

平成 22 年 5 月 13 日現在

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2007～2009

課題番号：19255010

研究課題名（和文） 東南アジア天水田稲作における産米林の機能解明と活用

研究課題名（英文） Agro-ecological analysis of tree roles in the rain-fed paddy fields of Southeast Asia

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

研究成果の概要（和文）：中部ラオス及び東北タイに多い天水田中の樹木は、農村生活上の多様な用途を目的として保護育成されている。樹木下の日射量、落葉量、土壌の特徴、生息動物種類数などには樹種間の大きな違いがあるものの、日射制限によるイネの減収は一部の樹種に限られ、多くの樹種の下でのイネは通常と変わらないか、いくつかの樹種の下ではかえって多収となっていた。このような機能を巧みに活用すれば低収不安定な稲作の改善も可能と思われる。

研究成果の概要（英文）：Various kinds of trees in rain-fed paddy field are preserved by farmers for utilization in village life in Laos and Thailand. Solar radiation, the amount of litter fall, chemical properties and moisture of soil under tree canopy and animal fauna on tree showed big diversity among tree species. Rice under various trees did not show any damage at all by shading except for one species, moreover, rice becomes vigorous and yielded more under some tree species than in open area.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	8,900,000	2,670,000	11,570,000
2008 年度	5,900,000	1,770,000	7,670,000
2009 年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
総計	21,000,000	6,300,000	27,300,000

研究分野：農業生態学

科研費の分科・細目：農学・作物学・雑草学

キーワード：東南アジア、天水田、産米林、イネ、生育収量、微気象、熱帯樹木、熱帯昆虫

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 東南アジアを地形を基礎として農業立地的に見た場合、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稲作が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。タイの東北部は地形的には平原部に分類される地域であり、灌漑水を容易に得ることができ

ない条件のために稲作は天水田に頼らなければならない。このような環境が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経済的困難の主要因となっている。

(2) 東南アジア平原部の天水田稲作の生産性安定化の推進に関しては、育種的な対応と、そのための基礎となる生理生態的研究が行われてきた。天水田向けの改良品種の普及も進んでいる。けれども育種的な対応のみではこの地域の生産不安定性を十分に克服できるとは言い難い面もある。

(3) 東北タイの農業生産の実態と社会経済状況の変化への対応に関する村落研究によれば、80年代の無施肥栽培の下では品種配置や作期が微地形の特徴と降雨分布に配慮した精細な環境対応技術として確立されていること、にもかかわらず収量は水田の個々の筆間、年次間変動の著しいことが示された。

2000年代には、改良型品種と化学肥料の普及、区画整理と機械化直播栽培によって村全体の平均収量は増加したものの、筆間差と年次変動も依然として著しいことが明らかされた。一方では古くから野菜果樹生産、キャッサバなどの畑作、家畜、野生資源採集などが行われていたが、都市への農外就労が増えるにつれて衰えつつあり、資源利用を含む農業活動全体による食料生産のボトムアップは困難な状況にある。

(4) 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。産米林の機能に関し、東北タイにおける研究では有益であるとの農民評価を示しているが、実測実証調査が行われていない。またラオス南部の天水田地帯での研究では森林、林産物の農民生活にとっての意義は明らかにされているが稲作にとっての効果や障害については十分な検討がなされていない。水田の樹木が被陰などによりイネに悪影響を及ぼしている、という

事態は想定しやすいが、水田樹木生態系は予想外に複雑で、予備調査によりイネの生育が促進される可能性も大きいことがわかった。

(4) 近年ではアグロフォレストリーによる環境ストレス回避の研究、深根性の樹木による水のリフトアップ機能を利用した水ストレス回避の研究なども行われるようになり、このような手段での天水農業における作物栽培改良が提案されるようになってきている。他方、天水田域でもこれに接する林地の土壌の肥沃性や、東北タイの焼畑の研究から開墾当初の土壌肥沃土の高さが指摘されている。平原部天水田稲作においても産米林に注目するならば、稲作改善の新しい方途が発見できる可能性が大きい。

## 2. 研究の目的

(1) 東南アジアにおける代表的な天水田一産米林地点について、水田内の樹木の分布状況に関する地理情報を整備する。

(2) イネの生育収量に対する水田樹木の影響が真に存在するのかを示す。

(3) 水田内に樹木が形成する環境条件の特徴を、植物栄養、生息動物生態から明らかにする。

(4) 水田内の樹木の種類の選択基準や森林の伐採開田の進行に関わる農家や農村の社会経済的な要因についても把握する。

(5) 以上のデータをもとに、産米林を稲作に活用し、東南アジアの天水田の生産の向上安定に貢献するような技術を提言する。

## 3. 研究の方法

(1) ラオスの典型的な天水田農村を選び、衛星画像と実測とによって、水田内樹木の分布、樹木名、樹高、胸高直径、立地条件などをGIS情報化し整備した。

(2) 典型的な水田内樹木から10種類各数本計38本を選び、樹形パラメータを測定した。

- (3) 上記の各樹木近傍のイネの生育収量を計測した。
- (4) 対象樹木の樹冠下の日射、気温、湿度を樹冠外と同時に測定した。
- (5) 対象樹木周辺の水田土壌と田面水について化学的性質を測定した。
- (6) 対象木の落葉落枝を採集し、重量と養分含量を測定した。
- (7) 対象樹木に生息する動物を採集し、種類数および種類構成の樹木間比較を行った。同時に関連の農民の蓄積情報を聞き取りによって調査した。
- (8) 模型飛行機や風船に装着したカメラから、水田の空中撮影を行い、画像解析によって樹木の水稲生育に対する影響を広域的に検出した。
- (9) 水田内樹木存立の経緯や、樹木の水稲生育に関する影響と樹木の資源的価値の農民評価などについて聞き取り調査を行った。
- (10) 東北タイの各地で水田樹木の分布状況を空中撮影と衛星画像から把握すると共に、樹木の資源的利用状況と水稲生育に対する影響の農民評価とを聞き取り調査した。
- (11) 水田内樹木に関わる多角的な情報を、水稲生産への影響と資源利用価値とのバランスから考察し、理想的な樹木-水田生態系とその維持方法について国際会議を開催して提案した。

#### 4. 研究成果

- (1) 対象村集落を中心とする水田域(170.8ha)において、1,373 地点の水田内樹木群落を調査したところ、136 種以上の樹木の存在が明らかとなった。特に出現頻度が高い 7 種; Kham (*Tamarindus indica*), Sabaeng (*Dipterocarpus intricatus* Dyer), Seuak (*Terminalia alata* Heyne ex Roth), Waa (*Syzygium* sp.), Sat (*Dipterocarpus obtusifolius* Roxb), Sompho (*Streblus asper*

Lour.), Nyo(*Morinda tomentosa* Heyne)の優占種の樹木が確認された。これらは水田に広く分布する種の群と、比較的限られた局地に分布する種の群;に大きく 2 分類された。平均樹高は 9.4m, 平均胸高直径は 35cm であった。

(2) 集中的かつ追跡調査の対象とした樹木の平均樹高は 11.8m, 同胸高直径 55cm, 同樹冠の厚さ 9.5m, 同樹冠面積 58.9 m<sup>2</sup>, 樹幹際での平均開空度は 60.5%であった。

(3) 樹木の周りのイネの LAI などの生育量は、近いほど良好な樹種, 劣る樹種, ほとんど変化のない樹種の 3 種類が認められた。また収量でも近いほど多収となる樹種, 減収する樹種, 変化のない樹種のように分かれた。さらに生育が良好でも収量がきわめて低下する樹種と, 生育も収量も良好となる樹種とに分かれた。樹木毎の日射の遮光程度や開空度と収量の低下程度とは必ずしも一致せず, 80%以上の遮光でも収量が低下しないかかえって増収する樹種もあった。イネの生育と収量にとって, 樹冠による日陰が必ずしも制限とはなっていないことが示唆された。

(4) 各樹木の樹冠下の日射量は、幹から 1 m の地点では樹冠の影響のない地点に比べ平均 47%まで低下していたが、対象木間の範囲は 9%–62%と大きかった。分光放射計による測定結果では 700nm と 950nm との付近で特に著しい低減が見られた。サーモグラフィによる日中のイネ群落の表面温度測定結果では樹冠下では樹冠外に比べ平均 3.2°C の低下が見られた。ウェザーステーションによる年間を通じた観測からは、樹冠下の日射量は樹冠外に比べて 61%少なく、平均気温は 0.16 度、最高気温は 0.64 度低く、最低気温は 0.09 度高かった。また平均湿度も 0.19 度高かった。気温と湿度に関しては、環境変動を緩和する機能が確認できた。

(5) 田面水に含まれる各種の無機成分や溶存酸素量には樹種間の大きな違いが見られたが、対象木全体としては樹冠下と樹冠外とでは有意な差は認められなかった。田面水のECは木に近づくほど上昇する樹種と変化のない樹種とがあった。樹種間のこのような違いには、落葉の成分含量の違いの他、樹木基部に形成された蟻塚の関与が推定された。

(6) 乾季に採集した落葉落枝の量と各種成分量にも、樹種間の大きな違いがあり、全炭素以外の成分量の少ない樹種はフタバガキ科に属するものであった。

(7) 全調査期間を通じて 2442 種類の動物が確認された。樹種により種類数に大きな差が確認された。種類数が多かった樹種では様々な食性を持つ動物が生息しており、生態系がより複雑であることが示唆された。このような差異は村の伝統的知識と一致していた。

(8) 空中撮影によって得た画像から、実測調査対象木周囲のイネの生育調査によって得た結果とよく一致し、上記のような3種類の影響が広い範囲で確認できた。目視判定と画像解析によって得た植生指数NGRDIによるイネの生育状態の評価は同様の傾向を示し、集落からの距離が近いほど生育が良好で、距離が離れるほど悪くなる傾向が見られた。単一画像から算出したNGRDIと刈り株特性から求めた推定収量との間に高い相関関係が見られた。

(9) 聞き取りと観察によれば、水田中の樹木のうち大多数の樹種は水田開墾時に意図的に切り残したものである。この場合の基準は太い木はとりあえず残すことであり、さらに生活上有用度が高いか、高価で取引される樹種は細くても残す、ないしは移植される。伐採した木は炭や薪として利用するが、細い木はそのまま燃やしてイネの肥料となることを期待する、というような基準化された利用

戦略が存在することがわかった。材木の利用は住宅建材であり、各部材として最適な樹種が知られている。このほか果実木菜、医薬品、染料、樹脂などの採集専用の樹種がある。

これらの樹種に対し、イネの生育収量との関係を聞き取った結果からは、イネの生育を阻害する樹種と、生育を促進し米を美味にするという樹種が存在した。前者の樹種については樹木の有用性をイネの生産性より優先させるという村人の価値意識が明確であった。

(10) 東北タイにも部分的に密度の高い水田内ならびに畑(主にサトウキビ)樹木が存在することを確認した。代表地点における聞き取り調査により、特定の樹種ではイネの生育を促進することを農民が認識していることがわかった。それらの内多くの樹種はラオスと共通であったが、相違点は、生育が過剰になる結果、収量がかえって減収すると評価していることであり、これは水田への化学肥料の投与量が格段に大きいことの結果と推察された。一方イネの生育を阻害する樹種としてユーカリを挙げる例が多かった。

(11) 水田内に樹木を持つ農村では、森林の開墾・水田化当初から数十年後まで、樹木の資源的利用と水稲生産との複数のシステムを共存させたファーミングシステムを機能させている。樹木システムが水稲システムに有益に働く場合には樹木における生物の多様度が高い。これらのシステムの間関係性と機能性については、農村に世代を継続した蓄積知識があることが今回の研究によって初めて明らかとなり、さらにその大部分については明確に実証が成されたと言える。測定結果によって、少なくとも大多数の樹木は水稲の生産を阻害しないことにより、水田における樹木の資源利用は持続的に可能な方法であることが初めて明確となった。このような研究成果は国際会議で発表され、内容を記し

たラオス語のパンフレット配布によって、調査対象村の村民および地元の試験研究機関と行政機関、大学に対し還元された。

なお農民の世代を超えた長期観察による樹木のイネの生育への影響に関する評価については、本研究の3年間の測定では明らかにし得なかった部分も多く、さらに究明の努力が必要である。

#### 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)

- ①足達慶尚・宮川修一・池口明子, ラオスの農村における野生生物資源利用とその意義, 東海作物研究, 査読無, 140巻, 2010, 17-17.
- ②宮川修一・神谷孔三・足達慶尚, ラオスの天水田におけるイネの刈り株の特性を用いた収量の推定, 東海作物研究, 査読無, 139巻, 2009, 9-9
- ③渡辺一生・河野泰之・舟橋和夫・宮川修一・星川和俊, タイ国東北部天水田集落における過去20年間の水田耕作の変遷-農社統合GISデータベースを用いた世帯レベルでの把握-, システム農学, 査読無, 25巻, 2009, 29-30.
- ④渡辺一生・星川和俊・宮川修一, タイ国東北部・ドンデーン村における天水田の区画改変とその水稻生産への影響, 農業農村工学会論文集, 査読有, 253巻, 2008, 45-52
- ⑤舟橋和夫・柴田恵介, 東北タイ農村ドンデーン村における世帯類型, 龍谷大学社会学部紀要, 査読無, 32巻, 2008, 70-83
- ⑥渡辺一生・星川和俊・宮川修一, タイ国東北部・ドンデーン村の過去70年間における天水田域拡大過程, 農業農村工学会論文集, 査読有, 251巻, 2007, 31-37

[学会発表] (計17件)

- ①宮川修一, 収量分析から見たラオスの天水田稲

作の可能性, 田んぼ国際環境教育会議, 2009.11.1, 山梨県北杜市清里清泉寮

②原田真里・宮川修一・川窪伸光, ラオス天水田内の樹木の形成する環境とイネの生育との関係, 第19回日本熱帯生態学会年次大会, 2009.6.20, 大阪市立大学

③Miyagawa, S., Overview of the project, International Symposium “Tree-Rice Ecosystem in the Paddy Fields of Laos”, 2008. 12. 11 ラオス国立農林業研究所

④Miyagawa, S., M. Seko, Rice Growth around Trees Measured by Sampling., International Symposium “Tree-Rice Ecosystem in the Paddy Fields of Laos”, 2008. 12. 11, ラオス国立農林業研究所

⑤Harada, M., S. Miyagawa, Solar Light Intensity and Rice Growth around Trees., International Symposium “Tree-Rice Ecosystem in the Paddy Fields of Laos”, 2008. 12. 11, ラオス国立農林業研究所

⑥Matsushita, Y., K. Hoshikawa, Geographical Distribution of Tree-Rice Ecosystem in Paddy Field, International Symposium “Tree-Rice Ecosystem in the Paddy Fields of Laos”, 2008. 12. 11, ラオス国立農林業研究所

⑦Funahashi, K., Y Adachi, Local Knowledge of Trees on Paddy Fields in Dong Khuai Village, International Symposium “Tree-Rice Ecosystem in the Paddy Fields of Laos”, 2008. 12. 11, ラオス国立農林業研究所

⑧Oba, S., N. Yuba, S. Miyagawa, Rice Growth around Trees Surveyed by Aero-photograph, International Symposium “Tree-Rice Ecosystem in the Paddy Fields of Laos”, 2008. 12. 11, ラオス国立農林業研究所

⑨Kokubo, M., N. Kawakubo, S. Miyagawa, Diversity of animals living on tree in paddy field, International Symposium

“Tree-Rice Ecosystem in the Paddy Fields of Laos”, 2008. 12. 11, ラオス国立農林業研究所

⑩Tomioka, R., C. Takenaka, Chemical Properties of Soil and Water around Trees in paddy field, International Symposium

“Tree-Rice Ecosystem in the Paddy Fields of Laos”, 2008. 12. 11, ラオス国立農林業研究所

⑪足達慶尚・宮川修一・神谷孔三, ラオス平野部の丘陵上天水田村内における地理的収量分布とその要因, 日本熱帯農業学会, 2008. 10. 18, 鹿児島大学農学部

⑫小久保美佳・宮川修一・川窪伸光, ラオス天水田内に存在する樹木に棲息する小動物の種類の特徴, 日本熱帯生態学会, 2008. 6. 20, 東京大学

⑬宮川修一・瀬古万木・足達慶尚・小久保美佳・川窪伸光・小坂康之, ラオス天水田内の樹木が形成する環境の特徴, 日本熱帯農業学会, 2008. 3. 29, 玉川大学農学部

他4編

[図書] (計5件)

①Miyagawa, S., White Lotus, An illustrated eco-history of the Mekong river basin, 2009, 297-297 (分担)

②宮川修一・足達慶尚・瀬古万木, めこん, ヴィエンチャン平野の暮らし, 2008, 73-94(分担)

③宮川修一・黒田洋輔, 弘文堂, 論集モンスーンアジアの生態史 第2巻 地域の生態史, 2008, 143-163(分担)

④宮川修一・竹中千里・小野映介・藤田裕子・安達真平, 弘文堂, 論集モンスーンアジアの

生態史 第1巻 生業の生態史, 2008, 49-70(分担)

⑤宮川修一, 弘文堂, 図録メコンの世界—歴史と生態—, 2007, 26-27 (分担)

[その他]

ホームページ等

<http://www1.gifu-u.ac.jp/~miya/tree&rice/treeericeopen.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  
星川 和俊 (HOSHIKAWA KAZUTOSHI)  
信州大学・農学部・教授  
研究者番号: 40115374  
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  
大場 伸也 (OBA SHINYA)  
岐阜大学・応用生物科学部・教授  
研究者番号: 80221836  
川窪 伸光 (KAWAKUBO NOBUMITU)  
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)  
総合地球環境学研究所・研究部・プロジェクト研究員  
研究者番号: 70444487

### (3) 連携研究者

なし