材積にほぼ比例している。伐採による生育環境（特に光環境）の改善は認められず、逆にいくぶん成長が減退した区も生じた。ところが後半 4 年間では、各区とも勾配 1 の線よりも上に位置し、期首材積から期待される以上の材積成長がみられるようになった。特に Ⅰ区および Ⅱ区では、対照区の 18~36% の材積で、50~83% の成長量を稼いでいる。従来、伐採率が 30% 程度の間伐や択伐では、林分成長量の低下はほとんどないことが知られている（菊沢, 1981）。しかし、80% を超える伐採でしかも径級の大きなものを切った場合でも、林分成長量が確実に復旧しているのは注目すべきことであろう。なお前半 4 年間については、伐採による急激な疎開に対応すべく、枝葉を伸ばすなどして成長に十分な体制を準備するための期間ではなかったかと考えられる。

各区における 8 年間の直径成長率の頻度分布をみると、Ⅰ区および Ⅱ区では 1.5~2.0%、Ⅲ区および Ⅳ区では 1.0~1.5% にピークをもつ山型分布を示し（図 - 4）、その平均は Ⅰ区 2.1%、Ⅱ区 1.9%、Ⅲ区 1.4%、Ⅳ区 1.3% で、径級の細い立木の多い Ⅰ区で最も高くなった。また Ⅱ区および Ⅲ区では前半 4 年間にみられる山型分布が、後半 4 年間では成長率の高い方へとシフトしている状況が確認できる。一方、伐採率の低かった Ⅳ区では後半 4 年間に一部成長率の高い立木も出現したが、8 年間を通してみると直径成長率は Ⅰ区および Ⅱ区と比べて低い範囲での分布となっており、Ⅰ区の分布型と差はみられなかった。図 - 5 は、1981 年の期首直径と 8 年間の直径成長率との関係を示したもので、直径の増大に伴って

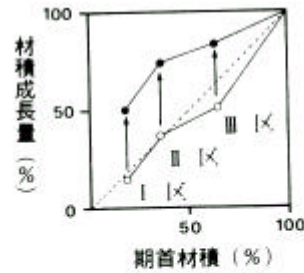


図-3 期首材積と材積成長量との関係
 注) 期首材積および材積成長量とも対照区(Ⅳ区)に対する指数で示してある
 ○は1981年材積と1981年-1984年の4年間の材積成長量との関係
 ●は1985年材積と1985年-1988年の4年間の材積成長量との関係

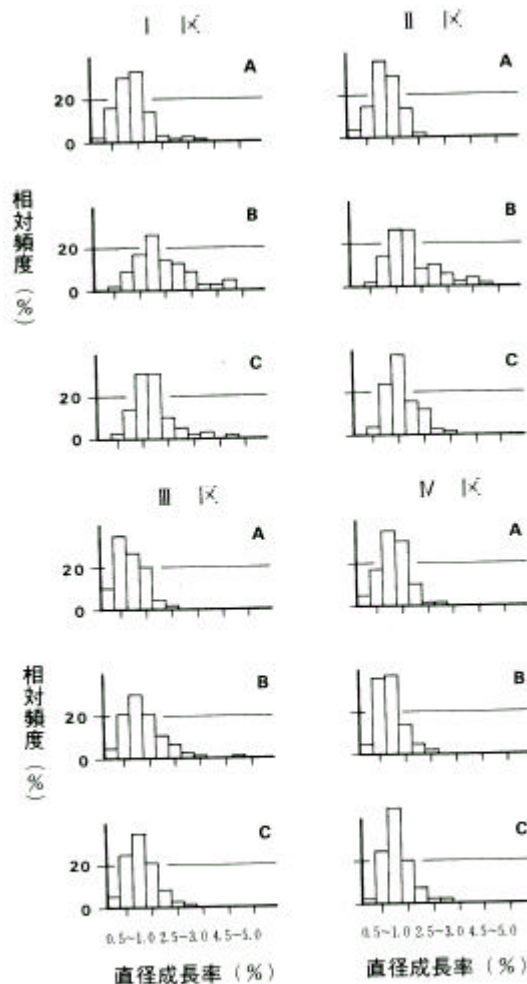


図-4 直径成長率の頻度分布
 注) A: 1981年-1984年の直径成長率
 B: 1985年-1988年の直径成長率
 C: 1981年-1988年の直径成長率

成長率の低下する傾向がみられ、
区、区および区では1%レベル
で有意な負の相関関係が認められた。

各区で直径の大きさと成長率との
間に明確な関係が認められるので、
さらに期首の直径階別に直径成長率
の比較を行った(図-6)。径級伐採
区では、前半4年間の直径成長率に
大差は認められないが、後半4年間
になると各直径階で直径成長率が
増加しており、とりわけ小さな直径
階ほど顕著であることがわかった。

10cm~40cm までの各直径階では
区の直径成長率が最も高く、次い
で区、区の順となった。したが
って、伐採率が高く、上木の大部分
が取り除かれた区ほど、径級の細い
残存木の成長が促進されたと考えら
れる。一方、区では8年間を通し
て直径階別の直径成長率に大差はな
く、全体的に1.5%以下の低い値とな
った。

以上より、材積で80%を超える径級伐採を行った区でも林分成長量は確実に復旧していること、残存木の成長状況は伐採率の高い区ほど良好であり、伐採によって上木や優勢木などが取り除かれた結果、径級の細い残存木の成長がより促進されたこと、さらに林齢50年生を超えているにもかかわらず、まだ成長減退の傾向は認められないことがわかった。

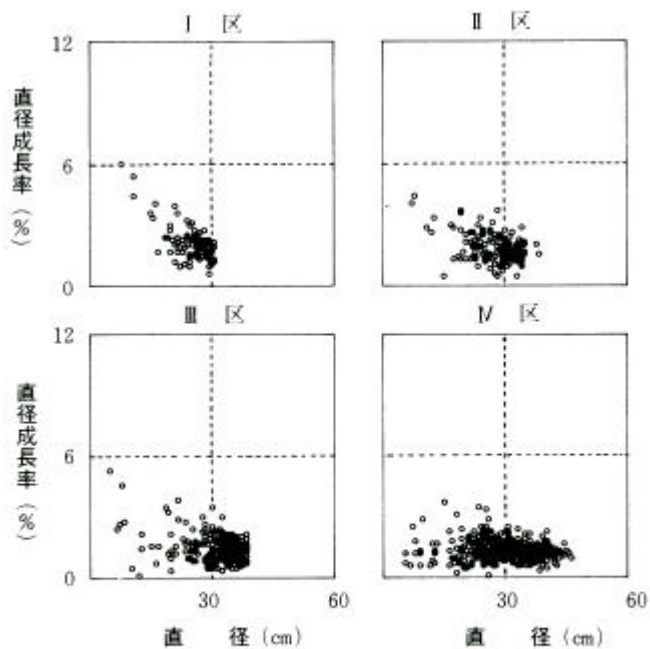


図-5 期首直径と直径成長率との関係

注) 期首直径は1981年の直径、直径成長率は1981年~1988年の8年間についてプレスラー式により求めた。

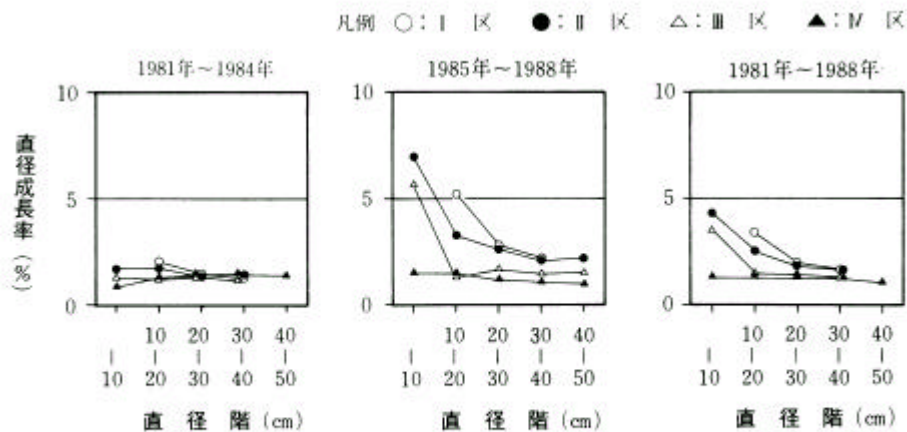


図-6 直径階別の直径成長率

径級伐採のメリットと問題点

主伐を数回に分け、径級伐採によって収穫することのメリットとして、まだ成長の期待できる細い径級の立木を次回の伐採まで保残し、太くしてから収穫することを先に述べた。そこで、Ⅰ区、Ⅱ区およびⅢ区について、径級伐採を実施しなかった場合に1981年の林分構造がどのように推移したかをY-N曲線(菊沢, 1980)を用いて予想し、残存木の材積について実際のデータとの比較を行った。各区においてY-N曲線により推定した値は、現実林分とよく適合したので(図-7)、これに基づいて1988年時の林分構造を予測した。その結果、残存木分の材積量としてⅠ区 $44.6 \text{ m}^3/\text{ha}$ 、Ⅱ区 $101.2 \text{ m}^3/\text{ha}$ 、Ⅲ区 $215.3 \text{ m}^3/\text{ha}$ が見込まれた。現実林分の材積は表-2に示したようにⅠ区 $76.9 \text{ m}^3/\text{ha}$ 、Ⅱ区 $143.5 \text{ m}^3/\text{ha}$ 、Ⅲ区 $233.4 \text{ m}^3/\text{ha}$ であるので、予測値との差はⅠ区 $32.3 \text{ m}^3/\text{ha}$ 、Ⅱ区 $42.3 \text{ m}^3/\text{ha}$ 、Ⅲ区 $18.1 \text{ m}^3/\text{ha}$ となり、いずれの区でも予測値を大きく上回ることがわかった。すなわち、径級伐採を行ったことにより、細い径級の立木の成長が促進されたことが確認された。

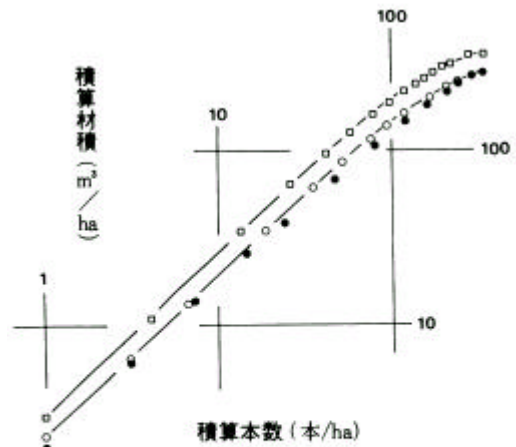


図-7 I区におけるY-N曲線の適用例

注) ●: 1981年の調査データ。
○: 1981年のY-N計算値。
□: 1988年のY-N計算値

以上のように、材積で80%を超えるような強度の伐採を行った場合でも、残存木は着実に成長を増大し、次々に利用径級に達していることが明らかになった。このことは、径級伐採が伐期を迎えたトドマツ高齡人工林の収穫方法として十分に採用可能であることを、残存木の成長の面から実証しているといえよう。今後の取り扱いについて具体的な一例を示せば、Ⅱ区では40cm以上の立木を85本(追加伐採木を除く)伐採し、8年間で81本が利用径級に達していることから、あと数年で前回と同じ程度の量の収穫が可能になると考える。残りの立木の収穫については、さらに10年ほどの期間が必要であろう。またⅢ区については、残存本数が106本と比較的少ないので、2回に分けて収穫するよりも一度で収穫する方が効率的であろう。

径級伐採のもう一つのメリットは、伐採によって生じた孔状裸地に植え込みを実施することにより、収穫と更新が並行して行われることである。これは林地空間を有効利用するとともに、林地の裸出、攪乱を抑えるなど、森林機能を維持、強化するうえで望ましい施業であるといえよう。今回の試験林分においても径級伐採後トドマツ、エゾマツ、アカエゾマツ、カラマツ類が植栽され、1988年末時点の樹高はトドマツ約150cm、エゾマツ約120cm、アカエゾマツ約140cm、カラマツ類300~360cmに達している。2回目以降の残存木の収穫に際しては、これらの植え込み木の成長についても十分に考慮していかねばならない。加えて、収穫時に発生する更新木の損傷被害を防止するため、搬出方法についても検討する必要があるであろう。

以上述べてきたように、トドマツ高齡人工林の収穫・更新方法として径級伐採のもつメリットは非常に大きいと考える。しかしながら、どのような林分に対してもここで用いた径級伐採が有効であるかどうかは十分に吟味する必要があるだろう。本試験林分は、伐採前の林齢、本数、材積、枝の枯れ上がりや張り具合などから、かなり疎仕立て(北海道林業改良普及協会, 1988)で推移してきたものと思われる。強度の間伐や列状間伐により大規模な風倒被害が発生した報告は数多くある。間伐遅れ林分に対する70~80

%もの径級伐採は危険きわまりないものといえよう。主伐に至るまでの施業経過（密度管理）が径級伐採を採用できるか否かを決定する一つの鍵になると考える。

文 献

- 菊沢喜八郎 1980 トドマツ人工林における新しいタイプの収量 - 密度図 . 日林北支講 29 : 30 - 31
1981 間伐効果に関する定量的研究 (1) 収量 - 密度図を用いた方法 . 日林誌 63 : 51 - 59
- 木幡靖夫 1984 トドマツ人工林における上木の保残量と林内照度 . 日林北支講 32 : 49 - 51
1986 トドマツ高齢人工林の収穫・更新試験 - 径級伐採後 4 年間の保残木の生長 - . 日林北支論 34 : 22 - 24
- 北海道林業改良普及協会 1988 トドマツ人工林間伐の手引 . 103pp .
- 北海道林務部 1970 道有林におけるトドマツ , スギ人工林収穫予想表 . 34pp .
- 松井弘之 1983 トドマツ人工林の森林回転理念にもとづく経営について . 昭和 57 年道林研論 : 6 - 7
・平川 清・松浦一衛 1984 トドマツ人工林の施業方法 - 主伐について - . 昭和 58 年道林研論 : 70 - 71
- 道上裕司・三浦俊也 1984 人工林主伐の収穫方法について . 昭和 58 年道林研論 : 6 - 7
- 須田 一 1987 人工林の主伐更新について . 昭和 61 年道林研論 : 18 - 19
- 田村修一・渋谷正人 1986 トドマツ人工林の主伐と更新について . 昭和 60 年道林研論 : 94 - 95