

帯状複層林における下木の成長と林床植生の多様性

—下木植栽から 15 年生時の状況—

谷口真吾

Shingo TANIGUCHI

Growth characteristics of understory trees and diversity of forest floor vegetations
in the multi-layered strip-clearcutting stand.
—Situation on *Sugi* (*Cryptomeria japonica*) 15 years after planting—

要旨：谷口真吾：帯状複層林における下木の成長と林床植生の多様性—下木植栽から 15 年生時の状況—。兵庫農林水産技総研報（森林林業）53号：10～16，2006。壮齡スギ一斉林において、帯状に小面積皆伐後の跡地にスギを下木植栽した 15 年生の帯状複層林で、残存帯やその林縁から伐採帯までの光環境の違いが植栽木の成長に及ぼす影響と林床植生の出現種数、現存量を調査した。帯状複層林では、下木の成長が低下しない相対積算日射量 40%以上が確保できるエリアは、伐採帯の中央を基準とする帯幅の 90%であり、下木の成長が良好であったエリアは同様に帯幅の 88%であった。帯状複層林の伐採帯あるいは林縁、残存帯に植栽した 15 年生時の下木の成長調査と樹幹解析の結果から、現時点では二段林型の複層林に一般的に認められる現象とされる下木の成長低下ならびに形状比の上昇は認められなかった。この結果から、帯状伐採跡地に下木として植栽したスギの更新木の成長と形質は一斉林と同等であり、更新木の成長の観点からは帯状伐採によるマイナスの影響はないものといえる。また、帯状複層林において帯状伐採跡地に出現する林床植生は、林縁付近での出現種数と現存量が伐採帯中央並みに多かった。このことは、多くの林縁を構造的に有する林型の帯状複層林が林床植生の成立にとって有効であり、林縁効果による生物多様性の保全機能が高いことが推察された。

キーワード：帯状複層林、下木植栽、成長特性、林床植生、多様性

I はじめに

帯状複層林施業はやや特殊な施業として、1970 年代から各地の国有林で試験的な取り組みが行われてきた（例えば、河野・岡林，1997）。兵庫県においても 1987 年と 1991 年に設定された帯状複層林がある（谷口，2003）。藤森は、残存林分の樹高程度の幅で帯状および群状の伐採が行われ、伐採跡地に植栽される作業を広義の複層林施業と考え、帯状複層林ならびに群状複層林と定義した（藤森，1991）。この施業は、伐採、搬出、再造林（更新）の作業効率が良い林型として注目されている（阿部ら，2002）。平成 13 年度（2001 年）からは、林野庁が施策として推進する「長期育成循環施業」に帯状複層林施業がその一形態として採用されるようになった。帯状複層林施業は、「長期育成循環施業」の

中では抜き切りを繰り返しつつ徐々に更新を行う施業であり、樹高の 2 倍幅までを一度に伐り開く「循環利用タイプ（帯状型）」として群や帯を更新の単位とする施業体系のひとつに位置づけられた。このため、今後、全国的に実施事例が増えることが予想される。

帯状複層林の森林構造の特徴は、上木と下木の樹冠が上下方向で重なる二段林（複層林）とは異なり、残存した上木と更新する下木の樹冠は水平方向に離れて相対（あいたい：複相林）していることである。筆者が帯状複層林施業を実際にやってみた中で感じた利点は、列状間伐のように上木の収穫のための伐倒や集材が容易であり、さらに高性能林業機械を利用することで作業効率が良くなるなど、主林木の伐採・搬出の簡便さとその低コスト化にあるという印象であった。すなわち、今後、針葉樹一斉人工林において、伐採、搬出、再造林の作業効率が良く、持続的森林経営の可能

な目標林型のひとつとして位置づける必要があると思われる。溝上ら（2002）は、帯状複層林の下木の成長と形質が一斉林と同程度であることを示し、帯状複層林施業は持続的経営林としての要件を満たす可能性を有していることを検証した。しかしながら、これまでに帯状複層林の造成事例とその施業報告が少ないことから、帯状の伐採跡地における光環境の違いが植栽木の成長と形質に及ぼす影響についてはまだ不明な部分が多くあると考えられる。

そこで本報では、壮齢のスギ一斉林を帯状に小面積皆伐した伐採跡地にスギを下木植栽した帯状複層林において、残存帯やその林縁から伐採帯までの光環境の違いが植栽木の成長に及ぼす影響ならびに林床植生の出現種数、現存量に及ぼす影響を調査した。さらに、そのデータを近隣の一斉林あるいは帯状複層林が成立する地域の収穫表データと比較しながら、帯状複層林の伐採帯に植栽した後継樹の成長特性を考察した。

II 試験地と調査方法

調査した帯状複層林は、兵庫県宍粟市波賀町に成立する民有林に位置する。林分概況は、40年生スギ一斉林（平均樹高18.3m、成立本数1,350本/ha、北西斜面、平均斜面傾斜25°）において、残存帯の上木樹高（優勢木）の1.0倍の帯幅に伐採し、帯状更新を目的とした施業林である。土壌型はB₀型であり、A層の平均厚は16~20cmであった。1987年11月、斜面の等高線方向に沿って傾斜方向と直交するように帯幅18m、長さ30mに伐採・搬出し、翌年3月に伐採帯と林縁から5mまでの残存帯にスギ2年生実生苗木を下木植栽し15年が経過した林分である。下木の植栽間隔は1.7×1.7m（植栽密度3,500本/ha）であった。スギ下木の成長調査は2003年4月（残存林分の成立本数1,130本/ha）、林縁を中心に残存帯、伐採帯にかけて、伐採帯中央からの距離別（植栽位置別）に269本（成立本数2,200本/ha）の樹高、胸高直径を測定した。同時に伐採帯中央、林縁、残存帯から各2本の優勢木を抽出し、樹幹解析により樹高曲線を算出した。

林床植生調査は、帯状更新地に隣接し同時期に帯状伐採された後、下木を植栽せずに放置されたエリアにおいて2001年8月に林縁から2mごとに配置した1×1mの方形プロット内に出現する種名を記録した。同時に林床植生の地上部を地際から刈り取って植生の種類を込みにして、その場で生重量を計測した。さらに帯状更新地の光環境調査は、隣接する林床植生の調査を実施した帯状伐採エリアにおいて、2001年8月上旬、積算日射フィルムを用いて全光区100とする48時間暴

露の相対積算日射量を計測した。

下木の成長状況を比較する対照林（成長対照区）は、地力がほぼ同じであり、調査した帯状複層林と同じ山塊にある北西方向に50m離れた林分1.2haである。土壌型は帯状複層林と同じB₀型であり、A層の平均厚は19cmであった。施業履歴は一斉皆伐後に再造林した15年生スギ林である。さらに、林床植生や光環境調査の対照区は、隣接する55年生スギ人工林3.5ha内に設けた（林床植生・光環境対照区）。

III 結果

1. 帯状複層林における林内の光環境

帯状伐採後13年経過した時点での位置別の相対積算日射量と林床植生・光環境対照区におけるスギ一斉林の相対積算日射量を図-1に示す。帯状複層林における伐採帯の中心付近の相対積算日射量は76~98%と高く、残存帯に近づくにつれて徐々に低下した。林縁では40%以下、残存帯では20%以下であった。林床植生・光環境対照区における相対積算日射量の変化は林縁で40%、林内に向かうにつれて20%以下となり、林内の平均値は7%であった。

2. 下木の成長

15年生スギの植栽位置別の樹高、胸高直径を表した散布図を図-2に示す。伐採帯における下木の樹高、胸高直径は、林縁から離れるほど大きくなる傾向が認められた。樹高は東側（斜面・上）の林縁からの距離が5m以上離れると平均値が一定になった。さらに西側（斜面・下）の林縁からの距離が4m離れると平均値が一定になった。樹高は伐採帯の中央部付近で8.0~10.3mと高く、林縁および残存林内に入るにつれて2.0~4.0mと低くなり、最大8.0mの樹高差があった。胸高直径成長は伐採帯の中央部付近で平均70mm、林縁および残存林内に入るにつれて平均45mmになった。伐採した帯において、植栽木の樹高成長および胸高直径成長が良好であったエリアは、斜面の傾斜方向18mの帯幅のうち、伐採帯の中心から斜面上部に7.8m、斜面下部に8.0mであり、帯幅の88%のエリアであった。帯状伐採地の下木の成長は、伐採帯の中央部付近で最も大きく、残存林に入るにつれて中央部のサイズに比べると次第に小さくなった。

つぎに、植栽位置別の形状比（樹高/胸高直径）の変化を表した散布図に調査林分がある地域の収穫表から求めた15年生スギ林の平均形状比である80と比較したものを図-3に示す。形状比はその値が高いほど幹が「ひよろなが」であることを表し、100を越える

と特に風雪害に弱いとされている。伐採帯ならびに林縁付近に植栽されたスギの形状比は、植栽位置に関係なくほぼ一定であった。しかし、残存帯では林縁から奥に入るほど形状比は高くなった。形状比は伐採帯と林縁の値は平均 74、残存帯は平均 94 であった。ちなみに、近隣の 15 年生スギ斉林の形状比は 79 であったことから、带状複層林の伐採帯における平均形状比

は通常に中庸の密度管理を行っているスギ斉林の値に近いことがわかった。二段林型の複層林の下木では、その形状比は高くなる傾向があるが、今回の带状複層林の下木では形状比が伐採帯および林縁付近では形状比が 70~80 程度であったことから、下木が 15 年生時点ではある程度の風雪害への抵抗性も期待できるものと思われる。

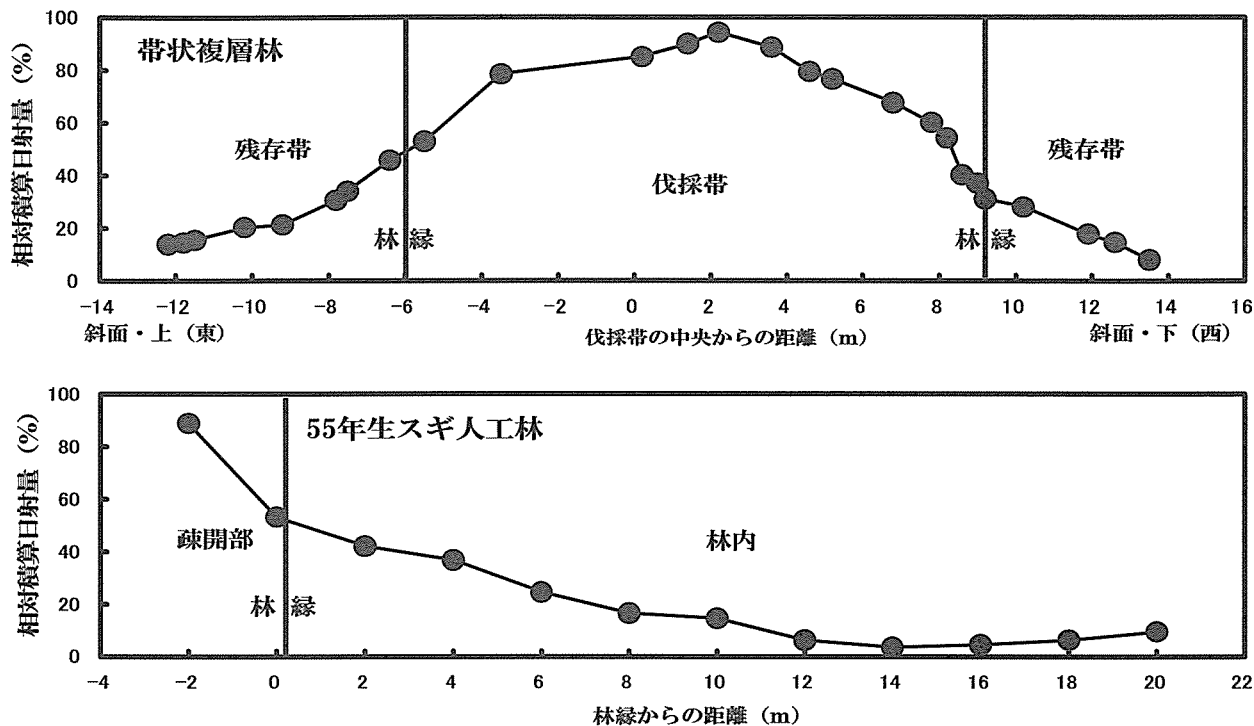


図-1 带状伐採から 13 年経過後の相対積算日射量と近隣スギ斉林の相対積算日射量

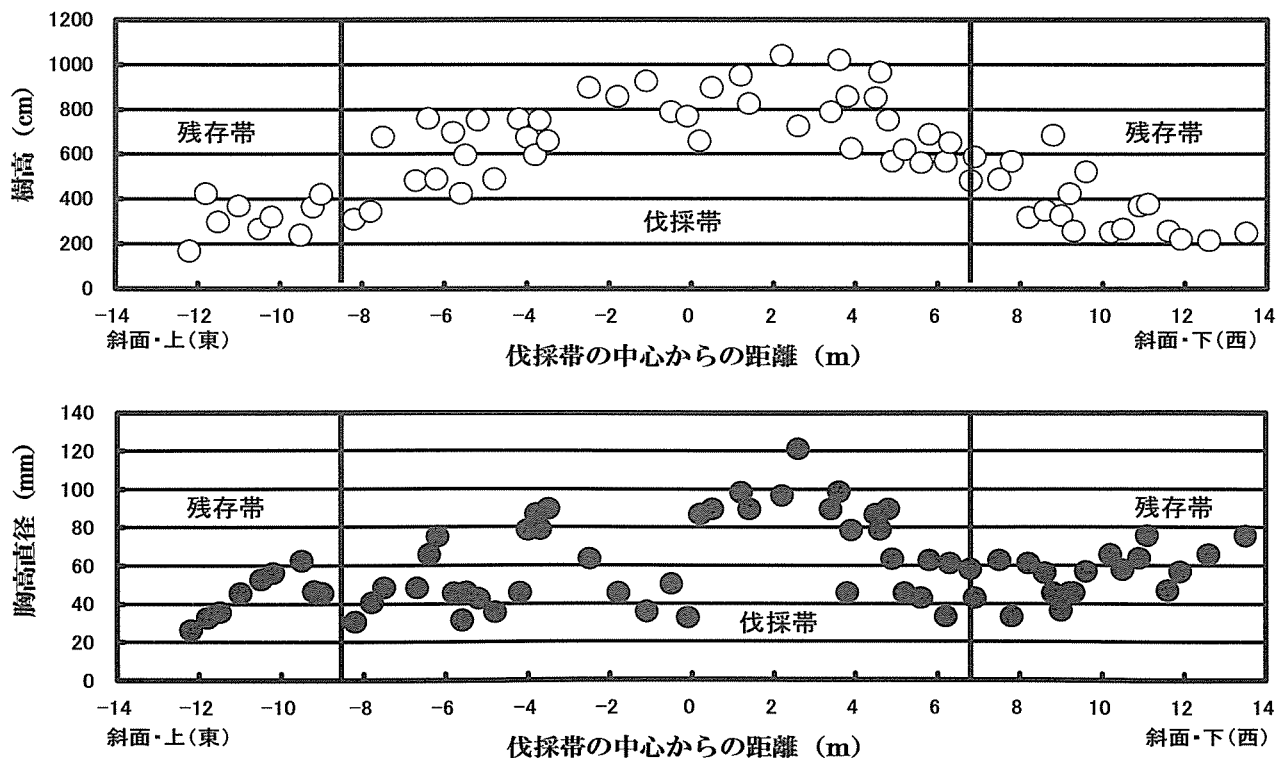


図-2 下木植栽した 15 年生スギの植栽位置別の樹高、胸高直径

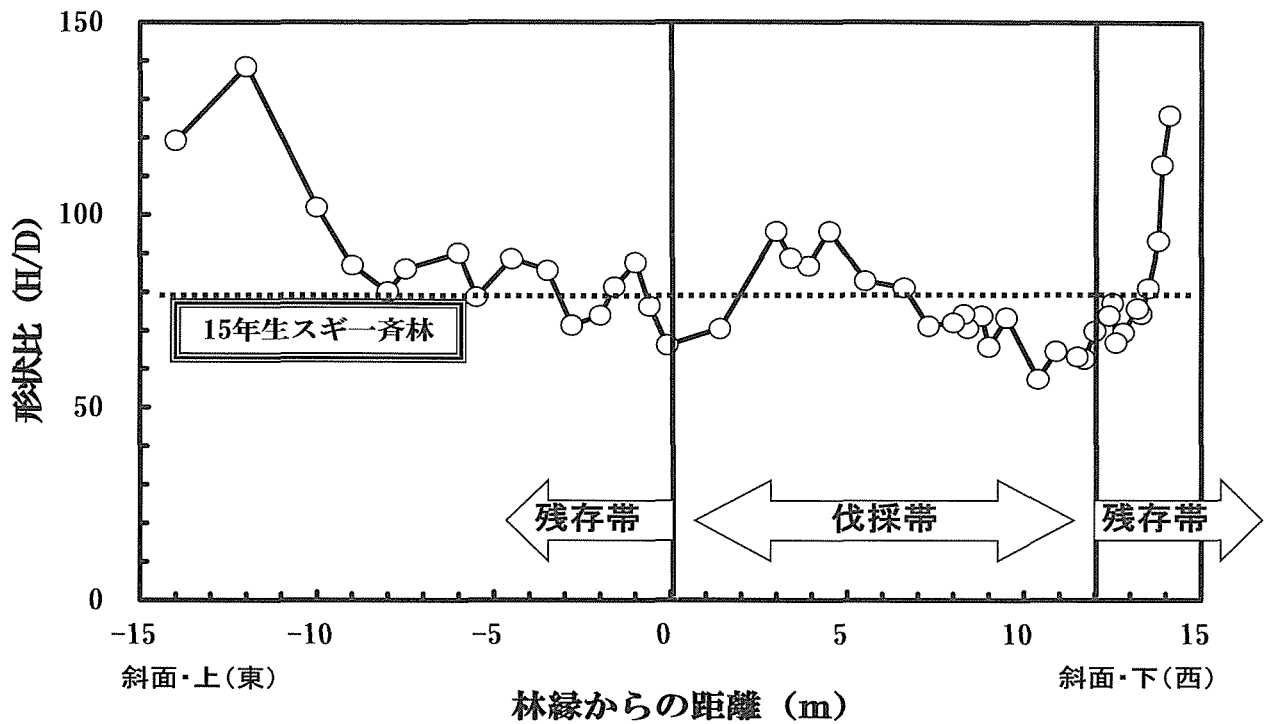


図-3 植栽位置別の形状比（樹高／胸高直径）の変化
 (図中の横の点線は、調査林分のある地域の収穫表から求めたH/Dを示す)

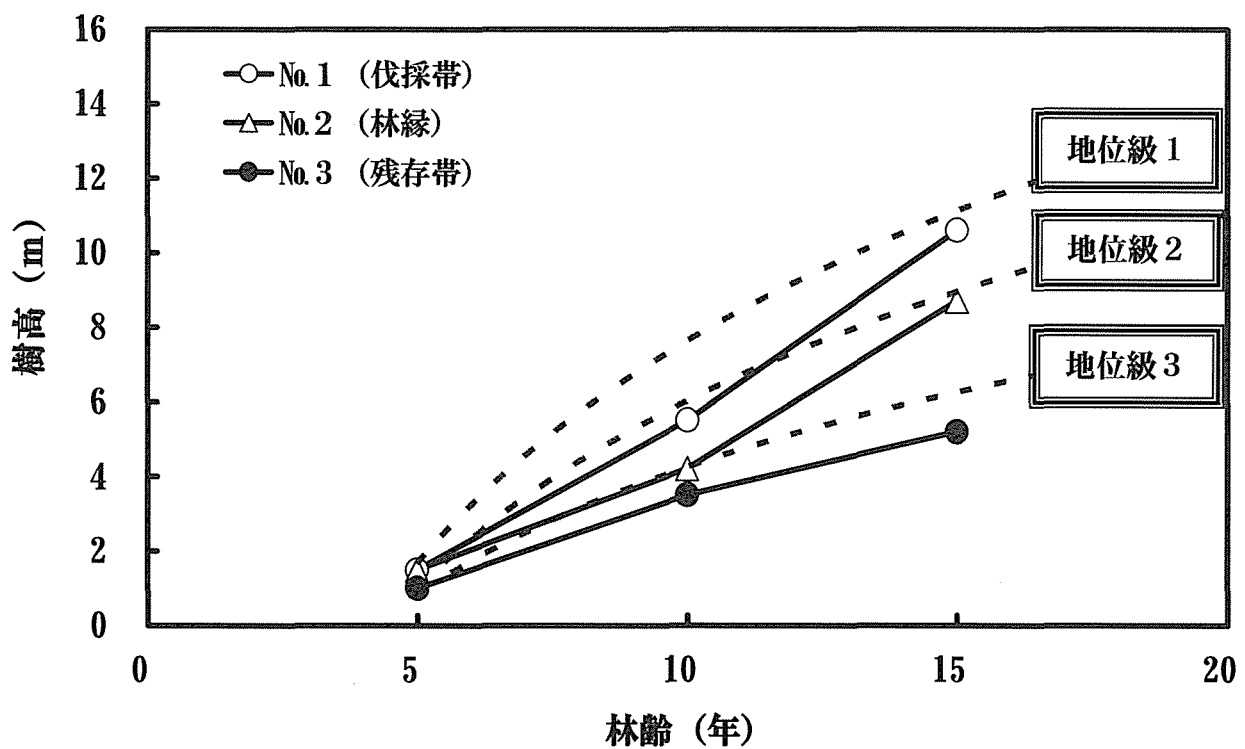


図-4 採帯中央、林縁、残存帯における優勢木の樹幹解析
 (図中の地位級の曲線(点線)は、調査林分のある地域の収穫表から求めた地位級別の樹高成長曲線を示す)

3. 15年生時における下木の樹幹解析の結果

伐採帯中央、林縁、残存帯から優勢木を抽出し樹幹解析を行った結果を図-4に示す。図に示した地位級別の樹高成長曲線は、調査林分のある地域の収穫表の値から求めたものを示している。10年生時の優勢木の樹高は伐採帯中央で地位級2に、林縁、残存帯ではそれぞれ地位級3に相当したが、15年生時になると伐採帯中央では地位級1、林縁は地位級2、残存帯では地位級3に相当する成長経過であった。

4. 带状複層林の林床植生

带状複層林の林床植生の出現種数と現存量の変化を図-5、6に、出現頻度の高い植生のリストを表-1に示す。林床植生の出現種数は带状複層林で最大24種、最小10種であった。对照林の55年生スギ人工林では、最大13種、最小5種であった。林床植生の地上部現存量は、带状複層林は1,250~3,700g/m²、对照林は900~2,200g/m²であった。

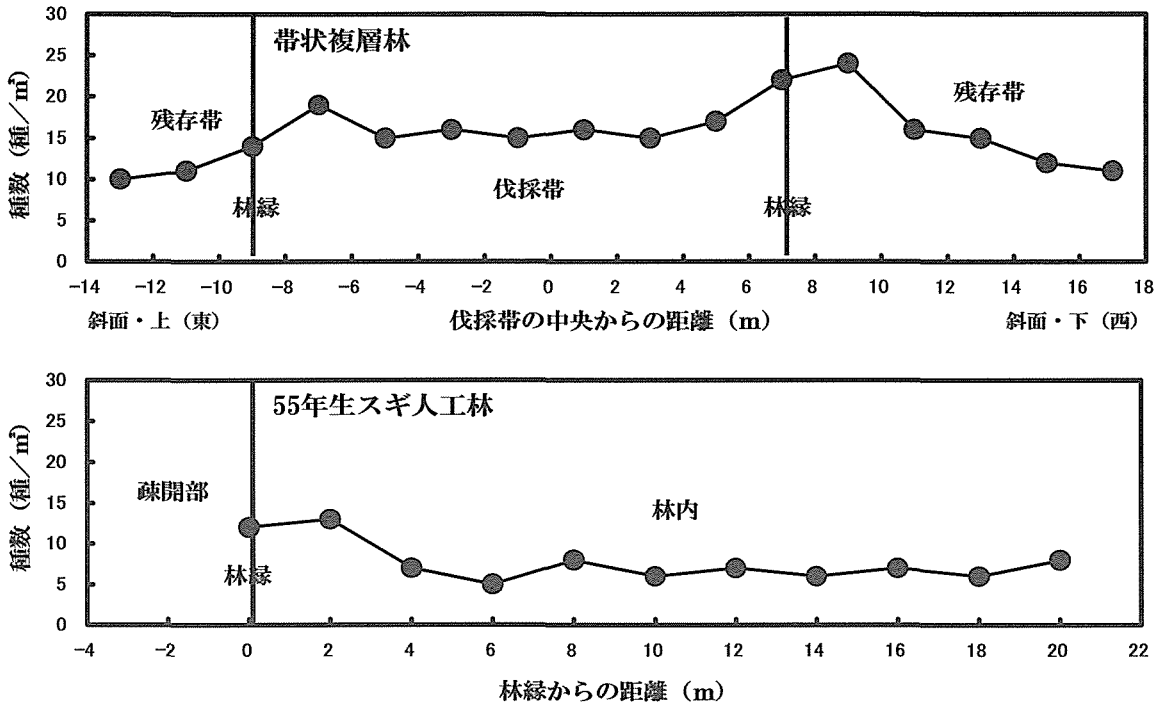


図-5 带状複層林の林床植生の出現種数の変化

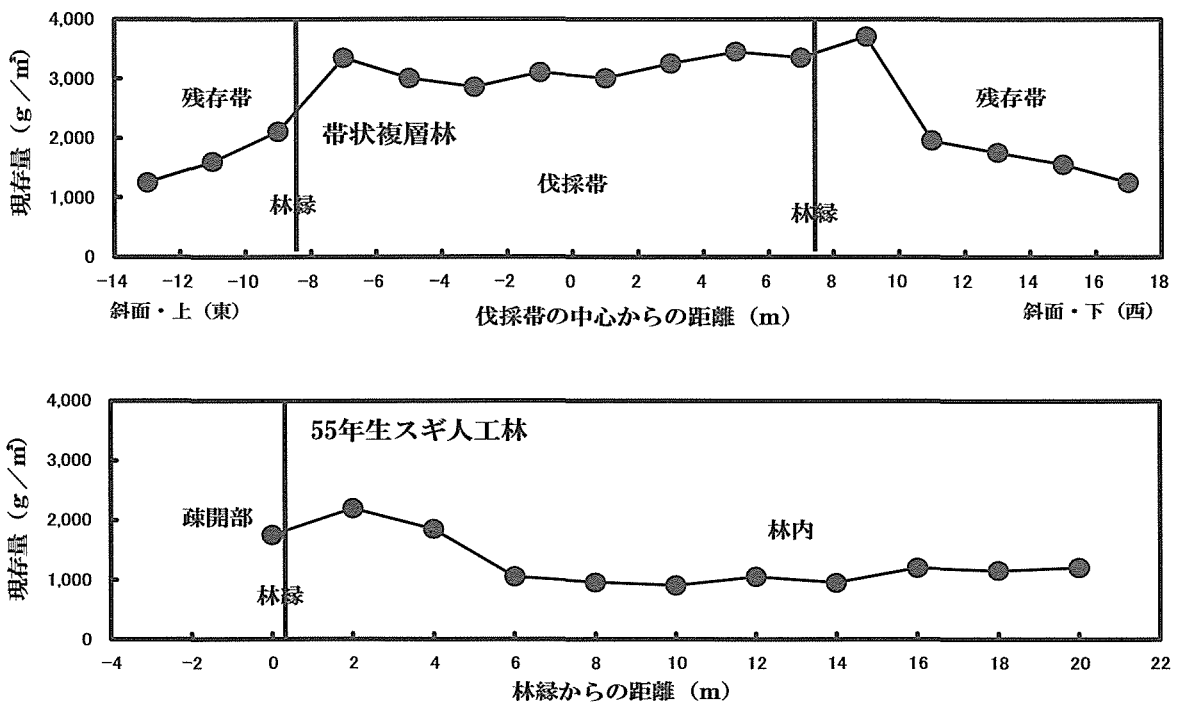


図-6 带状複層林の林床植生の現存量の変化

表一 1 帯状複層林ならびに 55 年生スギ人工林における出現頻度の高い植生リスト
(常在度Ⅲ (41~60%) 以上)

帯状複層林			55 年生スギ人工林	
残存帯	林縁	伐採帯	疎開部・林縁	林内
エゴノキ	カラスザンショウ	アカメガシワ	ヌルデ	クロモジ
ヤマモミジ	アカメガシワ	ヌルデ	カラスザンショウ	リョウブ
クリ	ヌルデ	クリ	アカメガシワ	クリ
ヌルデ	クサギ	ヤマウルシ	タラノキ	ヤマザクラ
クロモジ	ヤマウルシ	カラスザンショウ	ホオノキ	
ミズキ	ヤマザクラ	サルトリイバラ	ナガバモミジイチゴ	
ホオノキ	サルトリイバラ	ヤマモミジ	クマシデ	
クマシデ	ナガバモミジイチゴ	ヤマザクラ	ススキ	
ヤマザクラ	タラノキ	ススキ		
ハクウンボク	クマシデ	ナガバモミジイチゴ		
	ススキ	クサギ		
	キハダ	タラノキ		
	ミズキ	クマシデ		

帯状複層林における出現種数と現存量は、相対積算日射量が高かった林縁ならびに伐採帯中央で多く、残存帯で少なくなる傾向であった。とくに伐採帯中央部でその変動幅の差は小さかった。対照林では出現種数と現存量は林縁で多く、林内に入るにつれて減少しその変動幅は小さかった。帯状複層林の伐採帯と対照林（林床植生・光環境対照区）の林縁での出現種数と現存量を比較すると帯状複層林の伐採帯が多かった。この現象は、光環境が良いことが林床植生の増加を促進したと推測される。

なお、林床植生の出現した常在度が 41~60% 以上であった植生リストをみると、帯状複層林ならびに 55 年生スギ人工林とも、陽樹できわめて成長速度が早く、出現の初期段階で多量の実生由来の稚樹を発生させて早期に優占する植生が多い傾向であった。

IV 考察

帯状複層林では、下木の成長を抑制しない相対積算日射量 40% 以上（谷口，1998）が確保できるエリアは伐採帯の中央を基準とする帯幅の 90~93% の範囲であり、下木の成長が良好であったエリアは同様に帯幅の 88%（樹高）と 62%（胸高直径）であった。帯状複層林におけるスギ下木の樹高、胸高直径は林縁から伐採帯中央にかけて増大し、林縁付近および林内で樹高、

胸高直径の成長低下は顕著であった。下木植栽から 15 年生時の樹高は伐採帯中央では、近隣の一斉林とほぼ同等の成長経過であった。帯状複層林における下木の成長は、林縁付近における樹高と胸高直径の低下は西側（斜面・下）の林縁付近では少なく、東側（斜面・上）の林縁付近では大きかった。すなわち、伐区の形状が東西方向に長くした帯状伐採では、樹高、胸高直径の低下がみられる領域は西側に位置する林木は林縁の影響を受けにくいことがわかった。もちろん、斜面位置の違いによる成長差は土壌環境の微細な差異に起因することも考えられるが、調査地は傾斜度 25° の均一斜面上 18m の範囲に植栽されているので微細な土壌条件は強く影響しないと考えた。

このことから、下木の植栽にあたっては、本論で調査した形状、規模のような帯状複層林では、光環境の良い伐採帯の中央を基準とする帯幅の 90% のエリアに実施することが望ましいと考えられた。15 年生時では、二段林型の複層林に一般的に認められる現象とされる下木の成長抑制ならびに形状比の上昇は認められなかった。さらに帯状複層林の帯状更新地に植栽したスギ下木の成長と形質（形状比）は、立地条件の等しい同年齢のスギ一斉林と同程度であった。もちろん、残存帯（上木）の成長量は変化しないのでその蓄積量を一定量維持することもこの林型の特徴である。このように、帯状複層林では帯状伐採跡地に下木として植

栽したスギの更新木の成長と形質は一斉林と同等であり、更新木の成長からみると帯状伐採によるマイナスの影響はないものといえそうである。これらのことから、帯状複層林施業は、持続的経営林の要件と可能性を満たすことが示唆される。

つぎに、帯状複層林において帯状伐採跡地に出現する林床植生は、林縁付近での出現種数ならびに現存量が伐採帯中央並みに多い傾向であった。このことは、多くの林縁を有する帯状複層林の構造が林床植生の成立にとって有効であり、林縁効果による生物多様性の保全機能が高いことを表している。

帯状複層林施業は、林地保全の観点あるいは伐採・搬出が容易であるという長所を兼ね備えた施業法であり、残存帯に挟まれることで大面積皆伐による地力低下を防ぐ林地保全の役目も果たすことが期待される。一方で、帯状複層林に下木植栽されたスギの樹高、胸高直径は、植栽位置によってその成長量が異なる傾向であった。帯状複層林では、植栽位置によって光環境等の微環境が異なり、そしてこの影響が毎年の成長に反映されるので、伐採帯の中央部付近と残存林内の間では、樹高や胸高直径に成長差が生じることは避けられないと考えられる。

これまでに、帯状複層林施業は、単純一斉林に比べて林縁が多く形成されるため、林床植生の生育に有利と考えられる良好な光環境の形成や隣接する広葉樹林などのシードソースからの種子供給という林縁効果 (edge effect) が期待できるという報告がなされている (宇都木ら, 2001; 石上ら, 2002; 溝上ら, 2002)。このような視点から、帯状伐採した跡地の更新には、後継樹としての苗木を人工造林するとともに、林縁効果で自然に侵入・生育してくる広葉樹をそのまま育成することが最も簡便で経済的な方法と考えられる。

今後に残された課題として、数多くの帯状複層林に

おいて、帯状伐採の帯幅、伐採帯の方位、傾斜度、残存帯の樹高、林齢、林分密度などが様々に異なる施業事例の情報を時系列に集積し、帯状更新を適用する林齢あるいは帯状複層林の創出のための任意の林分の最適な帯幅などの施業技術の確立とその体系化を図りたいと考えている。

引用文献

- 阿部久美子・溝上展也・伊藤 哲 (2002) 帯状複層林施業の収益性について. 日本林学会大会学術講演集 113: 400.
- 藤森隆郎 (1991) 多様な森林施業. 全国林業改良普及協会、東京、1~191.
- 石上智士・伊藤 哲・溝上展也 (2002) 帯状複層林における林床植生の多様性. 日本林学会大会学術講演集 113: 529.
- 河野輝文・岡林憲慈 (1997) 帯状複層林の設定と、その伐倒木の伐出方法の確立について. 高知営林局業務研究発表集平成 8 年度: 98-101.
- 溝上展也・伊藤 哲・井 剛 (2002) 宮崎県諸塚村における帯状複層林のスギ・ヒノキ下木の成長特性. 日本林学会誌 84: 151-158
- 谷口真吾 (1998) 針広混交林の造成技術に関する研究 (Ⅲ) - ヒノキ林人工ギャップの相対積算日射量とケヤキ下木の伸長成長との関係. 森林応用研究 7: 63-66.
- 谷口真吾 (2003) 帯状複層林皆伐帯における下木の成長および林床植生の変化. 日本林学会大会学術講演集 114: 53.
- 宇都木 玄・石塚森吉・荒木眞岳・川崎達郎 (2001) 林冠GAPの修復速度-ヒノキ林を用いて-. 日本林学会北海道支部論文集 49: 9-11.