

複層林の造成管理技術の開発

—複層林の伐出方法と下木の損傷度—

遊 橋 洪 基

研究の目的

国民の生活様式や価値観等の変化に伴い、多様化・高度化する国民の森林に対するニーズに的確に応えるためには、多様な森林の整備が必要であり、その一つの方策として複層林施業の積極的導入が、林政審の報告や第4次全国総合開発計画及び森林資源基本計画等で取り上げられている。しかし、複層林施業はきめ細かで、かつ高度な技術を要するため、地域の実情に応じた複層林の施業体系を確立するには、その基盤となる適正な伐出技術体系の確立が必須要件である。このため、複層林施業における作業方法、下木の損傷等の把握・分析を行い、複層林に適した伐出技術確立のための基礎資料を得ることを目的とする。

本研究は、国庫助成による「大型プロジェクト研究（平成元～5年）」として実施したものである。

ここでの報告は、「複層林の造成管理技術の開発」の「複層林の伐出方法と下木の損傷度」という課題について、以下各章に分けて取りまとめた。

- I 複層林施業における伐出方法と作業能率
- II 複層林施業の伐出に伴う下木、地床の損傷

複層林の造成管理技術の開発——複層林の伐出方法と下木の損傷度(1)

複層林施業における伐出方法と作業能率

遊 橋 洪 基

要 旨

- ① 複層林での1人1日当り伐木造材作業量は、特殊なものを除き、5.52~6.43 m^3 だったのに対し、単層林の場合は、10.18~14.64 m^3 であった。
- ② 伐木造材から集材までの1 m^3 当り総費用は、森林組合に作業委託した場合は7,410~8,734円で平均8,193円だったのに対し、その他の場合は平均4,773円であった。
- ③ 複層林の間伐における伐木造材作業・集材作業の作業設計をする際の目安として、作業標準時間を算出した。伐木造材作業では、移動距離13mで伐木造材1本当りの1サイクルは、アカマツ30cm上1230秒、カラマツ30cm上830秒とした。集材作業では、集材距離70mで1サイクル当り、リョウシン号5310秒(1回1.7 m^3)、ラジキャリ-670秒(1回0.2 m^3)とした。

1. はじめに

複層林の施業体系を確立するには、その基盤となる適正な伐出技術体系の確立が必須要件である。このため、複層林施業における作業条件、作業方法、作業能率等の把握・分析を行い、複層林に適した伐出技術確立のための基礎資料を得る。

2. 研究手法

(1) 試験地の設定

上記の資料を得るため、表-1のとおり試験地を6か所設けた。なお、このうち複層林は4か所、単層林は2か所である。

試験地の設定にあたっては、集材機種の異なるか所を選ぶとともに、地形などが同じ条件での複層林と単層林の作業能率を比較するため、当センター内に複層林(塩尻複)と単層林(塩尻単)の試験地を隣接して設けた。

(2) 調査研究の方法

複層林と単層林の間伐における、伐採から集材までの作業能率を比較するため、設計書にもとづき、6試験地の作業条件、伐採方法、作業方法等を調査するとともに、全作業工程について、時間測定を実施し分析した。

3. 研究の結果と考察

(1) 調査の結果

試験地の作業条件、伐採方法、作業方法、伐出諸経費、一日当り作業工程等は、表-1、表-2、表-3、表-4のとおりである。

時間測定結果は、表-5、表-6のとおりである。

ア 作業能率

(ア) 伐木造材作業

複層林での一人一日当りの作業量を見ると、表-4、表-5に示すとおり、伐採木の径級の大きい松川以外は、塩尻（複）、高森、平谷の3試験地とも、上木の伐採木胸高直径が15~27cmで、一日当りの作業量は、5.52~6.43m³とほとんど差がない。

しかしこの中で、上木がアカマツの高森は、かかり木が多かったため、若干作業能率が悪くなっている。

(イ) 木寄せ・集材作業

集材作業の作業能率のみから、一人一日当りの作業量を見ると、表-4に示すとおり、高森のドラムフリー方式の集材が秀れている。しかし、ドラムフリー方式、アクヤロープウインチのように、地上を引きずる集材方式は、下木及び地床の損傷が大きい。

イ 伐木から集材作業までの費用

各試験地の作業員の出身職場は、松川は林研グループ、塩尻（複）（単）は森林組合作業員を借用、高森、平谷、丸子は森林組合常用作業員である。伐木から集材までの1m³当りの総費用は、表-4に示すとおり、森林組合が行った高森、平谷、丸子試験地では、7,410円~8,734円で、この差は常用作業員の賃金単価の差にほぼ比例している。

(2) 作業標準時間の算出と考察

ア 伐木造材作業

6試験地の使用機械、作業条件がほぼ同じため、測定結果を樹種別、胸高直径別にまとめ、表-7に示した。

この表を見ると、アカマツ30cm上とヒノキ10~19cmは、かかり木処理に時間がかかっている。これはアカマツ30cm上は枝張りの広がりにより、ヒノキ10~19cmはこれまでの間伐不足により、かかり木になり易くなっていたためだが、伐倒準備の段階で、伐倒方向を検討することにより、時間のロスをかなり少なくすることができると思われる。

平均的な樹木の枝張り、間伐状況等を勘案し、移動距離を同じにして、表-8のとおり作業種別の作業標準時間を算出した。この時間は、表-7の測定結果をもとに算出しているので、かかり木処理の時間が大きくなっているが、この表よりも、伐倒方向を検討する伐倒準備時間がふえ、かかり木処理の時間が減れば、理想的な時間配分に一步近づくことになる。

イ 木寄せ・集材作業

木寄せ・集材作業時間の測定結果を、使用した集材機の機種別にまとめ、表-9に示した。

この表を見ると、道路沿いの平坦な集材距離の短いところではドラムフリー方式を、緩斜地の森林内ではリョウシン号を、車両のはいらない急傾斜地では、ラジキャリーを使用して、それぞれの機械の特長を活かした集材方式をとっているのが甲乙つけがたい。また、1人1日当りの集材作業量が2倍もあるドラムフリー方式は、この方式を採用できる場所が限られ、下木や地床の損傷も大きいという欠点もあり、現地に合った機械を選択する必要がある。

木寄せ・集材作業の実際の測定値である表-9を基礎に、集材距離を同じにし、作業条件をできるだけ近づけて、表-10のとおり集材機の機種別作業標準時間を算出した。この標準時間は、集材機種により木寄せ巾が異なり、作業条件も同一にできないが、現地に適応した集材設計をくむための目安として算出した。

4. まとめ

複層林に適した伐出技術を確立するための基礎資料を得るため、平成元年度から調査してきたが、複層林の間伐か所が少なく、6試験地しか設定できなかった。伐木造材作業については、使用する機械が同じため、表-8のとおり比較的容易に樹種別、胸高直径別の作業標準時間が算出できたが、木寄せ・集材作業では、地形等の作業条件によって使用する機械が異なるため、比較できず、標準時間の算出は難かしいが、種々の条件をつけて、現地に適応した集材設計をくむための目安として、表-10のとおり算出した。

集材機の種類が少なく、不十分な標準時間となったが、その他の表ともども事業の参考にしてもらえれば幸いである。

表-1 試験地の概要(作業条件)

| 林種 | 試験地名 | 設定場所 | 所有者 | 面積 | 地形 | | 林況 | | | | | | |
|-----|-------|---------|-----|------|----|------|----------------|--------------------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|
| | | | | | 傾斜 | 高低差 | 上木・下木 | 樹種 | 林令 | 平均胸高直径 | 平均樹高 | 立木本数 | 立木材積 |
| 複層林 | 松川 | 北安曇郡松川村 | 村有 | 0.30 | 5 | 3.2 | 上木 下木 | カラマツ ヒノキ | 60年 13 | 35.2cm 2.2 | 26.2m 2.7 | 267本/ha 1,450 | 305.0m ³ /ha 0.2 |
| | 塩尻(複) | 塩尻市片丘 | 県有 | 0.31 | 6 | 10.5 | 上木 下木 | アカマツ カラマツ他 | 28 3 | 18.0 根元2.1 | 14.8 1.6 | 691 792 | 119.8 - |
| | 高森 | 下伊那郡高森町 | 区有 | 0.22 | 6 | 8.2 | 上木 中木 下木 | アカマツ ヒノキ ヒノキ | 44 44 33 | 27.9 17.2 6.2 | 19.3 15.0 6.6 | 400 575 1,375 | 228.0 98.3 12.8 |
| | 平谷 | 下伊那郡平谷村 | 個人有 | 0.82 | 19 | 47.0 | 上木 下木 | カラマツ ヒノキ | 41 41 | 16.3 10.3 | 17.7 10.2 | 925 1,500 | 170.0 72.7 |
| 単層林 | 丸子 | 小県郡丸子町 | 町有 | 1.38 | 22 | 70.0 | 上木 下木 | カラマツ - | 41 - | 28.0 - | 23.2 - | 425 - | 304.0 - |
| | 塩尻(単) | 塩尻市片丘 | 県有 | 0.24 | 5 | 4.5 | 上木 下木 | アカマツ - | 37 - | 23.4 - | 16.8 - | 680 - | 250.4 - |

| 地利 | | 路網密度 | |
|---------|------------|--------------|-----------|
| 林道までの距離 | トラック運材距離 | 林道 | 作業道 |
| m 40 | km 21.5 | m/ha 76.4 | m/ha - |
| 102 | 7.0 | - | 124.7 |
| 21 | 10.0 | 141.0 | - |
| 83 | 43.4 | - | - |
| 60 | 22.0 | 31.6 | - |
| 84 | 7.0 | - | 124.3 |

表-2 試験地の概要 (伐採方法)

| 林種 | 試験地名 | 伐区面積 | 伐採方法 | 伐採形状 | 上木・下木 | 樹種 | 間伐伐採量 | | 間伐率 | |
|-----|-------|--------------------|------|------|----------------|--------------------|---------------|--------------------|-----------|-----------|
| | | | | | | | 本数 | 材積 | 本数 | 材積 |
| 複層林 | 松川 | 0.30 ^{ha} | 間伐 | 単木 | 上木 下木 | カラマツ ヒノキ | 23本 - | 24.25 - | % 28.8 | % 26.5 |
| | 塩尻(複) | 0.31 | 間伐 | 単木 | 上木 下木 | アカマツ カラマツ他 | 67 - | 11.36 - | 31.5 | 30.8 |
| | 高森 | 0.22 | 間伐 | 単木 | 上木 中木 下木 | アカマツ ヒノキ ヒノキ | 38 57 - | 20.86 9.75 - | 44.2 | 42.6 |
| | 平谷 | 0.82 | 間伐 | 単木 | 上木 下木 | カラマツ ヒノキ | 348 369 | 55.84 13.61 | 36.1 | 34.9 |
| 単層林 | 丸子 | 1.38 | 間伐 | 単木 | 上木 下木 | カラマツ - | 314 - | 142.46 - | 51.1 | 42.7 |
| | 塩尻(単) | 0.24 | 間伐 | 単木 | 上木 下木 | アカマツ - | 48 - | 13.76 - | 29.8 | 23.2 |

表-3 作業方法・人員・作業量等

| 林種 | 試験地名 | 伐木造材 | | | | 木寄せ | | | | |
|-----|-------|-----------------------|-------------------|---------------------|--------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| | | 配置人員 | 所要人工数 | 伐採量 | 使用機種 | 配置人員 | 所要人工数 | 木寄せ量 | 使用機種 | 木寄せ距離 |
| 複層林 | 松川 | (4) 2 ^人 | 1.40 ^人 | 24.25 ^{m³} | チェーンソー 4台 | (2) 1 ^人 | 0.59 ^人 | 11.90 ^{m³} | アキアローブ ウインチA | 25 ^m |
| | 塩尻(複) | (2) 1 | 2.00 | 11.36 | チェーンソー 2台 | (2) 0 | 0.66 | 10.50 | 人力 | 10 |
| | 高森 | (4) 4 | 5.55 | 30.61 | チェーンソー 4台 | (2) 1 | 0.22 | 6.00 | 人力 | 5 |
| | 平谷 | (3) 3 | 10.80 | 69.45 | チェーンソー 3台 | (2) 1 | 4.70 | 62.90 | 人力 | 上段35 下段25 |
| 単層林 | 丸子 | (3) 2 | 14.00 | 142.46 | チェーンソー 3台 | (1) 0 | 0.29 | 5.60 | ウインチ付 トラクター | 23 |
| | 塩尻(単) | (2) 1 | 0.94 | 13.76 | チェーンソー 2台 | (1) 0 | 0.44 | 12.66 | 人力 | 8 |

() は、実働人員

集材

| 配置人員 | 所要人工数 | 集材量 | 使用機種 | 集材距離 | スパン長 |
|-----------------------|-------------------|---------------------|---------------------------|-------------------|----------------|
| (6) 4 ^人 | 2.51 ^人 | 15.96 ^{m³} | リョウシン号 アキアローブ ウインチB | 29.3 ^m | - ^m |
| (2) 1 | 1.82 | 10.50 | ライガー GX-13 | 107.4 | - |
| (2) 2 | 1.84 | 21.30 | ドラムフリー 方式 | 15.0 | - |
| (3) 2 | 8.37 | 62.90 | ラジキャリア | 上段83.0 下段30.0 | 155 |
| (3) 2 | 19.71 | 105.50 | ウインチ付 トラクター | 118.0 | - |
| (2) 1 | 1.46 | 12.66 | ライガー GX-13 | 89.6 | - |

松川集材 リョウシン号11.90m³、アキアローブウインチB4.06m³

表-4 伐出諸経費等

| 林種 | 試験地名 | 労務費等 | | | | | | | |
|-----|-------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|---------------|-------------------------|
| | | 伐木造材 | | | | | | | |
| | | 作業量 | 所要人工数 | | | 単価 | 金額 | 単位作業量 当り金額 | 単位人工数 当り作業量 |
| 伐倒 | 造材 | | 小計 | | | | | | |
| 複層林 | 松川 | m ³ 24.25 | 人 0.39 | 人 1.01 | 人 1.40 | 円 17,000 | 円 23,800 | 円 981 | m ³ 17.32 |
| | 塩尻(複) | 11.36 | 0.49 | 1.51 | 2.00 | 12,000 | 24,000 | 2,113 | 5.68 |
| | 高森 | 30.61 | 3.43 | 2.12 | 5.55 | 15,000 | 83,250 | 2,720 | 5.52 |
| | 平谷 | 69.45 | 3.67 | 7.13 | 10.80 | 15,000 | 162,000 | 2,333 | 6.43 |
| 単層林 | 丸子 | 142.46 | 4.30 | 9.70 | 14.00 | 17,480 | 244,720 | 1,718 | 10.18 |
| | 塩尻(単) | 13.76 | 0.25 | 0.69 | 0.94 | 12,000 | 11,280 | 820 | 14.64 |

| 労務費等 | | | | | | | | | |
|----------------|-------|--------|--------|---------------|----------------|----------------|-------|------|---------|
| 木寄せ | | | | | | 集材 | | | |
| 作業量 | 所要人工数 | 単価 | 金額 | 単位作業量 当り金額 | 単位人工数 当り作業量 | 作業量 | 所要人工数 | | |
| | | | | | | | 荷かけ | 荷おろし | その他土場作業 |
| m ³ | 人 | 円 | 円 | 円 | m ³ | m ³ | 人 | 人 | 人 |
| 11.90 | 0.59 | 17,000 | 10,030 | 843 | 20.17 | 15.96 | 0.85 | 0.20 | 1.10 |
| 10.50 | 0.66 | 12,000 | 7,920 | 754 | 15.91 | 10.50 | 0.72 | 0.42 | 0.19 |
| 6.00 | 0.22 | 15,000 | 3,300 | 550 | 27.27 | 21.30 | 0.58 | 0.62 | 0.54 |
| 62.90 | 4.70 | 15,000 | 70,500 | 1,121 | 13.38 | 62.90 | 0.53 | 0.96 | 5.01 |
| 5.60 | 0.29 | 17,480 | 5,069 | 905 | 19.31 | 105.50 | 5.17 | 3.17 | 9.67 |
| 12.66 | 0.44 | 12,000 | 5,280 | 417 | 28.77 | 12.66 | 0.61 | 0.41 | 0.13 |

注：平谷その他土場作業5.01人には架設、撤去3.00人を含む。

| 労務費等 | | | | | | | | | | 収支等 | | |
|-------------|-------------|--------|---------|---------------|----------------|--------|---------|----------------|-----------------------|-----------|---------------------|-----------------------------|
| 集材 | | | | | | 所要人工数計 | 金額計 | 単位集材 量当り金額計 | 単位総所要 人工数当り 集材量 | 販売価格 | 伐木～集 材までの 総費用 | 1 m ³ 当り の総費用 |
| 所要人工数 運転 | 所要人工数 小計 | 単価 | 金額 | 単位作業量 当り金額 | 単位人工数 当り作業量 | | | | | | | |
| 人 | 人 | 円 | 円 | 円 | m ³ | 人 | 円 | 円 | 円 | 円 | 円 | |
| 0.36 | 2.51 | 17,000 | 42,670 | 2,674 | 6.36 | 4.50 | 76,500 | 4,793 | 3.55 | 216,396 | 84,257 | 5,279 |
| 0.49 | 1.82 | 12,000 | 21,840 | 2,080 | 5.77 | 4.48 | 53,760 | 5,120 | 2.34 | 82,560 | 62,043 | 5,909 |
| 0.10 | 1.84 | 15,000 | 27,600 | 1,296 | 11.58 | 7.61 | 114,150 | 5,359 | 2.80 | 278,363 | 166,607 | 7,822 |
| 1.87 | 8.37 | 15,000 | 125,550 | 1,996 | 7.51 | 23.87 | 358,050 | 5,692 | 2.64 | 1,111,191 | 466,093 | 7,410 |
| 1.70 | 19.71 | 17,480 | 344,531 | 3,266 | 5.35 | 34.00 | 594,320 | 5,633 | 3.10 | 2,057,250 | 921,447 | 8,734 |
| 0.31 | 1.46 | 12,000 | 17,520 | 1,384 | 8.67 | 2.84 | 34,080 | 2,692 | 4.46 | 101,280 | 40,426 | 3,193 |

注：総費用は労務費、機械償却費、修理費、燃料費、各種保険料の合計で、トラック運賃、手数料は含まない。

表-5 作業能率（時間観測）-伐木造材作業

| 林種 | 試験地名 | 観測 サイクル | 作業条件平均 | | | | | | |
|-----|-------|------------|---------|-------------|-------------|------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | | | 伐造作業組人員 | 伐造作業地傾斜 | 樹種 | 人・天別 | 胸高直径 | 樹高 | 移動距離 |
| 複層林 | 松川 | 5回 | 4人 | 5度 | カラマツ | 人 | 35.0 ^{cm} | 26.2 ^m | 22.6 ^m |
| | 塩尻(複) | 10 | 2 | 6 | アカマツ | 人 | 16.6 | 14.3 | 10.4 |
| | 高森 | 95 | 4 | 6 | アカマツ ヒノキ | 天下種 | 27.6 17.2 | 19.0 15.0 | 13.3 |
| | 平谷 | 717 | 3 | 19 | カラマツ ヒノキ | 人 | 15.4 9.4 | 16.9 9.3 | 11.8 |
| 単層林 | 丸子 | 6 | 3 | 25 造材地平地 | カラマツ | 人 | 22.0 | 20.4 | 15.5 |
| | 塩尻(単) | 48 | 2 | 5 | アカマツ | 人 | 20.3 | 16.5 | 18.0 |

時間観測1サイクル平均（単位：秒）

| 移動時間 | 伐倒準備 | 伐倒 | かかり木処理 | 枝払い | 測尺 | 玉切り | その他 待ち時間 | 1本当り 計 |
|------|------|------|--------|-------|------|------|-------------|-----------|
| 36 | 42 | 104 | 31 | 179 | 49 | 234 | 98 | 773 |
| 15 | 27 | 35 | 9 | 123 | 35 | 108 | 115 | 467 |
| 20 | 52 | 53 | 506 | 206 | 81 | 104 | 55.6 | 1,077.6 |
| 24.4 | 27 | 29.8 | 43.3 | 79.1 | 36.9 | 78.8 | 19.4 | 338.7 |
| 27 | 27 | 67 | - | 99 | 38 | 78 | 58 | 394 |
| 32.5 | 33.9 | 38.5 | 24.2 | 129.1 | 29.1 | 113 | 26.9 | 427.2 |

表-6 作業能率（時間観測）-集材作業（木寄せ含む）

| 林種 | 試験地名 | 観測 サイクル | 作業条件平均 | | | | | | | |
|-----|-------|------------|-------------|-------------------|-------------------|----------|-------------------|-------------------|------------------|-----------|
| | | | 集材作業 組人員 | 木寄せ 距離 | 集材 距離 | 集材 勾配 | 集材 本数/回 | 積載量 | 材長 | 全幹 普通別 |
| 複層林 | 松川 | 7回 | 4.5人 | 25.0 ^m | 29.3 ^m | 4度 | 10.0 ^本 | 1.7 ^{m³} | 4.0 ^m | 普通 |
| | 塩尻(複) | 10 | 2 | 10.0 | 107.3 | 6 | 16.3 | 0.46 | 2.0 | 普通 |
| | 高森 | 99 | 2.3 | 5.0 | 15.0 | 6 | 2.9 | 0.22 | 2.0~ 4.0 | 普通 |
| | 平谷 | 323 | 3 | 31.7 | 65.3 | 19 | 4.6 | 0.2 | 4.0 | 普通 |
| 単層林 | 丸子 | 5 | 3 | 23.0 | 118.0 | 18 | 7.6 | 2.3 | 17.4 | 全幹 |
| | 塩尻(単) | 20 | 2 | 8.0 | 89.6 | 5 | 15.8 | 0.63 | 2.0 | 普通 |

注：集材作業組人員は、配置、実働人員でなく、同時に木寄せ、集材作業を組む人員の平均。

時間観測1サイクル平均（単位：秒）

| 空走行 | 引込み | 荷かけ | 木寄せ | 積込み | 実走行 | 荷おろし | 桧積 | 土場作業 待ち | その他 待ち時間 | 1サイクル 計 |
|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------------|------------|
| 77 | - | 1,461 | 266 | 2,524 | 86 | 591 | - | 210 | 249 | 5,464 |
| 185 | - | - | 529 | 577 | 208 | 339 | - | 23 | 127 | 1,988 |
| - | 42.5 | 120.4 | 46.7 | - | 20.7 | 128.5 | - | 41.9 | 28.2 | 428.9 |
| 71.4 | - | 38 | 338.9 | - | 63.1 | 69.5 | 75.2 | 30 | 40 | 726.1 |
| 204 | - | 1,116 | 63 | - | 162 | 684 | 1,668 | 378 | 39 | 4,314 |
| 152.6 | - | - | 426.2 | 588.3 | 146.9 | 401.9 | - | 7.6 | 122.4 | 1,845.9 |

表-7 間伐伐木造材作業樹種別・胸高直径別作業能率測定結果

| 林種 | 観測 サイクル | 伐木造材 使用機械 | 作業条件平均 | | | | | |
|-----|------------|--------------|-------------|-------------|--------|-----------|-----------|-----------|
| | | | 伐造作業 組人員 | 伐造作業 地傾斜 | 樹種(上木) | 胸高直径 | 樹高 | 移動距離 |
| 複層林 | 4回 | チェーンソー | 4人 | 5.8度 | アカマツ | 30上 cm | 21.5 m | 14.8 m |
| | 1 | 〃 | 4 | 6.0 | 〃 | 20~29 | 18.5 | 13.0 |
| | 10 | 〃 | 2 | 6.0 | 〃 | 10~19 | 14.3 | 10.4 |
| | 4 | チェーンソー | 4 | 5.0 | カラマツ | 30上 | 26.0 | 25.8 |
| | — | 〃 | — | — | 〃 | 20~29 | — | — |
| | 5 | 〃 | 3 | 19.0 | 〃 | 10~19 | 17.2 | 12.4 |
| | 2 | チェーンソー | 4 | 6.0 | ヒノキ | 20~29 | 15.8 | 13.0 |
| | 7 | 〃 | 3.6 | 11.6 | 〃 | 10~19 | 13.4 | 10.7 |
| | 2 | 〃 | 3 | 19.0 | 〃 | 9下 | 8.3 | 13.0 |
| 単層林 | 5 | チェーンソー | 2 | 5.0 | アカマツ | 20~29 | 16.9 | 8.6 |
| | 5 | 〃 | 2 | 5.0 | 〃 | 10~19 | 16.4 | 9.8 |
| | 1 | チェーンソー | 3 | 22.0 | カラマツ | 30上 | 24.0 | 6.0 |
| | 3 | 〃 | 3 | 26.0 | 〃 | 20~29 | 19.8 | 21.0 |
| | 2 | 〃 | 3 | 27.0 | 〃 | 10~19 | 19.5 | 12.0 |

時間観測1サイクル平均(単位:秒)

| 移動時間 | 伐倒準備 | 伐倒 | かかり木 処理 | 枝払い | 測尺 | 玉切り | その他 待ち時間 | 1本当り 計 |
|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|------------|-------------|-------------|
| (2) 21.3 | (6) 80.0 | (7) 97.5 | (45) 590.3 | (18) 242.5 | (5) 72.5 | (12) 155.0 | (5) 61.7 | (100)1320.8 |
| (4) 20.0 | (6) 30.0 | (8) 40.0 | — | (42) 220.0 | (9) 50.0 | (21) 110.0 | (10) 55.6 | (100) 525.6 |
| (3) 15.2 | (6) 27.0 | (7) 34.4 | (2) 9.0 | (26) 122.9 | (8) 35.1 | (23) 108.4 | (25) 115.0 | (100) 467.0 |
| (5) 41.8 | (6) 45.0 | (13)105.0 | (4) 31.0 | (23) 183.8 | (6) 48.7 | (30) 232.5 | (13) 102.5 | (100) 790.3 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| (5) 20.0 | (8) 28.0 | (10) 37.0 | (18) 67.0 | (20) 76.0 | (11) 40.0 | (23) 86.0 | (5) 19.4 | (100) 373.4 |
| (3) 20.0 | (5) 30.0 | (6) 40.0 | (11) 75.0 | (37) 245.0 | (13) 85.0 | (17) 115.0 | (8) 55.6 | (100) 665.6 |
| (2) 17.9 | (4) 30.0 | (4) 28.6 | (50) 383.6 | (16) 118.6 | (9) 65.7 | (10) 78.6 | (5) 40.1 | (100) 763.1 |
| (8) 20.0 | (13) 30.0 | (7) 17.5 | — | (25) 60.0 | (12) 30.0 | (27) 65.0 | (8) 19.4 | (100) 241.9 |
| (4) 21.2 | (6) 26.8 | (9) 42.2 | (14) 65.2 | (28) 133.0 | (7) 33.2 | (26) 121.0 | (6) 26.9 | (100) 469.5 |
| (5) 19.0 | (5) 17.6 | (7) 26.2 | (7) 25.8 | (33) 124.0 | (7) 24.4 | (29) 109.6 | (7) 26.9 | (100) 373.5 |
| (2) 10.0 | (6) 30.0 | (18) 90.0 | — | (23) 120.0 | (9) 45.0 | (23) 120.0 | (19) 100.0 | (100) 515.0 |
| (10) 36.7 | (7) 26.7 | (16) 63.3 | — | (25) 98.3 | (9) 36.7 | (19) 73.3 | (14) 53.3 | (100) 388.3 |
| (6) 20.0 | (7) 25.0 | (18) 60.0 | — | (26) 90.0 | (11) 37.5 | (19) 65.0 | (13) 45.0 | (100) 342.5 |

注1 間伐率(本数) 複層林28.8~44.2% 単層林29.8~51.1%

注2 時間観測欄()内は1サイクルの構成比(%)

表－8 間伐伐木造材作業樹種別・胸高直径別作業標準時間

| 林種 | 伐木造材 使用機械 | 作業条件 | | | | | |
|-----|--------------|-------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|-----------------|
| | | 伐造作業 組人員 | 伐造作業 地傾斜 | 樹種(上木) | 胸高直径 | 樹高 | 移動距離 |
| 複層林 | チェーンソー | 3~4人 | 6度 | アカマツ | 30上 ^{cm} | 21 ^m | 13 ^m |
| | 〃 | 3~4 | 6 | 〃 | 20~29 | 18 | 13 |
| | 〃 | 3~4 | 6 | 〃 | 10~19 | 14 | 13 |
| | チェーンソー | 3~4 | 6 | カラマツ | 30上 | 24~26 | 13 |
| | 〃 | 3~4 | 6 | 〃 | 20~29 | 21 | 13 |
| | 〃 | 3~4 | 6 | 〃 | 10~19 | 17 | 13 |
| | チェーンソー | 3~4 | 6 | ヒノキ | 20~29 | 16 | 13 |
| | 〃 | 3~4 | 6 | 〃 | 10~19 | 13 | 13 |
| | 〃 | 3~4 | 6 | 〃 | 9下 | 8 | 13 |
| 単層林 | チェーンソー | 3~4 | 6 | アカマツ | 20~29 | 18 | 13 |
| | 〃 | 3~4 | 6 | 〃 | 10~19 | 14 | 13 |
| | チェーンソー | 3~4 | 6 | カラマツ | 30上 | 24~26 | 13 |
| | 〃 | 3~4 | 6 | 〃 | 20~29 | 21 | 13 |
| | 〃 | 3~4 | 6 | 〃 | 10~19 | 17 | 13 |

1サイクル作業時間(単位:秒)

| 移動時間 | 伐倒準備 | 伐倒 | かかり木 処理 | 枝払い | 測尺 | 玉切り | その他 待ち時間 | 1本当り 計 |
|--------|--------|----------|------------|----------|--------|----------|-------------|-------------|
| (2) 20 | (6) 80 | (8) 100 | (41) 500 | (19) 240 | (6) 70 | (13) 160 | (5) 60 | (100) 1,230 |
| 20 | 40 | 45 | 300 | 225 | 50 | 130 | 60 | 870 |
| 20 | 30 | 40 | 150 | 130 | 40 | 110 | 60 | 580 |
| (2) 20 | (6) 45 | (12) 100 | (24) 200 | (23) 190 | (7) 55 | (19) 160 | (7) 60 | (100) 830 |
| 20 | 35 | 45 | 150 | 150 | 50 | 120 | 60 | 630 |
| 20 | 30 | 40 | 100 | 80 | 40 | 90 | 60 | 460 |
| 20 | 35 | 40 | 150 | 250 | 80 | 115 | 60 | 750 |
| 20 | 30 | 35 | 100 | 120 | 65 | 80 | 60 | 510 |
| 20 | 30 | 25 | 50 | 60 | 30 | 65 | 60 | 340 |
| 20 | 30 | 45 | 120 | 155 | 40 | 130 | 60 | 600 |
| 20 | 20 | 40 | 60 | 130 | 30 | 110 | 60 | 470 |
| (3) 20 | (6) 35 | (15) 90 | (17) 100 | (20) 120 | (7) 45 | (22) 130 | (10) 60 | (100) 600 |
| 20 | 30 | 45 | 60 | 100 | 40 | 85 | 60 | 440 |
| 20 | 25 | 40 | 30 | 80 | 40 | 75 | 60 | 370 |

注1 間伐率(本数) 30~40%

2 作業時間欄()内は1サイクルの構成比(%)

表-9 間伐集材作業(木寄せ含む)作業能率測定結果

| 林種 | 観測 サイクル | 木寄せ 機種種 | 集材 機種種 | 作業条件平均 | | | | | | | |
|-----|------------|----------------|--------------------------|-------------|-----------|----------------|-------------------|-----------|------------------|-----------------------------|---------|
| | | | | 集材作業 組人員 | 地形傾斜 度 | 木寄せ 距離 m | 木寄せ 上荷・下荷 % | 集材距離 m | 集材 上荷・下荷 % | 積載量 /回 m ³ | 材長 m |
| 複層林 | 7 | アクヤロー プウインチ | アクヤロー プウインチ リョウソン号 | 人 4.5 | 度 5 | m 25.0 | % 50:50 | m 29.3 | % 50:50 | m ³ 1.7 | m 4 |
| | 10 | 人力 | ライガー | 2 | 6 | 10.0 | 50:50 | 107.3 | 上荷 100 | 0.46 | 2 |
| | 99 | 人力 | ドラムフ リー方式 | 2.3 | 6 | 5.0 | 50:50 | 15.0 | 下荷 100 | 0.22 | 2~4 |
| | 323 | 人力 | ラジキャリー | 3 | 19 | 31.7 | 下荷 100 | 65.3 | 下荷 100 | 0.2 | 4 |
| 単層林 | 5 | ウインチ付 トラクター | ウインチ付 トラクター | 3 | 22 | 23.0 | 下荷 100 | 118.0 | 下荷 100 | 2.3 | 17.4 |
| | 20 | 人力 | ライガー | 2 | 5 | 8.0 | 50:50 | 89.6 | 下荷 100 | 0.63 | 2 |

| 時間観測1サイクル平均(単位:秒) | | | | | | | | | | |
|-------------------|------|---------|-------|---------|-------|-------|---------|------------|-------------|------------|
| 空走行 | 引込み | 荷かけ | 木寄せ | 積込み | 実走行 | 荷おろし | 極積 | 土場 作業待ち | その他 待ち時間 | 1サイクル 計 |
| 77.0 | - | 1,461.0 | 266.0 | 2,524.0 | 86.0 | 591.0 | - | 210.0 | 249.0 | 5,464.0 |
| 185.0 | - | - | 529.0 | 577.0 | 208.0 | 339.0 | - | 23.0 | 127.0 | 1,988.0 |
| - | 42.5 | 120.4 | 46.7 | - | 20.7 | 128.5 | - | 41.9 | 28.2 | 428.9 |
| 71.4 | - | 38.0 | 338.9 | - | 63.1 | 69.5 | 75.2 | 30.0 | 40.0 | 726.1 |
| 204.0 | - | 1,116.0 | 63.0 | - | 162.0 | 684.0 | 1,668.0 | 378.0 | 39.0 | 4,314.0 |
| 152.6 | - | - | 426.2 | 588.3 | 146.9 | 401.9 | - | 7.6 | 122.4 | 1,845.9 |

| 1 m ³ 当り 所要人工数 | 1人1日当り 作業量 |
|------------------------------|------------------------|
| 人 0.1942 | m ³ 5.15 |
| 0.2362 | 4.23 |
| 0.0967 | 10.34 |
| 0.2078 | 4.81 |
| 0.1896 | 5.28 |
| 0.1501 | 6.66 |

表-10 間伐集材作業（木寄せ含む）集材機種別作業標準時間

| 林種 | 木寄せ機種 | 集材機種 | 作業条件 | | | | | | | |
|-----|------------|------------------|---------|----------|---------|----------------|---------|--------------------|-----------------------|--------|
| | | | 集材作業組人員 | 地形傾斜 | 木寄せ距離 | 木寄せ上荷：下荷 | 集材距離 | 集材上荷・下荷 | 積載量／回 | 材長 |
| 複層林 | アクヤローブウインチ | アクヤローブウインチリョウシン号 | 人 3 | 度 5～9 | m 25 | % 横移動 平坦 | m 70 | % ほぼ平坦 50：50 | m ³ 1.7 | m 4 |
| | 人力 | ライガー | 2～3 | 5～9 | 10 | 横移動 平坦 | 70 | ほぼ平坦 50：50 | 0.46 | 2 |
| | 人力 | ドラムフリー方式 | 2～3 | 5～9 | 5 | 横移動 平坦 | 70 | ほぼ平坦 50：50 | 0.22 | 4 |
| | 人力 | ラジキャリア | 3 | 5～9 | 30 | 下荷100 | 70 | 下荷 100 | 0.2 | 4 |

1 サイクル作業時間（単位：秒）

| 空走行 | 引込み | 荷かけ | 木寄せ | 積込み | 実走行 | 荷おろし | 土場作業待ち | その他待ち時間 | 1 サイクル計 |
|-----|-----|-------|-----|-------|-----|------|--------|---------|---------|
| 180 | — | 1,460 | 260 | 2,520 | 210 | 590 | 30 | 60 | 5,310 |
| 120 | — | — | 530 | 580 | 130 | 340 | 30 | 60 | 1,790 |
| — | 200 | 120 | 50 | — | 100 | 130 | 30 | 60 | 690 |
| 80 | — | 40 | 320 | — | 70 | 70 | 30 | 60 | 670 |

注：木寄せ距離は、集材機種により木寄せ巾が変わり同一にできないため、試験調査地の平均距離を使用した。

複層林施業の伐出に伴う下木・地床の損傷

遊 橋 洪 基

要 旨

- ① 複層林の間伐における伐倒時の下木の損傷は、上木がアカマツの場合、損傷率30～30.7%と被害が大きかった。
- ② 上木がカラマツで、下木が上木の下枝近くにまで達しておれば、伐倒時の下木の損傷は、2.7%と被害が小さかった。
- ③ 1人1日当りの集材作業量が、他の試験地に比し、約2倍もあるドラムフリー方式は、下木、地床の損傷が大きかった。

1. はじめに

複層林の施業体系を確立するには、その基盤となる適正な伐出技術体系の確立が必須条件である。このため、複層林施業における作業条件、作業方法、下木の損傷等の把握・分析を行い、複層林に適した伐出技術確立のための基礎資料を得る。

2. 研究手法

(1) 試験地の設定

上記の資料を得るため、前章の表-1のとおり試験地を6か所設けた。なお、このうち下木、地床の損傷等の調査を実施したのは、複層林の4か所である。

(2) 調査研究の方法

複層林と単層林の間伐における、伐採から集材までの作業能率を比較するため、設計書にもとづき、6試験地の作業条件、伐採方法、作業方法等を調査するとともに、全作業工程について、時間測定を実施した。同時に、複層林の4試験地において、伐倒時、木寄せ時、集材時における、下木、地床の損傷状況を調査し分析するとともに、一部について1年後、2年後の回復状況を調査した。

3. 研究の結果と考察

(1) 調査の結果

試験地の作業条件、作業方法、時間測定結果等は、前章の表-1～表-6のとおりである。

下木、地床の損傷等の調査結果は、表-11～表-14のとおりである。

ア 伐出に伴う下木の損傷

(ア) 伐倒時の損傷

伐倒時の損傷状況をみると、表-11に示すとおり、アカマツが上木の場合は、塩尻（複）、高森の両試験地とも下木の損傷率が30%をこえている。上木がカラマツの松川、平谷試験

地をみると、松川は下木のヒノキが13年生、平谷は下木のヒノキが、上木の下枝近くまで達した41年生で、損傷率もそれぞれ8.1%、2.7%と小さい。

(イ) 集材時の損傷

集材時の損傷状況をみると、表-3、表-11、表-12に示すとおり、ドラムフリー方式を採用した高森試験地の下木の損傷が大きい。

また、一部アクヤロープウインチを採用した松川試験地は、損傷率は小さいが、根返りが見受けられた。

イ 損傷木の回復

損傷木の回復状況を、表-13に示すとおり、塩尻（複）、高森の両試験地で調査した。両試験地とも上木がアカマツで損傷が大きかったが、塩尻（複）は下木がカラマツで若齢のためか回復が早く、一夏経過で、被害の軽い程度1の損傷はなくなった。しかし、高森は損傷を受けた中木、下木がともにヒノキで、林齢もそれぞれ44年、33年生のためか、回復が遅れていた。

ウ 地床の損傷

地床の損傷状況は、表-14に示すとおりで、集材にドラムフリー方式を採用した高森試験地、一部アクヤロープウインチを採用した松川試験地の損傷が大きかった。

(2) 考察

複層林の間伐は、調査結果で説明したとおり、上木がアカマツの場合は、伐倒時の下木の損傷が大きく難しい。上木がカラマツの場合、下木の樹高が上木の下枝近くにまで達していると、損傷も少ない。このことから、複層林の間伐は、下木の樹高が一定の高さに達してから行えば、下木の被害も少なく済むと思われる。また、集材の場合、ドラムフリー方式、アクヤロープウインチ等の地上を引きずる方式は、下木の根返りの被害が大きく、地床の損傷も大きい。集材の能力は高いが、一考を要することである。

4. まとめ

複層林に適した伐出技術を確立するための基礎資料を得るため、平成元年度から調査してきたが、複層林の間伐か所が少なく、6試験地しか設定できなかった。

このうち、下木、地床の損傷等の調査を実施したのは、複層林の4か所、回復状況の調査は2か所である。調査か所が少なく不十分な調査であったが、表-11～表-14と考察の中で説明したとおり、アカマツを上木とする間伐の難かしさ、集材能力は高いが、ドラムフリー方式等、地上を引きずる集材方式による下木、地床の損傷の大きさ等、今後の事業設計の参考にしてもらえれば幸いである。

表-11 伐出に伴う下木等の損傷 - 作業時点別損傷状況

| 試験地名 | 伐区面積 | 上 木 | | | | 下 木 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|------------|------|---------|---------|--------|------------------|------------|----------|----------|--------------|----------|---------|---------|---------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--|--|
| | | 樹種 | 総本数 | 伐倒本数 | 損傷木 | 樹種 | 総本数 | 伐倒本数 | 伐倒時 | | | | | | | 木寄せ時 | | | | | | |
| | | | | | | | | | 損傷木 | 損傷率 | 損傷程度 | | | | 損傷木 | 損傷率 | 損傷程度 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
| 松川 | ha 0.30 | カラマツ | 本 80 | 本 23 | 本 0 | ヒノキ | 本 468 | 本 - | 本 38 | % 8.1 | 本 11 | 本 6 | 本 19 | 本 2 | 本 2 | % 0.4 | 本 2 | 本 - | 本 - | 本 - | | |
| 塩尻 (複) | 0.31 | アカマツ | 213 | 67 | 0 | カラマツ 他 | 244 | - | 75 | 30.7 | 16 | 16 | 24 | 19 | 3 | 1.2 | 3 | - | - | - | | |
| 高森 | 0.22 | アカマツ | 88 | 38 | 0 | (中)ヒノキ (下)ヒノキ | 127 303 | 57 83 | 18 66 | 25.7 30.0 | 18 15 | - 10 | - 7 | - 34 | - | - | - | - | - | - | | |
| 平谷 | 0.82 | カラマツ | 758 | 348 | 0 | ヒノキ | 1,230 | 369 | 23 | 2.7 | 10 | 5 | 4 | 4 | - | - | - | - | - | | | |

| 下 木 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------------|----------|---------|---------|---------|
| 集材時 | | | | | | その他時 | | | | | | 計 | | | | | |
| 損傷木 | 損傷率 | 損傷程度 | | | | 損傷木 | 損傷率 | 損傷程度 | | | | 損傷木 | 損傷率 | 損傷程度 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | 1 | 2 | 3 | 4 | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 本 8 | % 1.7 | 本 4 | 本 2 | 本 - | 本 2 | 本 - | % - | 本 - | 本 - | 本 - | 本 - | 本 48 | % 10.3 | 本 17 | 本 8 | 本 19 | 本 4 |
| 6 | 2.5 | 1 | - | 1 | 4 | - | - | - | - | - | - | 84 | 34.4 | 20 | 16 | 25 | 23 |
| 11 17 | 15.7 7.7 | 6 6 | 5 - | - 4 | - 7 | - | - | - | - | - | - | 29 83 | 41.4 37.7 | 24 21 | 5 10 | - 11 | - 41 |
| 7 | 0.8 | 3 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | 30 | 3.5 | 13 | 7 | 6 | 4 |

表-12 伐出に伴う下木等の損傷 - 損傷形態

| 試験地名 | 上 木 | | 下 木 | | | |
|-------|--------|--------------|----------|----------|---------|------------------|
| | 損傷木 | 損傷木 | 損傷形態 | | | |
| | | | 樹皮はく離 | 枝折れ | 幹折れ | 傾斜 |
| 松川 | 本 0 | 本 48 | 本 17 | 本 2 | 本 24 | 本 5 (内根返り3) |
| 塩尻(複) | 0 | 84 | 29 | 1 | 54 | 0 |
| 高森 | 0 | 中木29 下木83 | 11 10 | 18 15 | 0 39 | 0 19 (内根返り10) |
| 平谷 | 0 | 30 | 6 | 10 | 8 | 6 |

表-13 損傷木の回復状況

| 試験地名 | 伐区面積 | 上 木 | | 下 木 | | | | | | | | | |
|------------|------------|--------|-----------------|-------|---------|----------------|--------|---------|------------|-------------------------------|---------------|---------------|--------|
| | | 損傷木 | 中 木 ・ 下 木 | 損 傷 木 | | 1年後（1夏経過）の生育状況 | | | | | 1夏経過 損傷木本数 | 2夏経過 損傷木本数 | |
| | | | | 程 度 | 本 数 | 枯 死 | 生 育 良 | 回 復 | 作業時 のまま | 重 軽 程 度 か ら の 変 動 | | | |
| 塩 尻 (複) | ha 0.31 | 本 0 | 下 木 | 1 | 本 20 | 本 - | 本 - | 本 20 | 本 - | 本 - | 本 -20 | 本 0 | 本 0 |
| | | | | 2 | 16 | - | - | 9 | 7 | -9, +1 | 8 | 6 | |
| | | | | 3 | 25 | - | - | 12 | 13 | -12 | 13 | 4 | |
| | | | | 4 | 23 | 19 | - | - | 4 | | 23 | 21 | |
| 高 森 | 0.22 | 0 | 中 木 | 1 | 24 | - | - | 4 | 20 | -4 | 20 | | |
| | | | | 2 | 5 | - | - | - | 5 | | 5 | | |
| | | | | 3 | 0 | - | - | - | - | | 0 | | |
| | | | | 4 | 0 | - | - | - | - | | 0 | | |
| | | | 下 木 | 1 | 21 | - | - | 4 | 17 | -4 | 17 | | |
| | | | | 2 | 10 | - | - | - | 10 | | 10 | | |
| | | | | 3 | 11 | 1 | 4 | - | 6 | -5 | 6 | | |
| | | | | 4 | 41 | 38 | - | - | 3 | +5 | 46 | | |

表-14 伐出に伴う林地の攪乱

| 試験地名 | 軽 度 | 中 度 | 重 度 | 被害なし | 計 |
|-------|-------------------|-------------------|------------------|----------------------|----------------------|
| 松 川 | 30 m ² | 30 m ² | - m ² | 2,940 m ² | 3,000 m ² |
| 塩尻(複) | 36 | - | - | 3,045 | 3,081 |
| 高 森 | 40 | 60 | - | 2,100 | 2,200 |
| 平 谷 | 35 | - | - | 8,165 | 8,200 |