

速報

スギ人工林における強度間伐が残存木の成長に与える影響^{*1}荒木真岳^{*2} · 重永英年^{*2} · 奥田史郎^{*3}

荒木真岳・重永英年・奥田史郎：スギ人工林における強度間伐が残存木の成長に与える影響 九州森林研究 63：60-63, 2010 鹿児島県にある33年生時に強度間伐（本数間伐率62%）と通常間伐（約20%）が行われた現在49年生のスギ林分を対象に、樹幹解析と毎木調査を行い、残存木の成長経過と現在の林分構造を両区で比較した。直径成長量は、強度間伐区では間伐後すぐに増加を始め、通常間伐区より常に大きな値を示した。樹高成長量は、強度間伐区で間伐後数年間は減少することが示唆された。材積成長量は、強度間伐区でより長い期間増加した。現在の林分構造は両区で異なり、強度間伐区で通常間伐区より直径が大きな個体が多く割合を占めた。強度間伐区の現在の取量比数は0.56と低く、当分間伐は必要ないと考えられた。本調査林分では、強度間伐によって残存木の直径成長と材積成長には通常間伐より大きな促進効果と効果の持続性が認められ、強度間伐は有効な間伐手法のひとつであると考えられた。

キーワード：スギ, 強度間伐, 樹幹解析, 成長, 間伐ショック

I. はじめに

間伐は、林分の個体密度を減少することで、林木や林分の成長を維持させるために行われる作業である。近年、厳しい林業事情を反映して、従来の弱度・多頻度の間伐に代わり、より高い間伐率で間伐を行う「強度間伐」が行われるようになってきた。強度間伐には、間伐時の収穫量を増加させ生産性を向上すること、残存木の成長が長期間維持されることで主伐までの間伐回数を減少できること、などが期待されている。しかし、強度間伐が残存木の成長に与える影響と、強度間伐後ある程度の年数が経過した林分の構造についてはまだ不明点が多い。

一般に、間伐によって残存木の直径成長は促進されるとされ(1)、間伐方法や林齢などによっても異なるが、残存密度が低いほど（間伐率が高いほど）促進効果は高いと考えられる(8, 9, 10)。一方、樹高成長は林分密度や間伐強度による影響は受けないとされている(1)。しかし、アメリカのダグラスファー林やテーダマツ林では、間伐後数年間は、無間伐区に比べて樹高成長が低下することが報告されている(4, 11)。また、強度間伐によって林冠が疎開されることで、林木の枯死や気象害（風害、雪害）の発生が懸念されている(4, 8)。これらの間伐による負の効果は、Thinning shock（間伐ショック）(4)と呼ばれている。したがって、強度間伐が残存木や林分の成長に与える影響を解明するためには、間伐による正の効果と負の効果について、短期的効果および中・長期的な効果の持続性を評価する必要があると考えられる。

本研究は、33年生時に強度間伐（本数で62%）と通常間伐（本数で約20%）が行われた現在49年生のスギ林分を対象として、毎木調査と樹幹解析を行った。本研究の目的は、現在の林分構造と間伐後の成長経過を間伐区間で比較することで、1) 強度間伐か

ら17年経過した林分の構造を明らかにすること、2) 短期的（5年程度）および中期的に（15年程度）、強度間伐がスギ残存木の直径成長、樹高成長、材積成長に与える影響を明らかにすることである。

II. 調査地と方法

(1) 調査地

鹿児島県薩摩川内市にある、49年生のスギ人工林（オビスギ）を調査地とした。調査林分は、北東向きの緩斜面で、標高400-450mの範囲にあり、地位I（7）に相当する。本林分は藤川山林（株）の社有林であり、同社の記録によると、1961年に約3000本 ha⁻¹で植栽され、15年生時に除伐、枝打ち（地上高3-4 m）、20年生時に保育間伐（約15%）、27年生時に利用間伐（約20%）が行われている。1993年（33年生時）に複層林を造成するため、この林分の7割程度の面積に対して、本数間伐率で62%（1, 211→462本 ha⁻¹）の間伐を行い、地上高8-10m程度まで枝打ちし、下木としてスギが植栽された。残りの3割程度の面積に対して、約20%の間伐（間伐前後の正確な立木密度は不明）が行われた。間伐はいずれも定性間伐である。以後、62%間伐区を強度間伐区、約20%の間伐区を通常間伐区と呼ぶ。両区とも1993年の間伐までは同じ作業が行われており、いわゆる間伐遅れ林分ではない。1993年以降は、間伐などの作業は行われておらず、また、多少の風倒木はあったものの、台風などによる大きな風害は発生していない。

(2) 調査方法

2009年6月に、調査林分の周囲測量と毎木調査を行った。各間伐区の面積は、強度間伐区が0.69ha、通常間伐区が0.27haであった（表-1）。各間伐区とも全域を毎木調査の対象とし、地

*1 Araki, M. G., Shigenaga, H. and Okuda, S.: Effect of intensive thinning on tree growth in a sugi (*Cryptomeria japonica*) plantation.

*2 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center., For. Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862

*3 森林総合研究所四国支所 Shikoku Res. Center., For. Forest Prod. Res. Inst., Kochi 780-8077

表-1. 49年生現在の林分構造

	強度間伐区	通常間伐区
面積 (ha)	0.69	0.27
本数 (本)	305	189
立木密度 (本 ha ⁻¹)	441	697
収量比数	0.56	0.74
平均胸高直径 (cm)	42.0*	34.5*
平均樹高 (m)	21.5 ^{a,1)}	22.7 ^{a,2)}
平均形状比 (m m ⁻¹)	51.1 ^{a,1)}	66.7 ^{a,2)}
平均枝下高 (m)	9.7 ^{a,1)}	12.2 ^{a,2)}
平均樹冠長率 (%)	54.8 ^{a,1)}	46.0 ^{a,2)}
胸高断面積合計 (m ² ha ⁻¹)	61.9	66.7
林分材積 (m ³ ha ⁻¹)	598	703

* 平均値に区間で有意差があったことを示す (*t*-test, $p < 0.01$),
¹⁾ n=66, ²⁾ n=45

上高1.3mで胸高直径 (D) を全木測定した。樹高 (H) と枝下高は、各区とも本数で2割程度の個体 (強度間伐区64本, 通常間伐区45本) について、測高器 (Haglöf社 Vertex IV) を用いて測定した。間伐区ごとに D - H 関係 (拡張相対成長式) を求め (12), 樹高未測定木の樹高 (H) を推定した。林分材積を推定するため、後述する10本のサンプル木から ($D^2 \times H$) と単木の幹材積 (V) との相対成長式 (両区共通) を求めた (12)。この式を用いて全個体について幹材積を計算し、間伐区ごとに合計したものを各区の林分材積とした。収量比数は、鹿児島県におけるスギ人工林システム収穫表 SILKS (7) を使用して計算した。その際、樹高測定木のうち樹高上位60%の個体の平均値を上層木樹高 (強度間伐区22.4m, 通常間伐区24.0m) とした。

各間伐区における胸高直径の頻度分布 (図-1) を参考にして、各区から5本ずつ樹幹解析に供するサンプル木を選んだ。2009年7月にサンプル木を伐倒し、樹幹解析用の円盤を採取した。円盤は、地上高0.3mから15.3mまでは1mごとに、15.3mから梢端までは、間伐後の樹高の経過が正確に推定できるよう、50cmごとに採取した。円盤断面をスキャナーを用いて画像化し、パソコン上で長径と短径の4方向について年輪幅を測定した (6)。年輪幅の測定と樹幹解析データの計算には、解析ソフト Stem Analyzer (5) を使用した。

Ⅲ. 結果と考察

(1) 現在の林分構造

強度間伐区と通常間伐区における、立木密度はそれぞれ441と697本 ha⁻¹, 収量比数はそれぞれ0.56と0.74であった (表-1)。強度間伐区では、間伐から17年が経過した現在でも収量比数が低いため、当分間伐は必要ないと考えられた。すなわち、強度間伐によって間伐回数を減少できることが示唆された。

胸高直径の相対頻度分布は、両区とも正規分布をしていたが、強度間伐区の方がバラツキが小さく分布が全体的に右にシフトしていた (図-1)。この頻度分布形の違いは、間伐率が高いほうが直径の小さい個体が多く除去されたことと、間伐後の残存木の直径成長量の違い (図-2 a) によってもたらされたものと考えられる。強度間伐区の方が胸高直径が大きい個体が多い割合を

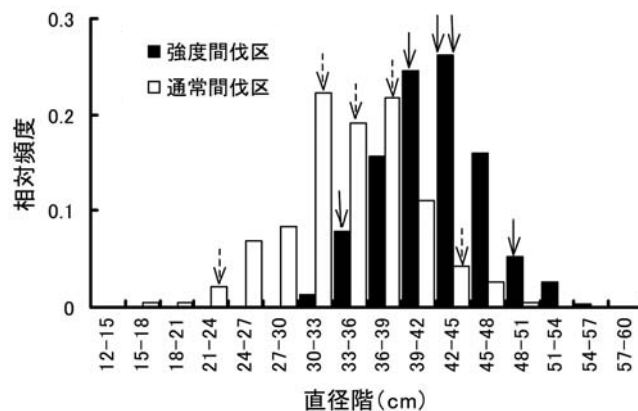


図-1. 49年生現在の胸高直径の相対頻度分布
 (図中の矢印は樹幹解析木が属する直径階を示す
 (実線: 強度間伐区, 破線: 通常間伐区))

占めていることは明らかであり、強度間伐によって、通常間伐よりも早期に直径が太い材を多く生産できることが示唆された。

平均胸高直径は、強度間伐区が42.0cm, 通常間伐区が34.5cmであり、強度間伐区で大きかった (*t*-test, $p < 0.0001$) (表-1)。一方、平均樹高は通常間伐区の方が高かった (*t*-test, $p = 0.0002$)。その結果、平均形状比 (樹高 ÷ 胸高直径, m m⁻¹) は、強度間伐区が51.1, 通常間伐区が66.7と、強度間伐区で小さかった (*t*-test, $p < 0.0001$)。強度間伐によって形状比が小さくなり、間伐後に個体の耐風性が高まることが示唆された。

平均枝下高は、強度間伐区が9.7m, 通常間伐区が12.2mであり、両区の間で2.5mの差が認められた (*t*-test, $p < 0.0001$) (表-1)。このことは、強度間伐区では間伐後に枝の枯れ上がりやそれほど進んでいないことを示していると考えられる。その結果、平均樹冠長率は、強度間伐区が54.8%, 通常間伐区が46.0%であり、強度間伐区の個体のほうが相対的に長い樹冠を持っていた (*t*-test, $p < 0.0001$)。これらのことから、強度間伐によって、枝の枯れ上がりが抑制され、樹冠形が変化することが示唆された (データは示していないが、樹冠幅も強度間伐区の方が大きい)。

1 haあたりの胸高断面積合計と林分材積は、強度間伐区より通常間伐区の方が大きかった (表-1)。しかし、通常間伐区の値に対する強度間伐区の値の比は、胸高断面積合計で0.93, 林分材積で0.85であった。間伐時には間伐率の違い (62%と約20%) を反映して両区の差がもっと大きかったことが予測されるため、間伐後の17年間で両区の差は縮まったと考えられる。

(2) 残存木の成長経過

樹幹解析から得られた胸高直径, 樹高, (単木幹) 材積の連年成長量について、強度間伐区, 通常間伐区それぞれ5本の平均値を図-2に示した。33年生時の間伐以前は、平均胸高直径成長量に両区の間で有意な差はなかった (*t*-test, 図-2 a)。平均胸高直径成長量は、強度間伐区では間伐の翌年からすぐに増加を始め、34年生以降は強度間伐区の方が有意に大きかった (*t*-test, $p < 0.05$)。平均樹高成長量は、強度間伐区では数年減少した後に増加した傾向が認められるが、34, 35年生時を除き、区間の差は認められなかった (*t*-test, 図-2 b)。平均材積成長量は、両区とも間伐から数年間はほぼ横ばいであったがその後増加し、強度間伐区の方が長い期間増加が続いた (図-2 c)。42年生以降は、

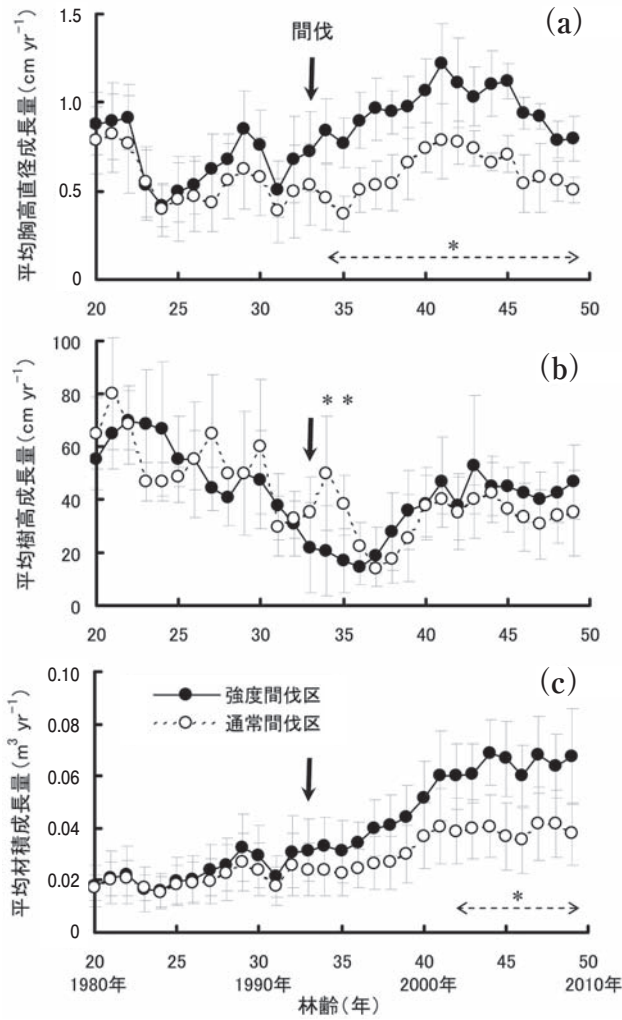


図-2. 平均胸高直径 (a), 平均樹高 (b), 平均材積 (c) の連年成長量
(バーは標準偏差。実線の矢印は間伐の時期を示す。破線の矢印と*印は、平均値に区間で有意差があったことを示す (t -test, $p < 0.05$))

強度間伐区の方が平均材積成長量が有意に大きくなり (t -test, $p < 0.05$), 通常間伐区よりも1.7倍程度大きい値で安定した。以上のことから, 強度間伐区では, 直径成長が間伐にすぐに反応して増加を始め, 樹高成長より直径成長量の増加によって材積成長量が大きく増加したと考えられる (図-2)。したがって, 直径成長と材積成長には強度間伐による促進効果があることが示唆された。また, その正の効果は, 特に材積成長において長期間持続することが示唆された。

1年間の樹高成長量は気象条件などの影響を受けやすいため, 間伐の効果を検出しにくいと考えられた。そこで, 樹高成長量を5年間分まとめて間伐前後で比較した (図-3)。間伐前の5年間は, 両区ともに2.1m程度樹高が成長していた。しかし, 間伐後の5年間では, 通常間伐区で1.6m, 強度間伐区では0.9mまで樹高成長量が減少した (Paired t -test, $p < 0.01$)。強度間伐区では, 次の5年間 (38-42年生) で樹高成長量は増加し (Paired t -test, $p < 0.01$), 間伐前と同程度まで (1.9m) 回復した。また, 間伐以前は, 5年間の平均樹高成長量に区間で有意な差は認められなかったが, 間伐後の5年間では強度間伐区で有意に小さかつ

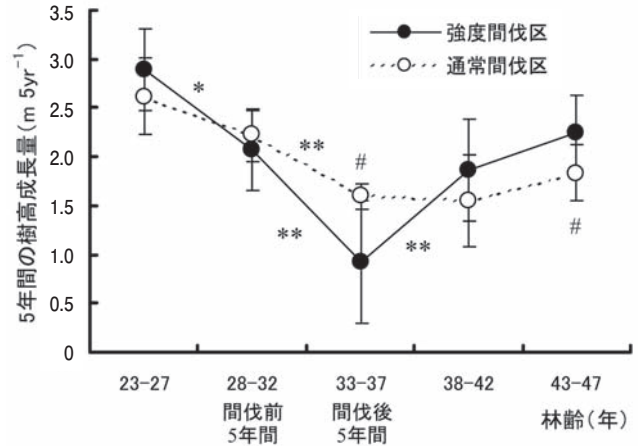


図-3. 5年間の平均樹高成長量
(バーは標準偏差。*印は期間の間に有意差があったことを (Paired t -test, $*: p < 0.05$, $** : p < 0.01$), #印は区間に有意差があったことを示す (t -test, $p < 0.05$))

た (t -test, $p < 0.05$)。以上のことから, 強度間伐区の方が通常間伐区よりも, 間伐前に比べて間伐後の5年間の樹高成長量が大きく減少したと考えられる。すなわち, 強度間伐によって, 樹高成長は間伐直後に低下することが示唆された。

一般に, 樹高成長は林分密度や間伐強度による影響を受けないと考えられており (1), 間伐が樹高成長に与える影響について報告した事例は非常に少ない。北米の27年生のダグラスファー林において様々な強度で間伐を行った場合, いずれの間伐強度でも無間伐区に比べて間伐後5年間の樹高成長が減少すること, また, 間伐から20年程度経過すると, 間伐強度が高い区の方がより大きな樹高成長を示したことが報告されている (4)。深田らは, 31-46年生のヒノキ林に強度に間伐を行うと無間伐区に比べて樹高成長量が減少し, 間伐率が高いほど樹高成長の鈍化が著しいことを報告している (2)。本研究におけるスギ林の場合でも, これらの報告と同様に, 強度間伐によって樹高成長には短期的な負の影響がある可能性が示唆された。しかし, スギ林でも, 間伐強度に応じて樹高成長の低下の度合いが異なるのか, 長期的には樹高成長が促進されるのか, などについては未解明である。また, 強度間伐によって樹高成長が低下する原因についても, 林内環境の変化に伴う生理的なストレス (3, 4) などが考えられているが, 今後の課題である。

IV. おわりに

本研究では, よく手入れされた33年生のスギ人工林に強度間伐をした場合, 間伐直後に樹高成長が低下することが示唆されたものの, 残存木の直径成長と材積成長には大きな促進効果が認められた。また, 強度間伐によって, 通常間伐より早期に大径材を多く生産できること, 間伐回数を減少できることが示唆された。これらのことから, 年輪幅や幹形にこだわらない大径材生産を目標とする場合, 強度間伐は有効な間伐手法であると考えられた。しかし, 40-50年生の手入れ不足の林分に強度間伐を行った場合に

も、同様な効果が得られるかどうか検討が必要である。なお、定量的な間伐である列状間伐を強度に行った場合は、本研究の結果とは異なる可能性があることに注意が必要である。

謝 辞

本研究にあたり、藤川山林株式会社鹿児島事業所の津田盛吉所長、笹野和志氏、豊留勝氏、加治屋満氏には現地調査において多大なご協力をいただいた。同社の作業班の方々には、伐倒調査を手伝っていただいた。皆様に深く感謝申し上げます。

引用文献

(1) 安藤 貴 (1982) 林分の密度管理, 126pp, 農林出版, 東京.

- (2) 深田英久ほか (2009) 高知県立森林技術センター研究報告 34 : 56-83.
- (3) Han, Q. et al. (2006) Photosynthetica 44 : 523-529.
- (4) Harrington, C.A. and Reukema, D.L. (1983) Forest Sci. 29 : 33-46.
- (5) 今村光晴ほか (2001) 日林九支論 54 : 15-16.
- (6) 益守真也 (1999) 成長量測定法, 森林立地調査法, 森林立地調査法編集委員会編, 284pp, 博友社, 東京. 59-60.
- (7) 長濱孝行・近藤洋史 (2006) 森林計画誌 40 : 221-230.
- (8) 中島耕平・植木達人 (2007) 森林計画誌 41 : 41-59.
- (9) 大塚和美ほか (2008) 森林研究 77 : 109-121.
- (10) 澤田晴雄ほか (2007) 中部森林研究 55 : 23-26.
- (11) Sharma, M. et al. (2006) An. For. Sci. 63 : 349-354.
- (12) 依田恭二 (1971) 森林の生態学, 331pp, 築地書館.
(2009年11月1日受付; 2009年12月23日受理)