

ヒノキ漸伐林における終伐後の林分状況と造林費の推定 —金沢山国有林を事例として—

○ 信州大学農学部 4年 松井美希子
信州大学農学部 助教 斎藤仁志
信州大学農学部 教授 植木達人
南信森林管理署 業務グループ 総括森林整備官 藤井勝
南信森林管理署 諏訪南森林事務所 森林官 竹内智絵

要旨

ヒノキ林での終伐において労働生産性と伐出費、造林費を算出しました。労働生産性は $2.26\text{m}^3/\text{人日}$ 、伐出費は $16,271\text{円}/\text{m}^3$ となり、主伐に比べ労働生産性が低く伐出費は高額となりました。造林費は造林が必要な面積が削減されたことから、想定した造林案全てで皆伐一斉造林に比べ低額となりました。しかし、この林分からの販売収入では市場手数料や輸送費を考慮すると採算が取れないため、より低コストでの生産が必要なことが明らかとなりました。

はじめに

現在森林は、その多様な機能を活かした整備が求められおり、平成28年に制定された森林・林業基本計画（林野庁2016）でも推進されています。複層林施業の一種であり、本数調整により下層に天然更新を促す漸伐施業は、潔癖な保育や更新補助作業が必要でないことから（赤井1991）、皆伐施業に比べ造林費が削減できるとされています。しかし、下層に更新木が生育した状態での伐出作業となるため、皆伐施業に比べ作業効率が低下し、伐出費用が高額となった事例も報告されています（大塚2015）。伐出費と造林費を共に算出した事例はなく、採算性については明らかになっていません。

1 目的

本研究では、漸伐施業の最終段階である終伐を観測し、伐出費の算出に加え、終伐後の林分状況から造林費を算出することで、漸伐施業の採算性を検討しました。また、本調査地の終伐における課題・改善策を提示することを目的としました。

2 調査地概要と終伐の実施

(1) 調査地概要

調査地は長野県茅野市金沢山国有林1408林班に林小班です（図-1）。標高1,180m、平均傾斜17.7度、斜面方向は北東、土壌型はB(d)、林床にはコケが生育しており、下層には高密にヒノキの天然更新が発生しています（図-2）。

終伐時の伐採対象となるヒノキ（以下、上木）はhaあたり131本と疎であるのに対し、下層に更新したヒノキ（以下、下木）はhaあたり70,238本と高密である点が特徴です。終伐前の時点で上木は平均樹高18.83m、平均胸高直径39.66cm、平均幹材積 1.02m^3 、蓄積量 $140\text{m}^3/\text{ha}$ となっていました（表-3）。平均樹冠長率は70.54%、一方向の平均枝張り3.73mであり、樹冠が大きく、平均形状比が48.34%であることから、梢殺であると言えます。この林分において40m四方の方形調査プロットを設定しました。

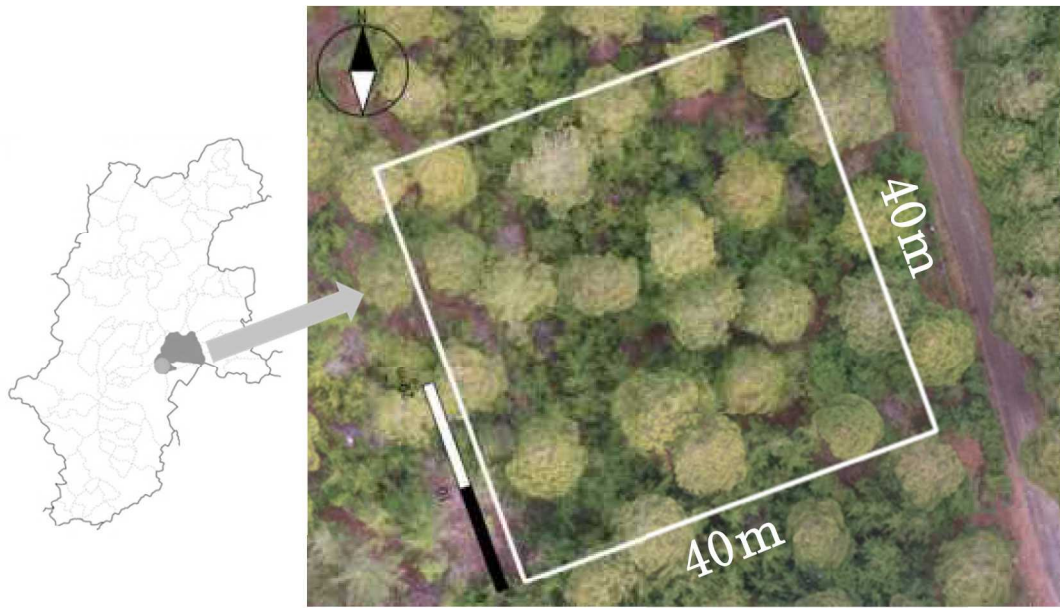


図-1 調査対象地（枠線は調査プロット）



図-2 調査地林分状況

表-1 調査地林分状況

	林齢 (年)	平均樹高 (m)	胸高直径 (cm)	樹冠長率 (%)	平均形状比 (%)	立木密度 (本/ha)
上木	83	18.83	39.66	70.54	48.34	131
下木	不明	1.4	未計測	未計測	未計測	70,238

(2) 終伐の実施

2016年12月15日、16日にプロット内22本とその上下(0.09ha)13本を対象とした試験的な終伐が行われました。伐倒・枝払いはチェーンソー、集材はウィンチ、もしくはグラップルによる直取り、造材はグラップルとチェーンソー、極積みはグラップルで行われました(図-3)。伐出作業は高密な下木が生育した状態で行われました(図-4)。



図-3 作業システム



図-4 伐出作業の様子

3 研究方法

(1) 研究全体の流れ

費用算出までの流れは以下の通りです。

1) 終伐前には、プロット内とその上下の上木、プロット内の下木について毎木調査を実施し、林分状況を把握しました。下木の毎木調査の際には20cm以上の個体のみを対象として、1m四方の小グリッド毎に区切り、樹高ランク（20cm以上50cm未満：Aランク，50cm以上100cm未満：Bランク，100cm以上200cm未満：Cランク，200cm以上：Dランク）の測定を行いました。

2) 終伐時には、工期調査を実施。作業の様子をビデオ録画し、録画データを時間解析することにより労働生産性を算出しました。また、工程ごとの労働生産性とシステム生産性から主作業費を求め、間接費と合わせて伐出費を算出しました。

3) 終伐後には、下木の損傷状態や枝条の分布を明らかにするために、終伐前の毎木調査と同様に、小グリッドに区切りながら、損傷の発生、枝条の有無を判断しました。調査結果から QGIS (Desktop2, 14, 14) を用いて林分状況を再現し、造林作業を実施する面積を抽出し、費用を算出しました。損傷の判断基準は以下の表のとおりです (表-2)。

表-2 損傷の判断基準

損傷区分	
傾斜・倒伏	樹幹が地面についているか幹全体が傾いているもの
梢端・幹折れ	梢端や幹が折れているもの
枝折れ25%以上	枝の25%以上が折れるか抜けるかしたもの
枝折れ25%以下	枝の25%未満が折れるか抜けるかしたもの
樹皮剥離	幹部分の樹皮が剥離され辺材部分がむき出しになったもの
枯れ・処理	枯れているもの、根元から人為的に刈り取られているもの
消失	枝条の下敷きになるなどして個体が確認できないもの

近藤ら (2005) を一部改変

(2) 造林費用までの流れ

終伐後の下木の本数の目安として、20cm 程度のものが 10,000 本/ha 以上に満たない場合は、補植が必要であると言われていています (河原 2001)。本研究ではまず、造林面積を算出するにあたり 1 本でも 20cm 以上の損傷していない下木 (以下、健全木) が生存しているグリッドを抽出しました。また、枝条があるグリッドについても抽出し、健全木の有無、枝条の有無、という 2 つに着目し、補植の必要性、枝条処理の必要性を判断しました。なお、枝条、健全木ともにグリッド単位のデータとなるため、造林作業が必要な面積も全てグリッド単位で算出することとしました。

補植の必要性の判断については、針葉樹の短期二段林では植栽本数 2,000 本~2,500 本が適当とされており (全国森林組合連合会 林業就業支援ナビ)、上・下木共にヒノキである複層林施業において、下木の植付け本数 2,500 本を基準とする (林野庁 1986)。との報告もあることから、2m 間隔で植え付ける、2,500 本植栽を想定しました。1 グリッドの大きさは縦 1m 横 1m であることから、健全木が存在しているグリッドの周囲 1m にある、隣接するグリッドは健全木が存在していなくても補植が必要でないと想定しました。また、枝条処理の必要性については補植が必要となったグリッドの内、枝条があるものに関して、枝条処理が必要と想定しました (図-5)。

なお、枝条の下敷きになっているグリッドに関しては、健全木が確認されていても、枝条片付け等の造林作業によって損傷する恐れや、調査時には損傷していないが今後、下木が生育していく段階で枝条に被圧され健全に生育できない可能性があることから、そのグリッド内に健全木はないとし、補植が必要な場合は補植グリッドとして扱うこととしました。

抽出した面積を単価と掛け合わせるにより、造林費用を算出しました。造林作業の内容につい

ては林分状況とこれまでの研究報告を参考にして6つのパターンを想定しました。

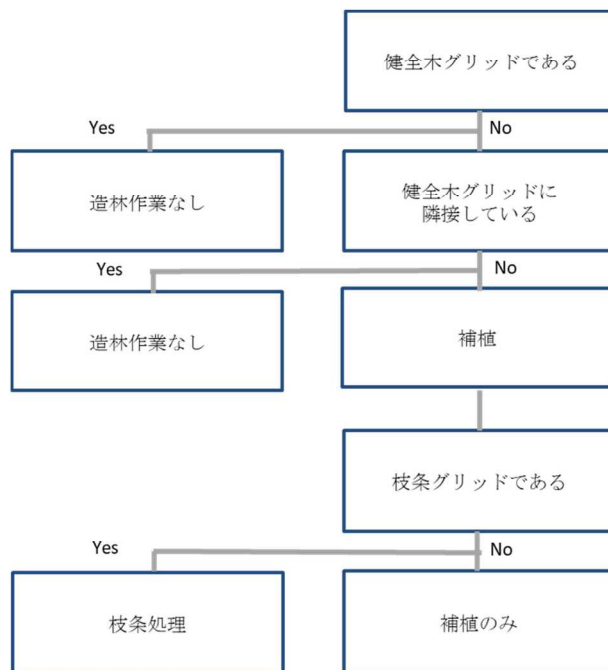


図-5 造林作業が必要なグリッドの判断基準

4 研究結果

(1) 終伐前後の林分状況

終伐前に 70,238 本/ha であった下木は終伐により損傷し、健全な個体のみで 47,594 本/ha に減少しました。損傷率は 32.24%、保残率は 67.76% となりました。終伐前後の林分状況の変化 (図-6) とグリッド毎の下木の本数密度 (図-7) は以下の図の通りです。

終伐前では、樹高ランクごとの本数は A (20cm~50cm) 3,055 本, B (50cm~100cm) 3,156 本, C (100cm~200cm) 2,808 本, D (200cm~) 2,219 本でした (図-8)。終伐後では健全木のみで, A2,088 本, B3,156 本, C2,808 本, D2,219 本に減少しました (図-9)。終伐前後で樹高ランク毎の本数の割合に変化はありませんでした。

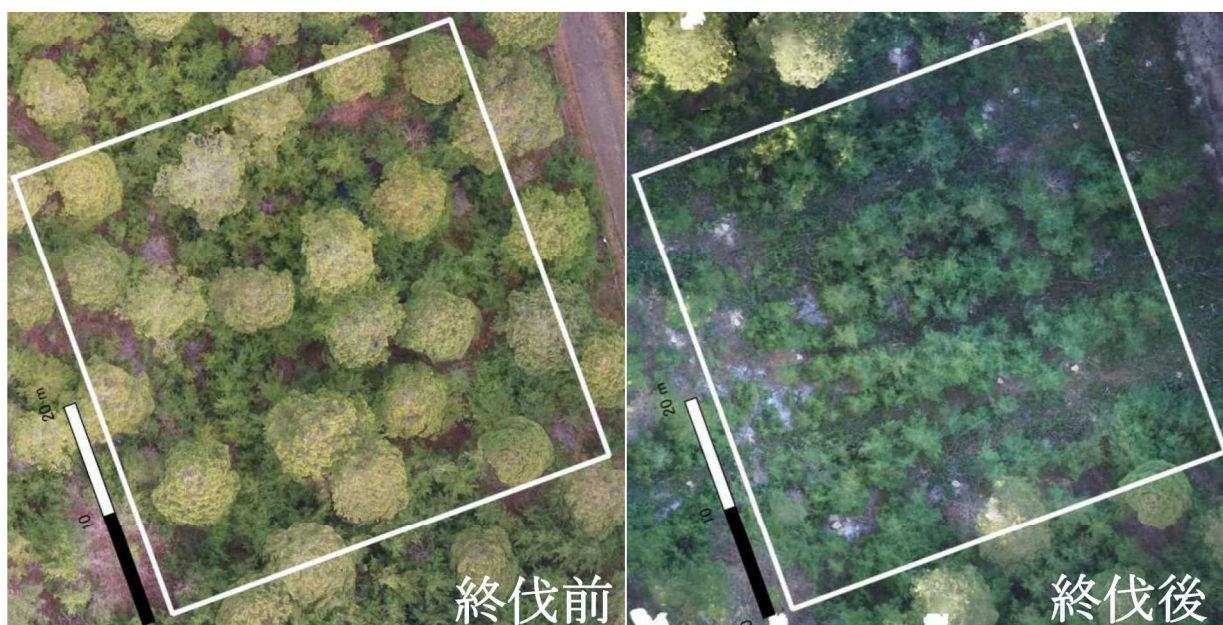


図-6 終伐前後の林分変化

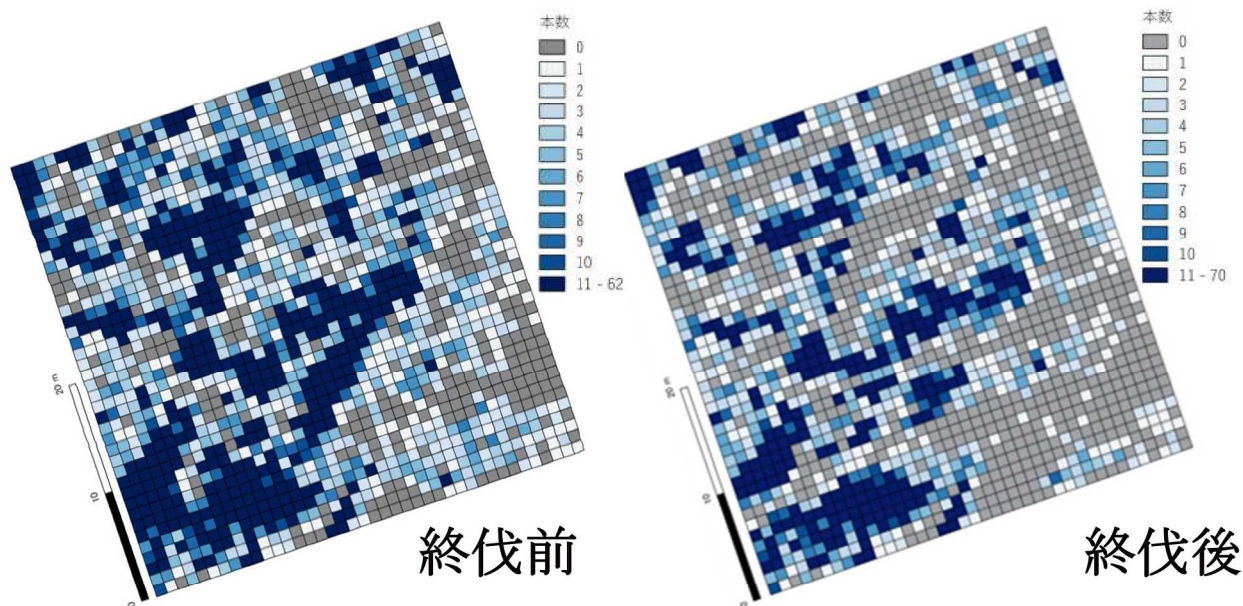


図-7 グリッド毎の下木の本数密度

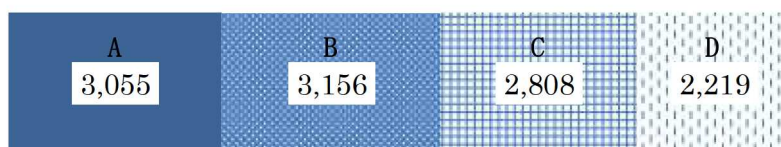


図-8 終伐前の樹高ランク別本数



図-9 終伐後の樹高ランク別本数

(2) 労働生産性と伐出費

作業時の録画データを時間解析した結果、労働生産性は2.26m³/人日となりました。また、主作業費は10,256円/m³、間接費は6,015円/m³となり、伐出費は16,271円/m³でした。これはヒノキ林で車両系機械を用いた場合での、主伐の平均労働生産性5.56m³/人日に比べ低く、主伐時の平均伐出費6,121円/m³に比べおよそ2.6倍も高額という結果でした。

表-3 作業ごとの生産性と労働生産性

作業工程	作業機械	作業人員	サイクル数	生産性 (m ³ /時)
伐倒	チェーンソー	1	23	3.66
枝払い	チェーンソー	1	23	3.92
集材	ウィンチ	2	20	1.86
	グラップル	1	3	7.77
造材	チェーンソー	2	23	1.59
桧積み	グラップル	1	35	9.41
労働生産性 (m ³ /人日)			合計	2.26

(3) 造林面積

造林費を算出した結果をプロット全体の図を用いて以下の図（図-10）と共に示していきます。

アは20cm以上の健全木が1本でも生育しているグリッドの分布を示しています。隣接したグリッドと健全木のあるグリッドは造林作業を実施しないので（イ）、補植を実施するグリッドは白いグリッドになります（ウ）。したがって1600グリッド中153グリッドで補植が必要となり、haあたりに換算すると0.0956haで補植が必要という結果になりました。さらに枝条の分布（エ）を重ねた結果、補植が必要であったグリッドの内、枝条処理が必要となったグリッドは99グリッドとなりました。つまりhaあたりに換算すると0.0619haで枝条処理が必要という結果となりました。

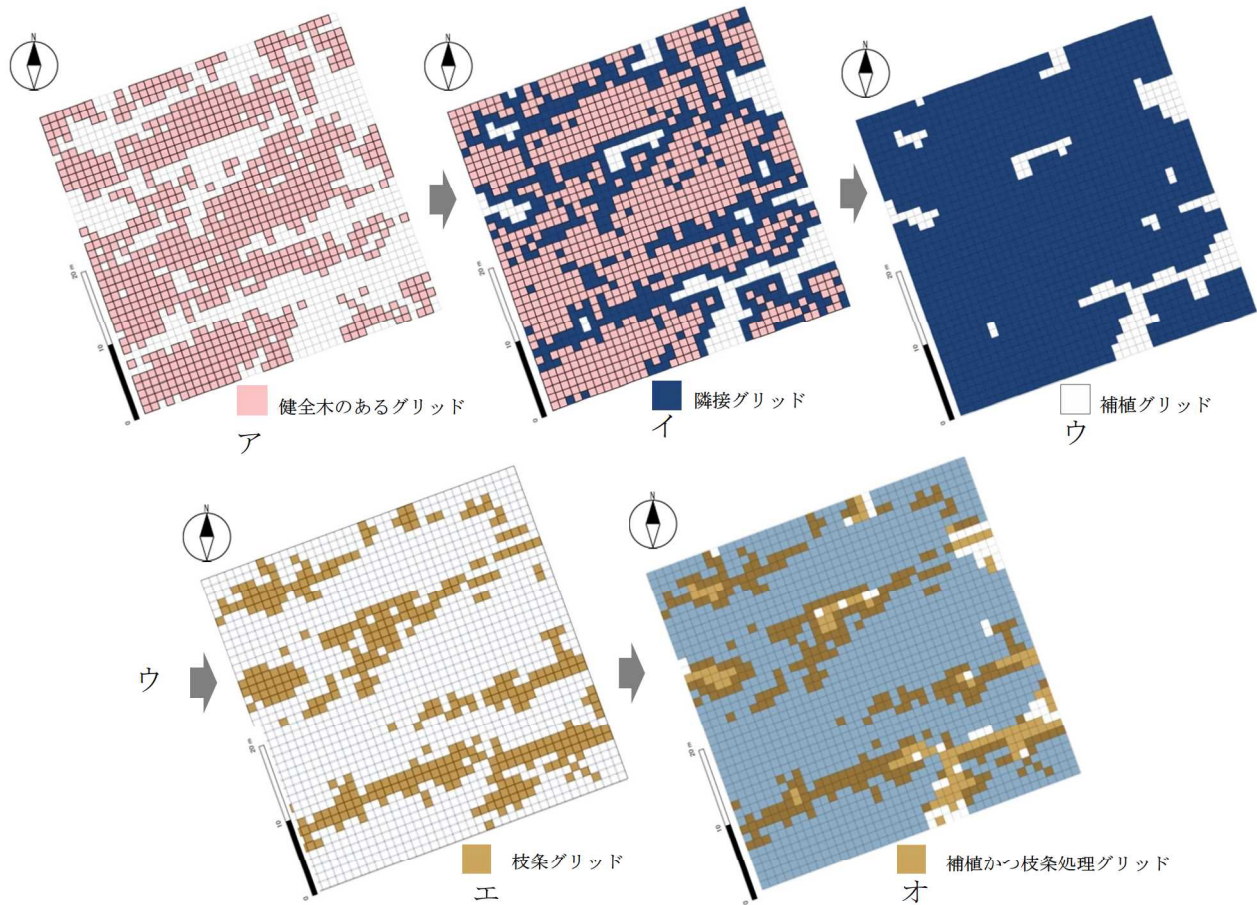


図-10 造林面積

(4) 造林作業案

造林面積の抽出結果と、これまでの研究を参考に造林作業のパターンを6つ想定しました。その背景と造林作業内容は以下の通りです。

案1：造林作業なし

天然生林の造成を目指す場合、人為的な造林作業は行わずに自然遷移にゆだねるとされています（赤井 1991）。天然更新の基本である林地を裸地化せず、森林を再生する（赤井 1980）という性質を活かし、林地の保全を第一目標とする場合は造林作業を行わない場合を想定しました。

案2：枝条片付け

本調査地（図-11）や終伐から2年が経過した先行事例地（図-12）では林内に枝条が散在しており、新たな天然更新を促すことや、植付けを行うことは困難だと考えられます。枝条の土壌に対する影響としては、「地表付近の環境変化を抑え、急激な無機化を抑制するなどの働きがある（高橋 2012）」

「枝条による降雨遮断は土壌への雨水供給量を減らし、それは最表層より下層の乾燥・水分率の低下となって現れる（荒木ら 2005）」という報告がされています。また、林内では落葉枝の量が多すぎると雨滴害や表土の流亡による被害は防げても、発芽直後の稚樹を被覆するための光不足で枯死するものが多くなる（赤井 1980）との報告もあったことから、枝条片付けを想定しました。



図-11 本事例地に残された枝条



図-12 先行事例地に残された枝条

案3：地拵え+山引き苗採取+山引き苗植栽

十分に健全木の本数が確保できていない場所に対して造林を行う場合、補植が考えられます。これまでも終伐後の造林作業として、補植が検討されており、局所的な稚樹の成立が見られる（山本ら 1979）という天然更新の特徴から、高密度で稚樹が発生している場所からの山引き苗の利用が有効であるとされています。「山取り苗 150 本を植え付けたところ、143 本が活着し旺盛に生育している（前田ら 1994）」といった実施例もあり、補植を想定しました。

案4：地拵え+山引き苗採取+山引き苗植栽+下刈り（5回）

「一斉林を目指す場合、人工造林のように潔癖に行く必要はないが、人工林における下刈り、除伐等の標準的な保育が必要である（赤井 1991）」という報告もあり、下刈りを実施する場合も考えられます。回数に関しては長野県林務部で人工造林の場合の再造林費を試算した際の下刈り回数を参考にし（長野県林務部 2015）、補植した面積のみに下刈りを実施すると想定しました。

案5：地拵え+植栽（裸苗）、案6：地拵え+植栽（裸苗）+下刈り（5回）

山引き苗を確保できない場合も考えられるため、裸苗の植栽の場合も想定しました。

(5) 造林費

使用した作業ごとの単価と労務単価の一覧は表の通りです（表-4, 5）。地拵え、下刈り、植栽（2,500本植栽）に関しては、長野県林務部で使用している国庫対象事業の標準単価表を用いました（長野県林務部 2016）。枝条片付けに関しては、林野庁森林保全事業標準歩掛（林野庁 2016）より、山林砂防工の枝条片付歩掛を使用し、長野県林務部で使用している特殊作業員労務単価（B単価）（長野県 2017）から ha 当たりに掛かる費用を求めました。山引き採取、山引き苗植栽に関しては、これまでの研究で広葉樹の山引き苗を採取し、植栽した事例があり（石田ら 2008）、その際の生産性と長野県林務部で使用している普通作業員の労務単価から、ha 当たりに掛かる費用を求めました。（4）で想定した造林作業パターンにおいて、（3）で抽出した面積を作業単価と掛け合わせるにより造林費用を算出した結果は以下の表の通りです（表-6）。一斉皆伐造林の場合で案6の費用を算出すると、1,862,400円/haとなり、終伐後の造林費用の方が抑えられることが確認されました。

表-4 作業単価一覧

造林作業	単価(円/ha)	引用先
枝条処理	146,300	林野庁森林保全事業標準歩掛
山引き苗採取	172,194	石田ら「広葉樹6272本/ha採取:24人日/ha」
山引き苗植栽	119,818	同上「植栽16.7人日/ha」
地拵え	568,800	長野県林務部
植栽(2,500本)	546,100	同上
下刈り	149,500	同上

表-5 労務単価一覧

区分	単価(円/人日)	引用先
普通作業員	18,000	長野県林務部
特殊作業員	20,900	同上

表-6 造林作業と費用

造林作業	枝条処理	補植	雑草処理	費用	
				円/ha	円/m ³
実施面積	0.0099ha	0.0153ha	0.0153ha		
1	—	—	—	0	0
2	枝条片付け	—	—	9,052	76
3	地拵え	山引き苗採取・植栽	—	63,118	533
4	地拵え	山引き苗採取・植栽	下刈り(5回)	134,598	1,136
5	地拵え	裸苗植栽	—	87,415	738
6	地拵え	裸苗植栽	下刈り(5回)	158,895	1,342

おわりに

今回の終伐での販売収入は 18,324 円/m³でした。伐出費・造林費を算出した結果から、収支を求めると以下の表のようになりました(表-7)。収支をみると収入に対し支出が多く、さらに市場での手数料や輸送費などが加算されると採算を確保するのは困難となりました。今回の終伐での課題は、生産性を向上し、高額となった伐出費用を抑えることです。労働生産性の低下の原因として2つ考えられます。1つ目は待機時間の発生です。2つ目は刈り払いなどの、通常行われない要素作業の発生です。作業システムや人数構成を改善し、高密な下木が生育した状態での作業に適した作業システムの検討が必要です。採算が取れなかった原因として、伐出費が高額であったことに加え蓄積量が少なく、さらに、並材の生産となったため販売収入が高額でなかったことも考えられます。終伐においては、良質材生産などで費用高をカバーできるだけの収入が確保される必要があると言えます。

参考として本研究と同様の方法で先行事例地である奈良本山国有林での終伐(大塚2016)においても費用を求めた結果、採算が取れる結果となりました。下木の生育本数は本事例地では70,238本/ha、先行事例地では10,904本/ha、さらに作業システムが異なることから、本事例地での労働生産性は2.26m³/人日、先行事例地では6.26m³/人日と異なる点は多々ありますが、先行事例地では本調査地よりも収入が高く、伐出費用が低額となっていました。

今回の研究結果から、終伐では造林作業が必要となる面積が一斉皆伐造林に比べ少なく、造林費用の削減が見込まれましたが、伐出費用が高額となり、採算が取れないことが明らかになりました。終伐では伐出費用が高額となるため、伐出費を抑えるだけでなく良質材生産により費用高をカバーできる

だけの収入の確保が必要です。今後は労働生産性の向上を目指し、終伐に適した作業システムの検討が必要です。

表-7 収支

収入	案	伐出費	造林費	差額
18,324	1		0	2,053
	2		76	1,977
	3	16,271	533	1,520
	4		1,136	917
	5		738	1,315
	6		1,342	712

表-8 先行事例地での収支

収入	案	伐出費	造林費	差額
32,000	1		0	22,721
	2		114	22,607
	3	9,279	761	21,960
	4		1,577	21,144
	5		1,038	21,683
	6		1,854	20,867

引用文献

- 赤井龍男（1980）ヒノキ林の林地保全と天然更新 森林立地 22（1）：1～7
- 赤井龍男（1991）合自然的な森林造成の技術体系 京都大演報 21：1～53
- 荒木誠・加藤正樹・小林繁男・有光一登（2005）ヒノキ林の間伐による枝条放置が土壌の水分動態に与える影響 森林立地 47（1）：47～55
- 石田仁・山本あゆみ（2008）スギ人工林伐採跡地に植栽された山引苗の当年消長 日緑工誌 34（2）：395～398
- 河原輝彦（2001）多様な森林の育成と管理 東京農大出版会
- 近藤道治・今井信（2005）複層林の上木伐採にともなう残存木の損傷 森林学誌 20（3）：171～182
- 前田英孝・小島康彦（1994）人工林漸伐生産群における育成天然林施業の現状と今後 林野庁名古屋営林支局研究発表集
- 長野県林務部（2015）皆伐後の森林を確実に育てるために オンライン 2018年1月17日閲覧
<https://www.pref.nagano.lg.jp/ringyo/kensei/soshiki/soshiki/kencho/shinshunoki/documents/reforestmanual.pdf>
- 長野県林務部（2016）平成28年度 信州の森林づくり事業標準単価表（国庫対象事業）
- 長野県建設部・長野県農政部・長野県林務部・長野県環境部（2017）平成29年3月1日から適用する公共工事設計労務単価の取り扱いについて
- 大塚大（2015）漸伐作業の終伐による更新木の損傷に関する研究 信州大学学士論文
- 大塚大（2016）車両系作業システムによる漸伐作業における終伐時の労働生産性 森林学誌 31（2）：79～83
- 林野庁 長野営林署技術開発室（1986）天然林施業と複層林施業 日本林業調査会
- 全国森林組合連合会 林業就業支援ナビ オンライン 2018年1月17日閲覧
<http://www.nw-mori.or.jp/ringyou/guidel-4.php>
- 林野庁（2016）森林・林業基本計画
- 林野庁（2016）森林整備保全事業標準歩掛の制定について 第1編共通工 第1土工
- 高橋正通（2012）森林管理に伴う森林土壌の炭素動態の変動に関する研究 日本土壌肥科学雑誌 83（5）：519～521
- 山本進一・堤利夫（1979）ヒノキ人工林における天然生ヒノキ稚樹の個体群動態（I）日林誌 61（8）：287～293