

平成 22 年 5 月 20 日現在

研究種目：基盤研究（A）
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18208028
 研究課題名（和文） 東南アジア大陸部における農業集約化進行による環境劣化の評価とその修復
 研究課題名（英文） Evaluation and restoration of environmental degradation caused by agricultural intensification in mainland Southeast Asia
 研究代表者
 縄田 栄治（NAWATA EIJI）
 京都大学・大学院農学研究科・教授
 研究者番号：30144348

研究成果の概要（和文）：東南アジア大陸部で進行する農業集約化の現状把握と、集約化に起因する環境劣化の評価およびその修復を目的として4年間の研究を実施した。主として長期間の臨地調査により、農業の集約化が依然進行中であること、様々な環境劣化が顕在化しつつあることを明らかにした。一方、特に貧栄養な砂質土壌が卓越するタイ東北部において、一連の圃場試験により、土壌特性・養分特性動態を明らかにし、好適な肥料管理法を提案した。また、集約度の推定手段として地域レベルの生産力地図の有効性を示した。

研究成果の概要（英文）：In order to understand the present status of agricultural intensification, evaluate resultant environmental degradations and develop methods of recovery in mainland Southeast Asia, present research had been carried out for 4 years. Long-term survey in the target areas clarified that agricultural intensification is still going on and some of environmental deteriorations are started to be observed. In Northeast Thailand, appropriate fertilizer management methods are proposed based on the results of field experiments, which showed soil and nutrient dynamics in this area. The availability of the utilization of land productivity maps was suggested as a tool for estimating the degree of agricultural intensification.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 18 年度	14,400,000	4,320,000	18,720,000
平成 19 年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
平成 20 年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
平成 21 年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
年 度			
総 計	31,400,000	9,420,000	40,820,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：境界農学・環境農学

キーワード：東南アジア大陸部、集約化、作付体系、持続性、農業環境、農薬、気候変化、畑作

1. 研究開始当初の背景

現在東南アジア大陸部では、様々な要因によって、急速に農業の集約化が進行している。

熱帯地域では、ごく一部で在来農業技術の内的発展によって集約化がもたらされている地域もあるが、多くは近代的な農業技術の導

入による集約化である。東南アジア大陸部における農業集約化進行の原因は様々であり、山地部・平原部・デルタ、それぞれで以下のように分類できる。

a. 山地部

a-1. 人口増による伝統的焼畑の破綻と常畑化進行による必然的集約化

a-2. 貨幣経済の地域への浸透による商品作物導入を契機とした集約化

a-3. ケシの代替作物導入による集約化

b. 平原部

b-1. 傾斜地上位部開発による畑作拡大と商品作物導入を契機とした集約化

b-2. 経済発展による個々の農家の農業への資本投入増大による集約化

c. デルタ

c-1. 政策変化による農家の生産意欲向上による集約化

c-2. 都市肥大化による集約的郊外園芸の拡大

c-3. 輸入型商品作物生産による集約化

原因の如何にかかわらず、農業集約化は、生産性の向上については農家所得の増加をもたらす他、特に山地部で顕著な効果が見られるように、狭小な地域を極端に集約化することにより生産性を向上させ、その結果余った地域の森林再生を果たすなど、地域環境の回復に一定の効果を示している。しかし、一方では、極端な集約化による周囲の環境に対する負荷の増大が懸念され、一部で顕在化している。また、山地・平原部の斜面やデルタでの集約農業における栽培環境の持続性についても懸念が残る。過度の集約化による栽培環境劣悪化は土地利用の放擲を生み出し、その結果としての放棄地の増大は、環境負荷の増大を意味する。また、栽培環境劣悪化による生産力低下は、農地の再拡大につながりかねない。このように、現在の急速な農業の集約化は、様々な問題を内包している。しかしながら、東南アジア大陸部における農業集約化の進行は、ごく近年急速に起こったものであり、上記の問題がどのように顕在化してくるか、その規模や発生メカニズムの詳細、さらにその対策は未だ明らかにされていない。

2. 研究の目的

本研究は、1で述べた状況の下、東南アジア大陸部各地の主として大河川支流の小流域を調査対象として、近年の農業集約化の実態と懸念される農業環境問題の詳細を明らかにし、政策策定者への基礎資料とするとともに、具体的対策を提言することを目的として実施した。

3. 研究の方法

本研究課題では、タイ北部・タイ中部・タイ東北部・ラオス北部・ベトナム北西部を研究調査対象として、栽培環境持続性の評価を行った。すなわち、リモートセンシングデー

タ分析、長期滞在現地調査における観察及び聞き取り調査、土壌特性変化の調査等から、現在の土地利用・農業体系の適正度を分析・評価した。農業集約度については、施肥・農薬使用・作付強度などから適正に推定した。集約化の土壌特性への影響については、現地での圃場試験により明らかにする。さらに、タイ北部・タイ中部では、土地生産力モデルを適用して、集約度の数的評価を行った。

4. 研究成果

(1) 農業集約化の土地利用・農業体系・作付体系に及ぼす影響：タイ北部では、1980年代に焼畑が禁止された地域で調査を行い、常畑化が化学肥料の使用・商品作物導入を進めたこと、集約化により主食作物の陸稲の生産性が向上したことが明らかになった。また、農業の集約化に複数の政府機関・NGOの活動が関わっていることが示された。タイ中部では、20世紀半ばに開発された畑作地域を対象に作付体系をデータベース化し、それを基に作付体系地図(図1)を作成した。この地域の作付

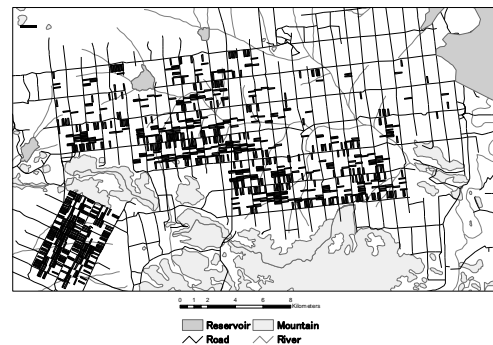


図1. 中部タイ畑作地帯におけるトウモロコシ二期作の分布

体系は多様であるが、トウモロコシを基幹とした二毛作が減少し、より環境ストレス耐性に優れる、サトウキビとキャッサバが増加していることが明らかとなった。ラオス北部では、主として焼畑を主要な生業とする中高地を対象に調査を行い、タイ北部同様、森林資源保護のための焼畑の制限が進められ、休閑期間の短縮が進行し、一部では常畑化しつつあるが、肥料の利用は進んでおらず、生産性の低下が懸念されることが示された。ベトナム北部では、やはり山岳地帯を対象に調査を行い、長期的には森林の農地開発が政策により大きく影響されていることが示唆された。現在は、農地開発が制限され、森林面積が回復している一方、農地の集約的利用が進行していることが明らかになった。

(2) 集約化進行下における肥培管理と土壌特性：タイ東北部では、1960年代後半以降に常畑化された地域の農家圃場を対象に調査を行い、化学肥料の施肥は全体的な生産性の向上に寄与しているものの、収量と施肥量に相関がなく、また、窒素肥料回収率も施与量の

多い農家ほど低く、適正な施肥体系が確立していないことが明らかとなった。また、コンケン大学農学部圃場試験によりサトウキビの栽培試験を行い、タイ東北部に卓越する砂質土壌では、サトウキビの生育は主として窒素とカリウムが規定すること、土壌有機物のうち粗大有機物量が土壌微生物バイオマス規定要因の一つであることが示された。さらに、キャッサバの圃場試験では、生育および収量の第一の規定要因がカリウムであり第二が窒素であること、持続的な栽培には養分循環に重要な表層土壌を失わない土壌管理が必要であることが明らかになった。トウモロコシの圃場試験では、雨季開始直後に有効態窒素含量が増加すること、雨季後半に栄養分の溶脱量が増加すること、溶脱量は時として施肥量の7割に達することが示された。

(3) 都市近郊園芸における栽培環境劣化：急速に肥大するバンコクの近郊の園芸農家において、施肥管理の適正度および残留農薬の調査を行った。バンコク西方に分布するアスパラガス生産農家圃場では、化学肥料の連用により、栄養分、特にりんごの蓄積が進み、土壌表層には、多量の有効態りんごが蓄積が認められた。また、農薬使用量から予想されるほどの土壌残留農薬や河川・運河の水質汚染はなかったが、停滞水では一部水質汚染が認められた。

(4) 気象データベースの構築：北部タイの近年10年間の気温、日射、降雨のデータを用い、気象データベースを構築し、GISを用いて地図化した。北部タイは高標高の地域が多く、熱帯とはいえ、乾季前半には相当気温が低くなること、日射量は比較的年変動は少なく、乾季後半に大きく雨季後半に小さくなること、降雨は年変動が大きく、地域内変動が大きいことが示された。特に、地図化により、気候の域内変動が明示され、高標高地域にも乾燥した地域が広がることを示された。

(5) 収量モデルによる生産力推定：中部タイ畑作地帯および北部タイ全域を対象に、飼料用トウモロコシの生産力地図を作成した。日本での圃場試験により、収量モデルのパラメータの決定を行った後、中部タイ及び北部タイの農家圃場を用いて、モデルの検証を行った結果、構築したモデルが適用可能であることが示された。このモデルと、前項で述べた気象データベースおよび土壌特性データを用いて、対象地域の生産力推定を行い、GISを用いて地図化した(図2)。作物生育収量の規定要因を気温と日射量に限った潜在収量モデルでは、資料用トウモロコシの生産性が、両地域とも潜在的には非常に高いことが明らかになった。規定要因に水ストレスと湛水の影響を組み込んだ達成可能収量モデルでは、域内変動が大きく、降雨分布・降雨量に優れる地域の生産性が高いこと、実収量との

比較により、集約度の進行程度が推定できることが示された。

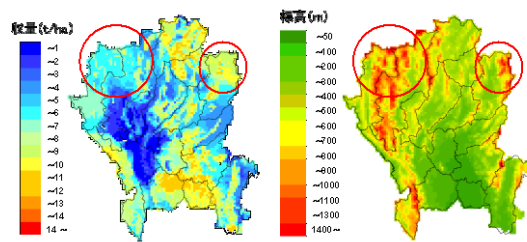


図2. タイ北部の飼料用トウモロコシ達成可能収量(左、1999~2008年の平均)の分布と標高(赤丸は高標高で収量に違いが見られる地域)

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17件)

1. Kono, Y., N. Badenoch, S. Tomita, L. Douangsavanh, and K. Nonaka: Agency, opportunity and risk: Commercialization and human-nature relationships in Laos. *Southeast Asian Studies* 47 : 365-373, 2010. 査読有.
2. Harigane, I., T. Sakuartani, H. Higuchi, E. Nawata, S. Asanao, S. Yamamoto and I. Maskow. Hydraulic lift in Mango trees (*Mangifera indica* L.) and early growth of intercropped groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Trop. Agric. Dev.*, 53 : 90-94. 2009. 査読有.
3. Kadono, A., S. Funakawa and T. Kosaki. Factors controlling potentially mineralizable and recalcitrant soil organic matter in humid Asia. *Soil Sci. Plant Nutr.* 55 : 243-251, 2009. 査読有.
4. Leisz, S. J., Y. Kono, J. Fox, M. Yanagisawa and T. Rambo. Land use changes in the uplands of Southeast Asia: Proximate and distant causes. *Southeast Asian Studies* 47 : 237-243, 2009. 査読有.
5. Dao M. T., Y. Kono, M. Yanagisawa, S. J. Leisz, and S. Kobayashi. Linkage of forest policies and programs with land cover and land use changes in the Northern Mountain region of Vietnam: A village-level case study. *Southeast Asian Studies* 47 : 244-262, 2009. 査読有.
6. Hirota I., E. Nawata, A. Nakanishi and S. Sipasak. Allometric equations to estimate aboveground biomass of four bamboo species in shifting cultivation fields in northern Laos. *Bamboo J.* 25:18-25. 2008. 査読有
7. Watanabe, T., N. Ogawa, S. Funakawa, and T. Kosaki: Relationship between chemical and mineralogical properties and the rapid response to acid load of soils in humid Asia: Japan, Thailand and Indonesia. *Soil Sci. Plant Nutr.* 54 : 856-869, 2008. 査読有.

8. Fujii, K., S. Funakawa, C. Hayakawa, S. Sukartiningih and T. Kosaki. Quantification of proton budgets in soils of cropland and adjacent forest in Thailand and Indonesia. *Plant & Soil*. 316 : 241-255, 2008. 査読有.
 9. Funakawa, S., T. Watanabe and T. Kosaki. Regional trends in the chemical and mineralogical properties of upland soils in humid Asia: With special reference to the WRB classification scheme. *Soil Science and Plant Nutrition*. 54:751-760. 2008. 査読有.
 10. Nakao, A., S. Funakawa, T. Watanabe and T. Kosaki. Pedogenic alterations of illitic minerals represented by Radiocesium Interception Potential in soils with different soil moisture regimes in humid Asia. *European Journal of Soil Science*. 60:139-152. 2008. 査読有
 11. Funakawa S., T. Minami, Y. Hayashi, S. Naruebal, C. Noichana, T. Panitkasate, R. Katawatin, T. Kosaki and E. Nawata. Process of runoff generation in different cultivated slopes in Northern and Northeast Thailand. *Japan. J. Trop. Agric.* 51:12-21. 2007. 査読有
 12. Yanai, J., S. Nakata, S. Funakawa, E. Nawata, R. Katawatin, T. Tulaphitak and T. Kosaki. Evaluation of nutrient availability of sandy soil in Northeast Thailand with reference to growth, yield and nutrient uptake by maize, *Japan. J. Trop. Agric.* 51: 169-176. 2007. 査読有.
 13. 縄田栄治、熱帯農学におけるモデル・リモートセンシングデータの活用と現地調査の融合、*熱帯農業*. 51:209-215. 2007. 査読有.
 14. Watanabe, T., S. Funakawa and T. Kosaki. Profile description, properties, and classification of seven typical upland soils formed under different climatic conditions in Japan, Thailand, and Indonesia. *Pedologist* 51:24-35. 2007. 査読有.
 15. 赤松美紀、タイの農薬事情—バンコク近郊農業地帯における環境中の残留農薬—、*日本農薬学会誌*. 33:204-208. 2007. 査読無.
 16. Funakawa S., J. Yanai, Y. Hayashi, T. Hayashi, T. Watanabe, C. Noichana, T. Panitkasate, R. Katawatin, T. Kosaki and E. Nawata. Soil organic matter dynamics in a sloped sandy cropland of Northeast Thailand with special reference to the spatial distribution of soil properties. *Japan. J. Trop. Agric.*, 50 : 199-207, 2006. 査読有.
 17. Kanazawa H., K. Hoshikawa and E. Nawata. The changes in land use and agriculture of Karen People in North Thailand -A case study of Sam Sop Bon village-. *Japan. J. Trop. Agric.*, 50 : 133-141, 2006. 査読有.
- [学会発表] (計 11 件)
1. 加古萌、縄田栄治、Sakda Jongkaewwattana、収量モデルを利用したタイ北部山岳地帯における飼料用トウモロコシ生産力の推定、日本熱帯農業学会第 107 回講演会 2010/3/28、千葉大学環境健康フィールド科学センター。
 2. 堀田みなつ、杉原創、中尾淳、舟川晋也、縄田栄治、東北タイ・砂質畑作地の作物近傍における土壌微生物の分布と季節変動～粗大有機物の影響に着目して、日本熱帯農業学会第 107 回講演会 2010/3/28、千葉大学環境健康フィールド科学センター。
 3. 宮島知子、縄田栄治、Roengsak Katawatin、タイ東北部におけるサトウキビ生産性の限定要因、日本熱帯農業学会第 107 回講演会 2010/3/28、千葉大学環境健康フィールド科学センター。
 4. 村上峻一、縄田栄治、Supamard Panichsagdipathana、タイ中部畑作地帯における作付体系の変遷とその評価、日本熱帯農業学会第 107 回講演会 2010/3/28、千葉大学環境健康フィールド科学センター。
 5. Funakawa, S., Shinjo, H., Kadono, A., and T. Kosaki. Factors controlling the in situ decomposition rate of soil organic matter in different bioclimatic conditions of Eurasia. The 9th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies. 2009/10/27. Seoul Olympic Parktel Hotel, Seoul, Korea
 6. 渡辺一生、河野泰之、舟橋和夫、宮川修一、星川和俊: 総合的村落研究に基づく地空間的データベースの構築—タイ国東北部・ドンデーン村における水稲生産及び世帯調査を中心として—。熱帯農業学会第 105 回講演会、2009/3/28、日本大学生物資源科学部。
 7. 柳澤雅之、コメント: 東南アジア生態史の構築に向けて、第 79 回東南アジア学会セッション『東南アジア生態史の構築に向けて』, 2008/6/8、大阪大学
 8. Sripachot A., T. Inoue, K. Ochiai and T. Match. Cadmium uptake by *Indica* rice plants. 日本土壤肥料学会、2008/9/9、名古屋市立大学.
 9. Sugihara, S., S. Funakawa and T. Kosaki, Field measurement of short-term dynamics of soil organic matter and microbial biomass after simulated rainfall in two different soil texture croplands in tropical Thailand. 8th Conference of the East and Southeast Asian Federation of Soil Science. 2007/10/23. Tsukuba, JAPAN
 10. 松田晃・山崎恭子・間藤徹、水溶性窒素分析に基づく家畜糞堆肥の肥効の評価 土壌の違いと化学肥料併用の影響. 日本土壤肥料学会. 2007/8/24. 東京農業大学.
 11. 大野令美奈・縄田栄治、北タイ少数民族カレンの村における自給作物栽培の位置づけ、熱帯農業学会第 101 回講演会. 2007/4/1. 東京農業大学.

〔図書〕(計 6 件)

1. 杉原薫, 川井秀一, 河野泰之, 田辺明生 (編): 地球圏・生命圏・人間圏ー持続型生存基盤とは何かー京都大学学術出版会、427、2009.
2. 河野泰之 弘文堂 序論 変革を乗り越える人と自然の相互作用 (『論集 モンスーンアジアの生態史 第1巻 生業の生態史』(河野泰之編, 秋道智彌監)所収). 250 (pp. 1-7)、2008.
3. 河野泰之, 加藤真, 百村帝彦 弘文堂 東南アジア大陸部の雨緑樹林と農の生態 (『論集 モンスーンアジアの生態史 第1巻 生業の生態史』(河野泰之編, 秋道智彌監)所収)、250 (pp. 9-27)、2008.
4. 河野泰之、人文書院、動かない森、変転する森ーラオスの森林の100年誌ー (『東南アジアの森に何が起きているかー熱帯雨林とモンスーン林からの報告』(秋道智彌, 市川昌広編) 所収)、282(pp. 23-44)、2008.
5. 広田勲・中西麻美・縄田栄治・河野泰之、弘文堂、第8章 東南アジア大陸部の焼畑と村落の変容 (『論集 モンスーンアジアの生態史 第2巻 地域の生態史』(クリスチャンダニエルズ編, 秋道智彌監) 所収)、271(pp. 165-180)、2008.
6. 縄田栄治、京都大学学術出版会、第6章 耕地の崩壊と東南アジアの農業、「生物資源から考える 21世紀の農学 第1巻 作物生産の未来を拓く」、252 (pp. 153-188)、2008.

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

縄田栄治 (Eiji NAWATA)

京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号: 30144348

(2) 研究分担者

間藤徹 (Toru MATOH)

京都大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号: 50157393

赤松美紀 (Miki AKMATSU)

京都大学・大学院農学研究科・准教授
研究者番号: 70183134

河野泰之 (Yasuyuki KONO)

京都大学・東南アジア研究所・教授
研究者番号: 80183804

舟川晋也 (Shinya FUNAKAWA)

京都大学・大学院地球環境学堂・教授
研究者番号: 20444577

矢内純太 (Junta YANAI)

京都府立大学・大学院農学研究科・准教授
研究者番号: 00273491

柳澤雅之 (Masayuki YANAGISAWA)

京都大学・地域研究統合情報センター・准教授

研究者番号: 80314269