

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料  
〔研究進捗評価用〕

平成25年度採択分  
平成27年3月20日現在

**プランテーションのダイナミックモデル開発による持続性**

**評価と地域システムへの展開**

Development of System Dynamic Model of Plantation to Evaluate the Sustainable Production of Crops by Appropriate Recycle of Biomass Residues

課題番号：25220104

藤江 幸一（FUJIE KOICHI）

横浜国立大学・先端科学高等研究院・教授



研究の概要

栽培、加工、排水・廃棄物処理等を包含するプランテーションに対して、栽培管理やバイオマスリサイクルの導入による動的変化を予測するシステムダイナミクスモデルを、スマトラ島を中心とした調査と各種実測による解析結果に基づいて開発し、1) 土壌有機物の減少に伴う地力低下をもたらす収量低下を持続的に抑制する方策の提示、2) バイオマス残渣、高濃度排水の適正処理・リサイクルの導入による環境負荷低減効果とプランテーション内外へのバイオマス残渣とエネルギー供給の可能量評価、を行うとともに、3) バイオマスを基盤とした地域自立システムの設計・評価に活用できる手法と情報を提供し、プランテーションと地域の連結による持続的発展に貢献する。

研究分野：環境学、環境創成学、持続可能システム

キーワード：バイオマス利用、リサイクルとLCA、物質循環システム、地力維持・増強

1. 研究開始当初の背景

アジアの熱帯地域では温暖、湿潤という恵まれた気候条件を生かして大規模プランテーションによる一次生産とその加工システムが発達しているが、生産の持続性という観点からは土壌の保全および、生産工程の最適化が急務である。そこで、さまざまな農産物を大規模に生産し、すでに一部で保全的な土壌管理が試行されているスマトラ島南部のランブン州で、現地の大学と協働して農地管理から生産工程管理まで一貫した評価を行うこととした。

2. 研究の目的

栽培、加工、排水・廃棄物処理等を包含するプランテーションに対して、栽培管理やバイオマスリサイクルの導入による動的変化を予測するシステムダイナミクスモデルを開発する。スマトラ島を中心とした調査と各種実測による解析結果に基づいて、1) 土壌有機物の減少に伴う地力低下をもたらす収量低下を持続的に抑制する方策の提示、2) バイオマス残渣、高濃度排水の適正処理・リサイクルの導入による環境負荷低減効果とプランテーション内外へのバイオマス残渣とエネルギー供給の可能量評価を行うとともに、3) バイオマスを基盤とした地域自立システムの設計・評価に活用できる手法と情報を提供する。これらの成果をまとめ、プランテーション

と地域の連結による持続的発展に貢献する。

3. 研究の方法

1) 農地土壌中での炭素、窒素の物質収支、単収に対する栽培管理の影響を明らかにし、土壌中への有機物の蓄積を促進する方策と、作物生育を支える土壌環境を評価する。そのためのバイオマーカーとして、土壌動物と土壌微生物の群集構造およびその変化を利用する手法の可能性について、設定されたプロット（区画）において単収との比較を行いながら評価する。

2) 農産物の加工工程における炭素およびエネルギー収支を解析し、工程改善の方策を提案する。つまり、製品収率の向上と排水・廃棄物への炭素成分の排出およびエネルギー消費をどこまで削減できるのか、その方策と効果について明らかにする。

3) 加工工程から排出された生物起源廃棄物（バイオマス残渣）と排水中の現状での処理における有機炭素と窒素のフローを明らかにした上で、排水からのエネルギー回収と処理水の灌漑利用、バイオマス残渣の堆肥化、飼料化、資材化、土壌改良剤、乾燥による燃料化などを想定し、炭素、窒素、リン、カリ、水分の収支とリサイクル利用に伴うエネルギー収支の解析を行い、バイオマス残渣と余剰エネルギーのプランテーション内での利

用の可能性と、プランテーション外への供給余力を評価する。

#### 4. これまでの成果

1) 土壌劣化をもたらす収量低下を持続的に抑制する方策として、耕起の有無や残渣マルチの有無を組み合わせた試験地が 2010 年に設定されており、そこで継続的な調査を行った。当初、不耕起ではサトウキビの単収や粗糖収量が慣行に比べて低かったが 2014 年には、不耕起は耕起栽培と有意差がない程度に生産を行うことができた。さらに、不耕起栽培・残渣マルチ導入区では、他の処理区に比べて表層土壌の炭素濃度が増加した。したがって熱帯の環境条件でも、土壌有機物減少の抑制に保全農業的管理である不耕起栽培やマルチが有効であった。

2) 作物加工プロセスにおける炭素・窒素とエネルギー収支の調査では、規模の異なるキャッサバ加工工場やサトウキビ加工工場において物質フロー調査を行った。さらに、パイナップルについても調査対象工場を選定した

3) バイオマス残渣の活用とその物質収支の解析・評価については、キャッサバ加工工場の物質フロー解析から温室効果ガス (GHG) 排出量を推計し、GHG 排出削減の余地が大きいラグーンに注目した。廃棄されている残渣から発生するメタンは工場で使用する熱量と同等の熱量を保有することからエネルギーとして期待でき、工場から排出される GHG 排出量を 66%低減できることを解明した。Zone 3 の再資源化における物質収支と有効性の評価は、平成 26 年度以降の予定であったが、キャッサバ加工工場については予定以上の成果が得られた。

#### 5. 今後の計画

1) 土壌微生物と土壌動物で得られたデータを用いて食物網構造解析を行い、持続可能な生産に必要な土壌生物の群集構造を定量的な指標として使用できるようにする。

2) キャッサバを対象として整備した解析と同様の解析をサトウキビ、オイルパーム、パイナップルについてもを行い、さらに工場規模の多様性に着目して一般化する。

3) 新たにオイルパーム工場の選定を行い、これら 4 種のプランテーション作物の物質フロー調査から炭素・窒素、エネルギー収支を解析する。また、環境負荷やバイオマス残渣の発生量と性状などの実態把握を行い、データベース化する。これらの成果を基にシステムダイナミクスモデルの構築を行う。

#### 6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む) <論文>

1. \*Mori Y, Hirai Y. Effective vertical solute transport in soils by an artificial

macropore system, Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste. 18(2): 04014003, 2014.

2. \*Mori Y, Fujihara A, Yamagishi K. Installing artificial macropores in degraded soils to enhance vertical infiltration and increase soil carbon content. Progress in Earth and Planetary Science 1:30. 2014.

3. \*Shilvia S, Miura T, Kaneko N, Fujie K, Hasanuddin U, Niswati A, Haryani S., Soil microbial biomass and diversity amended with bagasse mulch in tillage and no-tillage practices in the sugarcane plantation. Procedia Environmental Sciences 20: 410-417. 2014.

4. \*Tamura S, Fujie K., Material cycle of agriculture on Miyakojima Island: material flow analysis for sugar cane, pasturage and beef cattle. Sustainability 6: 812-835. 2014.

5. \*Tamura S, Maeda R, Fujie K., An evaluation of the cattle raising business in Miyakojima Island: material flow analysis about four type of cattle raising. The International Journal of Environmental Sustainability 9: 7-19. 2013.

<招待講演>

1. Fujie K. Development of biomass residue recycle system of plantation based on the analyses of material flow and soil ecosystem. International Symposium on "Environment Quality Improvement by Biomass in Asia". 80<sup>th</sup> Annual meetings of the Society of Chemical Engineers, Japan. Tokyo. March 2015.

2. 金子信博. やっぱりミミズのいる土は良い土だった-土壌生物が植物の成長を支えるしくみ-. (独) 農業環境技術研究所公開セミナー. 農業生産を支える土の中の小さな生物. 東京. 2015年3月.

ホームページ等

<http://www.kbnsfujie.ynu.ac.jp>

