

資料

間伐手法の違いがスギ過密人工林の収穫に与える影響

白田寿生・古川邦明

キーワード：スギ，過密人工林，間伐手法，かかり木，残存木損傷，収支シミュレーション

I はじめに

岐阜県内民有林面積の45%を占める針葉樹人工林では、その多くが標準伐期齢に達している（岐阜県林政部, 2013）。これらの人工林の中には、木材価格の低迷による林業への関心の低下などから、従来の間伐体系に沿った間伐が行われず過密化した林分があり、これらを間伐により解消することが喫緊の課題となっている。しかし、過密化した人工林に適した間伐の方法はまだ確立されておらず、実用的な間伐技術体系の構築が求められている。

立木密度が間伐作業に与える影響について、酒井ら（1988）は、チェーンソーによるスギおよびヒノキの間伐時において、かかり木となる立木の干渉範囲について調査し、隣接木との距離が胸高直径の約4～9倍になると、かかり木発生の危険性が高くなることを報告している。これは立木密度が高くなると、かかり木の発生により間伐作業の効率が低下することを示唆している。しかし、過密林の間伐時におけるかかり木発生率などの作業効率に関する報告は少なく、これらの実態を明らかにする必要がある。

渡邊（2005）は過密人工林における間伐手法に関して、3残1伐の列状間伐は、機械作業に支障をきたさず、林分構造が壊れにくいと報告している。さらに、列状間伐は点状間伐と比較して生産性が高くなる（澤田, 2012）との報告もある。このような観点から、県内の過密人工林においても利用間伐の生産性を高くすることを目的とした列状間伐の事例が数多く見られる。

一方で、鹿又（2012）は、列状間伐は点状間伐である下層間伐と比較して、径級の太い材を伐採することにより、間伐時の生産性の向上や収入の増加につなげていることから、将来の皆伐の際には下層間伐を実施した林分よりも収入が低くなると指摘している。このことから、過密人工林において列状間伐を行う場合の将来の収穫への影響についても明らかにしておく必要がある。

また、間伐手法と伐倒や集材にともなう残存木の損傷率の関係について、岡ら（2005）、平林ら（2008）は、点状間伐は列状間伐と比較して、伐区内における残存木の損傷率が高かったと報告している。残存木の損傷は、材

の価値を低下させ、将来の収益に影響をあたえるため、最小限に抑える必要がある。しかし、過密人工林を対象とした間伐手法と残存木の損傷率の関係についての報告はまだ少なく、様々な条件において検討が必要である。

そこで本研究では、間伐手法の違いが過密人工林の収穫量と収穫にともなう収支に与える影響を明らかにするため、県内のスギ過密人工林において、間伐手法が異なる試験区を設置し、間伐手法の違いによる林分構造の変化と作業効率および残存木の損傷の発生状況を調査した。さらに、その試験区の1つをモデルとして、間伐手法の違いによる収穫量および収支のシミュレーションを行った。なお、本研究では、異なる間伐手法として、列状間伐と点状間伐を対象とし、このうち点状間伐については、下層間伐に絞って検討した。このため、以降は異なる間伐手法として「列状間伐」と「下層間伐」の名称を用いることとした。

II 方 法

1. 間伐手法の違いによる林分構造の変化と作業効率および残存木への損傷の調査

郡上市明宝小川浅谷山地内のスギ人工林（50年生）において、下層間伐区と列状間伐区をそれぞれ1箇所設置した（図-1）。試験区の設置は2010年10月に行い、間伐前の立木の胸高直径、樹高を測定した（表-1）。両試験区の胸高直径には有意な差は見られなかった（Mann-WhitneyのU検定, $p > 0.05$ ）。また、各試験区の相対幹距比はともに9%であり、過密な林分であった。

間伐作業は2011年2月に実施され、伐倒はチェーンソー、木寄せはグラップルにより行われた。伐倒時には伐倒方向およびかかり木の発生状況を記録した。列状間伐区の伐倒は3残1伐とした。また、両試験区の伐倒木の選木および伐倒方向は伐倒者の判断によるものとした。間伐後には、伐倒および木寄せ作業により発生した残存木の傷を調査した。なお、傷の対象は、幹または根元の樹皮が剥がれているものとした。

表-1 間伐試験区の概要

試験区	面積 (ha)	傾斜角 (度)	立木密度 (本/ha)	平均胸高 直径(cm)	平均樹高 (m)	相対幹距比 (%)
下層間伐区	0.08	10	1,738	25.3	25.8	9
列状間伐区	0.06	9	1,700	26.2	26.3	9

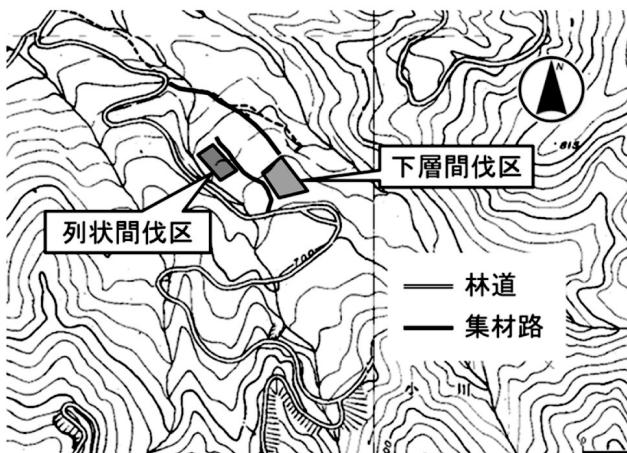


図-1 間伐試験区の見取図

2. 間伐手法の違いによる収穫量と収支のシミュレーション

間伐手法の違いが過密人工林の収穫に与える影響を明らかにするため、スギ過密人工林（以下、過密林）をモデルとして、下層間伐と列状間伐の収穫量と収支のシミュレーションを行った。シミュレーションの条件設定は以下のとおりである。

過密林モデルの初期データには、前述の間伐調査を行った列状間伐区（表-1）のデータを用いた。林分成長量は、「シルブの森・岐阜県スギ版（一般地域）（岐阜県森林科学研究所, 2006）」により算出し、収支は、鹿又（2012）が開発した「伐出見積もりシステム」により算出した。なお、このシステムにより算出される収入は、搬出した材の売り上げ額であり、支出は、材の販売までに要する人件費、機械経費、市場経費および諸経費などの合計額である。

シミュレーションの起点は、林分調査を行った林齡50年とし、間伐の周期と回数は、10年間隔で3回とした。また、シミュレーションの起点から30年経過後（林齡80年）には皆伐することとし、これをシミュレーションの終点とした。

シミュレーションのプランは、すべての間伐を下層間伐で行うプラン（以下、下層間伐プラン）と、すべての間伐を列状間伐で行うプラン（以下、列状間伐プラン）の2種類とし、間伐率はいずれも本数率で33%とした。

林分面積は、国庫補助事業の対象面積を参考に5 haとした。路網の整備状況は、伐倒により道路上からグラップルが直接材をつかむことができる程度（路網密度で200m/ha程度）にあらかじめ開設されていることとし、これらの路網開設費用はシミュレーションの支出額に含めないこととした。作業機械は、間伐調査をした現場を参考に、伐倒および造材にチェーンソー、道路までの木寄せおよび運搬車への積み込みにグラップル、土場までの搬出にフォワーダを用いることとした。なお、フォワーダの積載量は4 tクラス、土場までの平均運搬距離は500mとした。また、1日あたりの作業時間は6時間とし、労務単価は15,000円/人日、土場から市場までのトラック運材（運搬距離約40km）にかかる費用は3,000円/m³とした。

搬出した材の売り上げを算出するための木材単価は、岐阜県森林組合連合会の岐阜支所林産物共販所における2013年12月3日の木材市況（岐阜県山林協会, 2013）を参考に表-2のとおり設定した。なお、計算を単純化するために、直材率はすべて100%とした。また、シミュレーションの収入額には、補助金などの助成金を加算しないこととした。

表-2 シミュレーションに用いた木材（スギ）の単価

長さ (m)	径 (cm)	単価 (円/m ³)
3	16～18	12,300
	16～18	11,000
	20～22	12,000
4	24～28	13,000
	30以上	14,000
	16～18	16,000

※単価は並材二番玉の平均価格

表-3 各試験区における間伐率と平均胸高直径

試験区	本数 間伐率 (%)	材積 間伐率 (%)	伐倒前 平均胸高 直径(cm)	伐倒木 平均胸高 直径(cm)	残存木 平均胸高 直径(cm)
下層間伐区	47.5	38.8	25.3	23.3	27.2
列状間伐区	33.3	31.7	26.2	25.8	26.3

表-4 各試験区におけるかかり木発生率の比較

試験区	伐倒木数 (本)	かかり木 発生木数 (本)	かかり木 発生率 (%)
下層間伐区	67	10	15
列状間伐区	34	0	0

表-5 各試験区における残存木への傷発生率の比較

試験区	残存 木数 (本)	傷発生 木数 (本)	残存木の 傷発生率 (%)
下層間伐区	73	8	11
列状間伐区	68	1	1

III 結 果

1. 間伐手法の違いによる林分構造の変化と作業効率および残存木への損傷の調査

両試験区における間伐率、伐倒木の平均胸高直径および残存木の平均胸高直径を表-3に示す。伐倒木の胸高直径には有意差が見られ (Mann-Whitney の U 検定, $p < 0.05$)、列状間伐区の方が大きかった。残存木の胸高直径には有意差は見られなかった (Mann-Whitney の U 検定, $p > 0.05$)。

両試験区の伐倒時のかかり木発生率を表-4に示す。かかり木は、下層間伐区では15%発生したが、列状間伐区では発生しなかった。両試験区のかかり木発生率には有意な差がみられた (Fisher の正確確率検定, $p < 0.05$)。

各試験区における間伐時の伐倒および木寄せ作業にともなう残存木の傷発生率を表-5に示す。残存木の傷発生率は、下層間伐区では11%であったのに対して、列状間伐区では1%にとどまり、両試験区間に有意な差がみられた (Fisher の正確確率検定, $p < 0.05$)。

2. 間伐手法の違いによる収穫量と収支のシミュレーション

初回間伐時および皆伐時の伐採木と残存木の胸高直径階分布を図-2に示す。初回間伐時において、下層間伐プランは、伐採木のほとんどが間伐前の平均胸高直径である26.2cm (表-1) を下回っていた (図-2a) ため、間伐後の平均胸高直径は29.4cmと間伐前より大きくなつた。一方、列状間伐プランは、伐採木の胸高直径が細いものから太いものまで幅広く分布した (図-2b) ため、平均胸高直径は間伐前と変わらなかつた。

皆伐時の下層間伐プランの胸高直径の分布 (図-2c) は、平均値の43.7cm付近を中心とした一山型となつた。一方、列状間伐プランの胸高直径の分布 (図-2d) は、平均値の37.7cm付近を中心に20cmから54cmまでの間に大きくばらついた分布となつた。また、皆伐時の立木1haあたりの蓄積量は、下層間伐プランが1,107m³/ha、列状間伐プランでは831m³/haとなり、下層間伐プランの方が約3割多かつた。

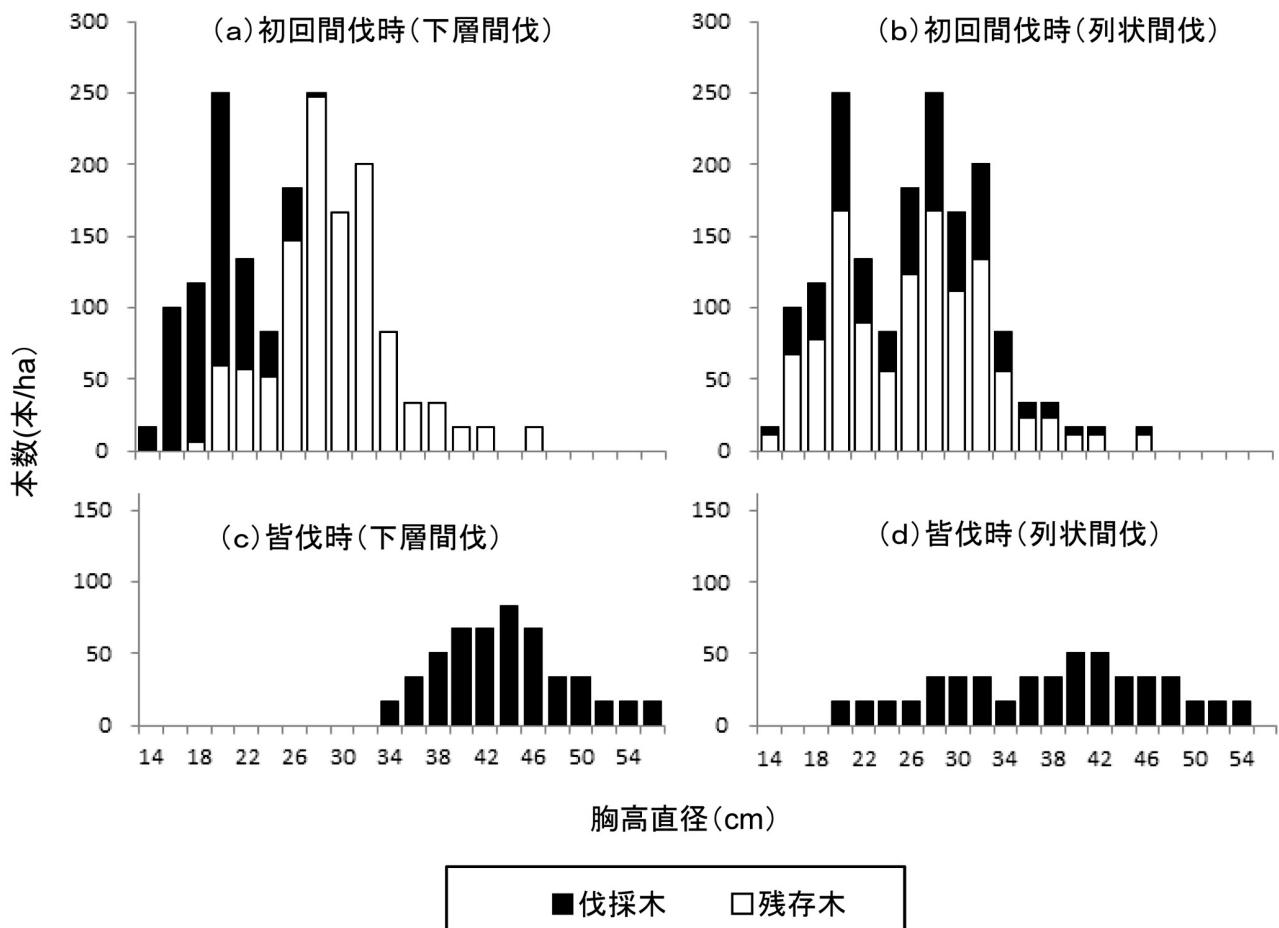
収支シミュレーションの結果を図-3に示す。各プランの当期の収益を比較すると、初回から2回目 (10年後) の間伐時までは、列状間伐プランが下層間伐プランよりも多かつたが、3回目の間伐時 (20年後) および皆伐時 (30年後) においては、下層間伐プランが列状間伐プランよりも多かつた (図-3)。

各プランの通算収益を比較すると、3回目の間伐までは列状間伐プランが下層間伐よりも多かつたが、皆伐時には逆転し、最終的には下層間伐が列状間伐プランよりも約1.2倍多かつた (図-3)。

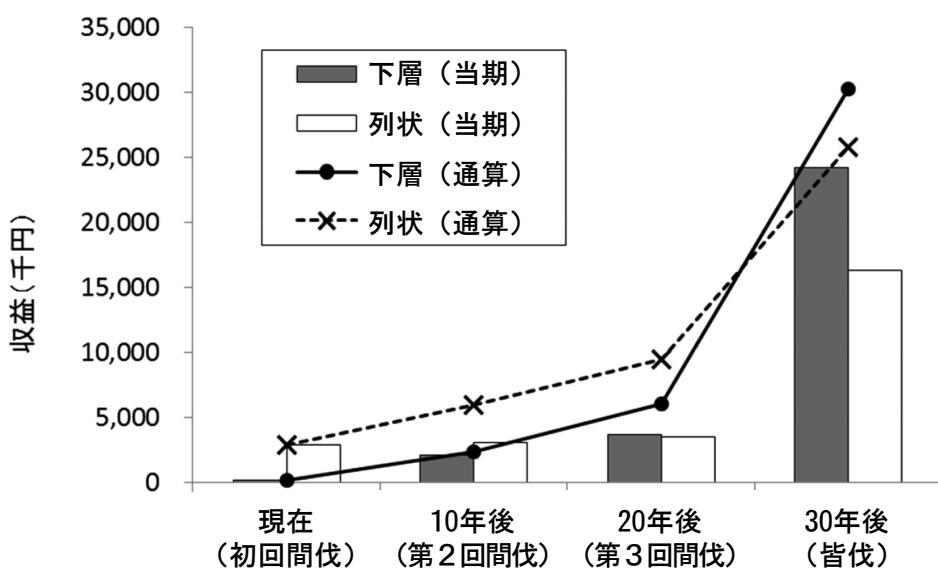
IV 考 察

間伐手法の違いによる伐倒木の胸高直径の違いを調査した結果、列状間伐区では下層間伐区と比較して、伐倒木の胸高直径が大きかつた (表-3)。これには、それぞれの間伐手法の選木特性が影響していると推察された。

伐倒作業の調査結果について、伐倒方向は、下層間伐区では斜面上方向または下方向、列状間伐区では斜面横方向であった。これは、林地が緩傾斜で、どの方向にも伐倒が行いやすいうことから、どちらの試験区も伐倒後の木寄せ作業を考慮して、最も近い車道方向へ伐倒したためと推察された。かかり木の発生率は、列状間伐区では



図－2 初回間伐時および皆伐時における胸高直径階分布
胸高直径は2cm括約で測定したデータを使用



図－3 収支シミュレーションの結果

下層間伐区よりも低かった（表-4）。これは、既往の報告（澤田、2012）と同様の傾向であった。

間伐手法の違いによる残存木の損傷について調査した結果、下層間伐区では列状間伐区と比較して残存木の傷発生率が高かった（表-5）。これは、既往の報告（岡ら、2005、平林ら、2008）と同様の傾向であった。このことから、過密林は特に立木間が狭く、損傷を与えやすくなると考えられるため、下層間伐などの点状間伐を行う場合には、何らかの損傷防止対策が必要であるといえる。

下層間伐と列状間伐の違いによる収穫量と収支のシミュレーションの結果について、間伐および皆伐時における当期の収益は、シミュレーション初期の間伐時において、列状間伐プランが有利となった。これは、列状間伐が下層間伐よりも生産性が高いことに加え、列状間伐では機械的な選木であることから、優勢木を含めた収穫となるため、材の売り上げが下層間伐プランよりも大きかったことが寄与しているためである。しかし、間伐後に残る林分蓄積では下層間伐が有利となることから、シミュレーション後期の間伐および皆伐時における当期の収益は、下層間伐プランが有利となった。皆伐時の胸高直径階分布（図-2c、図-2d）から、下層間伐プランでは、今回の設定条件で材価が有利な直径30cm以上の丸太が採材できる立木が多かったのに対して、列状間伐プランでは少なく、これが材の売り上げに影響したと推察された。

シミュレーションの起点から終点までの通算収益は、皆伐時の材の売り上げの差が大きく影響し、下層間伐プランが列状間伐プランよりも有利な結果となった。

以上の結果から、スギ過密人工林における列状間伐は、下層間伐と比較して伐倒および材の搬出がしやすく、優勢木も含めて収穫することから、間伐初期における当期の収益では有利となるが、通算収益で考えると下層間伐よりも不利になる場合があることがわかった。このため、スギ過密人工林において間伐手法を検討する際には、主伐時までの林分の変化や通算収支を加味した検討を行うことが重要である。

謝 辞

間伐調査の実施にあたっては、くさかべ林業、郡上森林組合、公益社団法人岐阜県森林公社、岐阜県森林研究所の職員の方々に多大なご協力をいただいた。独立行政法人森林総合研究所の鹿又秀聰氏には、収支のシミュレーションにおけるプログラムの使用にあたり多大なご協力をいただいた。各位に深く感謝の意を表する。

引用文献

- 岐阜県林政部森林整備課（2013） 平成23年度 岐阜県森林・林業統計書
岐阜県山林協会（2013）木材市況 森林のたより724：18
岐阜県森林科学研究所（2006）シルブの森・岐阜県スギ版（一般地域）および操作説明書. 岐阜県森林科学研究所
平林慧遠・澤口勇雄・立川史郎（2008）超高密度作業路網を基盤とした高性能林業機械間伐作業による残存木への損傷. 岩大農演報39：37－46
鹿又秀聰（2012）伐出見積もりシステムの開発－搬出間伐の現状と将来のシミュレーション－. 森林技術840：34－38
岡勝・近藤耕次・吉田智佳史・田中良明・佐々木達也・井上源基・近藤道治・山口達也・小嶋重幸（2005）伐出作業に伴う残存木被害軽減策の検討（I）－架線系集材における被害要因の分析－. 日林関東支論56：79－80
酒井秀夫・伊藤幸也・石原猛（1988）チェーンソーによる間伐木の伐木造材作業. 日林誌70：1－10
澤田智志（2012）スギ人工林の低コスト間伐技術の導入による非皆伐施業体系の確立：高能率な作業システムによる間伐の生産性. 秋田県森技研報21：17－36
渡邊定元（2005）新しい間伐法の紹介：列状間伐と中層間伐. 森林科学44：18－25