

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：82107

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25292210

研究課題名(和文) 湿潤熱帯アジア森林-農業景観における生物多様性・生態系サービス評価

研究課題名(英文) Assessing biodiversity and ecosystem services along a gradient from forest to agricultural landscape of humid tropical Asia

研究代表者

大久保 悟 (Okubo, Satoru)

国立研究開発法人 農業環境技術研究所・生物多様性研究領域・主任研究員

研究者番号：30334329

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：インドネシア・西ジャワ地域を事例に、農業生態系が享受する生態系サービス発現に関わる生物多様性および地域農民の生態系サービスに対する認識を調査した。その結果、残存天然林が生態系サービスの発現に関わる生物種群の大きな多様性の供給源であること、その供給源に近い植林地や樹木園では生物多様性が担保されると同時に、生態系サービスに関する地域住民の意識も高まることが示された。天然林から遠い集落では、伝統的に維持管理されてきたアグロフォレストと呼ばれる樹木園が生物多様性と生態系サービスの供給元になっていることもわかった。

研究成果の概要(英文)：We assessed socio-ecological aspects of ecosystem services with special reference to biodiversity in a forest-agricultural landscape in West Java, Indonesia, with the aim of identifying suitable landscape management practices for ensuring the delivery of multiple ecosystem services. The results show that both local people's perceptions of ecosystem services and the functional biodiversity of birds and insect pollinators generally decreased from the remnant forest to human-modified ecosystems. Among the human-modified ecosystems, mixed-tree agroforests exhibited the highest biodiversity and were perceived as sources of various ecosystem services. Therefore, to conserve the diversity of birds and pollinators as well as to preserve services, protection of forests should be a priority. Moreover, the expansion of agroforests in buffer zones around the forest could reduce human pressure on the remnant forest while enhancing biodiversity by establishing them close to the remnant forest.

研究分野：景観生態学

キーワード：農業生物多様性 生態系機能 景観管理 送粉サービス 社会生態学的システム

### 1. 研究開始当初の背景

地球環境問題の一つである生物多様性損失は、問題の深刻化が進んでいる。国際的な枠組みである生物多様性条約において、2010年までに生物多様性の損失速度を顕著に減少させるという目標を2002年に採択したが、その目標は達成できなかったことが報告された( SCBD, 2010)。生物多様性損失は、地球温暖化など他の地球環境問題と比較しても突出して地球システムの自律的回復レベルを超えており、早急な対策が求められている( Rockström et al., 2009)。

とくに生物多様性の宝庫でありながらその損失が著しい湿潤熱帯アジアでは、人口増加や市場経済化のなかで、開発と保護を両立する方策が求められている。自然保護区面積は着実に増加している一方で減少する生物多様性の現況( SCBD, 2010)を受け、保護区内だけではなく周辺の適切な保護・保全管理が重要で、保護区と周辺地域を明確に分離するのではなく、保護区の周辺に環境保全型農業を展開させ、地域全体で生物多様性を担保する空間計画が必要といわれている( Perfecto & Vandermeer, 2010)。

これまで申請者らを含む多くの研究で、農林地がモザイク状の構造となっている農業景観は、森林性生物の代替生息地となるとともに独自の高い生物多様性が確保されていることが明らかになっており、生産活動の中で生物多様性を保全することが可能であることが示されてきている。また、地域の生物多様性を高めることで、農林地を含む生態系機能の向上と安定に寄与し、人間の生存に必要な多様な生態系サービスの発現につながるといわれており( Tschamtket et al., 2005), いくつかの研究で生物多様性と生態系機能および生態系サービスの関係性が実証されてきている( Otieno et al., 2011)。人為の影響下で生物生息空間を担保するには多くの困難を要するが、農業景観全体で生物多様性保全を図ることで、農業生産の向上と安定をもたらし、地域農民が生存に必要な様々な自然資源を生態系サービスとして安定的に享受できることを示すことで、積極的な地域農民の関与に基づいて生物多様性保全と生産活動を両立させることができ、かつ自然資源に依存した貧困農民の生存基盤を確保する上でも重要である。

しかし、こうした知見は、日本やヨーロッパ諸国など温帯域での研究によるもので、とくに生物多様性の損失が著しい湿潤熱帯アジア地域での事例はきわめて限定的な状況である。また、生物多様性の評価において、単純に総種数を扱うことが多く、天然林など自然生態系に依存した種群なのか、花粉媒介や病虫害抑制など農業生産の場で利益(生態系サービス)をもたらし機能性を持った種群なのか、明示的に区別した事例も限定的である。人為攪乱に対する機能群別の応答が不明確であることは、モザイク農業景観で総種数が増加すると評価された場合、天然林開発の免罪

符となり、森林生態系依存の種群の減少を引き起こす可能性があること、生態系サービス発現に寄与する機能群の存在が明示できなければ、地域営農者の積極的関与が期待できないこと、という2つの問題に対処することができない状況にある。

### 2. 研究の目的

以上の背景から、本研究では、天然林が残存するものの、周辺の農地開発や農業集約化により生物多様性保全の対策が早急に求められているインドネシア・西ジャワ地域を事例調査地域として、多様な食物ギルドから構成され、花粉媒介や病虫害抑制など農業生態系における調整サービスの発現に寄与することが知られており、かつ景観構造の違いの影響を受けやすい鳥類および送粉昆虫を評価対象に、以下の3つの疑問点に答えることを目的とする。この理解を通じて、熱帯林の希少な生物多様性を含めた森林-農業生態系全体の生物多様性を、農業生産の場において利活用しながら保全するための農業景観および土地管理のあり方を検討し、地域社会協働で生物多様性を利活用しながら保全する自然共生社会のあり方を例示する。

1. 島状に残る熱帯林から農業景観までの攪乱傾度に沿って、異なる栄養段階にある様々な生物種群の種構成・種数がどのように変化するのか？また、森林性種群や、生態系サービス発現に潜在的に寄与する機能群ごとの種数や機能群の多様性などに応答の違いはあるのか？
2. 攪乱傾度に沿って森林性種群の種数の減少が予測されるが、その急激な減少を抑える農林業的土地利用の形態はありえるのか？あり得た場合、天然林やその他の土地利用との空間的位置関係や管理状態に関して、どのような条件が必要なのか？
3. 農業生態系において花粉媒介と病虫害抑制といった生態系サービス発現に潜在的に寄与する機能性を持った生物種群の分布を規定する景観構造や土地管理状況は何か？こうした機能群の分布が、作物の結実や病虫害抑制に実際に関与するのか？

### 3. 研究の方法

本研究の目的である森林-農業生態系の人為攪乱傾度に沿った生物多様性の変化を捉えるため、農地拡大や集約化が著しい一方で、伝統的な農林地管理が残存し、かつ状態の良い天然林が残存している、インドネシア・西ジャワにおいて多くの野生生物の生息が確認されているグデ山国立公園に近接し、周辺の農地や市街地開発が進展しながらも、天然林施業区域として状態の良い熱帯高地林の植生が残されている範囲を調査地として選定した。本対象地は島状に残存する熱帯高地林を起点として、農業的土地利用の様子が異なる複数の小集水域がみられるため、攪乱傾度の異なる森林-農業生態系の中での生物多様性の応

答関係を把握するのに最適な調査地といえる。

まず、対象地の土地利用図を作成するために QuickBird 高解像度衛星画像データの判読を行い、対象地の土地利用を、残存天然林、天然林の周辺に位置する広葉樹および針葉樹植林地、熱帯地域に特有の土地利用である、果樹を中心とした樹木園と竹林、畑地、水田、集落の 8 タイプに分類した。

作成した土地利用図をもとに、森林から農業生態系の人為攪乱傾度に沿うように生物相調査地点を設定し、残存天然林で 22 地点、広葉樹植林地で 13 地点、針葉樹植林地で 11 地点、樹木園で 13 地点、竹林で 13 地点、畑地で 12 地点、水田で 15 地点、集落で 13 地点、合計 112 地点において鳥類の点センサス調査を行った。あわせて、調査地点を中心とした半径 50m 内の植生調査を行った。また上記の調査地点から、天然林 14 地点、広葉樹植林地 7 地点、針葉樹植林地 2 地点、樹木園 1 地点、畑地 1 地点、水田 2 地点、集落 6 地点を除いた 79 地点において、赤、青、黄、白の 4 色セットのパントラップを用いた送粉昆虫相の調査を行った。

地域農民の生態系サービスに関する認識調査を行うために、対象地域内にある 18 カ所の集落から、土地所有形態による階層別無作為抽出により 138 名の調査対象者を選定した。地域の有識者への事前聞き取り調査をもとに作成した 23 種類の生態系サービスに関する認識と、その発現に必要な土地利用(生態系)について把握を行った。

その他、日本国内においても農業生物多様性と生態系サービスを把握する手法の検討を行った。

#### 4. 研究成果

土地利用による種数および種組成の違いを解析したところ、残存天然林は最も種数が豊富であるとともに、森林スペシャリスト種を中心とした固有の組成であることがわかった。調査地点を中心に半径 50m 円内の植生構造、天然林までの距離(天然林内の調査区の場合は天然林縁までの距離のマイナス値)および土地利用を説明変数とし、全種数および機能タイプ別の種数を応答変数とした一般化線形モデルを使った解析を行ったところ、森林スペシャリスト種数や食虫性種数には森林縁までの距離が負に影響する結果となった。森林スペシャリスト種数は全種数やインドネシア固有種数については土地利用の違いが強く影響し、いずれも天然林が最大であったが、果樹を中心とした樹木園でインドネシア固有種数が高いことがわかった(図 1)。これらのことから、鳥類でみた場合、森林スペシャリスト種を保全するために天然林の保護は必須であるが、一部の生態系機能に関わる種群やインドネシア固有種の生息地として、人為生態系、とくに伝統的なアグロフォレストが重要

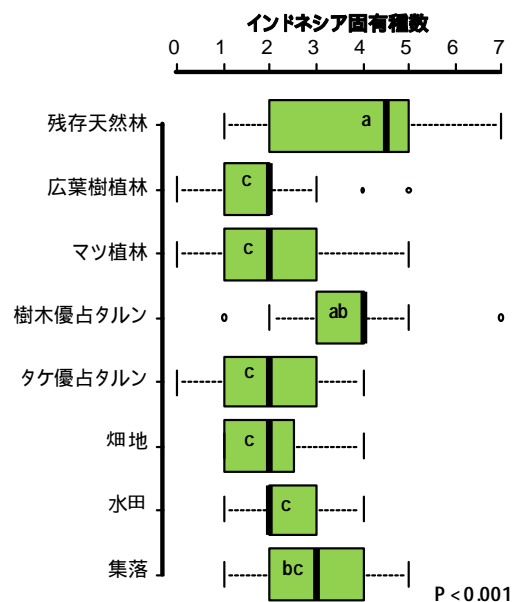


図 1 インドネシア西ジャワの流域上部における土地利用とインドネシア固有鳥類種の関係 (Muhamad et al., 2013より作成)。

であることが示された。

また、送粉昆虫全般およびハナバチ類の多様度は、残存天然林で最も高く、果樹を中心とした樹木園がそれに続いた。調査地点を中心に半径 50m 円内の植生構造、天然林までの距離(天然林内の調査区の場合は天然林縁までの距離のマイナス値)および土地利用を説明変数とし、全種数および機能タイプ別の種数を応答変数とした一般化線形モデルを使った解析を行ったところ、局所的な変数の影響が大きく、水田や畑地の中でも木本被覆率が高くなると種数が増加する傾向があった。これは、農地内に樹木を確保すること、またはアグロフォレストリーのような土地利用を展開することが、送粉サービスの向上につながることを示す結果となった。

地域農民の生態系サービスに関する認識調査を解析したところ、残存天然林に近い集落到に居住しているほど様々な生態系サービスに高い認識を持っていることがわかり(図 2)、そのサービス供給源の多くが残存天然林であった。また、送粉や生物防御サービスも広く認識されていることがわかった。天然林から離れるに従って生態系サービスに対する認識程度は低下するものの、残存天然林に変わって果樹を中心とした樹木園がサービス供給源として強く認識されることがわかった。すなわち、日常的に接する樹木に被覆された土地利用が生態系サービスの供給源として認識されていた。

以上のことから、残存天然林が生態系サービスの発現に関わる生物種群の大きな多様性の供給源であること、その供給源に近い植林地や樹木園では生物多様性が担保されると同時に、生態系サービスに関する地域住民の意

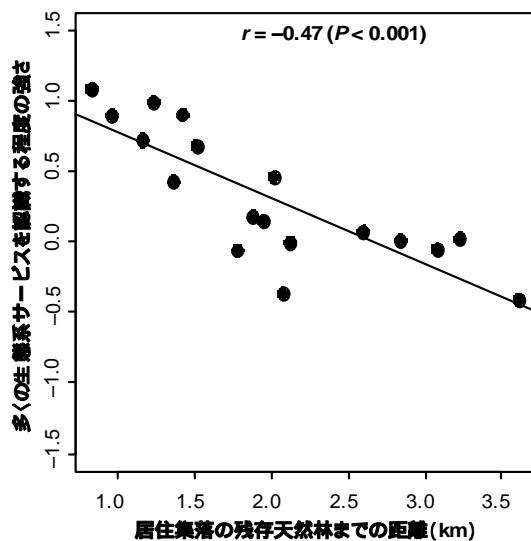


図2 インドネシア西ジャワにおける天然林までの距離が異なる集落に居住する農民の生態系サービスに関する認識の違い (Muhamad et al., 2014より引用・改変)。

識も高まることが示された。天然林から遠い集落では、伝統的に維持管理されてきたアグロフォレストと呼ばれる樹木園が生物多様性と生態系サービスの供給元になっていることもわかった。そのため、残存する天然林の適正な保護が重要だが、持続的な森林資源利用を担保した上で地域住民のアクセスを維持することが、地域の生態系がもたらすサービスを理解するのに必要といえる。また、多様な樹種から構成される樹木園を集落周辺に配置することも重要と結論づけられた。

その他、日本国内においては、全球規模で行われた農業生産における送粉サービスの価値評価手法をもとに、都道府県別のサービス評価を行った。その結果、2013年時点の日本における送粉サービスの総額は約4,700億円、同年の耕種農業産出額(約5兆7,000億円)の8.3%を占めることがわかった。飼養昆虫のセイヨウミツバチやマルハナバチ類によるサービスの総額は約1,000億円と推定されたのに対し、野生送粉者による貢献は約3,300億円と算出された。リンゴやオウトウ、ウメといった果樹生産の盛んな県で送粉サービスの恩恵を受けており、最大で県内耕種農業産出額の27%を野生送粉者によるサービスに依存していることがわかった。

#### <引用文献>

1. Secretariat of the Convention on Biological Diversity [SCBD] 2010. Global Biodiversity Outlook 3. Montréal, Canada, 94pp.
2. Rockström J et al. 2009. A safe operating space for humanity. *Science* 461: 472-475.
3. Perfecto I & Vandermeer J 2010. The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proc Natl Acad Sci USA* 107: 5786-5791.
4. Tschamtko T et al. 2005. Landscape

perspectives on agricultural intensification and biodiversity: ecosystem service management. *Ecol. Lett.* 8: 857-874.

5. Otieno M et al. 2011. Local management and landscape drivers of pollination and biological control services in a Kenyan agro-ecosystem. *Biol Cons* 144: 2424-2431.

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

1. Abdoellah OS, Parikesit, Okubo S, Withaningsih S, Takeuchi K, Mizuno K. 2015. Perceptions of owners on the roles and future of bamboo-tree gardens in the agricultural landscape of the Upper Citarum Basin, West Java-Indonesia. *Agricultural Sciences* 6: 1333-1351  
DOI: 10.4236/as.2015.611128
2. 小沼明弘・大久保悟. 2015. 日本における送粉サービスの価値評価. *日本生態学会誌* 65: 217-226.
3. 大久保悟. 2015. 湿潤熱帯アジア農村ランドスケープにおける生物多様性と生態系サービス評価. *ランドスケープ研究* 79: 145-148.
4. Nakamura S, Tsuge T, Okubo S, Takeuchi K, Nisikawa U. 2014. Exploring factors affecting farmers' implementation of wildlife-friendly farming on Sado Island, Japan. *Journal of Resources and Ecology* 5: 370-380.  
DOI: 10.5814/j.issn.1674-764x.2014.04.013
5. 中澤菜穂子・神山千穂・齊藤修・大黒俊哉・武内和彦. 2014. 能登地域のキノコ・山菜の採取活動と生態系サービス. *土木学会論文集 G (環境)* 70: II\_141-II\_150.  
DOI: 10.2208/jscej.70.II\_141
6. Muhamad D, Okubo S, Harashina K, Parikesit, Gunawan B, Takeuchi K. 2014. Living close to forests enhances local people's knowledge and perception of ecosystem services. *Ecosystem Services* 8: 197-206.  
DOI: 10.1016/j.ecoser.2014.04.003
7. Muhamad D, Okubo S, Miyashita T, Parikesit, Takeuchi K. 2013. Effects of habitat type, vegetation structure, and proximity to forests on bird species richness in a forest-agricultural landscape of West Java, Indonesia. *Agroforestry Systems* 87: 1247-1260.  
DOI: 10.1007/s10457-013-9633-x

〔学会発表〕(計9件)

1. 筒井優・馬場友希・田中幸一・宮下直. 2016. 水田における「ただの虫」の多様性と天敵アシナガゲモ類の動態. 第63回日本生態学会大会, 2016年3月20-24日, 仙台.
2. Miyashita T, Tsutsui M. 2015. Dual values for biodiversity conservation in agricultural landscapes. MARCO Symposium 2015 Workshop 2 "Perspectives on Sustainable

- Agriculture in Monsoon Asia: Biodiversity-Friendly Farming and Landscape Management”, 26–28 August 2015, Tsukuba.
3. 筒井優・馬場友希・田中幸一・宮下直. 2015. 水田におけるただの虫の多様性とアシナガグモ 類の個体数:農法と森林の影響. 第 62 回日本生態学会大会, 2015 年 3 月 18–22 日, 鹿児島.
  4. Muhamad D, Okubo S, Harashina K, Parikesit, Gunawan B, Takeuchi K. 2014. Living close to forests enhances local people’s knowledge and perception of ecosystem services. The 1st Asia Parks Congress, 13–17 November 2013, Sendai, Japan.
  5. Muhamad D, Okubo S, Miyashita T, Parikesit, Takeuchi K. 2014. Effects of local and landscape conditions on insect pollinators in a forest–agricultural landscape of West Java, Indonesia. World Congress on Agroforestry 2014, 8–13 February 2014, Delhi, India.
  6. Miyashita T. 2014. High effectiveness of environmentally friendly farming on paddy-dwelling organisms in heterogeneous landscapes and its comparison with dry croplands. International Symposium on “Ecosystem Service and Landscape Structure, GCOE program (Asian Conservation Ecology)”, 10 February 2014, Fukuoka.
  7. 筒井優・馬場友希・田中幸一・宮下直. 2014. 農法と周辺景観が水田のアシナガグモ 類の季節動態に及ぼす影響. 第 30 回個体群生態学会, 2014 年 10 月 10–12 日, つくば.
  8. 筒井優・馬場友希・田中幸一・宮下直. 2014. 農法と周辺景観が水田のアシナガグモ: 類の季節動態に及ぼす影響. 第 61 回日本生態学会大会, 2014 年 3 月 14–18, 広島.
  9. 福島友滉・宮下直. 2014. 景観構造と農法が水田における造網性クモ類と昆虫群集に与える影響. 第 61 回日本生態学会大会, 2014 年 3 月 14–18, 広島.

〔図書〕(計 3 件)

1. 山本勝利・楠本良延・大久保悟. 2015. 二次的な自然環境. 日本生態学会編「人間活動と生態系 (シリーズ 現代の生態学)」, 共立出版, 東京, pp. 67-86.
2. 大久保悟. 2014. なぜ里山の生物多様性を守るのか?: 地域生態学から捉える. 「アジアの環境研究入門」, 東京大学出版会, 東京, pp. 66-83.
3. 大久保悟. 2013. 農業生産システムを生態系として捉える: 生産と生物多様性保全の両立. 東京大学アジア生物資源環境研究センター編「アジアの生物資源環境学: 持続可能な社会をめざして」, 東京大学出版会, 東京, pp. 23-42.

〔その他〕

研究成果 (一部) のプレスリリース (タイトル「農作物の花を訪れる昆虫がもたらす豊かな実り - 日本の農業における送粉サービスの経済価値を評価 - 」)  
<http://www.niaes.affrc.go.jp/techdoc/press/160204/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大久保 悟 (OKUBO, Satoru)  
国立研究開発法人農業環境技術研究所・  
生物多様性研究領域・主任研究員  
研究者番号: 30334329

(2) 研究分担者

宮下 直 (MIYASHITA Tadashi)  
東京大学・大学院農学生命科学研究科・  
教授  
研究者番号: 50182019

大黒 俊哉 (OKURO Toshiya)  
東京大学・大学院農学生命科学研究科・  
教授  
研究者番号: 70354024