

広葉樹人工林における林分材積成長量の林分間差に及ぼす パッチ属性の影響

國崎貴嗣*・柴田真理**・甲田朋子**・渡部尚子***

Effects of patch characteristics on net increment of stand volume in hardwood
plantations in northern Japan

Takashi KUNISAKI, Mari SHIBATA, Tomoko KOHDA and Naoko WATANABE

1. はじめに

今日、記念植樹、森林環境教育に伴う緑化、針葉樹人工林地帯における生物多様性保全や水土保全機能の向上、針葉樹材で代替できない有用材生産などを目的に、広葉樹人工林の造成が注目されている（藤森・河原，1994；谷本，2004；小林・倉本，2006）。ただ、一口に広葉樹と言っても、その樹種数は多く、成長速度も異なることから（橋詰，1994）、樹種ごとに成長速度を踏まえつつ、育林プロセス（育林作業体系）を開発する必要がある（今田，2005）。

我が国の人工林に占める広葉樹林の割合は面積で3%、蓄積で1%と、針葉樹人工林に比べて極めて少なく（農林水産省統計情報部，2003）、広葉樹人工林の林分材積成長量に関する研究は遅れている（橋詰，1994）。こうした研究状況を改善するには、育林プロセスの開発を目的とした広葉樹人工林成長量試験地を造成することが重要だが、その成林には、当然のことながら長期間を要する。それゆえ、現段階では、各地ですでに造成された試験林・見本林を対象に、調査データを収集・解析し、林分材積成長量の樹種間差を明らかにすることが急務である。

岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センター滝沢演習林（以下、滝沢演習林）には、現在23種31林分の広葉樹見本林（人工同齡単純林）が存在し、最近植栽された1

Received December 28, 2006

Accepted February 13, 2007

* 岩手大学農学部農林環境科学科森林科学講座

** 元岩手大学大学院農学研究科農林環境科学専攻

*** 岩手大学大学院農学研究科農林環境科学専攻

林分を除く22種30林分において、過去に3回毎木調査が実施されている。このように、広葉樹見本林に関しては、多様な樹種の林分材積成長量を推定できるデータが保管されている。ところが、広葉樹見本林は成林した状態で展示・保存することを目的とし（日本林業技術協会，1987），育林プロセスの開発を目的としないため、滝沢演習林の見本林では林分面積や林分形状などのパッチ属性（FORMAN and GODRON, 1986）が林分間で大きく異なる（杉田ら，1988）。また、隣接林分との樹高差が顕著な林分も存在し、隣接林分による被圧の影響も予想される。それゆえ、林分材積成長量の樹種間差を明らかにする前段階として、林分間で異なるパッチ属性が林分材積成長量に及ぼす影響を把握しておく必要がある。

滝沢演習林内のほぼ同様な立地環境に造成された広葉樹見本林を対象に、林分材積成長量の林分間差に及ぼすパッチ属性の影響を明らかにするのが本研究の目的である。

II. 調査地と方法

1. 調査地

調査地は、滝沢演習林内の広葉樹見本林（39° 46'N, 141° 10'E）における人工同齢単純林22種30林分である（図-1、表-1）。見本林の標高は185~192mと、平坦地である。調査地か

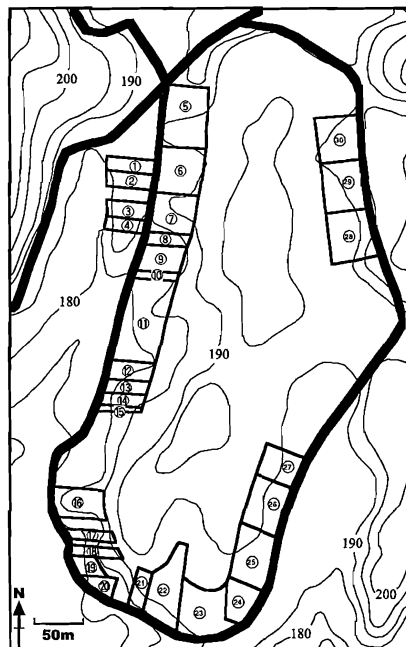


図-1. 見本林の位置と地形。

極細線は等高線を，中太線は見本林の境界を，極太線は林道を示す。また，数字は標高（m）を，丸の数字は表-1に示した見本林番号を示す。

表一1. 1994年における見本林の概要

見本林 番号	植栽樹種	林分 面積 (ha)	林齢 (年)	本数密度 (本・ha ⁻¹)	平均胸高 直径 (cm)	平均樹高 (m)
①	シンジュ	0.08	24	625	9.5	6.4
②	キハダ	0.09	12	1456	4.1	3.6
③	ブナ	0.07	23	2400	9.9	10.1
④	シナノキ	0.04	23	1575	3.3	3.1
⑤	ウダイカンバ	0.30	24	1460	13.1	15.3
⑥	シラカンバ	0.23	24	761	14.0	16.2
⑦	シラカンバ	0.15	24	1380	14.4	14.4
⑧	ヤエガワカンバ	0.05	20	2140	8.0	8.6
⑨	アメリカミズメ	0.14	20	186	11.2	11.2
⑩	オウシュウシラカンバ	0.02	20	1350	7.7	8.6
⑪	アメリカミズメ	0.44	20	2266	10.6	15.1
⑫	イヌエンジュ	0.12	20	2308	6.4	7.5
⑬	ピンオーク	0.06	20	2150	9.2	10.9
⑭	コナラ	0.05	20	2580	11.2	11.4
⑮	カツラ	0.01	20	2100	7.3	7.0
⑯	サイカチ	0.18	19	2278	3.6	2.9
⑰	オニグルミ	0.03	19	1400	10.6	10.3
⑱	サワグルミ	0.03	19	3000	5.9	6.4
⑲	トチノキ	0.03	19	1867	6.7	5.2
⑳	サイカチ	0.05	18	1160	7.6	7.5
㉑	オニグルミ	0.07	18	1429	9.8	11.1
㉒	ユリノキ	0.40	32	1005	19.7	16.1
㉓	ユリノキ	0.25	17	828	17.1	14.2
㉔	ケヤキ	0.10	17	1410	10.5	8.5
㉕	チョウセンゴシュユ	0.25	17	788	4.2	3.4
㉖	オオアメリカキササゲ	0.25	17	788	10.5	6.8
㉗	ハリギリ	0.20	12	675	4.0	4.2
㉘	トチノキ	0.25	18	2188	8.9	7.1
㉙	エゴノキ	0.25	18	2368	7.2	7.4
㉚	カツラ	0.25	18	972	13.2	13.0

ら1.0~1.6km離れた位置(標高210m)における気象観測資料(1983~2003年)によれば、年平均気温9.2℃、暖かさの指数76.7、年平均降水量1,219mmである。最深積雪深は40cm程度であり、少雪地域に相当する。見本林の前生林分はコナラやアカマツを優占種とする二次林である。

林分面積は0.01~0.44haである。林道沿いに連続するように林分が配置され(図-1)、各林分では植栽密度795~6,000本/haで苗木が植栽された。下刈りが適宜実施され、植栽木が雑草木との競争状態を抜け出した後には、侵入木の一部が除伐される程度であり、現在まで無間伐状態で推移している。なお、見本林番号(表-1)における②と③、⑮と⑯、⑰と⑱、㉑と㉒の間にも広葉樹が植栽されていたが、2004年までに消滅した。①の北側でも植栽広葉樹が消滅したが、2004年時にはベニヤマザクラが植栽済みの状態にある。

2. 調査方法

見本林において1986年11月、1994年4月(開業前)、2004年10~12月に、すべての植栽木の

地上高1.2mの胸高直径を輪尺で測定した(2004年時には直径巻尺で測定)。同時期に最小, 最大胸高直径階の植栽木を含むように様々な胸高直径の植栽木を10~20本選び, ブルーメライスにより樹高を測定した(2004年時にはVertex IIIで測定)。このデータからNäslund式を用いて樹高曲線を作成し, 胸高直径階別平均樹高を推定した。また, 立木幹材積表(林野庁計画課, 1970)に基づき, 胸高直径と胸高直径階別平均樹高から幹材積を推定した。

各林分のパッチ属性を把握するために, 2,500分の1に拡大した森林基本図上において, 周囲長を物差しにより0.5mm単位(実際の距離で1.25m単位)で判読した。また, 林分面積については, 既存の報告(杉田ら, 1988)を参照した。さらに, 後述する林分間競争指数を算出するためには, 隣接林分の1994年時の平均樹高が必要である。植栽広葉樹が消滅した林分については川村ら(1995)の調査データを, それ以外の林分(④の南側, ②と③の間, ⑩の北側)については1994年前後の調査データ(杉田ら, 1990; 橋本・阿部, 2000)を用いた。

3. 解析方法

林分材積成長量と他の因子との因果的關係を分析するため, 構造方程式モデリングに基づくパス解析をおこなった。パス解析では, 任意の2因子間の關係性を, 標準パス係数により定量的に推定できる。そのため, 重回帰分析よりも多様なモデルを検討できる。

林分材積成長量の指標には, 1994年から2004年までの期間平均材積成長量PVI ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{年}^{-1}$)を用いた。

$$\text{PVI} = \frac{V_{2004} - V_{1994}}{11} \quad (1)$$

ここで V_{1994} : 期首(1994年)の林分材積 ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$), V_{2004} : 期末(2004年)の林分材積 ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)である。ただし, 1994年の調査データは開業前のものであり, 実質的には1993年冬のデータに等しいため, 期間平均するにあたっては10年ではなく11年で除した。

他の因子として, 林分構成値に関する因子とパッチ属性に関する因子を用いた。林分構成値に関する因子として, 植栽密度ID ($\text{本} \cdot \text{ha}^{-1}$), 1994年における収量比数Ry, 1994年における総平均材積成長量MVI ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{年}^{-1}$)を用いた。

$$\text{MVI} = \frac{V_{1994}}{t} \quad (2)$$

ここで t : 1993年度の林齢(年)である。Ryについては東北地方広葉樹(ナラ類・クヌギ)林分密度管理図(日本林業技術協会, 1999)により推定した。

パッチ属性に関する因子として, 林分面積A (ha), 境界長指数RPI, 林分間競争指数BCIを用いた。RPIは(3)式で算出される。

$$\text{RPI} = \frac{P_s}{P_c} \quad (3)$$

ここで P_s : 任意の林分の周囲長(m), P_c : その林分と同じ面積を有する円の周囲長(m)で

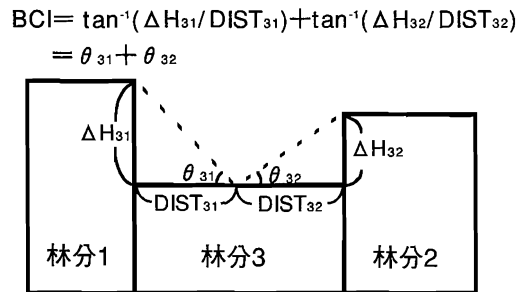


図-2. 林分間競争指数 (BCI) の考え方.

各林分は1994年での平均樹高を縦、林道から見た林分幅を横とする長方形で表現される。DIST_{*ij*}は対象林分*i*と隣接林分*j*の間の距離であり、林分*i*における横の長さの半分に等しい。また、ΔH_{*ij*}は林分*j*の縦の長さから林分*i*のそれを引いた値に等しい。

ある。林分の形状が複雑になるほどRPIは高くなる (中越, 1997)。また、BCIは(4)式で算出される。

$$BCI = \sum_{j=1}^2 \tan^{-1} \left[\frac{\Delta H_j}{DIST_j} \right] \tag{4}$$

ここでDIST_{*ij*}は対象林分*i*と隣接林分*j*の水平距離 (m) である (図-2)。ΔH_{*ij*}は隣接林分*j*の1994年での平均樹高から対象林分*i*の1994年での平均樹高を引いた値 (m) である (図-2)。BCIが高いほど対象林分への被圧度合が高くなる。なお、BCIの算出にあたっては、林道から見て両側の林分を隣接林分とし、林道を挟んで向かい側の林分と林道から見て奥の林分を考慮しなかった (図-2)。理由は、後者における1994年での平均樹高データを得られなかったためである。

パス解析では、生態学的に想定可能なモデルすべてを対象に、Bollen-Stineのbootstrap確率による検定をおこない、「構成されたモデルは正しい」という帰無仮説が有意水準5%で棄却されないモデルを選定した。選択されたモデルが複数ある場合には、平均乖離度 (bootstrap標本から推定されたモーメントとbootstrap母集団のモーメントの差の平均) が最も小さいモデルを選択する。また、標準パス係数とその標準誤差の推定にはbootstrap法を適用し、計算の反復回数を2,000回とした。解析にはAmos 5.0 (SmallWaters社) を用いた。

III. 結果と考察

パス解析で選択されたモデルを図-3に示す。Bollen-Stineのbootstrap確率による検定で帰

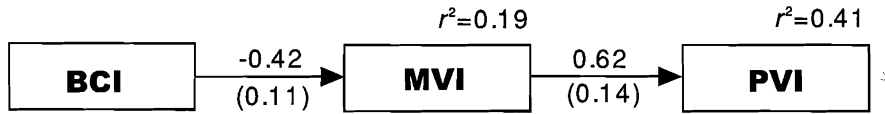


図-3. 期間平均材積成長量に影響する因子間のパス図。

BCIは期首（1994年）における林分間競争指数を，MVIは期首における総平均材積成長量を，PVIは期間平均材積成長量を示す。また，数字は標準化パス係数を，括弧内の数字は標準化パス係数の標準誤差を示す。

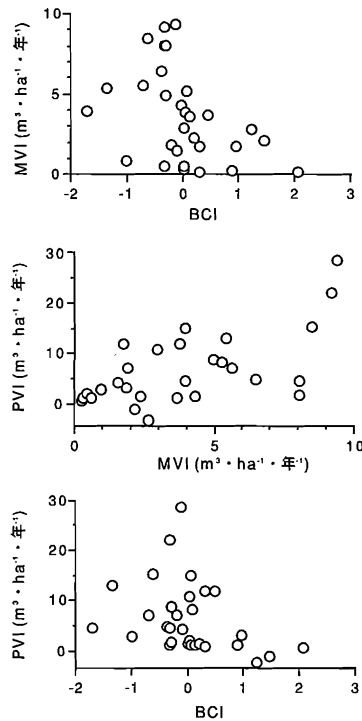


図-4. 期間平均材積成長量と総平均材積成長量，林分間競争指数との関係。

BCIは期首（1994年）における林分間競争指数を，MVIは期首における総平均材積成長量を，PVIは期間平均材積成長量を示す。

無仮説が棄却されなかった ($p=0.52$) ののは，このモデルのみであった。期間平均材積成長量 PVIは，期首（1994年）における総平均材積成長量 MVI と有意な正の関係であり ($p<0.001$ ；図-4)，MVI は林分間競争指数 BCI と有意な負の関係を示した ($p<0.001$ ；図-4)。これらのことから，期首の段階で，隣接林分による被圧の影響を強く受けている林分では，その後の PVI が低くなるといえる。

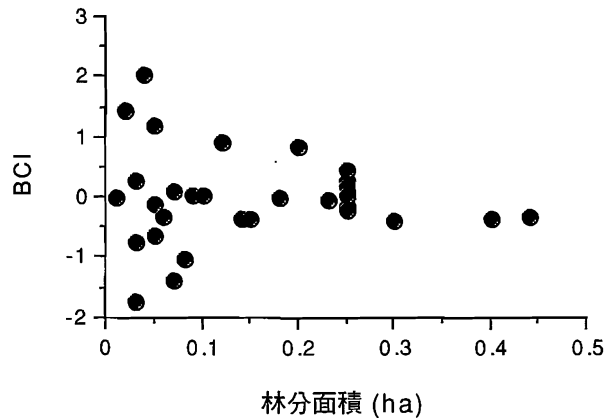


図-5. 林分面積と林分間競争指数との関係。
BCIは期首（1994年）における林分間競争指数を示す。

では、どのような林分で、隣接林分による被圧の影響が生じやすいのであろうか。林分面積とBCIとの関係を図-5に示す。林分面積が0.05ha以下ではBCIのばらつきが大きく、BCIが1を超える林分もあった。林分面積が大きくなるほどBCIのばらつきは小さくなるが、0.2haでもBCIが1に近い林分が見受けられた。BCIが1前後または1以上の林分におけるPVIは顕著に低いことから（図-4）、少なくとも0.2ha以下の見本林では、隣接林分の被圧が林分材積成長量に影響する可能性がある。

結論として、林分面積が0.2ha以下で隣接林分よりも樹高が顕著に低い林分では、その後の林分材積成長量が低くなりやすい。

本研究を遂行するにあたり、岩手大学農学部の中本信次助教授、滝沢演習林の職員各位、および森林総合研究所東北支所の杉田久志博士には、調査林分の履歴に関して有益なご助言をいただいた。岩手大学森林動態制御研究室の皆さんには林分調査を手伝っていただいた。ここに記して深甚なる謝意を表す。本研究は科学研究費補助金（課題番号16780109）を使用して行われた。

引用文献

- FORMAN, R. T. T. and GODRON, M. (1986) Landscape Ecology. 619pp, John Wiley & Sons.
 藤森隆郎・河原輝彦 編著 (1994) 広葉樹林施業. 175pp, 全国林業改良普及協会, 東京.
 橋詰隼人 (1994) 主要広葉樹林の育成. (堤利夫編著「造林学」), 103-179, 文永堂出版, 東京.
 橋本良二・阿部信之 (2000) コナラの母樹保残法更新における小型掘削機による地床処理が稚

- 樹の発生に及ぼす影響. 岩大演報 31:149-158.
- 今田盛生 編著 (2005) 森林組織計画. 258pp, 九州大学出版会, 福岡.
- 川村勇・熊谷國夫・伊藤勲・斎藤誠・杉田久志 (1995) 滝沢演習林広葉樹見本林の林分調査資料—1994年4月—. 岩大演業務資料 17:1-5.
- 小林達明・倉本宣 編著 (2006) 生物多様性緑化ハンドブック. 323pp, 地人書館, 東京.
- 中越信和 (1997) 景観と生物多様性. (矢原徹一・巖佐庸・遺伝学普及会 編「遺伝 別冊 生物多様性とその保全」), 41-47, 裳華房, 東京.
- 日本林業技術協会 (1987) 全国広葉樹<試験林・見本林>の概況. 52pp, 日本林業技術協会, 東京.
- 日本林業技術協会 (1999) 人工林林分密度管理図 全22図 (復刻). 日本林業技術協会, 東京.
- 農林水産省統計情報部 (2003) 林業センサス累計統計書 (昭和35年~平成12年). 321pp, 農林統計協会, 東京.
- 林野庁計画課 (1970) 立木幹材積表—東日本編—. 333pp, 日本林業調査会, 東京.
- 杉田久志・熊谷國夫・伊藤勲・川村勇・斎藤誠 (1988) 滝沢演習林広葉樹見本林の林分調査資料—1986—. 岩大演業務資料 10:10-15.
- 杉田久志・川村勇・熊谷國夫・伊藤勲・斎藤誠 (1990) 滝沢演習林におけるスギ, アカマツ, カラマツ, ヒノキ人工林およびアカマツ天然生林の収量比数. 岩大演業務資料 12:4-13.
- 谷本丈夫 (2004) 森の時間に学ぶ森づくり. 208pp, 全国林業改良普及協会, 東京.

要 旨

滝沢演習林における広葉樹見本林を対象に, 林分材積成長量の林分間差に及ぼすパッチ属性の影響を解析した。期間平均材積成長量PVIは, 期首 (1994年) における総平均材積成長量MVIと有意な正の関係であり, MVIは林分間競争指数BCIと有意な負の関係を示した。林分面積が大きくなるほどBCIのばらつきは小さくなるが, 0.2haでもBCIが高い林分が見受けられた。結論として, 林分面積が0.2ha以下で隣接林分よりも樹高が顕著に低い林分では, その後の林分材積成長量が低くなりやすい。

Summary

We examined the correlations between patch characteristics and the net increment in stand volume in thirty hardwood plantations located in the Takizawa Experimental Forest of Iwate University, northern Japan. The periodic net increment in the stand

volume between 1994 and 2004 was positively correlated with the mean annual increment in the stand volume in 1994. In contrast, the mean annual increment in the stand volume in 1994 was negatively correlated with the between-stand competition index (BCI). The variation in the BCI decreased with the stand area, but some stands with areas of ≤ 0.2 ha had high BCI values, indicating strong competition among neighboring stands. In conclusion, the periodic net increment in the stand volume is low in stands with areas of ≤ 0.2 ha and heights lower than those of neighboring stands.