

平成22年 4月27日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2010  
 課題番号：19510241  
 研究課題名（和文） 幼樹の生理生態的特性をとりこんだ照葉樹林更新パターンの解明  
 研究課題名（英文） Demographic pattern of evergreen broad-leaved forest with physiological characteristics of seedlings  
 研究代表者  
 河原崎 里子（KAWARASAKI SATOKO）  
 首都大学東京・理工学研究科・客員研究員  
 研究者番号：00450726

研究成果の概要（和文）：常緑広葉樹実生が様々な光環境のもとでどのように成長するかを実験環境下で調べた。冬季のギャップの形成（被陰環境から裸地環境への移動）は個葉に光阻害を強く与え、後の成長をギャップのない時より抑制していた。夏季は、より暗いところ由来するものほど、ギャップ形成によって成長が促進した。成長速度の大きな種は光環境に寄らず成長速度が大きく、逆に成長の遅い種は環境が変動しても遅かった。常緑樹林の動態において、実生は確率的な過程によって更新に寄与することが示唆された。

研究成果の概要（英文）：We examined growth of 14 evergreen broad-leaved seedlings under various light conditions. A gap generation in winter reduced growth of seedlings, because of heavy photoinhibition on the leaves. In summer, a gap generation promoted growth of them, especially from darker treatment. Species that have larger growth rate became larger in almost conditions, on the other hand, species with smaller growth rate almost always showed smaller growth rate. Seedlings may contribute forest regeneration through stochastic process.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
19年度	2,200,000	660,000	2,860,000
20年度	600,000	180,000	780,000
21年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：資源保全学・資源保全学

キーワード：環境対応、国土保全、生態系修復・整備、生態学、植物

## 1. 研究開始当初の背景

西日本の原植生である照葉樹林（常緑広葉樹林）は、孤立・分断化が進み、原生の姿を残している森林はわずかである。古くから人間活動が盛んで森林として利用され、農地な

どに転用されてきた上に、戦後の拡大造林の際の人工林化が照葉樹林の衰退に拍車をかけた。そして、その後、産業構造の変化によって人工林は適切な管理をなされなくなり、台風などによって土砂崩れなどの災害が生

じており、今後も災害が生じる可能性が高い。照葉樹林の保全は種共存の機構を探る場を守るという学術的な欲求が高いだけでなく、災害を予防するという社会的な観点からも重要である。現在、管理不可能な人工林を照葉樹林に戻す取り組みがなされている中で、照葉樹林回復の手法を提案することは急務である。

日本国内では1980年代から天然林の動態機構を明らかにするために、各地に大面積調査区が設置され長期モニタリングが行われてきた。そのようなモニタリングでは、多くの場合、胸高直径5 cm以上のいわゆる“成木”についての測定を継続してきている。その結果、成木の動態について把握できるようになった。しかし、最も環境への感受性が高い幼樹が定着し、成長していくか否かが、後の森林の更新を占う鍵となる。実生や稚樹の環境変動に対する反応を取り込んだ森林更新の機構解明の研究はこれまでほとんどなかった。

環境制御下の栽培実験での実生のふるまいと自然林内の環境と森林構造の関係を擦り合せて、森林更新パターンの解明を目指す。

## 2. 研究の目的

環境変動に対して感受性の高い幼樹の成長の成否という観点から照葉樹林の更新パターンを明らかにすることが、照葉樹林を保全・再生のために必要である。そこで、ギャップ形成を模した環境下で栽培実験を行い、実生がどのように個葉の生理的能力を変化させ、個体の成長はどのような影響を受け、その後の森林更新に果たす役割を明らかにすることを研究の目的とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 栽培実験

以下の照葉樹林構成樹種14種の実生を林床を模した被陰環境で栽培し、その後、ギャップ形成時の変動光環境を模して裸地へ移動させた。その前後の、光合成速度の変化、強光阻害の程度など生理的なパラメータを測定するとともに、個体の成長を明らかにした。被陰格子は屋外にあり、温度条件は野外のものである。

《材料》ウバメガシ、イチイガシ、アカガシ、アラカシ、ウラジロガシ、シラカシ、スダジイ、ツブラジイ、シリブカガシ、マテバシイ（ブナ科）、イスノキ（マンサク科）、クスノキ、ホソバタブ（クスノキ科）、ヤブツバキ（ツバキ科）

《栽培条件》9月にポット栽培を開始し、光環境を以下のように設定した。[shade] 14種の実生を3段階の被陰区（相対照度RLI 6, 16, 44%）でポット栽培した。[冬 open] 1月に各被陰区から一部のポットを裸地に移

動させた。[夏 open] さらに、8月に一部のポットを裸地に移動させた。

① 強光阻害 夏 open と冬 open の個体の葉の Fv/Fm（光化学系 II における最大量子収率、強光阻害の程度の指標となる）を繰り返し測定した。同時に、open 前後の最大光合成速度を測定した。

② 強光耐性能力 1月と8月に被陰区で栽培している個体を一晩、暗条件恒温22°Cに順化させ、Fv/Fmを測定した。強光照射（1,700  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、1時間）し、暗下15分経過後 Fv/Fm を測定、さらに一晩放置して Fv/Fm を測定した。

③ 個体成長 栽培開始時に、地上部のサイズを測定し、アロメトリー式から個体重を推定した。1年1ヶ月後に全ての処理区のポット栽培個体を10月に刈り取り、各個体の SLA（葉の単位重さあたりの面積）と個体乾燥重量の測定を行った。これらのデータから成長解析を行った。

## (2) 天然林毎木調査

長崎県対馬市龍良山の照葉樹天然林内に1990年に設置された大面積調査区がある。長期毎木モニタリングにより、成木サイズでの更新動態は解明されつつある。この調査区で高さ1 m以上、胸高直径5 cm未満の稚樹を含むさらなる毎木調査を行った。同時に林内の相対照度を測定した。光環境は、10 mおきの格子で高さ1、2、5 mで測定した。成木の森林構造が光環境にどのような影響を与え、さらには稚樹レベルの森林構造に及ぼす影響を評価した。

## 4. 研究成果

### (1) 変動光環境下での個葉の反応

① 強光阻害 夏 Open および冬 Open の葉は、暗いところに由来するものほど強く強光阻害を受けた（図1）。夏 open では2週間程度で強光阻害から回復した。最大光合成速度は裸地に出す前と1ヶ月後は同程度であった（図2）。一方、冬 open では2ヶ月以上にわたり強光阻害を受け（図1）、落葉した処理区があった。残った葉は4月になり周囲気温の上昇に伴って強光阻害から回復した。最大光合成速度は強光阻害を受けている時（45日目）に低下し、強光阻害から回復すると上昇した（図2）。

（図2）。一方、冬 open では2ヶ月以上にわたり強光阻害を受け（図1）、落葉した処理区があった。残った葉は4月になり周囲気温の上昇に伴って強光阻害から回復した。最大光合成速度は強光阻害を受けている時（45日目）に低下し、強光阻害から回復すると上昇した（図2）。

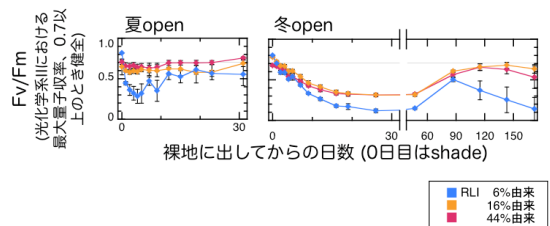


図1 Openにした時の強光阻害の受け方（ウバメガシ）

ガシの例) (凡例は図 2, 3, 5 に共通)

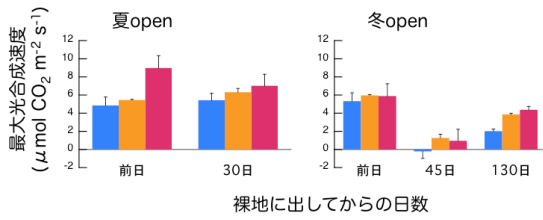


図 2 Open にした時の最大光合成速度の変化 (ウバメガシの例)

② 強光耐性能力 強光阻害は光化学系 II の反応中心が破壊され、その後、修復する動的なプロセスである。アカガシの例を挙げたが (図 3)、一晩、室温に順化させた葉の  $F_v/F_m$  は高く、健全な状態を示し (A)、強光照射後 (B)、葉は強く阻害される (反応中心が破壊する。一晩放置すると (C)、修復される。夏の葉と冬の葉を比較すると、冬の葉の方が回復の程度が高い。C と A の時の  $F_v/F_m$  の比は強光耐性を示すと考えられる。14 種の平均では、夏の葉より冬の葉の方が高かった。また、明るい環境に由来するものの方がこの値が高かった。

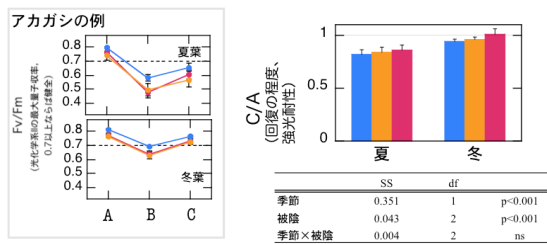


図 3 22°C 恒温に一晩順化させたアカガシの 8 月と 1 月の葉 (夏葉、冬葉) の  $F_v/F_m$  の変化 (A: 一晩放置後、B: 強光照射後、C: 一晩放置後) (左) と 14 種平均強光耐性 (強光阻害からの回復、C と A の時の  $F_v/F_m$  の比) (右)

室温での実験からは、冬の葉の方が強光耐性の能力が高い。これは、強光から受ける過剰なエネルギーをキサントフィル色素が吸収する仕組みが冬の間は機能していると考えられる。実際の野外の温度条件下では、冬の葉は落葉にいたるほどの強光阻害を受けているものもあった。落葉しなかったものについては、春に気温が上昇すると強光阻害から回復し、光合成速度も回復した。夏の葉と比較すると、冬の葉は落葉、および、強光阻害から回復するまでに長い時間を要することから、物質生産面で大きなロスがあることがわかった。

③ 個体成長 相対成長速度 RGR の決定要因

RGR は、被陰区の中でも比較的明るいところ (44%) では純同化速度 NAR が、暗いところ (6%) では葉面積比 LAR が決定していた (図 4)。特に 6% 区では、LMR や SLA が RGR と正の相関を持ち、薄い葉を広く着けることができる種ほど RGR が大きくなることがわかった。16% 区では、純同化速度も葉面積比のいずれも RGR の決定因となっていた。明るいところでは生理的な活性が、暗いところでは形態的な要素が成長を決定し、中間の明るさでは両方が成長に影響を及ぼしていた。

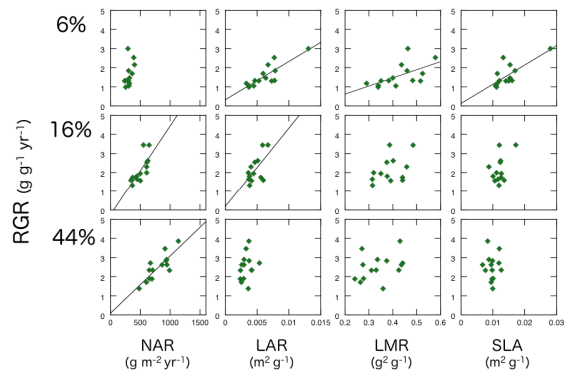


図 4 被陰区の相対成長速度の決定要因 (1 つの点が 1 つの種を示す)

被陰区と同様に、変動光環境下での相対成長速度の決定要因を調べた (表 1)。夏 open では、被陰区の RGR 決定要因がほぼ保存された。冬 open では、いずれの処理区も NAR が RGR 決定要因となる。冬 open では、強光阻害の程度が大きく、落葉に至ることもあった。新たに展開した葉が裸地の環境に順化し、高い光合成速度を示すために、RGR 決定要因が変化すると考えられる。

表 各処理区の RGR 決定要因 (+、-: 正および負の相関、no: 相関なし)

RGR	NAR	LAR	LMR	SLA
shade 6%	no	+	+	+
shade 16%	+	+	no	no
shade 44%	+	no	no	no
夏open 6%	no	+	no	+
夏open 16%	+	no	no	no
夏open 44%	+	no	no	no
冬open 6%	+	no	no	no
冬open 16%	+	no	+	no
冬open 44%	+	no	no	no

夏 open の個体は被陰区と比較して個体成長が同等ないし促進していた (図 5)。そして、夏 open では、暗いところに由来するほど個体の成長が促進されていた。逆に、冬に open になると個体成長は抑制された。冬季の個葉がうける強光阻害による物質生産のロスに

よるのであろう。

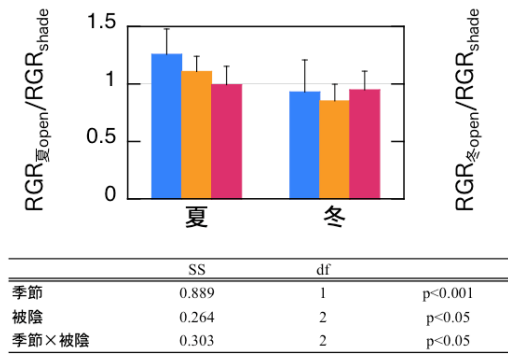


図5 光環境変動が成長に及ぼす影響 (被陰区と夏と冬の open 時の相対成長速度の比、14 種の平均)

相対照度 44%区の相対成長速度はそれぞれの種の成長ポテンシャルを示すと考えられる。成長が速いのはイスノキ、クスノキ、ウラジロガシなど、逆に遅いのは、ウバメガシ、アカガシ、アラカシなどであった (図7)。

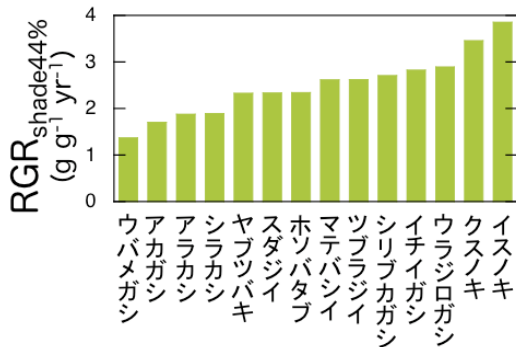


図6 44%被陰区での各種の相対成長速度 RGR

栽培光環境と相対成長速度の関係を調べた。被陰区では明るいほど成長速度が大きくなったが、16%と44%の間では成長速度の伸びは大きくなく、常緑樹実生の生育には16%程度あれば多くの種にとって十分であることが示唆された (図7)。夏、冬 open でも、由来する光環境が明るいものほど成長速度が大きくなるが、16%区で頭打ちの傾向があり、また、種の順位性に大きな変化が見られなかった。相対照度44%区でのRGRによる種ランクを他の処理の種ランクと比較したところ (Spearman 順位相関)、冬 open 以外の処理区で有意となり、光環境の相違と成長の種の順位性は保存的であることが明らかになった。で、もっと暗い6、16%やそれぞれの被陰区から夏や冬に裸地に出す全9処理で行った。44%区における相対成長速度の種の順位は処理が異なってもほとんど保存されていた (図7)。

以上から、少なくとも実生の段階ではポテ

ンシャルの成長が速いものは環境が変動しても早く、逆に成長の遅いものは環境が変化しても遅いということを示す。森林更新の過程において、実生は確率的な過程のよってふるまうことが示唆された。

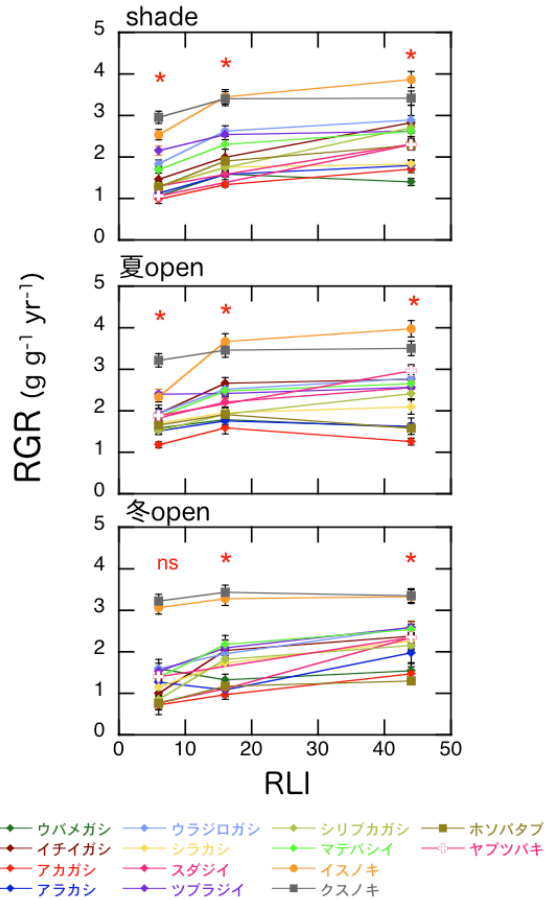


図7 栽培環境と各種の相対成長速度の栽培環境による変化 (\* : 44%被陰区での相対成長速度の種の順位を各処理区のそれらと比較したときの有意な関係を示す)

## (2) 天然林毎木調査

対馬の龍吉山照葉樹原生林で100 m四方のプロットについて相対照度を測定した。光環境の空間的な構造は、平面的にも高さ方向的にも変異が大きかった。そして、森林の構造との関係は容易には見いだせなかった。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

1. Kawarasaki, S.H. (1 番目), Hamano, H., Aikawa, S., Tanouchi, H. (6 番目) (全8名) (2010) Growth of trees planted for rehabilitation of a saline area of the wheatbelt in Western Australia. Japan Agricultural Research Quarterly

44(1):37-43 (査読有)

2. 河原崎 里子 (2009) 「地球環境を守るために-失われた森林を再生する-」 日本沙漠学会・森林総合研究所合同公開シンポジウム報告. 海外の森林と林業 76:47-51 (査読無)

3. Manabe, T., Shimatani, K., Kawarasaki, S., Aikawa, S. and Yamamoto, S. (2009) The patch mosaic of an old-growth warm-temperate forest: patch-level descriptions of 40-year gap-forming processes and community structures. *Ecological Research* 24: 575-586 (査読有)

4. Kawarasaki, S., Aikawa, S., Kato, M. (全 8 名) (2008) A forest herb, *Pertya rigidula*, lives more than 200 years: inference from 11-year monitoring and growth model. *The Institute of Statistical Mathematics Research Memorandum* 1058: 1-10 (査読無)

5. 河原崎里子 (2008) 第 2 章 植物の寿命推定. In 野生植物の生活史研究における統計モデルの活用 統計数理研究所共同利用研究リポート 219: 29-38 (査読無)

6. 高松潔・河原崎里子 (5 番目)・中野隆志・堀良通 (全 7 名) (2007) 夏緑草本カニコウモリの富士山亜高山帯針葉樹林での優占機構. *富士山研究* 1: 1-9 (査読有)

7. Shimatani, K., Kawarasaki, S. & Manabe, T. (2007) Describing size-related mortality and size distribution by nonparametric estimation and model selection using Akaike Bayesian Information Criterion. *Ecological Research* 23: 289-297 (査読有)

〔学会発表〕 (計 5 件)

1. 河原崎里子・相川真一・石田厚・可知直毅・田内裕之 「常緑広葉樹林実生の夏と冬の光環境変動に対する個葉と個体の反応」 (ポスター発表) 第 57 回日本生態学会大会、2010.3.16 東京大学駒場

2. 河原崎里子・相川真一・石田厚・可知直毅・田内裕之 「常緑広葉樹実生の冬と夏の光環境変動に対する強光耐性と成長反応」 (ポスター発表) 第 41 回種生物学学会シンポジウム 2009.12.13 八王子市大学セミナーハウス

3. 河原崎里子・相川真一・石田厚・可知直毅・田内裕之 「冬と夏の光環境変動に対する常緑樹実生の反応」 (ポスター発表) 第 56 回日本生態学会大会 2009.3.18 岩手県立大学

4. 河原崎里子・相川真一・石田厚・可知直毅・田内裕之 「常緑樹実生の光環境変動に対する個葉の反応」 (ポスター発表) 第 40 回種生物学学会シンポジウム 2008.12.5 茨城県守谷市

5. 河原崎里子 (全 7 名) 「林床草本クルマバハグマの個体群動態—13 年間の観測と推移行列—」 (ポスター発表) 第 55 回日本生態学会大会、2008.3.17 福岡

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

河原崎 里子 (KAWARASAKI SATOKO)

首都大学東京・理工学研究科・客員研究員  
研究者番号: 00450726

### (2) 研究分担者

田内 裕之 (TANOUCHI HIROYUKI)

森林総合研究所・森林植生研究領域・領域長

研究者番号: 20353766

### (3) 連携研究者

西村 尚之 (NISHIMURA NAOYUKI)

名古屋産業大学・環境情報学部・教授

研究者番号: 10387904

真鍋 徹 (MANABE TOHRU)

北九州市立自然史・歴史博物館・自然史課・学芸員

研究者番号: 90359472

### ・研究協力者

相川 真一 (AIKAWA SHIN-ICHI)

森林総合研究所・森林植生研究領域・非常勤研究員