

地上タワー観測によるクロロフィル蛍光を利用したスギ・ヒノキ植林の光合成機能の季節変化 Seasonal change in photosynthetic function of cedar and cypress forest estimated by tower-based chlorophyll fluorescence

辻本 克斗^{1*}; 加藤 知道²; 平野 高司²; 斎藤 琢³; 永井 信⁴; 秋津 朋子⁵; 奈佐原 顕郎⁵
TSUJIMOTO, Katsuto^{1*}; KATO, Tomomichi²; HIRANO, Takashi²; SAITOH, Taku M.³; NAGAI, Shin⁴; AKITSU, Tomoko⁵; NASAHARA, Kenlo N.⁵

¹北海道大学農学院, ²北海道大学農学研究院, ³岐阜大学流域圏科学研究センター, ⁴海洋研究開発機構, ⁵筑波大学
¹Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, ²Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University, ³River Basin Research Center, Gifu University, ⁴Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, ⁵University of Tsukuba

陸域生態系の炭素循環を把握することは、将来の気候変動を予測するうえで非常に重要である。植生指数を用いたりリモートセンシングは、陸域生態系の炭素収支を全球規模で評価する際に有用なツールとなっている。しかし、従来の植生指数 (NDVI など) は植生の緑度に反応するため、冬に葉を落とさない常緑林における総一次生産 (GPP) 評価は困難であった。そこで、より直接的に光合成を評価できる、クロロフィル蛍光 (F_S) という指標が注目されている。植物の葉は、光合成に利用されなかった光エネルギーの一部 (最大約 2%) をクロロフィル蛍光という光に変換して解放する。クロロフィル蛍光はこれまで、個葉のストレス診断に用いられるのみであった。しかし Frankenberg et al. (2011) GRL は、衛星 GOSAT から観測した、非常に広域なスケールでの F_S とモデル GPP の間に、強い正の線形相関が存在することを明らかにした。しかし、その結果を検証するための地上での観測はほとんど行われておらず、個葉レベルと、衛星が捉える広域スケールの中間的な規模で行われた研究は数少ない。

そこで本研究では、常緑針葉林における、生態系レベルでのクロロフィル蛍光 (F_S) と GPP および光利用効率 (LUE) の関係を明らかにすることを目的とした。

本研究は、岐阜県高山市のスギ・ヒノキ植林 (40~50 年生) で 2007 年と 2008 年に観測されたデータを用いた。 F_S は、高さ 30 m のタワー上で観測した植生の反射分光放射データから、FLD 法によって算出した。GPP は、同じタワーで観測した渦相関 CO_2 フラックスデータから、生態系呼吸を差し引いて算出した。

単回帰分析の結果、 F_S は GPP と日変化 (晴れ: $r^2 = 0.80$, 曇り: $r^2 = 0.87$), 季節変化 (2008 年 30 分値: $r^2 = 0.68$, 2008 年日平均値: $r^2 = 0.83$) において高い相関を示したが、GPP は F_S に対して飽和した。そこで、次式のような直角双曲線を用いて GPP を F_S で回帰した。

$$GPP = \alpha GPP_{SAT} F_S / (GPP_{SAT} + \alpha F_S)$$

ここで α は回帰曲線の初期勾配、 GPP_{SAT} は最大 CO_2 吸収速度である。このパラメータを月ごとに算出したところ、両パラメータは季節変化を示し、年間を通じて高い精度で回帰することができた (RMSE(2008 年) = $4.56 (\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})$)。また、日平均 F_S と LUE の関係を調べたところ、月ごとに非常に強い負の対数相関が得られた ($r^2 = 0.46 \sim 0.95$)。これは、森林の光合成能力が主に気温とフェノロジーによって変化することに起因すると考えられる。このことから、 F_S は生態系レベルでの光合成 (GPP), 光合成機能 (LUE) の評価に有用であること、 F_S と GPP の関係は気温などの環境要因の影響を反映することが明らかになった。

キーワード: リモートセンシング, 光利用効率, 渦相関法, 炭素循環

Keywords: Remote sensing, Light use efficiency, Eddy covariance, Carbon cycle