

複層林施業における伐採・搬出の作業能率と下木の損傷

関東森林管理局東京分局森林技術センター 森林技術専門官 五嶋浩範
阿波山森林技術作業場主任 石飛北斗

1. はじめに

複層林施業は皆伐施業に比べ、水土保持機能や風致保全機能等、公益的機能に優れているだけでなく、地力の維持、収穫の連続性、さらに更新作業の省力等有利な点が多いことから、積極的に各地で導入が図られているところです。またその施業方法についても各研究機関等で技術開発・研究が進められています。しかし利点も多い反面、上木伐採時の下木の損傷が少なくないことや、皆伐に比べ収穫時の生産性が低い等の指摘もされています。

このため東京分局森林技術センターでは、複層林造成後の林分において、平成11年度・12年度に3タイプの複層林試験地において上木の伐採・搬出を行い、下木の損傷率及び作業能率等を調査し施業方法の検討を行いました。

2. 調査の背景

筑波山麓に位置する複層林試験地は、昭和52年から「立地条件に応じた風致施業の手法」を調査・検討するために取り組んでいる試験地で、約35haの試験区域の中に点状、列状、帯状等の上木の保残形態の違い、二段林・多段林等の階層構造の違い、下木の植栽密度の違い等により8タイプ20区画を設定しています。(写真1)

上木は明治33年から34年に植栽された約100年生ヒノキで、下木は1年生から21年生のヒノキです。

複層林試験地造成のための上木1回目の伐採や下木の植栽による複層林の造成はすでに終了し、現在は上木2回目の伐採・搬出による下木の損傷被害の調査、伐倒・集材方法等の検討、さらに複層林における森林経営手法の検討等について森林総合研究所や大学等と連携して調査・研究に取り組んでいます。



(写真1) 複層林試験地概要図

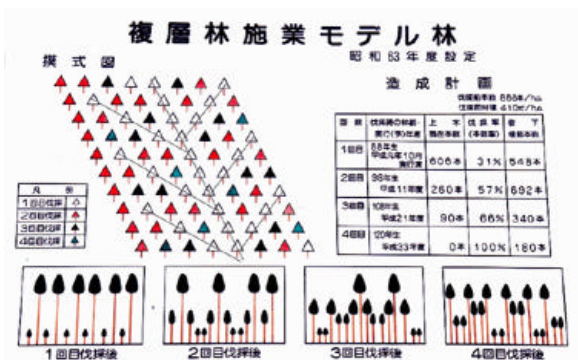
3. 試験地概要及び調査結果

魚骨型について

魚骨型は、旧東京営林局が想定したレク森施業パターンを基に造成した試験区であり、多段林誘導型で植栽木列を基準に設定し、全体を23の列に区分しています。設定は昭和63年度、面積は3.49haで、4回に分けて上木の伐採・更新を計画しています。

第1回目の上木伐採及び下木の植栽は、それぞれ平成元年度・2年度に行い、平成11年度は第2回目の上木伐採を行いました。上木伐採前の本数はha当り606本、伐採後の本数はha当り260本で伐採率(本数率)は57%でした。(写真2)また2回目の下木の植栽は平成12年度に行い、植栽本数はha当り2500本です。

現在、上木は100年生ヒノキ、下木は11年生ヒノキ及び最下木が2年生ヒノキの3層からなる多段林を形成しています。(写真3)



(写真2) 魚骨型の模式図



(写真3) 現在の魚骨型

表1は平成11年度に行った上木伐採での作業能率ですが、調査結果からは1人1時間当たり4.2本(枝払を含む)という結果が得られ、皆伐工程との違いはありませんでした。魚骨型での伐採は基本的に列状で伐採をしており、点状保残型等他タイプの複層林より伐採方向での有利性があると考えています。しかし今後3回目・4回目の伐採をする場合、(写真2)より上木の配置が点状保残型に近い形となり、搬出や下木の損傷を考慮した伐倒方向の決定が難しくなると思われます。

表2は搬出での作業能率(林道までの搬出)を使用機械別にまとめたものです。トラクタでは1人1時間当たり5.1m³、タワ-ヤ-ダでは2.9m³という結果でした。

今回の調査結果は搬出距離に大きな差があり、単純に比較することはできませんが、当試験地のように搬出ラインが明確で、搬出距離が長く、十分な垂下量が確保できればタワ-ヤ-ダ等の架線集材が有利と思われます。

表 - 1

魚骨型区における作業能率(伐倒・枝払い)

ライン番号	伐倒材積	伐倒時間	作業員数	作業能率 m ³ /人・h	作業能率 本/人・h	平均材積
21	4.50 m ³	2時間00分	1人	2.25 m ³	4.2本	0.53 m ³
平均				2.25 m ³		

表 - 2

魚骨型区における作業能率(林道までの搬出)

ライン番号	林相・搬出条件	傾斜角	使用機械 作業員数	集材材積	平均集材距離	集材時間	作業能率 m ³ /人・h
7	ヒノキ間伐(上荷) (下木-ヒノキ)	19度	タワ-ヤ-ダ 3人	10 m ³	45 m (10 ~ 80 m)	3時間48分	2.63 m ³
13・23	ヒノキ間伐(下荷) (下木-ヒノキ)	27度	タワ-ヤ-ダ 3人	35 m ³	78 m (10 ~ 170 m)	11時間09分	3.14 m ³
平均							2.89 m ³
21	ヒノキ間伐(下荷) (下木-ヒノキ)	27度	トラクタ 2人	10 m ³	25 m (10 ~ 30 m)	1時間50分	5.46 m ³
22	ヒノキ間伐(下荷) (下木-ヒノキ)	27度	トラクタ 2人	4 m ³	25 m (10 ~ 30 m)	0時間50分	4.82 m ³
平均							5.14 m ³

表3は魚骨型における下木の損傷率と損傷程度ですが、作業地の一部にプロット（調査ライン）を設定し、伐採・搬出別に毎木による被害調査を行いました。

伐採による損傷率は7%ですが、魚骨型では下木が列状に植栽されているので、正確な伐倒方向により下木の被害を最小限に抑えることができます。

搬出による損傷率は7%ですが、搬出ラインの決定は、作業能率や下木・保残木の損傷に大きく影響するので特に注意が必要です。また損傷程度について、「小」は下木の成長にほとんど支障がない被害、「大」は下木の成長がほとんど見込めない被害という定義付を行いました。その結果「小」は5%、「大」は9%でした。

表 - 3

魚骨型区における下木の損傷率及び損傷の程度

調査地	上 木	下 木	下木の損傷率と内訳	損傷程度
223林班 む小班 (試験地)	ヒノキ 100年生 平均樹高：20m 606本 / ha	ヒノキ 11年生 平均樹高：6m 2,500本 / ha	損傷率 14% ・伐倒 7% ・集材 7%	総合 14% 小 5% 大 9%

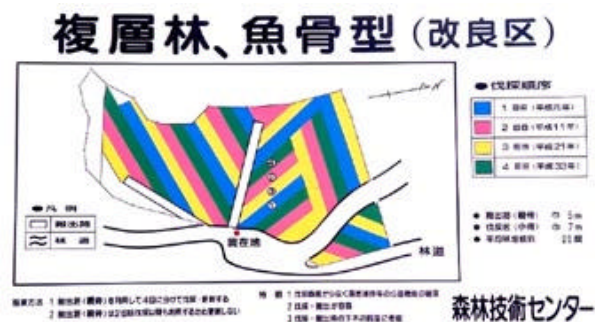
魚骨改良型について

魚骨改良型は魚骨型が列を基準に設計されているのに対し、面を基準に設計された試験区です。魚骨の背骨部分を固定搬出路5mとし、伐採幅を7mに設定した試験地です。

(写真4)設定は昭和63年度、面積は0.97haです。

第1回目の上木伐採及び下木の植栽時期は魚骨型と同様です。平成12年度は第2回目の上木伐採を行い、伐採率(本数率)は22%でした。下木の植栽は平成13年度に行い、植栽本数はha当り2500本です。

現在、上木は100年生ヒノキ、下木は11年生ヒノキ及び最下木が1年生ヒノキで、魚骨型同様多段林を形成しています。(写真5)



(写真4) 魚骨改良型の模式図

(写真5) 現在の魚骨改良型

表4は平成12年度に行った上木伐採での作業能率ですが、調査結果からは1人1時間当たり3.1本(枝払を含む)という結果が得られました。

表5は搬出での作業能率(林道までの搬出)ですが、トラクタでの作業では、1人1時間当たり2.3m³という結果でした。

今回の調査結果では搬出木全てが下げ荷集材で、搬出距離も長く、荷掛けのためのウインチロープの引出しに多くの時間を要し低い工期となりました。

表 - 4

魚骨改良型区における作業能率（伐倒・枝払い）

ライン番号	伐倒材積	伐倒時間	作業員数	作業能率 m ³ /人・h	作業能率 本/人・h	平均材積
4	3.97 m ³	2時間 40分	2人	1.488 m ³	3.0本	0.496 m ³
5	12.19 m ³	7時間 40分	2人	1.579 m ³	3.5本	0.451 m ³
6	8.67 m ³	5時間 40分	2人	1.542 m ³	3.2本	0.482 m ³
7	7.54 m ³	6時間 00分	2人	1.257 m ³	3.0本	0.419 m ³
8	6.72 m ³	5時間 00分	2人	1.344 m ³	2.6本	0.517 m ³
平均				1.422 m ³	3.1本	

表 - 5

魚骨改良型区における作業能率（林道までの搬出）

ライン番号	林相及び搬出条件	傾斜角	使用機械 作業員数	集材材積	平均集材距離	集材時間	作業能率 m ³ /人・h
2	ヒノキ間伐(下荷) (下木・ヒノキ)	26度	トラクタ 3人	7.33 m ³	80 m (60 ~ 100 m)	3時間 00分	2.443 m ³
4	ヒノキ間伐(下荷) (下木・ヒノキ)	26度	トラクタ 3人	3.97 m ³	60 m (50 ~ 70 m)	2時間 00分	1.985 m ³
5	ヒノキ間伐(下荷) (下木・ヒノキ)	26度	トラクタ 3人	12.19 m ³	90 m (80 ~ 100 m)	5時間 30分	2.216 m ³
6	ヒノキ間伐(下荷) (下木・ヒノキ)	26度	トラクタ 3人	11.02 m ³	50 m (20 ~ 80 m)	4時間 30分	2.449 m ³
7	ヒノキ間伐(下荷) (下木・ヒノキ)	26度	トラクタ 4人	5.92 m ³	70 m (60 ~ 80 m)	2時間 40分	2.220 m ³
平均							2.263 m ³

表6は魚骨改良型における下木の損傷率と損傷程度ですが、調査方法は魚骨型と同様です。上木伐採による損傷はなく（0%）、搬出による損傷は1本（0%）という結果でした。当試験地で下木の被害がなかったのは、（写真4）より今回の伐採・搬出作業が下木に隣接していない箇所であったことがあげられます。

しかし次回の伐採・搬出では1回目と2回目に植栽された下木間での作業となるため、ある程度の被害が予想されます。

表 - 6

魚骨改良型区における下木の損傷率及び損傷の程度

調査地	上 木	下 木	下木の損傷率と内訳	損傷程度
223林班 う小班 (試験地)	ヒノキ100年生 平均樹高：18 m 680本/ha	ヒノキ11年生 平均樹高：6 m 2,500本/ha	損傷率 0% ・伐倒 0%(0本) ・集材 0%(1本)	総合 0% (1本)

点状保残型（400本区）について

点状保残型（400本区）は昭和55年に複層林造成を目的に上木伐採を行い、上木をha当り400本の密度で点状に保残した試験区です。（写真6）設定は昭和52年度、面積は0.87haです。

複層林造成後，平成12年度に第1回目の上木伐採を行い，伐採率（本数率）は21%でした。

現在，上木は100年生ヒノキとサワラ，下木は21年生ヒノキで，植栽本数はha当たり2500本の二段林を形成してます。（写真7）



（写真6）点状保残型の模式図

（写真7）現在の点状保残型（400本区）

表7は平成12年度に行った上木伐採での作業能率ですが，調査結果からは1人1時間当たり1.4本（枝払も含む）という結果が得られました。当試験地は点状保残型のため，伐採での方向性に乏しく，またヒノキの高齢級であり枝条が太く，樹冠の幅も広いため掛かり木の発生が多く，その処理に多くの時間を要し低い工期となりました。（写真8）

表 - 7

点状保残区（400本区）における作業能率（伐倒・枝払い）

地点	伐倒材積	伐倒時間	作業員数	作業能率 m ³ /人・h	作業能率 本/人・h	平均材積
1	7.77 m ³	5時間 20分	2人	1.443 m ³	1.3本	1.110 m ³
2	9.89 m ³	5時間 40分	2人	1.730 m ³	1.4本	1.236 m ³
3	12.54 m ³	7時間 20分	2人	1.756 m ³	1.4本	1.254 m ³
4	8.84 m ³	3時間 00分	2人	2.873 m ³	1.3本	2.210 m ³
平均				1.951 m ³	1.4本	

搬出はトラクタ及びグラブソ（本来造材機械）で行いましたが，全木集材にすると下木の被害がさらに拡大するため，林内で枝払をし全幹集材としました。また材を作業道に直線的に引き出すことで，下木の被害を最小限に抑えることができると考えていますが，そのためには搬出方向を考慮した路網の整備が大変重要と思われます。

表8は点状保残型（400本区）における下木の損傷率と損傷程度ですが，作業地の一部，面積0.43haにプロットを設定し，約800本の下木について伐採・搬出別に毎木による被害調査を行いました。その結果伐採による損傷率が最も高く14%，搬出によるものが4%，伐採・搬出によるものが2%で，全体では16%でした。

また損傷程度について「小」は下木の生長，形質に影響を及ぼさない被害，「中」は



（写真8）掛かり木の状況

下木の生長，形質に影響し，良質材生産を難しくする被害，「大」は下木の枯死につながるか，形質に致命的な影響を及ぼす被害という定義付を行いました。

その結果「小」は4%「中」は4%、「大」は8%でした。

被害の形態は，傾斜，枝抜け，倒伏，剥皮，幹折れ等で，その大部分は伐採木の樹冠による被害でした。(写真9)また保残木の損傷率は全体の2%にとどまり，全て搬出時に生じた根元の剥皮でした。

表 - 8

点状保残区(400本区)における下木の損傷率及び損傷の程度

調査地	上 木	下 木	下木の損傷率と内訳	損傷程度
223林班 れ1小班 (試験地)	ヒノキ 100年生 平均樹高：23 m サワラ 100年生 平均樹高：25 m 415本/ha	ヒノキ 21年生 平均樹高：7 m 2,500本/ha	損傷率 16% ・伐倒 14% ・集材 4% ・伐倒・集材 2%	総合 16% ・小 4% ・中 4% ・大 8%



(写真9) 下木の被害状況



(写真10) 保残木の損傷状況

4. まとめ

表9は今回調査した3タイプの複層林試験地についてまとめたものです。

上木伐採・搬出での作業能率は，列や面を基準に設計された魚骨型・魚骨改良型が有利となりました。また下木の損傷率は上木伐採時の樹冠による被害の割合が高く，伐採・搬出による損傷率についても，上木と下木に方向性のある魚骨型・魚骨改良型の方が，方向性に乏しい点状保残型よりも有利となりました。

しかし作業能率や下木の損傷率は，上木の伐採密度，下木の植栽密度，下木の林令，路網密度等の違いで多様に変化するものであり，一部タイプの試験・調査のみで単純に比較・検討することは難しいと考えています。

また今後は，他タイプの複層林試験地において間伐や上木伐採を計画しており，長伐期施業を念頭に保残木の単木価値を考慮した間伐方法や育林技術の検討，さらに環境・景観等にも配慮した試験・研究に取り組んでいきたいと考えています。

表-9 まとめ

	魚骨型区	魚骨改良型区	点状保残区
伐採	<ul style="list-style-type: none"> ・背骨部分は伐採の方向性に有利 ・小骨部分は若干の制限あり ・3回目と4回目の伐採は点状保残と同じで困難 ・4.2本/人・h 	<ul style="list-style-type: none"> ・伐採の方向性に有利 ・3回目と4回目は下木が隣接するので注意が必要 ・3.1本/人・h 	<ul style="list-style-type: none"> ・伐倒の方向性に乏しい ・掛かり木になりやすい ・林内での枝払いが必要 ・1.4本/人・h
搬出	<ul style="list-style-type: none"> ・背骨部分は比較的容易 ・小骨部分は多少困難が伴う ・3回目と4回目の伐採は点状保残と同じで困難 ・2.9m³/人・h 	<ul style="list-style-type: none"> ・固定搬出路があるので容易 ・3回目と4回目は下木が隣接するので注意が必要 ・2.3m³/人・h 	<ul style="list-style-type: none"> ・搬出の方向性に乏しい ・全幹で直線的に搬出する <p>データなし</p>
下木の損傷	<ul style="list-style-type: none"> ・伐採時 7% ・搬出時 7% <p>全体で14%</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・伐採時 0% ・搬出時 0%(1本) <p>全体で0%(1本)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・伐採時 14% ・搬出時 4% ・伐出時 2% <p>全体で16%</p>
共通	<p>上木の保残形態により、伐採前の樹冠処理が効果的 路網の整備が重要となる 保残木の保護が必要になる</p>		