

氏名(本籍)	小 ^お 野 ^の 圭 ^{けい} 介 ^{すけ} (香川県)		
学位の種類	博士(農学)		
学位記番号	博甲第4700号		
学位授与年月日	平成20年3月25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	渦相関法による水田生態系の二酸化炭素及び水蒸気フラックスの動態解明		

主査	筑波大学教授(連携大学院)	農学博士	井上吉雄
副査	筑波大学教授	工学博士	宮本邦明
副査	筑波大学教授	博士(農学)	丸山幸夫
副査	筑波大学教授	農学博士	小池正之

論文の内容の要旨

温暖化等の地球環境問題に取り組む上で、地球上の多様な生態系の炭素及び水循環を定量的に理解することがきわめて重要な研究課題となっている。また、農業生態系は食糧生産を支える生態系であり、持続的農業生産システムの構築の観点からも、生態系スケールでの炭素及び水収支の解明が必要である。これらの研究において重要な生態系-大気間フラックスの直接計測は、長らく困難であったが、近年、そのための有力な観測手法として渦相関法が世界各地の多様な生態系での観測研究に用いられている。しかし、未だ測定方法には不確実性が残されており、特にフラックスの小さい植物非生育期間への適用には問題があった。

そこで、本研究は、まず渦相関法についての問題を究明し、原因と実際的な対策方法を明らかにし、渦相関法測定値の信頼性を高めることに成功した。また、それをふまえて典型的な稲作田において3ヶ年間にわたってCO₂及びH₂Oフラックスの連続測定を行い、水田生態系のフラックス動態と炭素収支・水収支を高い精度で定量評価にした。主要な成果は以下のように要約される。

1. 渦相関法ではオープンパス型とクローズドパス型のシステムが用いられているが、多くの生態系で不自然な吸収CO₂フラックスが観測される現象が報告されていた。本研究では、両手法及び傾度法、チャンバー法を併用した詳細な観測実験を実施し、この現象がオープンパス型のみに見られること、その原因がオープンパス型に適用される密度変動補正法の問題であることを明らかにした。また、通年観測結果から、両手法間の相対誤差が26g C m⁻²以上に達する可能性を示した。さらに、従来の座標変換手法及びフラックスフットプリントの解析手法を改良し、測定値の信頼性と精度を高めた。

2. 総光合成量及び生態系呼吸量の日積算値はイネの生長とともに増加するが、出穂以降、総光合成量が減少するのに対して生態系呼吸量は減少しないため、生態系純生産量は出穂以降徐々に低下し収穫直前に負に転じることがわかった。総光合成量はイネ群落が吸収した光合成有効放射量に対し非線形に増加し、飽差及び風速の増加により減少する傾向が見出された。生態系呼吸量をイネの茎葉重で正規化した比呼吸量は、茎葉重の増加とともに急激に減少した。

3. 稲群落の光利用率及び光吸収効率は葉面積指数の増加とともに一定値に漸近し、葉面積指数が2.5以上では総光合成量の年次間差は主に群落に入射する光合成有効放射量の年次間差に依存した。また、生育期

間における蒸発散量の70%以上は放射量に支配された。葉面積指数の大きい場合、特に午後の時間帯では大気状態も重要な支配要因となったが、日積算の蒸発散量は日射量によりほぼ説明できることが確認された。

4. 非生育期間の生態系純生産量は再生茎の生長期でも負となり、この期間の炭素収支は生態系呼吸量が支配的であることがわかった。生態系呼吸量は地表面温度、土壤水分、土壤有機物量を説明変数としたモデルにより表現でき、その係数から土壤水分の増加は水田では生態系呼吸量を抑制する効果を持つことを明らかになった。また、非生育期間に土壤水分が低い場合、収穫残渣に匹敵する量の炭素が生態系呼吸量により失われる。畑地土壤で多く報告されていた耕起直後のCO₂の放出は本研究では確認されず、耕起に伴うCO₂の放出は一般的な現象とはいえないことを示した。さらに、非生育期間における蒸発散量は降水量のそれに比べて年次変動が小さく、降水量の多少はおもに浸透水の多少と連動していることがわかった。

5. 生態系CO₂フラックスを連続的に把握したことにより、収穫物及び堆肥による流出入、並びに同サイトにおける既出報告から求めたメタン及び水体の移動によるフラックスを考慮して、水田生態系の年間炭素収支を算定することが可能となった。その結果、生態系スケールでは流入が967g C m⁻²、流出が1021g C m⁻²となり、平均して毎年54g C m⁻²が系から失われること、さらには、生態系純生産量は184g C m⁻²で収穫物を消費しない場合には水田生態系は大気CO₂の吸収源となること等が明らかになった。

審 査 の 結 果 の 要 旨

本研究は、日本における典型的な水田生態系を対象に植物生長・微気象・フラックス等の多変量データを3カ年連続的に観測したデータに基づいて、渦相関法に関する問題の原因と実際的な対処方法を明らかにし、水田生態系のCO₂及びH₂Oフラックスの動態と関連要因との関係ならびに通年の炭素収支・水収支を定量的に解明したものである。

実験の計画、データの取得とも周到に行われており、データの信憑性は高く、かつ統計処理、回帰分析等データの解析も適切に行われていると判断される。渦相関法計測システムの誤差因子の解明に関する成果は、世界で精力的に進められているCO₂フラックスの観測研究に重要な知見を与えるものであり、大きな波及効果が期待される。また、水田生態系における精度の高い炭素収支・水収支の解明結果は、地域・地球規模における炭素循環の定量的理解や、作物生産力と環境影響を考慮した農地管理や研究開発のための基礎情報として有用と評価される。

以上のように、本研究は、世界的に大きな関心を集めている地球規模の大気環境とそれに関わる炭素循環の解明に資する観点、ならびに農業生産の持続性確保の観点から、フラックス観測手法の基礎的な問題の解明および水田生態系の炭素収支・水収支の解明に焦点をあてた研究で、適切な社会的意義と学術的意義を有するものとみなせる。

なお、論文の構成、ならびに文章、図表等の表現、引用文献等も、研究の背景・目的・方法・成果・展望を論述するうえで過不足のない適切なものであると判断された。

よって、著者は博士（農学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。