

光合成有効放射 (PAR) の分光学的研究

生命環境科学研究科 持続環境学専攻
氏名: 秋津 朋子 (学籍番号: 201630291)

論文概要

光合成有効放射 (PAR) は、光合成にとって必要な量である。しかしながら、一般に PAR 観測に用いられている光量子センサは、理想的なスペクトル応答からのズレによって生じるスペクトルエラー、入射光の角度に対する理想的な応答からのズレによって生じるコサインエラー、長期的な感度変化、絶対値の不確実性などの問題があることが知られている。そのため、その観測精度には不確実性が大きく含まれている。そこで、本研究の目的は、PAR の分光特性を踏まえたうえで、高精度な長期連続 PAR 観測を多地点で行うための方法を確立することである。

そこで、まず、上述の光量子センサの問題を可能な限り削減した高精度な PAR 観測のために、分光放射計を用いて直達光と散乱光を別々に測定する観測方法を開発した。

この PAR 観測方法は多地点観測には不向きであるため、本研究の目的達成のために 2 通りのアプローチをとった。1 つ目のアプローチは、光量子センサの観測精度を高めることである。そこで、9 種類の (市販および改良を加えた) 光量子センサのスペクトル応答とコサイン特性を明らかにし、上述の高精度分光観測システムから得た基準日射スペクトル分布を用いて、以下の検討を行った:

(1) 各センサのスペクトルエラーを、様々な自然光についてシミュレーションした。(2) スペクトル応答とコサイン特性の両方に起因して複合的に発生するエラーを、様々な天空条件においてシミュレーションした。(3) 各センサの長期感度変化を実測によって評価した。これらの結果は、今後の高精度長期連続観測のプロトコル構築に資するだけでなく、これまで世界各地で得られた PAR 観測値の品質チェック・品質管理の基礎となるものである。

2 つ目のアプローチは、世界各地ですでに高精度観測が行われている日射 (R_s) を用いた PAR 推定方法を確立することである。これまでも PAR/R_s を用いる推定方法や、 PAR/R_s に気象要因 (太陽天頂角: θ , 水蒸気圧: e , clearness index: k_T) を組み合わせる推定方法が報告されているが、PAR 推定式を作成するときに使用した PAR データに不確実性が含まれているために、いまだ確立されたものはない。この PAR/R_s は、PAR がエネルギーで表されるか (P^E), 光量子で表されるか (P^P) によって、2 つのタイプが存在する: P^E/R_s , P^P/R_s 。さらに、2 タイプの PAR を変換する P^P/P^E も存在する。そこで、上述の分光観測システムによる高精度な PAR 値と、高精度な日射観測値を用いて、これらの PAR 比と気象要因との関係を明らかにした。

本研究の結果を用いて、 R_s を用いた PAR 推定式を作成し、地球規模での PAR 推定を行った。これにより、多くの生態系モデルの入力値として用いられている PAR の推定精度向上が期待される。