

氏 名 (本 國 籍)	飯 尾 淳 弘 (広島県)
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博甲第 375 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 17 年 3 月 14 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 及 び 専 攻	連合農学研究科 生物環境科学専攻
研究指導を受けた大学	静岡大学
学 位 論 文 題 目	苗場山ブナ樹冠における光合成特性の時空間的変異に関する生理生態学的解析
審 査 委 員 会	主査 静岡大学 教授 角 張 嘉 孝 副査 静岡大学 教授 高 木 敏 彦 副査 岐阜大学 教授 小見山 章 副査 信州大学 教授 川 崎 圭 造 副査 岐阜大学 教授 向 井 譲

論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文は森林の炭素固定量評価に重要な意義を有する樹冠光合成量を推定する際に必要となる時間空間的な光合成特性の生理的な変異とその生態学的な意義について評価したものである。

主たる試験地は苗場山標高 900m に位置する 70 年生のブナ (*Fagus crenata*) 2 次林である。試験地の大きさは 20m×30m で、その中央には高さ 20m のジャングルジム型の鉄塔が設置されている。供試木は樹高 21.5m、胸高直径 26cm、樹冠半径 2.0m のブナである。光合成特性の空間変異を知るために、①供試木の樹冠を垂直、水平方向、方位 (南北) に分割し、各区画の光合成特性 (光合成能力、窒素、比葉面積など) と光環境を測定した。時間的変異として、②個葉レベルのガス交換速度の日変化、③光合成特性と光環境の季節変化、年次変化を調査した。

光合成能力の時間的変異： ①日変化；光合成速度 (P_n) は乾燥ストレス、光ストレスが高じる日中に 50~60% も低下した (日中低下現象)。切り枝の状態を制御して測定されたガス交換速度やクロロフィル蛍光反応を解析した結果、 P_n の日中低下は飽差 (VPD) の上昇に伴う気孔閉鎖が原因であることがわかった。この知見をもとに、微気象要因から個葉レベルのガス交換速度を推定できる経験モデルを構築した。 P_n の日中低下を考慮した場合としない場合で日変化の傾向を比較すると、日中低下を考慮したほうが実測値とよく一致することがわかった。しかし、年間光合成量 (P_{year}) で比較すると、日中低下を考慮した P_{year} としない場合の差はわずかに 5% であり、極めて小さかった。その理由は現地は雨天、曇天日の頻度が非常に高く、日中低下の起こるような高い VPD が稀であるためと考えられる。したがって、 P_{year} を推定するときに日中低下をほとんど考慮する

必要がない。②季節変化；光合成能力 (P_{nmax}) は 6 月にピークをもつ山形の季節変化を示した。 P_{nmax} の決定要因としてよく使用される光環境 ($rPPFD$)、窒素含有量 (N_{area})、比葉面積 (LMA) との関係解析すると、それぞれの月では高い相関を示したが、生育期間を通してみると直線回帰式の切片が大きく季節変化した。樹冠最上層の P_{nmax} で標準化するとひとつの回帰式で表現できたことから、樹冠最上層の P_{nmax} の季節変化を予測できれば P_{nmax} の空間分布は生育期間を通して予測できるといえる。その P_{nmax} の季節変化の原因として、気温の季節変化による酵素活性の変化、葉の成熟度合による気孔開度の変化、葉の老化に伴う光阻害の進行が考えられた。

P_{nmax} の季節変化が樹冠光合成量におよぼす影響を知るために、 P_{year} を 2m の葉層別に推定できる多層モデルを構築した。季節変化を考慮した場合はしない場合と比較すると 25% も過大になった。したがって、 P_{year} の推定には P_{nmax} の季節変化を考慮する必要がある。③年次変化；2002～2004 年までの $rPPFD$ と P_{nmax} の関係を比較すると、 $rPPFD < 20\%$ では年による差異はほとんどないが、 $rPPFD$ の増加に従って差異が $2003 < 2004 < 2002$ の順番でそれぞれ増加し、樹冠最上層 ($rPPFD = 100\%$) では 2003 年の P_{nmax} は 2002、2004 年よりそれぞれ 34、14% 低かった。微気象要因の年次変化に注目すると、2003 年は湿度が高く気温が低かったので、微気象要因の差異が原因かもしれない。 P_{nmax} の年次変化が樹冠光合成量におよぼす影響を知るために、先述した多層モデルで 2002～2004 年の P_{year} を推定した。2003 年の P_{year} は他の年より 5～13% 低く、 P_{nmax} の年次変化より差が小さくなった。これは弱光条件下 ($rPPFD < 20\%$) にある樹冠下層で年次変化の影響がないためである。年次変化の P_{year} に対する影響は着葉構造によって異なる可能性がある。

光合成特性の空間変異； P_{nmax} と $rPPFD$ 、 N_{area} 、 LMA の関係を解析すると、垂直方向、水平方向による違いはなかったが、樹冠方位で有意差が検出された。樹冠北側の P_{nmax} は同じ N_{area} 、 LMA で比較すると南側よりも約 30% も低かった。クロロフィル、ルビスコ含有量や解剖学的特性を解析した結果、北側は葉が厚く裏側の酵素が不活性化している可能性が高い。 $rPPFD$ で比較すると差は約 10% であり、 N_{area} 、 LMA と比べると $rPPFD$ は、 P_{nmax} の空間分布を推定する有効な要素である。空間変異の重要性を評価するために、多層モデルで P_{nmax} の垂直変化と樹冠方位による変異の感度分析を行った。垂直変異を考慮した場合と、BIG-LEAF モデルのように樹冠の P_{nmax} を最上層のデータで均一にした場合の P_{year} を比較すると、後者は約 30% も過大になった。 P_{year} を推定するときに垂直変異を考慮することが重要である。樹冠北側と南側の P_{nmax} でそれぞれ P_{year} を推定、比較すると、南側は北側より約 12% 大きかった。実際の樹冠では北側、南側の性質を持った葉が混在しているので、その差はもっと小さくなると思われる。 P_{year} を推定する上で樹冠方位による変異は重要でないと考える。

得られた成果は、これまで困難とされてきた樹冠層における時空間生理特性の意義を生理生態学的プロセスに基づいて明らかにしたもので樹冠光合成量の推定に関する研究に大きな貢献をしたものと考えられる。

審 査 結 果 の 要 旨

本論文は森林の炭素固定量評価に重要な意義を有する樹冠光合成量を推定する際に必要となる時・空間的な光合成特性の生理学的な変異とその生態学的な意義について評価したものである。

苗場山の 70 年生ブナ 2 次林樹冠層において、光合成能力の時間的、空間的（垂直方向・水平方向・樹冠方位）変異の程度を 3 年間にわたって詳細に調べ、光合成速度は飽差の増加による気孔閉鎖で日中に大きく低下するが、調査地は湿潤であるために日中低下の起こる頻度が少なく、日中低下が年間光合成量に及ぼす影響は小さいこと。また、光合成能力は微気象要因や生理的要因（葉齢、光ストレスなど）の影響を受けて時間的（季節変化・年次変化）、空間的に大きく変異し、その変異を考慮しないと年間光合成量是不確かであること。正確に推定するためには、季節変化、年次変化、空間変異を考慮することが重要であるとの結論に達した。

以上について、審査委員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値あるものと認めた。

基礎となる学術論文は以下の通りである。

Iio A, Fukasawa H, Nose, Y. and Kakubari Y (2004) Stomatal closure induced by high vapor pressure deficit limited midday photosynthesis at the canopy top of *Fagus crenata* Blume on Naeba Mountain in Japan.
Trees Structure and Function 18: 510-517.

Iio A, Fukasawa H, Nose, Y., Kato S, and Kakubari Y (2005) Vertical, horizontal and azimuthal variation in leaf photosynthetic characteristics within a *Fagus crenata* Blume crown in relation to light acclimation.
Tree Physiology (in press)