

## 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24年 5月30日現在

機関番号：13801

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21780145

研究課題名（和文） 光合成特性評価における簡便な手法の検討と対応する光環境の予測

研究課題名（英文） study in simple methods for photosynthesis evaluation and estimation of light environments

## 研究代表者

榎本 正明 (NARAMOTO MASAOKI)

静岡大学・農学部・助教

研究者番号：10507635

研究成果の概要（和文）：ブナ樹冠を対象に光環境と光合成特性を測定し、同時に葉の形態特性とポリフェノール量を測定した。最大光合成速度は、比葉面積およびポリフェノール量との関係で整理された。光合成能力を評価する指標として比葉面積を用い、落葉での比葉面積の分布から、光合成能力別の葉量を求めた。これらの結果を利用して晴れた日のブナ樹冠における光合成を推定し、その80%は全葉面積の36%でまかなわれていると試算された。

研究成果の概要（英文）：Light environments, photosynthetic characteristics, leaf morphological characteristics and polyphenol contents were measured within a canopy of *Fagus crenata*. The maximum photosynthetic rate increased with the decrease in specific leaf area, and with the increase in polyphenol content. We utilized specific leaf area as an indicator for evaluation of photosynthetic characteristics. Leaf area/mass for each photosynthetic characteristic was obtained from the distribution of specific leaf area of falling leaves. We estimated canopy photosynthesis in a sunny day by using these results. The 80% of the canopy photosynthesis was due to photosynthesis by leaves which constituted 36% of total leaf area.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：森林学・森林科学

キーワード：森林生態

## 1. 研究開始当初の背景

二酸化炭素濃度の上昇を抑制する方法のひとつに植物の光合成機能を利用した二酸化炭素固定があり、特に森林生態系は面積も大きく、長期間に亘って吸収した二酸化炭素

を固定するといった特徴から、二酸化炭素削減の有効な手段として期待されている。そのため、温暖化対策として効果的に二酸化炭素固定を行うための研究・技術開発に加え、二酸化炭素収支の詳細な計測・評価が求められ

ている。

森林の二酸化炭素収支を求めるための生理生態モデルでは、より精度の高いモデル構築のために、各種パラメータの測定が必要であり、現段階でパラメータの蓄積は不十分である。そのため、様々な生理生態情報を継続して蓄積していくと同時に、これらの情報を簡便な手法により推定することが重要と考えられる。

## 2. 研究の目的

分光反射特性は、衛星データを利用することで容易に広域レベルに情報を展開することが可能であるという利点に加え、非接触・非破壊の簡便な測定により、連続的に多点の測定が行える利点を有している。こうした簡便な手法を用いて得られた情報から、光合成特性を評価することが可能になれば、より多点での光合成特性評価が可能になる。

樹冠における葉量と光環境の関係は、多くの場合 Beer-Lambert の法則を用いて単純に処理されているが、実際には非常に複雑であり、そのため樹冠内の光合成特性の変異についても、より詳細な光環境区分に対する応答として評価することが重要である。特に、樹冠部における光合成を求める際には、葉の光合成能力とその光環境の他、これに対応した葉量評価が重要になる。光合成能力を評価する指標として比葉面積 (SLA) を用い、落葉の SLA 分布から、光合成能力別の葉量を求め、この結果を利用してブナ樹冠における光合成推定を試みる。

## 3. 研究の方法

新潟県苗場山の標高 900m にある約 80 年生のブナ林を対象とした。試験地には、調査観測用の鉄塔が設置されており、これを利用して樹高 24m のブナ高木を対象に調査・実験を行った。

樹冠内 17 か所 (高さ 8.3m~24m) にフォトダイオード (G1118, 浜松ホトニクス社製) を設置し、データロガー (DL2e, Delta-T 社製) に接続して 10 分間隔で光量子束密度 (PPFD) を計測すると同時に、それぞれの光環境に対応したブナの枝を切り取り、各箇所から 3~5 枚の葉を対象に実験室で携帯用光合成蒸散測定装置 (LI-6400, LICOR 社製) を用いて光合成特性 (光-光合成曲線) の測定を行った。光-光合成曲線の測定は、光量子束密度 0~1000  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  で、7 段階に設定した。光量子束密度以外の環境は、気温 22°C、相対湿度 70%、CO<sub>2</sub> 濃度 350ppm に設定した。光飽和点は、光合成速度が最大光合成速度の 95% となる光量子束密度として解析を行った。フォトダイオードで計測される PPFD は、光量子センサー (190S, LICOR 社製) を用いて校正した。

また、光合成特性の測定を行った葉では、携帯型光学ポリフェノール測定器 (DUALEX, FORCE-A 社製) を用いて、ポリフェノール量を求めた。光合成測定後には、各葉の SLA を求めた。

林床にはリタートラップ (面積 0.25m<sup>2</sup>) 5 個を設置し、9 月末から 11 月中旬まで随時落葉を回収し、SLA 毎の葉量を調査した。生育期と落葉期の SLA の対応については別途調査した。

## 4. 研究成果

### (1) 光環境の解析

2009 年 8 月 19 日~28 日 (10 日間) の樹冠上部における日積算光量子束密度は 19~41  $\text{mol m}^{-2} \text{day}^{-1}$  であり、最下葉高 (8.3m) における相対光量子束密度は 1.65±0.2% であった。高さ別の日積算光量子束密度の相対値を見ると、高さ 21.3m において 7.3% まで低下する一方で、19.8m の高さにおいても光環境は大きく異なる。

期間中最も日積算光量子束密度が高い 8 月 26 日を対象とし、光飽和点を超える光を各測定個所における過剰光とすると、日中の過剰光の最大頻度は 60% となった。このときの過剰光を含む光量子束密度の積算値は 37  $\text{mol m}^{-2} \text{day}^{-1}$  であり、日積算光量子束密度に対する割合は 93% であった。また、日積算光量子束密度が 5  $\text{mol m}^{-2} \text{day}^{-1}$  より低い 6 か所では光飽和点を超える光量子束密度は観測されず、他の 2 か所でも過剰光の日中頻度は 4% 以下であった。期間中最も日積算光量子束密度が低い 8 月 24 日を対象とした場合、日積算光量子束密度が 9  $\text{mol m}^{-2} \text{day}^{-1}$  より低い 13 か所ではいずれも光飽和点を超える光量子束密度は観測されなかった。過剰光が観測された 5 か所のうち日中の過剰光の最大頻度は 21% であり、日積算光量子束密度に対する割合は 46% であった。

### (2) 光合成特性

最大光合成速度は 2.8~9.9  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  の値を示し、相対光量子束密度が高くなるにともなう最大光合成速度も増加した。光飽和点は 410~730  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  であり、最大光合成速度と光飽和点の間に正の相関がみられた。

SLA は、約 100~440cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> の値を示し、SLA と最大光合成速度は負の関係を示した (図 1)。また、ポリフェノール量は 0.02~0.15  $\mu\text{mol m}^{-2}$  の範囲にあり、相対光量子束密度や最大光合成速度と正の関係を示した (図 2)。相対光量子束密度との関係において、ポリフェノール量は最大光合成速度よりも高い正の相関関係を示した。

携帯型光学ポリフェノール測定器を用いたポリフェノール量の評価は、比較的新しい

手法である。本研究では、既存の式 (Meyer *et al.* 2006) を利用してポリフェノール量を求めているが、より精度の高い評価のためには、この関係式の検討が必要になると考える。

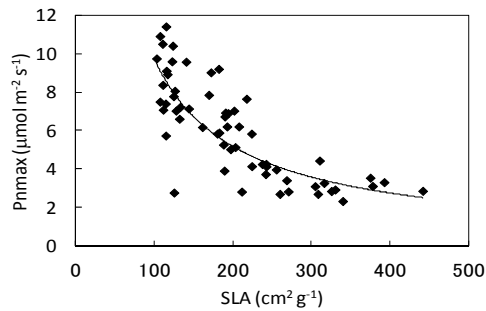


図1 SLA と最大光合成速度の関係

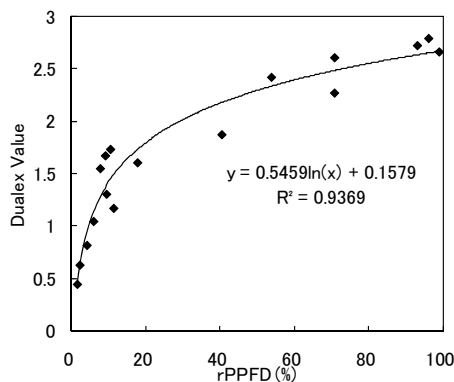


図2 相対光量子束密度と Dualex Value の関係

### (3) SLA の分布

樹冠層別 SLA の平均値および最頻値は、樹冠下層になるにしたがって増加する。下層の SLA は複数のピークを持ち、樹冠を 5 層に分割した場合 3 層では 4 つのピークが見られた。また、落葉の SLA は 76~594 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> の範囲にあり、120~130 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> にピークを持つ分布を示し、葉面積指数 (LAI) は 6.17 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> であった (図 3)。樹冠全体での SLA の頻度分布が詳細に調べられた報告は少なく、有益な情報が得られた。

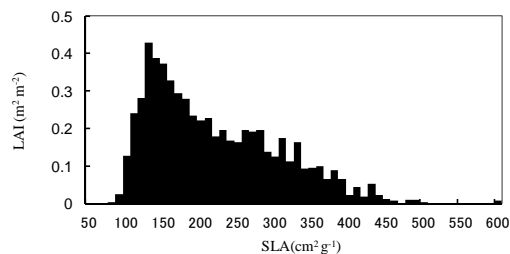


図3 落葉 SLA の頻度分布

落葉期には窒素の転流等による面積当たりの重量低下が考えられたが、着葉期と落葉期の SLA を比較した結果では、両者に差は

見られなかった。そのため、本研究では着葉期と落葉期の SLA を同等に扱うこととした。

### (4) 樹冠における光合成推定

8月の晴れの日 (42 mol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>) を対象として、光—光合成曲線と光量子束密度の日変化データを用いて、光合成量を推定した。単位葉面積あたりの日積算光合成量は SLA が増加するにつれて低下し、SLA が 300 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> より高い葉では負の値を示した。

光合成能力を評価する指標として SLA を使い、落葉の SLA 分布から、光合成能力別の葉量を求め、この結果を利用してブナ樹冠における光合成量を推定した。単位林分面積あたりの樹冠光合成は 488.4 mmol m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup> となり、その 80%は SLA が 160 cm<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> より低い葉に因ると推測された (図 4)。また、このときの葉量は、面積で全体の 36%、重量で全体の 51%であった。

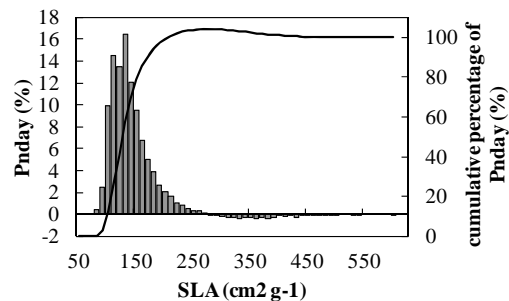


図4 SLA 別日積算光合成量の割合

### 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 0 件)

〔学会発表〕 (計 4 件)

① 檀本正明・馬場崇彰・杉山賢二郎・水永博己 光合成能力別の葉量を考慮したブナ樹冠における光合成 第 123 回日本森林学会大会 2012. 3. 27 宇都宮大学

② 馬場崇彰・水永博己・檀本正明 落ち葉からわかる葉の垂直分布 第 122 回日本森林学会大会 2011. 3. 26 静岡大学

③ 檀本正明・杉山賢二郎・小島光平・角張嘉孝 ブナ樹冠内における過剰光が葉の生理特性に及ぼす影響 第 122 回日本森林学会大会 2011. 3. 26 静岡大学

④ 檀本正明・杉山賢二郎・角張嘉孝 ブナ樹冠内における過剰光の解析 第 121 回日本森林学会大会 2010. 4. 4 筑波大学

〔図書〕 (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

榎本 正明 (NARAMOTO MASAOKI)

静岡大学・農学部・助教

研究者番号 : 10507635