

## カラマツ・ヒノキ林の光利用効率の季節変動推定における植生指標の有効性

## Utility of spectral vegetation indices for estimation of light use efficiency in Japanese larch and Japanese cypress forests

# 中路 達郎 [1]

# Tatsuro Nakaji[1]

[1] 国環研

[1] NIES

## 1. はじめに

植生の総一次生産量 (Gross Primary Production, GPP) を広域かつ連続的に評価する際、植生表面の分光反射特性から算出される植生指標は有効な情報である。本研究では、樹齢や葉の生活史タイプ (落葉、常緑) が異なる国内の針葉樹林を対象として CO<sub>2</sub> フラックスと葉量・葉内色素に関連する 6 種の植生指標を観測タワーで同時に観測し、GPP 推定モデルの主要パラメータである光利用効率 (Light Use Efficiency, LUE) の季節変動の評価に有効な指標について検討を行った。

一般に、可視域と近赤外バンドの反射率から算出される NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) や、EVI (Enhanced Vegetation Index)、SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) は、群落の葉量や、光合成有効放射 (PAR) の吸収割合の評価に利用される。EVI は高バイオマスで飽和する NDVI の欠点を補正した指標であり、SAVI は土壤反射の影響を補正した指標である。一方、可視域の反射率から計測される植生指標には、キサントフィルサイクルの光応答やカロテノイドとクロロフィルのバランスを反映する PRI (Photochemical Reflectance Index) や、クロロフィル含量を反映する CI (Chlorophyll Index) などが提案されている。また、CCI (Canopy Chlorophyll Index) は、レッドエッジ周辺の 2 波長の微分スペクトルの比として計算される指標であり、樹冠のクロロフィル量との相関が報告されている。我々は、(1) 葉量や色素の変動が明確な落葉樹林では、葉量やクロロフィル系指標、(2) 葉量変動の小さい常緑樹林では色素バランスに関連する PRI、(3) 土壤露出の多い林分では SAVI がそれぞれ LUE と高い正の相関を持つと仮説を立てた。そして、最後に、全ての林分で共通して LUE と正の関係が得られる植生指標を調査し、GPP の推定精度について考察を行った。

## 2. 観測地と計測手法

観測は、北海道苫小牧市のカラマツ壮齢林 (42-45 年生)、滋賀県桐生町のヒノキ壮齢林 (45-46 年生) および北海道天塩郡カラマツ幼齢林 (4-5 年生カラマツ - ササ群落) で行った。本研究では、樹冠上の入射 PAR と反射 PAR の差分 (PAR) を群落全体の吸収 PAR と仮定した。渦相関法による CO<sub>2</sub> フラックスと群落の CO<sub>2</sub> 貯留量をもとに GPP を推定し、GPP と PAR の除算値を LUE とした (単位 molCO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup> photon)。樹冠上の分光放射計の反射/入射スペクトル比から連続分光反射率を算出し、各種の植生指標値を計算した。すべてのパラメータの計算は、晴天時のデータから計算し、正午の前後 1 時間の平均値を代表値として解析に用いた。

## 3. 結果と考察

カラマツ壮齢林およびカラマツ幼齢林では、すべての植生指標と LUE は夏期に最大になる季節変化を示した。LUE は 6 種すべての指標と有意な正の相関関係にあり、壮齢林では CCI との間で有意かつ最も高い相関係数を示した ( $r=0.858$ 、 $P$ 値=0.001 未満)。群落の一部に土壤の露出がある幼齢林では、最も相関係数が高い指標は SAVI であった ( $r=0.573$ 、 $P$ 値=0.001 未満)。一方、常緑のヒノキ林では、葉量を反映する指標 (NDVI、EVI、SAVI) は夏期に増加する季節変化を示し、PRI は秋季に最大値を示した。CI、CCI に大きな季節変動は認められなかった。ヒノキ林の LUE は秋に最大値をとる季節性を示したため、LUE は NDVI、EVI、SAVI、CI、CCI と無相関あるいは相関関係が低く ( $r < 0.25$ )、PRI と有意な正の相関を示した ( $r=0.63$ 、 $P$ 値=0.001 未満)。これらの結果は我々の仮説を支持しており、林分ごとに最適指標が異なることを意味している。林分間に共通して正の相関が得られた指標は、PRI と CCI であり、全林分のデータをプールした場合、PRI が最も高い相関係数を示した ( $r=0.67$ 、 $P$ 値=0.001 未満)。PRI をもとに全ての林分で共通した LUE 算出式を作成し、GPP を試算すると、実測した GPP との間の推定誤差 (RMSE) は  $5.46 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ( $r\text{RMSE}=27\%$ ) であった。結論として、林分タイプごとに LUE の季節性を推定するための最適な植生指標は異なるが、傾向が共通する指標は PRI であり、PRI と PAR を利用した GPP の季節性の評価が可能であることが明らかになった。