

速報

高齢スギ不成績造林地における広葉樹稚樹の分布^{*1}

井上貴文^{*2} ・ 長慶一郎^{*3} ・ 山内康平^{*3} ・ 鍛冶清弘^{*3} ・ 椎葉康喜^{*3}
井上一信^{*3} ・ 作田耕太郎^{*4} ・ 田代直明^{*4} ・ 榎木 勉^{*4} ・ 井上 晋^{*4}

キーワード：高齢人工林，施業放棄，スギ，広葉樹稚樹

I. はじめに

近年，施業放棄林や長伐期化する人工林が各地で増加している（林野庁，2006）。長池（2000）はこうした森林の今後の取り扱いについて議論しており，人工林の林分構造については林分の発達や管理の集約度などを考慮する必要があるが，特に管理が行われず混交林化した人工林における植生については十分な知見が得られていないとしている。また，高齢級化した人工林の林分構造についての研究例も少ない（大住，2002）。管理が行われている高齢人工林においては下層に侵入した広葉樹の分布に対して施業の影響が考えられている（鈴木ほか，2005）が，施業が行われていない高齢人工林においては下層の広葉樹の分布に影響する要因は明らかにされていない。

九州大学福岡演習林には，植栽後約140年が経過したスギ造林地がある。当林分のうちスギの活着が悪かった場所では，施業が行われた記録は残っておらず，広葉樹二次林となっている。この二次林において胸高直径5 cm以上の樹木については，スギを含めha当り48種1410個体が記録されている（井上ほか，2006）が，胸高直径が5 cmより小さい稚樹はあまり見られない。

一般に稚樹の分布に影響する要因には，地形，光，種子散布，母樹との距離，土壤，他種との競争などが挙げられる（例えば Ozaki and Ohsawa, 1995; Finzi and Canham, 2000; Coates, 2002; Enoki and Abe, 2004）。当林分は地形が急峻であり，ギャップが見られることや，崩壊が起きやすいと考えられることから，地形と光および土壤に注目し，稚樹の分布と地形，光，土壤との関係を明らかにすることを目的とした。

しかし，多くの場合，ある現象に関与する各要因はそれぞれ相互に関係しており，要因同士の関係性も含めて影響を評価することは難しい。こうした複数の要因間の関係性と影響を同時に明らかにするためには，共分散構造分析が有効である（Johnson *et al.*, 1991）。そこで，共分散構造分析の一手法であるパス解析により各環境要因と稚樹の分布との関係を検討した。

II. 調査地と方法

調査は，福岡県糟屋郡に位置する九州大学福岡演習林13・14林班内の植栽後約140年が経過したスギ造林地内で，初期の活着不良により施業が放棄され広葉樹が混交した林分（33° 39' N, 30° 32' E, 標高410m～490m）で行った。本林分のスギは平均胸高直径38cm, 平均樹高14m, 立木密度50本/haである。本林分のうち，広葉樹の侵入が多く見られる二次林に，2004年に10m×10mのグリッド100個からなる100m×100mのプロットが設置された（図-1）（井上ほか，2006）。2006年8月にプロット内の各グリッドにおいて，中央に2 m×2 m コドラートを設置した。

各コドラートにおいて，樹高が30cm以上で，胸高直径が5 cmより小さいすべての樹木個体の樹高を測定し，樹種を記録した。また，アオキについては地際部（地表からの高さ25cm以下）で確認される萌芽幹の有無を記録し，各コドラートで萌芽が見られる個体の割合を萌芽率とした。

環境要因は地形の指標として凹凸度と傾斜角度を，光条件の指標として開空度を，土壤条件の指標として土壤深度を測定した。凹凸度と傾斜角度は，各グリッドの交点の高低差をコンパスを用いて測量し，Yamakura *et al.* (1995) の方法により算出した。凹凸度は正の値が凸地形（尾根地形）を，負の値が凹地形（谷地形）を示す。開空度は，各グリッドの中央で魚眼レンズ付きデジ

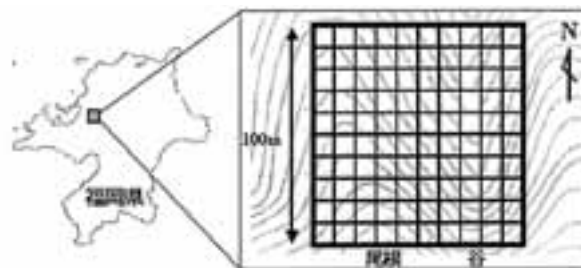


図-1. 調査地の位置とプロットの配置

^{*1} Inoue, T., Cho, K., Yamauchi, K., Kaji, K., Shiiba, Y., Inoue, K., Sakuta, K., Tashiro, N., Enoki, T. and Inoue, S.: Sapling distribution of broad-leaved trees in an old-growth *Cryptomeria japonica* plantation

^{*2} 九州大学大学院生物資源環境科学府 Grad. Sch. Biores. and Bioenvir. Sci., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

^{*3} 九州大学農学部附属演習林 Univ. For., Fac. Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 811-2415

^{*4} 九州大学大学院農学研究院 Fac. Agric., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

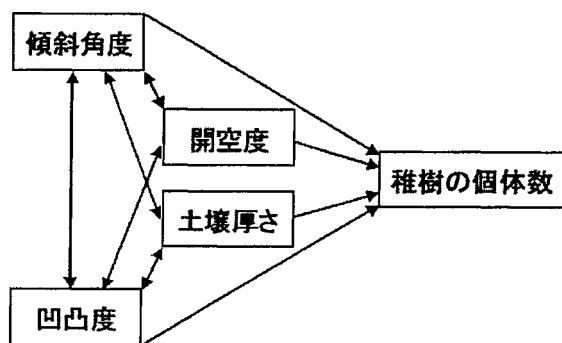


図-2. 各環境要因と稚樹の分布の関係を表したパス図

タルカメラを用いて地上高2 mにおける全天空写真を撮影し、Gap Light Analyzer (GLA) Ver.2.0 (Gordon and Charles,1999)によって解析した。土壌深度は、各グリッドの中央で検土杖を用いて貫入させることのできた深さを100cmまで記録した。深さが100cm以上の場合は100cmと記録した。

各グリッドの各環境要因の値と稚樹の個体数それぞれを変数としてパス解析を行った。パス解析は、仮定した因果関係をパスで表したパス図に対して重回帰分析を行う解析方法である。各環境要因間にはそれぞれ関与し合っていると仮定して双方向のパスを、各環境要因による稚樹の個体数への影響を仮定して単方向のパスを設定し、パス図に表した(図-2)。パス図と各変数から、SPSS統計解析ソフト Amos 5.0 (Arbuckle, 2003)によってそ

表-1. 出現種と個体数および出現コドラート数

樹種	個体数	出現コドラート数
アオキ	66	45
ヤブニッケイ	62	28
シロダモ	17	14
ネズミモチ	8	7
タブノキ	7	6
ヤブツバキ	5	4
サカキ	2	1
スダジイ	2	2
ヒサカキ	2	2
アカガシ	2	2
ナワシログミ	2	2
ホソバタブ	1	1
イヌガヤ	1	1
エノキ	1	1
計	178	70

表-2. 各環境要因の値の範囲と平均±標準偏差
() はアオキの出現コドラートの値

	範囲	平均値±標準偏差
凹凸度 (m)	-6.73~4.86 (-6.73~4.79)	-0.01±2.75 (0.10±2.66)
傾斜角度 (°)	17.08~50.37 (17.68~48.85)	36.00±8.08 (36.14±7.70)
開空度 (%)	2.11~12.71 (2.11~12.71)	3.54±1.18 (3.60±1.57)
土壌深度 (cm)	10~100 (10~100)	55.23±19.09 (57.93±19.80)

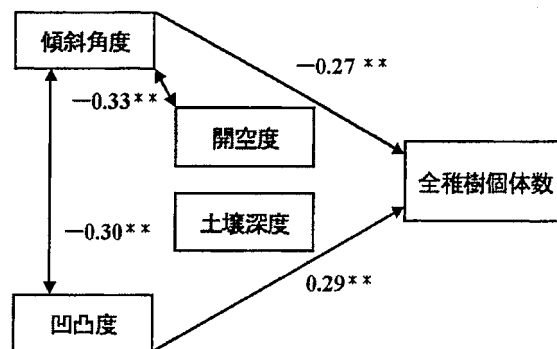
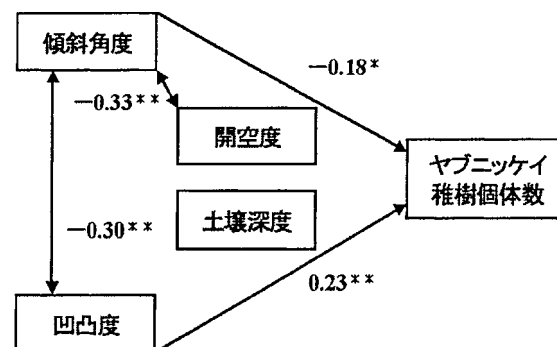
それぞれのパスについて標準化偏回帰係数と χ^2 乗検定のp値を算出し、有意でないパス($p > 0.05$)はパス図から除いた。パス解析は全樹種をプールした個体数および個体数の多かったアオキとヤブニッケイのそれぞれの個体数について行った。またアオキが出現したコドラートにおいて、アオキの萌芽率についても同様にパス解析を行った。

Ⅲ. 結果

稚樹は400m²当り14種178個体が記録された(表-1)。そのうち、アオキが66個体、ヤブニッケイが62個体と大きな割合を占めていた。出現コドラート数はアオキが45、ヤブニッケイが28であった。

表-2に全グリッドとアオキの出現コドラートの各環境要因の値の範囲と平均値±標準偏差を示した。

パス解析により有意であった係数は、環境要因間では凹凸度と傾斜角度との間に負の相関が、傾斜角度と開空度との間に負の関係が見られた(図-3)。178個体全ての稚樹を対象にすると、出現する個体数には凹凸度と正の関係が、傾斜角度と負の関係が見られた。樹種別に見ると、ヤブニッケイの個体数には凹凸度と正の関係が見られたが(図-4)、アオキについては環境要因との間に有意な関係は見られなかった(図-5)。アオキの萌芽率については凹凸度と負の関係が、傾斜角度と正の関係が見られた(図-6)。

図-3. 178個体全稚樹の個体数についてのパス解析結果
(** : $p < 0.05$)図-4. ヤブニッケイ稚樹の個体数についてのパス解析結果
(* : $p < 0.1$, ** : $p < 0.05$)

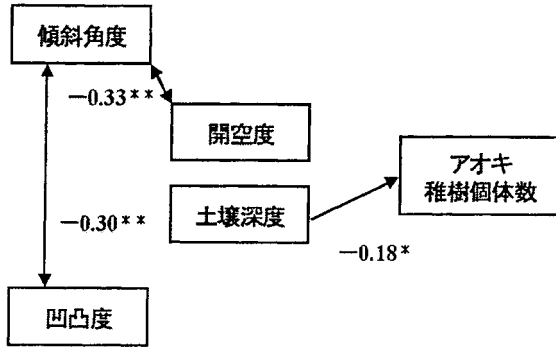


図-5. アオキの個体数についてのパス解析結果
(*: $p < 0.1$, **: $p < 0.05$)

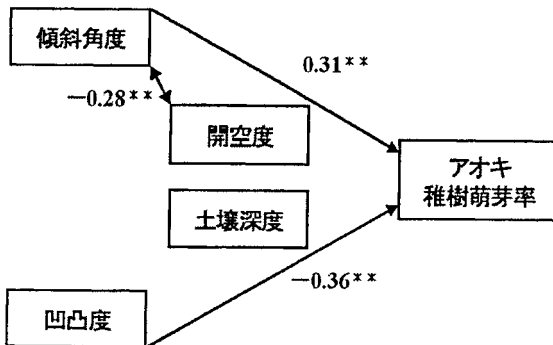


図-6. アオキの萌芽率についてのパス解析結果
(** : $p < 0.05$)

IV. 考察

環境要因間でのパス解析の結果より、本試験地は凹部（谷）で急傾斜であり、急傾斜な場所で暗いという傾向が見られた。稚樹の分布は、全体では尾根部に偏って分布する傾向があると考えられた。しかし、アオキについては凹凸度、傾斜角度、開空度、土壌深度からの有意な影響は見られなかった。アオキの萌芽率には凹凸度や傾斜角度からの影響があり、急傾斜な場所あるいは谷で萌芽の見える個体が多い傾向があると考えられた。

本試験地では、稚樹の分布に地形が大きな影響を与えていると言えた。また、開空度も間接的に影響を与えていることが考えられた。この結果は、Enoki and Abe (2004) の天然林においての

結果と一致する。また、本試験地では尾根部に多くの種の分布が偏っており、谷部では分布している種が少ない傾向が見られた。この結果も、天然林において地形により種組成に違いが見られるという報告 (Kikuchi and Miura, 1993; Hara *et al.*, 1996; Nagamatsu and Miura, 1997) と一致する。Nagamatsu and Miura (1997) は地形による高頻度な地表攪乱が種組成の違いと関係していると指摘しており、本試験地においても、急峻な谷部ではリターの移動を含めた地表攪乱が起きやすい可能性がある。

アオキの萌芽更新は群落の発達段階により違いが見られるという報告 (伊東ほか, 1992; Ito *et al.*, 1999) があり、Ito *et al.* (1999) は群落の発達段階を安定性と関連づけて議論している。本試験地での地形によるアオキの萌芽率の違いも、地形により安定性に違いがあるためという可能性がある。本試験地における地形による安定性の違いについて明らかにするためには今後、上層木のデータも含めて、より詳細な調査、解析が必要である。

引用文献

Arbuckle, J. (2003) Amos 5.0 update to the Amos user's guide. P. 1-95. Chicago, Ill.: Marketing Dept. SPSS Inc.: Small Wters.

Coates, K. (2002) For. Ecol. Man. 155: 387-398.

Enoki, T. and Abe, A. (2004) Plant Ecol. 173: 283-291.

Finzi, A. and Canham, C. (2000) For. Ecol. Man. 131: 153-165.

Gordon, W. F. and Charles, D. C. (1999) Copyright (c) Simon Fraser Univ., B. C., and the Inst. Ecosystem Studies, N. Y. Free software.

Hara, M. (1996) Ecol. Res. 11: 325-337.

井上貴文ほか (2006) 九州大学演習林報告 (印刷中).

伊東啓太郎ほか (1992) 日林九支研論 45: 87-88.

Ito, K. *et al.* (1999) J. For. Res. 4: 137-143.

Johnson, M. *et al.* (1991) Ecol. Appl. 1 (4): 383-398.

Kikuchi, T. and Miura, O. (1993) Vegetatio 106: 147-154.

Nagamatsu, D. and Miura, O. (1997) Plant Ecol. 133: 191-200.

長池卓男 (2000) 日林誌 82 (4): 407-416.

大住克博 (2002) 山林 1422: 17-23.

Ozaki, K. and Ohsawa, M. (1995) Ecol. Res. 10: 223-234.

林野庁 (2006) 森林・林業白書. 228pp, 日本林業協会, 東京.

鈴木和次郎ほか (2005) 日林誌 87 (1): 27-35.

Yamakura, T. *et al.* (1995) Tropics 5: 41-56.

(2006年11月17日受付; 2007年1月24日受理)