

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 20 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23710064

研究課題名(和文)低炭素型食料消費に向けた環境・経済・社会影響評価とその予測手法の開発

研究課題名(英文)Development of environmental, economic, social impact assessment methodology for low-carbon food consumption

研究代表者

吉川 直樹 (Yoshikawa, Naoki)

立命館大学・理工学部・助教

研究者番号：10583271

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：製品・サービスの環境・社会・経済影響を評価するライフサイクルアセスメント手法(Social LCA)について、食料・農業分野に特化し、実践的評価手法と適用可能性を検討した。製品レベル評価として、タイと日本のコメ生産を例に、より精度の高い温室効果ガス排出量の推定および労働投入・生産コスト・地域経済といった社会・経済影響を考慮したLCAを適用し、手法整備により広く実施可能であることを示した。また、国・地域レベル評価として、将来の人口・世帯構成変化を考慮した食料消費に伴うライフサイクル環境負荷量の予測手法を提案した。

研究成果の概要(英文)：This study developed methodology of life cycle assessment (LCA) considering environmental, social, economic impact in agri-food sector. As product level assessment, we implemented LCA of rice production in Japan and Thailand taking into account GHG emission estimation model in paddy field and social and economic impact such as labor input, production cost, and regional economy. Result revealed the assessment we proposed is widely applicable if assessment tools are developed. We also proposed forecasting methodology of life cycle environmental impact related to food consumption considering household characteristics change for country and regional level assessment.

研究分野：環境システム工学

科研費の分科・細目：環境学、環境影響評価・環境政策

キーワード：ライフサイクルアセスメント 農業生産 家計行動 物質循環モデル シナリオ分析

### 1. 研究開始当初の背景

食料・農業分野の活動における環境負荷を定量化するツールとしてライフサイクルアセスメント(以下 LCA)が近年広く応用されつつある。資源採掘から廃棄物処理に至る過程(ライフサイクル)を評価する LCA は、環境負荷の削減努力の効果を定量的に評価できるが、社会・経済への影響を評価できない。例えばある削減対策を実施する場合において、その社会・経済への直接・間接の影響を定量化できないことから、当該対策の社会的な効率性・衡平性についての検討が行えず、環境面以外の視点を取り入れた、包括的な実施可能性についての判断ができない。そういった問題意識から、社会・経済影響を考慮した Social LCA が提案されているが、具体的な評価手法に関してはまだ発展途上である。

Social LCA の枠組みは、UNEP によって評価すべき影響等が取りまとめられている(UNEP/SETAC(2009) Guidelines for social life cycle assessment of products)。しかし、その評価のための具体的な手法については複数提案されている(たとえば Weidema, B. (2006) Int. J. LCA, 11(1), pp89-96 など)ものの、その取り扱う影響項目や、適用例もごく少ないのが現状である。また、外部環境が生産性に大きく影響を受けるなどといった農業分野の固有の特徴に、必ずしも対応したものとなっていない。すなわち、農業分野の固有の特徴の取り扱いを考慮しての影響領域の拡充とそれらの事例蓄積が、意思決定支援ツールとしての食料・農業 LCA の課題であると考えられる。

一方、日本をはじめとしたモンスーンアジア地域では、多くの国で伝統的に米食を主体とした食文化が根付いているものの、近年食料消費構造が変化しつつある。それに伴う温室効果ガス等の環境負荷は増加が予想されるため、環境負荷の抑制のために食料消費構造の政策的誘導と食生活の環境効率の向上が求められる。前者では、環境負荷の低い(低炭素型の)食生活パターンの把握が施策の前提として必要となり、後者では、正味の環境負荷量を定量化するために、LCA 手法を応用した包括的な評価が重要となる。食料消費の環境負荷を削減するためには、消費者のみならず、生産者側の削減努力があって初めて実現するものであり、その評価には Social LCA の現実的な適用性の高い手法の構築と適用が重要となる。

### 2. 研究の目的

本研究では、製品・サービスの環境・社会・経済影響を評価する LCA(Social LCA)について、食料・農業分野に特化し、適用可能性と評価精度・網羅性の高い実践的評価手法を検討することを目的とする。また、モンスーンアジア地域を対象として、わが国からアジア諸国への削減技術移転の可能性を含めた評価を行う。

### 3. 研究の方法

前項の目的を踏まえ、本研究では以下のように研究を実施した。

#### (1) 食料・農業分野における環境・社会・経済影響評価手法の検討

社会・経済影響のひとつとして、食料生産によるわが国の食料自給率向上・供給の安定に与える社会経済影響を評価する枠組みを構築した。食料供給の向上が、供給の安定化を通じて健康影響、経済影響、雇用等各種の影響に至る因果関係を整理し、それら指標の定量可能性を検討した。

また、メタンをはじめとした水田からの温室効果ガスを精度よく推定できる DNDC-Rice モデル(Fumoto, T. et al., Global Change Biology, Vol. 14, pp.382-402)を組み合わせ、より栽培実態を反映できる LCA を検討した。DNDC-Rice モデルによるシミュレーションに必要な情報と、精度の高い LCA 分析に必要なデータから、両者を組み合わせた LCA 実施に必要な調査項目を整理した。

#### (2) 環境・社会・経済影響評価手法の米作の LCA への適用

米の LCA でのデータ収集・データ品質に関する課題を国内外の事例研究を通じ検討する。滋賀県大津市、タイ・Pathum Thani Province や Cha Choengsao Province を対象として環境・経済影響を含むタイ・日本における米の LCA 評価を行った。滋賀県大津市では、DNDC-Rice モデルを用いた LCA による、2 種類の環境保全型農業の比較評価を行った(図 1)。タイでは、農業生産者へのヒアリングをもとに、社会・経済影響を評価するためのデータを収集可能か検討した。また、エネルギー消費と農業技術の関連の更なる分析のため、両国における結果の比較分析を実施した。

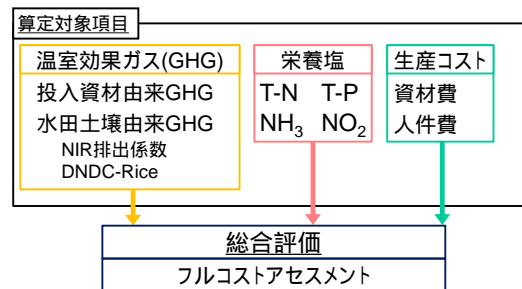


図 1 大津市を対象とした米の LCA 概要

#### (3) 将来の食料需要を考慮した温室効果ガス排出量の予測手法の開発

わが国の食料消費構造は、人口・世帯構成変化の影響を受け変化が予想される。その変化は、そこからの環境負荷にも影響すると考えられる。そこで、食料消費に伴い直接・間接に発生する環境負荷への、過去および将来の人口・世帯構成変化の影響を定量的に評価した。総務省全国消費実態調査データによる世帯ごとの消費金額データを用いて、個人属性別の消費金額を推計するとともに、品目別環境負荷原単位および属性別人口を別途推

計することで、家計消費に伴う二酸化炭素排出量を推計した(図2)。さらに、人口・世帯構成や所得に関するシナリオを設定し、それをもとに将来推計を行った。



図2 食料消費に伴う温室効果ガス排出の将来推計フロー

#### 4. 研究成果

##### (1) 食料・農業分野における環境・社会・経済影響評価手法の検討

食料自給率向上の分析枠組みとして、食料供給不足時の対応に由来するリスク・影響の一部を例として図3に示した。食料供給不足による影響は、経済・社会・環境の各側面に及ぶことが予想された。

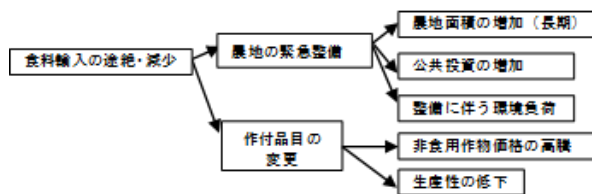


図3 食料供給不足時に想定される影響(一部)

また、DNDC-Rice を組み合わせた LCA の実施にあたっては、既存の LCA における調査に加え、土壌のサンプリングと分析(土壌炭素量等)、作業スケジュールの調査が必要である。加えて評価項目として労働条件や地域経済・雇用への影響を調査し、環境・社会・経済影響の評価へ広げる場合には、DNDC-Rice と従来 LCA に加え、農作業時間・内容、資材購入先、作業員雇用状況が必要になる。しかし、それぞれで必要な項目はかなりの部分重複しており、調査対象者の負担は従来 LCA に比べ数倍にまで大きくなることはない。調査実施者には土壌分析および産業連関分析の知識が必要であり、作業委託を行わない場合、分析の負担が比較的大きいと思われ、実施者が容易に分析できるツールの確立が必要であるといえる。

##### (2) 環境・社会・経済影響評価手法の米作の LCA への適用

滋賀県大津市を対象とした環境保全型農業の LCA 結果を図4、5に示した。化学肥料を慣行栽培の半分に抑え、有機肥料(購入)を使用した栽培(以下「減化学肥料」と)、栽培に緑肥を使用し、本田で肥料を使用しない栽培(以下「緑肥栽培」)では、温室効果がガ

ス排出は減化学肥料が、化石エネルギー消費量や資材コストでは緑肥栽培が優位であることがわかった。温室効果ガス土壌からの排出では、緑肥栽培では農地への有機物のすきこみ量の増加に伴い増加する。しかし、化石エネルギーの消費については、化学肥料の削減により、緑肥栽培で少ないことがわかった。

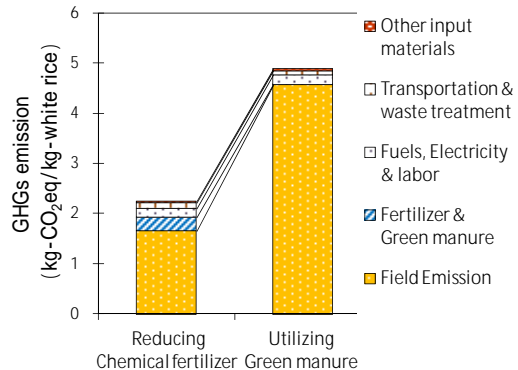


図4 温室効果ガスの算定結果

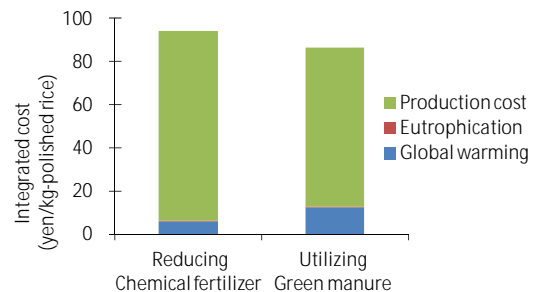


図5 生産コストの算定結果

表1 タイおよび日本(滋賀県)における米生産の環境負荷・生産性の比較

|   | Thailand |         | Japan            |              |
|---|----------|---------|------------------|--------------|
|   | Chemical | Rainfed | Reduced chemical | Green manure |
| Yield(kg/ha)                                  | 100      | 44      | 107              | 102          |
| LC-GHG (kg-CO <sub>2</sub> eq/kg)             | 100      | 48      | 124              | 362          |
| Fossil Energy(MJ/kg)                          | 100      | 99      | 96               | 30           |
| Labor time(hr/kg)                             | 100      | 4327    | 192              | 245          |
| Property & employment cost(USD/kg-brown rice) | 100      | 109     | 854              | 606          |

Chemical=100  
1USD=100JPY, 33THB

表1は、タイの比較的機械化の進んだ灌漑水田における米生産(表1の「Chemical」と天水農業による米生産(同「Rainfed」)および滋賀県大津市の事例を比較したものである。米生産の資材調達から収穫までを評価対象(乾燥調製は含まず)とすると、タイに比べ日本では単収は高ものの、生産量あたりの生産コストが高いことがわかる。環境負荷については、タイの化学肥料を用いた天水農業では、面積あたりエネルギー投下量が低いものの、単収が低いため、滋賀県の減化学肥料とほぼ同等となることが明らかとなった。すなわち、集約度を高めることが生産物あたりのエネルギー消費の増加につながるとはいえ、投入資材の選択、最適化によりむしろ小さくなる可能性が示唆された。(なお、GHG 排出量については、推定方法が異

なるため単純比較はできない)

(3) 将来の食料需要を考慮した温室効果ガス排出量の予測手法の開発

過去 10 年における食料消費に伴う環境負荷の変化要因を分析した結果、全品目を総合すると、単身世帯増加の寄与が大きい一方、支出金額あたり環境負荷原単位の変化による寄与は相対的に小さかった(図 6、7)。内訳をみると、外食については世帯構成の変化(主に単身世帯の増加)による要因と環境負荷原単位の変化が、中食・内食については支出構造の経年変化(同属性の世帯における支出構造の変化)が主要因であることがわかった。

将来シナリオ分析の結果、2030 年の家計食料消費に伴う二酸化炭素排出量は、2000 年比で 3~14%増加すると推計された(図 8)。そのうち最も中庸的なシナリオでは、将来の人口減少によるマイナスの寄与と、人口・世帯構成の変化、所得増加のプラスの寄与の 3 つが、それぞれほぼ同等の効果を与える推計結果となった。

これらのことから、人口・世帯構成の変化が将来の消費の変化に与える影響は小さくなく、より環境負荷の少ない食料消費形態への移行のために、世帯・個人属性ごとの消費特性の違いに留意し、各属性に応じた提案を行う必要性が示唆された。

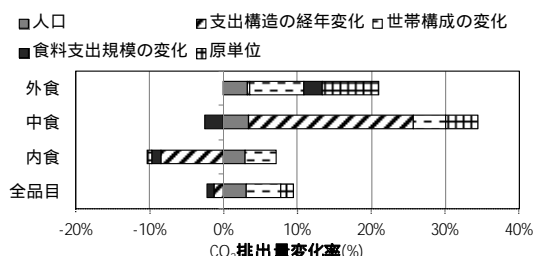


図 6 食料消費に伴う CO<sub>2</sub> 排出量の変化要因分解

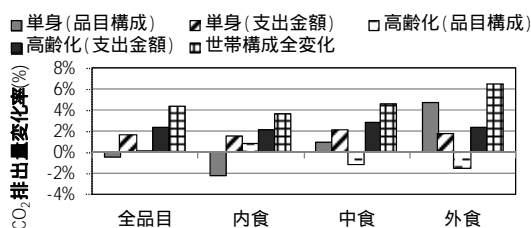


図 7 世帯構成変化による寄与の内訳

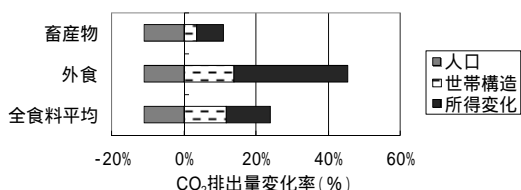


図 8 2030 年の中庸的シナリオにおける CO<sub>2</sub> 排出量の要因別変化

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)

吉川直樹・天野耕二・島田幸司: 人口・世帯構造変化を考慮した日本における食料消費に伴う環境負荷のシナリオ分析: 環境情報科学論文集, 査読有, 25 巻, pp 125-130, 2011 年

[学会発表](計 6 件)

Naoki Yoshikawa, Koji Amano, Koji Shimada: Development of methodology to quantify environmental, economic and social impacts related to agricultural production, The international Conference on Life Cycle Management, 2013 年 8 月 27 日, ヨーテボリ(スウェーデン)

吉川直樹、天野耕二、島田幸司: 農業生産における社会・経済・環境影響の定量化手法に関する検討: 第 8 回日本 L C A 学会研究発表会, 2013 年 3 月 7 日, 立命館大学(滋賀県)

Naoki Yoshikawa, Tomohiro Ikeda, Koji Amano and Tamon Fumoto: Life cycle assessment of ecologically cultivated rice applying DNDC-Rice model, 2012 年 11 月 23 日, 慶應義塾大学(神奈川県)

Naoki Yoshikawa, Koji Amano, Koji Shimada: Analysis of material and energy flow associated with food production and consumption in Japan, International Conference on Life Cycle Assessment in Agri-food sector, 2012 年 10 月 3 日, サンマロ(フランス)

池田智大、吉川直樹、松尾多希子、長谷部匡昭、前田浩三、天野耕二、麓多門: 環境保全型栽培米の環境・経済影響に関する包括的評価、第 7 回日本 L C A 学会研究発表会、2012 年 3 月 8 日、東京理科大学(千葉県)

吉川直樹、天野耕二、島田幸司: 食料生産および消費に関わる物質・エネルギーフローの分析、第 7 回日本 L C A 学会研究発表会、2012 年 3 月 8 日、東京理科大学(千葉県)

[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

吉川 直樹 (YOSHIKAWA NAOKI)  
立命館大学・理工学部・助教  
研究者番号：10583271