

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 19 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22780201

研究課題名(和文) 農業気候変動緩和策の普及可能性と持続性に関する研究 - 途上国を中心として -

研究課題名(英文) Study on the potential of adopting climate change mitigation measures in agriculture of developing countries

研究代表者

丸山 敦史 (Maruyama, Atsushi)

千葉大学・園芸学研究科・准教授

研究者番号：90292672

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：農業部門の温室効果ガスの排出は年々増えており、また途上国では農業部門の排出量シェアが大きい。本研究は、農業分野における気候変動緩和策の途上国での普及可能性を経済学的に分析し、農家行動の観点から緩和プロジェクトの持続的な実施に必要な政策要件を提示しようとするものである。農業気候変動緩和策の普及可能性を高めるには、リスク態度を中心とした農家属性による農業技術の採用行動の違いや地域的な差異を十分に考慮しなくてはならないことが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：The study examines conditions required to implement measures to mitigate effects of climate change in terms of economics and farmers' attitudes. The results show that 1) the economic benefits of adopting mitigation measures are not large so much, which means that mitigation measures are not strong incentives to adopt the measures. 2) Therefore, a fund, or a fund structure based on CDM, is necessary for farmers to take the actions. In using a CDM framework, we should notice that the result of registering CDM projects is biased regionally and largely depends on the selection of a type or a method. 3) The willingness to adopt agricultural mitigation measures is varied with farmers' characteristics and their risk preference, the effects of which are differed by region or country. Those findings suggest that an effective program to promote agricultural mitigation measures in developing countries should include positive financial incentives and be modified according to farmers' preferences.

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：気候変動 緩和策 農家調査 フィリピン ウガンダ

1. 研究開始当初の背景

気候変動が農業に与える影響は大きい。特に途上国では、台風や洪水による農業被害が国民生活に深刻な影響を与えるため、迅速で効果的な対策をとることが必要である。その一方で、より長期的な視点に立ち、農業が気候変動に与える影響についても考慮されなくてはならない。農業部門の温室効果ガス (GHG) の排出は年々増えており、また途上国では農業部門の排出量シェアが大きい。排出削減のためには、農業機械の環境性能の向上や化石燃料からバイオ燃料への切り替え、水稻の栽培方法や家畜の生産管理方法の変更、土壌がもつ炭素隔離能力の向上などが必要とされている。これらの手法は気候変動緩和策と呼ばれ、その導入と普及が期待されている。しかし、途上国での取り組み事例は少ない。農家の自主的な対応として、気候変動対策が取られるためには、経済的インセンティブと農家行動を考慮した普及制度の整備が重要であり、そのための科学的な分析と学術的知見の蓄積が求められている。

2. 研究の目的

本研究は、農業分野での気候変動緩和策 (一部、適応策を含む) の途上国での普及可能性を経済学的に分析し、農家行動の観点から緩和プロジェクトの持続的な実施に必要な政策要件を提示しようとするものである。

3. 研究の方法

まず、農業緩和策を普及させるための有効な手段の一つとして考えられているクリーン開発メカニズム (CDM) の現状をプロジェクトタイプ別、地域別に分析し、農業部門で炭素市場を利用するための課題を検討する。次に、気候変動緩和策として検討されている農業技術について簡単な費用便益分析を行い、緩和策の普及における炭素市場の役割について検討する。最後に、気候変動緩和策の普及可能性を農家レベルで検討するため、時間選好、リスク選好、環境意識、及び、農業技術の採用状況をフィリピンとウガンダにおける農家調査により把握し、それらの関係について統計的に分析する。

4. 研究成果

(1) CDM プロジェクトに関する分析

ここでは、公益財団法人地球環境戦略研究機関 (Institute for Global Environmental Strategies) がまとめているプロジェクトデータベースを用いて、CDM 登録状況の傾向を分析する。

まず、CDM プロジェクトの地域別登録数の推移をみれば、地域的に異なる傾向が分かる。ラテンアメリカのピークは 2006 年ごろにあり、アジアは一貫して増えている。アフリカ・中東は一貫して少ない。アフリカ・中東の傾向は、その他の環境関連基金 (例えば、世銀の Clean Technology Fund) の融資状況に

も見られるものである。同地域では、GHG の排出そのものが少ないという状況に加え、社会制度の不安定さによる投資リスクの高さがその背景にあるものと思われる。また、アフリカ諸国の平均的な環境技術の水準を考えればユニラテラル CDM (後述) が増える可能性も低い。従って、この地域で環境対策を推し進めるためには、投資国 (先進国) からの技術提供がなされる、即ち、投資国の企業が安心して事業を展開できる支援制度が必要になる。

アジアでは、中国を中心に CDM プロジェクトの登録が進んでいる。2012 年 9 月までの集計で中国のシェアは同地域の 7 割を超えている。中国に次いで多いのはインドであり、それ以降の順位は、マレーシア、インドネシア、タイ、韓国、フィリピンとなっている。中国とインドで拡大しているのは、ユニラテラル CDM という枠組みである。ユニラテラル CDM は、ホスト国の意思でプロジェクトを発足させ CDM として登録した後、先進国が理事会からの承認を受けクレジットを獲得できる制度であり、2005 年に認められた。従来型の CDM (バイラテラル CDM) と異なり、先進国からの資金と技術移転が得られにくいというデメリットがあるが、逆に、ある程度の資金力と技術力が、途上国の意思でプロジェクトを作り、自由度の高い事業展開が出来るという点にメリットがある。今後も拡大する可能性が高い。

中国やインドを除いた地域 (ASEAN 地域) について、CDM プロジェクトの種類別、規模別、登録・審査状況別の件数について検討する。Biogas プロジェクト (バイオガスによる発電など) が多いことが分かる。Biogas は、小規模 CDM のシェアが多いのも特徴である。排出削減量が小さいプロジェクトでも、登録やモニタリングなどの費用は規模の大きいプロジェクトと同等にかかる部分が多い。一方で、得られるクレジットが少ないため、クレジットあたりの費用負担が大きくなり、プロジェクトの実施可能性が低くなる。その問題を回避するため、簡易な手続きと方法論 (手法) を採用したのが小規模 CDM の枠組みである。Biogas 事業は小型な装置でも実施することができ、排出量削減の追加性が認められやすい。そのため、小規模 CDM の枠組みが利用しやすいものと思われる。また、Biogas と同様に、Biomass や Methane avoidance の小規模 CDM の割合も多い。これらは、農業部門の CDM でよく用いられている枠組みであり、ノウハウ蓄積がなされているものと思われる。農業部門の CDM には、この他に、農地の炭素土壌隔離機能や稲作のメタン排出に着目した手法がある。しかし、普及は進んでいない。

登録・審査の状況を見ると、小規模では、Biogas、Hydro power、Biomass、Methane avoidance の登録率が相対的に高く、大規模 (小規模 CDM の枠組みを用いないもの) で

は Methane recovery & utilization, Fuel switch, Cement (セメント製造における化石燃料の一部代替) が高くなっている。この傾向を統計的に確かめるため、分析サンプルから審査段階にあるプロジェクトを除き、更に、登録済みプロジェクトを1、CDM 理事会から却下されたプロジェクトと登録要請が取り下げられたプロジェクトを0とした回帰分析をプロジェクト規模別に行った。その結果、規模にかかわらず Biomass は登録されにくい傾向があり、Hydro power は登録されやすい傾向があった。他方で、小規模では Fuel switch が上手いかず、大規模では Methane avoidance と Waste gas/heat utilization のタイプに問題がみられるなど、プロジェクト規模により問題の所在が異なることが分かった。また、インドネシアで行われている小規模 Fuel switch プロジェクトや、インドネシア及びマレーシアの大規模 Methane avoidance プロジェクト、タイの大規模 Waste gas/heat utilization プロジェクトなどで、他のプロジェクトよりも登録されにくい傾向があることが観察された。登録されにくいプロジェクトは、追加性の証明(投資分析やバリア分析の不備)が難しい傾向にあるため、農業部門で CDM の利用拡大を図るためには、この点についての検討を十分に行う必要がある。なお、プロジェクトの却下理由として、指定運営組織(DOE)の経験不足を指摘する場合があるが、我々の分析では、プロジェクトの却下が特定の DOE について起こっているという明確な関係は見出されなかった。

(2) 気候変動緩和策の経済性

やや古い統計であるが、フィリピンでは、農業部門の GHG 排出は全排出の 33% を占め、その 38% が稲作由来の排出となっている(UNFCCC 1994)。公的な関心も高く、フィリピン農業省の Philippine Rice Research Institute (PhilRice) は、GHG の排出を少なくする取り組みとして 12 種類の手法を提案している。技術的にも費用的にも比較的導入が容易な手法とされているものの、農家の導入率は必ずしも高くない。ここでは、この 12 種類の手法のうち、既往研究から収量や費用のデータが取得可能な 6 つのオプションについて簡易的な費用便益分析を行い、経済的な緩和策の導入可能性を検討する。

費用便益分析の対象としたのは、Mid-season drainage; AWD or controlled irrigation; Direct seeding; Nitrogen use efficiency; No tillage or reduced tillage practice; Use farm waste and biomass である。Mid-season drainage や AWD は、水の効率的利用という利点もあるが、気候変動対策という観点からは、湛水期の嫌気性条件下における微生物の有機物分解によるメタンの発生を防ぐ方法として評価されている。また、Nitrogen use efficiency は、Leaf-Color-Chart などを用いて施肥量の管理をすることで、窒素肥料から生じる GHG が削減され、Direct seeding や No

tillage or reduced tillage practice は、土壌中の炭素の放出を防ぎ、耕耘機などの機械から排出される GHG を減らす効果が期待されている。更に、Use farm waste & biomass には、作物残渣を堆肥化し土壌に戻すことで炭素の固定量が増加し、焼却(野焼き)を行わないことにより、不完全な燃焼によって生じる GHG の排出を防ぐ機能がある。

分析の結果、炭素収入がない場合でも経済性を確保しうるのは、Mid-season drainage と AWD であることが分かった。特に AWD には、単収を増加させるという研究がいくつか出されており、圃場レベルで安定した収量増加が見込めるようになれば普及の可能性は一層高くなる。他方、その他の手法は、単収の減少や労働投入の増加が予想される。従って、削減された GHG に対応する収入の確保が、緩和策導入の経済性を確保するために不可欠である。特に、Direct seeding や No tillage or reduced tillage practice は単収の減少傾向が強いため、炭素価格の大幅な上昇や政策的な財政補助が、同手法の普及には必要である。

(3) 農家レベルでの普及可能性

フィリピン

データ収集のため、2011年8月にパンガンナン州の農家 115 戸に対して面接形式の調査を実施した。調査票は、主作物の生産状況と農家属性、リスク選好、時間選好、環境意識についての質問項目から構成されている。緩和策の導入状況については、グループディスカッションを行った稲作農家 24 戸から聞きとった。リスク選好の調査方法にはいくつかの手法があるが、ここでは、2 つの圃場の収量を仮想し、入手する(借りる)ならばどちらの圃場を好むかという質問を用いた。この質問は収量の設定を変えて何回か繰り返され、その回答に応じて農家のリスク選好を 6 段階に数値化した(リスク変数と呼ぶ。リスク回避的なほど数値が大きくなる)。リスク変数の平均値は 2.4 で、多くの回答者は変動が大きくとも高い単収が出るチャンスがある圃場を選択した。次に、順序プロビット分析を用いて、リスク変数と農家・回答者属性との関連性を検討した。その結果、現在の単収レベルが高く、耐久消費財などの生活資産が多い農家ほどリスクを好む傾向があり、稲作農家、特に採取農家は、コーン作農家に比べリスク回避的であることが分かった。

時間選好(時間割引率)については、標準的な調査方法を用いた。途上国では一般に時間割引率が高いことが知られているため、年率換算で 50% まで測れるように設計した。収集されたデータの平均値は 43.4% であった。標本分布は、右(高い割引率)に偏った形状になったため、回帰分析には、時間割引率の数値データを 4 分位数のデータに変換したものをを用いた。分析の結果、生活資産が多い農家と稲作農家の時間割引率が低くなる傾向が見られた。

農家の環境意識の調査には、New Ecological

Paradigm (NEP) Scale に基づいた 13 の質問を用いた。13 の質問を個別に分析した場合、ノイズが大きく扱いづらい。そこで、アルファ係数を用い共通性の高い指標を選んだ後、主成分分析で変数の合成を行った（第一主成分の固有値は 2.2、47% を説明）。共通性の高かった指標は、環境悪化を引き起こしたのは人間であると考え、環境は均衡を失いやすく脆弱なものであると考える、このままでは深刻な環境破壊が起きる可能性が高いと考える、動植物は人間と同様に存在する権利を持つと考える、資源管理は政府に任せるべきではないと考える、という 5 つの項目であった。この環境意識と関連性のある回答者属性は、農業の経験年数であり、経験年数が浅いほど環境意識が高いことが示された。年齢や学歴は環境意識に対し有意な影響を与えていない。

最後に、気候変動緩和策の導入状況と、リスク選好、時間選好、環境意識との関連性について検討する。ヒアリングの結果、Mid-season drainage と AWD の違いは認識されているものの、Nitrogen use efficiency については知らない農家が多いことが分かった。また、Direct seeding と No tillage or reduced tillage practice は作業体系として分離が難しいことも考慮し、回帰分析には、AWD、No tillage or reduced tillage practice、及び、Use farm waste and biomass を用いた。分析結果は、リスク回避的な選好を持つ農家ほど緩和策の導入はしない傾向があり、時間選好と環境意識は有意な影響を与えていないことが分かった。このことは、緩和策の普及を考える際には、単収や生産要素投入に付随するリスクや不確実性に関する情報や、その提供方法が重要であることを示唆している。

ウガンダ

アフリカの GHG 排出量は少ないものの、その増加率はアジアに次いで高い。従って、気候変動緩和策について、その導入の在り方を検討しておくことは、今後、重要な意味を持つ。他方で、この地域の農業は気候変動の影響を強く受けるため、気候変動適応策の導入も急務の課題となっている。即ち、緩和策と適応策の両方を同時に普及しておくことが、持続的な農業の発展のために必要である。

そこで、まず、農家レベルで気候変動対策を導入することの必要性について検討する。資料は NaCRRRI の農家調査（2007-2008 年）から得た。これは、ウガンダ全域からのサンプル抽出調査である。分析には、著しく単収が低い農家を除いた 1028 件を用いた。コメ単収のサンプル平均は 1.9 t/ha (SD 1.3) で、同時期の東アフリカの平均値よりやや低い水準にあった (FAOSTAT)。生産構造をみれば、化学肥料を使っている農家の割合は 10% 程度、平均施肥量は 2.6 kg/ha と少なく、機械を導入している農家はない。また、湛水期のメタン排出が懸念される水田も、水稻を主体に栽培している農家はおおよそ半数にとど

まる。即ち、現時点では、GHG の排出という点での環境負荷はほとんど見られないことが確認された。

次に、このデータを用いてコブダグラス型のフロンティア生産関数を計測し、農家間の技術的格差(技術的効率性:TE)を計測した。フロンティア生産関数と平均生産関数のパラメータは統計的に有意に異なり、TE の平均値は 0.60 (陸稲)と 0.65 (水稲)と推計され、適切な技術の普及によりウガンダ全域でコメの生産性が向上する余地が大きいことが分かった。また、降水量の単収に対する影響を詳細に検討するため、成長障害が出るとされている日降雨量が 4mm 以下の日数を月ごとに集計し、説明変数として用いた。回帰結果は、播種後、3 ヶ月間の降雨量が有意な影響を与えていることが明らかになった。それらの分析結果を用い、気候変動による降雨量の変化が収量に与える影響と、収量の低下が TE の向上によりどの程度相殺され得るかについて検討した。分析の結果、干ばつが現在より進行した場合、TE の向上では単収の減少は食い止められないことが明らかになった。このことは、新技術の開発を含めた抜本的な気候変動対策が必要であることを示している。

気候変動対策関連の農業技術の採用要因を分析するため、2012 年 9 月から 10 月にかけて、ウガンダの首都カンパラからほぼ同じ距離 (120 km) に位置している 2 つの県 (Kyankwanzi 県と Iganga 県) で農家調査を実施した。調査対象は、気候変動適応策と緩和策両面での対応において、今後、中心的役割を担うであろう稲作農家とした。サンプリングでは、まず、農業省の地方オフィスなどの協力を得ながら農家リストを作成し、そのリストからランダムに農家を抽出し、最終的に、それぞれの県で 140 件 (計 280 件) を得た。分析対象はすべての項目で有効な回答を与えている 252 件であり、農家・世帯主の属性の平均値は、性比 0.86、年齢 39.8 歳、教育年数 6.3 年、世帯所得 1.2 mil. UGX であった。所得を除いて、2 つの県のサンプル間に有意な平均値の差はなかった。

分析対象は 5 つの技術 (No burning of crop residues、Reduced or zero tillage、Using manures and composts、Using water efficient seeds、Using pest and herbicide tolerance seeds) である。それぞれについて、5 段階 (Adopting、Used to do、Want to try、No intent、Don't know) で導入状況を調査した。No burning of crop residues、Reduced or zero tillage、Using manures and composts を行っていると回答した農家は、それぞれ 72%、94%、30% であった。気候変動緩和策の観点からみれば、既に環境負荷が少ない農業が行われていること、今後は、それらの慣行を維持しつつ、たい肥を利用し土壌の炭素固定能力を向上させることが必要であることが分かる。Using water efficient seeds、Using pest and herbicide tolerance seeds につい

では、行っている、または、行ってみたいと回答した農家の割合は、それぞれ63%と75%であった。新技術に対する関心が高いことが分かった。

リスク選好の調査には、Holt and Laury 型（10段階のスケール、値が大きいほどリスク回避的）の方法と、種子の選択行動からリスク態度を測る方法（天候変動が不確実な状況下で、単収の水準と変動の仕方が異なる仮想的な種子に対する選択行動を調査）を用いた。Holt and Laury 型の設問では、金銭を受け取る（Gain）と失う（Loss）という2つ設定でリスク選好を調査した。Gain 設定の平均値は6.12、Loss 設定の平均値は6.22であり、その差は有意ではなかった。更に、Gain と Loss は相関しているが、いずれも個人属性とは有意な関係はなかった。種子選択の調査でも、期待収量が低い場合と高い場合の2つの設定でリスク選好を調査した。低収量シナリオではリスク回避的な選択をしたのは18%で愛好的な選択をしたのは31%、高収量シナリオでは回避的な選択をしたのは同じく18%、愛好的な選択をしたのは増加して51%となった。安定的な収量よりも、リスクがあっても高い収量をもたらさう種子を好むこと、その傾向は平均収量が高くなるほど強まることが分かった。

先に述べた農業技術の採択状況と個人情報及びリスク指標との関係を、プロビットモデルを用いて検討した。「行っている」または「行ってみたい」と回答した農家を1とした分析では、教育年数が正に有意な影響を与えることが多く、Holt and Laury 型のリスク指標は Reduced or zero tillage と Using water efficient seeds の採用について正に有意、即ちリスク回避的な農家ほど導入もしくは導入意向が強いことが分かった。

リスク選好と農業技術の採用意向との関係は定説的なものはない。従って、リスク回避的なウガンダの稲作農家が技術の導入に対して積極的であるという結果が、前節で分析されたフィリピンの稲作農家の行動と異なっている、必ずしも矛盾した結果であるとはいえない。しかしながら、ウガンダとフィリピンの分析では、リスク選好の調査手法が同一ではないという問題がある。そこで、Holt and Laury 型と種子選択型に、フィリピンで用いた圃場選択型の手法を加え、ウガンダで追加調査を行った（2013年10月）。分析対象は、Kyankwanzi 県と Iganga 県で作成したコメ農家リストから、まだ調査対象となっていない農家をランダムに抽出し、最終的に64戸からデータを得た（有効回答は63件）。分析の結果、Holt and Laury 型の指標と種子選択による指標との間には共通性があり、また、圃場選択による指標と種子選択による指標との間にも共通性が見いだされた。更に、それぞれのリスク指標には異なる個人属性が影響を与えていること、いずれのリスク指標を用いても、新技術の導入について、リスク

回避的な農家の方が強い導入意向があることなどが明らかになった。この結果は、前回のウガンダでの調査結果と一致するものであり、リスク選好の調査方法が分析結果に与える影響は大きいものではなかった。従って、フィリピンとウガンダの農家行動の違いは、調査方法の違いによると考えるよりも、地域差として存在している可能性が高い。

(1)～(3)の結果を総合すれば、以下のような知見が得られる。耕種農業での気候変動緩和策は比較的容易に導入できるものの、導入による収量増や省力化効果は限定的であるため、農家が自主的に導入する経済的なインセンティブとはなりにくい。従って、CDM などの枠組みを利用した制度が必要であるが、CDM プロジェクト成否には手法や地域的な偏りが見られ、実施前に十分な検討がなされなくてはならない。また、農業技術の導入に対する農家の意向には、農家属性やリスク選好が影響を与え、更に、その影響は地域的に異なる可能性が高い。従って、農家レベルでの普及を図るには、十分にローカライズされた普及プログラムを作る必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

A.Maruyama, Y.Haneishi, S.E.Okello, G.Asea, T.Tsuboi, M.Takagaki, M.Kikuchi "Rice Green Revolution and Climatic Change in East Africa: An Approach from the Technical Efficiency of Rainfed Rice Farmers in Uganda" Agricultural Sciences, 査読有, 2014, 5, 330-341.
DOI: 10.4236/as.2014.54035

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等 特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

丸山 敦史 (MARUYAMA, Atsushi)

千葉大学・大学院園芸学研究所・准教授

研究者番号：90292672

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし