

令和元年6月4日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (特設分野研究)

研究期間：2015～2018

課題番号：15KT0032

研究課題名(和文) 低窒素型農畜産業を軸とした食料循環に関する学際研究

研究課題名(英文) An interdisciplinary research on food circulation based on Low-nitrogen agriculture and livestock farming

研究代表者

吉野 章 (YOSHINO, AKIRA)

京都大学・地球環境学堂・准教授

研究者番号：80240331

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：農畜産業を低窒素型に変革する可能性の研究に取り組んだ。第一に、30年以上の間無肥料で野菜を栽培している農家の土壌と土壌圏微生物を解析し、限られた養分しかない環境における植物の適応を解明した。そして、そうした農産物の価値を伝える流通業者のマーケティング戦略の特質を指摘した。第二に、日本において山間部で放牧を行う酪農の可能性を評価し、制度的制約と市場競争力が厳しい状況にあることを明らかにした。第三に、兵庫県南あわじの農業を調査し、これまでの循環型農業への取り組みと、社会・経済環境の変化に伴う新たな方向の模索を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

無肥料栽培が本当に成立するならば、それは限りなく環境への窒素負荷の少ない農業であるが、その実際は明らかではない。無肥料栽培で生じている現象を科学的に解明することは、無肥料栽培の可能性を信じる生産者や消費者にとって、貴重な情報を提供すると同時に、慣行栽培をどこまでどのような形で低窒素型に転換できるか、その方向性と可能性を示唆するものである。また、無肥料栽培や山地酪農の経営として成立させるためのこれまでの取り組みを明らかにしたことは、慣行農畜産業への転換における社会経済的条件とそこへの働きかけの方法を考える上で有益な情報を与えている。

研究成果の概要(英文)：We studied the possibility of changing the agricultural and livestock industry into a low nitrogen type. First, we analyzed the soil and soil microbes of farms who have grown vegetables with no fertilizer for more than 30 years, and clarified the adaptation of plants in an environment with limited nutrients. We then pointed out the characteristics of the distributor's marketing strategy that convey the value of such products. Second, we evaluated the possibility of dairy farming in mountainous areas in Japan, and clarified that institutional constraints and market competitiveness are severe. Thirdly, we surveyed agriculture in Minami-Awaji, Hyogo prefecture and clarified the current state of efforts for recycling agriculture and the new development of it under the change of social and economic environment.

研究分野：農業経済学

キーワード：窒素循環 循環型農業 無肥料栽培 自然農法 土壌分析 土壌圏微生物 山地酪農

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

Rockstrom らは、Nature 誌 (461(24),472-475,2009) において、地球システムが自らの回復力を発揮できる範囲「地球の境界 (Planetary Boundaries)」をすでに超えた環境プロセスが3つあると指摘した。それは、気候変動、生物多様性の減少、そして窒素循環である。このうち、前2者については世界的な枠組みが議論されているのに対して、窒素循環については、その危機的状況に手を拱いている段階にある。食料確保や農産物の市場競争力という目前の課題に、肥料多投型の農業は依然として続けられ、畜産の集約化も進んでいる。我々は、農畜産業を低窒素型へ転換し、地球システムのバランスを取り戻すことはできるのか、人類にとって喫緊の課題である。

この課題に対して、これまでの環境保全型農業が必ずしも正面から取り組んできたとはいえない。環境保全型農業として推進されてきた有機農業は、化学合成の農薬や肥料を使わないことに重点が置かれた、いわば反「化学物質」農業である。有機質肥料多投は、化学肥料と同じように陸域・水域両方のバランスを崩す。循環型農業として取り組まれることの多い耕畜連携も、その中核に畜舎飼いによる集約的畜産があり、それは域外からの購入飼料の投入に頼っている限り、堆肥を圃場に投入したとしても、域内の窒素蓄積が進むことになる。

もう一度、環境と調和した農畜産業、あるいは食循環を、地球システムの維持という観点から見直すべきであり、我々は、その一つの試みとして窒素循環に着目した農畜産業のあり方を検討することとした。

2. 研究の目的

農畜産業をもっと窒素負荷の少ない産業に転換できないかという問題意識の下、現在日本で実践されている2つの挑戦に着目した。そのひとつは、無肥料栽培とそれを支えるマーケティングである。千葉県富里市の農家・高橋博氏は、過去30年に亘り、野菜や米の無肥料栽培を行ってきた。主にダイコンやニンジンなどの根菜類を栽培し、周辺の慣行栽培と比較してそれほど劣らない収量を確保している。その栽培は、長年の連作にもかかわらず安定しており、有機農業で問題となる雑草や病虫害もほとんど発生していない。生産物は、無肥料栽培の意義や品質を評価する消費者から高値で購入され、農業経営として成立し安定している。

高橋氏らの無肥料栽培は、ある条件下で成立する特殊事例に過ぎないのか、それとも、そうした無肥料栽培のメカニズムと成立条件を自然科学的に解明することで、(無肥料ではなくとも)低窒素環境における作物の適応と生産性についての新たな発見が期待されるのかを見極める必要がある。

また、自然と調和した農業という高邁な理想を掲げても、それが市場で買い支えられないと経営としては成立しない。「自然農法」と称する取り組みが、その関心に反してなかなか広がりを示してこなかったのはこのためである。しかし、高橋氏らの農産物は、(株)ナチュラルハーモニーが高値で安定的に販売し、生産者を支えている。自然栽培を経営として成立させるだけのマーケティングの特質も検討すべき課題である。

低窒素型農畜産業への転換に向けたもうひとつの挑戦として、山地(やまち)酪農に注目した。現在の日本の酪農は、輸入された購入飼料に頼って効率性を追求した舎飼酪農であり、それは日本の牛乳・乳製品の低価格で安定的な供給を実現したのと引き換えに、畜産糞尿処理という窒素循環の問題、食料安全保障、動物福祉など、多くの問題を抱えている。こうした現状を異を唱え、放牧型酪農を復活させる挑戦が始まっている。山地酪農は、山間の雑木林を、牛を使って切り開き、牧地に変えて放牧する酪農である。それは、現在日本中で問題とされている放置山林を活用し、しかも繁茂した野芝で土砂災害から表土を守る働きもあり、国土経営に貢献する。野山を自由に歩き回れる牛は、動物福祉の観点からも健全である。また、粗放的に放牧された牛の糞尿は牧地内で循環し、窒素負荷も小さい。1966年に楢原恭爾氏が『日本の山地酪農』で唱えたこの酪農は、生産システムとしてはほぼ完成している。

しかしながら、こうした山地酪農も、効率的安定的供給を実現してきた現行の酪農による牛乳に対して市場競争力はあるのか。山地酪農は、北海道旭川市・斉藤牧場、岩手県・中洞牧場などの先進的な取り組みの他、北海道・足寄町は「酪農放牧推進のまち」を宣言するなど、その取り組みが広がってはいるものの、いずれもがその販売において苦心しているのが現状である。もともとの乳文化を持たないまま画一的な乳質の牛乳に慣れてしまった日本の消費者が、山地酪農が提供する牛乳の風味や山地酪農の意義を評価し価値を認める可能性はあるのかを検証した。

低窒素型農畜産業への転換を志向するこうした先駆的・先鋭的な取り組みはあるものの、ほとんどの地域は、現行農畜産業の枠の中で、環境保全型の農畜産業を模索しているのが現状で、こうした地域が容易に低窒素型農畜産業に転換するとは思われない。そこで、関西に向けた玉ねぎ・レタス、並びに牛乳の一大産地であり、次世代に向けてその持続可能性が問われている兵庫県・淡路島を事例に、その現状と低窒素型農畜産業への転換の可能性を評価した。

3. 研究の方法

無肥料栽培については、植物栄養学、土壌学、並びに土壌圏生態学の3つのアプローチで検討した。まず、植物栄養学の立場から、京都府下の農家の圃場29件の土壌分析と作物の現状から施肥の現状について評価した後、無肥料栽培で生産された作物の特質を解析した。

また、千葉県山武市と八街市で無肥料栽培を実践している3戸の農家について、各農家の無肥料栽培圃場と慣行栽培圃場の土壌分析と土壌圏微生物の同定、並びに作物の養分濃度の測定を行い比較した。土壌分析については、無機態窒素、易分解性炭素、可給態窒素、可給態リン、交換性カリウムについて測定した。土壌圏微生物については、Tanabe & Toju(2013)で構築したDNA配列を基にして難培養性微生物を種同定するシステムを利用した。作物については、自家採種が続けられているニンジンについて、収量、C/N比、全窒素、全カリウム、全リンについて比較した。

無肥料栽培農産物の販売については、(株)ナチュラルハーモニーの販売戦略を調査するとともに、中心的な顧客へのインタビュー調査を行い、マーケティングの特質を明らかにした。

山地酪農の可能性については、日本酪農の制度分析と消費者市場分析を行い、山地酪農の展開を制限してきた規制の内実と近年の規制緩和の実効性について評価した。そして、山地酪農の牛乳を評価する消費者セグメントの特定と山地酪農牛乳に対する限界支払意思額の測定を行った。その上で、山地酪農についての情報を提供することで、こうした消費者の評価を変えようかどうかを実験的に評価した。

南あわじ市の農畜産業と食循環については、農畜産業の現状と農畜連携を軸とした循環的資源管理の取り組みの実態を明らかにするとともに、環境と調和した農畜産業を目指す新たな取り組みについて調査した。

4. 研究成果

京都府下の野菜作圃場(露地栽培、雨よけ栽培、加温栽培)29件の土壌分析を行った。京都府下の圃場は、沖積性土壌で塩基置換容量(CEC)の小さい圃場が多く、腐食を増やすなどして適正な施肥管理がされている圃場がある一方で、特にハウス栽培を中心に、硝酸態窒素が過剰と判断される土壌もみられた。また、大半の圃場のリン酸吸収係数が低く、有効態リン酸の値がかなり高い傾向があった。作物への影響と環境への負荷の観点から、施肥管理の改善点を指摘することができた。

千葉県山武市と八街市の3軒の農家が実施している自然栽培圃場の土壌中の養分存在量・収支や微群集に与える影響を、各農家の慣行栽培圃場と比較した。各農家とも30年以上無肥料栽培を続けており、無肥料栽培と慣行栽培の圃場は隣接している。共通の作物がニンジンであったため、土壌とともにニンジンを試供試料とした。無肥料栽培は、化学肥料や農薬だけでなく、有機肥料も一切使用しないが、放任栽培ではなく、適度な除草や浅耕は行う。各種作物に適したマルチ栽培やハウス栽培などの農業技術も用いている。

土壌中の化学性を測ったところ、易分解性炭素、可給態窒素、可給態リン、交換性カリウム、無機態窒素のいずれも無肥料栽培の圃場は有意に低かった。また、ニンジンの収量と全リンについては無肥料栽培の方が有意に低い値を示し、全窒素と全カリウムについても、有意差は確認できなかったが、同傾向にあると考えられた。ただし、C/N比だけは無肥料栽培の方が有意に高かった。窒素収支を、無機態窒素と可給態窒素の合計として測ったところ、無肥料栽培作物の窒素の吸収量は慣行栽培と比べて格段に少なく、しかもそのほぼすべてが大気下降物量であることがわかった。

また、微生物群については、細菌、真菌とも無肥料栽培と慣行栽培とでは、明らかな相違があった。土壌中の養分を宿主植物に供給して生育を促進するアーバキュラー菌根菌(AM菌)も土壌有機物を無機化して土壌中に養分を放出する腐生菌も無肥料栽培に多くみられ、限られた養分と有機物が効率的に利用されていることがわかった。

低窒素で栽培された作物で盛んに発現しているRNAを解析したところ、低窒素に曝された作物は光過剰ストレスを受けていることが判明した。光を受けて成長する作物は、窒素が欠乏すると窒素からタンパク質を合成する経路が抑制される。光合成で生産される還元力やエネルギーは吸収した窒素成分からタンパク質を合成する経路で消費されるため、窒素が不足すると余剰となった光エネルギーが細胞を傷害すると判断した。このため、作物の健全な生育には、肥料にあまり依存せず作物に窒素が供給できる豊かな土壌を作ることが重要であると結論した。

無肥料栽培作物のマーケティングについては、(株)ナチュラルハーモニー(以下N&H)及びその顧客に対するインタビュー調査を実施し、消費者によるブランド選択のフレームワークに沿って、その特徴を明らかにした。N&Hのマーケティングは、自身の体調や経験から現代の食生活に疑問を持つ消費者や子供のぜんそくやアトピーに悩む親をターゲット・セグメントとし、食を中心としたライフスタイルの変革という解決策を提供する形で行われている。そこで訴求されているのは、「ほんもの」「健全性」であり、そうしたニーズを喚起する形でプロモーションが行われている。マーケティング・チャネルは、無肥料栽培作物を含む自然食品を中心とした生活関連商品の複合店舗、レストラン、通販宅配に、出版および教室・セミナーが相互補完的に運営されており、相乗効果を生んでいる。

山地酪農の成立条件については、制度的成立条件と市場的成立条件の2つについて検討した。日本の酪農制度は、戦後一貫して効率的・安定的な牛乳供給を指向してきたが、それは酪農経営から流通に至るきわめて統制的な制度・政策の下で行われてきた。このため、山地酪農のような統制の枠にはまらない酪農経営は制度の枠外に置かれ、制度的支援をほとんど受けることができなかった。しかし、TPPやEPAを控え、酪農経営の多様化が求められるようになり、

酪農制度改革が始まった。政府公表資料や酪農経営・牛乳流通業者へのインタビュー調査に基づき、この制度改革を山地酪農の視点から評価したところ、酪農経営の競争激化、需給の不安定化が懸念から、規制緩和の進展は認められるが、それは部分的なものに留まっていることがわかった。

また、日本の消費者が山地酪農牛乳をどの程度支持するかを、アンケート調査を通じて推定した。その結果、日本の消費者のうち、牛乳の質に関心がある人は、全体の 3 割にも満たず、さらにそのうちの 15%弱だけが牧草のみで育った牛や放牧された牛の牛乳の価値を認めていることがわかった。また、山地酪農牛乳を購入する可能性のある消費者層の抽出を行ったところ、環境や倫理まで含めた食生活スタイルを志向する LOHAS と呼ばれる消費者層と食に対する好奇心が高く牛乳そのものが好きな層に支持される可能性が高いが、話題性などでそこまで食に関心がない普通の消費者層にも訴求することは可能なことがわかった。

南あわじ市における農畜連携を軸とした循環的資源管理について実態調査を行った。南あわじ市では、畜産糞尿を畑に大量に投入することでタマネギ・レタス栽培を行ってきたが、過剰な窒素は河川・地下水から海洋へ流出してきた可能性が高い。これについては、畜産飼料を域内生産の WCS (ホールクロップサイレージ) に切り替えることで、土壌中の過剰窒素を吸収し、酪農部門に還元させることの可能性が指摘された。ただし、酪農経営の高齢化・廃業によって、家畜糞尿の供給量は不足してきており、従来の圃場への堆肥の大量投入を見直す必要性も生じている。2007 年「南あわじ市バイオスタウン構想」では、タマネギ残渣の有効利用やメタン発酵施設が計画されたが、前者は必ずしも軌道には乗らず、後者は実現しなかった。

淡路島は、「環境立島」を掲げ、社会と経済、環境の調和のとれた新たな「幸せ社会」が目標に掲げられてきた。農と食の持続性は、その柱のひとつとして位置付けられ、食の拠点整備や農地・担い手対策が行われている。その中で、淡路島には全国から新規就農を志す若い I ターンが入ってきており、その大半が環境保全型農業を志向している。従来型の淡路島農業が高齢化・後退を、こうした新たな動きが補うことも期待されており、彼らに対してどのような環境と調和した農業の姿を提示できるのかが本研究の課題として残されることになった。

< 引用文献 >

Rockström, J., Steffen, W. and et. al., A safe operating space for humanity, Nature, Vol. 461, 2009, 472-475,

<https://doi.org/10.1038/461472a>.

榎原恭爾、日本の山地酪農 (資源科学シリーズ < 3 >)、資源科学研究所、1966

Tanabe, A. S., and Toju, H., Two new computational methods for universal DNA barcoding: a benchmark using barcode sequences of bacteria, archaea, animals, fungi, and land plants, PloS one, 8(10), 2013, e76910.

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0076910>

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

Toju, H. and Sato, H., Root-associated fungi shared between arbuscular mycorrhizal and ectomycorrhizal conifers in a temperate forest, Frontiers in Microbiology, 査読有, Vol. 9, 2018, 433.

<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00433>

山本芳華・清水夏樹、持続可能な茶業をめざした地域資源マネジメント - 大和茶普及イベントを通じた商品開発の動向把握について - 、平安女学院大学研究年報、査読有、18 巻、2017、34-42

平井聡、吉積巳貴、小林広英、地域資源を活用した住民主体のまちづくり 福良町づくり推進協議会を事例として、都市計画報告集、査読無、15 巻、2015、46-49

[学会発表] (計 3 件)

光成有香、吉野章、特色ある牛乳の潜在的な需要層の抽出、平成 30 年度日本農業経営学会研究大会、2018

水島洸、真常仁志、東樹宏和、間藤徹、舟川晋也、自然栽培が土壌中の養分存在量に与える影響、日本土壌肥料学会関西支部会、2017

Yamamoto, Y. and Shimizu, N., A Study on the Tea Farming Types for Considering Sustainable Local Resource Management on the Yamato-cha, Nara Prefecture, HUST & KU International Symposium on the Education & Research of the Global Environmental Studies in Asia in conjunction with the 10th Regional Conference on Environmental Engineering (国際学会) , 2017

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

出願状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.eeso.ges.kyoto-u.ac.jp/emm/wp-content/uploads/2019/04/mitsunari2019p.pdf>

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：北野 慎一

ローマ字氏名：(KITANO, shinichi)

所属研究機関名：京都大学

部局名：大学院農学研究科

職名：准教授

研究者番号（8桁）：80240331

研究分担者氏名：吉積 巳貴

ローマ字氏名：(YOSHIZUMI, miki)

所属研究機関名：京都大学

部局名：森里海連環学教育ユニット

職名：特定准教授

研究者番号（8桁）：30423023

研究分担者氏名：清水 夏樹

ローマ字氏名：(SHIMIZU, natsuki)

所属研究機関名：京都大学

部局名：森里海連環学教育ユニット

職名：特定准教授

研究者番号（8桁）：40442793

研究分担者氏名：間藤 徹

ローマ字氏名：(MATO, toru)

所属研究機関名：京都大学

部局名：大学院農学研究科

職名：教授

研究者番号（8桁）：50157393

研究分担者氏名：東樹 宏和

ローマ字氏名：(TOJU, kazuhiko)

所属研究機関名：京都大学

部局名：生態学研究センター

職名：准教授

研究者番号（8桁）：60585024

研究分担者氏名：真常 仁志

ローマ字氏名：(SHINJO, hitoshi)

所属研究機関名：京都大学

部局名：大学院地球環境学堂

職名：准教授

研究者番号（8桁）：70359826

(2)研究協力者

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。