

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(A) (海外学術調査)

研究期間：2011～2015

課題番号：23255008

研究課題名(和文) 熱帯の産米林農村に在来する生物の機能を活用した農業生産と資源利用との調和

研究課題名(英文) Harmonization of resource use and agricultural production appreciating indigenous organisms in rural tropical with tree growing paddy field

研究代表者

宮川 修一 (Miyagawa, Shuichi)

岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号：60115425

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 36,500,000円

研究成果の概要(和文)：水田内に有用な樹木が生育する産米林では、田面の樹木数の減少の一方で畦畔への植林が進み、樹木資源の維持に重要な役割を持っていることが明らかとなった。樹種によってはイネに損害を与えることもあり適切な管理が必要である。産米林農村ではシロアリとその塚が農業と生活に貢献している。シロアリの活動と塚に生育する樹木により土壌が肥沃となる。野菜栽培に塚を一挙採掘する農村も多いがこの方法では10年内外に塚が消滅する可能性が高い。持続的利用を図る在来技術の存在が確認されたが、一部のみの掘削は塚の再生を促す効果のあることが明らかとなった。塚採掘跡地ではイネの生育不良が顕著に表れる場合があり注意が必要である。

研究成果の概要(英文)：Tree growing paddy field in tropical Asia where the number of trees has been reducing in paddy floor but are increasing on levee, has still an important role as providing materials for livelihood in tropical rain-fed rice growing villages. It should be noted that some kind of planted trees become obstacles for rice yield. Termites and their mounds are also contributing to agricultural production and village life. The fertile soil of mound is made by the interaction of termite activity with tree growth on the mound. Digging and removing whole mound in paddy field become popular for celery production in Thailand, however, mounds will disappear after 10 years there. Some villagers are using mound soil for manure taking care of regeneration of mound. Digging in small part of outer wall of mound stimulates regeneration by termites according to an experiment. It should be payed attention that extremely poor growth of rice is caused on the site after mound removing in paddy field.

研究分野：農業生態学

キーワード：環境調和型農林水産 環境分析 植物 生態学 林学 国際研究者交流

1. 研究開始当初の背景

東南アジアの稲作は、伝統的な小規模灌漑の山間盆地や近代的な灌漑が整備されたデルタでは高く安定的な生産をあげることができるのに比べて、平原部の生産は極めて低く、また不安定であることが知られている。東南アジアにおいて典型的な天水田稲作が営まれているタイの東北部ならびにラオス平野部は、地形的には平原部に分類される地域であり、平坦な地形と低い降水量を特徴とし、灌漑水を容易に得ることができず、生産の低収不安定を結果している。これはこの地域の社会的経済的困難の主要因となっている。

平原部天水田の特徴的な生態として「産米林」の存在が知られている。これは森林を水田化する過程において意図的に田内に有用な林木を残したままにしておくことによって生じる景観である。樹木は通常水田に日陰を作るが、日射量の減少にも関わらずかえって樹木の下でのイネの収量が高くなるような樹種が見いだされている。その原因としては樹木落下物の量的質的な違い、共存する昆虫など動物の活動、乾季における家畜の休憩排便の影響が推測されている。樹木は建材等資源の利用により徐々に減少するが、一方で意識的な保護育成もなされている。このように在来的な生物の機能を利用して農村生活の安定継続を目指す農耕文化が存在している。東北タイからラオスにかけては、樹木利用以外にもシロアリの多角的な伝統的な利用がみられる。塚の土の肥料利用というような直接的な資源利用の他、水田樹木に形成される塚が栄養をイネに供給するという間接的な効果も推定される。シロアリ塚は森の中にも多数形成されるが、同時に牛や水牛も林間放牧される。この過程で樹木とこれらの生物との相互作用の結果、形成される養分に富んだ林床有機物層は、水田の栄養供給源として有望と推定されるものの、研究は全くなされていない。

2. 研究の目的

東南アジアの天水田内に多数存在する樹木と水田を囲繞する森林を、農業資源のみならず多様な在来生物の生息域として捉え、採集収穫による生物の直接的な資源価値と、生物の水田への栄養供給のような環境調節機能的(生態的)価値を明らかにする。このことによって、従来の農村研究においてはしばしば独立的、対立的に取り扱われていた村域内での作物の生産性と野生生物の資源利用可能性を、生物の相互作用と村民生活への貢献という視点から複合的総合的に評価し、農耕と資源利用との調和点を見いだすことを試みる。この作業を通じて熱帯の天水田稲作に依拠する農村において、在来生物を活用した安定的で持続的な生活社会を可能とするようなモデルを提案することを目的とする。同時に熱帯の農村生活に依拠した生物多様性保全の実現を図る。

3. 研究の方法

(1) 産米林景観の分布、樹木密度、資源利用に関しては、ラオス、タイ東北部、タイ中部、カンボジア中部及び西部、ベトナム北部及び中部、インド東部において観察ならびに住民からの聞き取りを行うと共に、東北タイの代表的な産米林農村を選び衛星画像ならびに空中写真を用いて分布状況の地域間差、年次的変遷を解析した。

(2) 畦畔樹木のイネへの影響についてはタイ東北部の代表的な稲作村において、畦畔の樹木の種類と形態、樹冠下の日射量および水田表層土壌の化学性ならびにイネの生育と収量を実測し、樹冠外地点との値と比較した。

(3) シロアリ塚の生態系に関しタイ東北部、ラオス中部及び北部の農村で塚密度、塚の大きさ、種構成を立地と関連づけて調査した。また東北タイの農村の塚に生育する樹木の種類、大きさならびに塚内部の土壌の化学分析を行うと共に、シロアリの生息空間との関係を分析した。

(4) シロアリとその塚の資源的利用については、ラオス中部およびタイ東北部の各1村で定着調査によって詳細な観察と村人へのインタビューを行うとともに、空中写真や衛星画像を用いて塚密度の変化を分析した。ラオス北部および中東部並びにカンボジア中部の多数村において観察と聞き取りを行った。

(5) 塚の採掘など破壊的利用の現状に対し持続的な利用技術の確立を図るため、(4)と同じラオス中部の村で立地条件の異なる塚を選び、その外壁の一部を掘り取って24時間後の再生量を継続的に計量した。

(6) 水田内のシロアリ塚が周囲のイネに及ぼす影響について、(2)と同一の村で塚周囲のイネの生育調査ならびに収量調査を行った。さらに塚除去後の水田について同様の調査を行うと共に、土壌を採取してその物理性と化学性を調査した。これらの結果を塚の影響を受けない地点での値と比較した。

(7) 牛、水牛による異なる生態区分間の栄養移動を知るため、(4)と同じラオスの村で放牧される牛と水牛について行動の追跡を行い、食事及び排便場所の記録を行った。雨季及び乾季の違いを比較した。また所有農家に飼育目的等の意向調査を聞き取りによって行った。

4. 研究成果

(1) 産米林景観の分布、樹木密度、資源利用

東南アジアにおける産米林景観の分布

従来からの研究で知られるラオス中南部およびタイ東北部に加えて、同様の景観がタイ中部、カンボジア中西部、インド東部に存在することが判明した。ベトナムでは産米林景観を見いだすことができなかった。

樹木密度の時空間変異の要因

東北タイの20ヶ村の分析から開墾後の利用年数と樹木密度とは無関係であることが

わかった。各村の分布密度は田面の樹木量よりも畦畔の栽植樹木量によって決まっていること、また栽植樹木の比率が増加する傾向のあることがわかった。村によっては樹木数は全体として増加しており、またどの村でも畦畔木密度の増加が見られた。樹木密度の村間差は1970年代には著しかったものの現在ではほとんどなくなっており、その原因には商品樹種の増加と在来樹種の減少、稲作近代化による区画拡大の程度が関係していることがわかった。商品樹種の畔上への導入は特に大きな区画の水田域で著しかった。また村落間で栽植樹種構成は異なる傾向にあった。

産米林樹木の利用と管理

タイ東北部では商品樹種のユーカリ、マンゴーが大量に畦畔に植栽されており村内では単純な樹種構成を示す。インドでは現金収入源のラックカイガラムシの養殖に用いられるナツメが水田内の主要樹種であった。これらと対照的にラオスやカンボジアでは多種類の樹木が生計上の多様な用途で利用されていた。タイ東北部ではイネへの被陰を避けるため積極的な剪定管理を行っており、これは燃料源ともなっている。産米林景観は人為的な形成物であるといえる。

(2) 畦畔樹木のイネへの影響

樹冠下の日射量観測からユーカリ、インドセンダン、マンゴーの順に遮光程度が大きい傾向を示した。マンゴー下の土壌は肥沃化していたが、ユーカリでは影響がほとんど認められなかった。樹木近傍のイネの収量は畦による収量変化分を除くと遠方のイネより減収する場合と増収する場合とがあったが樹種間には有意な差が認められなかった。樹木はイネの栄養生長に与える影響が大きいものと考えられた。これには土壌養分含量より遮光の程度の差が強く作用しているとみられる。ユーカリでは干ばつを受けた低収田ほど樹木近傍のイネの収量が低下する傾向が見られ、ユーカリ導入には注意が必要である。

(3) シロアリ塚の生態系

シロアリ種類と分布

ビエンチャン平野において塚を造成しているシロアリは主に *Macrotermes gilvus* であった。森林内の塚の分布密度は水田の 10 倍ほど高いものの大きさは水田よりも小さかった。シロアリのコロニーの遺伝子構造には森林内と水田域との間では有意な差は見られないことから、両地点間の塚の大きさや分布状況の違いは耕作の影響や環境対応の結果とみることができるとわかった。ラオス北部の焼畑農村では畑内に多数のシロアリ塚が確認されたが優占種はビエンチャン平野とは異なった。タイ東部の水田内の塚はラオスの塚よりも概して大きかった。生息するシロアリの多くはラオスと共通であったが、種と塚の大きさには一定の関係が見出せなかった。

塚の生態系

塚に生育する樹木は 39 種が確認された。食用及び薬用樹種が各 19, 14 種見いだされ、その他建材など多様な用途があった。最も頻繁に塚の上に見いだされる樹種は *Diospyros rhodocalyx* であった。樹木が生育する塚ではシロアリの生息空間は根圏域のほか枯死した根の内部から見られ、シロアリは根を活動域や移動経路として利用していると考えられた。比較的大きな塚ではシロアリの生息空間が塚の上部で多く見られた。塚土壌は周辺土壌より明らかに各種養分量が多くさらに樹木の根圏域では全炭素含量が有意に非根圏域よりも高かった。交換性イオン P, K, 水溶性イオン K 含量が根圏域、非根圏域で周辺土壌より多く、さらに根圏域の方が多い傾向があった。したがって、シロアリの活動により塚全体の肥沃度が高まると同時に、樹木の存在がさらにこれを助長していると考えられる。このような相互作用の範囲は塚が大きくなるにつれて塚の上部に移動していくとみられる。

(4) シロアリと塚の資源的利用

シロアリ

ラオスおよびタイ東部ではシロアリの有翅虫と女王が村人の食用に、塚から得るワーカーなどが家禽養魚の餌用として伝統的に利用されていることが確認された。

シロアリタケ

ラオスでは塚から発生するシロアリタケは民俗分類で 7 種類が確認された。近年市場価値が高まっており、村民の重要な現金収入源となりつつある。シロアリタケの菌種子はタイよりもラオスで多く流通しており、人工栽培化が進んでいることが明らかとなった。

作物栽培用地

作物栽培に利用する塚選択の基準としてラオスの天水田村では雨季における湛水被害や水牛による食害、盗難から作物の保全管理が容易な地点の塚を、タイ東部では作物の良好な生育期待できる肥沃な塚を選択する傾向にあり、その結果前者では比較的小さな塚をそのまま利用するが、後者では樹木のある大きな塚の上部を削平して利用するという違いが見られた。前者の村では 18 種類、後者では 21 種類の作物が見いだされ、聞き取りによれば特に不適当な作物はないとされる。塚利用の持続性に関しては前者では強い人為的損壊が少ないことから作物栽培下でも塚の成長が見られるが、後者では削平や灌水、大きな塚では出小屋も併設されるので焚き火などの生活活動の影響からシロアリの活動はほとんど見られないものの塚の形状は維持され 40 年以上の継続的な利用例も見いだされた。ラオス中東部の平地焼畑の村では、陸稲畑中の直径数十センチ程度の極めて小さな塚でさえも野菜栽培に利用するという繊細な利用方法が認められた。カンボジアでもタイ、ラオスと同様の作物栽培が観察され、文献情報とも合わせアジアアフリカの熱帯平原では共通の利用法であることが明らかとなった。

肥料利用とその影響

東北タイでは近年需要の増大したセルリー栽培のためにシロアリ塚が消費され、遠方の農村から調達するための塚採土ビジネスネットワークが発達しつつある。対象村では1980年代までは塚数の減少が緩やかであったが、それ以降は大きな減少を見せ、特に2000年以降の減少が著しいことが明らかとなった。現在のセルリー栽培に用いられる塚の土量は村全体で年間500t内外に達すると見積もられ、これは肥料源として採掘される塚のほぼ10基分に相当する。現在の利用状況では10年内外で塚は消滅するとみられた。一方カンボジアでは水田中のシロアリ塚が水田の肥料に利用されており、塚の一部を削ることを繰り返すなど、一つの塚の持続的な利用の方法が確立されていた。

(5) 塚の再生と持続的利用技術の可能性

外壁の一部掘削後24時間ごとの再生量の累計が最初の量の数十倍に達する例が見られたので、人為的な刺激が再生を促す効果のあることが明らかとなった。けれども再生力に関与する要因の特定には至らなかった。

(6) 水田内の塚がイネの生育収量に与える影響

水田内の塚周囲のイネは塚に生えた樹木の遮光効果によって倒伏し、栄養生長が不足することで収量は低下しており塚土壌による促進効果が得られなかった。塚を除去した跡には、田面土壌の色が異なる二重円塚跡と一重円塚跡の2種類が存在し、二重円塚跡では内円のイネは過剰な栄養生長によって倒伏し収量は低下することが多かった。一重円塚跡もこれと同様であった。前者の外円では生育不良となり収量は極めて低かった、外円の土壌硬度は内円や通常の水田面土壌よりも2倍程度高かったが土性に違いはなかった。化学分析から内円の土壌は各種養分に富んでいたが外円の土壌には乏しく、他方Naが非常に多く含まれていた。これらのことが

ら外円部分では塩類集積が起きているとみられた。

(7) 家畜の産米林生態系への影響

牛と水牛の行動ルートは集落-刈り取り後水田-森林-河川-池沼を複雑に網羅していたが、採餌は雨季には主に草地と不作付け田で、乾季には主に草地と収穫後水田で行い、排泄は上記場所に加えて道や集落周辺に多いことからこのような行動が集落周辺の水田の生産力の高さに貢献していたことが明らかとなった。

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6件)

Pham, T. H., S. Miyagawa, S. Photchanachai, Reduction in woody plant diversity in paddy field landscapes during agricultural intensification in northeast Thailand, TROPICS, 査読有, 25, 2016, pp13-22

Kokubo M., S. Miyagawa, M. Harada, C. Takenaka, N. Kawakubo, S. Sivilai, Animal diversity in trees in the rain-fed paddy fields of Laos, Tropical Agriculture and Development, 査読有, 59, 2015, pp190-198, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsta/59/4/59_190/_pdf

Takeda, S., Yamaguchi, T., Changing Land Use and Water Management in a Ladakhi Village of Northern India, New Forests Agriculture and Agricultural Science Procedia, 査読有, 5, 2015, pp60-66, 10.1016/j.aaspro.2015.08.009

Pham T. H., S. Miyagawa, Y. Kosaka, Distribution patterns of trees in paddy field landscapes in relation to agro-ecological settings in northeast Thailand, Agriculture, Ecosystem and Environment, 査読有, 202, 2015, pp42-47, 10.1016/j.agee.2014.12.011

舟橋和夫・小坂康之, 産米林から畦畔林へ: 東北タイにおける森林の変貌, 龍谷大学社会学部紀要, 査読無, 46, 2015, pp1-14

Miyagawa S., M. Seko, M. Harada, S. Sivilay, Yields from rice plants cultivated under tree canopies in rainfed paddy fields on the central plain of Laos,

Plant Production Scienc, 査読有, 16, 2013, pp325-334, <http://doi.org/10.1626/pp.16.325>

〔学会発表〕(計7件)

宮川修一, 水田がイネも木も育てる - 産米林に見る熱帯農村の植物資源利用の知恵 - , 自然学総合研究所第3回講演会, 2015.12.22, ハートフルスクエアG(岐阜市)

渡邊瑞貴・宮川修一, 東北タイ農村部におけるホームガーデンを中心とした野菜栽培の近年の変化, 日本作物学会東海支部第146回講演会, 2015.8.26, 静岡大学(静岡市)

Pham T.H., S. Miyagawa, Historical Changes of Distribution Patterns of Tree in Paddy Field Landscapes in Northeast Thailand, 9th International Association for Landscape Ecology (IALE) World Congress, 2015.7.7, Hilton Portland & Executive Tower, (Portland, USA)

竹田晋也・宮川修一, インド東部ジャールカンド州ムンダ村落のラック生産と産米林景観, 日本熱帯農業学会, 2015.3.14, 筑波大学(つくば市)

宮川修一・田畑桃子・渡邊瑞貴・竹中千里, ラオス及び東北タイの天水田内のシロアリ塚がイネの生育と収量に与える影響, 日本熱帯農業学会, 2015.3.14, 筑波大学(つくば市)

Pham, T.H., S. Miyagawa, Historical landscape affects present tree density in paddy field, XII International Conference on Environmental and Ecological Engineering., 2014.11.28, Hotel Holiday Inn (London)

齋藤暖生・グエンウィンチャン・奥野正樹・近藤勇介・土田浩治, シロアリタケ等各種産物の供給源としてのシロアリ塚分布に関する一考察 ラオス天水田地帯を事例に, 日本森林学会, 2013.3.26, 岩手大学(盛岡市)

〔図書〕(計1件)

宮本真二・野中健一, 海青社, 自然と人間の環境史, 2014, 396

〔その他〕

ホームページ等
産米林シロアリ | 岐阜大学応用生物科学部
宮川
<http://www1.gifu-u.ac.jp/~mya/tree-rice-termte/treericeopen.htm>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮川 修一 (MIYAGAWA, Shuichi)
岐阜大学・応用生物科学部・教授
研究者番号: 60115425

(2) 研究分担者

舟橋 和夫 (FUNAHASHI, Kazuo)
龍谷大学・社会学部・教授
研究者番号: 80081173

竹中 千里 (TAKENAKA, Chisato)
名古屋大学・大学院生命農学研究科・教授
研究者番号: 40240808

土田 浩治 (TSUCHIDA, Koji)
岐阜大学・応用生物科学部・教授
研究者番号: 00252122

竹田 晋也 (TAKEDA, Shinya)
京都大学・アジア・アフリカ地域研究研究科・教授
研究者番号: 90212026

野中 健一 (NONAKA, Kenichi)
立教大学・文学部・教授
研究者番号: 20241284

齋藤 暖生 (SAITO, Haruo)
東京大学大学院・農学生命科学研究科・助教
研究者番号: 10450214

渡辺 一生 (WATANABE, Kazuo)
総合地球環境学研究所・研究部・研究員
研究者番号: 30533012

星川 和俊 (HOSHIKAWA, Kazutoshi)
信州大学・農学部・教授
研究者番号: 40115374

川窪 伸光 (KAWAKUBO, Nobumitsu)
岐阜大学・応用生物科学部・教授
研究者番号: 60204690

小坂 康之 (KOSAKA, Yasuyuki)
京都大学・アジア・アフリカ地域研究研究科・准教授
研究者番号: 70444487

(3) 連携研究者

なし