

令和元年6月26日現在

機関番号：32658

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K08117

研究課題名(和文) 地域資源活用型小規模持続的農業システムのためのアグロエコロジー研究

研究課題名(英文) Agroecological Research for Small-Scale Sustainable Agricultural Systems based on the Regional Resources

研究代表者

宮浦 理恵 (MIYAURA, Rie)

東京農業大学・国際食料情報学部・教授

研究者番号：00301549

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：インドネシア・ジャワ島では、小規模農家による耕種、畜産、淡水養殖など統合的ファームシステムが盛んであるが、チサダネ川の水質調査を行ったところ、集約的農業地帯において、農業由来と推定される汚染が認められた。耕地を転換して作られる養魚池の水質調査では、溶存酸素、アンモニア、リン酸について劣悪な環境にあり、また、底土の土壌養分状態は、窒素及びリンについて、過剰な状態にあり、地下水への溶脱が懸念された。農業生態系内の耕地の作物生産のみならず、養殖池や畦畔、農道や川原など様々な形態の土地とそこに存する生物資源を最大限利用することで生物多様性を高めたり、資源循環を図ることで環境負荷の軽減が可能となる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

調査対象地域は、深刻な海洋汚染に悩むジャカルタ湾へ流入する河川の上流に位置する。ジャカルタ湾の富栄養化は排水処理施設の整備が遅れているジャカルタの都市部に由来する排水が原因とされる。しかし、本研究により明らかにした淡水魚養殖池の水質および土壌の過剰な養分状態は、河川の上流に位置する農村地帯における水圏の富栄養化に影響を及ぼし、早急に対処すべき問題であることが明らかとなった。農業による汚染の回避は、地域資源の有効な利用と地域内での栄養の循環できるような統合的ファームシステムによって可能であることを示した。

研究成果の概要(英文)：In Java, Indonesia, integrated farming systems combining crop production, livestock and freshwater aquaculture by small-scale farmers are predominated. We evaluated water quality of Cisadane River and water pollution was recognized especially in the area of intensive agricultural areas. Water in the fish ponds which are normally converted from crop fields was examined and it was clarified that the environment is in a poor condition on dissolved oxygen, ammonia and phosphoric acid, and the soil nutrient status of the bottom soil is in excess for nitrogen and phosphorus. There was concern about the leaching of nutrition through the underground water to the estuary. Biodiversity can be enhanced by maximizing the use of various forms of land such as fish ponds, reeds, agricultural roads and rivers, as well as crop production in the agroecosystems, and resource can be recycled, and the environmental impact can be reduced.

研究分野：アグロエコロジー

キーワード：持続的農業 水質汚染 富栄養化 淡水養殖 資源循環 雑草利用 ファームシステム 地域資源

1．研究開始当初の背景

東南アジアでは、人口増加と食生活の多様化に伴い、農業の多様化が進展している。主食作物の生産拡大の後、畑作物や換金作物栽培による農家経営の安定化が図られ、伝統的農業生産システムから利益の得られる作物を主軸とした土地利用体系に移行している。また、動物性タンパクの需要の伸びを背景に、インドネシアの淡水魚漁獲量は2000年以降急速に増加し、2010年以降は東南アジア地域で最大の漁獲量を誇っている。また、鶏やヤギ・羊の飼養頭数も増大し、今後も、動物性タンパクの需要が更に増加することが予想される。

このような社会的変化の中、農地の拡大が困難な地域では、限られた農地でより多くの産出を得ようとするため、小農は生産の集約化とともに耕種・畜産・養魚を複合的に組合せ統合的ファーミングシステムを進める傾向がある。結果として、降雨の豊富な地域では、農業生産活動による肥料や農業由来の栄養分が河川や地下水を通じて海洋に流入し、深刻な海洋汚染の一因となる。環境面からも農家経営面からも、外的投入資材に依存せず、地域の資源を活用した循環システムを構築し、安定的で持続可能な農業生態系への転換が求められる。

2．研究の目的

本研究は、地域資源の生物多様性を維持し、系内の物質循環とエネルギー効率の向上を図りながら生産者の農業所得による経営的自立ができる農業・食料システムの実現可能なモデルをアグロエコロジーの観点から提示することを目的とする。とくに、モンスーンアジアの小規模住民農水産業を適用範囲とし、統合的ファーミングシステムの適正な運用を目指すため、フィリピンやインドネシア・中部ジャワで比較調査を行いつつ、西ジャワ州ボゴール県をモデル地域として調査・研究を実施した。

3．研究の方法

1) 農業によるノンポイント水質汚染の調査

インドネシア・西ジャワ州のサラク山(標高 2211m)を水源とし、集約的農業地帯を経てジャカルタ湾に注ぐチサダネ川の標高約 700m から 0mまでの 25 地点において、2015 年乾季と 2016 年乾季にそれぞれ水を採取し、同時に採取地周辺の環境を調査した。水質分析では、pH、EC、NO₃-N、NH₄-N、PO₄-P を計測した。

2) 淡水養魚池の特徴と水質・底土調査

西ジャワ州ボゴール及び周辺地域 21 地点の養殖池を対象として調査を実施した。養殖池の水質調査は、pH、溶存酸素、EC を現地で測定した後、水試料を持ち帰り、硝酸、アンモニア、リン酸を比色法により定量した。土壌は池の底土を採取して、日本へ輸入した後に、pH(H₂O)、EC、交換性塩基、全窒素、全炭素、硝酸、アンモニア、加給態リン酸の化学分析を行った。また、2 地点において、ハンドオーガーにより、10cm 毎に土壌を採取して、養分の垂直分布を評価した。

つぎに養殖池の水質の改善を目的として、西ジャワ・インドネシア科学院(LIPI)の敷地内に設置された試験池において、太陽光を動力源とした循環ポンプを導入した。水深約 60cm の試験池における水深 10cm と 50cm での溶存酸素(mg/L)の差分を経日的に評価した。

3) 農村における土地利用の多様性分析

西ジャワ州ボゴール県の Petir 村内の 2 地区を対象として、耕地内の耕種・養殖池の割合と作付け作物の分布状況および畦畔の植物栽植状況を雨季と乾季共に調査した。

4) 家畜飼養と有用植物資源

西ジャワ州ボゴール県の Petir 村のヤギ・羊を飼養している 34 戸を無作為に抽出し、経営分析および家畜飼料に関する聞き取り調査を行った。さらに、飼料としている雑草の種類と採集場所についても調査した。

4. 研究成果

1) 農業によるノンポイント水質汚染の調査

農村地帯の水サンプルからは、サラク山の中腹にもかかわらず、集約的農業地帯と複数地点で無機態リンが検出され、施肥による水質汚染が疑われた。それらの水が浄化設備のない農村では「綺麗な湧水」と認識されており、生活用水に利用されていることが懸念された。

2) 淡水養魚池の汚染と底土利用の可能性

養殖池の特徴は、水田から養殖池へと転換するケースが多く、水深約 50cm から 1m 程度と浅く、個々の池の面積は 150 から 200m² 程度と比較的小規模で、土がむき出しとなっているなどが挙げられる。

住民が営んでいる小～中規模の淡水魚養殖池 21 箇所から水サンプルを採取し、水質調査を行った結果、全体の 3 分の 1 は溶存酸素量が低く、pH は高い傾向にあった。特にナマズ養殖池は劣悪な環境にあり、溶存酸素が極めて低い状態にあった。また、NH₄-N や PO₄-P が高濃度で検出され、これらはナマズの生育に対して悪影響を及ぼすだけでなく、水圏の富栄養化に大きく影響することが懸念された。そこで、ボゴール地域内の淡水魚養殖池から土壌を採取し日本へ輸入して化学分析を実施した。水圏の富栄養化の主要因となる窒素とリンを中心に化学分析を行い、土壌肥沃度を評価したところ、地域や生産者に関わらず、養殖池の底土には多量のアンモニア態窒素(19 地点の平均値 221mg NH₄-N/kgDS)と可給態リン酸(19 地点の平均値 500mg P₂₀₅/kgDS)が検出された。また、2 地点において土壌養分の垂直分布を評価したところ、深度 50cm もしくは 30cm までアンモニア態窒素と可給態リン酸は高く推移し、これら養分は地下水へ流亡することが強く示唆された。山地の中腹で行なわれる集約的養殖は、ジャカルタ湾などの下流域の富栄養化の原因の一つとなりうることがわかった。

つぎに養殖池の水質の改善を目的として行った太陽光を動力源とした循環ポンプ試験では、水深約 60cm の試験池における水深 10cm と 50cm での溶存酸素(mg/L)の差分を経日的に評価したところ、循環ポンプを導入しない池では平均 4.2 に対して、ポンプの導入により 1.9 まで減少した。この結果は、水中の藻類などが光合成により、速やかに表面付近の溶存酸素濃度を上昇させ、さらにポンプで底面の水を汲み上げて循環させることで試験池の全層の溶存酸素濃度を上昇させることを明らかにした。対象地域は生活用の電力供給すら整備されていない状況であるため、太陽光を動力源とした循環ポンプの導入が必須となり、本法による養殖池の水質改善と養殖技術の向上が期待できる。

3) 農村における土地利用の多様性分析

耕地の利用調査では、耕作面積の約 10%が養殖池として利用されており、時期によって池が埋められて畑地に代わったり、畑地が養殖池に転換されていたりしており、養殖池は流動的に作られることがわかった。耕種では、わずかに水田にされることもあるが、おおむねサツマイモを主体とした単作が卓越していることがわかった。つぎに、アマメシバやパイヤなど換金作物の作付け頻度が高い。畦畔では、薬用植物(レモングラス)や木本植物(チョウジ)などの多年生作物の植栽頻度が高く、畑の中より多様な草種によって構成されており、生態的な多様性を高める機能を有していることが明らかになった。

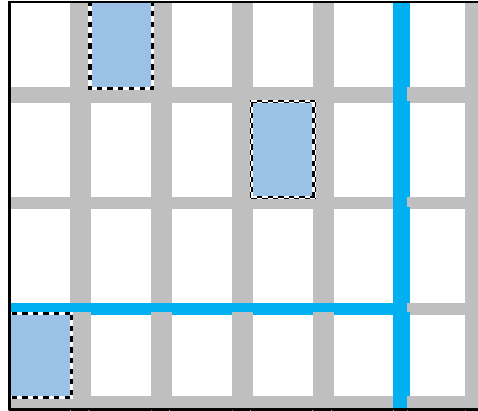
4) 家畜飼養と有用植物資源

ヤギや羊は、土地なし小作や商店を営む世帯でも、家屋の裏に手作りの家畜小屋を建設することで飼育可能で、世帯収入の約 1/3 を占める経営的に重要な生業となっていることがわかった。約 3 ヶ月齢のオスを購入して、作物残渣や農業生態系内に生える雑草を刈り取り給仕することで成り肥育がほとんどで、イスラム犠牲祭や現金収入が必要になったときに販売する。次に、重要な飼料となっている雑草をはじめとした植物資源の利用実態調査を行い、畑地内、畦畔、路傍、河川周辺、空き地等農業生態系のあらゆるところから草本植物が採集され、家畜飼料として給餌されている事を明らかにした。草種の選別は厳密ではなく、耕地雑草のみならずシダ植物、作物の逸出、侵略的外来種等が刈りとられていた。

5) 小規模農業の地域資源活用のあり方

東南アジアの経済発展は、大都市周辺の農村にも雇用の機会を提供することで農村の経済的活性化が図られていることは否めないが、若者の農業離れを誘起することで、伝統農村システムが維持してきた知と文化の体系を空洞化させていることも持続的社会的形成上看過できない事実である。インドネシア・西ジャワ州ボゴール近郊農村の研究では、農村の土地をビジネスで成功した在外者が買占め、不在地主の下で農民が土地なし農業労働者とならざるを得ない構造が進展している。また、人口増加と食生活の多様化による需要の変化を背景に、耕種部門は、水稻等の自給的作物から販売を目的とした商品作物に置き換わり、さらに付加価値の得られる小規模淡水養魚の作目転換がこの 20 年で進行し、地域内での経済的格差が生じている。小農や商店は、屋敷地にヤギやヒツジを飼育する小屋を作り、小規模家畜飼育により現金収入の機会を増やしている。

農村に居住している住人が、地域の資源を活用し、外的投入材に頼らないで営める農業の姿を提示することは、農業の持続的発展にとって必須な農村社会の維持と発展に寄与する。本研究では、図 1 に示したとおり、農業生態系内の耕地内での作物生産のみならず、養殖池や畦畔、農道や川原などさまざまな形態の土地とそこに存する生物資源を最大限利用することで生物多様性を高めたり、資源循環を図ることで環境負荷の軽減が可能となることがわかった。特に、本研究で明らかにした内陸での淡水魚養殖池の富栄養化状態は、その下流域や海洋の富栄養化に少なからず影響することが十分に懸念される。今後は太陽光を動力源とした循環ポンプの導入など持続可能な養殖技術体系を現場の状況を踏まえて普及していくことが望まれる。



場所	資源	利用法	機能
圃場内	作物	販売	
	雑草	家畜飼料	資源循環・外部投入材の低減
畦畔	作物・樹木	販売	生物多様性を高める
	雑草	家畜飼料	資源循環・外部投入材の低減
養殖池	魚	販売	
	水	灌漑水	
	底土	肥料	資源循環・外部投入材の低減
路傍・川原	雑草	家畜飼料	資源循環

図1 インドネシア・西ジャワにおける農生態系内の資源と機能の模式図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

宮浦理恵 2019 .モンスーンアジアにおけるアグロエコロジー .農業と経済 査読無 85 (2) pp.88 - 89.

Luqman Arif Lubada, Kenji Yokota, Arief Hartono, and Rie Miyaura 2018. Effects of agriculture on the water quality of the Cisadane River system in West Java, Indonesia. Tropical Agriculture and Development. 査読有 62 (2), pp.94 - 103.

〔学会発表〕(計4件)

Kenji Yokota, Luqman Arif Lubada, Rie Miyaura 2018. Soil Fertility of Inland Freshwater Fishponds in Bogor, West Java, Indonesia. ISSAAS International Congress

Mark Idol Gonzales Marcelo, Rie Miyaura, Hiroki Inaizumi 2016. Measuring the Contribution of Small-Scale Aquaculture (SSA) to Rural Development in Taal Lake, Batangas Province, Philippines. ISSAAS 2016, International Congress & General Meeting

Luqman Arif Lubada, Kenji Yokota, Arief Hartono, Rie Miyaura 2016. Agricultural Activities and Water Trophic State in the Cisadane River System, West Java, Indonesia. ISSAAS 2016, International Congress & General Meeting

Kenji Yokota, Luqman Arif Lubada, Reza Samsudin, Rie Miyaura 2016. Water Quality of Freshwater Fishponds in Bogor, West Java, Indonesia, ISSAAS2016 International Congress and General Meeting

〔図書〕(計1件)

宮浦理恵 2018. 雑草の認識および利用・共生と人間活動 .pp.264-277. 山口 裕文 (監修), 宮浦理恵・松嶋 賢一・下野 嘉子編『雑草学入門』講談社 335.

6 . 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：横田 健治

ローマ字氏名：(YOKOTA, kenji)

所属研究機関名：東京農業大学

部局名：応用生物科学部

職名：教授

研究者番号：80349810

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：山口 裕史

ローマ字氏名 (YAMAGUCHI, hirofumi)

研究協力者氏名：Luqman Arif Lubada

研究協力者氏名：Mark Idol Gonzales Marcelo

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。