

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：24201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24780219

研究課題名(和文) ライフサイクルアセスメントと経営計画モデルの統合による農業経営の持続可能性評価

研究課題名(英文) Evaluation of Sustainability on Japanese Rice Farms: Combined Application of Life Cycle Assessment and Linear Programming Model

研究代表者

増田 清敬 (Masuda, Kiyotaka)

滋賀県立大学・環境科学部・助教

研究者番号：20512768

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,200,000 円、(間接経費) 360,000 円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、農業経営において環境配慮と収益最大化が両立する条件を、経営計画モデルを用いて解明することである。本研究では、水稲(慣行栽培または環境保全型栽培)、小麦(慣行栽培)、大豆(慣行栽培)を作付する大規模水稲経営を想定した経営計画モデルを作成した。経営計画モデルには、ライフサイクルアセスメントを用いてエネルギー消費量、地球温暖化、酸性化、富栄養化の環境影響カテゴリーを取り入れた。最適化分析では、農業所得最大化と環境影響最小化を行った。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to evaluate economic and ecological sustainability on Japanese rice farms using a Linear Programming (LP) model. The environmental impacts derived from the results of Life Cycle Assessment (LCA) are included in the LP model. A large-scale rice farm model is made using the cultivation protocols in Shiga region, Japan. Planted crops of this farm model include rice (conventional and/or environmentally friendly), wheat (conventional) and soybean (conventional). Energy consumption, global warming potential, acidification potential, and eutrophication potential are taken into account in the LP model. Optimization scenarios include maximization of agricultural income and minimization of each environmental impact.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業経済学・農業経済学

キーワード：水田農業経営 LCA 経営計画モデル 最適化 環境効率

1. 研究開始当初の背景

2007年度から導入された「農地・水・環境保全向上対策（現在の環境保全型農業直接支援対策）」における環境直接支払いは、わが国農政が環境に負荷をかけない農業経営を支援していく方向性を打ち出したものである。また、2011年度から本格的に実施された「戸別所得補償制度」により、農業経営を取り巻く経営環境は大きな変化を迎えた。

農業経営において、「環境にやさしい」と、「収益を確保する」ことを両立していくことが、環境的にも経営経済的にも持続可能としていくうえで、非常に重要となってきた。したがって、これからの農業経営分析においては、「環境」と「収益」の両方を統合的に評価し、農業生産の環境効率向上を図る必要がある。

ライフサイクルアセスメント（LCA）は、製品の生産から流通、消費、廃棄に至るまでのライフサイクルにわたる環境影響を総合的に評価する手法として知られている。LCAを用いた農業経営などにおける環境負荷排出の定量分析は、近年、わが国でも多く行われるようになった。

一方、農業経営における収益最大化や最適作付選択などの分析には、線形計画法を適用した研究が数多く存在する。近年では、農業経営の経済的評価だけにとどまらず、農場内余剰窒素や堆肥利用の適正化など、環境要因を組み入れた線形計画モデルによる分析が行われるようになった。

そこで、本研究では、LCA研究を農業経営の経営計画モデル作成に応用し、農業経営において環境配慮と収益最大化が両立する条件を、経営計画モデルを用いて解明することを試みた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、農業経営において環境配慮と収益最大化が両立する条件を、経営計画モデルを用いて解明することである。

具体的な分析課題として、LCAを用いて、作物生産によって排出される環境負荷を定量化すること、環境負荷を考慮した経営計画モデルを作成すること、を設定した。

3. 研究の方法

(1) 分析課題 について（雑誌論文 および学会発表 の成果）

ここでは、滋賀県の環境保全型農業、すなわち、環境こだわり農業の必須事項である、化学合成農薬の延べ使用成分数および化学肥料の窒素成分量を慣行の5割以下とする取組（5割低減の取組）が水稻栽培の温室効果ガス排出に及ぼす影響を明らかにした。

まず、LCAを用いて環境保全型水稻栽培と慣行水稻栽培間の温室効果ガス排出量を推定した。環境保全型水稻栽培は、滋賀県内の

A 集落営農による環境こだわり水稻栽培を事例とし、慣行水稻栽培は、農林水産省『米生産費調査』の統計値からLCAに必要なデータ収集を行った。LCAの具体的な分析方法は以下の通りである。

LCAの調査範囲は、水稻の栽培から玄米の出荷までとし、推計対象とした温室効果ガスは、機械利用によるCO₂直接排出、資材製造などによるCO₂間接排出、水田からのCH₄直接排出、窒素投入によるN₂O直接排出である。環境保全型水稻栽培と慣行水稻栽培間の温室効果ガス排出量を比較する基準である機能単位には、玄米収量1kgを選択した。水稻栽培では、主産物である玄米以外に飼料用稲わらなどの副産物も生産されるので、粗収益による経済的価値比にもとづいて、玄米と副産物間のデータ配分を行った。推計されたCO₂、CH₄、N₂Oは、地球温暖化係数1、21、310をそれぞれ乗じ、CO₂等量に換算した。

(2) 分析課題 + 分析課題 について（学会発表 の成果）

ここでは、水稻 小麦 大豆の2年3作体系を導入する大規模水稻経営を想定し、滋賀県（2012）『農業経営ハンドブック 担い手育成のための農業経営指標集』のデータから、大規模水稻経営モデルを作成した。作目については、水稻は環境保全型栽培（環境こだわり栽培）または慣行栽培、小麦および大豆は慣行栽培を行うものと仮定した。

これらの作目ごとに、LCA分析のためのデータを収集し、推計された環境負荷をエネルギー消費量、地球温暖化ポテンシャル（CO₂、CH₄、N₂OをCO₂等量換算）、酸性化ポテンシャル（NO_x、SO_x、NH₃をSO₂等量換算）、富栄養化ポテンシャル（NO_x、NH₃、T-NをPO₄等量換算）の4項目の環境影響を定量化した。上記で推計した環境影響に加えて、利益係数、土地利用制約、労働制約、非負条件を含めた経営計画モデルを作成した。

最適化の対象とした目的関数は、

農業所得（最大化）= 利益係数_i × 作付面積_i - 固定費 - 借地地代、

環境影響（最小化）= 環境影響係数_i × 作付面積_i + 固定費由来環境影響、

である。なお、利益係数には、「戸別所得補償制度」および「環境保全型農業直接支援対策」による交付金を加算している。

4. 研究成果

(1) 分析課題 について（雑誌論文 および学会発表 の成果）

温室効果ガス排出量の推計結果は、環境保全型水稻栽培 1.00kgCO₂eq/kg 玄米/年、慣行水稻栽培 0.95kgCO₂eq/kg 玄米/年であり、こ

だわり栽培の方が慣行栽培よりも 5.5%多かつた。

また、5 割低減の取組が影響を及ぼす温室効果ガス排出源として、農薬、肥料、水田を取り上げ、環境保全型水稲栽培と慣行水稲栽培間で比較した。農薬からの温室効果ガス排出量は、環境保全型水稲栽培の方が慣行水稲栽培よりも 0.8%減少した。肥料からの温室効果ガス排出量は、環境保全型水稲栽培の方が慣行水稲栽培よりも 23.3%減少した。水田からの温室効果ガス排出量は、環境保全型水稲栽培の方が慣行水稲栽培よりも 27.0%増加した。

分析結果は、次の 3 点にまとめられる。第 1 に、化学合成農薬の延べ使用成分数を慣行の 5 割以下とする取組において、温室効果ガス排出削減効果は極めて小さかった。第 2 に、化学肥料の窒素成分量を慣行の 5 割以下とする取組は、肥料からの温室効果ガス排出削減に有効であった。第 3 に、化学肥料の窒素成分量を慣行の 5 割以下とする取組に伴う有機肥料投入は、水田からの CH_4 排出量の大幅な増加を引き起こした。

水田からの CH_4 排出は、水稲栽培における最大の温室効果ガス排出源であり、本稿において、慣行水稲栽培と比べて環境保全型水稲栽培の温室効果ガス排出量を増大させた主因でもあった。このことを鑑みると、環境配慮技術の実施要件として、中干し期間延長などの水管理方法による CH_4 排出抑制対策を必須化することが、環境保全型水稲栽培の地球温暖化防止効果を確保していくために重要であることが示唆された。

(2) 分析課題 + 分析課題 について (学会発表 の成果)

作成された経営計画モデルは、大規模水稲経営を想定したものである。まず、この経営計画モデルにおいて、農業所得最大化を目的関数として、耕作可能な最大面積を求めた。次に、求められた最大経営耕地面積のもとで、農業所得最大化と、それぞれの環境影響最小化を目的関数として最適化分析を試み、その際の作付構成変化と各環境影響カテゴリーにおける環境負荷排出量を分析した。

主たる分析結果は、以下の通りである。農業所得最大化、エネルギー消費量最小化、地球温暖化ポテンシャル最小化の作付構成は同一であり、慣行水稲栽培 慣行小麦栽培 慣行大豆栽培の 2 年 3 作体系が選択された。一方で、酸性化ポテンシャル最小化、富栄養化ポテンシャル最小化の作付構成は、環境保全型水稲栽培 慣行小麦栽培 慣行大豆栽培の 2 年 3 作体系が選択された。

以上の分析結果は、水稲 小麦 大豆の 2 年 3 作体系をベースとしつつも、最適化のターゲットとする内容に応じて、環境保全型水

稲栽培または慣行水稲栽培のいずれか片方が選択されることを示した。慣行水稲栽培は、農業所得増大、エネルギー消費量および地球温暖化ポテンシャル減少について、環境保全型水稲栽培よりも有利であること、逆に、環境保全型水稲栽培は、酸性化ポテンシャルおよび富栄養化ポテンシャル減少について、慣行水稲栽培よりも有利であることが示唆される。

以上の分析から得られた示唆は次の 2 点である。第 1 に、環境保全型水稲栽培に対して支払われる「環境保全型農業直接支援対策」の交付金水準 (3,000 円/10a、緩効性肥料の利用における交付単価) は、慣行水稲栽培に対する収量減少を主とした粗収益低減と肥料費増大による生産費増加を補填するには不十分である。第 2 に、農業経営は農業所得最大化に基づいて行動することを鑑みると、環境保全型水稲栽培への転換を推進していくためには、より高い交付金単価が適用される取組が行われるようにする必要がある。

(3) 残された課題

なお、以上の分析には幾つかの限界があることを指摘しておく。

当初は、本研究では、実際の営農データに基づいて、LCA 分析および経営計画モデル作成を行う予定であった。そのためには、比較的手続きしやすい経営収支データだけではなく、営農記録や労働時間などのより詳細なデータ入手が必要不可欠であった。しかしながら、本研究を遂行するにあたり、現地調査によって経営計画モデル作成のために必要な全てのデータを得ることができなかったため、環境保全型水稲栽培の LCA 分析用データにおいてのみ、滋賀県内の A 集落営農から収集した実際の営農データを用いた。それ以外は統計データまたは栽培技術体系の文献値を適用した。

経営計画モデルでは、上述したように、滋賀県 (2012) 『農業経営ハンドブック 担い手育成のための農業経営指標集』のデータを用いたが、この文献においては水田転作の小麦および大豆の収量が滋賀県の統計値よりも大きく設定されている傾向にある。したがって、小麦と大豆の二毛作によって得られる農業所得は、水稲を連作するよりも大きく、このことが、農業所得最大化シナリオにおいて、水稲 - 小麦 - 大豆の 2 年 3 作体系が選択されたことに強く影響したと推察される。

最後に、本研究で得られた結果は、「戸別所得補償制度」のもとでの補助金水準に基づいた分析によるものである。本研究の実施期間中の 2012 年末の民主党から自民党への政権交代の影響で、「戸別所得補償制度」は見直しがなされており、2014 年度から新たな支援水準に基づいた「経営所得安定対策」がス

ターゲットすることになっている。したがって、経営計画モデル分析については、新たな「経営所得安定対策」の補助金水準のもとでのシミュレーションシナリオを改めて構築し、分析し直すことが、今後必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 1件)

増田清敬・富岡昌雄(2013)「環境こだわり農業における温室効果ガス排出のLCA評価 水稻栽培を対象として」『農林業問題研究』第49巻第1号,2013年6月,pp.219-224. 査読有

[学会発表](計 3件)

増田清敬・富岡昌雄(2012)「環境こだわり農業における温室効果ガス排出のLCA評価 水稻栽培を対象として」,第62回地域農林経済学会大会,大阪経済大学,大阪府大阪市,2012年10月19-21日.

増田清敬(2013)「滋賀県の環境こだわり農産物認証制度とその経営経済的評価」,第31回農薬環境科学研究会,エクスィブ琵琶湖,滋賀県米原市,2013年11月21-22日.

Masuda, K. (2014) “Economic and ecological sustainability on Japanese rice farms: An application of linear programming model,” Australian Agricultural and Resource Economics Society 58th Annual Conference, Glasshouse Arts Conference and Entertainment Centre, Port Macquarie, Australia, 4-7 February 2014.

6. 研究組織

(1)研究代表者

増田 清敬(Masuda, Kiyotaka)
滋賀県立大学・環境科学部・助教
研究者番号:20512768