

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K01681

研究課題名（和文）持続可能な木質バイオマスタウン実現に必要な食農林環エネルギー経済システム設計

研究課題名（英文）Design for a sustainable social system employed biomass

研究代表者

青木 恵子（Aoki, Keiko）

埼玉大学・人文社会科学部研究科・准教授

研究者番号：10546732

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本件の問いである3問の結果概要は以下の通りである。

問1)「農家は自発的に社会的に最適な木質バイオマスエネルギーの利用に至るか」に対する理論検証ではこの利用は最適行動であることが証明された。問2)「消費者は木質バイオマスエネルギーを利用した農産物にいくらの価値を持つか」に対する調査結果では、消費者は木質バイオマスエネルギーにより栽培された作物に付加価値を持つことが示唆された。問3)「持続可能な木質バイオマスタウン実現のための食農林環エネルギー経済システムとは」のフィールド実験では二酸化炭素排出量や自主規制の表示があるほうが木質バイオマスエネルギー栽培による作物の販売量が増える可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において最も社会的意義の高いと考える結果は問2)「消費者は木質バイオマスエネルギーを利用した農産物にいくらの価値を持つか」の調査である。この調査から、消費者は木質バイオマスエネルギーにより栽培された作物に付加価値を持つことが示唆された。これは、木質バイオマスエネルギーをハウス栽培の暖房と利用することがカーボンオフセットの視点による二酸化炭素排出の抑制につながるだけでなく、消費者の需要創出も促すことを意味している。現在、ハウス栽培では重油利用がメインであるが、将来的には脱重油による木質バイオマスエネルギー農作物栽培の普及が期待される。

研究成果の概要（英文）：The results of the three questions in our project are summarized below.

(Q1) The results of the theoretical model for “Do farmers spontaneously decide to use socially optimal woody biomass energy?” proved to be an optimal behavior. (Q2) The results of the survey for “How much do consumers value agricultural products made from woody biomass energy?” implied that consumers more valued crops grown with woody biomass energy. (Q3) A field experiment for “Food, Agriculture, Forestry, and Rural Energy Economy System for Sustainable Woody Biomass Town” implied that sales of crops grown with woody biomass energy increased if carbon dioxide emissions and voluntary restrictions would be displayed.

研究分野：実験経済学

キーワード：バイオマスエネルギー 経済実験 食農林環エネルギー経済システム

1. 研究開始当初の背景

2015年COP21(パリ協定)は化石燃料から再生可能エネルギーへの転換を世界的課題として求めた。農林水産省はバイオマスタウン構想を掲げ、318件の自治体を認可したが、実現例は20件ない。日本は国土の70%を森林で覆われており、林業を保護・育成する観点から、農業における化石燃料の代替材として林業と連携した木質バイオマスの利活用が推奨されている。そのため、木質バイオマスを起点としたバイオマスタウン構想は国内適応性が高い。しかし、佐々木(2014, 農林業問題研究)はバイオマスタウンの岡山県真庭市が木質バイオマスを利用した農産物の差別化に失敗したことを突き止めた。また、申請者の調査からはバイオマスエネルギーが社会の中で活用されていない原因として、バイオマスからのエネルギー転換技術の未発達や地域資源への依存度のみの問題だけでなく、その普及のための社会システムが未発達であるという社会制度の側面が浮き彫りになった。

しかし、バイオマスエネルギーの利活用を社会全体として検証する研究はなく、一部の選好調査に留まっている。Rouvinen and Matero (2013, BIOMASS BIOENERG)は、フィンランド人が木質バイオマス暖房よりも灯油暖房を好み、シミュレーションから将来的には木質バイオマス暖房器具の市場割合は増加することを示した。Susaeta et al., (2011, ENERGETIC ECON)はアメリカ南部では木質バイオマス電気が好まれることを示した。Bibbiani et al., (2016, AGRIC AGRIC SCI PROC)はイタリアのハウス栽培において木質バイオマス暖房を利用することが利益をもたらすことを示した。持続可能なバイオマスエネルギー利活用のためには、単にエネルギーを作れば社会が使ってくれるという安易な発想から脱却し、作ったエネルギーを社会が使えるようにするために、生産「つくる」と消費「つかう」を「つなげる」社会システムが不可欠である。そこで、本研究は次の問いに取り組む。

- 問1) 農家は自発的に社会的に最適な木質バイオマスエネルギーの利用に至るか？
問2) 消費者は木質バイオマスエネルギーを利用した農産物にいくらの価値を持つか？
問3) 持続可能な木質バイオマスタウン実現のための食農林環エネルギー経済システムとは？

2. 研究の目的

本研究の目的は、1)理論検証として、不確実性下での農家の木質バイオマスエネルギーの利用努力を動学的に検証する。並行して、実際に農家と共に木質バイオマスエネルギーを利用した農産物を栽培する。2)この農産物に対する消費者の価値を経済的手法から計測する。これらを統合し、3)持続可能な木質バイオマスタウンのための食農林環エネルギー経済システムを提案する。

3. 研究の方法

背景における問いごとに説明する。

(1)問1)農家の木質バイオマスエネルギー利用努力の理論検証(R2・3年)

農家の生産関数をエネルギー使用量(重油・木質バイオマス(域内・域外))・労働・設備投資量(重油暖房・木質バイオマス暖房)のコブダグラス型とする。二酸化炭素は重油と域外木質バイオマスの増加関数で、域内木質バイオマスの非増加関数とする。木質バイオマスの設備投資費は重油よりも高い。また、木質バイオマス設備の時の労働は重油設備よりも多い。木質バイオマスは林業者から供給される。林業者は山林を管理しており、山林保全の質は域内木質バイオマスの増加関数である。また、域外木質バイオマスと重油を売る事業者も存在する。消費者の効用は二酸化炭素の減少関数で、山林保全の質の増加関数であり、これらの度合が $[0, 1]$ の一様分布で決まる複数主体がいる。

農家は二酸化炭素を減らし、消費者の効用を上げることができるが、設備投資量と労働が増えるので生産費用は増える。よって、二酸化炭素と山林保全の質は農家と消費者の両方の意思決定に依存する。さらに、情報の非対称性として、消費者は農家のエネルギー投入量と設備投資量を知り得ないため、カーボンフットプリント制度によって二酸化炭素をシグナルとして購買行動を行う。この想定で、社会的に最適なエネルギー投入量・設備投資量・二酸化炭素・山林保全の質と、シグナリングでのナッシュ均衡を比較する。

次に、マルチエージェントシミュレーションで均衡を計算するために、バイオマスタウンとして木質ペレット製造設備を持つ島根県隠岐の島町とそれを持たない千葉県南房総市を対象として、各自自治体と協力して、林業者の山林保全管理関数と木質バイオマス利用農家の生産関数を推計する。これと並行して、島根県隠岐の島町と千葉県南房総市の提携農家と共に、ハウス栽培の暖房燃料として重油を多く使うイチゴとトマトを域内木質バイオマスで栽培する。これらは問2の実験で用いる。

(2)問2)消費者の木質バイオマス利用農産物の価値評価(R2・3年)

まず、アンケートを行う。異なる商品の属性変数の値を様々に変えた複数の選択肢を参加者に選ばせることで各属性に対する支払意思額を推計する「選択型実験法」を用いて、イチゴとトマトの

価値を明らかにする。属性として、農法(有機栽培、慣行栽培)、栽培過程のエネルギー(木質バイオマスエネルギー(域内・域外)、重油)、二酸化炭素量、価格を用いる。木質バイオマスの価値を上げる情報を探るために、情報因子として、農産物の栄養素・食味の科学分析結果(利己的情報)、木質バイオマス利用の生産過程(利他的情報)、木質バイオマスの山林保全への影響(ミクロ的向社会情報)、地球温暖化への影響(マクロ的向社会情報)を与える。この後に、バイオマスエネルギー関連質問、個人属性、環境心理尺度などの質問データを用いて、バイオマスエネルギーへの需要傾向を持つ消費者像を炙り出す。対象は木質ペレット製造設備のある島根県隠岐の島町とそれを持たない千葉県南房総市とする。無作為抽出による郵送調査法で各 300 サンプルを回収する。これら在全国平均と比較するために楽天インサイトに委託し、全国から 1000 サンプルを回収する。

次に、経済実験を行う。質問はアンケートと同じにし、選択型実験法と経済実験と摂食を組み合わせ、参加者に食べたい物を選ばせ、実際に買わせ、食べさせる「リアル選択型実験法」を用いる。島根県隠岐の島町と千葉県南房総市から各 300 人集め、アンケートと比較し、仮想バイアスを検証する。

(3)問3)持続可能な木質バイオマスタウンのための食農林環エネルギー経済システム設計(R3・4年)

まず、問1の理論を基盤としたシミュレーションを行う。岡山県真庭市のマーケティングの失敗を省みて、地方自治体で実現可能であり、生産「つくる」と消費「つかう」を「つなげる」社会システムとして、4つの情報公開制度のある市場を考える。問2と整合性を図り、消費者同士が評判を交換できる市場、カーボンフットプリントのある市場、農家が生産過程を公開する市場、農家の自主規制のある市場を設計する。これらの環境で、農家は「価格」、「二酸化炭素」、「木質バイオマスの投入量と設備投資量」を販売時に公開できるが、価格以外は消費者が観測不可能なため、農家はこれらを偽装できる。ただし、カーボンフットプリントがあれば、認証料を払い、これらの情報が真実であることを証明してもらえ。生産過程の情報を公開できる市場では、木質バイオマス投入量と設備投資量を公開できる。農家の自主規制では、農家が木質バイオマス投入量と設備投資量の努力目標値を公表する。この環境の下で、マルチエージェントシミュレーションを行い、各システムにおける社会厚生、二酸化炭素量、山林保全の質、木質バイオマス投入量と設備投資量、農産物価格の変化を探る。

次に、フィールド経済実験を行う。実験因子として制御する市場は次のように現実妥当性を担保する。消費者同士の情報交換のある市場では、木質バイオマス利用農産物に対する情報交換可能な SNS を立ち上げる。カーボンフットプリントのある市場では、LCA を用いてカーボンフットプリントを作成する。農家が生産過程を公開する市場では、木質バイオマスを利用した栽培過程を店頭で紹介する。農家の自主規制では、農家の木質バイオマス導入努力目標値を店頭で紹介する。これらの想定下で、協力農家が農産物を卸す店舗において実際に販売してもらい、POS データを受け取る。データはパネル分析し、Difference-in-Difference 推定から制御因子の効果を検証する。

以上の結果をまとめたタウンミーティングを行い、政策提言書を関係各省に提出する。

4. 研究成果

背景における問いごとに説明する。

(1)問1)農家の木質バイオマスエネルギー利用努力の理論検証のために、1 つ目の農家(生産者)および消費者からなる社会の最適なエネルギー投入量・設備投資量・二酸化炭素・山林保全の質と、シグナリングでのナッシュ均衡を比較するために、理論構築を行い、それぞれのナッシュ均衡を求めた。2 つ目の林業調査を実地するためにフィールドである隠岐役場の担当者と打ち合わせを実施した。ここでの打ち合わせの課題とコロナによる行動制限のために当初の予定より多少の遅れはあったが林業調査を実施した。4 つ目の木質バイオマス暖房を利用したハウス栽培のために各フィールドの協力農家と栽培品種の決定等の打ち合わせを行い、初年度はアブラナ科(ミニトマト、キュウリ、なす、ピーマン)、マメ科(さやえんどう)、玉ねぎ、にんにくを栽培した。暖房機はハウス面積が 30 坪程度のため、通常の暖房機では予算や規模、そして設置環境に問題があった。そこで、自治体、協力農家、建築会社と打ち合わせを繰り返して家庭用ペレット暖房機を改造して利用することになった。またハウス栽培環境をデータ化するために温湿度センサーを導入した。栽培に関してはアブラナ科の育成が不十分であった。特にキュウリは全滅、ナスとピーマンはアブラムシの付着が多く結実後が育たなかった。これらの原因としては、湿度が毎晩ほぼ 100%であることがわかった。アブラナ科の中で特にキュウリは湿度に弱いため、本ハウス環境はキュウリには不適切であることが分かった。よって、当初販売予定だった茄子やピーマンやキュウリは湿度環境に敏感で生育不良が著しくて病害虫の汚染のため、販売状況までたどり着けなかった。しかし、ミニトマトや豆類は生育状態も良く、委託農家先の市場において通常期の2倍以上の売値で取引された。

(2)問2)消費者の木質バイオマス利用農産物の価値評価を探るための消費者を対象としたアンケートを実施する計画がコロナにより調整を余儀なくされた。しかし、実施が可能となった。この調査では、単価の高いイチゴを対象として、イチゴの色味や味だけでなく、栽培過程としてバイオマスや

ソーラ暖房の利用の有無、オーガニック栽培かどうかを属性として一般人1000人のオンライン調査を実施した。結果は色味の価値が一番高かった。また、特筆すべき点としては、ソーラよりもバイオマス暖房の方がイチゴの価値を高める効果が示唆された。

(3)問3)持続可能な木質バイオマスタウンのための食農林環エネルギー経済システム設計のためのシミュレーションを用いて、問1と2の効果を検証した。シミュレーションの結果では、消費者同士が評判を交換できる市場、カーボンフットプリントのある市場、農家が生産過程を公開する市場、農家の自主規制のある市場の中で、やが市場においてやよりも高い価値を導き出すことを示した。よって、問3のフィールド実験ではあるいはを実際にポップ等で情報公開する予定であった。しかし、コロナの影響でに関しては二酸化炭素量の計算に時間が掛かるため、先行としてのみを協力農家の委託先の店舗に情報をアップした。の計算が終わった時がを先行した時期とほぼ同じであったため、をと年度は異なるが同じ時期から開始した。とを、結果的には年を変えて実行することで、同じ環境で、季節による販売作物が同じなど、比較する上で可能な限り環境を近づけた。との同作物の売上金額として、作物によってよりのほうが高い場合と低い場合の両方があった。この結果のばらつきが情報の効果によるのか、あるいはの実施年度(R4年度)との実施年度(R5年度)ではコロナに対する購入者の動向への影響が少なからずあるためなのか、はたまた、別の要因なのかは将来的な課題である。とは言え、作物に対する適切な情報の効果を考える上では、売上金額だけではなく購入者の理由も併せて探ることが重要と考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	赤井 研樹 (Akai Kenju) (20583214)	島根大学・学術研究院医学・看護学系・講師 (15201)	
研究分担者	工藤 隆則 (Kudo Takanori) (80736695)	摂南大学・理工学部・准教授 (34428)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関