

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 7日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22580170

研究課題名（和文） 里山構成種の生理的可塑性と共存機構における林冠ギャップの機能評価

研究課題名（英文）

Expression of physiological and morphological plasticity in response to gap formation in Japanese forest trees

研究代表者

山下 直子（YAMASHITA NAOKO）

独立行政法人森林総合研究所・関西支所・主任研究員

研究者番号：70353901

研究成果の概要（和文）：

里山林構成種を対象として、光環境の変動に対する個々の樹種の生理的可塑性を明らかにし、種の共存に関わる林冠ギャップの役割を検証することを目的として、異なる光環境で生育させた里山構成種の葉の形態的・構造的可塑性と成長との関係について解析した。その結果、陽葉と陰葉の比率（可塑性）が高いほど、成長量が高く、落葉広葉樹は常緑樹よりも、相対的に葉の形態的・構造的可塑性が高い傾向であった。異なる光条件に応じて、どれくらい構造的に性質の違う葉を作れるかどうか、各樹種の適応能力を規制する要因となっていることが示唆された。

研究成果の概要（英文）：

Physiological and morphological responses to canopy gap for tree species commonly found in Japanese satoyama forests were studied. High stem diameter growth was significantly related to high plasticity in leaf morphological and structural traits such as intercellular space, palisade mesophyll layer thickness, leaf area, and leaf weight per unit leaf area. These results suggest that greater leaf-level phenotypic plasticity between shade and gap is critical to the growth and long-term survival of forest tree species in the fluctuating light environment of the satoyama forest.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林科学

キーワード：森林生態・保護・保全・林冠ギャップ

1. 研究開始当初の背景
森林の構造と深く関係する現象の1つとして、林冠ギャップの形成がある。これまでの

多くの研究によって、林冠ギャップが樹木群集の平衡状態を維持するという仮説が支持されてきたが、逆に多様性が低下した事例も

報告されている。これらの研究の相違の理由として、林冠ギャップは大きさや存在時間が地域特异的に異なるため、生産性や多様性を維持する機構として機能するかどうかは、その場における利用可能な資源量、即ち時空間的に変動する光環境と、それを利用する種の特性に依存することが考えられる。本研究担当者らは、これまでに樹木の環境変化に対する生理生態的応答の研究をおこない、生理的可塑性の高い種が、変動する環境下において高い生存率と光合成能力を示し、それにより個体群を拡大する可能性が高いことを、小笠原諸島の外来種アカギをモデルとして検証した。この研究では、個葉の可塑性と馴化能力を評価するために馴化指数 (Acclimation index) を定義し、変動する光環境下では、個葉の馴化指数が類似している場合は、種の共存が維持されるが、指数の高い種が存在するとその種が優占し、結果として林冠ギャップでの種の共存性を低下させてしまうことが明らかになった。この研究成果は、Davis ら (2000) が提唱する「森林の外来種の侵入に対する感受性は、変動する環境下で高くなる」という仮説を支持するものであり、森林が将来どのような種組成になるかを予測するには、一定の環境下ではなく、変動する環境における可塑性、すなわち潜在的な生理生態的馴化能力の評価が重要であることを裏付けた。

日本全国に点在する放置された里山は、ナラ枯れなどの病気が蔓延し生産力が衰えたり、タケなどの外来種や園芸品種の侵入により生物多様性が減少している場所が増えている。これらの森林の多様性と健全性を保つための方策の1つとして、伐採による人為的攪乱で林冠ギャップを形成させ、向上した光環境下で稚樹を再生させる取り組みが行われつつある。しかし、人為攪乱あるいは台風などの自然攪乱によって生じた林冠ギャップは、多くの樹種にとって更新の機会である一方で、特定の樹種の優占や外来種の侵入を促進させてしまう危険性もある。規模の違う攪乱に対する反応性を評価することにより、種の絶滅・侵入のリスク評価をおこない、多様性や生産性を重視した森林に誘導する際に必要な保全上の技術や管理方法を検討していく必要がある。

日本の森林面積の約3割を占める里山林は、人が手を入れなくなり放棄された状態のものが多く、樹木は大径化し萌芽能力や生産力が低下し、さらにナラ枯れなどによる集団枯損や外来種の侵入事例が後を絶たない。これらの森林を、地域固有の樹種の更新により、生態的にも多様な価値を有した森林に再生させることは、重要な研究テーマといえる。さらに、近年の地球温暖化により大型の台風やハリケーンなどの発生頻度が増加傾向に

あり、今後も自然攪乱による林冠ギャップの形成が増加することが予測されている。このような状況下において、今後里山林の再生を目指し、伐採または保残の対象とする樹種の選択、伐採の方法やローテーションなどの具体的な管理方法を策定するためには、一定の環境ではなく変動環境を想定した各樹種の資源利用特性および生理的可塑性を明らかにし、種特性を把握した上で目的に応じた合理的な方法を立案する必要がある。

2. 研究の目的

里山林構成種を対象として、林冠ギャップを想定した光環境の変動に対する生理的形態的可塑性を評価し、異なる光環境に対する反応性の違いを明らかにすることを目的とした。また、異なる光環境に対する生理生態的適応力の違いが、樹木の生育場所を制限する要因になっているかどうかを検証した。

3. 研究の方法

関西周辺の暖温帯の里山林を構成する遷移初期から後期樹種、常緑、落葉樹、低木種、高木種を含む樹種について、苗畑で既に過去2年間異なる光環境下 (H条件: 相対照度100% 皆伐地など open な状態を想定、G条件: 相対照度約30% 平均的な林冠ギャップの明るさ、L条件: 相対照度約4% 閉鎖林内を想定) で生育させた苗木について、光環境の変化後の葉の生理特性 (最大光合成速度、暗呼吸速度、窒素利用効率、クロロフィル蛍光、クロロフィル含量、クロロフィル ab 比、葉の解剖学的特性) の測定をおこない、生理的可塑性および潜在的な二酸化炭素固定能力を調べた。また、葉群構造と各層位の葉の受光率、開葉時期、展開速度、落葉時期、着葉期間などのフェノロジーを調査した。また、相対照度4%と100%で生育させた苗木の成熟葉をサンプリングし、葉面積、葉厚、気孔密度、LMA (g/cm^2) を測定した。その後、葉を固定・樹脂包埋処理し、ミクロトームで切片を作成し、光学顕微鏡下で撮影した画像をもとに、細胞空隙率、LMA、空隙周囲長、葉肉細胞率を測定した。4%の葉 (陰葉) と100%の葉 (陽葉) の比率を plasticity index と定義し、それぞれの葉の可塑性の指標とし、これらと成長との関係について評価した。

また、異なる光環境に対する生理生態的適応力の違いが、樹木の生育場所を制限する要因になっているかどうかを検証するために、林内低木種のコショウノキを用いて、スギ人工林と隣接する落葉広葉樹林に生育する個体について、葉フェノロジー、開花結実率、葉の光合成特性、クロロフィル蛍光反応などの生理生態特性と生育場所の光環境との関係を調べた。

4. 研究成果

異なる光環境に対する葉の構造的可塑性、即ち陽葉と陰葉の比率が高いほど、成長量が高い傾向で、中でもアカメガシワは可塑性も大きく成長も高かったのに対して、アセビは可塑性が最も低く成長も低かった。落葉広葉樹は常緑樹よりも、相対的に葉の形態的・構造的可塑性が高い傾向であった。常緑樹の中では、ソヨゴは葉の構造的可塑性が高く、光への適応幅が広い樹種であることが考えられた。近年、ソヨゴは放置された里山林で繁茂しつつあり、異なる光環境に対する構造的可塑性の高さが本種の優占に影響していることが示唆された。各樹種の成長速度 (D_2H) と葉の構造的可塑性の指標 (plasticity index) との間には、正の相関があった (図1)。これらの結果から、異なる光条件に応じて、どれくらい構造的に性質の違う葉を作れるかどうか、各樹種の適応能力を規制する上で重要であることが示唆された。

異なる光環境に対する生理生態的適応力の違いが、樹木の生育場所を制限する要因になっているかどうかについて、林内低木種のコショウノキを用いて調べた結果、コショウノキは人工林内の光環境に適応した葉の生理特性をもつことが明らかとなった。個体の葉の最大光合成速度は、人工林と落葉広葉樹林の個体で差がなかったが、葉のストレス度合いの指標であるクロロフィル蛍光値 (F_v/F_m) は人工林の個体のほうが高く、暗呼吸速度は人工林よりも落葉広葉樹林で高かった。このことから、落葉広葉樹林内の個体は光阻害によるストレスをうけ、暗呼吸速度が高いことによる光合成のロスが大きいたことが示唆された。シュートの節間長は、人工林のほうが落葉広葉樹林の個体よりも長く (図2)、光環境は、落葉広葉樹内では冬季は人工林内よりも明るい、夏季は上層から下層まで樹木が繁茂することにより人工林内よりも暗いことが明らかとなった。これらの結果から、落葉広葉樹林内の個体は、葉が成熟する夏季は人工林よりも暗いため十分な光合成ができず、また冬季には低温と強光による光阻害でストレスをうけていることが明らかとなった。冬季に光阻害を受けないですむ常緑樹林内の光環境に適応した葉をもつコショウノキは、異なる光環境に対する葉の構造的可塑性も低いため、落葉広葉樹林へは分布を拡大することができないものと考えられた。

本研究により、異なる光環境に対する葉の構造的可塑性と生理的特性は、種の分布範囲を規定する上で重要であり、構造的可塑性が高い樹種ほど、光に対する反応性が高くより幅広い光環境で生存できることが示唆された。

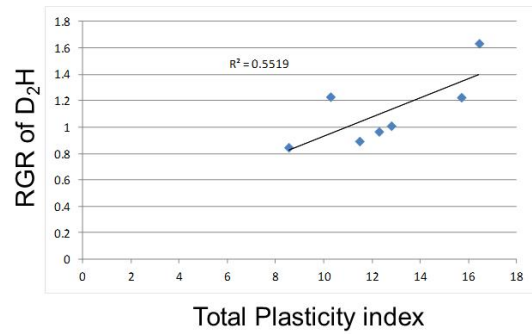


図1. Plasticity index と成長との関係

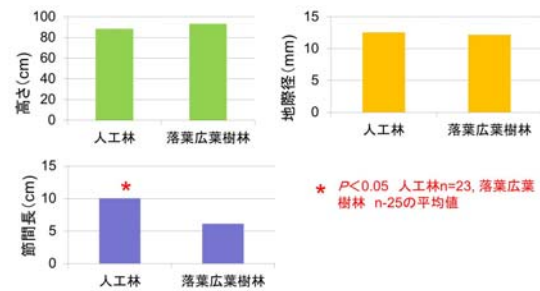


図2. 人工林と落葉広葉樹林におけるコショウノキの個体サイズの違い

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)

[学会発表] (計2件)

① 山下直子・奥田史郎・藤井智之・レイ トーマス (龍谷大学) (2012) 里山構成種における葉の形態的可塑性と林冠ギャップへの適応能力応用森林学会大会研究発表要旨集 63:62.

② Yamashita, N. (2010) Ecology and impact of invasive tree, *Bischofia javanica*, in the Bonin (Ogasawara) Islands, subtropical Pacific, Japan. 2010 International symposium on monitoring and management of alien invasive species (AIS). Proceedings pp. 64-67. (2010. 11. 1-2, Taiwan, 招待講演)

[図書] (計1件)

① Yamashita, N., Tanaka, N., Hoshi, Y., Kushima, H. and Kamo, K. (2010) Seed and seedling demography of invasive and native trees of subtropical Pacific islands. Part II Impact of alien invasive species. In Restoring the oceanic island ecosystem. Impact and management of invasive alien

species in the bonin islands
(eds. K. Kawakami and I. Okochi) pp.
93-102. Springer

[その他]

ホームページ等

山下直子(2012) コシユウノキが住処を求めて 平成 24 年度森林総合研究所関西支所公開講演会要旨集 p2

山下直子(2012) 人工林に生き残った樹木—コシユウノキ—森林総合研究所関西支所研究情報 105:2

Lei Thomas、山下直子(2011) 里山における二酸化炭素吸収源としての樹木の効果的な管理技術の開発。里山学研究 自然・歴史・文化と景観 龍谷大学里山学研究センター 2010 年度年次報告書 128-129.

山下直子(2010) 葉と花にユニークな特徴をもつ植物—ジンチョウゲ属 森林総合研究所関西支所研究情報 96:3

山下直子・レイ トーマス(2010) 放置された里山林に出現する林内低木種の光環境への適応について 2010 年代のための里山シンポジウム—どこまで理解できたか、どう向き合っていくか— 講演要旨集 p53-54.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山下直子 (YAMASHITA NAOKO)

独立行政法人森林総合研究所関西支所・主任研究員

研究者番号：70353901

(2) 連携研究者

レイ トーマス (LEI THOMAS)

龍谷大学・理工学部・教授

研究者番号：00388159