氏名	秋津　朋子
学位の種類	博　士（　環境学　）
学位記番号	博　甲　第　8184　号
学位授与年月日	平成　29 年　3 月　24 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当
審査研究科	生命環境科学研究科
学位論文題目	光合成有効放射（ＰＡＲ）の分光学的研究

主査	筑波大学准教授	博士（農学）	奈佐原　顕郎
副査	筑波大学教授	工学博士	宮本　邦明
副査	筑波大学准教授	博士（地球環境科学）	松下　文経
副査	筑波大学教授	Ph.D.	浅沼　順

論　文　の　要　旨

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，著者はまず，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，著者は 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（短波放射；RS）を用いたPAR推定方法を確立することである。これまでにもPAR/RSを用いる推定方法や，PAR/RSに気象要因（太陽天頂角：θ，水蒸気圧：e，clearness index：kT）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/RSは，PARがエネルギーで表されるか(PE)，光量子で表されるか(PP)によって，PE/RS，PP/RSという2つのタイプが存在する。さらに，2タイプのPARを変換するPP/PEも存在する。そこで，著者は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，著者はRS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。

審　　査　　の　　要　　旨

本研究は，生態系研究において長らく懸案であった，PAR観測の標準化・高精度化を，実証的なデータとシミュレーションの両面からの裏付けを伴って，具体的に実現する手法を構築・提案している。これは今後のPAR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。これにより，生態系の光合成による炭素動態の把握が高精度化し，地球規模での炭素循環や，気候変動の研究にインパクトを与えるものである。以上を勘案し，本研究の，環境学への貢献は大きなものと評価される。

平成29年1月27日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い，本論文について著者に説明を求め，関連事項について質疑応答を行った。その結果，審査委員全員によって合格と判定された。

よって，著者は博士（環境学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。