

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24241011

研究課題名(和文)水田の生物がもたらす生態系サービスの賢い利用を導く技術と社会の総合研究

研究課題名(英文)Multidisciplinary research on wise use of ecosystem services in rice-field ecosystems

研究代表者

夏原 由博(Natuhara, Yoshihiro)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：20270762

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 25,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、人と自然が調和した共生によって水田の生物多様性を保全するための、学際的研究である。生物多様性が生態系サービスの基盤であることは、花粉媒介等について知られているが、水田生態系に関する研究は乏しい。本研究では、水生動物の存在が、土壌や水質の変化を通じて、稲収量に有効な場合もあることを明らかにした。ランドスケープスケールでの多様な生物攪乱が生物群集の組成や食物網構造に与える影響を調査することで、農法変化による生物多様性への影響を明らかにした。農地での生物多様性保全には、農家や消費者の認識や行動が重要であり、個人のリスク態度や社会関係資本と生物多様性に対する認知や行動との関係を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This study is a multidisciplinary research to promote biodiversity conservation in rice fields by agricultural practice harmony with nature. The fact that biodiversity is a fundamental of ecosystem services is well known by pollination and natural enemies. However researches on that of rice field ecosystems are scarce. We found out that aquatic animals such as tubifex and fish can contribute rice yield through the changes in soil and water quality. We also found that disturbances in landscape scales such as irrigation affect biodiversity in rice fields. Cognition and action of farmers and consumers are important for biodiversity conservation in rice fields. We clarified relationships among the cognition and action to biodiversity, social capital and risk attitude of individuals.

研究分野：生態学

キーワード：水田 生物多様性 生態系サービス リスク 不確実性 生態系エンジニア 環境保全型農業

## 1. 研究開始当初の背景

生物多様性条約 COP10 で、2010 年に向けた生物多様性目標が達成できなかった原因のひとつは、食料増産の必要による自然生態系の農地等への転換である。モンスーンアジアで生物多様性を維持・再生していく上で、国民生活とのかかわりが大きい水田が極めて大きな意味をもつ。

生物多様性が生態系サービスの基盤であることは、花粉の媒介や天敵の役割についてよく知られているが、土壌や水中の物質収支への影響に関する研究は乏しい。しかし、イトミミズや魚の存在が、土壌や水質の変化を通じて、稲収量や温室効果ガス量に有効な場合もある。水田生態系において、魚類のみならず多様な生物攪乱が低次生物群集の組成や食物網構造に与える影響を調査することで、灌漑や農法の変化がもたらす生物多様性への影響を明らかにする必要がある。

農地での生物多様性保全には、農家や消費者の認識や行動が重要であるが、生物多様性に対する人々の認識や行動の決定要因を検討した研究は少ない。先行研究においては、外来種の認知と教育水準など、個人属性の関わりが明らかにされているものの、個人のリスク態度や社会関係資本と生物多様性に対する認知や行動との関係は明らかにされていない。

以上のような背景のもとに、水田の生物多様性によって成立する生態系の機能を可視化し、新しい技術のもとで持続的に利用するための研究を立ち上げるとの着想に至った。

## 2. 研究の目的

本研究は、水田地域の生物多様性と生態系サービスの解明と、生物多様性を保全する農家と消費者の意識・行動を解明するために、以下の点を目的とした。

(1)水生動物は雑草の成長を抑制し、栄養塩を増加させ、雑草の発育を抑制する可能性がある。雑草管理と水稲収量レベルの向上に注目

して、圃場条件でイトミミズ類や魚類など水生動物の生態系サービスを実証する。

(2) 水田生態系の上位種である鳥類は、ランドスケープスケールでの影響を受け、飛来先の水田生態系に影響を及ぼすことが考えられる。トキとチュウサギに注目して、水田を含むランドスケープが及ぼすこれらの種への影響について解明する。

(3)生物多様性に配慮した農法が普及するために必要な、個人のリスク態度や社会関係資本と生物多様性に対する認知や行動との関係を解明する。

(4) 水田の生物多様性について理解を広める効果的な方法を解明する。

## 3. 研究の方法

(1) 水生生物が水田生態系において果たす役割を調べるため、宮城県と福井県においてエンクロージャー実験を行った。また、滋賀県の水田で農法の異なる水田で水生生物を比較した。

宮城県では、有機栽培継続 6 年目の水田圃場に、枠（イネ 2 株を移植、品種：ひとめぼれ）を設置し、ユリミミズ、*Limnodrilus hoffmeisteri* を 2 万個体 / m<sup>-2</sup> 相当添加し、雑草と水稲の成長を 2 年間調査した。

福井県の減農薬減肥料の水田で、ドジョウ、マルタニシおよびシュレーゲルアオガエルのオタマジャクシが、水質の変化を介してイネにどのような影響を与えるのか、水田 16 筆を使用して検証した。各水田には生物を 1 種類ずつ導入したエンクロージャ 3 つと生物を導入しない対照区、計 4 つの区画を設置した。実験期間中の水質を測定した。イネは乾燥重量など 5 項目を実験開始時と終了時に測定した。田植えから中干しまでの 1 ヶ月間、生物の導入が雑草および植物プランクトン組成に与える影響について、摂食効果と攪拌効果に注目して調査した。

滋賀県の水田で、水田に生息する水生動物群集を対象とし、栽培管理方法の異なる水田

および湛水開始時期を操作した実験圃場を用い、種構成やそれらの動態を調査した。

(2) トキとチュウサギについて、水田を含むランドスケープが両種の生息に及ぼす影響を調査した。

トキについては、これまでの放鳥個体が10日以上、利用した場所を特定し、現地調査を実施した。また、過去に10日以上、トキが定着した場所を選好した場所と定義して、生息適地モデルを作成した。直接観察等によって得られた採餌地点、計11,200地点を利用して、トキ認証米水田が利用されているかどうかを検証した。また、直接観察によって得られた3分間の採餌効率をもとに、認証米水田が慣行栽培水田より採餌効率が本当高いかどうかを比較した。

チュウサギについては、慣行農法水田区域と無農薬または減農薬水田の多い区域において、調査地点を選び、周囲100m(サギ類は周囲200m)の各種の個体数、位置、環境を地図に記入した。調査は午前中(6~12時頃)に行い、各地点10分間の観察とした。サギ類についてデジタルカメラによる調査を実施して、環境保全型水田と慣行水田での飛来頻度と採餌効率を比較した。

(3) 生物多様性保全型稲作に関する農家と消費者の意識について、アンケートや聞き取りなどによる調査を実施した。

農家による環境こだわり農業の採択要因と採択がいかなる効果をもたらしたかを明らかにするため、ミクロデータを用いて検討した。

生態系保全型農業が抱える不確実性への認識について解明するため、京都大学学生を対象に、アンケート調査を実施し、減農薬に取り組むことで不確実性を取り除くことへの経済価値評価を分析した。

稲作品種の多様性が米生産に及ぼす影響を(i)生産性、(ii)抵抗性、(iii)安定性の三つの観点から定量的に評価した。分析には47都道府県の1975-2003年の稲作に関する投入・産出パネルデータを用いた。

わが国と比較して、生態系サービスへの依存度が大きいと考えられるラオス南部の農村において、生物資源の利用ならびに農業生産に関する家計調査を行った。

(4) 水田に生息する様々な生物を市民参加で調査することによって、生物多様性保全の必要性の認識を高めることができる可能性について検討した。

#### 4. 研究成果

(1) イトミミズ類は農薬と化学肥料を使用しない条件で水稻収量を増加させる機能を有することが明らかとなった。イトミミズ無添加区に比較してイトミミズ添加区では水稻収穫期の雑草乾物量は51%(2年間の平均)に有意に低下し、水稻の玄米収量が27%(手で除草した区)または50%(雑草放任処理区)に有意に増加した(2年間の平均)。前者は、深さ8cmまでの土壌をイトミミズ類が攪乱した(土壌の粘土とシルト画分が深さ0-4cmで増加し、4-8cmで減少したことから)ためであり、後者は水稻の窒素吸収量が1.2倍(手で除草した区)または1.5倍(雑草放任処理区)に増加した。イトミミズの土壌摂取・排出によって土壌有機態窒素の無機化が促進されたためである。

ドジョウ区では田面水の濁度は対照区よりも有意に高く、リン酸濃度は有意に低かった。タニシ区とオタマジャクシ区では土壌浸透水のリン酸濃度が対照区よりも有意に高かった。しかし、これらの効果はイネの成長速度には影響を与えなかった。ドジョウとタニシには、田面水の濁度を上げ、雑草量を減らす効果が見られた。オタマジャクシには濁度を上げる効果のみ検出された。また、イネの成長量と濁度には負の相関が認められた。各生物の摂食効果を知るために採取した植物プランクトン量は、総量、サイズ組成ともに生物導入の影響は見られなかった。雑草の総乾燥重量は、ドジョウ区でのみ対照区画より小さくなっていた。雑草の組成のは違いが

見られなかった。水質への影響は生物の生態的特性と関係があり、土壌攪拌能力が低く、栄養塩を多く排出する生物ほどイネに正の影響を与えると考えられる。また、水質がイネの成長量を変化させる要因のひとつであることが示された。

1月から水を入れ始めた冬季湛水田では、通常の田んぼに水を入れ始める以前の4月頃から、主にユスリカ類の幼虫を中心としたハエ目と大量に発生した。その後、これらを餌とするやや大型のカメムシ目やトンボ目(ヤゴ)などの水生昆虫が増加した。ところが、アキアカネなどのアカトンボ類、ドジョウ、ニホンアマガエルなどは冬季湛水田で減少した。中干しを実施しない水田では、周辺慣行水田で中干しが実施される7月中旬以降に、イトトンボ類のヤゴ、コムズムシ類やカゲロウ類の幼虫などの多くの水生昆虫やドジョウ、タニシなどの個体数が増加した。

(2) 佐渡島内の認証米水田は1250haで増加は止まり横ばいであったが、トキの利用した認証米水田の割合は年々増加する傾向がみられ、無作為抽出した水田と比較すると、季節による違いはみられるもののトキ認証水田を選択する傾向がみられた。しかし、3年以上、冬期湛水を続けていた水田が軟田化してしまい、大型農業機械による耕作に支障をきたすようになり、2013年には冬期湛水を取りやめた水田が増え認証米水田は、わずかではあるが減少傾向にある。佐渡島では、慣行水田でも5割減栽培を行っているため、認証米水田での採餌効率と慣行水田の採餌効率で差は認められなかった。

ポイントセンサスで観察された鳥の種数は、3地域中2地域では有機水田が慣行水田より有意に多かった。サギ類個体数は、2地域で有機水田が有意に多かったが、1地域では慣行が特栽水田より多かった。

サギ類は、ドジョウ類、ドジョウ以外の魚、カエル、おたまじゃくし、アメリカザリガニ

を捕食した。餌全体に占める割合は、チュウサギはドジョウ類、ダイサギはおたまじゃくしが多かった。しかし、サイズが小さいため、種類が識別できない餌が半数を占めた。

(3) 環境保全型農業の普及には、近隣者同どうしの相互作用によって普及が進むといった、近隣効果が存在すること、また、多様な農家活動は環境保全型農業の採択と正の相関関係にある一方で、零細経営、高齢化や農家のリスク回避的選好は環境保全型農業の採択と負の相関関係にあることがわかった。第2に、環境保全型農業の採択には、規模拡大意欲の惹起、販路拡大や直販の実施といった積極的な経営展開を促す効果があることなどがわかった。

生態系保全の不確実性は大きいと認識する被験者ほど、不確実性を除去することへの評価が高いことが示された。

品種多様性は稲作の生産性向上には貢献しなかった。しかし、品種多様性が高いほど冷害や高温障害などの気温がもたらす稲作への負の影響は緩和された。また、予期せぬ外的要因により米生産が本来の投入・産出の関係性から乖離したとき、復元速度は品種多様性に依存し、品種多様性が低いほどその速度は早まることが明らかとなった。

ラオスでの調査対象の約半数の農家は、川・森林など周辺の資源から魚、カエルやキノコといった生物資源の採取活動を行っており、こうした採取活動は主に乾季に行われていることがわかった。また、採取動物の一部は家計収入の充足手段として販売される一方、採取植物はほぼ全て自家消費されていた。さらに、農業依存度が高く、所得水準の低い農家が採取活動を行う傾向にあることもわかった。このことは、生物資源の採取活動が低所得世帯の生計手段や所得低下時の対処手段の一つとして位置付けられうることを示唆している。

(4) 「琵琶湖地域の水田生物研究会」を開催

した。日本最長のミミズで、これまで石川・滋賀・福井の3県からしか知られていないハツタミミズの市民参加型調査「湖国ハツタミミズ・ダービー」を開催した。本研究成果を市民向けの著書として刊行した。

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58件)

Endo C, Nagata H (2013) Seasonal changes of foraging habitats and prey species in the reintroduced Japanese Crested Ibis *Nipponia nippon* on Sado Island, Japan. Bird Conservation International 23, 445-453.

Fujie T (2015) Conservation Agriculture Adoption and Its Impact: Evidence from Shiga Prefecture, Japan. Journal of International Economic Studies 29, 35-48

Funao, T., T.Nishida, Y. Kurashige and H. Sawada (2013) Different suitability of improved irrigation channels as reproductive sites for Cyprininae and *Silurus asotus*. Scientific Reports DOI:10.1038

Imanishi, A., S. Kaneko, Y. Isagi, J. Imanishi, Y. Natuhara & Y. Morimoto (2015) Genetic diversity and structure of *Euryale ferox* Salisb. (Nymphaeaceae) in Japan. Acta Phytotaxonomica et Geobotanica 66, 1-9.

Ito, T., K. Hara, T. Kon and A. Ohtaka: (2015) Effect of winter-flooding and organic farming on population density of tubificids in ricefields: case study in Miyagi prefecture, northeastern Japan. Journal of Integrated Field Science, 12, in press.

Maruyama, A., Nakamura, K., Yamanaka, H., Kondoh, and M., Minamoto, T. (2014) The Release Rate of Environmental DNA

from Juvenile and Adult Fish. PLoS ONE 9(12): e114639

Nagata, H., Yamagishi, S. (2013) Re-introduction of crested ibis on Sado Island, Japan. In: Soorae, P.S. (ed.) "Global Re-introduction Perspectives: 2013", IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group, Switzerland. pp58-62.

Naito R, Sakai M, Natuhara Y, Morimoto Y, Shibata S (2013) Microhabitat use by *Hyla japonica* and *Pelophylax porosa brevipoda* at Levees in Rice Paddy Areas of Japan. Zoological Science 30, 386-391

Nakanishi K, Nishida T, Kon M, Sawada H (2014) Effects of environmental factors on the species composition of aquatic insects in irrigation ponds. Entomological Science 17, 251-261.

Natuhara Y (2013) Ecosystem services by paddy fields as substitutes of natural wetlands in Japan. Ecological Engineering 56, 97-106

Ohtsuka, T. (2014) Nursery grounds for round crucian carp, *Carassius auratus grandoculis*, in rice paddies around Lake Biwa. In: Nishikawa, U. & Miyashita, T. (eds) *Social-ecological restoration in paddy-dominated landscapes*. Springer, Berlin•Heidelberg, 139-164.

山根史博・松下恭平(2014) 生態系保全型業の不確実性に対する消費者認知・選好：豊岡産コウノトリ米を事例」.2014年度日本農業経済学会論文集 165-169

[学会発表](計64件)

Nagata, H., Enco, C., Ueno, Y. & Nakatsu, H. Habitat management for re-introduced Japanese Crested Ibis, *Nipponia nippon*, in relation to traveling rules among patches. 14th Congress of the International Society for Behavioral Ecology, Lund, Sweden, August 2012.

Nakanishi, K., K. Tawa, D. Murakami, B. Kanbara and H. Sawada (2012) Winter-flooded rice cultivation promotes biodiversity of aquatic insects. - Comparisons under different cultivation management systems in Shiga, Japan. -, 24<sup>th</sup> International Congress of Entomology, Daegu, Korea, August 19-25.

Natuhara, Y "Rice cultivation in unsuitable lands have provided habitats for endangered balloon flower, *Platycodon grandifloras* in Japan." International Congress of Ecology London 2013/8

〔図書〕(計9件)

丸山康司(2013) 持続可能性と順応的ガバナンス. 宮内泰介編 なぜ環境保全はうまくいかないのか. 新泉社, 295-317

永田尚志(2014) 里山の鳥-トキ. 小倉紀雄・竹村公太郎・谷田一三・松田芳夫編水辺と人の環境科学, 朝倉書店 61-63

夏原由博、伊藤豊彰、岩井紀子、大塚泰介、金尾滋史、沢田裕一、藤栄剛、松下京平、丸山敦、丸山康司、山根史博、浅川晋、浅野耕太、今西亜友美、片山直樹、渡邊紹裕、齋藤邦行、中西康介、楊平 (2015) にぎやかな田んぼ, 京都通信社 223p

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.info.human.nagoya-u.ac.jp/~natu/tanbo.htm>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

夏原由博 (NATUHARA, Yoshihiro)

名古屋大学・大学院環境学研究科・教授

研究者番号: 20270762

### (2) 研究分担者

永田尚志 (NAGATA, Hisashi)

新潟大学・朱鷺・自然再生学研究センター・教授

研究者番号: 00202226

伊藤豊彰 (ITO, Toyohiko)

東北大学・(連合) 農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号: 10176349

松下京平 (MATSUSHITA, Kyohei)

滋賀大学・経済学部・准教授

研究者番号: 20552962

藤栄剛 (FUJIE, Takeshi)

滋賀大学・環境総合研究センター・准教授

研究者番号: 40356316

山根史博 (YAMANE, Fumihiro)

神戸大学・経済学研究科(研究院)・講師

研究者番号: 40570635

沢田裕一 (SAWADA, Hiroichi)

滋賀県立大学・環境科学部・客員教授

研究者番号: 90259391

岩井紀子 (IWAI, Noriko)

東京農工大学・(連合) 農学研究科(研究院)・准教授

研究者番号: 50630638

丸山敦 (MARUYAMA, Atsushi)

龍谷大学・理工学部・講師

研究者番号: 70368033

大塚泰介 (OTSIKA, Taisuke)

滋賀県立琵琶湖博物館・研究部・専門学芸員

研究者番号: 60344347

丸山康司 (MARUYAMA, Atsushi)

名古屋大学・大学院環境学研究科・准教授

研究者番号: 20316334

### (3) 連携研究者

浅川晋 (ASAKAWA, Susumu)

名古屋大学・大学院生命農学研究科・教授

研究者番号: 50335014

浅野耕太 (ASANO, Kota)

京都大学・大学院人間・環境学研究科・教授

研究者番号: 50263124

日鷹一雅 (HIDAKA, Kazumasa)

愛媛大学・農学部・准教授

研究者番号: 00222240

金尾滋史 (KANAOKA, Shigefumi)

滋賀県立琵琶湖博物館・研究部・学芸員

研究者番号: 70618321