

コウノトリ育む農法が育む  
水田生物の多様性と  
農家の意識の多様性に関する研究  
ー トノサマガエルと植物群落を事例としてー

Effects of the “white stork friendly” rice production method  
on biodiversity: black-spotted pond frog, plant diversity and  
the diversity of farmers’ perceptions

兵庫県立大学  
地域資源マネジメント研究科

福島 庸介



## 目次

第1章 はじめに.....	1
<b>Chapter 1. Introduction</b>	
第1節 本研究の目的.....	3
第2節 生物多様性の保全と環境保全型農業.....	3
第3節 コウノトリ育む農法.....	8
第4節 コウノトリ育む農法の生物多様性保全効果と普及に関する課題.....	23
第5節 本研究論文の構成.....	23
第2章 コウノトリ育む農法がトノサマガエルの個体数密度に及ぼす効果.....	25
<b>Chapter 2. Impact of the “white stork friendly farming” (WSFF) method on the population density of <i>Pelophylax nigromaculatus</i> frogs</b>	
第1節 序論.....	27
第2節 材料と方法.....	31
第3節 結果.....	35
第4節 考察.....	39
第5節 結論.....	41
第3章 コウノトリ育む農法が植物群落の多様性に及ぼす効果.....	43
<b>Chapter 3. The “white stork friendly farming” (WSFF) method for enhancing plant community diversity in paddy fields</b>	
第1節 序論.....	45
第2節 材料と方法.....	45
第3節 結果.....	49
第4節 考察.....	83
第5節 結論.....	85
第4章 コウノトリ育む農法を実践する農家の多様な意識.....	87
<b>Chapter 4. Understanding the diversity of farmers’ perceptions of the “white stork friendly farming” (WSFF) method</b>	
第1節 序論.....	89
第2節 材料と方法.....	91
第3節 結果.....	93
第4節 考察.....	101
第5節 結論.....	103

第5章 本研究の成果.....	105
<b>Chapter 5. Conclusions</b>	
第1節 各章の成果 .....	107
第2節 まとめ .....	108
謝辞.....	110
Acknowledgment	
引用文献 .....	111
References	
添付資料 .....	123
Appendix	

## 要旨

本研究は環境保全型農法の一つである「コウノトリ育む農法」（以下育む農法と記載）について水田生物多様性保全への効果および農業従事者の意識の多様性という側面からその特徴を明らかにすることを目的とした。

第1章ではまず本研究の目的を提示した。続いて、環境保全型農業が生物多様性の保全に果たす役割について確認したうえで、本研究が分析対象とした環境保全型農業の一つである育む農法の技術要件、栽培暦の概要、農薬不使用・減農薬を要件とするゆえに対応策として実施する除草・病害虫抑制技術、生きもの配慮のための技術や作業の特徴を整理した。

第2章では水田に生息する動物の例としてトノサマガエルを分析対象として扱い、育む農法がトノサマガエルに与える影響を検証した。カエル類は生態系食物連鎖の中で捕食者及び被食者として重要な役割を果たしているが、農業生産の近代化等が生息環境を悪化させカエル類の個体数は減少している。このような中、兵庫県の但馬地域においては、水田の生きものを育みコウノトリの野生復帰を支援するために環境保全型稲作の一形態であるコウノトリ育む農法が実施されている。育む農法は、冬期・早期湛水、中干し延期、減農薬あるいは無農薬による稲作栽培を特徴とし、水田の生物多様性の保全に資すると考えられている。特に、育む農法は水田に生息するトノサマガエルの保全に有効であると期待されている。しかし、育む農法のトノサマガエルの保全効果については未だ充分明らかではない。そこで、本章では育む農法がトノサマガエルの個体数密度に与える効果を評価した。調査方法として、ライントランセクト法によるトノサマガエル成体の個体数密度調査を調査対象圃場において実施し、育む農法と環境要因がトノサマガエルの個体数密度に与える効果を一般化線形モデルで解析した。その結果、調査圃場の中心から半径100m以内に含まれる育む農法が実施されている水田の面積の割合が増えるにつれてトノサマガエルの個体群密度が増加することがわかった。このような結果から、育む農法はトノサマガエルの保全手法としての効果があると考えられた。

第3章では育む農法が水田に生息する維管束植物の群落の多様性に与える影響を検証した。水田生態系に出現する植物群落は野生生物に餌や敵からの退避場所を提供する等により生物多様性の保全に貢献している。しかしながら、湿田から乾田への転換や圃場整備に伴う外来種の侵入等により水田の植物群落の多様性が低下している。本章では育む農法が植物群落の多様性に与える影響を検証した。調査方法として、調査対象圃場の水田内と畦畔において植生調査を実施し、植物群落の多様性を評価するために出現種数、累積被度とシャノン・ウィナーの多様度指数 ( $H'$ ) を計算した。また、TWINSPANにより調査対象方形区分類を行い、方形区における植物の種組成の傾向を把握するためにDCA (Detrended Correspondence Analysis) を行い調査対象方形区を序列化した。調査の結果、育む農法は水田の植物群落の多様性を高めることに貢献していることがわかった。

第4章では育む農法を実践している農業従事者の環境意識や育む農法についての期待等を定量的に解析し、農業従事者が育む農法に対して持つ意識の多様性を検証した。2018年に但馬地域における育む農法を実践する農家328軒を対象にアンケート調査を行い、農家の類型化を用いて農家の育む農法に対する意識の多様性を明らかにした。本研究の結果、アンケートに回答した165件の農家が4つの類型に分けられることが判明し、その環境意識等の多様性が明らかとなった。

最後に、本研究で得られた知見は育む農法の生物多様性保全効果の向上と但馬地域の農業従事者へ育む農法を効果的に普及することに貢献することができることを指摘した。

## Abstract

This study aimed to enhance our understanding on the characteristics and environmental benefits of the “white stork friendly farming” (WSFF) method by evaluating the impacts of the method on the conservation of the fauna and flora living in the paddy fields and by assessing the diversity of farmers’ perceptions of the WSFF method.

The first chapter established the purpose of this study. After reviewing the role of eco-friendly farming method on the conservation of biodiversity, the chapter also provided an overview of the technical features of the WSFF method including technical standards, crop calendar, alternative weed and disease/pest control methods employed as a result of the requirements to reduce the use of agrochemicals, and technologies and practices aimed to conserve biodiversity.

The second chapter assessed the impacts of the WSFF method on the population density of black-spotted pond frog (*Pelophylax nigromaculatus*). Frogs play crucial roles in ecosystems as both predator and prey within food webs. The decline in their populations is attributed, in part, to modern, intensive rice farming practices. In the Tajima region of Hyogo Prefecture, Japan, a subset of farmers has embraced the “white stork friendly farming” (WSFF) method since 2003, which promotes environment-friendly rice production to preserve and restore biodiversity while aiding the reintroduction of the Oriental white stork (*Ciconia boyciana*) into the ecosystem. Specifically, the WSFF method is anticipated to have a positive impact on conserving *P. nigromaculatus* populations inhabiting paddy fields. To test this hypothesis, we evaluated the influence of the WSFF method on the population density of *P. nigromaculatus*. Employing a line transect method, we identified and quantified individual frogs observed on the paddy field levees. Subsequently, we analyzed the effects of rice production using the WSFF method and land-use factors on the frogs’ population density. Our findings indicate that *P. nigromaculatus* population density increased with the expansion of paddy-field areas managed under the WSFF method within a 100 m radius of the paddy-field center. These results suggest that rice production following the WSFF method has a positive impact on the conservation of this frog species.

The third chapter assessed the impacts of the WSFF method on the plant community diversity in the paddy fields. In the paddy field ecosystem, plants provide food and shelter for animals and support biodiversity. However, the diversity of plant communities in paddy fields is declining. To assess the effect of the WSFF method on plant community diversity in paddy fields, plant surveys were conducted to identify plant species within paddy fields and levees, followed by an assessment of plant community diversity using the Shannon–Weiner index. Plant community types were classified using two-way indicator species analysis, and the

relationship between these community types and indicator species was identified through detrended correspondence analysis. The WSFF method contributed to an increase in plant community diversity within paddy fields, indicating a positive impact on the conservation of plant community diversity in these fields through rice production.

The fourth chapter assessed the diversity of farmers' perceptions of the WSFF method by conducting a questionnaire survey targeting 328 farmers who practiced the WSFF method in the Tajima region. The responses were evaluated using factor analysis and cluster analyses. The results revealed that 165 respondents were classified into four types, suggesting that farmers' perceptions of the WSFF method are diverse.

The findings of this study will contribute to improving the effects of the WSFF method on conserving biodiversity in the paddy fields and help design an extension activity to increase the number of farmers who practice the WSFF method in the Tajima region.



第1章 はじめに

Chapter 1

Introduction



## 第1節 本研究の目的

本研究の目的は、水田生物多様性保全への効果および農業従事者の意識という側面から環境保全型農法の一つであるコウノトリ育む農法（以下育む農法と記載）の特徴を明らかにし、育む農法の生物多様性保全効果の向上と農業従事者への効果的な普及に資する知見の提供を行うことである。本研究では、兵庫県の但馬地域において、水田に生息する生物の例としてトノサマガエル（*Pelophylax nigromaculatus*）と維管束植物を分析対象として扱い、定量的な解析手法によって育む農法がそれら生物に与える影響を解明する。また、育む農法を実践している農業従事者の環境意識や育む農法実施による経済的效果についての期待等も定量的に解析し、農業従事者が育む農法に対して持つ意識の多様性を明らかにする。

## 第2節 生物多様性の保全と環境保全型農業

生物多様性とは生物の同一種内の遺伝的多様性、種の多様性と生態系の多様性であり（Díaz et al., 2019）、生物多様性は人類の well-being に欠かせない生態系サービスを支えていると考えられている（Millennium Ecosystem Assessment, 2005）（図 1-1）。たとえば人間による農業生産活動も様々な生態系サービスに依存しており、例として農作物の受粉、生物的防除、土壌構造と肥沃度の維持、水量・水質に係る調整サービスを享受している（Power, 2010）。

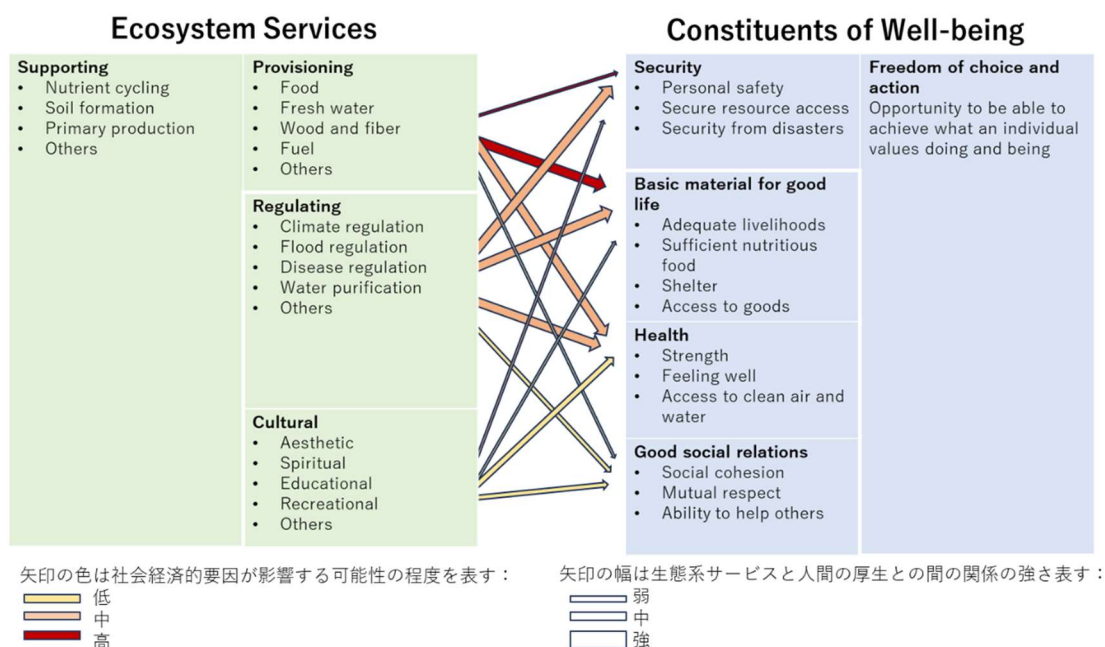


図 1-1 生態系サービスと人類の well-being の関係

Fig. 1-1 Linkages between ecosystem services and human well-being

Millennium Ecosystem Assessment (2005)から転載

しかしながら、農業は生態系サービスに依存しながらも生物多様性喪失の主要な原因のひとつともなっている(Dudley and Alexander, 2017)。生物に悪影響を与える具体的な農業生産活動としては土地利用転換(Zedler, 2003; Laurance et al., 2014)、化学農薬の使用(Baker et al., 2013; Woodcock et al., 2016)、単一栽培(Varah et al., 2013; Tissier et al., 2018)、耕起(McLaughlin and Mineau, 1995; Cortet et al., 2002)等が指摘されている(表 1-1)。また、世界的に 2050 年までに 20 世紀比で食糧需要が倍増すると予想される中で(Tilman et al., 2002)、農業の生物多様性への負の影響は今後も継続するであろうと指摘されている(Norris, 2008)。

表 1-1 生物多様性に影響を与える農業生産活動

Table 1-1 Agricultural practices which affect biodiversity

農業生産活動	影響を与える経路
土地利用転換	湿地・森林が農地へ転換され、野生生物の生息地が喪失する。
単一栽培	植物の種多様性を低下させる。
耕起	土壌の物理的特性を変え、土壌生物に影響を与える。
化学農薬の使用	非対象生物に悪影響を与える。

日本においても農業活動が生物多様性に及ぼす影響が懸念されてきた。例えば、島根県の宍道湖においては、水田から流入したネオニコチノイド系農薬がワカサギ(*Hypomesus nipponensis*)の餌生物に害を与えることによってワカサギを減少させたと報告されている(Yamamuro et al., 2019)。また、1971 年に日本で野生絶滅したコウノトリ(*Ciconia boyciana*)の絶滅の原因の一つとして農薬に含まれる有毒化学物質の生物濃縮による影響が指摘されている(内藤・池田, 2000)。

このような中、食糧増産を主要な目的として資源とエネルギーの大きな投入に依存し自然資源の劣化の原因にもなってきた従来の農業生産に代わり、環境保全にも配慮する環境保全型農業の重要性が高まっている(嘉田, 1993)。環境保全型農業という用語自体には厳格な定義はなく、慣行農法よりも環境に配慮した農業という意味で相対的な概念といえる(大山, 2006)。しかし、環境保全型農業の主要な特徴に着目して、より具体的に、環境保全型農業を環境負荷の低減、生態系との調和、社会経済的な持続性、及び肥料と農薬の適正な使用への考慮がなされる農業(嘉田, 1999)と考えることができる。また、農林水産省による「環境保全型農業の基本的考え方」(1994 年 4 月農林水産省環境保全型農業推進本部)においては、環境保全型農業とは「農業の持つ物質循環機能を生かし、生産性との調和に留意しつつ、土づくり等を通じて、化学肥料、農薬の使用等による環境負荷の軽減に配慮した持続的な農業」と定義されている(農林水産省北陸農政局, 2023)。環境保全型農業として実施される具体的な営農活動は様々であり、合田(1996)はその様々な取り組み内

容を技術的面と地域環境保全への貢献の仕方という2つの分類基準に照らして環境保全型農業を類型化した（表1-2）。なお、環境保全型農法の一形態である有機農業については明確な技術要件が定められている（大山, 2007）。

表 1-2 環境保全型農業の類型

Table 1-2 Types of Eco-Friendly Farming Practices

類型	取り組み内容
農業生産技術に関わるもの	環境負荷軽減の総合的取組：堆肥の活用、減農薬・減化学肥料 輪作体系の見直しなどの農法的対応：合理的輪作、田畑輪換、緑肥作物等、生物防除・フェロモン・微生物等の利用 有機農業、アイガモ農法等
地域環境保全に関わるもの	適正な農地管理 排水処理等 ビニール処理、リサイクル等の地域環境配慮 消費者との交流、産直等 景観、生物等の保全・保護

会田（1996）より引用

環境保全型農業は1980年代のヨーロッパにおいてその重要性が認識されはじめたが、その背景には地球規模での人口と食料需要の増加に伴う資源・環境への影響についての懸念、農業活動の環境への負荷と非持続性の認識、食の安全性の重要性の認識の高まりがあった（嘉田, 1999）。日本においても1970年代には食の安全性の重要性が認識されはじめ、減農薬や有機農業を進める活動が始まった（合田, 1996）。しかし、農林水産省が環境保全型農業の推進を公式に政策として位置づけたのは更に時間が過ぎた1992年の「新しい食料・農業・農村の政策の方向」においてであるといわれている（風野, 1995）。その後、農林水産省は2007年に農林水産省生物多様性戦略を決定し（2012年2月改定）、生物多様性に配慮した農林水産施策を推進することを農業政策の基本的な方針の一つとしている（農林水産省2007）。また、2015年から「農業の有する多面的機能の発揮の促進に関する法律」に基づく施策として、生物多様性保全に効果の高い営農活動を支援するための「環境保全型農業直接支払」を実施している（農林水産省, 2023a）。更に、政府が中長期的に取り組むべき方針を定めた食料・農業・農村基本計画（2020年3月31日閣議決定）においても農業において生物多様性保全に効果の高い取組を推進することとしている（農林水産省, 2020）。

また、近年、農林水産省は生物多様性に配慮した農業を行い農産物を活用して消費者等

とコミュニケーションをとることを「生きものマークの取り組み」と呼び、ガイドブックを作成して日本全国の取り組み事例を紹介する等して、生きものマークの取り組みを推進している（農林水産省, 2010）。生きものマークの取り組みにおいては、農業活動が配慮の対象とした生きもの名前やイラストを農産物の包装に表示することで生産者が自己の取り組みを消費者等に向けて発信しているが、生きものマークの取り組みを行う上での特別な認定要件は存在しない。稲作における生きものマーク（生きものマーク米）の取り組みの中では鳥類を配慮の対象としているものも存在し、マガン（*Anser albifrons*）やトキ（*Nipponia nippon*）を保全の対象として生産したとされる米が販売されている（表 1-3）。農家の中には生物多様性に配慮して生産された農産物をブランド化することにより収益を上げること成功している者もあり（田中・大石, 2017）、同一地域内で生産された米で生きものに配慮して生産したものとして販売された米とそうでない米の販売価格を比較した研究において、前者は後者に比べて 5kg あたり平均 610 円高いプレミアム（価格差）があったことが報告されている（田中・林, 2010）。

表 1-3 鳥類を保全対象とした生きものマーク米の事例

Table 1-3 Rice production methods which aim to support bird conservation

名称	生産地	配慮の対象として いる生物	技術的特徴
ふゆみずたんぼ米	宮城県大崎市	マガン等	無農薬・無化学肥料、 無除草剤、冬期湛水
雁音米 (かりおんまい)	宮城県大崎市	マガン等	不耕起、水苗代、 冬期湛水、深水管理
雁の里米	宮城県栗原市・ 登米市	水鳥全般、 ドジョウ、 アサザなど	無農薬・無化学肥料、 アイガモ農法
はつかり米	宮城県登米市	マガン等	無農薬・無化学肥料、 アイガモ農法
トキひかり	新潟県佐渡市	トキ、ドジョウ、 カエル等	無農薬・無化学肥料、 自然耕栽培
朱鷺と暮らす郷	新潟県佐渡市	トキ	農薬・化学肥料を 3 割減 農薬・化学肥料を 5 割減 農薬・化学肥料を 5 割以 上減、冬期湛水、 水路深水管理
加賀の鴨米ともえ	石川県加賀市	トモエガモ等、ガ ン・カモ類	冬期湛水

表 1-3 (つづき) 鳥類を保全対象とした生きものマーク米の事例

Table 1-3 (Continued) Rice production methods which aim to support bird conservation

名称	生産地	配慮の対象と している生物	技術的特徴
サシバの里・穴塚米	茨城県土浦市	サシバ、アカ ガエル、チョ ウトンボ等	減農薬
ふくろう米	栃木県宇都宮市	ふくろう	減農薬、減化学肥料栽培、天水田（山からの湧水を使用）
湘南タゲリ米	神奈川県茅ヶ崎市	タゲリ	5割減農薬 or 除草剤のみ、減化学肥料（無農薬・無化学肥料農家もある）
コウノトリ育むお米	兵庫県豊岡市、 養父市、朝来市、 新温泉町	コウノトリ	無農薬または75%減農薬栽培、減化学肥料、冬季湛水、早期湛水、深水管理、中干し延期
つるの里米	山口県周南市	ナベヅル	農薬・無化学肥料、5割減農薬・減化学肥料、米ぬか+深水管理（草抑制）、冬期湛水
かんむりわし米	沖縄県石垣市	カンムリワシ	無農薬・無化学肥料、天日干し

環境省 (2014) から転載

### 第3節 コウノトリ育む農法

前節で述べたように生物多様性に配慮した農業が全国で推進される中、兵庫県の豊岡盆地においては、育む農法が広く実施されている。育む農法の技術開発と普及は2002年から兵庫県但馬県民局地域振興部によって開始され、技術的指針となる栽培暦が2005年に完成した（西村・江崎, 2019）。豊岡市における育む農法の水稲の作付面積は2022年に減農薬タイプで約283ha、無農薬タイプで約163haとなっている（豊岡市, 2022）（図1-2）。

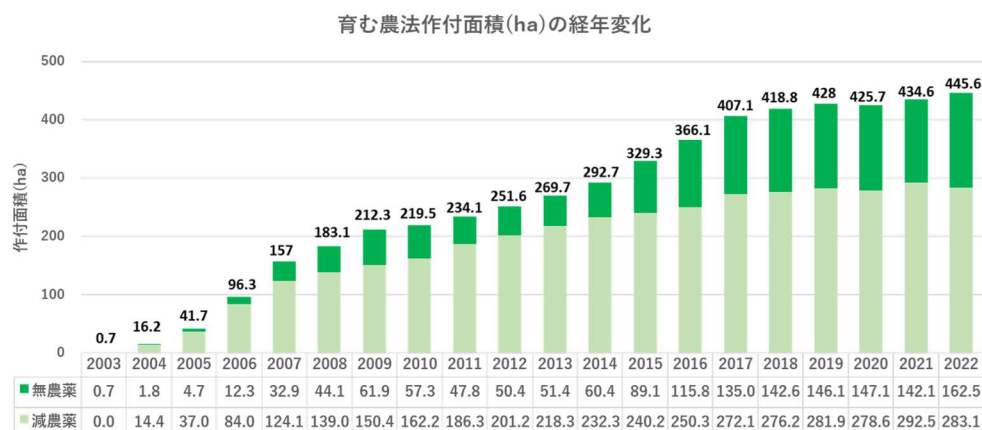


図1-2 豊岡市における育む農法の水稲作付面積の推移

Fig. 1-2 Changes in rice planting areas under the “white stork friendly farming” (WSFF) method in Toyooka city 2003–2022

豊岡市 (2022)より転載。

#### 3-1 コウノトリ育む農法の主要な技術的特徴

育む農法は減農薬あるいは無農薬による稲の栽培、冬期・早期湛水、深水管理、中干し延期等を特徴とした環境保全型農法であり（表1-4）、田んぼの生きものを育み再導入されたコウノトリ (*Ciconia boyciana*) の餌環境を改善することが期待されている（西村, 2012）。減農薬タイプのコウノトリ育む農法は、地域の慣行レベルと比べて節減対象農薬の使用回数（成分）を75%以上削減することが要件となっている。また、ネオニコチノイド系農薬の使用は許されない。



表 1-4 育む農法の主な特徴

Table 1-4 Main technical components of the “white stork friendly farming” (WSFF) method

項目	主な内容
I. 環境配慮	
1. 生きものの多様性確保	中干し前にオタマジャクシの変態確認
2. 化学合成農薬削減	
(1)無農薬タイプ	(1) 栽培期間中農薬不使用 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 殺虫剤・殺菌剤を使わない。</li> <li>● 除草剤も不使用。</li> <li>● 畦畔の抑草は除草剤を使わずに草刈で行う。生きものを育むため地際まで刈り込まない。</li> </ul>
(2) 減農薬タイプ	(2) 兵庫県地域慣行レベルの 7.5 割以上低減 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 農薬を使用する場合は普通物とし、「登録農薬有効成分の毒性・水産動植物に対する影響等」における「水産動植物への影響に係る使用上の注意事項」で、水産動植物（魚類、甲殻類、藻類）のうち魚類に影響を及ぼす、と記載されている農薬及びネオニコチノイド系薬剤は使用しない。ただし、「有機農産物の日本農林規格」で使用が認められている農薬は使用可とする。</li> <li>● 3 成分（初中期防除に 2 成分、臨機防除に 1 成分）の除草剤が使用できる。畦畔の抑草は除草剤を使わずに草刈で行う。</li> <li>● 無農薬タイプと同様に殺虫剤・殺菌剤は使わない。</li> </ul>
(3)農薬削減技術導入	(3) 温湯や食酢による種子消毒（化学合成農薬不使用）、畦草管理。
3. 化学肥料削減	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 栽培期間中不使用。</li> </ul>
II. 水管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 冬期湛水及び早期湛水（冬期湛水が実施困難な場合は早期湛水のみでも可）。</li> <li>● 深水管理、中干し延期。</li> </ul>
III. 資源循環	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 牛糞堆肥・鶏糞堆肥等、地元有機資材を活用。</li> </ul>
IV. その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 各種認証の何れかを取得（有機 JAS、ひょうご安心ブランド、コウノトリの舞、コウノトリの贈り物）。</li> </ul>

西村・江崎 (2019) 及び兵庫県(2022)を元に著者作成

### 3-2 コウノトリ育む農法における除草剤の不使用或いは使用回数の削減

農薬の使用がコウノトリ絶滅の主因となったと考えられたため、育む農法を開発・導入するにあたっては農薬に依存しない抑草技術を取り入れることとなり（西村・江崎, 2019）、環境保全型農法としての育む農法の大きな特徴となっている。しかし、育む農法の導入初期には雑草の発生が米の収量に影響を与え（兵庫県立農林水産技術総合センター, 2010）、無農薬栽培の育む農法ではコナギ (*Monochoria vaginalis*)、オモダカ (*Sagittaria trifolia*)、クログワイ (*Eleocharis kuroguwai*) といった雑草が多く出現し（須藤ら, 2008）、米の収量は慣行農法と比べて4か年平均で22%の減収となったと報告されている（須藤ら, 2012）。水田の雑草の発生は稲の生育と収量に悪影響を与えるため、農業生産は雑草との戦いと言われる（佐合, 2007）。そのため、除草剤は水稻栽培の雑草防除のための技術の一つとして使用され、稲作の省力化にも貢献してきたと考えられている（横山, 2011）。除草剤は土の表面に施用して雑草の発芽の抑制と発芽直後の枯死を目的とする土壌処理剤、及び既に成長しはじめた雑草に直接施用して枯死させることを目的とする茎葉処理剤の2種類に分けられる（農文協, 2021）。また、水稻用の除草剤は散布する時期と効果によって初期除草剤、中期除草剤、後期除草剤、初・中期中一発除草剤に大別される（JA 全農大阪, 2023）（表 1-5）。

表 1-5 処理時期別の除草剤の分類と特徴

Table 1-5 Types of herbicides classified according to the time of application

処理時期別の分類	特徴
初期除草剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 主に初期のノビエの防除が目的。</li> <li>- 代かき後～田植え7日前まで、または田植え後～田植え後約7日までに施用する。</li> <li>- 残効期間は10～20日程度と短い。</li> <li>- ノビエを出芽させない効果はあるが、出芽後はほとんど効果なし。</li> <li>- 中期除草剤や後期除草剤と組み合わせて体系処理を行うことが多い。なお、体系処理とは1回の処理で防除効果が不十分なときに除草剤を2回以上の施用する除草施用方法である。</li> </ul>
中・後期除草剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 中期除草剤は田植20日～25日後頃までに施用する。</li> <li>- 後期除草剤は水稻の幼穂形成期頃までに施用する。</li> <li>- 初期剤や中期中一発除草剤と組み合わせて体系処理を行うことが多い。</li> </ul>
中期中一発除草剤	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 残効期間が30日～45日程度であり、初期剤のものより長い。</li> <li>- 広範囲の種類の雑草に効果がある。1回の施用で初期除草剤と中期除草剤の双方の効果を期待できるので「一発除草剤」と呼ばれ、省力化につながる。</li> </ul>

JA 全農大阪 (2023) を元に著者作成。

除草剤は雑草に作用する化学物質である有効成分による違いがあり、その有効成分はそれぞれの化学構造と作用機構の特徴に基づいて分類される(野口ら, 2006)。個々の有効成分の殺草スペクトルは限定されることが多いため広範囲の雑草を対象とするための複数の成分を含んだ混合剤が開発され、例えばイネ科以外の雑草を除草するための成分とノビエ等の一年生雑草を対象とした成分からなる混合剤が使用されている(農研機構, 2023)。また、除草剤には複数の剤型が存在し、主な剤型には直接散布するための粒剤と粉粒剤、水に溶かして使うための乳剤、液剤、水和剤が存在する(農文協, 2021)。但馬地域でも慣行農法による稲作栽培の水田内の除草には通常は除草剤が使用されていると考えられる。本研究で調査対象とした地域の慣行農法実施圃場では地域全体として除草剤の延べ19成分が使用されたことがあることがわかっている(内藤ら, 2020)(表1-6)。

表 1-6 慣行農法実施圃場で使用された除草剤の成分  
Table 1-6 Herbicide active ingredients used in paddy fields  
under the conventional rice cultivation method

作用機構	有効成分名	化学グループ名	主な適用草種、使用目的
アセト乳酸合成酵素 (ALS) 阻害 (アセトヒド ロキシ酸合成酵素 (AHAS) 阻害	ピリミノバックメチル	ピリミジニ ルベンゾエ ート	ノビエ
	イマゾスルフロン	スルホニル	ノビエを除く水田一 年生・多年生雑草
	シクロスルファムロン	ウレア	一年生雑草、多年生 雑草
オーキシシン様活性	MCPB (2-メチル-4-クロロ フェノキシ酪酸エチ ル)	フェノキシ カルボン酸	イネ科を除く水田一 年生雑草
光合成(光合成系II)阻害 (セリン264)	シメトリン	トリアジン 系	広葉雑草
光合成(光合成系II)阻害 (ヒスチジン215)	ベンタゾンナトリウム 塩	ベンゾチア ジアジノン	一年生広葉雑草
プロトポルフィリノーゲン 酸化酵素(PPO)阻害	ペントキサゾン	オキサゾリ ジンジオン	一年性雑草、 マツバイ
	ピラクロニル	その他	一年性雑草、 多年生雑草

表 1-6 (つづき) 慣行農法実施圃場で使用された除草剤の成分  
 Table 1-6 (Continued) Herbicide active ingredients used in paddy fields  
 under the conventional rice cultivation method

作用機構	有効成分名	化学グルー プ名	主な適用草種、使用 目的
超長鎖脂肪酸伸長酵素 (VLCFAE) 阻害	カフェンストロール	アゾリルカ ルボキシア ミド	一年生イネ科雑草
超長鎖脂肪酸伸長酵素 (VLCFAE) 阻害	フェントラザミド	アゾリルカ ルボキシア ミド	一年生雑草、 マツバイ
超長鎖脂肪酸伸長酵素 (VLCFAE) 阻害	モリネート	チオカーバ メート	ノビエ、マツバイ、 ホタルイ
超長鎖脂肪酸伸長酵素 (VLCFAE) 阻害	プレチラクロール	$\alpha$ -クロロ アセトアミ ド	一年生雑草、マツバ イ、ホタルイ、ヘラ オモダカ
	ベンゾフェナップ	ピラゾール	一年生雑草
4-ヒドロキシフェニルピ ルビン酸ジオキシゲナー ゼ (4-HPPD) 阻害	テフリルトリオン	トリケトン	一年生雑草 (イネ科 雑草を除く)、多年 生雑草
	フェンキノトリオン	トリケトン	広葉雑草、カヤツリ グサ科雑草
	ベンゾビシクロン	トリケトン	一年生雑草
その他	オキサジクロメホン	-	一年性イネ科雑草
	ダイムロン	-	カヤツリグサ科雑草
	ブロモブチド	-	カヤツリグサ科雑草

内藤ら(2020)、日本雑草学会(2020)、JCPA 農薬工業会(2022a)を元に著者作成。

他方、前述のように、育む農法においては除草剤を使用しない(無農薬タイプ)或いは使用回数を削減する(減農薬タイプ)ことが要件の一つとなっている。除草剤を使用しない無農薬タイプの育む農法における水田内の抑草の概要は西村・江崎(2019)が報告しており、主に有機資材の利用、冬期湛水、早期湛水、複数回代かき、深水管理、中干し延期によって行われる(表 1-7)。冬期湛水については、湛水によって発生するイトミミズ類の糞等が水田内の土壌表面に堆積することによって形成される「トロトロ層」が雑草種子を埋没させ、萌芽・初期生育期の雑草を倒伏させる効果があると言われている。

表 1-7 育む農法（無農薬）の雑草防除の年間スケジュール

Table 1-7 Weed management calendar for paddy fields  
under the WSFF rice cultivation method (non-agrochemical-use type)

時期	主要作業	雑草防除との関連・期待する効果
10～11 月上旬	稲刈り直後に牛糞堆肥や米ぬかを散布	イトミミズ類が発生し、糞が雑草の種子を埋没させる。イトミミズの糞等により形成されるトロトロ層が、萌芽・初期生育期の雑草を
11 月～2 月	冬水田んぼ（冬期湛水）	倒伏させる。
3 月上旬	落水、田面の乾燥	収穫後に田面に残った稲わらが分解される。未分解の稲わらから分泌されてコナギの発芽を促すモミラクトンが減少し、コナギの発芽が抑制される。
4 月下旬～5 月下旬	早期湛水：田植え約 1 カ月前から湛水	トロトロ層の再形成。田植え前に雑草を発芽させ、仕上げの代かきで取り除き、密度を低減させる。
5 月	複数回代かき： (1) 荒代かき (2) 仕上げの代かき	(1) 荒代かきで雑草の発芽を促す。種子を土壌表面に移動させて発芽させる。 (2) 荒代かき後約 2 週間の間隔を確保し、雑草を発生させる。 (3) 雑草発生後、田植えの 3 日前に仕上げの代かきを行い、ノビエ、コナギ、ホタルイ等の雑草を取り除く。ドライブハローを使用して浅く代かきを行い、雑草を根元から浮き上がらせるとともに種子も舞い上がらせる。トロトロ層が再形成される。

表 1-7 (つづき) 育む農法 (無農薬) の雑草防除の年間スケジュール

Table 1-7 (Continued) Weed management calendar for paddy fields under the WSFF rice cultivation method (non-agrochemical-use type)

時期	主要作業	雑草防除との関連・期待する効果
5月20日以降	田植え	5月下旬に田植えを行うことで、雑草の発芽後に仕上げの代かきを行うことを可能にする。 中苗以上の稲苗を使用して田植えをすることで、深水管理時に健苗が充分成長している状態を作り、深水管理による抑草を可能にする。そのため、初期成育が良いポット成苗の導入を進めている。
田植え後	有機資材 (米ぬか、EM 糖蜜活性液等) の投入	微生物が有機資材を分解し酢酸、酪酸、蟻酸等の有機酸を作り土壌の pH が低下する。コナギの根は酸性状態に弱いので枯死或いは生育不良が起こる。 米ぬかを餌として微生物が増加し、土壌表面を還元状態とするとヒエ等雑草の発芽が抑制される。発生したソウ類とウキクサ類も遮光等により雑草を抑草する。
	深水管理：田植え後 40 日間	田植え後に発芽したノビエの生育を抑制する。必要に応じて水田除草機による抑草を行う。

西村・江崎 (2019) を元に著者作成。

育む農法減農薬タイプにおける水田内の抑草については3成分 (初中期防除に2成分、臨機防除に1成分) までの除草剤が使用できるようになっており、JA たじま管内において育む農法減農薬タイプを実施する農業従事者が2022年度に使用した除草剤の成分はピラクロニル、プロピリスルフロロン、ベンタゾンナトリウム塩と報告されている (JA たじま, 2023a) (表 1-8)。

表 1-8 育む農法（減農薬）に使用された除草剤（2022 年度）

Table 1-8 Herbicide active ingredients used in paddy fields under the WSFF rice cultivation method (reduced-agrochemical-use type) in Year 2022

作用機構	有効成分名	化学グループ名	主な適用草種、 使用目的
アセト乳酸合成酵素 （ALS）阻害（アセト ヒドロキシ酸合成酵素 （AHAS）阻害）	プロピリスルフロ ン	スルホニルウレ ア	一年性雑草、 多年生雑草
光合成（光合成系 II） 阻害（ヒスチジン 215）	ベンタゾンナトリ ウム 塩	ベンゾチアジアジ ノン	一年生広葉雑草
プロトポルフィリ ノー ゲン酸化酵素（PPO） 阻害	ピラクロニル	その他	一年性雑草、 多年生雑草

日本雑草学会（2020）、JCPA 農薬工業会（2022a）、JA たじま（2023a）を元に著者作成。

### 3-3 コウノトリ育む農法における殺虫剤・殺菌剤の不使用

本研究で調査対象とした地域の慣行農法実施圃場では殺菌剤では 6 成分、殺虫剤では 3 成分が使用されたことがあることがわかっている（内藤ら, 2020）（表 1-9, 表 1-10）。なお、育む農法と同様に JA たじま管内で生産されている特別栽培米の「ふるさと但馬米」については使用される農薬は慣行栽培の半分以下に抑えているが、殺菌剤・殺虫剤の使用は許されており、令和 4 年には殺菌剤ではイプコナゾール、トルプロカルブ、バリダマイシン、カスガマイシン、殺虫剤では MEP、シアントラニリプロール、ジノテフランが使用されたと報告されている（JA たじま, 2023b）。

表 1-9 慣行農法で使用された殺菌剤

Table 1-9 Fungicide active ingredients used in paddy fields under the conventional rice cultivation method

作用機構	有効成分名	化学グループ名
A：核酸合成代謝	メタラキシル M	アシルアラニン
	ヒドロキシイソキサゾール	イソキサゾール
G：細胞膜のステロール合成	ペフラゾエート	イミダゾール
I：細胞壁のメラニン合成	ピロキロン	ピロロキノリノン
M：多作用点接触活性化化合物	TPN (クロロタロニル)	クロロニトリル (フタロニトリル)
P：宿主植物の抵抗性誘導	プロベナゾール	ベンゾイソチアゾール

内藤ら (2020)、JCPA 農薬工業会 (2022b) を元に著者作成

表 1-10 慣行農法で使用された殺虫剤

Table 1-10 Pesticide active ingredients used in paddy fields under the conventional rice cultivation method

作用機構グループ	サブグループ	有効成分名
アセチルコリンエステラーゼ (AChE) 阻害剤	有機リン系	MEP (フェニトロチオン)
		ジノテフラン
ニコチン性アセチルコリン受容体 (nAChR) 競合的モジュレーター	ネオニコチノイド系	チアメトキサム
		カルタップ塩酸塩
ニコチン性アセチルコリン受容体 (nAChR) チャネルブロッカー	ネライストキシシン類縁体	

内藤ら (2020)、JCPA 農薬工業会 (2021) を元に著者作成。



他方、育む農法においては無農薬タイプと減農薬タイプの両方において殺菌剤・殺虫剤を使用しないことが満たすべき要件となっている。育む農法における農薬を使用しない病虫害抑制の概要も西村・江崎(2019)において報告されており、主に施肥量の調整、畦畔除草、育苗における対策、田植え時期の調整、害虫を食べるカエル類等の生きものの保全等によって行われる(表1-11)。

表 1-11 育む農法の病虫害抑制技術の年間スケジュール

Table 1-11 Pest and disease management calendar for paddy fields under the WSFF rice cultivation method

時期	主要作業	病虫害抑制との関連・期待する効果
10~11月上旬	稲刈り直後に牛糞堆肥や米ぬかを散布	窒素施用量を削減して、いもち病を抑制する。窒素施用量削減による反収の低下を補うために牛糞堆肥、米ぬか、発酵鶏糞を散布する。冬期
11月~2月	冬水田んぼ(冬期湛水)	湛水はユスリカ類を増加させる。ユスリカ類は害虫の天敵であるクモ等の餌になる。
4月の早期湛水前	畦畔除草	畦畔へのカメムシ類やイネミズゾウムシの侵入を軽減するために実施する。除草剤を使わず草刈り機で除草する。
4月下旬~5月下旬	育苗	育苗中に農薬を使用しない。むれ苗(土壤菌のフザリウム( <i>Fusarium</i> spp.)やピシウム( <i>Pithium</i> spp.)による病気)の対策としてプール育苗技術を導入した。
5月の田植え前	畦畔除草	畦畔除草を実施して畦畔へのカメムシ類やイネミズゾウムシの侵入を抑制する。除草剤を使わず草刈り機で除草する。
5月20日以降	田植え時期を遅らせる	イネの食害を行うイネミズゾウムシは5月上旬に発生のピークを迎えるので、5月下旬に田植えを行うことによって食害を軽減させることができる。
6月・7月：イネの出穂3週間前頃と出穂期頃	畦畔除草	畦畔に発生するイネ科雑草の穂に寄生するカメムシ類の発生を抑制しカメムシの吸汁加害による斑点米の発生を防止するために、畦畔の除草を行いイネ科雑草の出穂を抑制する。
7月上旬	中干し延期	中干し延期によりカエル類の個体数が増える。カエル類はカメムシ類やウンカ類などの害虫を食べる。

西村・江崎(2019)を元に著者作成。

### 3-4 農薬不使用・減農薬以外のコウノトリ育む農法の生き物配慮

前述した農薬不使用・減農薬以外にも育む農法で用いられる様々な技術や作業が水田の生きものの保全に貢献すると考えられている。まず、冬期湛水とは作付けのない冬の時期に水田に湛水する水稻栽培技術とされ、農業従事者による導入理由は雑草の抑制や投入肥料の削減といった営農上の利点、ガンやハクチョウ等の冬鳥の保全や生物多様性の保全等の水田の多面的機能に係る効果への期待等多岐にわたる(嶺田ら, 2004)。育む農法において冬期湛水が導入された理由はトロトロ層の形成、水田内地表面が平らになることによる田植え作業等の効率化、生物多様性の保全と報告されている(西村・江崎, 2019)(表 1-12)。生物多様性保全上の効果を期待して冬期湛水が導入された例の中でも特定の種の生息環境の保全を目的とした事例はマガン(*Anser platyrhynchos*)との共生を目指した宮城県大崎市蕪栗沼のふゆみずたんぼ(環境省, 2010)、トキ(*Nipponia nippon*)の採餌環境の整備のために新潟県佐渡市で実施されている「朱鷺と暮らす郷づくり」認証米制度(西川, 2015)、コハクチョウ(*Cygnus columbianus*)等の飛来を促進するための石川県津幡町による水田の冬期湛水に関する奨励金制度等(石川県津幡町, 2023)が存在する。

早期湛水とは、育む農法においては田植え約1カ月前の4月中旬からから水田に湛水することを言い、早春に卵を産むニホンアカガエル(*Rana japonica*)やシュレーゲルアオガエル(*Zhangixalus schlegelii*)の繁殖に貢献していると指摘されている(田和・佐川, 2017b; 西村・江崎, 2019)。

水田の畦畔は多様な生きものの生息場所としての役割を果たしている(大窪・前中, 1994)。例えば、畦畔はカエル類に隠れ場所を提供するとともに餌となる昆虫等の生息場所となっている(佐藤・東, 2004)。しかし、畦畔における除草剤の使用は植生への影響を通じてカエル類の生息にも負の影響を与える(大澤, 2017)。そのため、育む農法では畦畔に生息する生きものを育むために除草剤を使わず草刈り機で除草を行っており、「朱鷺と暮らす郷づくり」認証米制度においても同様の理由から除草剤の使用を禁止している(大坪ら, 2019)。

表 1-12 農薬不使用・減農薬以外の育む農法の生き物配慮

Table 1-12 Biodiversity conservation measures used in paddy fields under the WSFF rice cultivation method other than reduced use of agrochemicals

時期	主要作業	生きもの配慮との関連・期待する効果
10～11 月上旬	稲刈り直後に有機資材を散布	イトミミズ類、ユスリカ類、ミジンコ類を増加させ水田の食物網の形成を促進する。
11 月～2 月	冬期湛水	
4 月の早期湛水前	畦畔除草	畦畔を生きものが生息する場所として認識し、畦畔除草には除草剤を使わず草刈り機で除草する。
4 月下旬～5 月下旬	早期湛水：田植え約 1 カ月前から湛水	アカガエル等の早春に卵を産むカエル類が産卵する場所を提供する。
5 月の田植え前	畦畔除草	畦畔を生きものが生息する場所として認識し、畦畔除草には除草剤を使わず草刈り機で除草する。
6 月・7 月	畦畔除草	畦畔を生きものが生息する場所として認識し、畦畔除草には除草剤を使わず草刈り機で除草する。また、生きものが生育する環境を提供するために草を地際まで刈り込みすぎないようにする。
7 月上旬	生き物調査 中干し延期	中干し実施前に生き物調査を行いオタマジャクシの変態を確認してから中干しをする。中干し延期によりカエル類の個体数が増える。

西村・江崎 (2019) 及び農業従事者等からの聞き取り結果を元に著者作成

### 3-5 アンケート調査の結果から見えるコウノトリ育む農法の特徴

本項では 2018 年に育む農法を実践する農家を対象に実施したアンケート調査への回答をもとに農家の視点から見た育む農法の特徴を概観する。育む農法の技術面、経営面、生きもの保全への効果についての質問票を但馬地域（豊岡市、朝来市、養父市、美方郡新温泉町）において育む農法を実践する農家 328 軒（含む集落営農組合）に配布し 165 件の回答を得た（表 1-13）。

表 1-13 アンケート調査の質問項目

Table 1-13 Survey questionnaire for farmers practicing the WSFF method

質問項目	
技術面・経営面についての質問	慣行農法を行っていたときと比べて（または、現在慣行農法を行っている田んぼと比べて）育む農法の田んぼでの農作業量は増えましたか？
	育む農法を行うと慣行農法に比べて雑草管理の手間が増える。
	育む農法を行うと慣行農法に比べてお米の収量が減る
	育む農法を行うと慣行農法に比べて農業収入が減る。
生きもの保全への効果についての質問	子どものころと比べて田んぼのカエルの数は減っていると思う。
	慣行農法を行っていたとき（または現在慣行農法を行っている田んぼ）と比べて育む農法の田んぼでのカエルは増えましたか？
	コウノトリ育む農法による稲作はカエルの数の増加に役立っていると思う。
	早期湛水はカエルの数を増やすと思う。
	中干延期はカエルの数を増やすと思う。
	冬季湛水はカエルの数を増やすと思う。
育む農法を続ける意欲についての質問	育む農法をこれからも続けていきますか？

育む農法の技術面・経営面についての質問について、回答者の 51%が慣行農法と比べて育む農法の田んぼでの農作業量は増えたと回答した(回答「少し増えた (37%)」と「とても増えた (14%)」の合計) (図 1-3)。特に、雑草管理については 66%が育む農法を行うと慣行農法に比べて雑草管理の手間が増えると答えた(回答「同意 (56%)」と「強く同意 (10%)」の合計)。また、回答者の 60%が育む農法を行うと慣行農法に比べてお米の収量が減ると回答した(回答「同意 (54%)」と「強く同意 (6%)」の合計)。但し、収入については慣行農法に比べて育む農法を行うことにより収入が減ると回答したのは 25%に過ぎなかった(回答「同意 (22%)」と「強く同意 (3%)」の合計)。

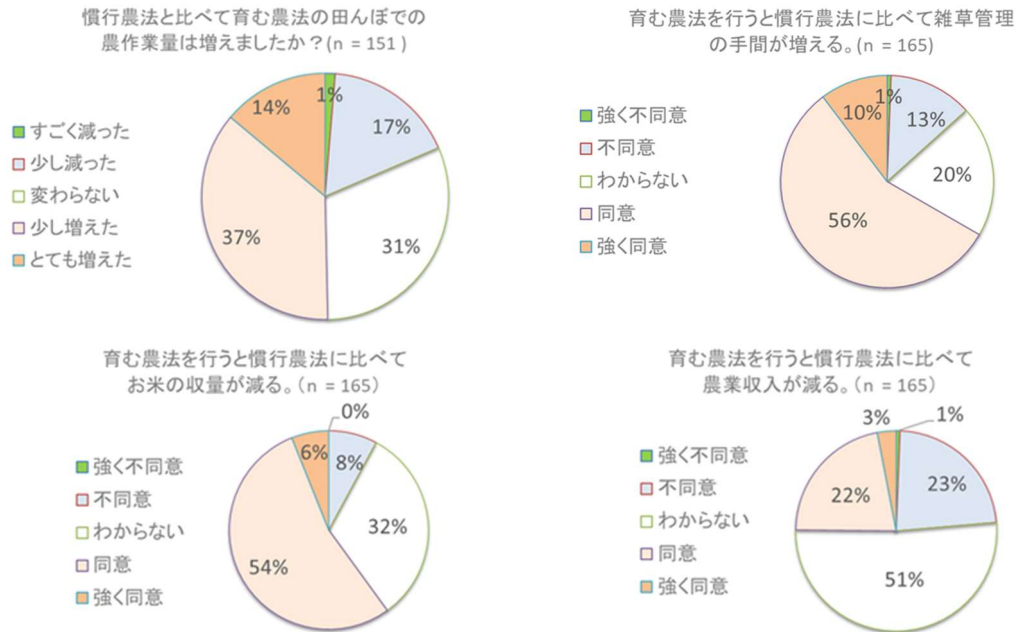


図 1-3 技術面・経営面についての質問に対する回答

Fig. 1-3 Responses to the questions about the productivity of the WSS method

生きもの保全への効果については、回答者の中で 59%が自身の子どものころと比べて田んぼのカエルの数は減っていると感じる中で(回答「同意(46%)」と「強く同意(13%)」の合計)、60%が慣行農法と比べて育む農法の田んぼでのカエルの数が増えていると回答した(回答「少し増えた(41%)」と「とても増えた(19%)」の合計)(図 1-4)。また、68%の回答者が育む農法はカエルの数の増加に役立っていると感じている(回答「同意(59%)」と「強く同意(9%)」の合計)。育む農法のいくつかの技術要件の中で早期湛水と中干し延期については其々52%(回答「同意(45%)」と「強く同意(7%)」の合計)と75%(回答「同意(62%)」と「強く同意(13%)」の合計)の回答者がカエルの数を増やすことに資すると回答しているのに対し、冬期湛水については33%(回答「同意(28%)」と「強く同意(5%)」の合計)がカエルの数を増やすことに役立つと回答した一方で、17%(回答「不同意(13%)」と「強く不同意(4%)」の合計)が役に立っているとは思わないと回答した。

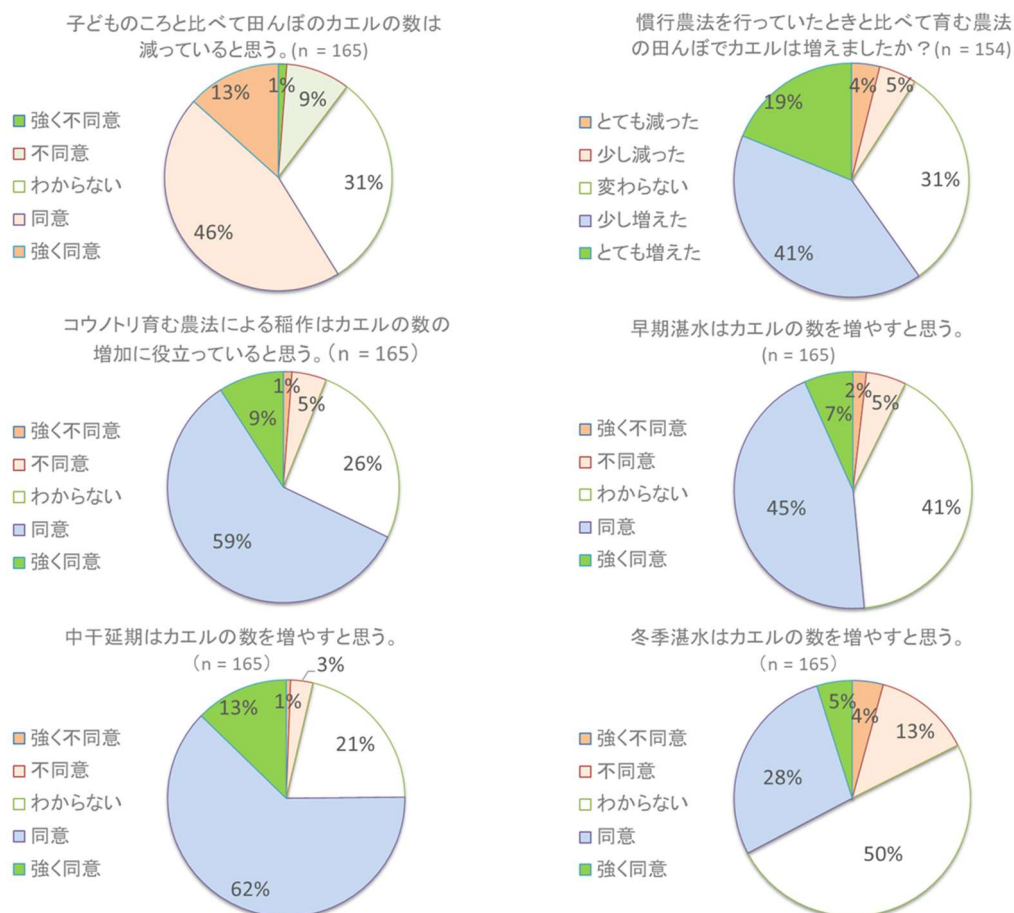


図 1-4 生きもの保全への効果についての質問に対する回答

Fig. 1-4 Responses to the questions about the respondents' perceptions on the impacts of the WSSF method on the conservation of frogs

これからも育む農法を続ける意欲があるかどうかの質問については 77%が意欲ありと回答しており、育む農法は技術面・経営面でも農家が継続して実践していくことができる農法であることが示唆された (図 1-5)。

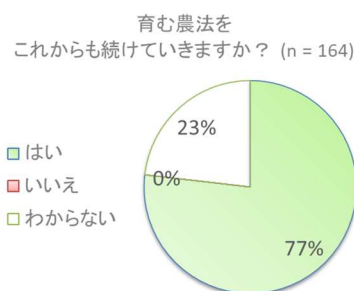


図 1-5 育む農法を続ける意欲についての質問に対する回答

Fig. 1-5 Responses to the questions about the respondents' willingness to continue to practice the WSFF method

#### 第4節 コウノトリ育む農法の生物多様性保全効果と普及に関する課題

以上、本章第3節において整理されたように、環境保全型農業の一つである育む農法の稲作は栽培スケジュール、水管理、農薬不使用・減農薬の対応策として実施する除草・病害虫抑制技術、生きもの配慮のための技術や作業等において特徴を有する農法であると理解できる。特に、育む農法は田んぼの生きものを育みコウノトリの餌環境を改善することが期待されている。しかし、そのような生物多様性保全上の効果が期待され作付面積が年々拡大する一方で、育む農法が水田に生息する生物に与える影響についての科学的知見の蓄積は未だ充分とは言えない。例えば、育む農法の技術要件においてはトノサマガエルの保全を担保するための中干し前の生き物調査の実施を農業従事者に義務付けており育む農法は水田生物の中でも特にトノサマガエルに対する保全効果の発現を期待しているが、育む農法のトノサマガエルに対する影響は未だ充分理解されていない。

また、育む農法の生物多様性保全効果についての既往研究は、主に水田に生息する動物相への効果についての検証を行ってきたが、育む農法の植物相の多様性に対する影響を評価した研究は少ない。水田の植物の多様性は動物相の多様性を支えていると考えられるため（大窪・前中, 1995）、育む農法のコウノトリの餌環境改善効果を評価するためにも、育む農法が水田の植物の多様性に及ぼす影響も理解することが重要である。

また、今後も育む農法がより多くの農業従事者に受容されるためには、農業従事者が育む農法のような新しい環境保全型農法を受容することを促進するための普及活動を効果的に実施する必要がある。農業従事者が育む農法を受容する要因を検証した既往研究においては、大沼・山本（2009）や関家（2009）が主に経済的視点から検証を行った。しかし、農業従事者が環境保全型農法を受容するか否かについては、農法の経済性だけではなく、農業従事者の環境保全等に対する意識も影響を与えることが指摘されている（Ahnström et al., 2009; Greiner and Gregg, 2011）。更に、環境保全を含む様々な課題に対する農業従事者の意識は多様であり、その点において農業従事者は一様な集団ではなく、各自が環境保全等に対して異なった意識を持つ多様な集団と考えられる（Hammes et al., 2016）。そのため、そのような農業従事者の環境保全等に対する意識についての多様性を理解することによって、環境保全型農法を促進するための普及活動や施策を多様な農家の個々の特徴に即したものとするようにデザインすることができ、ひいては農業従事者による環境保全型農法の受容の促進に貢献する可能性があることが指摘されている（Upadhaya et al., 2021）。これまで、農業従事者が育む農法に取り組む動機や意識等について把握することを目的とした既往研究は存在する（菊地, 2012）。しかしながら、育む農法を実践する農業従事者を対象としてその環境保全等についての意識の多様性の解明を目的として実施された研究事例は無い。

#### 第5節 本研究論文の構成

以上のような問題意識を踏まえ、本研究論文は育む農法が水田に生息する生物に与える影響を評価し、育む農法を実践する農業従事者の多様性を明らかにするために、本章を含

む5つの章で構成する。まず第2章では、コウノトリの餌になり育む農法の実施による保全効果の発現が期待されているトノサマガエルに対して育む農法がどのような影響を与えているかを明らかにする。第3章では、水田に生息する野生動物に餌や退避場所を提供することにより生物多様性の保全に貢献すると考えられている水田に発生する維管束植物を研究対象とし、育む農法が水田の植物の多様性に及ぼす効果を解明する。第4章では、育む農法を実践する農業従事者の環境意識と育む農法に対して抱く期待等をアンケート調査で把握し、因子分析及びクラスター分析を用いて農業従事者を類型化することによりその多様性を明らかにする。第5章では本論文全体の成果をまとめ総括をおこなう。



第2章 コウノトリ育む農法がトノサマガエルの個体数密度に及ぼす効果

Chapter 2

Impact of the “white stork friendly farming” (WSFF) method  
on the population density of *Pelophylax nigromaculatus* frogs



## 第1節 序論

湿地は野生生物に生息場所を提供し、生物多様性の保全に貢献している (Denny, 1994; Verones et al., 2013)。湿地の生態学的・経済的・文化的価値・科学的・レクリエーション的な価値を確認したラムサール条約においては、湿地を天然・人工或いは永続性・一時生を問わず沼沢地、湿原、泥炭地又は水域と定義している (林・佐藤, 2015)。現在、世界中にはラムサール条約で指定された 2,400 の湿地が存在し、その面積は 250km<sup>2</sup> に及んでいる (Convention on Wetlands Secretariat, 2023)。しかしながら、湿地の多くが世界で劣化し失われている (Zedler and Kercher, 2005; Kingsford et al., 2016)。そのような中、稲作用の水田は湿地生態系に生息する動植物に自然の湿地の代替となる生息地を提供することにより生物多様性保全のために重要な役割を果たしている (Kim et al., 2011; Natuhara, 2013)。例えば、日本の水田においては約 5600 種の生物が生息していると報告されている (桐谷, 2010)。そのような動物のひとつとして、カエル類は多くの種が水田を生息地として利用しており (Fujioka and Lane, 1997)、日本でも 13 種のカエルを水田で見つけることができる (出口ら, 2011; Shimada et al., 2022)。また、本研究が実施された兵庫県においては外来種のカエル類 (*Lithobates catesbeianus*) を含む 15 種類のカエル類が生息している (兵庫県立人と自然の博物館, 2023)(表 2-1)。

表 2-1 兵庫県に生息するカエル類

Table 2-1 Frogs living in Hyogo prefecture

和名	学名
アズマヒキガエル	<i>Bufo japonicus formosus</i>
ウシガエル	<i>Lithobates catesbeianus</i>
カジカガエル	<i>Buergeria buergeri</i>
シュレーゲルアオガエル	<i>Zhangixalus schlegelii</i>
タゴガエル	<i>Rana tagoi tagoi</i>
ダルマガエル	<i>Rana porosa brevipoda</i>
ツチガエル	<i>Glandirana rugosa</i>
トノサマガエル	<i>Pelophylax nigromaculatus</i>
ナガレタゴガエル	<i>Rana sakuraii</i>
ニホンアカガエル	<i>Rana japonica</i>
ニホンアマガエル	<i>Dryophytes japonicus</i>
ニホンヒキガエル	<i>Bufo japonicus japonicus</i>
ヌマガエル	<i>Fejervarya kawamurai</i>
モリアオガエル	<i>Rhacophorus arboreus</i>
ヤマアカガエル	<i>Rana ornativentris</i>

兵庫県立人と自然の博物館(2023)から転載

それらのカエル類は生態系の食物連鎖の中で捕食者及び被食者として重要な役割を果たしている。例えば、カエル類は農作物の害虫を捕食するという生態系サービスを提供している (Pandian and Marian, 1986; Khatiwada et al., 2016; Shuman-Goodier et al., 2019)。また、カエル類はコウノトリ (*Ciconia boyciana*) のような絶滅危惧種の餌ともなっている (長

谷川, 2003; 佐藤・東, 2004; 田和ら, 2016)。このような理由から、2005年からコウノトリの野生復帰事業が実施されている兵庫県の但馬地域においては、カエル類の保全がコウノトリの野生復帰事業が成功するための重要な条件の一つとして考えられている(内藤ら, 2011; Ezaki et al., 2013) (図 2-1)。



図 2-1 コウノトリ (左) とトノサマガエル (右)

Fig. 2-1 *Ciconia boyciana* (left) and *Pelophylax nigromaculatus* (right)

しかしながら、世界中においてカエル類の個体数は減少している (Wake and Vredenburg, 2008; Rowley et al., 2010)。同様に、日本においても水田に生息するカエル類の個体数が減少しており (Hirai and Matsui, 2001)、1970 年代には既に一部研究者が両生類の減少についての危惧を報告し、1990 年代には両生類の生息環境の悪化について多くの報告がなされるようになったと言われている (長谷川, 2000)。例えば、トノサマガエル (*Pelophylax nigromaculatus*) は環境省が野生生物の個々の種の絶滅の危険度を評価するレッドリストにおいて準絶滅危惧種と指定されており (環境省, 2020)、24 府県において環境省の準絶滅危惧カテゴリ相当以上に指定されている (NPO 法人 野生動物調査協会・NPO 法人 Envision 環境保全事務所, 2021)。世界的にカエル類が直面している主な脅威としては、生息域の消滅、病気、汚染物質への暴露、生息域への外来生物の侵入や気候変動が指摘されている (Withgott, 2002; Kats and Ferrer, 2003; Halliday, 2008; Alford, 2011; Rowley et al., 2010)。このような脅威に加え、日本の水田に生息するカエル類においては農業生産の近代化も脅威となり、例として圃場整備による湿田の乾田化や中干し等の近代的水管理手法の採用がカエル類に悪影響を与えていると指摘されている (Fujioka and Lane, 1997; 大澤・勝野, 2001)。また、土水路から 3 面コンクリート水路 (図 2-2) への転換による生息環境の連続性の喪失も水田に生息する水生動物の生息条件を悪化させていると言われている (大澤・勝野, 2001; 川嶋, 2007; 前野・上野, 2009)。



図 2-2 水田における 3 面コンクリート水路

Fig. 2-2 Concrete-made drainage canals in paddy fields

このような中、兵庫県の但馬地域においては、水田の生きものを育みコウノトリの野生復帰を支援するために環境保全型稲作の一形態である「コウノトリ育む農法」（以下育む農法と記載）が実施されている。育む農法は、冬期・早期湛水、中干し延期（図 2-3）、減農薬あるいは無農薬による稲作栽培を特徴とし（西村・江崎, 2019; 兵庫県, 2019）、水田の生物多様性の保全に資すると考えられている。特に、育む農法は水田に生息するトノサマガエルの保全を目的の一つとして開発されたため（内藤ら, 2020）、環境配慮のための必須要件として中干し実施前にトノサマガエルのオタマジャクシの変態確認を行うことが求められている。



図 2-3 2016 年 6 月 29 日時点の調査対象慣行農法水田のひとつにおける湛水状況と 2016 年 7 月 6 日時点の調査対象育む農法水田における湛水状況

Fig. 2-3 Water levels in a paddy field area under the conventional rice cultivation method on 29<sup>th</sup> June 2016 (left) and in a paddy field area under the WSFF method on 6<sup>th</sup> July 2016(right)

このように育む農法が保全対象としているトノサマガエルは関東地方から仙台平野を除く本州と四国及び九州において水田の存在と結びついて分布し、北海道の一部にも人の手によって持ち込まれて生息している（前田・松井, 1999）。ただし、関東地方から仙台平野の地域にはトノサマガエルは生息せず、外見が似ているが別種のトウキョウダルマガエル（*Pelophylax porosus porosus*）が分布している（関, 2021）。トノサマガエルの繁殖期は 4 月

から6月で水田を繁殖場所とすることが多く、水たまり等の浅い止水に産卵することもある(前田・松井, 1999)(表 2-2)。

表 2-2 トノサマガエルの生態的特徴

Table 2-2 Profile of *Pelophylax nigromaculatus*

分布	関東地方から仙台平野を除く本州、四国、九州、北海道（人為的な移入）(前田・松井, 1999)。
生息環境	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 平地から低山地の水田や池、河川等に生息する(関, 2021)。</li> <li>- 水田と結びついて分布しているが、非繁殖期には水辺からかなり離れた場所でも生活する(前田・松井, 1999)。</li> </ul>
体の特徴・能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 繁殖期に雌雄で体の色に差がある(関, 2021)。</li> <li>- 成体でオスが 55-75mm、メスが 60-90mm(篠原, 2007)。</li> <li>- ジャンプ力に優れている(関, 2021)。</li> </ul>
餌	クモ類やほとんどあらゆる昆虫類の他に、同種の幼蛙、他種のカエルなども食べる(前田・松井, 1999)。
一般的な生活史 (地域によって 時期は異なる)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 繁殖期は 4 月～6 月であり、水田や河川の浅井水たまりに卵塊を産む(関, 2021)。卵塊には 1800-3000 個の卵が含まれる(松井, 2016)。</li> <li>- 変態期は 6 月下旬から 9 月(前田・松井, 1999)。</li> <li>- オスは変態した翌年の秋までに性的に成熟し、2 歳から繁殖行動を行う。メスはオスに 1 年遅れて繁殖に参加する(前田・松井, 1999)。</li> <li>- 卵は産卵後 5-7 日でふ化し幼生(オタマジャクシ)となる。ふ化後約 1 カ月半後から変態が始まり、変態が完了後は陸上で生活を行う。11 月に気温が 8-10 度まで低くなると水田周辺の草地や畑で冬眠に備え始める。</li> </ul>

前田・松井(1999)、篠原(2007)、関(2021)より抜粋

上記のように、育む農法は水田の生きものを保全する効果が期待されつつ作付面積が拡大している。これまで育む農法が水田の生物多様性の保全に及ぼす効果を評価するために野生生物への影響を調査した先行研究は存在するが(Naito et al., 2014; 内藤ら, 2020)、育む農法がトノサマガエルに与える影響についてはまだよくわかっていない。そのため、本章では育む農法がトノサマガエルの個体群密度に影響を与える可能性について検証することとした。本章のために、2014 年と 2015 年に実施された野外調査の結果(内藤ら, 2020)の予備的な解析を行い、2016 年に本調査を実施した。

## 第2節 材料と方法

### 2-1 予備解析の材料と方法

#### 2-1-1 調査地

予備解析は 2014 年と 2015 年に兵庫県の但馬地域の豊岡市において実施された野外調査の結果(内藤ら, 2020)をもとに行った。野外調査は豊岡市内の3地区(三江、新田、五荘)を調査地区として選定して行われた(図 2-4)。両年とも3地区のそれぞれにおいて慣行農法が実施されている水田4圃場と育む農法が実施されている水田4圃場(無農薬タイプ、或いは減農薬タイプ)、即ち、各地区から8圃場が選ばれ、3地区全体で合計24圃場が調査圃場として選定された(表 2-3)。両年とも原則的に同一の圃場で調査が行われたが、農法が変わった場合は同じ調査地区内の可能な限り条件が同じ圃場で調査が行われ各農法のサンプルサイズが同数にされた。

同調査地区で実施された過去の調査ではニホンアマガエル (*Dryophytes japonicus*)、ヌマガエル (*Fejervarya kawamurai*)、シュレーゲルアオガエル (*Zhangixalus schlegelii*)、ニホンアカガエル (*Rana japonica*)、ヤマアカガエル (*Rana ornativentris*)、ツチガエル (*Glandirana rugosa*)、ウシガエル (*Lithobates catesbeianus*) 及びトノサマガエルが見つかっている(Naito et al., 2014; 田和・佐川, 2017a)。

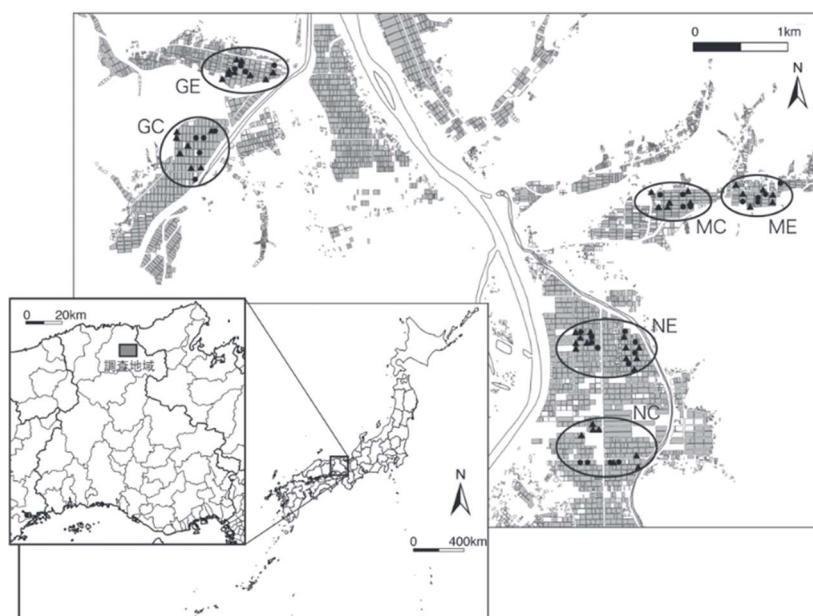


図 2-4 調査地区

Fig. 2-4 Study site locations

アルファベット略号の1文字目は三江(M)、新田(N)、五荘(G)の調査地区名を示し、2文字目は育む農法(E)および慣行農法(C)を示した。トノサマガエルと植物(第3章参照)の調査が行われた圃場を黒丸で、植物の調査のみが行われた圃場を黒三角で示した。

表 2-3 各調査地区における農法別の調査圃場の数

Table 2-3 Number of sampled paddy-field areas

調査地区	2014 年		2015 年			
	慣行農法	育む農法		慣行農法	育む農法	
		減農薬	無農薬		減農薬	無農薬
五荘	4	1	3	4	0	4
三江	4	0	4	4	0	4
新田	4	2	2	4	2	2

### 2-1-2 方法

野外調査では長方形をした調査圃場の四辺の畦畔の其々にライントランセクト法による目視調査のための調査ルート（長さ 20m×幅 1m = 面積 20m<sup>2</sup>）を設置した。調査ルート内に出現したトノサマガエルの成体の数を目視にて記録した。調査は水田の中干しが行われる前の 6 月上旬に 2 回実施した。

調査圃場及び周辺の主要な土地利用のタイプは以下の 5 つの類型に分類した：(1) 水田、(2) 開放水域、(3) 草地、(4) 畑地、(5) 森林。調査地区の農耕地の土地利用の形態は現地調査により確認し、森林及び草地は環境省実施第 6 回・第 7 回自然環境保全基礎調査植生調査のデータに基づいて分類した(生物多様性センター, 2017)。各タイプの土地の調査対象圃場の中心から半径 200m 及び 800m 以内の面積を地理情報システム (GIS) で計算した (ArcGIS 10.5 ESRI Inc.)。なお、調査地域に点在する水田等を転用したビオトープは水田に含めた。

統計解析にはソフトウェアの R version 4.2.1 を使用した (R Development Core Team, 2022)。農法と土地利用要因がトノサマガエルの個体数密度に与える影響を一般化線形モデル (Generalized Linear Mixed Model (GLMM)) で解析を行った。モデルの目的変数としたトノサマガエルの個体数はポワソン分布に従うと仮定し log リンク関数を使用した。調査面積はオフセット項とし、調査年、調査地区、圃場はランダム効果として扱った。フルモデルに含んだ説明変数は以下のとおりである：(1) 農法 (慣行農法を参照カテゴリとし、その他に育む農法減農薬、及び育む農法無農薬)、(2) 調査圃場の中心から半径 200 m 或いは半径 800m 以内に含まれる土地全体の面積における水田の面積の割合、(3) 調査圃場の中心から半径 200m 或いは半径 800m 以内に含まれる土地全体の面積における開放水域の割合、(4) 調査圃場の中心から半径 200m 或いは半径 800m 以内に含まれる土地全体の面積における草地の面積の割合、(5) 調査圃場の中心から半径 200m 或いは半径 800m 以内に含まれる土地全体の面積における畑地の面積の割合、(6) 調査圃場の中心から半径 200m 或いは半径 800m 以内に含まれる土地全体の面積における森林の面積の割合。目的変数の観察値が過分散であるかどうかを確認するために、オフセット項とランダム効果のみを説明変数とするモデルを事前に作成した。このモデルのペナルティ付き残差平方和の平方根が 1.4 以上の場合には過分散であるとみなし、目的変数の観察値毎に付した固有の ID (デ



ータセットの1行毎に固有の値となる)をランダム効果としてモデルに加えた。フルモデルから変数減少法により説明変数を1つずつ除いていき、AIC (Akaike's Information Criterion/赤池情報量基準)が最小となるモデルを選択した。

## 2-2 本調査の材料と方法

### 2-2-1 調査地

本調査は2016年に兵庫県の但馬地域の豊岡市において実施した。豊岡市内の3地区(三江、新田、五荘)を調査地区として選定した(図2-5)。

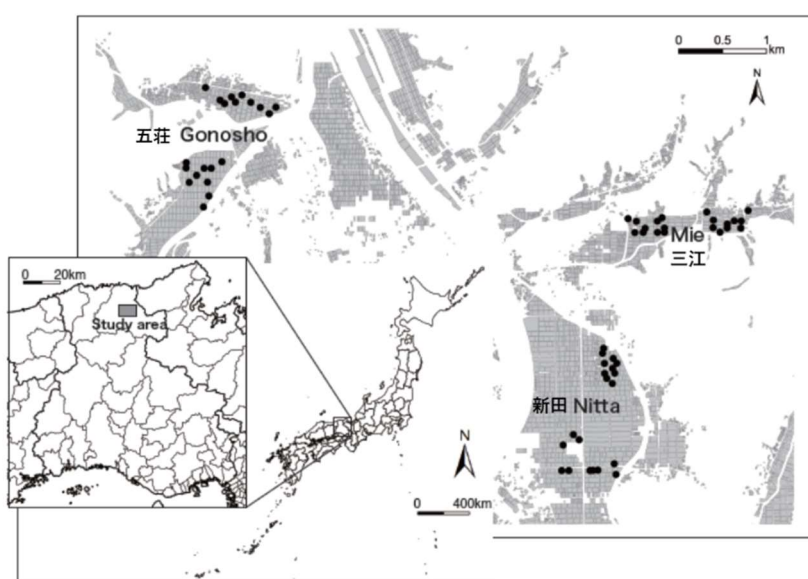


図 2-5 調査地区

Fig. 2-5 Study site locations

3地区のそれぞれにおいて慣行農法が実施されている水田10圃場と育む農法が実施されている水田10圃場、即ち、各地区から20圃場を選び、3地区全体で合計60圃場を調査圃場として選定した。各圃場の農法は耕作者からの聞き取りにより確認した。調査圃場の平均面積は $2,440\text{m}^2$  (range:  $517\text{--}5,542\text{m}^2$ )であった。調査地においては育む農法は2010年頃から実施されている。

### 2-2-2 方法

#### 2-2-2-1 トノサマガエルの水田畦畔利用の実態と季節消長を把握するための調査

長方形をした調査圃場の四辺の畦畔の其々にライントランセクト法による目視調査のための調査ルート(長さ $20\text{m}\times$ 幅 $1\text{m}$  = 面積 $20\text{m}^2$ )を設置した。調査ルートを約時速 $2\text{km}$ の速度で歩きながら調査ルート内に出現したトノサマガエルの成体の数を目視にて記録し

た。各調査圃場の四辺の畦畔で記録した個体数密度を圃場毎で合計し、1圃場 80 m<sup>2</sup> あたりの個体数密度を計算した。このようなトノサマガエル成体の個体数密度調査を、五荘地区の育む農法が実施されている10圃場において合計5回（2016年6月22日、7月30日、8月27日、10月8日、11月2日）実施した。なお、7月30日に実施した第2回調査では天候不順のため8圃場において調査を実施した。

#### 2-2-2-2 コウノトリ育む農法と環境要因がトノサマガエルの個体数密度に与える効果を検証するための調査

育む農法と環境要因がトノサマガエルの個体数密度に与える効果を検証するために、上記と同様のライントランセクト法によるトノサマガエル成体の個体数密度調査を3地区（三江、新田、五荘）の調査対象圃場において実施した。調査はトノサマガエルの繁殖期間に含まれ且つ水田の中干しが実施される前の2016年の6月に一度実施した。本調査では、排水路による圃場の分断がトノサマガエルの個体数密度に影響を与える可能性を調べるために、調査圃場に隣接する排水路の高さと幅を巻尺で計測した。また、畦畔の植生がトノサマガエルの個体数密度へ与える影響を検証するために畦畔の植生の高さと被度を計測した。そのために、各調査ルートに1m<sup>2</sup>の方形区を等間隔に5つ設置し、畦畔の植生の高さを巻尺で計測し被度を目視で確認した。その上で、各調査ルートの5つの方形区の植生高と被度の平均を計算した。

調査圃場及び周辺の主要な土地利用のタイプを以下の4つの類型に分類した：(1) 育む農法が実施されている水田、(2) 慣行農法が実施されている水田、(3) 野菜等の稲以外の農作物が栽培されている畑と休耕地、(4) 森林及び林縁と川沿いの草地。調査地区の農耕地の土地利用の形態は現地調査により確認し、森林及び草地は環境省実施第6回・第7回自然環境保全基礎調査植生調査のデータに基づいて分類した（生物多様性センター, 2017）。各タイプの土地の調査対象圃場の中心から半径100m以内の面積を地理情報システム（GIS）で計算した（ArcGIS 10.5 ESRI Inc.）。先行研究においてトノサマガエルが生息地において移動する距離は平均48mと報告されていたことから（後藤ら, 2011）、バッファの大きさを半径100mとすることとした。なお、Moran's Iを計算し距離100mおよび200mの範囲でトノサマガエルの確認個体数に有意な空間的自己相関がないことを確認した。

統計解析にはソフトウェアのR version 4.2.1を使用した（R Development Core Team, 2022）。環境要因及び土地利用要因がトノサマガエルの個体数密度に与える影響を一般化線形モデル（Generalized Linear Mixed Model (GLMM)）で解析を行った。モデルの目的変数としたトノサマガエルの個体数はポワソン分布に従うと仮定し log リンク関数を使用した。調査地区はランダム効果として扱った。

フルモデルに含んだ説明変数は以下のとおりである：(1) 調査圃場の面積、(2) 排水路の幅、(3) 排水路の高さ、(4) 畦畔の植生の高さ、(5) 畦畔の植生の被度、(6) 調査圃場の水深、(7) 調査圃場の中心から半径100m以内に含まれる土地全体の面積における育む農法が

実施されている水田の面積の割合、(8) 調査圃場の中心から半径 100m以内に含まれる土地全体の面積における水田全体の面積（育む農法が実施されている水田の面積と慣行農法が実施されている水田の面積の合計）の割合、(9) 調査圃場の中心から半径 100m以内に含まれる土地全体の面積における野菜等の稲以外の農作物が栽培されている畑と休耕地の面積の割合、(10) 調査圃場の中心から半径 100m以内に含まれる土地全体の面積における森林及び林縁と川沿いの草地の面積の割合。説明変数間の多重共線性の問題を回避するために Variance Inflation Factor (VIF:分散拡大要因)を計算した。

モデル選択は R パッケージの“glmmTMB” (Magnusson et al., 2017) 及び “MuMIn” (Bartoń, 2020)を使用して実施した。フルモデルに含まれる説明変数を使用して作ることのできる全ての組み合わせに対応した複数のサブモデルを生成し、その中から AIC (Akaike's Information Criterion/赤池情報量基準) の値が最小のモデル、及びデルタ AIC が 2 未満であるモデルを選択した。

### 第 3 節 結果

#### 3-1 予備解析の結果

2014 年と 2015 年の 2 年間の野外調査で記録されたトノサマガエル（成体）の数は合計 704 個体であった。トノサマガエルの個体数を目的変数とし農法と土地利用要因を説明変数とした GLMM による解析の結果として選択されたモデルの説明変数の推定値を示した（表 2-4）。また、慣行農法圃場、育む農法（減農薬）圃場、及び育む農法（無農薬）圃場におけるトノサマガエルの個体数を図示した（図 2-6）。

表 2-4 農法と土地利用要因がトノサマガエルの個体数に及ぼす影響に関する  
選択されたモデルの説明変数の推定値

Table 2-4 Results of model selection and estimation of model parameters

過分散	切片	減農薬	無農薬	水田		畑地		草地		森林		開放水域					
				200m	800m	200m	800m	200m	800m	200m	800m	200m	800m				
あり	-9.934	**	—	—	12.728	**	—	—	-10.000	*	23.231	*	—	8.858	*	—	13.942

土地利用要因における距離はバッファサイズ（調査圃場を中心とする半径）を示す

\*P < 0.05, \*\*P < 0.01

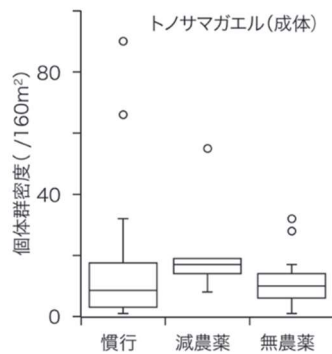


図 2-6 各農法の圃場におけるトノサマガエルの個体数密度

Fig. 2-6 Boxplot of number of frogs observed in paddy fields under the conventional and the WSFF method (reduced-agrochemical-use type and non-agrochemical-use type)

選択されたモデルの中に農法についての説明変数は含まれなかった。モデルに含まれた説明変数のうち係数が正の値をとったのは以下のとおりである：(1) 調査圃場の中心から半径 800m 以内に含まれる土地全体の面積における水田の面積の割合、(2) 調査圃場の中心から半径 800m 以内に含まれる土地全体の面積における草地の面積の割合、(3) 調査圃場の中心から半径 800m 以内に含まれる土地全体の面積における森林の面積の割合、(4) 調査圃場の中心から半径 800m 以内に含まれる土地全体の面積における開放水域の割合。また、係数が負の値をとった説明変数は以下のとおりである：(1) 調査圃場の中心から半径 200 m 以内に含まれる土地全体の面積における水田の面積の割合、(2) 調査圃場の中心から半径 200m 以内に含まれる土地全体の面積における草地の面積の割合。

### 3-2 本調査の結果

#### 3-2-1 トノサマガエルの水田畦畔利用の実態と季節消長

2016 年の本調査で記録された五荘地区の畦畔におけるトノサマガエル成体の季節消長を図に示した(図 2-7)。全体的な傾向としてトノサマガエル成体の個体数密度(個体数/80m<sup>2</sup>)は6月下旬の中干し前の時期(9.7/80m<sup>2</sup>)から上昇し7月下旬に最大となった(32.6/80m<sup>2</sup>)。その後に稲刈り前の8月下旬には減少しており(12.7/80m<sup>2</sup>)、10月初旬には著しく少なくなり(2.7/80m<sup>2</sup>)、11月初旬には見られなくなった(0/80m<sup>2</sup>)。

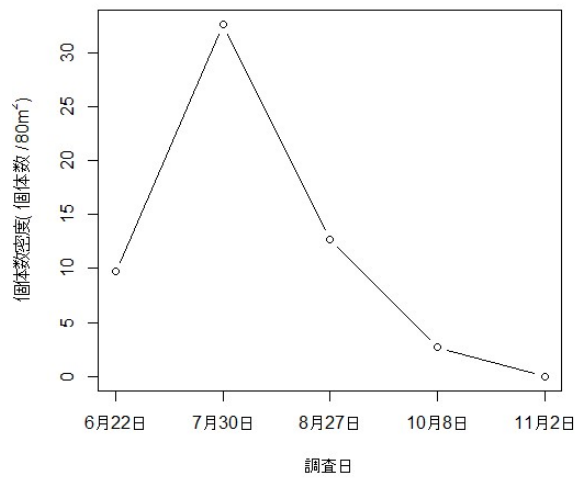


図 2-7 五荘地区におけるトノサマガエル成体の季節消長 (n=10\*)

Fig. 2-7 Seasonal changes in the number of *Pelophylax nigromaculatus* frogs observed in the sample paddy-field areas in Gonosho study site

\*但し、7月27日調査のサンプル数は8。

### 3-2-2 コウノトリ育む農法と環境要因がトノサマガエルの個体数密度に与える効果

2016年の調査の結果、60圃場において合計210個体のトノサマガエルが確認された。1圃場80m<sup>2</sup>あたりの個体数密度の平均値は慣行農法の圃場では2.70 (SD = 4.07; range 0-16)、育む農法の圃場では4.30 (SD = 5.19; range 0-21)であった (図 2-8)。また、環境要因に係る変数の概要は表 2-5 のとおりである。

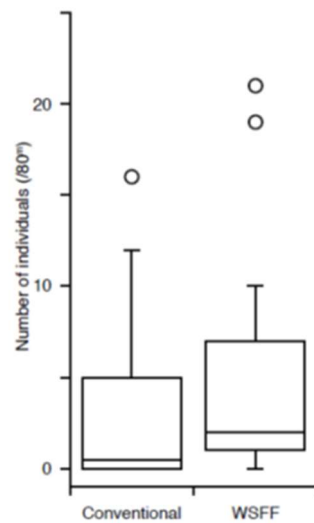


図 2-8 各農法の圃場におけるトノサマガエルの個体数密度

Fig. 2-8 Boxplot of number of frogs observed in paddy fields under the conventional and the WSFF method

\* Conventional: 慣行農法、WSFF: 育む農法

表 2-5 環境要因に係る変数の概要

Table 2-5 Summary of environmental factor variables

変数 (n=60)	平均	Range
圃場面積 (m <sup>2</sup> )	2,440	517-5,542
排水路の幅 (cm)	59.27	24-210
排水路の高さ (cm)	50.27	0-80
植生の高さ (cm)	12.87	3.5-36
植生の被度 (%)	74.17	26.25-100
圃場の水深 (cm)	5.62	0-13.25

フルモデルに含まれる説明変数の全ての組み合わせについて VIF の値は 10 以下であった。モデル選択の結果は表 2-6 のとおりとなった。フルモデルに含まれる説明変数を使用して 1024 個のサブモデルが生成され、その中から AIC の値が最小或いはデルタ AIC が 2 未満のモデルが 7 個選択された。選択された 7 個のサブモデルの全てにおいて一貫して含まれた説明変数は植生の高さや被度、圃場の水深、調査圃場の面積、調査圃場の中心から半径 100m 以内に含まれる土地全体の面積における育む農法が実施されている水田の面積の割合であった。それらの説明変数の中で植生の被度を除く全ての変数の係数が正の値を

とった。トノサマガエルと調査圃場の中心から半径 100m以内に含まれる土地全体の面積における育む農法が実施されている水田の面積の割合との間の正の関係が検出された。

表 2-6 モデル選択の結果と各説明変数の係数の推定値  
Table 2-6 Results of model selection and parameter estimates.

AIC	ΔAIC	選択された 説明変数の数	切片	排水路に関する変数		植生に関する変数		水深	圃場面積	<sup>a)</sup> AER	<sup>b)</sup> ATR	<sup>c)</sup> AHO	<sup>d)</sup> AFG
				幅	高さ	高さ	被度						
フルモデル													
217.90	—	—	-2.4797	-0.0041	0.0003	0.0650	-0.0271	0.0835	0.0178	0.0197	-0.0215	-0.0167	-0.0043
ベストモデル													
212.76	—	7	1.5770	-0.0038	—	0.0604	-0.0260	0.0871	0.0193	0.0197	-0.0192	—	—
デルタ AIC の値が 2 未満のモデル													
213.08	0.3199	6	1.2198	—	—	0.0686	-0.0289	0.0845	0.0174	0.0168	-0.0133	—	—
213.97	1.2108	5	0.6658	—	—	0.0596	-0.0300	0.1073	0.0137	0.0100	—	—	—
214.01	1.2524	8	1.8163	-0.0041	—	0.0625	-0.0268	0.0848	0.0184	0.0201	-0.0207	-0.0146	—
214.68	1.9214	7	1.3727	—	—	0.0707	-0.0297	0.0822	0.0168	0.0170	-0.0141	-0.0106	—
214.71	1.9501	8	1.6653	-0.0039	-0.0013	0.0594	-0.0259	0.0839	0.0197	0.0194	-0.0190	—	—
214.76	1.9999	8	1.5788	-0.0038	—	0.0604	-0.0260	0.0871	0.0193	0.0196	-0.0192	—	-0.0001

a) AER: 調査圃場の中心から半径 100m以内に含まれる土地全体の面積における育む農法が実施されている水田の面積の割合、b) ATR: 調査圃場の中心から半径 100m以内に含まれる土地全体の面積における水田全体の面積、c) AHO: 調査圃場の中心から半径 100m以内に含まれる土地全体の面積における野菜等の稲以外の農作物が栽培されている畑と休耕地の面積の割合、d) AFG: 調査圃場の中心から半径 100m以内に含まれる土地全体の面積における森林及び林縁と川沿いの草地の面積の割合

#### 第 4 節 考察

まず、コウノトリの餌資源の一つとしてトノサマガエルの成体の役割を考えると、畦畔におけるトノサマガエル成体の季節消長を調べた 2016 年の本調査の結果、6 月から 8 月にかけて餌として重要な役割を果たす可能性があることがわかった。11 月には畦畔で見かけることが少なることも判明した。

育む農法と環境要因がトノサマガエルの個体数密度に与える効果の検証については、予備解析の結果では育む農法がトノサマガエルに与える影響は検出されなかったが、本調査ではトノサマガエルの個体数密度と調査圃場の中心から半径 100m以内における育む農法が実施されている水田の面積の割合との間に正の相関があることが分かった。予備的解析が対象としたサンプルのサイズが 24 であったの対し本調査のサンプルサイズは 60 であったので、本調査で大きなサンプルサイズを用いたことにより正の相関関係を検出したものと考えられる (Field and Hole, 2003)。

本調査で育む農法が実施されている水田の面積の割合とトノサマガエルの個体数密度の間の正の相関が検出された理由は育む農法は早期湛水や中干延期といった特徴的な水管理によってトノサマガエルの繁殖期に水田の湛水期間を相対的に長くすることによりトノサ

マガエルの個体群の維持に有効であることが考えられる。トノサマガエルは水田や水路を繁殖の場として利用し一生を水際からあまり離れずに生活する(長谷川, 2003)。そのようなトノサマガエルの生存の条件としての水の存在の重要性を考えると、異なる稲作方法における水管理の仕方の相違は水田に生息するトノサマガエルの生息数に影響を与えるものと考えられる(村上・大澤, 2008)。特に、慣行農法水田における中干しの実施はトノサマガエルの幼生が圃場内で変態を完了することを妨げることが指摘されており(吉田ら, 2007; 村上・大澤, 2008)、育む農法の中干し延期は水田の湛水期間を長くすることによってトノサマガエルの繁殖にとって有利に働くと考えられる。

トノサマガエルの平均的な繁殖期は4月から6月の間であり(前田・松井, 1999)、トノサマガエルは水田が湛水されると産卵を始め(後藤ら, 2011)、幼生は2か月間ほどかけて成体に変態する(松井・関, 2008)。豊岡市においては育む農法による水田は田植えが始まる1ヶ月前の4月中旬から湛水が始まり(西村・江崎, 2019)、慣行農法の水田においては4月下旬頃に湛水が始まる(田和・佐川, 2017)。また、慣行農法の水田においては中干しは6月の中旬から下旬に行われるのに対し(田和・佐川, 2017)、育む農法による水田での中干しは慣行農法水田より2週間ほど遅い7月初旬に始まる(西村, 2012)。このように春夏に育む農法を実施する水田においては慣行農法水田におけるよりも長い湛水期間が確保されており、トノサマガエルが産卵し幼生が変態を完了するための比較的良好な機会を与えている。また、育む農法の水田においては慣行農法と比べて農薬成分の使用回数が少ないこともトノサマガエルの保全にとって有益と考えられる。しかしながら、育む農法を実践する農家を対象に実施したアンケート調査の回答では(第1章参照)、複数の農家が育む農法による冬期湛水がトノサマガエルの冬眠を妨げる等の負の影響を与えるかもしれないとの懸念を表明した。もしもそのような負の影響が事実であれば、中干延期等によって育む農法がトノサマガエルに与える有益な効果が減殺されるかもしれない。

本調査の結果として圃場面積が小さいほどトノサマガエルの個体数密度が小さいことがわかった。その理由は、小さな圃場は圃場群の外縁の道路や裸地に近い場所に位置することが多く、トノサマガエルにとってはあまり良い生息環境を提供できないことによるかもしれない。

排水路の幅と高さはトノサマガエルの個体数密度に影響を与えていないことが判明した。調査対象地域の排水路の幅は比較的狭いためトノサマガエルは飛び越えることができるためかもしれない。また、圃場への入り口はしばしば農道につながっており排水路経由以外にも近隣圃場と往来する経路を提供しているため、排水路による生息地の分断の効果が検出されなかったのかもしれない。

本調査では、畦畔の植生の高さはトノサマガエルの個体数密度と正の相関があり、植生の被度は負の相関があることが示された。既往研究は水田の畦畔はカエル類が採餌を行う場所(Hirai and Matsui, 1999; 更科ら, 2011; 佐野・篠原, 2012)や捕食者からの避難場所(平井, 2006)を提供するという重要な役割を果たしていることを指摘している。Katayama et al.



(2019) による研究においても水田の畦畔における植生の高さと同種が対象としたトノサマガエルと同属の3種のカエルの個体数との間の正の相関を報告しており、その理由として高さが高い畦畔の植生はカエルが捕食者から逃れることを可能にすることでカエルにとって好条件であろうことを指摘している。鈴木ら (2002) は植被率が 80%を超える場合は植被率とトノサマガエルの個体数密度の間に負の相関があり、植被率が 30%から 70%の間ときには両者の間に正の相関があることを報告している。この既往研究の結果と同様に本調査の結果は植被率とトノサマガエルの個体数密度の間に負の相関があることを示唆しているが、それは調査対象 60 圃場のうち 29 圃場において 植被率が 80%を超え、38 圃場において植被率が 70%を超えていたからかもしれない。

また、圃場の水深とトノサマガエルの個体数密度の間に正の相関があることが判明したが、トノサマガエルの繁殖にとっての水の存在の不可欠さを考慮すると妥当な結果と言える。

本調査では調査圃場の周辺における野菜等の畑と休耕地の面積の割合とトノサマガエルの個体数密度との間には相関関係が確認されなかった。トノサマガエルと近縁種であり水田に生息するトウキョウダルマガエルの生息要因を考察した大澤 (2014) も同様の点を指摘しており、その原因として畑は耕作や除草により農作物以外の植生が少ないのでトウキョウダルマガエルの生息にとってそれほど有益な寄与をしていないのではないかと考察している。

調査圃場周辺の森林及び林縁と川沿いの草地の面積の割合についてもトノサマガエルの個体数密度との間の相関関係が確認されなかった。大河内 (2001) や村上・大澤 (2008) も指摘するように、近傍の樹林の有無は水田に生息するトノサマガエルの生息可否の条件に大きな影響は与えていないと考えられる

## 第5節 結論

予備解析及び本調査によって稲作の育む農法と水田周辺の環境要因が水田に生息するトノサマガエルの個体群密度に及ぼす影響を検討した。本調査の結果として、トノサマガエルの個体数密度と調査圃場の中心から半径 100m以内に含まれる育む農法が実施されている水田の面積の割合との間に正の相関があることがわかった。育む農法を実施することで減農薬あるいは無農薬でイネを栽培し中干しを延期することができる。このような結果から、育む農法はトノサマガエルの保全手法としての効果があると考えられる。トノサマガエルの保全に資する他の技術を開発し育む農法に組み込むことができれば育む農法は一層トノサマガエルの保全とコウノトリの野生復帰に貢献できるであろう。



第3章 コウノトリ育む農法が植物群落の多様性に及ぼす効果

Chapter 3

The “white stork friendly farming” (WSFF) method  
for enhancing plant community diversity in paddy fields



## 第1節 序論

水田は湿地生態系に生息する生物に代替的な生息域を提供できると考えられている（日鷹, 1998; Natuhara, 2013; 大谷ら, 2013）。そのような水田の生態系に発生する植物群落は野生動物に餌や敵からの退避場所を提供する等により生物多様性の保全に貢献している（大窪・前中, 1995）。しかし、湿田から乾田への転換（工藤, 2017）や圃場整備に伴う外来種の侵入（大窪・前中, 1995）等により水田の植生の多様性が低下していることが指摘されている。

このような中、兵庫県の但馬地域においては、コウノトリの野生復帰を支援するために環境保全型稲作の一形態である「コウノトリ育む農法」（以下育む農法と記載）が実施されている。育む農法は、冬期・早期湛水、深水管理、中干し延期、減農薬あるいは無農薬による稲作栽培を特徴とし水田の生物多様性の保全に資することが期待されている。

これまで、いくつかの既往研究が水田の圃場整備や稲作の農法の相違が水田における植物群落の組成に影響を与えることを報告している（野口, 1992; 大窪・前中, 1995; 山口ら, 1998; 伊藤ら, 1999; 松村, 2001）。しかしながら、育む農法が水田の植物の多様性に与える影響についての知見の蓄積は未だ充分とは言えない。したがって、本章では育む農法は水田の植物の多様性を増加させるとの仮説を設定し、水田内及び畦畔に発生する植物の多様性に与える影響について仮説の検証を行った。本章のために、2014年と2015年に実施された野外調査の結果（内藤ら, 2020）の予備的な解析を行い、2016年に本調査を実施した。

## 第2節 材料と方法

### 2-1 予備解析の材料と方法

#### 2-1-1 調査地

予備解析は2014年と2015年に兵庫県の但馬地域の豊岡市において実施された野外調査の結果（内藤ら, 2020）をもとに行った。野外調査は豊岡市内の3地区（三江、新田、五荘）を調査地区として選定して行われた（図 3-1）。両年とも3地区のそれぞれにおいて慣行農法が実施されている水田10圃場と育む農法が実施されている水田10圃場（無農薬タイプ、或いは減農薬タイプ）、即ち、各地区から20圃場を選び、3地区全体で合計60圃場が調査圃場として選定した（表 3-1）。両年とも原則的に同一の圃場で調査が行われたが、農法が変わった場合は同じ調査地区内の可能な限り条件が同じ圃場で調査が行われ各農法のサンプルサイズが同数にした。

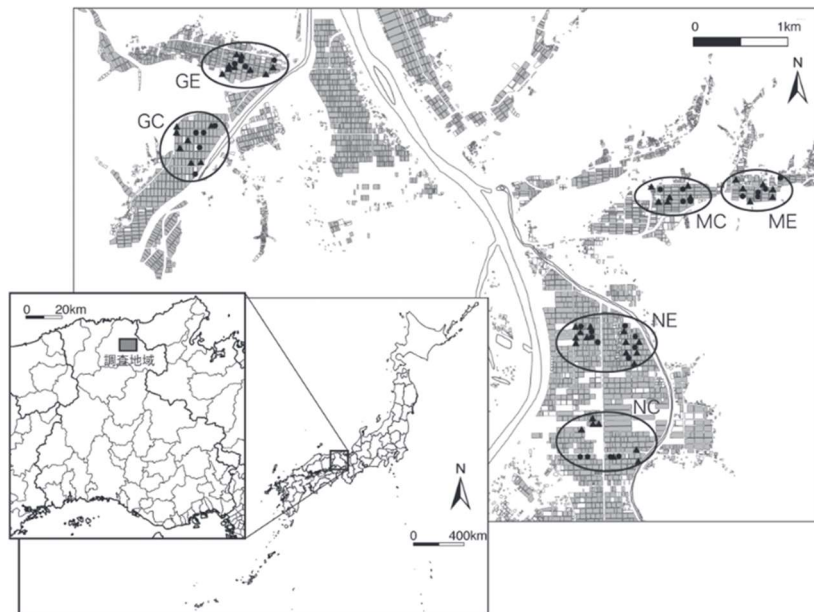


図 3-1 調査地区

Fig. 3-1 Study site locations

アルファベット略号の 1 文字目は三江 (M)、新田 (N) および 五荘 (G) の調査地区名を示し、2 文字目は育む農法 (E) および慣行農法 (C) を示した。トノサマガエル (第 2 章参照) と植物の調査が行われた圃場を黒丸で、植物の調査のみが行われた圃場を黒三角で示した。

表 3-1 各調査地区における農法別の調査圃場の数

Table 3-1 Number of sampled paddy-field areas

年	2014 年			2015 年			
	調査地区	慣行農法	育む農法		慣行農法	育む農法	
			減農薬	無農薬		減農薬	無農薬
五荘	10	2	8	10	2	8	
三江	10	6	4	10	6	4	
新田	10	0	10	10	0	10	

### 2-1-2 方法

植生調査のために各圃場の 4 辺の畦畔から調査対象とする 3 つを無作為に選んだ。調査対象とした各畦畔において、田面 (水田内) と畦畔それぞれについて 1 方形区が設定された。その結果、田面と畦畔それぞれにおいて 180 方形区で植生調査が行われた (1 圃場あたり 3 方形区×10 圃場×2 農法×3 地区=180 方形区)。

田面の調査は、畦畔から 1m 程度内側のイネ (*Oryza sativa*) が植栽された場所で行われた。方形区の大きさは 1m<sup>2</sup> とされ、その中出现する維管束植物の出現種および種別の被度が目視で記録された。植生調査はイネの植栽後である 6 月、および収穫前の 8 月下旬か

ら9月中旬の2回実施された(表3-2)。2回の調査において同一の圃場が調査対象とされたが、方形区の位置は各回の調査時にランダムに設置された。

表3-2 1年につき田面と畦畔で各2回行われた調査における調査圃場の数  
Table 3-2 Number of paddy-field areas sampled in June and August-September

調査地区	第1回田面(6月)		第2回田面(8-9月)		第1回畦畔(6月)		第2回畦畔(8-9月)	
	慣行農法	育む農法	慣行農法	育む農法	慣行農法	育む農法	慣行農法	育む農法
五荘	10	10	10	10	10	10	10	10
三江	10	10	10	10	10	10	10	10
新田	10	10	10	10	10	10	10	10

調査圃場及び周辺の主要な土地利用のタイプを以下の5つの類型に分類した：(1)水田、(2)開放水域、(3)草地、(4)畑地、(5)森林。調査地区の農耕地の土地利用の形態は現地調査により確認し、森林及び草地は環境省実施第6回・第7回自然環境保全基礎調査植生調査のデータに基づいて分類した(生物多様性センター, 2017)。各タイプの土地の調査対象圃場の中心から半径200m及び800m以内の面積を地理情報システム(GIS)で計算した(ArgGIS 10.5 ESRI Inc.)。なお、調査地域に点在する水田等を転用したビオトープは水田に含んだ。

統計解析にはソフトウェアのR version 3.4.0を使用した(R Development Core Team, 2022)。農法と土地利用要因が維管束植物の出現種数(方形区の出現種数を3方形区分まとめた合計値)と累積被度(方形区の各出現種の被度を累積し3方形区分まとめた合計値)に与える影響を一般化線形モデル(Generalized Linear Mixed Model (GLMM))で解析を行った。モデルの目的変数とした出現種数と累積被度はポワソン分布に従うと仮定しlogリンク関数を使用した。調査面積をオフセット項とし、調査年、調査地区、圃場はランダム効果として扱った。

フルモデルに含んだ説明変数は以下のとおりである：(1)農法(慣行農法を参照カテゴリとし、その他に育む農法減農薬、及び育む農法無農薬)、(2)調査圃場の中心から半径200m或いは半径800m以内に含まれる土地全体の面積における水田の面積の割合、(3)調査圃場の中心から半径200m或いは半径800m以内に含まれる土地全体の面積における開放水域の割合、(4)調査圃場の中心から半径200m或いは半径800m以内に含まれる土地全体の面積における草地の面積の割合、(5)調査圃場の中心から半径200m或いは半径800m以内に含まれる土地全体の面積における畑地の面積の割合、(6)調査圃場の中心から半径200m或いは半径800m以内に含まれる土地全体の面積における森林の面積の割合。目的変数の観察値が過分散であるかどうかを確認するために、オフセット項とランダム効果のみを説明変数とするモデルを事前に作成した。このモデルのペナルティ付き残差平方和の平方根が1.4以上の場合には過分散であるとみなし、目的変数の観察値毎に付した固有のID(データセットの1行毎に固有の値となる)をランダム効果としてモデルに加えた。フルモデルから変数減少法により説明変数を1つずつ除いていき、AIC(Akaike's Information

Criterion/赤池情報量基準) が最小となるモデルを選択した。

## 2-2 本調査の材料と方法

### 2-2-1 調査地

本調査は兵庫県の但馬地域の豊岡市において2016年に実施した。豊岡市内の3地区（三江、新田、五荘）を調査地区として選定した（図3-2）。調査地区の圃場の形はほぼ長方形である。3地区のそれぞれにおいて慣行農法が実施されている水田10圃場と育む農法が実施されている水田10圃場、即ち、各地区から20圃場を選び、3地区全体で合計60圃場を調査圃場として選定した。各圃場の農法は耕作者からの聞き取りにより確認した。調査地においては育む農法は2010年頃から実施されている。

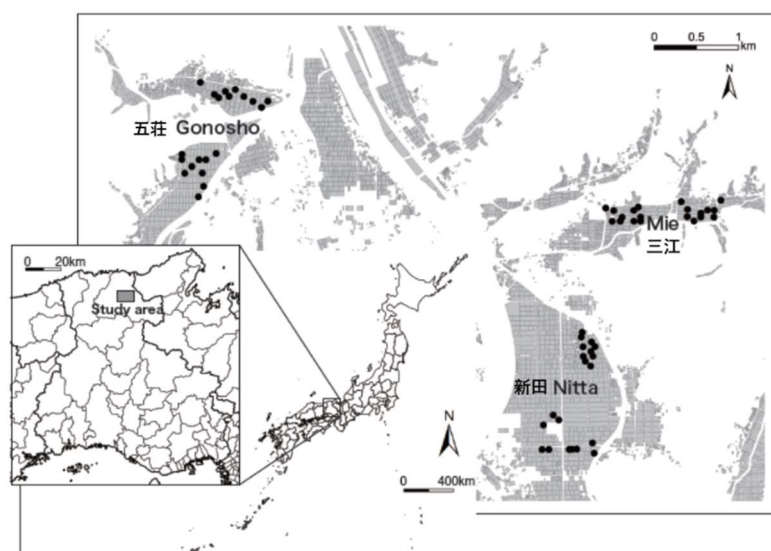


図3-2 調査地区

Fig. 3-2 Study site locations

### 2-2-2 方法

長方形をした各圃場の4辺の畦畔から調査対象とする3つを無作為に選んだ。調査対象とした各畦畔において、田面（水田内）と畦畔それぞれについて1方形区を設定した。その結果、田面と畦畔それぞれにおいて180方形区で植生調査を行った（1圃場あたり3方形区×10圃場×2農法×3地区=180方形区）。

田面の調査は、畦畔から1m程度内側のイネが植栽された場所で行った。方形区の大きさは1m<sup>2</sup>とし、その中に出現する維管束植物の出現種および種別の被度を目視で確認し記録した。田面の植生調査は、イネの植栽後である6月上旬、7月下旬、および収穫前の8月下旬から9月中旬の3回実施した（表3-3）。畦畔の調査は6月下旬から7月上旬および9月下旬から10月上旬の2回実施した。全ての調査において同一の圃場を調査対象とした



が、方形区の位置は各回の調査時にランダムに設置した。なお、畦畔の第 2 回目の調査においては、天候不順のため慣行農法の 2 圃場の調査を行えず調査対象圃場が 58 圃場（174 方形区）となった。

表 3-3 本調査の各調査地区における農法別の調査圃場の数

Table 3-3 Number of sampled paddy-field areas

調査地区	第 1 回田面 (6 月)		第 2 回田面 (7 月)		第 3 回田面 (8-9 月)		第 1 回畦畔 (6-7 月)		第 2 回畦畔 (9-10 月)	
	慣行	育む	慣行	育む	慣行	育む	慣行	育む	慣行	育む
	農法	農法	農法	農法	農法	農法	農法	農法	農法	農法
五荘	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
三江	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
新田	10	10	10	10	10	10	10	10	10	8

調査対象方形区で確認された植物群落の多様性を評価するためにシャノン・ウィナーの多様度指数 ( $H'$ ) を計算した。 $H'$  は以下の式(1)で算出した。

$$H' = -\sum p_i \times \ln(p_i) \quad (1)$$

$p_i$  は相対優占度であり、出現植物種の被覆面積の割合（各方形区における各植物種の被覆面積/全植物種の全被覆面積）とした。各圃場につき 3 方形区の  $H'$  の値の平均値を計算し、当該圃場を代表する  $H'$  の値とした。各地区において田面と畦畔のそれぞれにおいて植物群落のシャノン・ウィナーの多様度指数について慣行農法の圃場と育む農法の圃場の間の差の有無を確認するためにマン・ホイットニーの U 検定を行った。 $H'$  の値は R version 4.2.1 (R Development Core Team, 2022) で計算した。マン・ホイットニーの U 検定には SPSS (IBM SPSS Statistics 28.0.0.0) を用いた。調査対象方形区における植物の種組成の傾向を把握するために出現種の被度を用いて DCA (Detrended Correspondence Analysis, Hill・Gauch, 1980) を行い調査対象方形区を序列化した。また、TWINSPAN (Hill, 1979) により方形区のカテゴリ分けを行った。DCA と TWINSPAN を行うために PCORD ver. 7 (McCune and Grace, 2002) を用いた。

### 第 3 節 結果

#### 3-1 予備解析の結果

予備解析の対象とした 2014 年と 2015 年の 6 月に実施された田面の植生調査では、イネを除いて 16 種が確認された。出現頻度（調査した全 180 方形区のうち当該種が確認された方形区の割合）が高い種は、コナギ (*Monochoria vaginalis* var. *plantaginea*) (15.0%)、アオウキクサ (*Lemna aoukikusa*) (13.3%)、キシユウスズメノヒエ (*Paspalum distichum*) (9.2%)、オモダカ (*Sagittaria trifolia*) (4.2%) であった。

8-9 月に実施された田面調査では、イネを除いて 66 種が確認された。出現頻度が高い種は、ミズワラビ (*Ceratopteris thalictroides*) (50.0%)、コナギ (48.8%)、チョウジタデ

(*Ludwigia epilobioides*) (47.8%)、アゼナ (*Lindernia procumbens*) (46.4%) であった。

6月に実施された畦畔の植生調査では148種が確認された。出現頻度が高い種は、オオチドメ (*Hydrocotyle ramiflora*) (79.2%)、スギナ (*Equisetum arvense*) (73.6%)、シロツメクサ (*Trifolium repens*) (62.2%)、トウバナ (*Clinopodium gracile*) (41.7%) であった。

8-9月に実施された畦畔の植生調査では136種が確認された。出現頻度が高い種は、オオチドメ (78.9%)、スギナ (64.2%)、メヒシバ (*Digitaria ciliaris*) (60.0%)、ヒメクグ (*Kyllinga brevifolia* var. *leiolepis*) (52.2%) であった。

維管束植物の出現種数と累積被度を目的変数とし農法と土地利用要因を説明変数とした GLMM による解析の結果として選択されたモデルの説明変数の推定値を示した (表 3-4)。

表 3-4 農法と土地利用要因が維管束植物の出現種数と累積被度に及ぼす影響に関する  
 選択されたモデルの説明変数の推定値

Table 3-4 Results of model selection and parameter estimates

切片	減農薬	無農薬	水田		畑地		草地		森林		開放水域								
			200m	800m	200m	800m	200m	800m	200m	800m	200m	800m							
田面 6 月 出現種数 (過分散 なし)																			
-0.359	0.102	0.478	***	—	—	—	—	—	—	—	—	-7.116	—						
田面 8-9 月 出現種数 (過分散 なし)																			
1.434	***	—	—	—	—	5.921	—	—	—	0.538	—	—	5.661 *						
田面 6 月 累積被度 (過分散 なし)																			
-2.683	***	1.513	*	1.192	*	—	—	—	—	-8.450	*	—	—						
田面 8-9 月 累積被度 (過分散 あり)																			
-7.856	**	1.964	***	2.330	***	—	10.993	**	—	17.917	*	—	9.483	**					
畦畔 6 月 出現種数 (過分散 なし)																			
1.706	***	0.377	***	0.242	***	—	1.076	*	-0.888	-4.417	*	—	-0.365	0.621	*	2.013	—		
畦畔 8-9 月 出現種数 (過分散 なし)																			
0.310	0.166	**	0.080	-0.325	2.772	***	—	-3.074	-1.173	6.494	***	-0.929	***	2.777	***	2.463	—		
畦畔 6 月 累積被度 (過分散 あり)																			
4.161	***	0.563	***	0.422	***	0.530	—	—	2.995	**	—	0.851	*	-1.233	***	4.250	*	-8.482	**
畦畔 8-9 月 累積被度 (過分散 あり)																			
4.361	***	0.171	*	0.307	*	-0.462	0.693	—	-10.587	*	—	—	—	—	—	—	—	—	

\* p < 0.05、\*\* p < 0.01、\*\*\* p < 0.001

また、慣行農法圃場、育む農法（減農薬）圃場、及び育む農法（無農薬）圃場における出現種数（圃場内3方形区の平均値）と累積被度（出現種の被度の合計、圃場内3方形区の平均値）を図示した（図3-3）。

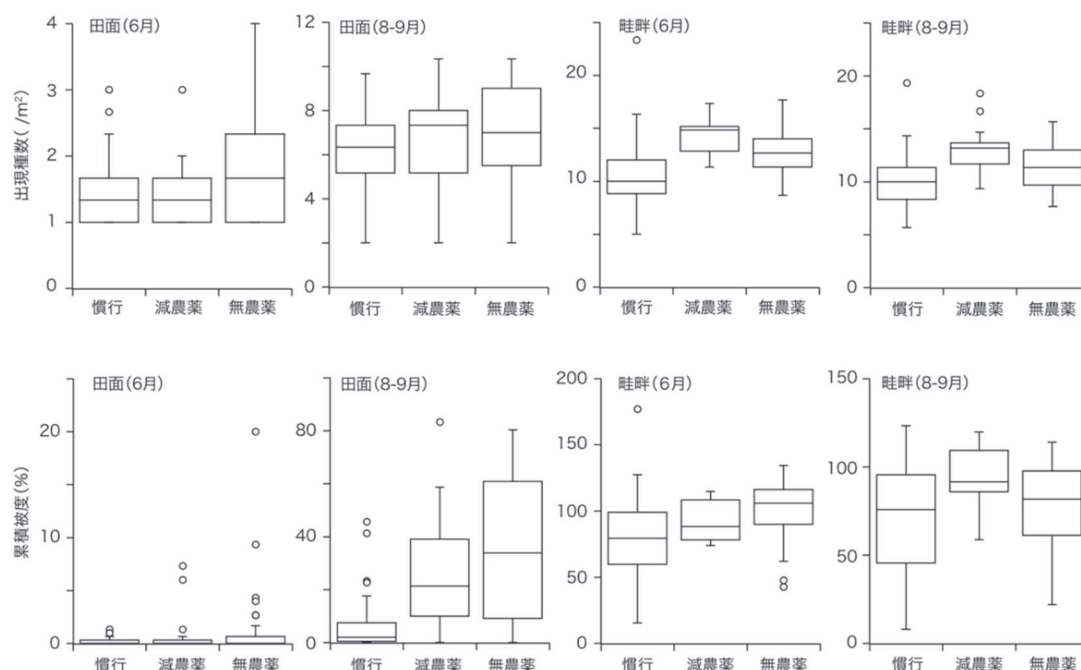


図 3-3 各農法の圃場における維管束植物の出現種数と累積被度

Fig. 3-3 Boxplots of average number of species (upper diagram) and average cumulative total plant cover (lower diagram) observed in June and in August-September in paddy fields under the conventional and the WSFF method (reduced-agrochemical-use type and non-agrochemical-use type)

2014年と2015年の2年分のデータを含む。両年の同一時期に調査が行われた同一圃場における3方形区の数値の平均を計算し圃場毎の値として示した。慣行農法圃場: n=60、育む農法（減農薬）圃場: n=44、育む農法（無農薬）圃場: n=16。田面の出現種数にはイネを含み、累積被度にはイネの被度は含まれない。

6月の田面の出現種数について選択されたモデルでは育む農法（無農薬）の説明変数が正の値をとった。出現種数の中央値は育む農法（無農薬）が育む農法（減農薬）及び慣行農法よりも大きかった。8-9月の田面の出現種数について選択されたモデルには農法についての説明変数は含まれなかったが、800mスケールの開放水域の割合の説明変数が正の値をとった。出現種数の中央値を農法間で比較すると、育む農法（無農薬）及び育む農法（減農薬）の値は双方とも慣行農法の値よりも大きかったが、農法間の差が6月の調査のときよりも小さかった。

6月の田面の累積被度について選択されたモデルでは育む農法（無農薬）及び育む農法

(減農薬)の説明変数が正の値をとり、200m スケールの森林の割合の説明変数が正の値をとった。累積被度を農法間で比較すると、育む農法(無農薬)、育む農法(減農薬)、慣行農法の順で値が大きい傾向があった。8-9月の田面の累積被度について選択されたモデルでも育む農法(無農薬)及び育む農法(減農薬)の説明変数が正の値をとり、800m スケールの水田の割合の説明変数、800m スケールの草地の割合の説明変数、800m スケールの森林の割合の説明変数が正の値をとった。累積被度を農法間で比較すると、育む農法(無農薬、減農薬)と慣行農法の値の差が6月調査の時より大きくなった。

なお、6月の田面については、慣行農法の26圃場(43.3%)、育む農法(減農薬)の15圃場(34.1%)、育む農法(無農薬)の7圃場(43.8%)の方形区内でイネ以外の種が確認されなかった。イネ以外の種が確認された方形区でも被度が小さく、育む農法(無農薬)の圃場においては累積被度の最大値は20%程度であった。他方、8-9月の田面では、農法の違いに関わらず全体的に出現種数が増加し、育む農法(減農薬、無農薬共)の圃場の方形区では累積被度が80%程度に達するものもあった。

6月の畦畔の出現種数について選択されたモデルでは育む農法(無農薬)及び育む農法(減農薬)の説明変数が正の値をとった。また、800m スケールの水田の割合の説明変数と800m スケールの森林の割合の説明変数が正の値をとり、800m スケールの畑地の割合の説明変数が負の値をとった。出現種数の中央値は育む農法(無農薬、減農薬)の値が慣行農法の値よりも大きい傾向があった。

8-9月の畦畔の出現種数について選択されたモデルでは育む農法(減農薬)の説明変数が正の値をとった。また、800m スケールの水田の割合の説明変数、800m スケールの草地の割合の説明変数と800m スケールの森林の割合の説明変数が正の値をとり、200m スケールの森林の割合の説明変数が負の値をとった。出現種数の中央値は育む農法(無農薬、減農薬)の値が慣行農法の値よりも大きい傾向があった。

6月の畦畔の累積被度について選択されたモデルでは育む農法(無農薬)及び育む農法(減農薬)の説明変数が正の値をとった。また、200m スケールの草地の割合の説明変数、200m スケールの森林の割合の説明変数と200m スケールの開放水域の割合の説明変数が正の値をとり、800m スケールの森林の割合の説明変数と800m スケールの開放水域の割合の説明変数が負の値をとった。累積被度を農法間で比較すると、育む農法(無農薬)、育む農法(減農薬)、慣行農法の順で値が大きい傾向があった。

8月の畦畔の累積被度について選択されたモデルでは育む農法(無農薬)及び育む農法(減農薬)の説明変数が正の値をとった。また、800m スケールの畑地の割合の説明変数が負の値をとった。累積被度を農法間で比較すると、育む農法(無農薬、減農薬)の値が慣行農法の値より大きい傾向があったが6月と比べて農法間の差が小さくなった。

### 3-2 本調査の結果

本調査の6月に実施した第1回田面調査では、イネを除いて12種が確認された（表3-5）。

表3-5 第1回田面調査（6月）で確認された維管束植物

Table 3-5 Plant species identified by the survey within the paddy fields in June

和名	学名	生活形	外来種
アオウキクサ	<i>Lemna aoukikusa</i>	1年草	-
イチョウウキゴケ	<i>Ricciocarpos natans</i>	多年草	-
イヌビエ	<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>	1年草	-
イボクサ	<i>Murdannia keisak</i>	1年草	-
ウキクサ	<i>Spirodela polyrhiza</i>	多年草	-
アイオオアカウキクサ	<i>Azolla cristata</i> x <i>filiculoides</i>	多年草	外来種
オモダカ	<i>Sagittaria trifolia</i>	多年草	-
キシユウスズメノヒエ	<i>Paspalum distichum</i>	多年草	外来種
コナギ	<i>Monochoria vaginalis</i>	1年草	-
セリ	<i>Oenanthe javanica</i>	多年草	-
ホタルイ	<i>Schoenoplectus hotarui</i>	1年草	-
ミゾソバ	<i>Persicaria thunbergii</i>	1年草	-

出現頻度（調査した全180方形区のうち当該種が確認された方形区の割合）が高い種は、アイオオアカウキクサ (*Azolla cristata* x *filiculoides*) (15%)、アオウキクサ (8.3%)、コナギ (7.2%)、ウキクサ (*Spirodela polyrhiza*) (6.7%) であった。慣行農法水田と育む農法水田の双方においてイネ以外の出現種がほとんどなく、慣行農法水田においては67方形区 (74.4%)、育む農法水田においては51方形区 (56.7%) でイネ以外の種が確認されなかった。方形区当たりの出現種数の平均値（イネを含む）は、慣行農法水田で1.36種 (SD = 0.74)、育む農法の水田では1.67種 (SD = 0.89) であった（表3-6）（図3-4）。

表 3-6 慣行農法水田と育む農法水田における維管束植物の平均出現種数

Table 3-6 Average number of species observed in paddy fields under the conventional and the WSFF methods

地区	五荘		新田		三江		総合	
	慣行農法 (n = 30)	育む農法 (n = 30)	慣行農法 (n = 30) <sup>1)</sup>	育む農法 (n = 30)	慣行農法 (n = 30)	育む農法 (n = 30)	慣行農法 (n = 90) <sup>2)</sup>	育む農法 (n = 90)
第 1 回 田面	1.13 (±0.43)	1.13 (±0.35)	1.30 (±0.54)	1.63 (±0.85)	1.63 (±1.03)	2.23 (±0.97)	1.36 (±0.74)	1.67 (±0.89)
第 2 回 田面	2.83 (±1.64)	3.77 (±1.14)	3.57(±1.36)	4.97 (±1.45)	3.73 (±1.93)	3.67 (±1.56)	3.38 (±1.69)	4.13 (±1.50)
第 3 回 田面	5.80 (±1.85)	6.17 (±1.86)	5.60 (±2.08)	8.50 (±1.80)	5.57 (±2.40)	6.60 (±1.69)	5.66 (±2.10)	7.09 (±2.04)
第 1 回 畦畔	10.00 (±3.13)	10.87 (±2.57)	10.87 (±2.49)	11.97 (±2.55)	11.07 (±4.29)	13.80 (±2.80)	10.64 (±3.38)	12.21 (±2.88)
第 2 回 畦畔	12.03 (±3.36)	13.67 (±3.40)	12.33 (±2.57)	12.70 (±3.00)	10.47 (±2.40)	13.33 (±3.07)	11.56 (±2.91)	13.23 (±3.15)

標準偏差を平均値に続く括弧内に表示した。

- 1) 各地区における各農法の調査対象方形区数は新田地区の慣行農法圃場における第 2 回畦畔調査の場合 (n = 24) を除いて 30 である。
- 2) 各調査回における農法別の総合比較に用いた調査対象方形区数は慣行農法圃場における第 2 回畦畔調査の場合 (n = 84) を除いて 90 である。

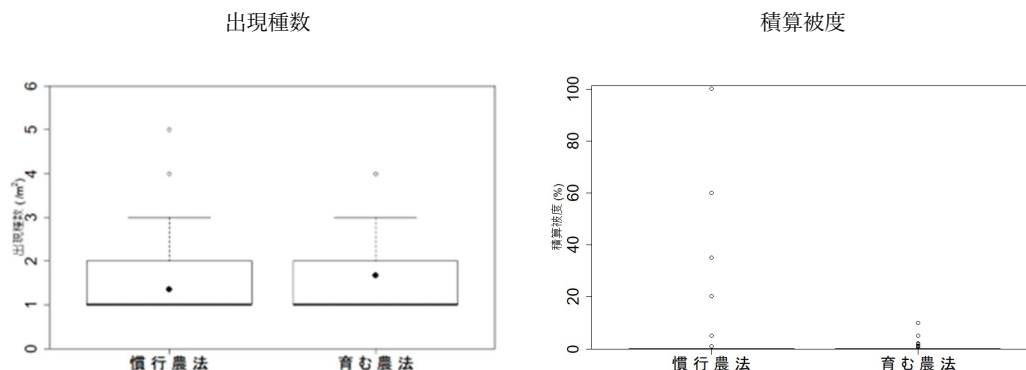


図 3-4 第 1 回田面調査 (6 月) で確認された維管束植物の平均出現種数と平均積算被度  
Fig. 3-4 Boxplots of average number of species per plot (left) and average cumulative total plant cover per plot (right) observed in June within the paddy fields under the conventional and the WSFF methods

また、出現したイネ以外の植物の被度は小さかった。方形区当たりの積算被度 (イネ以外の出現種の被度を合計した値) の平均値は、慣行農法水田で 2.49 % (SD = 12.88)、育む農法の水田では 0.33 % (SD = 1.22) であった(表 3-7)。慣行農法水田の方形区において被度が 10%以上であった種はアイオオアカウキクサとイヌビエ (*Echinochloa crus-galli*) であったのに対し、育む農法水田の方形区において被度が 10%以上であった種はアイオオアカウキクサのみであった。

表 3-7 維管束植物の平均積算被度の農法別比較

Table 3-7 Average cumulative total plant cover observed in paddy fields under the conventional and the WSFF methods

地 区	五荘		新田		三江		総合	
	慣行農法 (n = 30)	育む農法 (n = 30)	慣行農法 (n = 30) <sup>1)</sup>	育む農法 (n = 30)	慣行農法 (n = 30)	育む農法 (n = 30)	慣行農法 (n = 90) <sup>2)</sup>	育む農法 (n = 90)
第 1 回田面	0.01 (±0.04)	0.13 (±0.03)	0.13 (±0.04)	0.13 (±0.03)	7.41 (±21.70)	0.89 (±2.01)	2.49 (±12.88)	0.33 (±1.22)
第 2 回田面	1.44 (±2.16)	5.44 (±6.26)	1.44 (±2.16)	5.44 (±6.26)	1.44 (±3.66)	26.65 (±32.40)	1.32 (±2.55)	20.04 (±24.91)
第 3 回田面	1.90 (±2.30)	14.96 (±11.50)	1.90 (±2.30)	14.96 (±11.50)	1.86 (±3.37)	21.03 (±23.31)	2.15 (±2.80)	21.05 (±18.66)
第 1 回畦畔	78.81 (±31.06)	60.03 (±18.15)	78.81 (±31.06)	60.03 (±18.15)	84.73 (±28.41)	103.16 (±12.22)	80.35 (±28.30)	82.70 (±25.37)
第 2 回畦畔	96.29 (±23.37)	128.21 (±28.67)	96.29 (±23.37)	128.21 (±28.67)	98.07 (±15.65)	81.24 (±20.30)	102.93 (±22.08)	108.64 (±29.70)

標準偏差を平均値に続く括弧内に表示した。

- 1) 各地区における各農法の調査対象方形区数は新田地区の慣行農法圃場における第 2 回畦畔調査の場合 (n = 24) を除いて 30 である。
- 2) 各調査回における農法別の総合比較に用いた調査対象方形区数は慣行農法圃場における第 2 回畦畔調査の場合 (n = 84) を除いて 90 である。

田面の植生についての 7 月の第 2 回調査では、イネを除いて 33 種が確認された (表 3-8)。出現頻度が高い種は、コナギ (43.3%)、オモダカ (32.8%)、チョウジタデ (22.2%)、アゼナ (22.2%) であった。方形区あたりの平均出現種数は、慣行農法水田で 3.38 種 (SD = 1.69)、育む農法の水田では 4.13 種 (SD = 1.50) であった (図 3-5)。方形区あたりの積算被度の平均値は、慣行農法水田で 1.32% (SD = 2.55)、育む農法の水田では 20.04% (SD = 24.91) であった。慣行農法水田の方形区において被度が 10% 以上であった種はアイオオアカウキクサのみであったのに対し、育む農法水田の方形区において被度が 10% 以上であった種はコナギ、オモダカ、タケトアゼナ (*Lindernia dubia* var. *dubia*) であった。



表 3-8 第 2 回田面調査（7 月）で確認された維管束植物

Table 3-8 Plant species identified by the survey within the paddy fields in July

和名	学名	生活形	外来種
アオウキクサ	<i>Lemna aoukikusa</i>	1 年草	-
アゼナ	<i>Lindernia procumbens</i>	1 年草	-
アブノメ	<i>Dopatrium junceum</i>	1 年草	-
イチョウウキゴケ	<i>Ricciocarpos natans</i>	多年草	-
イヌガラシ	<i>Rorippa indica</i>	多年草	-
イヌビエ	<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>	1 年草	-
イボクサ	<i>Murdannia keisak</i>	1 年草	-
ウキクサ	<i>Spirodela polyrhiza</i>	多年草	-
アイオオアカウキクサ	<i>Azolla cristata</i> x <i>filiculoides</i>	多年草	外来種
オオチドメ	<i>Hydrocotyle ramiflora</i>	多年草	-
オモダカ	<i>Sagittaria trifolia</i>	多年草	-
キクモ	<i>Limnophila sessiliflora</i>	多年草	-
キシユウスズメノヒエ	<i>Paspalum distichum</i>	多年草	外来種
ギョウギシバ	<i>Cynodon dactylon</i>	多年草	-
クサネム	<i>Aeschynomene indica</i>	1 年草	-
クログワイ	<i>Eleocharis kuroguwai</i>	多年草	-
コケオトギリ	<i>Hypericum laxum</i>	多年草	-
コナギ	<i>Monochoria vaginalis</i>	1 年草	-
セリ	<i>Oenanthe javanica</i>	多年草	-
タカサブロウ	<i>Eclipta thermalis</i>	1 年草	-
タケトアゼナ	<i>Lindernia dubia</i> var. <i>dubia</i>	1 年草	外来種
タネツケバナ	<i>Cardamine occulta</i>	越年草	-
チョウジタデ	<i>Ludwigia epilobioides</i>	1 年草	-
トキンソウ	<i>Centipeda minima</i>	1 年草	-
ホタルイ	<i>Schoenoplectus hotarui</i>	1 年草	-
ミズハコベ	<i>Callitriche palustris</i>	1 年草	-
ヒメミズワラビ	<i>Ceratopteris gaudichaudii</i> var. <i>vulgaris</i>	1 年草	-
ミゾカクシ	<i>Lobelia chinensis</i>	多年草	-
ヤナギタデ	<i>Persicaria hydropiper</i>	1 年草	-

\*種名まで判明した種のみ記載。

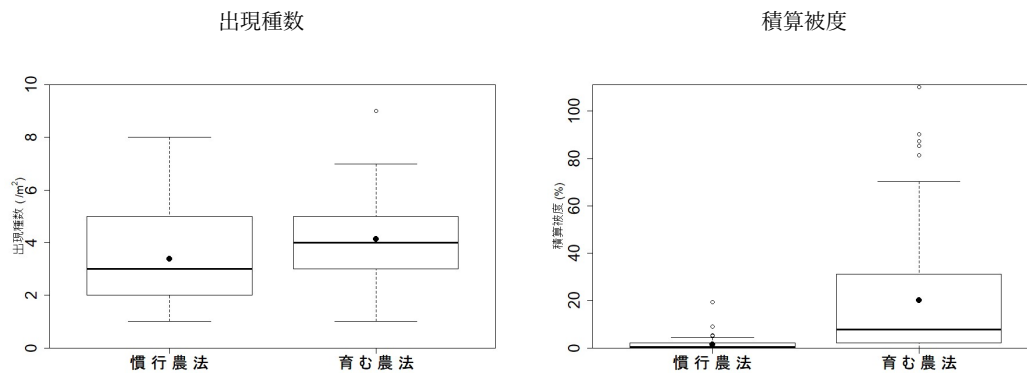


図 3-5 第 2 回田面調査（7 月）で確認された維管束植物の平均出現種数と平均積算被度  
 Fig. 3-5 Boxplots of average number of species per plot (left) and average cumulative total plant cover per plot (right) observed in July within the paddy fields under the conventional and the WSFF methods

田面の 8-9 月の第 3 回調査では、イネを除いて 41 種が確認された（表 3-9）。出現頻度が高い種は、アゼナ（68.9%）、コナギ（43.9%）、ヤナギタデ（*Persicaria hydropiper*）（37.2%）、チョウジタデ（36.1%）であった。方形区あたりの平均出現種数は、慣行農法水田で 5.66 種（SD = 2.10）、育む農法の水田では 7.09 種（SD = 2.04）であった（図 3-6）。方形区あたりの積算被度の平均値は、慣行農法水田で 2.15%（SD = 2.80）、育む農法の水田では 21.05%（SD = 18.66）であった。また、慣行農法水田の方形区において被度が 10%以上であった種はアイオオアカウキクサとイヌビエであったのに対し、育む農法水田の方形区において被度が 10%以上であった種はコナギ、オモダカ、タケトアゼナ、アゼナ、キシユウスズメノヒエ、クログワイ（*Eleocharis kuroguwai*）、ヒメミズワラビ（*Ceratopteris gaudichaudii* var. *vulgaris*）であった。

表 3-9 第 3 回田面調査 (8-9 月) で確認された維管束植物  
 Table 3-9 Plant species identified by the survey within the paddy fields  
 in August-September

和名	学名	生活形	外来種
アオウキクサ	<i>Lemna aoukikusa</i>	1 年草	-
アゼナ	<i>Lindernia procumbens</i>	1 年草	-
イヌビエ	<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus -galli</i>	1 年草	-
イボクサ	<i>Murdannia keisak</i>	1 年草	-
ウキクサ	<i>Spirodela polyrhiza</i>	多年草	-
エノキグサ	<i>Acalypha australis</i>	1 年草	-
アイオオアカウキクサ	<i>Azolla cristata</i> x <i>filiculoides</i>	多年草	外来種
オオチドメ	<i>Hydrocotyle ramiflora</i>	多年草	-
オモダカ	<i>Sagittaria trifolia</i>	多年草	-
キカシグサ	<i>Rotala indica</i>	1 年草	-
キクモ	<i>Limnophila sessiliflora</i>	多年草	-
キシウウスズメノヒエ	<i>Paspalum distichum</i>	多年草	外来種
ギョウギシバ	<i>Cynodon dactylon</i>	多年草	-
クサネム	<i>Aeschynomene indica</i>	1 年草	-
クログワイ	<i>Eleocharis kuroguwai</i>	多年草	-
コケオトギリ	<i>Hypericum laxum</i>	多年草	-
コナギ	<i>Monochoria vaginalis</i>	1 年草	-
シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>	多年草	外来種
セリ	<i>Oenanthe javanica</i>	多年草	-
タカサブロウ	<i>Eclipta thermalis</i>	1 年草	-
タケトアゼナ	<i>Lindernia dubia</i> var. <i>dubia</i> Pennell	1 年草	外来種
タネツケバナ	<i>Cardamine occulta</i>	越年草	-
チョウジタデ	<i>Ludwigia epilobioides</i>	1 年草	-
トキワハゼ	<i>Mazus pumilus</i>	1 年草	-
トキンソウ	<i>Centipeda minima</i>	1 年草	-
ニガナ	<i>Ixeridium dentatum</i> ssp. <i>dentatum</i>	多年草	-
ハコベ	<i>Stellaria neglecta</i>	1-越年草	-
ヒデリコ	<i>Fimbristylis littoralis</i>	1 年草	-
ヒナガヤツリ	<i>Cyperus flaccidus</i>	1 年草	-
フタバムグラ	<i>Hedyotis brachypoda</i>	1 年草	-
ホタルイ	<i>Schoenoplectus hotarui</i>	1 年草	-
ヒメミズワラビ	<i>Ceratopteris gaudichaudii</i> var. <i>vulgaris</i>	1 年草	-
ミゾカクシ	<i>Lobelia chinensis</i>	多年草	-
ミゾソバ	<i>Persicaria thunbergii</i>	1 年草	-
ヤナギタデ	<i>Persicaria hydropiper</i>	1 年草	-
ヨツバムグラ	<i>Galium trachyspermum</i>	多年草	-
ヨモギ	<i>Artemisia indica</i> var. <i>maximowiczii</i>	多年草	-

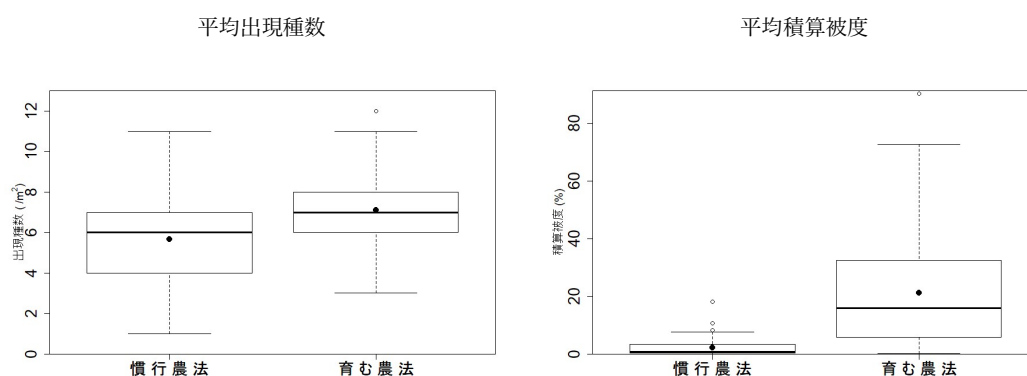


図 3-6 第 3 回田面調査 (8-9 月) で確認された維管束植物の平均出現種数と平均積算被度  
 Fig. 3-6 Boxplots of average number of species per plot (left) and average cumulative total plant cover per plot (right) observed in August-September within the paddy fields under the conventional and the WSFF methods

6-7 月の畦畔の植生調査についての第 1 回調査では、103 種が確認された (表 3-10)。出現頻度が高い種は、オオチドメ (85.0%)、スギナ (72.2%)、シロツメクサ (68.9%)、エノコログサ (*Setaria viridis*) (51.1%) であった。方形区当たりの平均出現種数は、慣行農法水田で 10.64 種 (SD = 3.38)、育む農法の水田では 12.21 種 (SD = 2.88) であった (図 3-7)。方形区当たりの積算被度の平均値は、慣行農法水田で 80.35% (SD = 28.30)、育む農法の水田では 82.70% (SD = 25.37) であった。

表 3-10 第 1 回畦畔調査 (6-7 月) で確認された維管束植物

Table 3-10 Plant species identified by the survey in the levees in June-July

和名	学名	生活形	外来種
アキノノゲシ	<i>Lactuca indica</i>	1 年草/多年草	-
アマチャヅル	<i>Gynostemma pentaphyllum</i>	多年草	-
アメリカセンダングサ	<i>Bidens frondosa</i>	1 年草	外来種
イヌガラシ	<i>Rorippa indica</i>	多年草	-
イヌザンショウ	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	落葉低木	-
イヌタデ	<i>Persicaria longiseta</i>	1 年草	-
イヌビエ	<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>	1 年草	-
イヌムギ	<i>Bromus catharticus</i>	多年草	外来種
イボクサ	<i>Murdannia keisak</i>	1 年草	-
エノキグサ	<i>Acalypha australis</i>	1 年草	-
エノコログサ	<i>Setaria viridis</i>	1 年草	-
オオスズメノカタビラ	<i>Poa trivialis</i>	多年草	-
オオチドメ	<i>Hydrocotyle ramiflora</i>	多年草	-
オオツメクサ	<i>Spergula arvensis</i> var. <i>sativa</i>	1 年草	外来種
オオニシキソウ	<i>Chamaesyce nutans</i>	1 年草	外来種
オオニワゼキショウ	<i>Sisyrinchium angustifolium</i>	多年草	外来種

表 3-10 (つづき) 第 1 回畦畔調査 (6-7 月) で確認された維管束植物

Table 3-10(Continued) Plant species identified by the survey  
in the levees in June-July

和名	学名	生活形	外来種
オオバコ	<i>Plantago asiatica</i>	多年草	-
オオマツヨイグサ	<i>Oenothera glazioviana</i>	越年草	外来種
オニタビラコ	<i>Youngia japonica</i>	1-2 年草	-
オニノゲシ	<i>Sonchus asper</i>	2 年草	外来種
オヘビイチゴ	<i>Potentilla anemonifolia</i>	多年草	-
オランダミミナグサ	<i>Cerastium glomeratum</i>	越年草	外来種
カキドオシ	<i>Glechoma hederacea</i> ssp. <i>Grandis</i>	多年草	-
カスマグサ	<i>Vicia tetrasperma</i>	越年草	-
カゼクサ	<i>Eragrostis ferruginea</i>	多年草	-
カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i>	多年草	-
カモジグサ	<i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i>	多年草	-
ギンギシ	<i>Rumex japonicus</i>	多年草	-
キシウスズメノヒエ	<i>Paspalum distichum</i>	多年草	外来種
キツネノボタン	<i>Ranunculus silerifolius</i> var. <i>glaber</i>	多年草	-
キツネノマゴ	<i>Justicia procumbens</i>	1 年草	-
キュウリグサ	<i>Trigonotis peduncularis</i>	2 年草	-
ギョウギシバ	<i>Cynodon dactylon</i>	多年草	-
クサイ	<i>Juncus tenuis</i>	多年草	-
クサネム	<i>Aeschynomene indica</i>	1 年草	-
クズ	<i>Pueraria lobata</i>	多年草	-
クルマバナ	<i>Clinopodium chinense</i> ssp. <i>grandiflorum</i>	多年草	-
コオニタビラコ	<i>Lapsanastrum apogonoides</i>	2 年草	-
コケオトギリ	<i>Hypericum laxum</i>	多年草	-
コナスビ	<i>Lysimachia japonica</i>	多年草	-
コニシキソウ	<i>Chamaesyce maculata</i>	1 年草	外来種
コヒルガオ	<i>Calystegia hederacea</i>	多年草	-
コブナグサ	<i>Arthraxon hispidus</i>	1 年草	-
コメツブツメクサ	<i>Trifolium dubium</i>	1 年草	外来種
コモチマンネングサ	<i>Sedum bulbiferum</i>	多年草	-
シバ	<i>Zoysia japonica</i>	多年草	-
シバスケ	<i>Carex nervata</i>	多年草	-
シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>	多年草	外来種
シロネ	<i>Lycopus lucidus</i>	多年草	-
スイバ	<i>Rumex acetosa</i>	多年草	-
スギナ	<i>Equisetum arvense</i>	多年草	-
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i>	多年草	-
スズメノカタビラ	<i>Poa annua</i>	1-2 年草	-
スズメノヒエ	<i>Paspalum thunbergii</i>	多年草	-

表 3-10 (つづき) 第 1 回畦畔調査 (6-7 月) で確認された維管束植物

Table 3-10 (Continued) Plant species identified by the survey  
in the levees in June-July

和名	学名	生活形	外来種
スズメノヤリ	<i>Luzula capitata</i>	多年草	-
スマレ	<i>Viola mandshurica</i>	多年草	-
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i>	多年草	外来種
セイヨウタンポポ	<i>Taraxacum officinale</i>	多年草	外来種
セリ	<i>Oenanthe javanica</i>	多年草	-
タカサブロウ	<i>Eclipta thermalis</i>	1 年草	-
タチイヌノフグリ	<i>Veronica arvensis</i>	2 年草	外来種
チガヤ	<i>Imperata cylindrica</i>	多年草	-
チカラシバ	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	多年草	-
ツボスマレ	<i>Viola verecunda</i>	多年草	-
ツユクサ	<i>Commelina communis</i>	1 年草	-
トウバナ	<i>Clinopodium gracile</i>	多年草	-
トキワハゼ	<i>Mazus pumilus</i>	1 年草	-
トキンソウ	<i>Centipeda minima</i>	1 年草	-
ドクダミ	<i>Houttuynia cordata</i>	多年草	-
ナギナタガヤ	<i>Vulpia myuros</i>	1-2 年草	外来種
ニガナ	<i>Ixeridium dentatum</i> ssp. <i>dentatum</i>	多年草	-
ニワゼキショウ	<i>Sisyrinchium rosulatum</i>	多年草	外来種
ヌカキビ	<i>Panicum bisulcatum</i>	1 年草	-
ヌカボ	<i>Agrostis clavata</i> ssp. <i>matsumurae</i>	2 年草	-
ネズミムギ	<i>Lolium multiflorum</i>	1-2 年草	外来種
ノミノフスマ	<i>Stellaria uliginosa</i> var. <i>undulata</i>	1-越年草	-
ハナイバナ	<i>Bothriospermum zeylanicum</i>	1-2 年草	-
ハナニガナ	<i>Ixeris dentata</i> ssp. <i>nipponicum</i> var. <i>albiflora</i> f. <i>ampilifolia</i>	多年草	-
ハハコグサ	<i>Gnaphalium affine</i>	1-2 年草	-
ヒメクゲ	<i>Cyperus brevifolius</i> var. <i>leiolepis</i>	多年草	-
ヒメコバンソウ	<i>Briza minor</i>	1 年草	外来種
ヒメジョオン	<i>Erigeron annuus</i>	1-2 年草	外来種
ヒメムカシヨモギ	<i>Conyza canadensis</i>	2 年草	外来種
ブタナ	<i>Hypochoeris radicata</i>	多年草	外来種
フタバムグラ	<i>Hedyotis brachypoda</i>	1 年草	-
ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i>	多年草	-
ヘビイチゴ	<i>Potentilla hebiichigo</i>	多年草	-
ホトケノザ	<i>Lamium amplexicaule</i>	2 年草	-
ミゾカクシ	<i>Lobelia chinensis</i>	多年草	-
ミゾソバ	<i>Persicaria thunbergii</i>	1 年草	-
メヒシバ	<i>Digitaria ciliaris</i>	1 年草	-
メリケンカルカヤ	<i>Andropogon virginicus</i>	多年草	外来種

表 3-10 (つづき) 第 1 回畦畔調査 (6-7 月) で確認された維管束植物

Table 3-10 (Continued) Plant species identified by the survey  
in the levees in June-July

和名	学名	生活形	外来種
ヤナギタデ	<i>Persicaria hydropiper</i>	1 年草	-
ヤハズソウ	<i>Kummerowia striata</i>	1 年草	-
ヤブマメ	<i>Aamphicarpaea bracteata</i> subsp. <i>edgeworthii</i> var. <i>japonica</i>	1 年草	-
ヨメナ	<i>Aster yomena</i>	多年草	-
ヨモギ	<i>Artemisia indica</i> var. <i>maximowiczii</i>	多年草	-

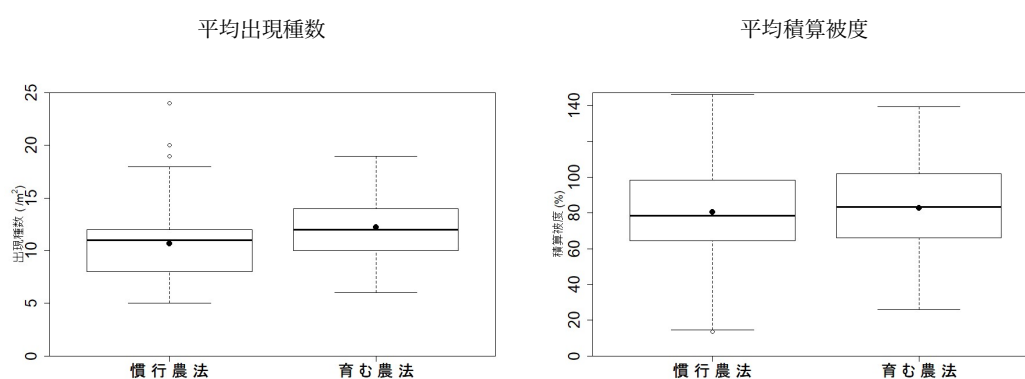


図 3-7 第 1 回畦畔調査 (6-7 月) で確認された維管束植物の平均出現種数と平均積算被度

Fig. 3-7 Boxplots of average number of species per plot (left) and average cumulative total plant cover per plot (right) observed in June-July in the levees under the conventional and the WSFF methods

9-10月の畦畔の第2回調査では、103種が確認された(表3-11)。出現頻度が高い種は、メヒシバ(83.9%)、スギナ(70.1%)、ヒメクグ(67.8%)、オオチドメ(78.2%)であった。方形区当たりの平均出現種数は、慣行農法水田で11.56種(SD = 2.91)、育む農法の水田では13.23種(SD = 3.15)であった(図3-8)。方形区当たりの積算被度の平均値は、慣行農法水田で102.93%(SD = 22.08)、育む農法の水田では108.64%(SD = 29.70)であった。

表 3-11 第 2 回畦畔調査(9-10 月)で確認された維管束植物  
Table 3-11 Plant species identified by the survey in the levees  
in September-October

和名	学名	生活形	外来種
アキノノゲシ	<i>Lactuca indica</i>	1 年草/多年草	-
アゼナ	<i>Lindernia procumbens</i>	1 年草	-
アマチャヅル	<i>Gynostemma pentaphyllum</i>	多年草	-
アメリカセンダングサ	<i>Bidens frondosa</i>	1 年草	外来種
イヌガラシ	<i>Rorippa indica</i>	多年草	-
イヌタデ	<i>Persicaria longiseta</i>	1 年草	-
イストウバナ	<i>Clinopodium micranthum</i> var. <i>micranthum</i>	多年草	-
イヌビエ	<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>	1 年草	-
イノコヅチ	<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>japonica</i>	多年草	-
イボクサ	<i>Murdannia keisak</i>	1 年草	-
ウシハコベ	<i>Stellaria aquatica</i>	多年草	-
ウマノアシガタ	<i>Ranunculus japonicus</i>	多年草	-
エノキグサ	<i>Acalypha australis</i>	1 年草	-
エノコロクサ	<i>Setaria viridis</i>	1 年草	-
オオチドメ	<i>Hydrocotyle ramiflora</i>	多年草	-
オオバコ	<i>Plantago asiatica</i>	多年草	-
オニタビラコ	<i>Youngia japonica</i>	1-2 年草	-
オニノゲシ	<i>Sonchus asper</i>	2 年草	外来種
オヒシバ	<i>Eleusine indica</i>	1 年草	-
オヘビイチゴ	<i>Potentilla anemonifolia</i>	多年草	-
オランダミミナグサ	<i>Cerastium glomeratum</i>	越年草	外来種
カキドオシ	<i>Glechoma hederacea</i> ssp. <i>Grandis</i>	多年草	-
カスマグサ	<i>Vicia tetrasperma</i>	越年草	-
カゼクサ	<i>Eragrostis ferruginea</i>	多年草	-
カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i>	多年草	-
ギシギシ	<i>Rumex japonicus</i>	多年草	-
キシウスズメノヒエ	<i>Paspalum distichum</i>	多年草	外来種
キツネノボタン	<i>Ranunculus silerifolius</i> var. <i>glaber</i>	多年草	-
キツネノマゴ	<i>Justicia procumbens</i>	1 年草	-
キュウリグサ	<i>Trigonotis peduncularis</i>	2 年草	-
ギョウギシバ	<i>Cynodon dactylon</i>	多年草	-
キンエノコロ	<i>Setaria pumila</i>	1 年草	-
クサネム	<i>Aeschynomene indica</i>	1 年草	-
クルマバナ	<i>Clinopodium chinense</i> ssp. <i>grandiflorum</i>	多年草	-
コケオトギリ	<i>Hypericum laxum</i>	多年草	-
コニシキソウ	<i>Chamaesyce maculata</i>	1 年草	外来種
コスカグサ	<i>Agrostis gigantea</i>	多年草	外来種



表 3-11 (つづき) 第 2 回畦畔調査 (9-10 月) で確認された維管束植物  
 Table 3-11 (Continued) Plant species identified by the survey in the levees  
 in September-October

和名	学名	生活形	外来種
コヒルガオ	<i>Calystegia hederacea</i>	多年草	-
コブナグサ	<i>Arthraxon hispidus</i>	1 年草	-
サクラタデ	<i>Persicaria macrantha</i> ssp. <i>conspicua</i>	多年草	-
ザクロソウ	<i>Mollugo stricta</i>	1 年草	-
シナダレスズメガヤ	<i>Eragrostis curvula</i>	多年草	外来種
シバ	<i>Zoysia japonica</i>	多年草	-
シバスケ	<i>Carex nervata</i>	多年草	-
シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>	多年草	外来種
シロネ	<i>Lycopus lucidus</i>	多年草	-
スイバ	<i>Rumex acetosa</i>	多年草	-
スギナ	<i>Equisetum arvense</i>	多年草	-
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i>	多年草	-
スズメノテッポウ	<i>Alopecurus aequalis</i>	1-2 年草	-
スズメノヒエ	<i>Paspalum thunbergii</i>	多年草	-
スベリヒユ	<i>Portulaca oleracea</i>	1 年草	-
スマレ	<i>Viola mandshurica</i>	多年草	-
セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i>	多年草	外来種
セイヨウタンポポ	<i>Taraxacum officinale</i>	多年草	外来種
セリ	<i>Oenanthe javanica</i>	多年草	-
タカサブロウ	<i>Eclipta thermalis</i>	1 年草	-
タガラシ	<i>Ranunculus sceleratus</i>	2 年草	-
タネツケバナ	<i>Cardamine occulta</i>	越年草	-
チガヤ	<i>Imperata cylindrica</i>	多年草	-
チカラシバ	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	多年草	-
チョウジタデ	<i>Ludwigia epilobioides</i>	1 年草	-
ツボスマレ	<i>Viola verecunda</i>	多年草	-
ツユクサ	<i>Commelina communis</i>	1 年草	-
トウバナ	<i>Clinopodium gracile</i>	多年草	-
トキワハゼ	<i>Mazus pumilus</i>	1 年草	-
トキンソウ	<i>Centipeda minima</i>	1 年草	-
ドクダミ	<i>Houttuynia cordata</i>	多年草	-
ニガナ	<i>Ixeridium dentatum</i> ssp. <i>dentatum</i>	多年草	-
ヌカキビ	<i>Panicum bisulcatum</i>	1 年草	-
ヌカボ	<i>Agrostis clavata</i> ssp. <i>matsumurae</i>	2 年草	-
ヌスビトハギ	<i>Desmodium podocarpum</i> ssp. <i>oxyphyllum</i> var. <i>japonicum</i>	多年草	-
ノミノフスマ	<i>Stellaria uliginosa</i> var. <i>undulata</i>	1-越年草	-

表 3-11 (つづき) 第 2 回畦畔調査 (9-10 月) で確認された維管束植物  
 Table 3-11 (Continued) Plant species identified by the survey in the levees  
 in September-October

和名	学名	生活形	外来種
ハキダメソウ	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	1 年草	外来種
ハコベ	<i>Stellaria neglecta</i>	1-越年草	-
ハッカ	<i>Mentha canadensis</i> var. <i>pipercens</i>	多年草	-
ハナイバナ	<i>Bothriospermum zeylanicum</i>	1-2 年草	-
ハナニガナ	<i>Ixeris dentata</i> ssp. <i>nipponicum</i> var. <i>albiflora</i> f. <i>ampilifolia</i>	多年草	-
ヒガンバナ	<i>Lycoris radiata</i>	多年草	外来種
ヒデリコ	<i>Fimbristylis littoralis</i>	1 年草	-
ヒメクグ	<i>Cyperus brevifolius</i> var. <i>leiolepis</i>	多年草	-
ヒメジョオン	<i>Erigeron annuus</i>	1-2 年草	外来種
ヒメムカシヨモギ	<i>Conyza canadensis</i>	2 年草	外来種
ブタナ	<i>Hypochoeris radicata</i>	多年草	外来種
フタバムグラ	<i>Hedyotis brachypoda</i>	1 年草	-
ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i>	多年草	-
ヘビイチゴ	<i>Potentilla hebiichigo</i>	多年草	-
ホトケノザ	<i>Lamium amplexicaule</i>	2 年草	-
ミゾカクシ	<i>Lobelia chinensis</i>	多年草	-
ミゾソバ	<i>Persicaria thunbergii</i>	1 年草	-
ムラサキサギゴケ	<i>Mazus miquelii</i>	多年草	-
メヒシバ	<i>Digitaria ciliaris</i>	1 年草	-
メリケンカルカヤ	<i>Andropogon virginicus</i>	多年草	外来種
ヤナギタデ	<i>Persicaria hydropiper</i>	1 年草	-
ヤハズソウ	<i>Kummerowia striata</i> <i>Aamphicarpaea bracteata</i>	1 年草	-
ヤブマメ	subsp. <i>edgeworthii</i> var. <i>japonica</i>	1 年草	-
ヨシ	<i>Phragmites australis</i>	多年草	-
ヨメナ	<i>Aster yomena</i>	多年草	-
ヨモギ	<i>Artemisia indica</i> var. <i>maximowiczii</i>	多年草	-

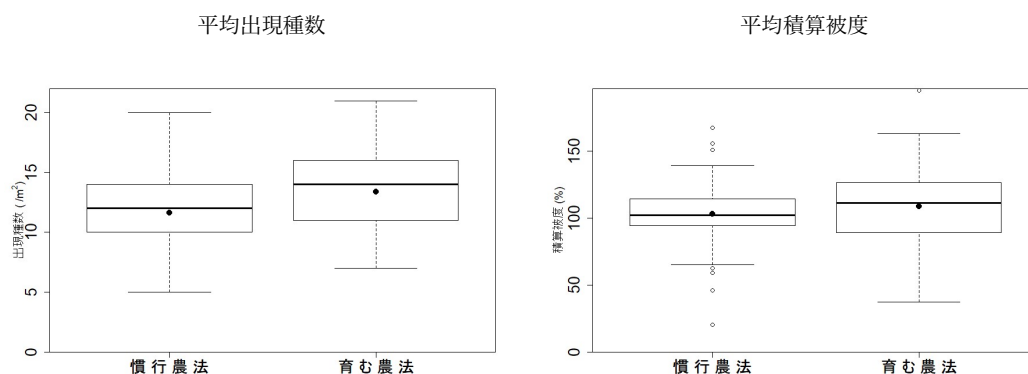


図 3-8 第 2 回畦畔調査 (9-10 月) で確認された維管束植物の平均出現種数と平均積算被度  
 Fig. 3-8 Boxplots of average number of species per plot (left) and average cumulative total plant cover per plot (right) observed in September-October in the levees under the conventional and the WSFF methods

田面及び畦畔の方形区に出現した植物群落についてシャノン・ウィナーの多様度指数 ( $H'$ ) を計算したところ、第 1 回田面調査における植物群落の  $H'$  の値は五荘、新田、三江の慣行農法圃場で其々 0.01、0.03、0.19 であり、育む農法圃場で 0.01、0.11、0.20 であった (表 3-12)。第 2 回田面調査における植物群落の  $H'$  の値は五荘、新田、三江の慣行農法圃場で 0.10、0.09、0.10 であり、育む農法圃場で 0.31、0.74、0.61 であった。第 3 回田面調査における植物群落の  $H'$  の値は五荘、新田、三江の慣行農法圃場で 0.14、0.18、0.13 であり、育む農法圃場で 0.65、0.94、0.60 であった。第 1 回畦畔調査における植物群落の  $H'$  の値は五荘、新田、三江の慣行農法圃場で其々 1.63、1.68、1.77 であり、育む農法圃場で 1.84、1.79、1.88 であった。第 2 回畦畔調査における植物群落の  $H'$  の値は五荘、新田、三江の慣行農法圃場で 1.66、1.72、1.45 であり、育む農法圃場で 2.03、1.80、1.99 であった。

表 3-12 シャノン・ウィナーの多様度指数  $H'$  と マン・ホイットニーの U 検定の結果

Table 3-12 Comparison of Shannon–Wiener diversity indices of plant communities in the paddy fields under the conventional and the WSFF methods

地区	五荘		新田		三江		総合	
	慣行農法 (n = 10)	WSFF (n = 10)	慣行農法 (n = 10) <sup>1)</sup>	WSFF (n = 10)	慣行農法 (n = 10)	WSFF (n = 10)	慣行農法 (n = 30) <sup>2)</sup>	WSFF (n = 30)
第 1 回	0.01	0.01	0.03	0.11	0.19	0.20	0.07	0.11
田面	(±0.00)	(±0.00)	(±0.02)	(±0.04)	(±0.10)	(±0.06)	(±0.04)	(±0.03)
第 2 回	0.10	0.31	0.09	0.74	0.10	0.61	0.10	0.55
田面	(±0.02)	(±0.06)	(±0.02) <sup>2)</sup>	(±0.10)	(±0.04) <sup>2)</sup>	(±0.15)	(±0.01)	(±0.07)
第 3 回	0.14	0.65	0.18	0.94	0.13	0.60	0.15	0.73
田面	(±0.03)	(±0.08)	(±0.03) <sup>2)</sup>	(±0.09)	(±0.03) <sup>2)</sup>	(±0.12)	(±0.02)	(±0.06)
第 1 回	1.63	1.84	1.68	1.79	1.77	1.88	1.69	1.84
畦畔	(±0.14)	(±0.11)	(±0.06)	(±0.06)	(±0.17)	(±0.09)	(±0.07)	(±0.05)
第 2 回	1.66	2.03	1.72	1.80	1.45	1.99	1.60	1.94
畦畔	(±0.12)	(±0.11)	(±0.12)	(±0.07)	(±0.11)	(±0.09)	(±0.07)	(±0.06)

Conv., Conventional method; White Stork Friendly Farming method

標準偏差を平均値に続く括弧内に表示した。

- 1) 各地区における各農法の調査対象方形区数は新田地区の慣行農法圃場における第 2 回畦畔調査の場合 (n = 8) を除いて 10 である。
- 2) 各調査回における農法別の総合比較に用いた調査対象方形区数は慣行農法圃場における第 2 回畦畔調査の場合 (n = 28) を除いて 30 である。

\*P < 0.05 マン・ホイットニーの U 検定

各調査回について慣行農法と育む農法における  $H'$  の値を比較したところ、第 1 回田面調査においては農法間で  $H'$  の有意な相違は確認されなかった (図 3-9)。

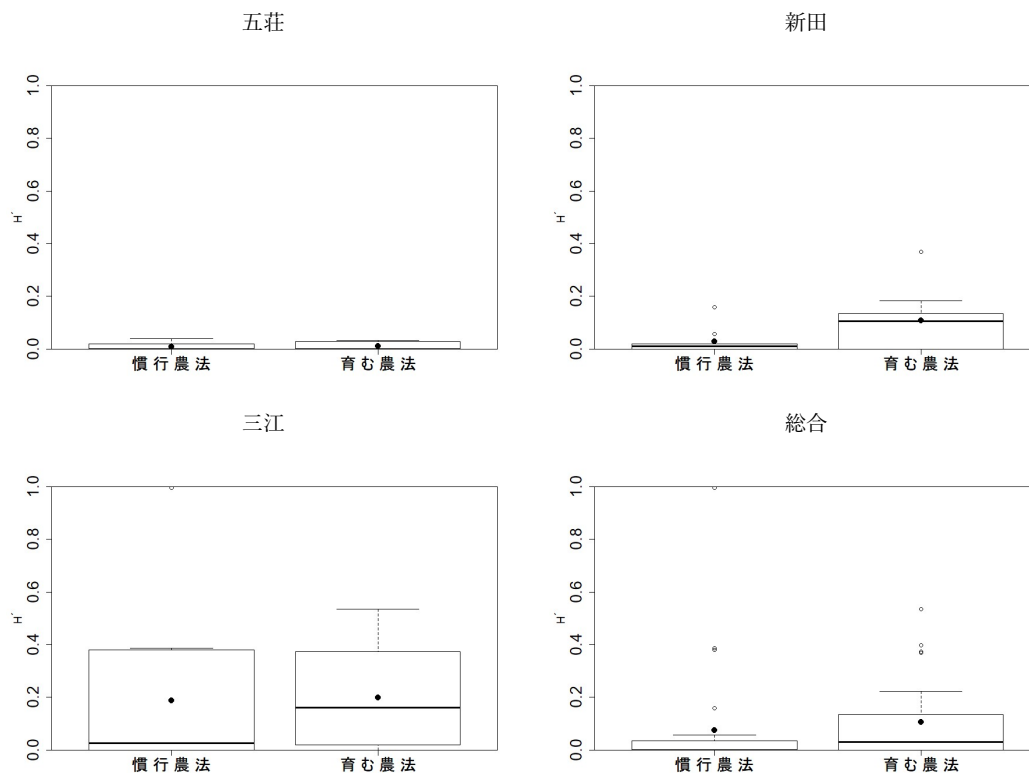


図 3-9 第 1 回田面調査 (6 月) での各地区における植物群落の  $H'$  の農法間の比較

Fig. 3-9 Boxplots of Shannon-Wiener diversity indices of plant communities within the paddy fields under the conventional and the WSFF methods in June

しかし、田面第 2 回と第 3 回の調査の全ての地区において育む農法のシャノン・ウィナーの多様度指数 ( $H'$ ) の値が慣行農法の数値よりも有意に高いことが確認された (図 3-10、図 3-11)。

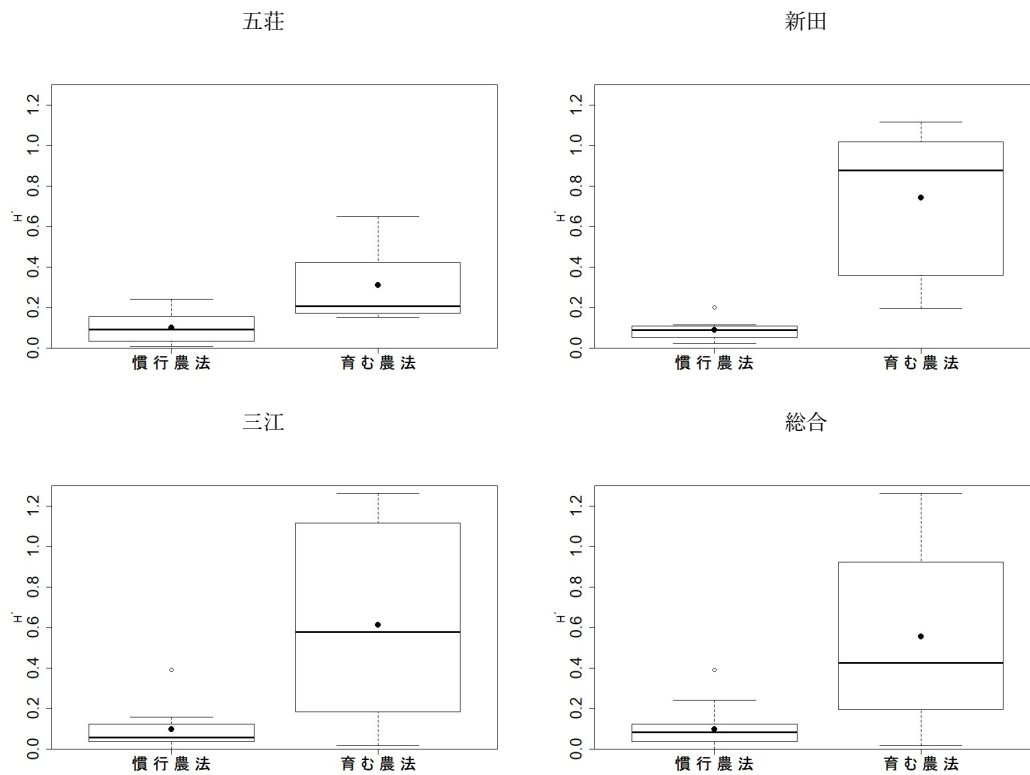


図 3-10 第 2 回田面調査（7 月）での各地区における植物群落の  $H'$  の農法間の比較  
 Fig. 3-10 Boxplots of Shannon–Wiener diversity indices of plant communities within the paddy fields under the conventional and the WSFF methods in July

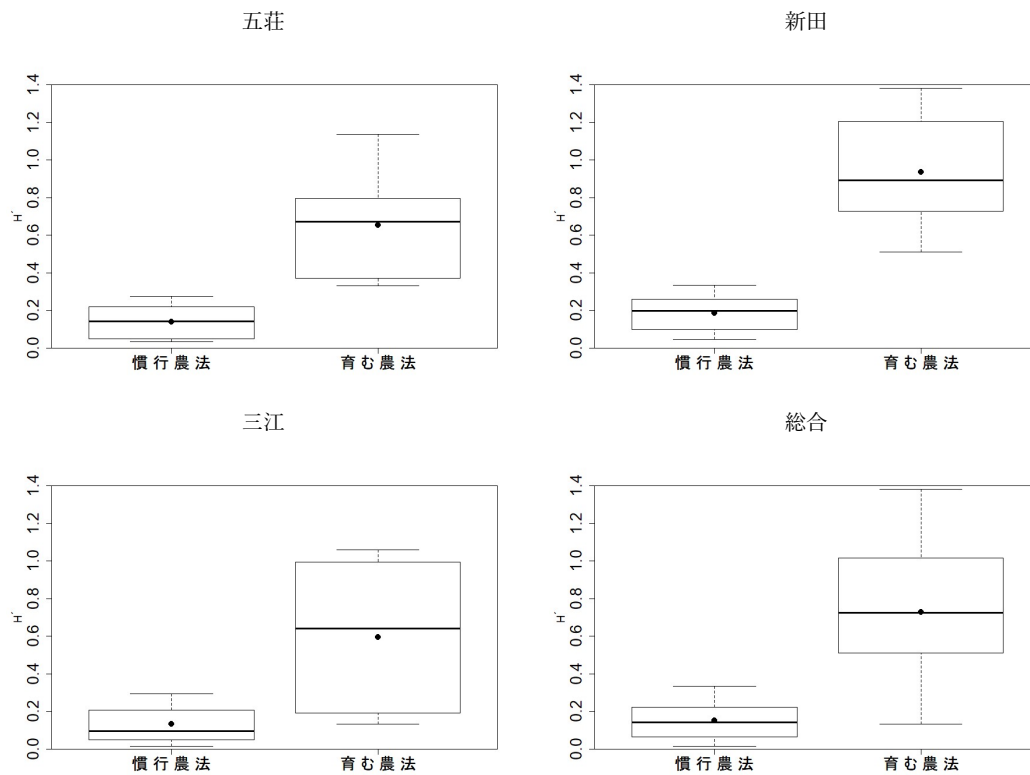


図 3-11 第 3 回田面調査 (8-9 月) での各地区における植物群落の  $H'$  の農法間の比較  
 Fig. 3-11 Boxplots of Shannon-Wiener diversity indices of plant communities within the paddy fields under the conventional and the WSFF methods in August-September

また、畦畔第1回調査については全ての地区において育む農法の  $H'$  の値が慣行農法の値よりも高かったが統計的に有意な差はなかった (図 3-12)。

畦畔第2回調査については三江地区においてだけ育む農法の  $H'$  の値が慣行農法の値よりも有意に高かった (図 3-13)。

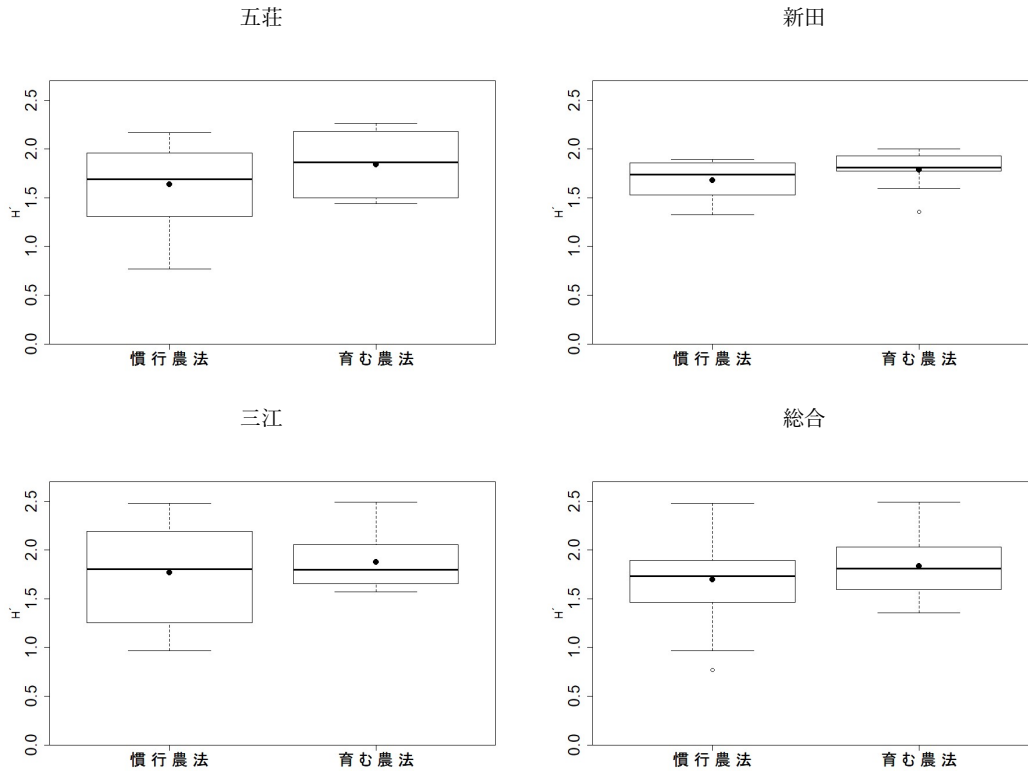


図 3-12 第1回畦畔調査(6-7月)での各地区における植物群落の  $H'$  の農法間の比較  
 Fig. 3-12 Boxplots of Shannon-Wiener diversity indices of plant communities in the levees under the conventional and the WSFF methods in June-July



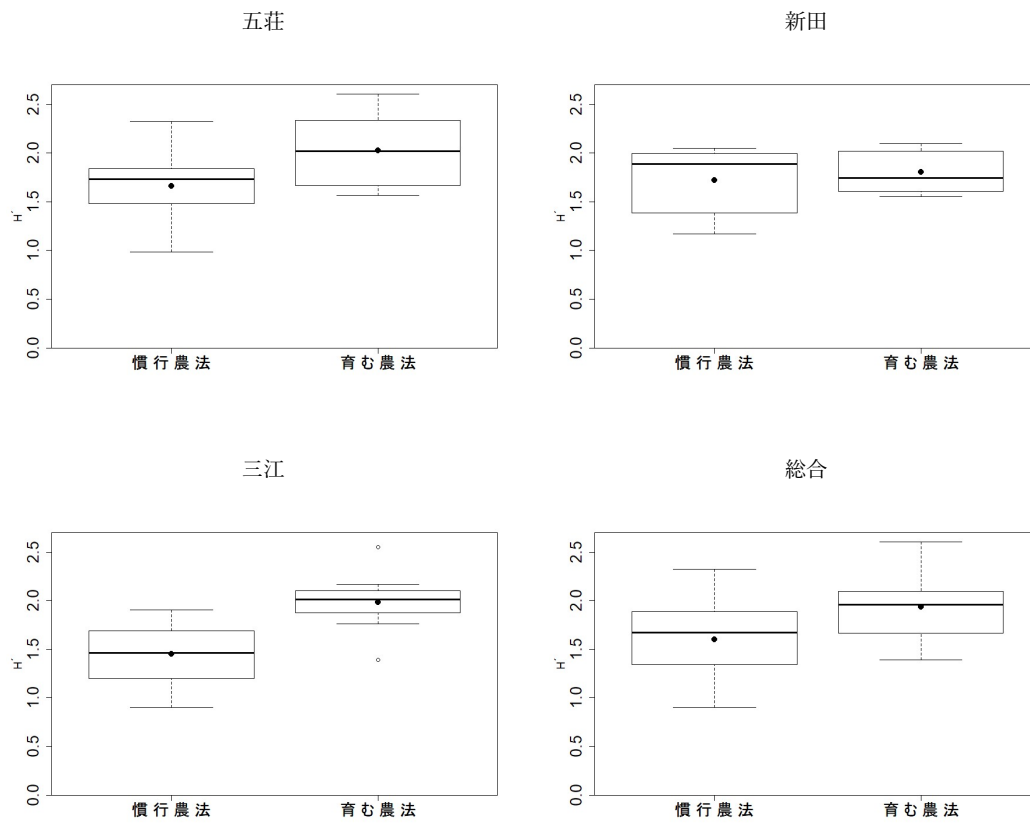


図 3-13 第 2 回畦畔調査 (9-10 月) での各地区における植物群落の  $H'$  の農法間の比較  
 Fig. 3-13 Boxplots of Shannon-Wiener diversity indices of plant communities  
 in the levees under the conventional and the WSFF methods in September-October

TWINSpan により方形区分類を行った結果、各調査につき第2段階までのグループ分けにより4つのグループに分類された。第1回田面調査についての TWINSpan の結果として第1段階の分類で方形区はグループ0とグループ1の2つのグループに分類され、アイオオアカウキクサとイヌビエが正の指標種であった(図3-14)。グループ0は更にグループ00とグループ01の2つのグループに分類され、アオウキクサ、コナギとイボクサ(*Murdannia keisak*)が負の指標種でイネが正の指標種であった。グループ01は163方形区を含む最大のグループでほとんどイネだけが出現した。グループ00は小さなグループで育苗農法圃場における方形区だけを含んだ。他の2つのグループ(グループ10とグループ11)は非常に小さなグループで其々3方形区と2方形区を含んだ。

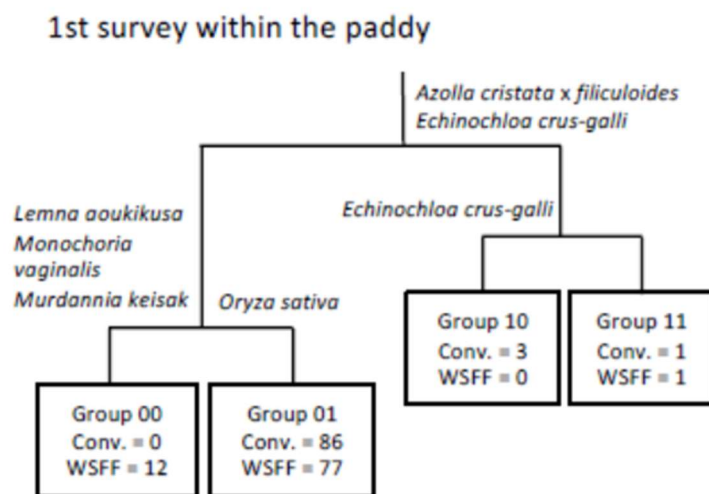


図3-14 田面第1回調査の TWINSpan の結果

Fig. 3-14 Dendrogram of plant community types identified by TWINSpan for the plant survey within the paddy fields in June

Conv.: 慣行農法、WSFF: 育苗農法

第2回田面調査についての TWINSpan の結果においては第1段階の分類で方形区はグループ0とグループ1の2つのグループに分類され、タケトアゼナ、コナギ、オモダカ、ウキクサが負の指標種であり、ヤナギタデが正の指標種であった(図3-15)。グループ0は主に育む農法の方形区を含み更にグループ00とグループ01の2つのグループに分類され、アゼナ、チョウジタデ、コナギが負の指標種でオモダカとウキクサが正の指標種であった。グループ1は主に慣行農法の方形区を含み更にグループ10とグループ11の2つのグループに分類され、オモダカが負の指標種でタネツケバナ (*Cardamine occulta*)、アゼナ、チョウジタデ、ヤナギタデが正の指標種であった。

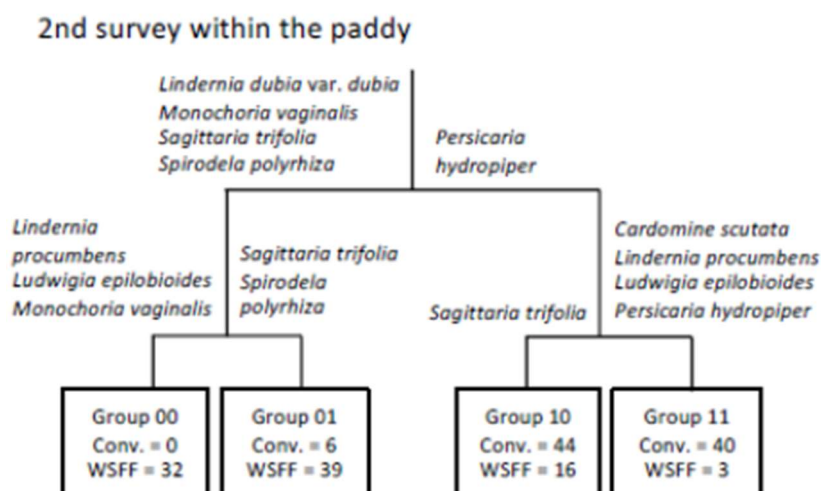


図 3-15 田面第2回調査の TWINSpan の結果

Fig. 3-14 Dendrogram of plant community types identified by TWINSpan for the plant survey within the paddy fields in July

Conv.: 慣行農法、WSFF: 育む農法

第3回田面調査についての TWINSPAN の結果においては第1段階の分類で方形区はグループ0とグループ1の2つのグループに分類され、キクモ (*Limnophila sessiliflora*)、コナギ、オモダカが負の指標種でありタネツケバナ、ヤナギタデが正の指標種であった (図 3-16)。グループ0は主に育む農法の方形区を含み更にグループ00とグループ01の2つのグループに分類され、ヒメミズワラビ、アオウキクサ、チョウジタデ、コナギが負の指標種でありオモダカが正の指標種であった。グループ00は育む農法の方形区だけを含みグループ01は育む農法の方形区を慣行農法の方形区よりも多く含んだ。グループ1は更にグループ10とグループ11の2つのグループに分類され、タネツケバナ、トキンソウ (*Centipeda minima*)、タカサブロウ (*Eclipta thermalis*) が負の指標種でありアオウキクサとオモダカが正の指標種であった。グループ10とグループ11は共に主に慣行農法の方形区を含んだ。

### 3rd survey within the paddy

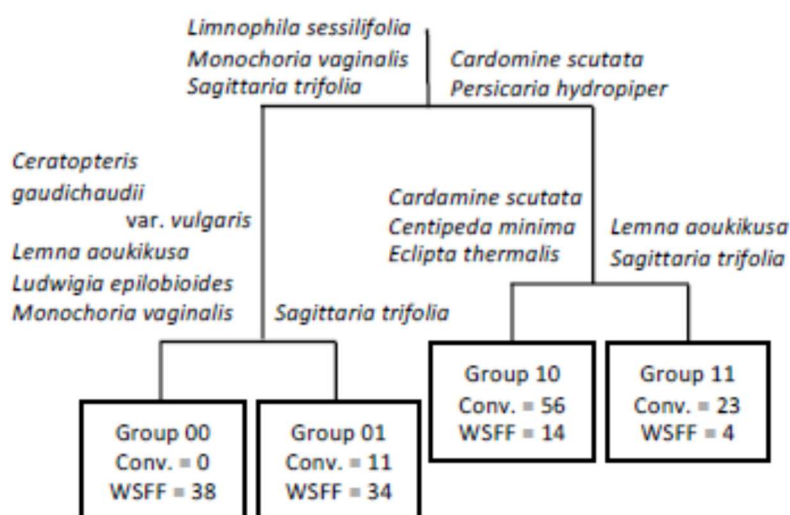


図 3-16 田面第3回調査の TWINSPAN の結果

Fig. 3-16 Dendrogram of plant community types identified by TWINSPAN for the plant survey within the paddy fields in August-September

Conv.: 慣行農法、WSFF: 育む農法

第1回畦畔調査についての TWINSPAN の結果においては第1段階の分類で方形区はグループ0とグループ1の2つのグループに分類され、オオチドメが負の指標種でありメヒシバが正の指標種であった(図3-17)。グループ0は更にグループ00とグループ01の2つのグループに分類され、チガヤ(*Imperata cylindrica*)が負の指標種であった。グループ1は慣行農法の方形区だけを含み更にグループ10とグループ11の2つのグループに分類され、イヌビエが負の指標種であった。

### 1st survey in the levee

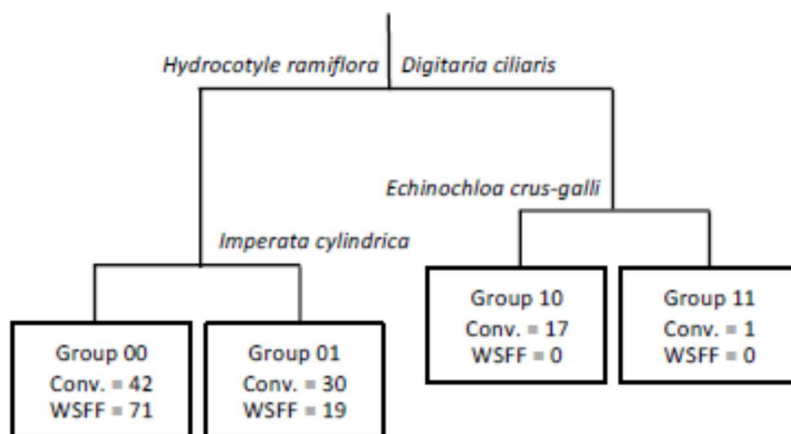


図3-17 畦畔第1回調査の TWINSPAN の結果

Fig. 3-17 Dendrogram of plant community types identified by TWINSPAN for the plant survey in the levees in June-July

Conv.: 慣行農法、WSFF: 育む農法

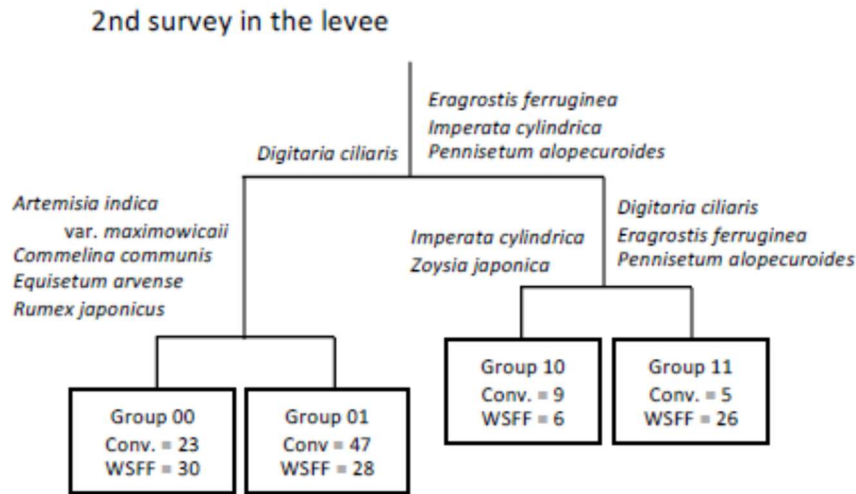


図 3-18 畦畔第 2 回調査の TWINSpan の結果

Fig. 3-18 Dendrogram of plant community types identified by TWINSpan for the plant survey in the levees in September-October

Conv.: 慣行農法、WSFF: 育む農法

第 2 回畦畔調査についての TWINSpan の結果においては第 1 段階の分類で方形区はグループ 0 とグループ 1 の 2 つのグループに分類され、メヒシバが負の指標種でありカゼクサ (*Eragrostis ferruginea*)、チガヤ、チカラシバ (*Pennisetum alopecuroides*) が正の指標種であった (図 3-18)。グループ 0 は更にグループ 00 とグループ 01 の 2 つのグループに分類され、ヨモギ (*Artemisia indica* var. *maximowicaii*)、ツユクサ (*Commelina communis*)、スギナ、ギシギシ (*Rumex japonicus*) が負の指標種であった。グループ 1 は慣行農法の方形区だけを含み更にグループ 10 とグループ 11 の 2 つのグループに分類され、チガヤとシバ (*Zoysia japonica*) が負の指標種でありメヒシバ、カゼクサとチカラシバが正の指標種であった。グループ 11 は主に育む農法の方形区を含んだが、他のグループについては農法との関係は見られなかった。

各調査回の調査対象方形区を DCA により序列化したところ田面における第 1 回調査においては育む農法の方形区の多くが図中の原点近くにまとまって配置された (図 3-19)。第 1 軸と第 2 軸の固有値 (Eigenvalues) はそれぞれ 0.73 と 0.38 であった。

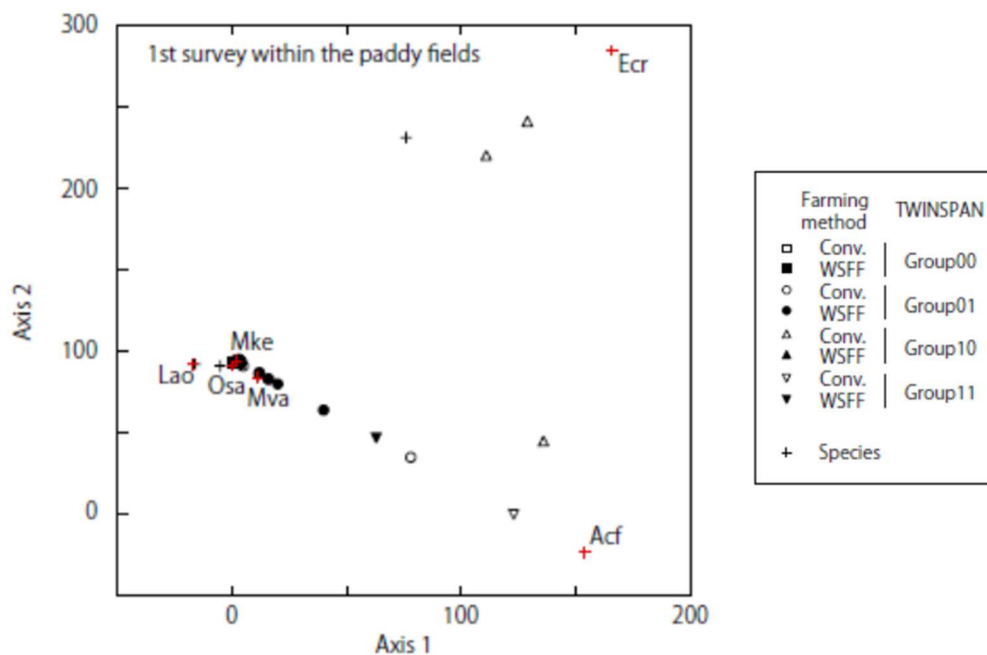


図 3-19 田面第 1 回調査の DCA 図

Fig. 3-19 Diagram of sample plots in DCA ordination for the plant survey within the paddy fields in June

Conv.: 慣行農法、WSFF: 育む農法、Acf: アイオオアカウキクサ (*Azolla cristata* x *filiculoides*)、Ecr: イヌビエ (*Echinochloa crus-galli*)、Lao: アオウキクサ (*Lemna oukikusa*)、Mke: イボクサ (*Murdannia keisak*)、Mva: コナギ (*Monochoria vaginalis*)、Osa: イネ (*Oryza sativa*)

しかし、田面第 2 回と第 3 回の調査の結果においては、慣行農法の方形区と比べて育む農法の方形区のほうが第 1 軸に沿って比較的広く分散した (図 3-20、図 3-21)。第 2 回田面調査の第 1 軸と第 2 軸の固有値はそれぞれ 0.30 と 0.11 であった。第 3 回田面調査の第 1 軸と第 2 軸の固有値はそれぞれ 0.21 と 0.12 であった。また、田面第 2 回と第 3 回の調査の DCA による解析の結果では育む農法水田とコナギが関連していることと、慣行農法とタネツケバナが関連していることが表されている。コナギとタネツケバナは DCA 図の中で第 1 軸に照らして相反する場所に位置づけられており、グループ 00 の育む農法の方形区は両調査回において比較的コナギと関連づけられている。

更に、田面第 3 回調査の DCA 図ではグループ 00 の育む農法の方形とキクモが関連していることが読み取れる。また、田面第 2 回と第 3 回の DCA 図ではグループ 01 の方形区がオモダカと関連づけられている。グループ 01 には育む農法の方形区が慣行農法の方形区よりも多く含まれている。

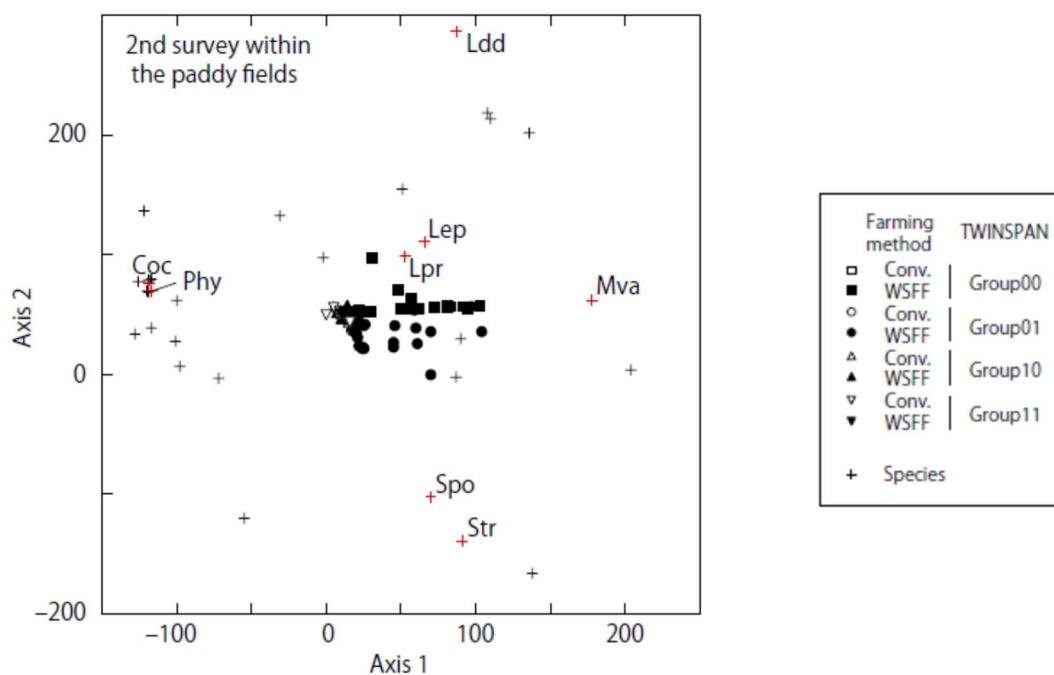


図 3-20 田面第 2 回調査の DCA 図

Fig. 3-20 Diagram of sample plots in DCA ordination for the plant survey within the paddy fields in July

Conv.: 慣行農法、WSFF: 育む農法、Coc: タネツケバナ (*Cardamine occulta*)、Ldd: タケトアゼナ (*Lindernia dubia* var. *dubia*)、Lep: チョウジタデ (*Ludwigia epilobioides*)、Lpr: アゼナ (*Lindernia procumbens*)、Mva: コナギ (*Monochoria vaginalis*)、Phy: ヤナギタデ (*Persicaria hydropiper*)、Str: オモダカ (*Sagittaria trifolia*)、Spo: ウキクサ (*Spirodela polyrhiza*)



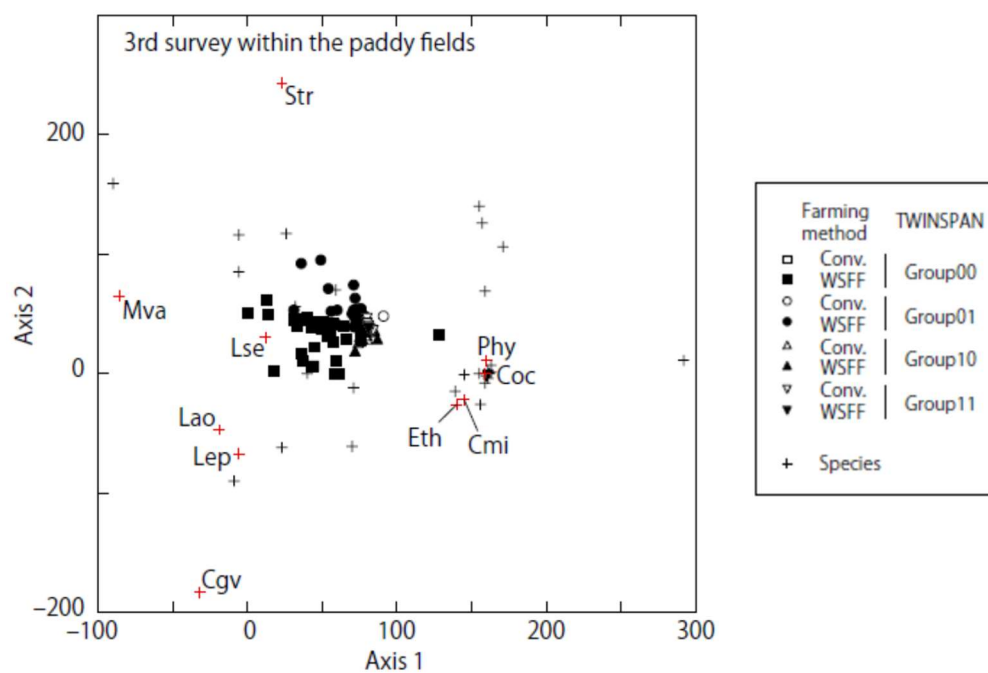


図 3-21 田面第 3 回調査の DCA 図

Fig. 3-21 Diagram of sample plots in DCA ordination for the plant survey within the paddy fields in August-September

Conv.: 慣行農法、WSFF: 育む農法、Cgv: ヒメミズワラビ (*Ceratopteris gaudichaudii* var. *vulgaris*)、Cmi: トキンソウ (*Centipeda minima*)、Coc: タネツケバナ (*Cardamine occulta*)、Eth: タカサブロウ (*Eclipta thermalis*)、Lse: キクモ (*Limnophila sessiliflora*)、Mva: コナギ (*Monochoria vaginalis*)、Phy: ヤナギタデ (*Persicaria hydropiper*)、Str: オモダカ (*Sagittaria trifolia*)

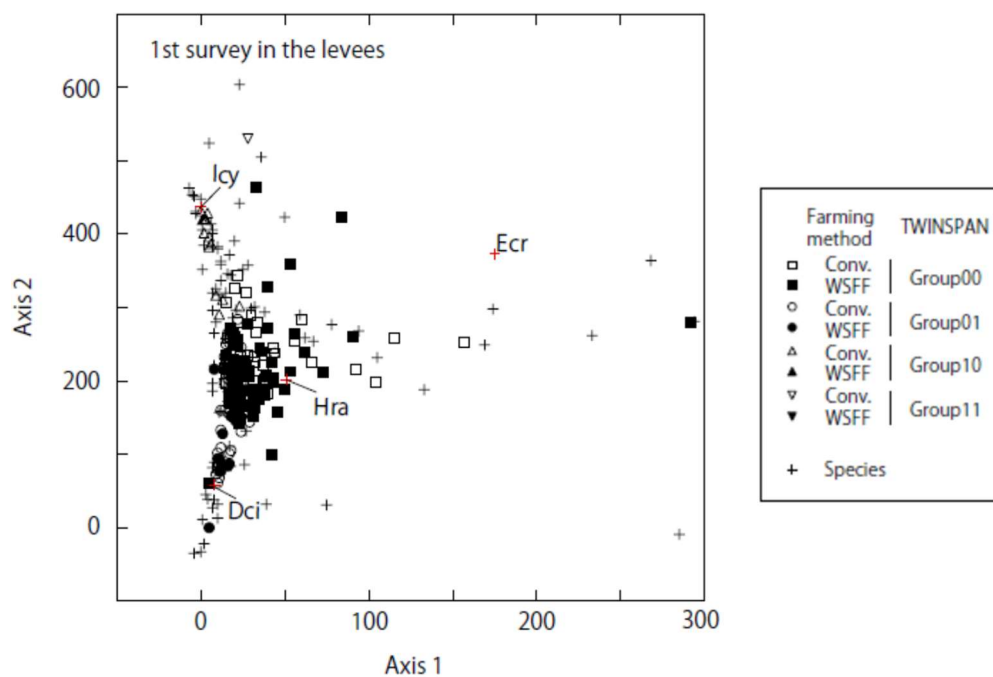


図 3-22 畦畔第 1 回調査の DCA 図

Fig. 3-22 Diagram of sample plots in DCA ordination for the plant survey in the levees in June-July

Conv.: 慣行農法、WSFF: 育む農法、Dci: メヒシバ (*Digitaria ciliaris*)、Ecr: イヌビエ (*Echinochloa crus-galli*)、Hra: オオチドメ (*Hydrocotyle ramiflora*)、Icy: チガヤ (*Imperata cylindrica*)

畦畔における第 1 回調査についての DCA による解析の結果においては育む農法の方形区と慣行農法の方形区が図中で混在し顕著な傾向は確認できなかった (図 3-22)。

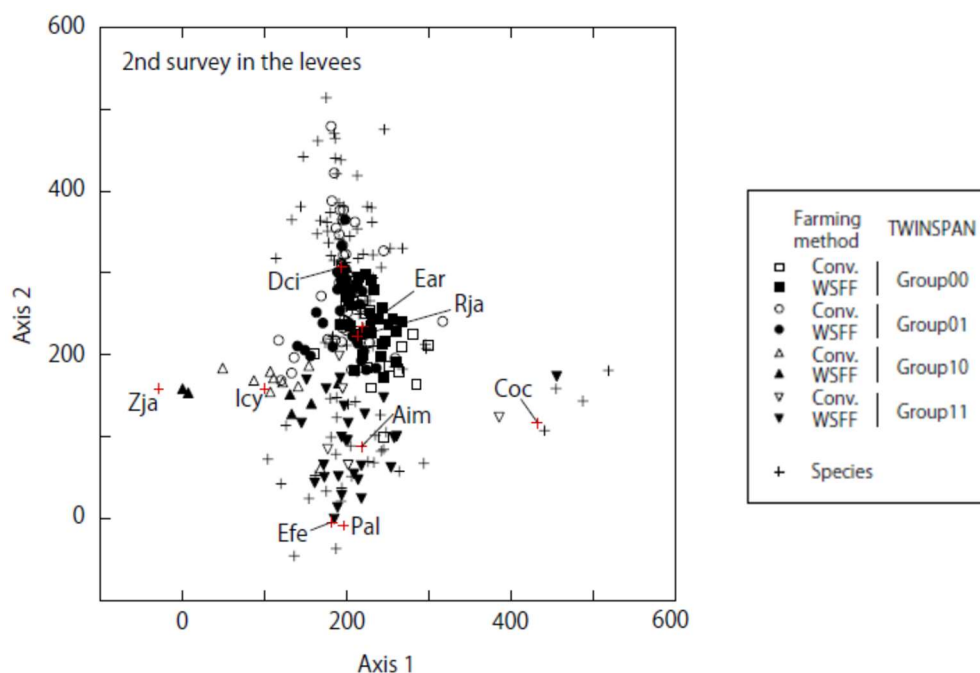


図 3-23 畦畔第 2 回調査の DCA 図

Fig. 3-22 Diagram of sample plots in DCA ordination for the plant survey in the levees in September-October

Conv.: 慣行農法、WSFF: 育む農法、Efe: カゼクサ (*Eragrostis ferruginea*), Pal: チカラシバ (*Pennisetum alopecuroides*), Aim: ヨモギ (*Artemisia indica* var. *maximowiczii*), Coc: ツユクサ (*Commelina communis*), Ear: スギナ (*Equisetum arvense*), Rja: ギシギシ (*Rumex japonicus*), Zja: シバ (*Zoysia japonica*)

畦畔第 2 回調査 DCA 図においては、カゼクサとチカラシバがグループ 11 の方形区と関連づけられていた (図 3-23)。グループ 11 には育む農法の方形区が慣行農法の方形区よりも多く含まれている。

#### 第 4 節 考察

2014 年と 2015 年に実施された植生調査の結果に基づく予備解析の結果では、6 月における田面の出現種数には育む農法 (無農薬) だけが正の影響を与え、土地利用要因についての説明変数は影響を与えていなかった。育む農法における除草剤の不使用が維管束植物の出現種数を増加させた可能性が考えられる。しかし、8-9 月の田面の出現種数には農法の影響は見られなかった。これは、田面の維管束植物の出現種数についての農法間の相違は中干以前の時期に顕著であったが、中干し以降の 8-9 月頃には農法に関わらず畑地や路傍の陸生草本が乾燥した田面に侵入するため、農法による出現種数の相違を検出することが困難となったためと考えられる。

累積被度については 6 月の田面の時よりも 8-9 月の田面において育む農法 (無農薬、減農薬) の正の影響が強く観察された。これは、6 月時点では慣行農法圃場においても育む農法圃場においても田面の雑草はまだ成長していなかったため農法間の相違が大きくなか

ったが、8-9月には田面の植物が成長して農法間の相違が明瞭になったためと思われる。

6月における畦畔の出現種数には育む農法（無農薬、減農薬）が正の影響を与えていた。慣行農法圃場及び育む農法圃場共に畦畔に除草剤が使用された調査対象圃場はなかったの  
で、育む農法圃場において出現種数が多かった原因は、慣行農法圃場において田面に使用  
された除草剤が畦畔の植生に影響を与えた可能性と育む農法圃場で使用される有機肥料に  
よる施肥効果による可能性が考えられる。

畦畔の出現種数と累積被度に関する解析の結果においては、田面の場合と対照的に選択  
されたモデルに土地利用要因に関する説明変数が複数含まれた。8-9月の出現種数と800m  
スケールの水田の割合の説明変数、800mスケールの草地の割合の説明変数と800mスケ  
ールの森林の割合の説明変数の間に正の相関があったことは複数の形態の土地利用が水田周  
辺に存在することが畦畔植生の種多様性を高める可能性を示唆している。

また、6月の累積被度と200mスケールの草地の割合の説明変数、200mスケールの森林  
の割合の説明変数と200mスケールの開放水域の割合の説明変数の間に正の相関があった  
原因は、草地、森林および開放水域に隣接する圃場は農地への進入経路である主要道路や  
集落から遠い場所に位置しているため人の往来が比較的少ないために、機械除草等による  
植生管理の強度が低かったことによるかもしれない。

2016年の本調査の6月の田面の植生調査の結果においては、慣行農法水田と育む農法水  
田の双方においてイネ以外の出現種がほとんどなく、出現したイネ以外の植物の被度も小  
さかった。このことにより水田内の植生の多様性について農法間での差が検出されなかつ  
たと考えられる。

田面における7月と8-9月の植生調査についてシャノン・ウィナーの多様度指数（ $H$ ）  
を農法間で比較した結果、育む農法水田のほうが植物群落の多様性が高いことが確認され  
た。水田に発生する雑草はイネの栽培方法や除草剤の種類・処理方法に大きく影響を受け  
ると言われている（須藤, 2022）。育む農法は除草剤の不使用か使用回数を減らすことが特  
徴の一つであるが、このことが水田の田面の植物群落の多様性の増加に寄与していること  
が考えられる。DCAによるプロットの序列化の結果もTWINSPANの結果も農法の相違が  
水田内の植物群落の組成に影響を与えたことを示唆している。また、DCAによる序列化の  
結果及びTWINSPANによるプロットの分類の結果から、育む農法はコナギの出現に影響  
を与えていることが示された。この結果は、内藤・佐川（2014）による既往研究の結果とも  
一致している。コウノトリ育む農法の圃場においては除草剤の使用を削減する代わりに冬  
期湛水等を実施することによって雑草を抑草しようとしている。しかし、既往研究では冬  
期湛水や深水管理だけでコナギの発生を抑制することは困難であることが指摘されている  
（稲葉, 1999）。むしろ、冬期湛水田ではコナギが増加することも報告されている（金子・中  
村, 2009）。また、育む農法は田植え前の複数回代かきと田植え直後の有機資材の投入によ  
ってもコナギの抑草を図っているが（西村・江崎, 2019）、慣行農法の圃場と比べると相対  
的に多く出現することとなっている。

また、本調査では、育む農法の水田では慣行農法の水田と比べてキクモの出現が顕著とすることがわかった。田中・狩野（2002）は水田の深水管理がキクモを増加させることを報告している。育む農法では田植え後に深水管理を行い、田植え後40日間の水深を約8cmに保つ（兵庫県, 2019; 西村・江崎, 2019）。育む農法の圃場でも除草剤の使用の削減と深水管理がキクモの出現を促したものと考えられる。

他方、本調査では、タネツケバナの出現は比較的に慣行農法の圃場に関連づけられていることがわかった。タネツケバナは、2016年6月の第1回田面調査においては慣行農法の圃場にも育む農法の圃場にも出現しなかったが、7月の第2回田面調査においては慣行農法の15方形区に出現し、育む農法の方形区には出現しなかった。また、タネツケバナは8-9月の第3回田面調査においては慣行農法の32方形区に出現したのに対し育む農法の1方形区にだけ出現した。DCAによる序列化の結果もタネツケバナは慣行農法と関連していることを表した。既往研究においても冬期の湛水でタネツケバナの出芽が抑制されることが報告されている（在原・小山, 2002）。したがって、育む農法水田においては冬期湛水によってタネツケバナの出現が抑えられていることが考えられる。

畦畔の植物群落については2016年6-7月の第1回調査の結果では、慣行農法水田と育む農法水田の間でシャノン・ウィナーの多様度指数( $H'$ )の値の有意な相違は無かった。DCAによるプロットの序列化を行った結果においても農法間の特に関連は確認できなかった。畦畔の9-10月の第2回植生調査においては三江地区においてだけ育む農法水田のシャノン・ウィナーの多様度指数( $H'$ )が慣行農法水田よりも有意に大きかった。DCAによるプロットの序列化を行った結果においては育む農法の方形区が第1軸に沿ってわずかに比較的広く分散して配置されていた。予備解析では育む農法が水田の植物の種数と積算被度に正の影響を与えていることがわかった。本調査でも育む農法の畦畔では慣行農法の畦畔よりも一貫して植物の種数が多く  $H'$  の値が大きかった。ただし、それらの値の農法間での相違が常に統計的に有意ということではなかった。このことは、育む農法は畦畔の植物群落の多様性に若干の正の影響を与えるもののその影響はあまり大きくなかったことを示唆している。

## 第5節 結論

本章では育む農法が水田の植物群落の多様性に及ぼす効果の有無を検証した。その結果、環境保全型農法の一つである育む農法を実施することにより田面の植物群落が慣行農法のものより多様となり得るとことが示唆された。育む農法は深水管理と冬期湛水により除草剤の使用回数を削減することができる。今後も、コメの収量を確保しつつ水田の植物群落の多様性に貢献することができる技術を開発することができれば、水田の生物多様性の保全及びコウノトリの野生復帰の手段としての育む農法の効果を一層高めることができるであろう。



第4章 コウノトリ育む農法を実践する農家の多様な意識

Chapter 4

Understanding the diversity of farmers' perceptions

of the “white stork friendly farming” (WSFF) method





## 第1節 序論

兵庫県の豊岡盆地では、環境保全型稲作の一形態である「コウノトリ育む農法」（以下育む農法と記載）が広く実施されている。育む農法は冬期・早期湛水、深水管理、中干し延期、減農薬あるいは無農薬による稲の栽培を特徴とし、田んぼの生き物を育み再導入されたコウノトリ（*Ciconia boyciana*）の餌環境を改善することが期待されている。今後ともより多くの農家が育む農法のような環境保全型農法を採用し実践することが期待されているが、農業生産において生物多様性の保全という公共財の供給が行われることを促進するためには、国・地方自治体が農業における生物多様性を保全するための政策と制度を形成・実施することによって農家による環境保全型農法の受容と実践を支援する必要がある（嘉田, 1993）。

欧州連合（European Union：以下「EU」と記載）においては欧州委員会が2001年に共通農業政策（Common Agricultural Policy）の下での Biodiversity Action Plan for Agriculture を採択し、生物多様性保全に資する環境保全型農業の推進を優先的に実施すべき行動計画と位置づけた（European Union, 2001）。また、2020年にも新たな生物多様性戦略としての「EU Biodiversity Strategy for 2030: Bringing nature back into our lives」、及び2030年までに農地の25%を有機農業とすることを目指す数値目標を明記した「A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system」を採択し、農業生産における生物多様性保全を推進している（Moschitz et al., 2021; Hermoso et al., 2022）。また、EUにおいては、環境保全に資する営農活動を実施する農家に対して所得の減少を補償する環境直接支払制度を実施しており、その起源は1985年に制定された The Agricultural Structures Regulation of 1985 (EU Regulation 797/85) にまでさかのぼることができる（Batáry et al., 2015）。

日本においては2007年に農林水産省生物多様性戦略が決定され（2012年2月改定）生物多様性を重視した農林水産施策を推進することが基本的な方針の一つとされた（農林水産省, 2007）。また、2015年から「農業の有する多面的機能の発揮の促進に関する法律」に基づく施策として、生物多様性保全に効果の高い営農活動を支援するための「環境保全型農業直接支払」を実施している（農林水産省, 2023a）。更に、政府が中長期的に取り組むべき方針を定めた食料・農業・農村基本計画（2020年3月31日閣議決定）においても農業において生物多様性保全に効果の高い取組を推進することとしている。

また、地方自治体における農業における生物多様性保全促進のための対応の例としては、兵庫県は農林水産行政の総合的な指針として「ひょうご農林水産ビジョン2030」を策定し、環境創造型農業の拡大を施策項目の一つと位置づけた（兵庫県, 2021a）。但馬地域における具体的な取り組みを定めた但馬地域アクションプランにおいてはコウノトリ育む農法の2025年度の目標実施面積を800haとしている（兵庫県, 2021b）。

環境保全型農業の普及拡大のための政策手段の一つは環境保全型農業直接支払のような補助事業である（胡, 2006）。環境支払いは農業活動による環境負荷の削減や環境保全効果

の向上に資する技術を採用した農家に対し、生じた費用の一部を国が負担することによって農家による環境保全型農業の実施を促進する制度である（野村・矢部, 2007）。兵庫県が実施する環境保全型農業直接支払交付金制度においては全国共通取組に対する交付金に加えて、地域特認取組として水田の冬期湛水管理に対して最大 8,000 円/10a の交付金を支払うこととしている（兵庫県, 2023a）（表 4-1）。

表 4-1 環境保全型農業直接支払交付の交付単価

Table 4-1 Direct payments schemes for environmentally friendly agriculture

全国共通取組	交付単価 (円/10a)	全国共通取組	交付単価 (円/10a)
有機農業：そば等雑穀、飼料作物以外	12,000	秋耕	800
炭素貯留効果の高い有機農業を実施する場合に限り 2,000 円を加算。		地域特認取組（兵庫県）	交付単価 (円/10a)
有機農業：そば等雑穀、飼料作物	3,000	冬期湛水管理（対象作物：水田で作付する作物）	4,000
堆肥の施用	4,400	加算：畦補強を実施 1,000/10a、有機質肥料を購入・施用 3,000 円/10a	
カバークロープ	6,000	中干延期（対象作物：水稲）	3,000
リビングマルチ（うち、小麦・大麦等）	5,400 (3,200)	取組拡大加算	交付単価 (円/10a)
草生栽培	5,000	有機農業の栽培技術の指導等の	4,000
不耕起播種	3,000	活動を実施する農業者団体を支	
長期中干し	800	援。（新規取組面積あたり）	

農林水産省 (2023a) 及び兵庫県 (2023a) から抜粋。

また、比較的新しい稲作栽培技術である育む農法のような環境保全型農業の普及・拡大を促進するために、農家への補助金の支払いに加えて、行政機関或いは生産者団体等が農家に接触して農家が環境保全型農業を採用・実践できるように農業技術・経営に関する支援を行う普及事業を実施している。農業普及とは、新たに開発した農業技術に係る情報等を行政や民間の組織が農家に伝えて個々の農家の厚生の向上等を支援する仕組みである（Anderson and Feder, 2004）。日本においては、農業改良助長法に基づき国と都道府県が協同して協同農業普及事業を実施しており、普及指導員が農業者に技術及び経営面の助言を行っている（農林水産省, 2023b）。また、民間による普及活動も行われている。環境保全型農法の推進は協同農業普及事業の実施についての考え方（ガイドライン）（2015 年 5 月 14 日付 27 生産第 519 号農林水産省生産局長通知）の中で協同農業普及事業における重点課題の一つと位置付けられている（農林水産省, 2015）。また、本章の研究が調査対象地域としている兵庫県の但馬地域においても但馬県民局豊岡農業改良普及センターが環境創造

型農業の推進を主要な普及活動として実施している（兵庫県, 2023b）。

このように、国、県、市町村及び民間事業者が新たな農業技術を農業事業者に普及するための事業を行っているが、たとえ試験研究段階で潜在的に農家に利益をもたらす技術だとしても、必ずしもそのすべてが農家に採用されるわけではないと言われている（Ridgley and Brush, 1992）。そのため、普及事業の有効性を評価し、その改善に資するため、農家による環境保全型農法の受容に影響を与える要因についての研究が行われ、農家の年齢や受けた教育の程度（D'souza et al., 1993）や営農規模（Hall et al., 2009）などが環境保全型農法の受容に影響を与えることが指摘されている。特に、新技術受容により得られる経済的利益は最も重要な要因であると指摘されている（Trujillo-Barrera et al. 2016）。例えば、農家による育む農法の導入動機を検証した上西（2018）も経済的動機の重要性を指摘している。他方で、農法の経済性、技術的属性や農家の社会的属性だけではなく、農家の環境保全に対する意識等も環境保全型農法の採用に影響を与えることが指摘されている（Ahnström et al., 2009; Greiner and Gregg, 2011）。更に、環境保全を含む様々な課題に対する農業従事者達の意識は多様であるため（Hammes et al., 2016）、そのような農業従事者の意識の多様性を理解することによって、環境保全型農法を促進するための普及活動や施策を多様な農家の個々の特徴に即したものとするようにデザインすることができ、ひいては農業従事者による環境保全型農法の採用の促進に貢献する可能性があると言われている（Upadhaya et al., 2021）。また、そのような環境保全型農法についての農家の意識の多様性を理解するためには、様々な属性に基づいて農家を類型化するという手法の有効性が指摘されている（Soule, 2001; Vanclay, 2005）。農家の類型化という手法はマーケットリサーチ（市場調査）におけるマーケットセグメンテーション（市場細分化）に相応し、消費者がある財を購入することに対して努力を行うかどうかはどれほど当該財が消費者にとって重要かどうかによって依存するという消費者行動理論に依拠している（Kaine et al., 2005）。マーケットセグメンテーションは一つのセグメント（共通の属性を共有する顧客層）を他のセグメントから差別化する属性を識別し、商品を特定の顧客層にむけて販売促進を行うためのマーケティング戦略を形成する際に用いられる。また、マーケットセグメンテーションは個々の顧客ではなく顧客層別に標的を絞って販売促進を行うことを可能にするという点で効率的であると言われている（Dolnicar et al., 2018）。このため、農家の類型化を普及事業のデザインに活用することの利点が指摘されている（Schwarz et al., 2009）。

育む農法に関しては、農業従事者等の意識の多様性の把握を試みた既往研究がいくつか存在する（菊地, 2012; 本田, 2016）。しかし、農家の意識及び農家の多様性を類型化という方法で分析した研究は無い。そこで、本章においては、育む農法を実践する農家の育む農法に対する意識の多様性を類型化という手法で理解することを目的とした。

## 第2節 材料と方法

2018年に但馬地域（豊岡市、朝来市、養父市、美方郡新温泉町）におけるコウノトリ育

む農法を実践する農家 328 軒（含む集落営農組織）を対象に質問票を配布しアンケート調査を行った。農家の諸属性、自身の環境意識、及び育む農法についての認識に係る 14 項目の質問について 5 段階のリッカート尺度に基づく回答を依頼した（表 4-2）。質問内容は主にコウノトリやカエル等の水田に生息する生きものに対する農家の気持ち、コウノトリ育む農法への農家の期待、営農における収益性と環境保全についての農家の考えを問うものとした。回答者は各質問項目に対して「1. 強く不同意」「2. 不同意」「3. わからない」「4. 同意」「5. 強く同意」の 5 段階の選択肢から一つを選択することとした。得られた回答を因子分析及びクラスター分析で解析し、農家の類型化を行った。解析には統計解析ソフトウェアの SPSS（IBM SPSS Statistics 28.0.0.0）を使用した。

表 4-2 分析の対象とした 14 の質問項目

Table 4-2 Survey questionnaire for farmers practicing the WSFF method

質問項目				
1.	農家が育む農法を行わないとコウノトリは再び但馬地域の田んぼからいなくなってしまうと思う。			
2.	コウノトリの保全は地域や市全体（朝来市、豊岡市、養父市）にとって重要なことである。			
3.	コウノトリの保全は自分自身にとって重要なことである。			
4.	次世代（子供、孫）に生きものが豊富な田んぼを残すために育む農法を続ける責務があると思う。			
5.	育む農法を行えば、収益を減らさずに（または、増やしながらか）コウノトリやカエルを守ることは可能だ。			
6.	もはや育む農法でないと利益がでず、農家経営が成り立たない。			
7.	これからは育む農法のような環境保全型農法をしなければ、消費者の支持を得られず、農家として生き残れないと思う。			
8.	農業の経営環境は厳しいので、生きてゆくためには私は環境（コウノトリやカエルの保全）のことよりもお米の生産に注力しなければならない。			
9.	農家は常に稲作の収量や収益を最大にすることを目標に農法を選択すべきである。			
10.	育む農法で作られたコメは慣行農法で作られたコメより高く売れるべきである。			
11.	育む農法を実施する農家は収益の増加などで報われるべきである。			
12.	家族が自分の田んぼについて思うこと（生きもの保全に貢献しているかどうか）は気になる。			
13.	コウノトリやカエルなどの田んぼの生きものを守るためには自分は農家として責任を果たすべきであると思う。			
14.	稲作農家は田んぼのカエルの保全の責任を果たすべきである。			
回答				
1. 強く不同意	2. 不同意	3. わからない	4. 同意	5. 強く同意

表 4-3 回答者サンプルの属性  
Table 4-3 Profile of the respondents

属性	選択肢	n	%
年齢	30代以下	2	1.2
	40代	9	5.5
	50代	21	12.9
	60代	63	38.7
	70代以上	68	41.7
居住地	旧「豊岡市」	22	13.3
	新「豊岡市」(日高、出石、但東)	92	55.8
	朝来市	29	17.6
	養父市	19	11.5
	美方郡新温泉町	3	1.8
営農形態	農業に専従	93	56.4
	年間を通じて兼業に従事	54	32.7
	農閑期のみ兼業に従事	13	7.9
	不明	5	3.0
農業後継者の有無	いる	52	31.5
	いない	105	63.6
	不明	8	4.9

### 第3節 結果

#### 3-1 回答者の属性

アンケート調査における有効回答数は 165 件（有効回答率：47%）であった。回答者サンプルの属性は表 4-3 のとおりである。なお、居住地の分類については、豊岡市を 2005 年 4 月の合併前から豊岡市と呼ばれていた地区を旧「豊岡市」地域、合併後に豊岡市となった出石、但東、竹野、日高を新「豊岡市」に区別した。

#### 3-2 因子分析の結果

因子分析の結果得られたパターン行列を表 4-4 に示す。回転法については、プロマックス回転を行い、因子得点を推定する方法については Anderson-Rubin 法を用いた。Kaiser-Meyer-Olkin の標本妥当性の測度を用いてサンプル数の大きさが充分であるか検証した結果 0.809 であったので、サンプルの大きさは因子分析を行うのに充分であると確認された。また、Bartlett の球面性検定を行ったところ、相関行列が単位行列であるという帰無仮説が有意水準 5% で棄却された。次に、カイザー基準を考慮し且つ因子のスクリープロットを検証した上で因子の数を 4 個と決定した。

表 4-4 パターン行列（プロマックス回転後の因子負荷量）

Table 4-4 Pattern matrix for principal component analysis

質問項目	因子			
	1	2	3	4
もはや育む農法でないと利益がでず、農家経営が成り立たない。	.888	-	-.329	-
これからは育む農法のような環境保全型農法をしなければ、消費者の支持を得られず、農家として生き残れないと思う。	.804	-	-	-
家族が自分の田んぼについて思うこと（生きもの保全に貢献しているかどうか）は気になる。	.661	-	-	-
稲作農家は田んぼのカエルの保全の責任を果たすべきである。	.652	-	-	-
育む農法を行えば、収益を減らさずに（または、増やしなが）コウノトリやカエルを守ることが可能だ。	.590	-	-	-
コウノトリの保全は自分自身にとって重要なことである。	-	.903	-	-
コウノトリの保全は地域や市全体（朝来市、豊岡市、養父市）にとって重要なことである。	-	.884	-	-
農家が育む農法を行わないとコウノトリは再び但馬地域の田んぼからいなくなってしまうと思う。	-	.786	-	-
次世代（子供、孫）に生きものが豊富な田んぼを残すために育む農法を続ける責務があると思う。	.329	.454	-	-
育む農法を実施する農家は収益の増加などで報われるべきである。	-	-	.962	-
育む農法で作られたコメは慣行農法で作られたコメより高く売れるべきである。	-	-	.947	-
コウノトリやカエルなどの田んぼの生きものを守るためには自分は農家として責任を果たすべきであると思う。	-	.302	.343	-
農家は常に稲作の収量や収益を最大にすることを目標に農法を選択すべきである。	-	-	-	.873
農業の経営環境は厳しいので、生きてゆくためには私は環境（コウノトリやカエルの保全）のことよりもお米の生産に注力しなければならない。	-	-	-	.862
Cronbach の $\alpha$	.756	.771	.869	.678

次に、各因子につき、構成する質問項目の中から因子負荷量の絶対値の大きい項目に着目して各因子に名前を付けることとした。第1因子を「環境保全型農業への社会的要請の高まりと機会を認識している度合い」因子、第2因子を「コウノトリの保全を重視する度合い」因子、第3因子を「育む農法実施による収益増を重視する度合い」因子、第4因子を「稲作経営の収益性を優先する度合い」因子と名付けた。

### 3-3 クラスタ分析の結果

各農家について算出された因子得点に基づいてクラスタ分析を行った結果は表 4-5 に示すとおりとなった。クラスタ化の方法はウォード法を用い、出力されたデンドログラムに基づき、農家を4つのクラスタにわけることとした。各クラスタを構成する農家の

数は、第 1 クラスターが 48 人、第 2 クラスターが 26 人、第 1 クラスターが 62 人、第 4 クラスターが 29 人となった。

表 4-5 クラスター分析の結果

Table 4-5 Cluster analysis results

クラスター (類型)	n=165	因子得点の平均値			
		第 1 因子	第 2 因子	第 3 因子	第 4 因子
第 1	48	1.0490063	.9226254	.7239301	.1059263
第 2	26	.0122613	-.0124684	.2126919	-1.3160603
第 3	62	-.5104483	-.3183840	.0050724	.4959011
第 4	29	-.6559758	-.8352426	-1.3997629	-.0556126

### 3-4 各クラスター（類型）の特性

4 つのクラスター（類型）の特徴を各因子の平均値に基づいて視覚的に把握するために作成したグラフを図 4-1 に示す。また、後述するように、4 つの各クラスターに類型の名前をつけた。

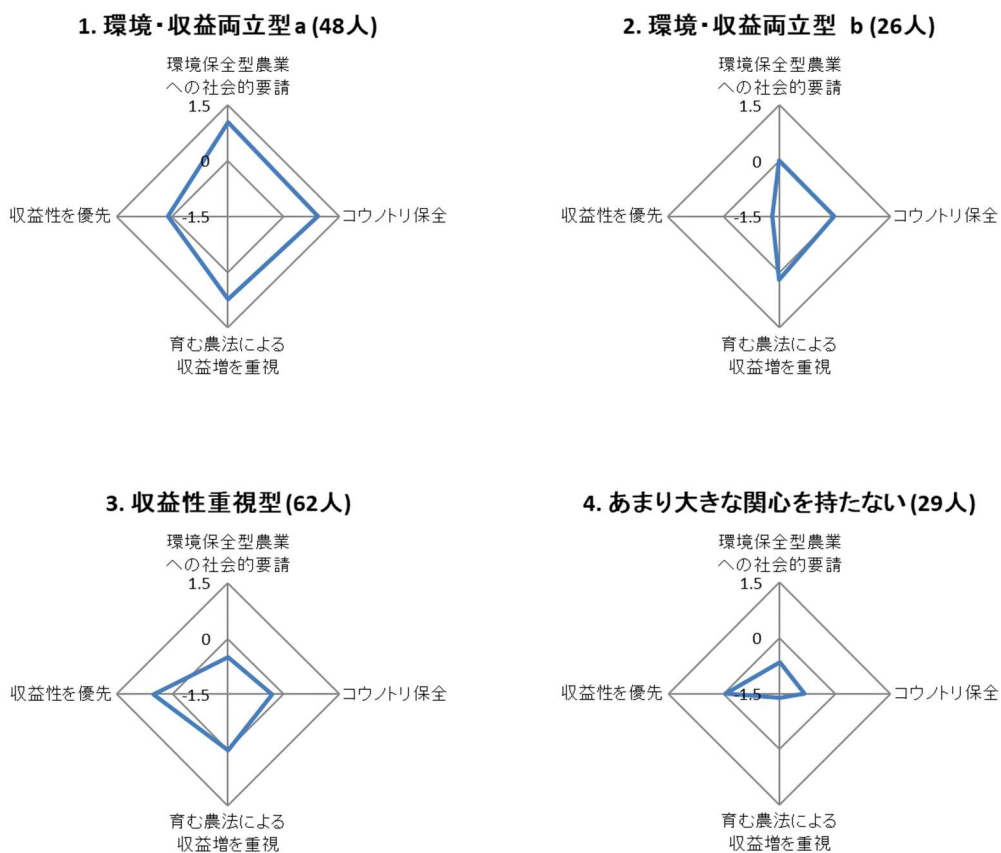


図 4-1 クラスター毎の各因子の得点の平均値

Fig. 4-1 Radar diagrams of clusters

また、各クラスターの属性を把握するために、各質問項目に対する回答結果を表 4-6 に示した。



表 4-6 各質問に対して「同意」或いは「強く同意」と回答した割合(%)

Table 4-6 Percentage of respondents in each cluster who agreed or strongly agreed with the statements

質問項目	各類型の回答者が各質問に同意した割合(%)				
	類型	類型	類型	類型	全体
	1	2	3	4	
1.農家が育む農法を行わないとコウノトリは再び但馬地域の田んぼからいなくなってしまうと思う。	68.8	46.2	43.5	20.7	47.3
2.コウノトリの保全は地域や市全体（朝来市、豊岡市、養父市）にとって重要なことである。	100.0	80.8	79.0	55.2	81.2
3.コウノトリの保全は自分自身にとって重要なことである。	85.4	65.4	40.3	27.6	55.2
4.次世代（子供、孫）に生きものが豊富な田んぼを残すために育む農法を続ける責務があると思う。	100.0	92.3	40.3	20.7	62.4
5.育む農法を行えば、収益を減らさずに（または、増やしなから）コウノトリやカエルを守ることは可能だ。	79.2	46.2	21.0	27.6	43.0
6.もはや育む農法でないと利益がでず、農家経営が成り立たない。	47.9	11.5	9.7	10.3	21.2
7.これからは育む農法のような環境保全型農法をしなければ、消費者の支持を得られず、農家として生き残れないと思う。	81.3	57.7	35.5	27.6	50.9
8.農業の経営環境は厳しいので、生きてゆくためには私は環境（コウノトリやカエルの保全）のことよりもお米の生産に注力しなければならない。	39.6	0.0	43.5	27.6	32.7
9.農家は常に稲作の収量や収益を最大にすることを目標に農法を選択すべきである。	66.7	0.0	59.7	20.7	45.5
10.育む農法で作られたコメは慣行農法で作られたコメより高く売れるべきである。	100.0	96.2	91.9	31.0	84.2
11.育む農法を実施する農家は収益の増加などで報われるべきである。	100.0	92.3	90.3	24.1	81.8
12.家族が自分の田んぼについて思うこと（生きもの保全に貢献しているかどうか）は気になる。	77.1	46.2	19.4	13.8	39.4
13.コウノトリやカエルなどの田んぼの生きものを守るためには自分は農家として責任を果たすべきであると思う。	95.8	92.3	41.9	24.1	62.4
14.稲作農家は田んぼのカエルの保全の責任を果たすべきである。	77.1	30.8	12.9	13.8	34.5
各類型の度数（人）	48	26	62	29	165

第 1 クラスタは「環境保全型農業への社会的要請の高まりと機会を認識している度合い」、「コウノトリの保全を重視する度合い」、「育む農法実施による収益増を重視する度合い」の 3 つの因子において他のクラスタよりも高い得点をつけている。質問項目「2. コ

ウノトリの保全は地域や市全体（朝来市、豊岡市、養父市）にとって重要なことである。」及び「4. 次世代（子供、孫）に生きものが豊富な田んぼを残すために育む農法を続ける責務があると思う。」に対して 100%が「同意」或いは「強く同意」と回答しており、育む農法の実践を通して環境の保全に貢献したい意欲が強いグループであることがわかる。また同時に、質問項目「7. これからは育む農法のような環境保全型農法をしなければ、消費者の支持を得られず、農家として生き残れないと思う。」に対して 81.3%が「同意」或いは「強く同意」と回答し、質問項目「5. 育む農法を行えば、収益を減らさずに（または、増やしながら）コウノトリやカエルを守ることは可能だ。」に対して 79.2%が「同意」或いは「強く同意」と回答していることから、環境保全型農業を行うことについての社会的要請があることを認識し、且つ収益を向上させることも可能であると感じている農家のクラスターであると解釈できる。このことから、第1クラスターには類型の名前として「環境・収益両立型 a」と名付けることができるであろう。

第2クラスターは「環境保全型農業への社会的要請の高まりと機会を認識している度合い」と「育む農法実施による収益増を重視する度合い」の2つの因子については全クラスターの中で2番目に高い得点をつけているが、「稲作経営の収益性を優先する度合い」因子の得点では最も低い点をつけている。質問項目「8. 農業の経営環境は厳しいので、生きてゆくためには私は環境（コウノトリやカエルの保全）のことよりもお米の生産に注力しなければならない。」及び「9. 農家は常に稲作の収量や収益を最大にすることを目標に農法を選択すべきである。」において、「同意」或いは「強く同意」の回答は無い。類型1と同様に環境保全型農業への社会的要請や収益の向上の機会について意識しているが、収益性の追求についての大きな関心はないクラスターと解釈できる。類型1と共に大きなまとまりの「環境・収益両立型」を構成するサブクラスターとしての「環境・収益両立型 b」の類型と名付けることができると考えられる。

第3クラスターは質問項目「2. コウノトリの保全は地域や市全体（朝来市、豊岡市、養父市）にとって重要なことである。」に対して 79%が「同意」或いは「強く同意」と回答していることから環境の保全に貢献したい意欲を持つものと解釈できるが、「育む農法実施による収益増を重視する度合い」因子と「稲作経営の収益性を優先する度合い」因子の得点が他の因子の得点よりも相対的に高いので「収益重視型」の類型と名付けることができるであろう。

第4クラスターは全ての因子について得点が低く「環境・収益双方に関してあまり大きな関心を持たない」類型と名付けることができると考えられる。ただし、質問項目「2. コウノトリの保全は地域や市全体（朝来市、豊岡市、養父市）にとって重要なことである。」に対して 55.2%が「同意」或いは「強く同意」と回答していることから、環境保全の重要性を感じていることが伺える一方で、質問項目「10. 育む農法で作られたコメは慣行農法で作られたコメより高く売れるべきである。」に対して「同意」或いは「強く同意」と回答した割合は31%と4つのクラスターの中で最も低く、育む農法で栽培された米に支払わ

れる価格プレミアムへの期待が低いことが伺われる。これは育む農法を実施することによる収益向上の実感が少ないことによるのかもしれない。

### 3-5 各類型に属する農家の割合の地域間比較

農業従事者の居住地域の相違が各類型に分類された農業従事者の多寡に関係しているか調べるために各類型に属する農業従事者の割合を各地域で計算し比較した（図 4-2）。その結果、旧「豊岡市」（2005 年 4 月の合併前から豊岡市と呼ばれていた地区）においては類型 1 に 9 人（41%）、類型 2 に 2 人（9%）、類型 3 に 9 人（41%）、類型 4 に 2 人（9%）が分類された。新「豊岡市」（合併後に豊岡市となった出石、但東、竹野、日高）においては類型 1 に 26 人（28%）、類型 2 に 14 人（15%）、類型 3 に 30 人（33%）、類型 4 に 22 人（24%）が分類された。また、朝来市においては類型 1 に 7 人（24%）、類型 2 に 6 人（21%）、類型 3 に 13 人（45%）、類型 4 に 3 人（10%）が分類され、養父市においては類型 1 に 6 人（32%）、類型 2 に 4 人（21%）、類型 3 に 7 人（37%）、類型 4 に 2 人（10%）が分類された。

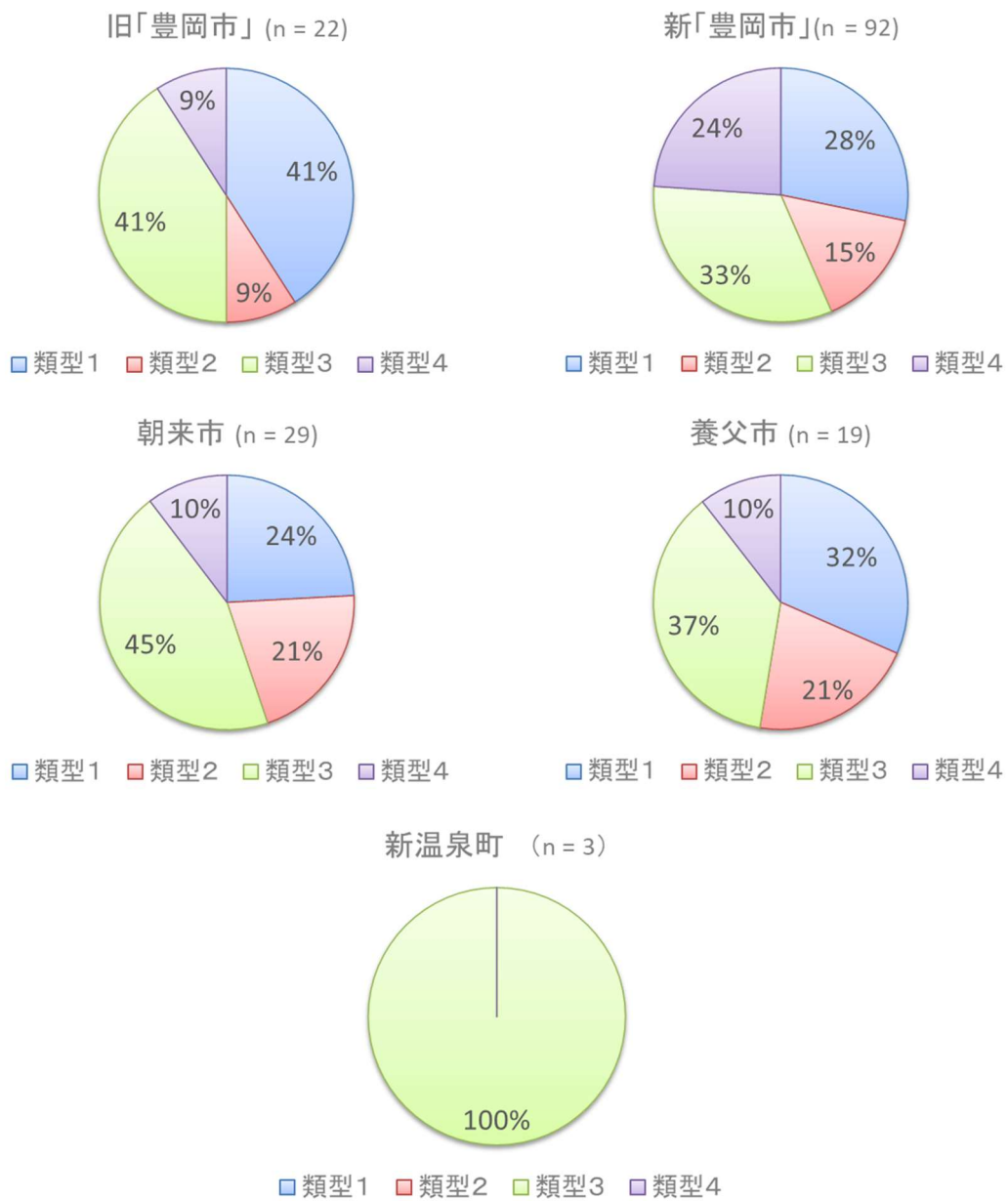


図 4-2 調査対象各地区における各類型に属する農業従事者の割合(%)

Fig. 4-2 Percentage of respondents belonging to each cluster in each administrative area

表 4-7 カイ二乗検定のクロス表

Table 4-7 Contingency tables

地域	類型 1		類型 2		類型 3		類型 4		合計	
	度数	期待 度数	度数	期待 度数	度数	期待 度数	度数	期待 度数	度数	期待 度数
旧「豊岡市」	9	6.4	2	3.5	9	8.3	2	3.9	22	22
新「豊岡市」	26	26.8	14	14.5	30	34.6	22	16.2	92	92
朝来市	7	8.4	6	4.6	13	10.9	3	5.1	29	29
養父市	6	5.5	4	3.0	7	7.1	2	3.3	19	19
新温泉町	0	0.9	0	0.5	3	1.1	0	0.5	3	3
合計	48		26		62		29		165	

各類型に属する農業従事者の割合と地域の相違についてカイ二乗検定を行った結果、両者の関係はなかった（漸近有意確率（両側）= 0.351）（表 4-7）。

#### 第 4 節 考察

近代的な農業生産活動は農業生態系の劣化の一因となってきた (Lanz et al., 2018)。そのため、従来の生態系に負荷を与える農業から生物多様性の保全に資する農業へと転換していくことを促進するための公共政策の実施が重要となっている (Plieninger et al., 2012)。農業における生物多様性保全という目標を達成するために政府は規制と自主的参加を組み合わせ合わせた様々な施策を用いるが (OECD, 2019)、農業普及事業を通じて環境保全のための農家の自主的な取り組みを促すことは長い間政府にとって魅力的な施策となっている (Pretty et al., 2001)。従来の考えでは、新しい農業技術の普及は普及員が農家に新たな技術についての知識や情報を提供すれば達成されるはずであり、有用な新技術を受容しない農家は非合理的と考えられていた (Vanclay and Lawrence, 1994)。しかし近年、環境保全に資するような農業の新技術を農家が受容するかどうかの意思決定には農家の意識、信念、動機等の様々な複雑な要素が影響していると考えられている (Prokopy et al., 2019)。そのため、多様な認識を持つ農家を類型化することによって、特定の類型に属する農家に特化した普及活動を行うことの有効性が指摘されている (Schwarz et al., 2009)。本章の研究では、育む農法やコウノトリの保全に対する意識について質問したアンケートに対する 165 件の回答を用いて兵庫県の但馬地域で育む農法を実践する農家を 4 つのグループに類型化した。このように育む農法に従事する農家を類型化することで得られる情報は、今後とも育む農法を普及する上で普及施策や活動を特定の農家類型に属するグループ向けにデザインすることや、農家に提供する情報（メッセージ）を特定のグループに的を絞って準備し伝達すること等に資する可能性があると言えるであろう。

本章の研究の結果では、育む農法実施農家の回答者全体の 84.2%が育む農法で作られたコメは慣行農法で作られたコメより高く売れるべきであり、81.8%が育む農法を実施する農家は収益の増加などで報われるべきであると回答した。特に類型 1 に属する農家は全員

前述の2つの期待について同意している。菊地・豊田(2021)が実施した育む農法実施農家を対象としたアンケート調査においては収入の増加をやりがいと回答した農家が16%であったと報告したのに対し、本章の研究では80%以上の回答者が育む農法を実施することによる収益増を期待していることが判明した。この結果の相違は、菊地・豊田(2021)の研究では農家のやりがいについての質問においてコウノトリの保全や収入の増加を含む複数の選択肢から一つだけを選択することとなっているのに対し、本章の研究では収入の増加等に対する期待についての同意・不同意を問う形式で質問をしたために農家の収入増の期待を回答に反映しやすかったためと考えられる。農家が環境保全型農法を受容する要因を検証した既往研究は、農家は自身の社会的目標、経済的目標、そして環境保全への貢献に関する目標の達成に貢献すると判断したときに環境保全型農法を使用すると指摘している(Pannell et al., 2006)。それらの要因の中でもしばしば重要な要因と指摘されるのは利潤の増加である(Cary and Wilkinson, 1997; Chouinard et al., 2008)。本研究の結果でもアンケート回答者165人のうち62人が「収益重視型」の第3類型に分類された。このことは上西(2018)が育む農法の導入にあたっては経済的利点が主要な動機となった農家が多かったと指摘していることと整合している。したがって、第3類型のような「収益重視型」の類型に属する農家に対しては、普及事業の実施主体は育む農法で栽培された米の収益性についての情報を農家に周知するなど、育む農法が農家の経済的期待に応えうることを伝達する情報の中心とすることが有効であろう。

また、本研究の結果では、育む農法実施農家の回答者全体の55.2%がコウノトリの保全が自分自身にとって重要なことであると回答した。この結果は、菊地・豊田(2021)による育む農法実施農家を対象としたアンケート調査において50%の農家が環境保全へ貢献したい意欲があることが報告されていることと整合している。上西(2018)のアンケート調査でも回答者の約67%がコウノトリの野生復帰に貢献したい意欲を表明しているが、経済的側面により導入動機が形成されたと考えられる回答をした農家が比較的多かったために、環境保全は育む農法の導入の際には主要な動機ではなかった考察されている。しかし、本研究の結果では、81.2%の農家がコウノトリの保全は地域にとって重要であると回答したことから、ほとんどの農家はコウノトリ保全に社会的な意義があることを感じていることもわかった。特に、全回答者のうち48人が分類された類型1に属する農家は全員が収益増加についての期待を抱くとともにコウノトリ保全の地域への重要性と次世代に生きもの豊かな田んぼを残すことの重要性に同意しており、85.4%が自分自身にとってコウノトリ保全が重要であると考えている。また、26人が分類された類型2に属する農家も多数が育む農法の経済的便益に期待するとともに約92%が次世代に生きもの豊かな田んぼを残すことの重要性に同意している。農家による環境保全型農法を受容の意思決定要因を調べたGreiner et al. (2009)は農家の環境保全意識や次世代に健全な状態の農地を残そうとする意欲が環境保全型農法を受容率を高めたことを報告している。また、農家の中には採算性を多少犠牲にしても環境保全に資する営農技術を取り入れる者もあると指摘されている

(Chouinard et al., 2008)。本研究では類型化という手法を使用することによって、育む農法を実践する農家集団の中に経済的利点と同時に育む農法の実践を通して環境の保全に貢献したいと考える農家が少なからず存在することがわかった。したがって、コウノトリ及び生物多様性の保全に意欲を持つ農家に対しては、普及事業の実施主体は収益性向上の可能性についての情報の提供に加えて育む農法が生物多様性の保全に貢献できることについての情報の発信を強化することによって農家の環境保全に貢献したいという希望への充足度を高め、育む農法の受容と継続を促すことに資するであろう。他方、コウノトリの保全の重要性に対する共感の大きさと対照的に田んぼに生息するカエルの保全に対しては重要と答えた回答が全体の 34.5%にとどまった。このことは、コウノトリが生きもの豊かな田んぼを普及するための flagship species（象徴種）(Jepson and Barua, 2015)として広範な農家からその保全に対する支持をとりつけており今後とも育む農法を普及するための有効な手段となりえることを示唆する一方で、カエルもそもそも育む農法の保護対象種でありコウノトリの保全にとっても餌資源として重要な役割を果たすことについての情報発信を強化する必要性を示唆している。

また、本研究では少なからぬ数の農家が第 4 類型に分類されることがわかった。そのような農家に対しては普及活動において他の類型の農家に対するよりも一層積極的に育む農法の環境・収益面の利点についての情報発信等を行い育む農法の継続を促す必要があるかもしれない。

各類型に属する農家の割合と地域の相違との関連を検証したところ両者に統計的に有意な関係はなかった。しかし、旧「豊岡市」においてはコウノトリの保全を重視する類型 1 の農家の割合が他の地域より大きかった。この理由は、旧「豊岡市」の育む農法実践農家は他の地域よりも同農法を始めてからの年数が長いからかもしれない。また、コウノトリの野生復帰事業の中心機関である兵庫県立コウノトリの郷公園が存在する旧「豊岡市」に居住する農家のほうがコウノトリを見る機会やコウノトリについての情報に触れる機会が多いからかもしれない。そのような場合、コウノトリについての情報に触れる機会が少ない地域の農家に対しては育む農法がコウノトリや田んぼの生きものの保全に貢献していることについての情報を得る機会を増やすことが重要かもしれない。

## 第 5 節 結論

本章の研究では、但馬地域において育む農法を実践する農家に環境意識や育む農法についての期待等に関するアンケートを行い、得られた回答について因子分析及びクラスター分析を行うことにより農家を類型化した。その結果、育む農法を実践する農家を 4 つの類型に分けることができた。このことにより、農家の環境意識や育む農法についての期待は一様ではなく多様であることがわかった。特に、類型化という手法を使用することによって、育む農法を実践する農家集団の中には収益向上だけを育む農法に期待するだけでなく、経済的利点と同時に育む農法の実践を通して環境の保全に貢献したいと考える農家が

存在することが分かりやすく整理された。このように、農家の類型化によって得られる育む農法についての意識の多様性に関する情報は特定の種類の農家に的を絞った普及活動のデザインと実施に資する可能性があり、今後育む農法を更に普及拡大することに貢献できると考える。



## 第 5 章 本研究の成果

### Chapter 5

### Conclusions



本研究は環境保全型農法の一つであるコウノトリ育む農法（以下育む農法と記載）について水田生物多様性保全への効果および農業従事者の意識という側面からその特徴を明らかにした。本研究で得られた知見は育む農法の生物多様性保全効果の向上と今後とも但馬地域の農業従事者へ育む農法を効果的に普及することに貢献することができると思われる。本章においては本研究の成果についてまとめることとする。

## 第1節 各章の成果

第2章においては水田生物多様性保全への効果という側面から育む農法の特徴を明らかにするために、水田に生息する動物の例としてトノサマガエル（*Pelophylax nigromaculatus*）を分析対象として扱い、野外調査と定量的な解析手法によって育む農法がトノサマガエルに与える影響を検証した。水稲の育む農法は技術的指針となる栽培暦が2005年に完成されて以降豊岡市における作付面積が年々拡大し、水田に生息する多様な生きものの保全や再導入されたコウノトリ（*Ciconia boyciana*）の餌環境を改善することが期待されている。しかしながら、育む農法が本当に水田に生息する生物の保全に有効であるのか、またどの生物の保全に有効であるかについての実証研究の例は少なく知見の蓄積は未だ充分とは言えない。水田には様々な生物が生息する中で本章の研究で育む農法の影響を検証するための分析対象としてカエル類を選んだのはカエル類には絶滅の危機に瀕している種も存在しその保全自体が重要な課題であるとともにカエル類が但馬地域の重要な地域資源の一つのコウノトリの餌資源としても重要な役割を果たしているからである。また、本章の研究の調査対象地域の水田には8種のカエルの生息が確認されている中でトノサマガエルを分析対象として選んだのは育む農法はトノサマガエルの保全を目的の一つとして開発されたからであり、そのことにより本章の研究の結果が育む農法の普及と改善に直接的に資することができると思う。本章の研究ではまずトノサマガエル成体の水田畦畔利用の実態と季節消長を明らかにしたが、このことでトノサマガエルが1年のうち6月から8月にかけてコウノトリの餌資源の一つとして重要な役割を果たす可能性があることがわかった。また、本章の研究はトノサマガエルの個体数密度と調査圃場の中心から半径100m以内における育む農法が実施されている水田の面積の割合との間に正の相関があることを明らかにし、育む農法はトノサマガエルの保全手法としての効果があるという示唆が得られた。

第3章においては前章と同じく水田生物多様性保全への効果という側面から育む農法の特徴を明らかにすることを目的としたが、分析対象を水田に生息する維管束植物とした。その理由は、水田の植物の多様性は動物相の多様性を支えるという重要な役割を果たしているにもかかわらず、育む農法や他の環境保全型農法の生物多様性保全効果についての既往研究は主に動物相を対象とし、植物相の多様性に対する影響に係る知見の蓄積が非常に重要と考えたからである。本章の研究では水田内に生息する維管束植物を対象に3回の植生調査と畦畔に生息する維管束植物を対象に2回の植生調査を行い定量的な解析手法によ

って育む農法が植物群落の多様性に与える影響を検証した。本章の研究の結果、1年の異なる時期に水田内及び畦畔に出現する植物種の詳細が明らかになるとともに、育む農法は植物群落の多様性を高めるために有効であることが明らかとなった。また、コナギ (*Monochoria vaginalis*)とキクモ (*Limnophila sessiliflora*) の出現が育む農法の実施と関連することがわかった。

第4章においては育む農法を実践している農業従事者の環境意識や育む農法についての期待等も定量的に解析し、農業従事者が育む農法に対して持つ意識の多様性を明らかにした。今後も国、県、市町村や民間団体等が育む農法のような環境保全型農法の農業従事者への一層の普及を促進する際には、農業従事者が育む農法に対して抱く多様な意識や期待を理解し各農家の異なる意識や期待に応じた普及活動を行うことが普及効果の向上に資すると考えられる。本章の研究では市場調査におけるマーケットセグメンテーションに使用される類型化というアプローチを用いて但馬地域で育む農法を実践する農業従事者等を類型化し農家の育む農法に対する意識の多様性を明らかにした。本章の研究の結果、アンケートに回答した165件の農家が4つの類型にわけられることが判明し、その環境意識等の多様性が明らかとなった。本章の研究により、特定の類型の農家に的を絞って普及活動を実施するというアプローチの可能性が明らかとなり、今後の育む農法の普及に資することができると思う。

## 第2節 まとめ

### 2-1 総括

本研究は水田生物多様性保全への効果および農業従事者の意識という側面から環境保全型農法の一つであるコウノトリ育む農法を自然科学的手法及び社会科学的手法の双方を用いて検証し、その特徴を明らかにした。

第2章ではコウノトリの餌として重要な役割を果たし育む農法の実施による保全効果の発現が期待されているトノサマガエルの保全に対して育む農法が与える影響を明らかにした。トノサマガエルは水田生態系の食物連鎖の中で捕食者及び被食者として重要な役割を果たしており農作物の害虫を捕食するという生態系サービスを提供しながら多くの都道府県において準絶滅危惧カテゴリ相当以上に指定されているため、本章の研究により育む農法がトノサマガエルの保全に資する可能性があることを明らかにできた意義は大きい。

第3章では水田に発生する維管束植物を研究対象とし育む農法が水田の植物群落の多様性を高めることを解明した。水田の植物は野生動物に餌や退避場所を提供することにより生物多様性の保全に貢献すると考えられており、本章の研究により育む農法が植物群落の多様性を高めることを通じて田んぼの生きものを育むことができる可能性があることを明らかにできた。

第4章では育む農法を実践する農業従事者の環境意識をアンケート調査で把握し、因子

分析及びクラスター分析という解析手法を用いて農業従事者を類型化することによりその多様性を明らかにした。本章の研究では育む農法の普及活動を効果的に実施することに資する可能性がある類型化という新しいアプローチの可能性を示すことができた。

以上のことから、本研究は、地域資源としての生物多様性とコウノトリ育む農法の稲作を効果的にマネジメントするために有益な新たな知見を提供できたと考える。

## 2-2 課題

本研究の今後の課題として 4 つ指摘できる。第一に、本研究では育む農法が水田に生息するトノサマガエルや維管束植物の保全に効果があることを明らかにできたが、今後育む農法の生物多様性保全効果を一層高めるためには冬期湛水や中干し延期等の育む農法を構成する特徴的な要素技術の中のどの技術がどれほど個々の生きものの保全に貢献しているかを定量的に把握し検証する必要がある。いくつかの要素技術の中でも冬期湛水はトノサマガエルの冬眠に適した場所を減らすという負の影響を与えるかもしれないことが指摘されており、その影響を検証する必要がある。

第二に、本研究では調査対象地域に生息する 8 種のカエル類の中でトノサマガエルのみを分析対象としたが、他の種のカエルも重要な生態系サービスを提供しながら生息数が減少しており育む農法の保全効果の検証が期待されている。また、水田には生態系を構成する他の多くの動物が生息しており、育む農法の影響を検証する対象を拡大していくことで育む農法が健全な水田生態系の保全に効果的に貢献できるよう改善するための知見を提供できるであろう。

第三に、本研究では 2014 年、2015 年と 2016 年に実施した野外調査に基づき育む農法が水田に生息する生きものの保全に貢献できることを明らかにした。ただし、水田の生きものの生息状況は年々変化する気象条件等の影響も受けるので、更に長期の経年モニタリングデータを蓄積することによって年々の生きものの生育状況を把握し育む農法の効果の長期的な検証を行う意義は大きいであろう。

第四に、本研究では 2018 年に実施したアンケートへの回答をもとに農業従事者の育む農法についての意識等を類型化という手法で定量的に解析することで農業従事者が育む農法に対して持つ意識の多様性を明らかにし、今後の育む農法の普及に資する知見を提供できた。農業従事者の考えや意識を把握することは育む農法の普及のための施策や活動を形成・実施する上で重要な情報であるがこれも社会経済状況の変化につれて年々変化していく可能性がある。したがって、生きものの経年モニタリングデータの場合と同様に、農家の意識についても経年の調査を行いそのデータを分析することが重要である。

## 謝辞

### Acknowledgment

本研究を行うにあたり多くの方々にご支援、ご指導を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。

主指導教員である兵庫県立大学院地域資源マネジメント研究科内藤和明准教授には研究課題の決定から研究手法、研究結果のまとめ方まで長期間にわたって終始懇切丁寧なご指導をいただきました。副指導教員である同研究科佐川志朗教授には河川生態学の視点からのご助言と激励をいただきました。同じく副指導教員である同研究科中井淳史教授には地域資源マネジメント学の視点から研究の進め方について御指導いただきました。また、同研究科の元研究科長の江崎保男先生、前教授の大迫義人先生、元特任助教の田和康太先生には同研究科に御在職の折にはコウノトリとカエルの生態や調査方法について御助言いただきました。上記の方々をはじめ、同研究科の教員・事務員・職員・学生の皆様、豊岡市役所コウノトリ共生部、豊岡市立コウノトリ文化館、及び兵庫県立コウノトリの郷公園の職員の皆様には多大なご協力をいただきました。

野外調査の実施にあたりましては、祥雲寺営農組合、百合地営農組合、中谷農事組合、成田市雄氏、稲葉哲郎氏ほか農業生産者の皆様にご協力をいただきました。また、JA たじま、但馬地域の農業生産者の皆様にはアンケート調査にご協力いただきました。御多忙な中でアンケートの実施と回答に貴重な時間を割いていただき真にありがとうございます。厚く御礼申し上げます。

上記の皆様の御支援と御指導なしでは本研究を完成させることはできませんでした。この場を借りてここに厚く御礼申し上げます。

最後に、私を支え続けてくれた妻と子供達に心より感謝します。

月和君、朝陽君、ありがとう。

2024年2月

福島庸介

## 引用文献

### References

- Ahnström, J., Höckert, J., Bergeå, H.L., Francis, C.A., Skelton, P. & Hallgren, L. 2009. Farmers and nature conservation: What is known about attitudes, context factors and actions affecting conservation? *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24(1), 38–47.
- 合田 素行. 1996. 日本における環境保全型農業の現状とその可能性. *農業経済研究* 68, 88–96.
- Alford, R.A. 2011. Bleak future for amphibians. *Nature* 480, 461–462
- Anderson, J.R. & Feder, G. 2004. Agricultural extension: Good intentions and hard realities. *World Bank Research Observer*, 19(1), 41–60.
- 在原 克之・小山 豊. 2002. 水稲の表層代かき同時移植栽培における冬雑草の防除法. *千葉農総研研報* 1, 55–62.
- Baker, N.J., Bancroft, B.A. & Garcia, T.S. 2013. A meta-analysis of the effects of pesticides and fertilizers on survival and growth of amphibians. *Science of The Total Environment* 449, 150–156.
- Bartoń, K. 2020. MuMIn: Multi-model inference (Version 1.47. 1). <https://cran.r-project.org/web/packages/MuMIn/index.html> (accessed 2 February 2023).
- Batáry, P., Dicks, L.V., Kleijn, D. & Sutherland, W.J. 2015. The role of agri-environment schemes in conservation and environmental management. *Conservation Biology* 29, 1006–1016.
- Cary, J.W. & Wilkinson, R.L. 1997. Perceived Profitability and Farmers' Conservation Behaviour. *Journal of Agricultural Economics* 48, 13–21.
- Chouinard, H.H., Paterson, T., Wandschneider, P.R. & Ohler, A.M. 2008. Will Farmers Trade Profits for Stewardship? Heterogeneous Motivations for Farm Practice Selection. *Land Economics* 84, 66–82.
- Convention on Wetlands Secretariat, 2023. Wetlands of International Importance. <https://www.ramsar.org/about/our-mission/wetlands-international-importance> (accessed 1 October 2023).
- Cortet, J., Ronce, D., Poinso-Balaguer, N., Beaufreton, C., Chabert, A., Viaux, P. & Paulo Cancela de Fonseca, J. 2002. Impacts of different agricultural practices on the biodiversity of microarthropod communities in arable crop systems. *European Journal of Soil Biology* 38, 239–244.
- 出口 由依・畠山 武道・嶋田 英作. 2011. 水田に生息する生物種の現状. *麻布大学雑誌* 29–34.
- Denny, P. 1994. Biodiversity and wetlands. *Wetlands Ecology and Management* 3, 55–611.
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E., Guèze, M., Agard, J., Arneeth, A., Balvanera, P., Brauman,

- K., Butchart, S., Chan, K., Garibaldi, L., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S., Midgley, G., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., Polasky, S., Purvis, A., Razaque, J., Reyers, B., Chowdhury, R., Shin, Y., Visseren-Hamakers, I., Willis, K. & Zayas, C. 2019. Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. IPBES.
- Dolnicar, S., Grün, B. & Leisch, F. (eds). 2018. Market Segmentation Analysis, Management for Professionals. Springer Singapore, Singapore.
- D'souza, G., Cyphers, D. & Phipps, T. 1993. Factors Affecting the Adoption of Sustainable Agricultural Practices. *Agricultural and Resource Economics Review* 22, 159–165.
- Dudley, N. & Alexander, S. 2017. Agriculture and biodiversity: a review. *Biodiversity* 18, 45–49.
- European Union. 2001. Biodiversity Action Plan for Agriculture. UNEP Law and Environment Assistance Platform. <https://leap.unep.org/countries/eu/national-legislation/biodiversity-action-plan-agriculture> (accessed 1 October 2023).
- Ezaki, Y., Ohsako, Y. & Yamagishi, S. 2013. Re-introduction of the oriental white stork for coexistence with humans in Japan. In: Soorae P.S. ed. *Global Re-introduction Perspectives: 2013. Further case studies from around the globe*. IUCN/SSC Re-introduction Specialist Group & Environment Agency-ABU DHABI, 85–89.
- Field, A. & Hole, G.J. 2003. *How to Design and Report Experiments*. Sage Publications Ltd., Newbury Park.
- Fujioka, M. & Lane, S.J. 1997. The impact of changing irrigation practices in rice fields on frog populations of the Kanto Plain, central Japan. *Ecological Research* 12, 101–108.
- Greiner, R., Patterson, L., Miller, O., 2009. Motivations, risk perceptions and adoption of conservation practices by farmers. *Agricultural Systems* 99, 86–104.
- Greiner, R. & Gregg, D. 2011. Farmers' intrinsic motivations, barriers to the adoption of conservation practices and effectiveness of policy instruments: Empirical evidence from northern Australia. *Land Use Policy* 28, 257–265.
- Hall, T.J., Dennis, J.H., Lopez, R.G. & Marshall, M.I. 2009. Factors affecting growers' willingness to adopt sustainable floriculture practices. *HortScience* 44(5), 1346–1351.
- Halliday, T.R. 2008. Why amphibians are important. *Int Zoo Yearbook* 42, 7–14.
- Hammes, V., Eggers, M., Isselstein, J. & Kayser, M. 2016. The attitude of grassland farmers towards nature conservation and agri-environment measures—A survey-based analysis. *Land Use Policy* 59, 528–535.
- 長谷川 雅美・草野 保・福山 欣司, 2000. 日本における両生類個体群減少の認識過程. 千葉中央博自然研究報告 特別号, 1–7.
- 長谷川 雅美. 2003. 農業土木技術者のための生き物調査(その 8) 一両生類調査法一. 農業土



- 木学会誌 71, 57–62.
- 林 健一・佐藤 寛, 2015. 日本のラムサール条約湿地の特徴と課題. 中央学院大学社会システム研究所紀要 15, 13–29.
- Hermoso, V., Carvalho, S.B., Giakoumi, S., Goldsborough, D., Katsanevakis, S., Leontiou, S., Markantonatou, V., Rumes, B., Vogiatzakis, I.N. & Yates, K.L. 2022. The EU Biodiversity Strategy for 2030: Opportunities and challenges on the path towards biodiversity recovery. *Environmental Science & Policy* 127, 263–271.
- 日鷹 一雅. 1998. 低湿地生態系の保護：中池見湿地を中心に 水田における生物多様性保全と環境修復型農法. 日本生態学会誌 48, 167–178.
- Hill MO. 1979. TWINSPAN: a fortran program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Cornell University Press, New York.
- Hill MO & Gauch HG Jr. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. *Vegetation* 42, 47–58.
- 平井 利明. 2006. 畦畔の締め固めがカエル類に及ぼす影響：塩ビパイプ製退避場所の設置はニホンアマガエルの生息密度を回復させるか？ 日本応用動物昆虫学会誌 50, 331–335.
- Hirai, T. & Matsui, M. 1999. Feeding habits of the pond frog, *Rana nigromaculata*, inhabiting rice fields in Kyoto, Japan. *Copeia* 1999(4), 940–947.
- Hirai, T. & Matsui, M. 2001. Food habits of an endangered Japanese frog, *Rana porosa brevipoda*. *Ecological Research* 16, 737–743.
- 本田 裕子. 2016. コウノトリ野生復帰事業による放鳥後 10 年間にみられる 農業者・非農業者の意識. 農村計画学会誌, 35, 241–246.
- 兵庫県. 2019. 「コウノトリ育む農法」とは. 兵庫県.  
[https://web.pref.hyogo.lg.jp/org/toyookanorin/kounotori\\_hagukumu\\_nouho.html](https://web.pref.hyogo.lg.jp/org/toyookanorin/kounotori_hagukumu_nouho.html) (参照 2023 年 6 月 22 日).
- 兵庫県. 2021a. ひょうご農林水産ビジョン 2030.  
[https://web.pref.hyogo.lg.jp/nk02/documents/01\\_hyoushi-1shou-5shou.pdf](https://web.pref.hyogo.lg.jp/nk02/documents/01_hyoushi-1shou-5shou.pdf) (参照 2023 年 6 月 27 日).
- 兵庫県, 2021b. 但馬地域アクションプラン.  
<https://web.pref.hyogo.lg.jp/nk02/tiikiactionplan.html>(参照 2023 年 6 月 27 日).
- 兵庫県. 2022. 「コウノトリ育む農法」とは：育て方の概要 【令和元年 8 月改訂】 ※ただし、令和 2 年産の栽培から適用.  
[https://web.pref.hyogo.lg.jp/org/toyookanorin/kounotori\\_hagukumu\\_nouho.html](https://web.pref.hyogo.lg.jp/org/toyookanorin/kounotori_hagukumu_nouho.html) (参照 2023 年 3 月 26 日).
- 兵庫県, 2023a. 環境保全型農業直接支払交付金. 兵庫県.  
<https://web.pref.hyogo.lg.jp/nk09/kankyou-koufukin.html> (参照 2023 年 6 月 27 日).

- 兵庫県, 2023b. 但馬県民局 豊岡農業改良普及センター:業務内容. 兵庫県.  
<https://web.pref.hyogo.lg.jp/org/toyookanogyo/index.html> (参照 2023 年 6 月 27 日)
- 兵庫県立人と自然の博物館, 2023. 兵庫県のカエル. <https://www.hitohaku.jp/material/1-material/frog/index3.html> (参照 2023 年 5 月 7 日).
- 兵庫県立農林水産技術総合センター. 2010. 特集 コウノトリ育む農法の取り組み, ひょうごの農林水産技術 農業編-No.168.
- 石川県津幡町. 2023. 津幡町の鳥ハクチョウ飛来促進に関する奨励金. 石川県津幡町.  
<https://www.town.tsubata.lg.jp/division/kikaku/swan.html> (参照 2023 年 9 月 30 日).
- 伊藤 貴庸・中山 祐一郎・山口 裕文. 1999. 伝統的畦畔と基盤整備畦畔における植生構造とその変遷過程. 雑草研究 44, 329–340.
- 稲葉 光圀. 1999. 抑草法の選択と組み合わせ方. 民間稲作研究所 (編) 除草剤を使わないイネづくり: 20 種類の抑草法の選び方・組み合わせ方. 農山漁村文化協会, pp. 29–62.
- JA たじま. 2023a. 部会紹介/ガイドライン/コウノトリ育むお米 (減農薬). <https://www.ja-tajima.or.jp/agricultural/guideline/cat445/cat422/> (参照 2023 年 7 月 7 日).
- JA たじま. 2023b. ふるさと但馬 (たじま) 米/ガイドライン. <https://www.ja-tajima.or.jp/agricultural/guideline/cat449/ja/> (参照 2023 年 8 月 29 日).
- JA 全農大阪. 2023. 【営農通信 21】 水稲栽培で使用する除草剤について. JA 全農大阪.  
<https://www.zennoh.or.jp/os/> (参照 2023 年 7 月 7 日).
- JCPA 農薬工業会. 2021. RAC コード別農薬名 (有効成分名・商品名) 一覧: 日本における農業用殺虫剤の作用機構. JCPA 農薬工業会.
- JCPA 農薬工業会. 2022a. RAC コード別農薬名 (有効成分名・商品名) 一覧: 除草剤 (HRAC) 2022 年 1 月版.
- JCPA 農薬工業会. 2022b. FRAC コード表日本版 (2022 年 5 月). JCPA 農薬工業会.
- Jepson, P. & Barua, M. 2015. A Theory of Flagship Species Action. *Conservation and Society* 13, 95–104.
- 嘉田 良平. 1993. 環境保全型農業の課題と方向. *日本農薬学会誌* 18, S201–S206.
- 嘉田 良平. 1999. 環境保全型農業への転換と農村環境整備の方向. *環境技術* 28, 228–234.
- Kaine, G., Bewsell, D., Boland, A. & Linehan, C. 2005. Using market research to understand the adoption of irrigation management strategies in the stone and pome fruit industry. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 45, 1181.
- 金子 是久・中村 俊彦. 2009. 冬期湛水が水田雑草に及ぼす影響. *景観生態学* 14, 67–72.
- 環境省. 2010. 蕪栗沼のふゆみずたんぼ. 生態系サービスへの支払い (PES) ～日本の優良事例の紹介～.  
<https://www.biodic.go.jp/biodiversity/shiraberu/policy/pes/satotisatoyama/satotisatoyama01.html> (参照 2023 年 9 月 30 日).
- 環境省. 2014. 日本全国の生きもの米の情報 (参考資料 5) 平成 26 年度 ツシマヤマネコ保

- 護増殖事業の経済価値評価に関する検討会（H26.3.11） .  
<https://www.biodic.go.jp/biodiversity/activity/policy/valuation/download.html> (参照  
2023年10月16日).
- 環境省. 2020. 環境省レッドリスト 2020. <http://www.env.go.jp/press/107905.html> (参照  
2023年2月2日)
- Katayama, N., Osada, Y., Mashiko, M., Baba, Y.G., Tanaka, K., Kusumoto, Y., Okubo, S., Ikeda,  
H. & Natuhara, Y. 2019. Organic farming and associated management practices benefit  
multiple wildlife taxa: A large-scale field study in rice paddy landscapes. *Journal of  
Applied Ecology* 56, 1970–1981.
- Kats, L.B. & Ferrer, R.P. 2003. Alien predators and amphibian declines: review of two decades  
of science and the transition to conservation. *Diversity and Distributions* 9, 99–110.
- 川嶋 一将. 2007. 水路蓋の設置によるカエル類の移動障害の軽減. *農業土木学会誌* 75, 506-  
507.
- 風野 光. 1995. 環境保全型農業生産技術の現状と展望. *農林水産技術研究ジャーナル* 18, 7-  
10.
- Khatiwada, JR., Ghimire, S., Khatiwada, SP., Paudel, B., Bischof, R., Jiang, J. & Haugaasen,  
T. 2016. Frogs as potential biological control agents in the rice fields of Chitwan, Nepal.  
*Agriculture, Ecosystems & Environment* 230, 307–314.
- 菊地 直樹. 2012. 兵庫県豊岡市における「コウノトリ育む農法」に取り組む農業者に対す  
る聞き取り調査報告. *野生復帰* 2 103–119.
- 菊地 直樹・豊田光世. 2021. 兵庫県豊岡市「コウノトリ育む農法」参加農家を対象としたア  
ンケート報告. *野生復帰* 11–21.
- Kim, JO., Lee, SH. & Jang, KS. 2011. Efforts to improve biodiversity in paddy field ecosystem  
of South Korea. *Reintroduction* 1, 25–30.
- Kingsford, R.T., Basset, A. & Jackson, L. 2016. Wetlands: conservation's poor cousins.  
*Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 26, 892–916.
- 桐谷 圭治, 2010. 田んぼの生きもの全種リスト 改訂版. 生物多様性農業支援センター.  
工藤 洋. 2017. 日本産アブラナ科タネツケバナ属雑草の生物学. *雑草研究* 62, 175–183.
- 胡 柏. 2006. 環境保全型農業関連事業の政策効果分析. *農業経済研究* 77.
- 後藤 直人・伊藤 明・大庭 伸也. 2011. 広島県尾道市御調町の中山間地谷津田地域における  
トノサマガエル *Rana nigromaculata* の生息場所利用. *環境動物昆虫学会誌* 22, 129–138.
- Lanz, B., Dietz, S. & Swanson, T. 2018. The Expansion of Modern Agriculture and Global  
Biodiversity Decline: An Integrated Assessment. *Ecological Economics* 144, 260–277.
- Laurance, W.F., Sayer, J. & Cassman, K.G. 2014. Agricultural expansion and its impacts on  
tropical nature. *Trends in Ecology & Evolution* 29, 107–116.
- 前田 憲男・松井 正文. 1999. 日本カエル図鑑 (改訂版) . 文一総合出版, 東京.

- 前野 正博・上野 秀治. 2009. カエル類の移動経路確保に配慮した水路工法の検討. 福井農試研究報告 46, 43–49.
- Magnusson, A., Skaug, H., Nielsen, A., Berg, C., Kristensen, K., Maechler, M., van Benthem, K., Bolker, B. & Brooks, M. 2017. glmmTMB: Generalized Linear Mixed Models using Template Model Builder. R package version 0.1.3. <https://github.com/glmmTMB> (accessed 2 February 2023).
- 松井 正文・関 慎太郎. 2008. カエル・サンショウウオ・イモリのオタマジャクシハンドブック. 文一総合出版.
- 松村 俊和. 2001. 整備方法の違いが水田畦畔法面植生に与える影響. ランドスケープ研究 65, 595–598.
- McCune B & Grace JB. 2002. Analysis of ecological communities. MjM software design, Glenden Beach.
- McLaughlin, A. & Mineau, P. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 55, 201–212.
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC.
- 嶺田 拓也・栗田 英治・石田 憲治. 2004. 水田冬期湛水における営農効果と多面的機能. 農村計画学会誌 23, 61–66.
- Moschitz, H., Muller, A., Kretzschmar, U., Haller, L., de Porrás, M., Pfeifer, C., Oehen, B., Willer, H. & Stolz, H. 2021. How can the EU Farm to Fork strategy deliver on its organic promises? Some critical reflections. *EuroChoices* 20, 30–36.
- 村上 裕・大澤 啓志. 2008. 水稻の栽培型がトノサマガエルとヌマガエルの分布に与える影響. 保全生態学研究 13, 187–198.
- 内藤 和明・福島 庸介・田和 康太・丸山 勇氣・佐川 志朗. 2020. 豊岡盆地の水田におけるコウノトリ育む農法の生物多様性保全効果. 日本生態学会誌 70, 217–230.
- 内藤 和明・池田 啓. 2000. コウノトリの郷を創る. ランドスケープ研究 64, 318–321.
- 内藤 和明・菊地 直樹・池田 啓. 2011. コウノトリの再導入: IUCN ガイドラインに基づく放鳥の準備と環境修復. 保全生態学研究 16, 181–193.
- 内藤 和明・佐川 志朗. 2014. コウノトリ育む農法実施水田における植物群落の特徴 (予報). 野生復帰 3, 51–55.
- Naito, K., Sagawa, S. & Ohsako, Y. 2014. Using Oriental white stork as an indicator species for farmland restoration. In: Miyashita T, Usio N (ed) *Social-ecological Restoration in Paddy-dominated Landscapes*. Springer, Netherlands, pp 123–138.
- Natuhara, Y. 2013. Ecosystem services by paddy fields as substitutes of natural wetlands in Japan. *Ecological engineering* 56, 97–106.
- 西川 潮. 2015. 佐渡世界農業遺産における生物共生農法への取り組み効果(<特集>生物多様

- 性に配慮した水田の自然再生). 日本生態学会誌 65, 269–277.
- 西村 いつき. 2012. コウノトリ育む農法の実践者の主体形成過程: ライフストーリーによる可視化の試み. 神戸大学大学院人間発達環境学研究科研究紀要 6, 19–28.
- 西村 いつき・江崎 保男. 2019. コウノトリ育む農法の確立—野生復帰を支える農業を目指して—. 日本鳥学会誌 68, 217–231.
- 日本雑草学会. 2020. 除草剤および植物調節剤のリスト (第 2 版). 農薬名リスト. [https://wssj.jp/academic/nouyaku\\_list.php](https://wssj.jp/academic/nouyaku_list.php) (参照 2023 年 7 月 8 日).
- 農研機構. 2023. 殺草スペクトル. 農業技術事典 NAROPEDIA: ルーラル電子図書館. URL <https://lib.ruralnet.or.jp/nrpd/#koumoku=12012> (参照 2023 年 7 月 7 日).
- 農文協. 2021. 今さら聞けない除草剤の話きほんのき. 農山漁村文化協会.
- 農林水産省. 2007. 農林水産省生物多様性戦略. [https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/c\\_bd/bds\\_maff/](https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/c_bd/bds_maff/) (参照 2023 年 6 月 27 日).
- 農林水産省. 2010. 生きものマークガイドブック: 考えてみませんか? 私たちと生きものたちのつながり. 農林水産省大臣官房政策課環境政策室.
- 農林水産省. 2015. 協同農業普及事業の実施についての考え方 (ガイドライン). <https://www.maff.go.jp/j/seisan/gizyutu/hukyu/attach/pdf/index-5.pdf> (参照 2023 年 6 月 27 日).
- 農林水産省. 2020. 食料・農業・農村基本計画 (令和 2 年 3 月 31 日 閣議決定) [https://www.maff.go.jp/j/keikaku/k\\_aratana/](https://www.maff.go.jp/j/keikaku/k_aratana/) (参照 2023 年 9 月 4 日).
- 農林水産省. 2023a. 環境保全型農業直接支払交付金について. [https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/kakyou\\_chokubarai/attach/pdf/mainp-96.pdf](https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/kakyou_chokubarai/attach/pdf/mainp-96.pdf) (参照 2023 年 6 月 27 日).
- 農林水産省. 2023b. 普及事業関係法令等: 農林水産省. [https://www.maff.go.jp/j/seisan/gizyutu/hukyu/h\\_tuti/](https://www.maff.go.jp/j/seisan/gizyutu/hukyu/h_tuti/) (参照 2023 年 6 月 27 日).
- 農林水産省北陸農政局. 2023. 環境保全型農業 (みどりの食料システム戦略関係), <https://www.maff.go.jp/hokuriku/seisan/kankyo/index.html> (参照 2023 年 2 月 24 日).
- 野口 勝可. 1992. 栽培技術の変遷に伴う雑草群落の変化—田畑輪換—. 雑草研究 37, 1–7.
- 野口 勝可・森田 弘彦・竹下 孝史. 2006. 除草剤便覧 (第 2 版) 選び方と使い方. 農山漁村文化協会.
- 野村 久子・矢部 光保. 2007. 日本型環境支払に対する農家の受容行動. 農業経営研究 45, 1–11.
- Norris, K. 2008. Agriculture and biodiversity conservation: opportunity knocks. Conservation Letters 1, 2–11.
- NPO 法人 野生動物調査協会・NPO 法人 Envision 環境保全事務所, 2021. 日本のレッドデ

- ータ検索システム. <http://jpnrd.com/index.html>(参照 2023 年 9 月 30 日).
- OECD. 2019. Biodiversity: Finance and the Economic and Business Case for Action. [https://www.oecd-ilibrary.org/environment/biodiversity-finance-and-the-economic-and-business-case-for-action\\_a3147942-en](https://www.oecd-ilibrary.org/environment/biodiversity-finance-and-the-economic-and-business-case-for-action_a3147942-en) (accessed 21 October 2023).
- 大窪 久美子・前中 久行. 1995. 基盤整備が畦畔草地群落に及ぼす影響と農業生態系での畦畔草地の位置づけ. *ランドスケープ研究* 58, 109-112.
- 大河内 勇. 2001. 持続可能な森林管理のためにモニタリングすべき森林性の両生爬虫類を専門家へのアンケートで選び出す. *爬虫両棲類学会報* 2001, 12-16.
- 大澤 啓志. 2014. 孤立的な水田におけるトウキョウダルマガエルの畦畔利用から見る生息要因についての考察. *農村計画学会誌* 33, 293-298.
- 大澤 啓志. 2017. 農村ランドスケープにおける両生類の特徴と農村計画. *農村計画学会誌* 35, 473-476.
- 大澤 啓志・勝野 武彦. 2001. 扇状地水田地帯における水田の地形分類とカエル類の分布に関する研究. *農村計画学会誌* 19, 280-288.
- 大坪 史人・河口 洋一・田代 優秋・豊田 光世. 2019. 環境保全型農業における販売実態とブランド戦略. *農業市場研究* 28, 26-33.
- 大谷 雅人・出口 詩乃・西廣 淳・鷺谷 いづみ. 2013. 岩手県一関市内「久保川イーハトーブ」自然再生事業地における水田畦畔の維管束植物相の特徴と規定要因. *保全生態学研究* 18, 167-185.
- 大沼 あゆみ・山本 雅資. 2009. 兵庫県豊岡市におけるコウノトリ野生復帰をめぐる経済分析: コウノトリ育む農法の経済的背景とコウノトリ野生復帰がもたらす地域経済への効果. *三田学会雑誌* 102, 191(3)-211(23).
- 大山 利男. 2006. 環境保全型農業の新展開. *フードシステム研究* 13, 10-21.
- 大山 利男. 2007. 環境保全型農業の推進と表示・認証システムの課題. *農業および園芸* 82, 169-176.
- Pandian, T.J. & Marian, M.P. 1986. Production and utilization of frogs: an ecological view. *Proceedings: Animal Sciences* 95, 289-301.
- Pannell, D.J., Marshall, G.R., Barr, N., Curtis, A., Vanclay, F., Wilkinson, R., Pannell, D.J., Marshall, G.R., Barr, N., Curtis, A., Vanclay, F. & Wilkinson, R. 2006. Understanding and promoting adoption of conservation practices by rural landholders. *Australian journal of experimental agriculture* 46, 1407-1424.
- Plieninger, T., Schleyer, C., Schaich, H., Ohnesorge, B., Gerdes, H., Hernández-Morcillo, M. & Bieling, C. 2012. Mainstreaming ecosystem services through reformed European agricultural policies. *Conservation Letters* 5, 281-288.
- Power, A.G. 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365, 2959-2971.

- Pretty, J., Brett, C., Gee, D., Hine, R., Mason, C., Morison, J., Rayment, M., Van Der Bijl, G. & Dobbs, T. 2001. Policy Challenges and Priorities for Internalizing the Externalities of Modern Agriculture. *Journal of Environmental Planning and Management* 44, 263–283.
- Prokopy, L.S., Floress, K., Arbuckle, J.G., Church, S.P., Eanes, F.R., Gao, Y., Gramig, B.M., Ranjan, P. & Singh, A.S. 2019. Adoption of agricultural conservation practices in the United States: Evidence from 35 years of quantitative literature. *Journal of Soil and Water Conservation* 74, 520–534.
- R Development Core Team. 2022. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.r-project.org/> (accessed 2 February 2023).
- Ridgley, A.-M. & Brush, S. 1992. Social Factors and Selective Technology Adoption: The Case of Integrated Pest Management. *Human Organization* 51, 367–378.
- Rowley, J., Brown, R., Bain, R., Kusriani, M., Inger, R., Stuart, B., Wogan, G., Thy, N., Chand, T., Trung, CT. & Diesmos, A. 2010. Impending conservation crisis for Southeast Asian amphibians. *Biology letters* 6, 336–338.
- 佐合 隆一. 2007. 雑草防除から「理想的」植生管理へ. *雑草研究* 52, 78–82.
- 佐藤 太郎・東 淳樹. 2004. 扇状地水田におけるカエル類の生息量と畦畔環境との対応関係. *ランドスケープ研究* 67, 519–522.
- 佐野 誠・篠原 正典. 2012. カエル類 7 種における繁殖生態と食性の関係性について. *帝京科学大学紀要* 8, 101–111.
- 更科 美帆・義久 侑平・吉田 剛司. 2011. 札幌市の都市緑地に生息する国内外来種トノサマガエル (*Rana nigromaculata*) が捕食した動物について. *酪農学園大学紀要自然科学編* 36, 81–86.
- Schwarz, I., McRae-Williams, P. & Park, D. 2009. Identifying and utilising a farmer typology for targeted practice change programs: A case study of changing water supply in the Wimmera Mallee. *Extension Farming Systems Journal* 5, 33–42.
- 生物多様性センター. 2017. 第 6 回・第 7 回自然環境保全基礎調査植生調査. URL [https://www.biodic.go.jp/kiso/vg/vg\\_kiso.html#mainText](https://www.biodic.go.jp/kiso/vg/vg_kiso.html#mainText) (参照 2023 年 6 月 22 日).
- 関 慎太郎, 2021. 野外観察のための日本産両生類図鑑: 第 3 番. 緑書房.
- 関家 昌志. 2009. 地域らしさの経済効果: コウノトリ育む農法を通じて. *KGPS review: Kwansai Gakuin policy studies review* 11, 49–63.
- Shimada, T., Matsui, M., Ogata, M., Miura, I., Tange., M., Min, M-S. & Eto, K. 2022. Genetic and morphological variation analyses of *Glandirana rugosa* with description of a new species (Anura, Ranidae). *Zootaxa* 5174, 25–45.
- Shuman-Goodier, ME., Diaz, MI., Almazan, ML., Singleton, GR., Hadi, BA. & Propper, CR.

2019. Ecosystem hero and villain: Native frog consumes rice pests, while the invasive cane toad feasts on beneficial arthropods. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 279, 100–108.
- 篠原 望. 2007. トノサマガエルの章. 内山りゅう編 今、絶滅の恐れがある水辺の生き物たち. 山と溪谷社, pp. 81–106.
- Soule, M.J. 2001. Soil Management and the Farm Typology: Do Small Family Farms Manage Soil and Nutrient Resources Differently than Large Family Farms? *Agricultural and Resource Economics Review* 30, 179–188.
- 須藤 健一. 2022. 兵庫県における水田雑草の発生実態とその長期変遷の解明. *雑草研究* 67, 78–85.
- 須藤 健一・藤澤 満彦・青山 喜典・澤田 富雄・鍋谷 敏明. 2008. 「コウノトリ育む農法」における除草法の違いが雑草発生量と動物相に及ぼす影響(日本作物学会中国支部講演会). *日本作物学会中国支部研究集録* 49, 12–13.
- 須藤 健一・澤田 富雄・鍋谷 敏明・山元 義久・戸田 一也・榎本 拓司. 2012. 兵庫県但馬地域における「コウノトリ育む農法」と標準農法との収量比較(一般講演, 日本作物学会中国支部講演会), in: *日本作物学会中国支部研究集録*. pp. 27–28.
- 鈴木 圭太・大窪 久美子・澤島 拓夫. 2002. 長野県伊那盆地におけるダルマガエルの生息状況とカエル類生息地としての水田の現状. *ランドスケープ研究* 65, 517–522.
- 田中 淳志・林 岳. 2010. 農業生産における生物多様性保全の取組と生きものマーク農産物. *農林水産政策研究所環境プロジェクト研究資料* 2, 1–50.
- 田中 淳志・大石 卓史. 2017. 生物多様性ブランド農産物の販売状況と今後の展望. *農村計画学会誌* 35, 492–495.
- 田中 研一・狩野 幹夫. 2002. 水稻の千鳥密植・深水管理による無除草剤栽培. *雑草研究* 47, 122–123.
- 田和 康太・佐川 志朗. 2017. 兵庫県豊岡市祥雲寺地区の水田域とビオトープ域におけるカエル目の繁殖場所. *野生復帰 = Reintroduction / 野生復帰編集委員会 編* 5, 29–38.
- 田和 康太・佐川 志朗・内藤 和明. 2016. 9年間のモニタリングデータに基づく野外コウノトリ *Ciconia boyciana* の食性. *野生復帰 = Reintroduction / 野生復帰編集委員会 編* 4, 75–86.
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R. & Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–677.
- Tissier, M.L., Kletty, F., Handrich, Y. & Habel, C. 2018. Monocultural sowing in mesocosms decreases the species richness of weeds and invertebrates and critically reduces the fitness of the endangered European hamster. *Oecologia* 186, 589–599.
- 豊岡市. 2022. 2022年度コウノトリ育む農法水稲作付の実績.  
[https://www.city.toyooka.lg.jp/\\_res/projects/default\\_project/\\_page\\_/001/024/231/20](https://www.city.toyooka.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/024/231/20)



- 2212-2.pdf (参照 2023 年 10 月 16 日)
- 豊岡市コウノトリ共生課. 2020. コウノトリと共に生きていく.  
[https://japan.wetlands.org/wp-content/uploads/sites/7/dlm\\_uploads/2020/01/WWD2020\\_Miyagaki.pdf](https://japan.wetlands.org/wp-content/uploads/sites/7/dlm_uploads/2020/01/WWD2020_Miyagaki.pdf). (参照 2023 年 2 月 2 日).
- Trujillo-Barrera, A., Pennings, J.M.E. & Hofenk, D. 2016. Understanding producers' motives for adopting sustainable practices: The role of expected rewards, risk perception and risk tolerance. *European Review of Agricultural Economics* 43, 359–382.
- 上西 良廣. 2018. 地域ブランド化を利用した新技術の評価と普及に関する研究 -コウノトリ育む農法を事例として-. 九州沖縄農研農業経営研究資料, 5–20.
- Upadhaya, S., Arbuckle, J.G. & Schulte, L.A. 2021. Developing farmer typologies to inform conservation outreach in agricultural landscapes. *Land Use Policy* 101, 105157.
- Vanclay, J. 2005. Using a typology of tree-growers to guide forestry extension. *Annals of Tropical Research* 27, 97–103.
- Vanclay, F. & Lawrence, G. 1994. Farmer rationality and the adoption of environmentally sound practices; A critique of the assumptions of traditional agricultural extension. *European Journal of Agricultural Education and Extension*.
- Varah, A., Jones, H., Smith, J. & Potts, S.G. 2013. Enhanced biodiversity and pollination in UK agroforestry systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 93, 2073–2075.
- Verones, F., Saner, D., Pfister, S., Baisero, D., Rondinini, C. & Hellweg, S. 2013. Effects of consumptive water use on biodiversity in wetlands of international importance. *Environmental science & technology* 47, 12248–12257.
- Wake, DB. & Vredenburg, VT. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105(Suppl 1), 11466–11473
- Withgott, J. 2002. Ubiquitous herbicide emasculates frogs (Amphibian Decline). *Science* 296, 447–449.
- Woodcock, B.A., Isaac, N.J.B., Bullock, J.M., Roy, D.B., Garthwaite, D.G., Crowe, A. & Pywell, R.F. 2016. Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. *Nature Communications* 7, 12459.
- 山口 裕文・梅本 信也・前中 久行. 1998. 伝統的水田と基盤整備水田における畦畔植生. 雑草研究 43, 249–257.
- Yamamuro, M., Komuro, T., Kamiya, H., Kato, T., Hasegawa, H. & Kameda, Y. 2019. Neonicotinoids disrupt aquatic food webs and decrease fishery yields. *Science* 366, 620–623.

- 横山 昌雄. 2011. 水稻除草剤開発の現状と展望. 農林水産技術研究ジャーナル 34, 27-31.
- 吉田 正典・養父 志乃夫・山田 宏之. 2007. 水田におけるカエル類の保全手法に関する研究. 日本緑化工学会誌 33, 284-287.
- Zedler, J.B. 2003. Wetlands at your service: reducing impacts of agriculture at the watershed scale. *Frontiers in Ecology and the Environment* 1, 65-72.
- Zedler, J.B. & Kercher, S. 2005. Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environment and Resources* 30, 39-74.

添付資料

表 A 調査対象圃場に出現した植物種 (種名まで判別したもの)

和名	出現場所	学名	生活形	外来種
アオウキクサ	田面	<i>Lemna aoukikusa</i>	1年草	-
アキノノゲシ	畦畔	<i>Lactuca indica</i>	1年草/多年草	-
アゼナ	田面・畦畔	<i>Lindernia procumbens</i>	1年草	-
アブノメ	田面	<i>Dopatrium junceum</i>	1年草	-
アマチャヅル	畦畔	<i>Gynostemma pentaphyllum</i>	多年草	-
アメリカセンダングサ	畦畔	<i>Bidens frondosa</i>	1年草	外来種
イチョウウキゴケ	田面	<i>Ricciocarpos natans</i>	多年草	-
イヌガラシ	畦畔	<i>Rorippa indica</i>	多年草	-
イヌザンショウ	畦畔	<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	落葉低木	-
イヌタデ	畦畔	<i>Persicaria longisetata</i>	1年草	-
イヌトウバナ	畦畔	<i>Clinopodium micranthum</i> var. <i>micranthum</i>	多年草	-
イヌビエ	田面・畦畔	<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-galli</i>	1年草	-
イヌムギ	畦畔	<i>Bromus catharticus</i>	多年草	外来種
イノコヅチ	畦畔	<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>japonica</i>	多年草	-
イボクサ	田面・畦畔	<i>Murdannia keisak</i>	1年草	-
ウキクサ	田面	<i>Spirodela polyrhiza</i>	多年草	-
ウシハコベ	畦畔	<i>Stellaria aquatica</i>	多年草	-
ウマノアシガタ	畦畔	<i>Ranunculus japonicus</i>	多年草	-
エノキグサ	田面・畦畔	<i>Acalypha australis</i>	1年草	-
エノコロクサ	畦畔	<i>Setaria viridis</i>	1年草	-
アイオオアカウキクサ	田面	<i>Azolla cristata</i> x <i>filiculoides</i>	多年草	外来種
オオアワガエリ	畦畔	<i>Phleum pratense</i>	多年草	外来種
オオスズメノカタビラ	田面・畦畔	<i>Poa trivialis</i>	多年草	-
オオチドメ	田面・畦畔	<i>Hydrocotyle ramiflora</i>	多年草	-
オオツメクサ	畦畔	<i>Spergula arvensis</i> var. <i>sativa</i>	1年草	外来種
オオニシキソウ	畦畔	<i>Chamaesyce nutans</i>	1年草	外来種
オオニワゼキショウ	畦畔	<i>Sisyrinchium angustifolium</i>	多年草	外来種
オオバコ	畦畔	<i>Plantago asiatica</i>	多年草	-
オオマツヨイグサ	畦畔	<i>Oenothera glazioviana</i>	越年草	外来種
オニタビラコ	畦畔	<i>Youngia japonica</i>	1-2年草	-
オキノゲシ	畦畔	<i>Sonchus asper</i>	2年草	外来種
オヒシバ	畦畔	<i>Eleusine indica</i>	1年草	-
オヘビイチゴ	畦畔	<i>Potentilla anemonifolia</i>	多年草	-
オモダカ	田面	<i>Sagittaria trifolia</i>	多年草	-
オランダミミナグサ	畦畔	<i>Cerastium glomeratum</i>	越年草	外来種
カキドオシ	畦畔	<i>Glechoma hederacea</i> ssp. <i>Grandis</i>	多年草	-
カスマグサ	畦畔	<i>Vicia tetrasperma</i>	越年草	-
カゼクサ	畦畔	<i>Eragrostis ferruginea</i>	多年草	-
カタバミ	畦畔	<i>Oxalis corniculata</i>	多年草	-
カモジグサ	畦畔	<i>Elymus tsukushiensis</i> var. <i>transiens</i>	多年草	-

表 A (つづき) 調査対象圃場に出現した植物種 (種名まで判別したもの)

和名	出現場所	学名	生活形	外来種
キカシグサ	田面	<i>Rotala indica</i>	1年草	-
キクモ	田面	<i>Limnophila sessiliflora</i>	多年草	-
ギシギシ	畦畔	<i>Rumex japonicus</i>	多年草	-
キシウスズメノヒエ	田面・畦畔	<i>Paspalum distichum</i>	多年草	外来種
キツネノボタン	畦畔	<i>Ranunculus silerifolius</i> var. <i>glaber</i>	多年草	-
キツネノマゴ	畦畔	<i>Justicia procumbens</i>	1年草	-
キュウリグサ	畦畔	<i>Trigonotis peduncularis</i>	2年草	-
ギョウギシバ	田面・畦畔	<i>Cynodon dactylon</i>	多年草	-
キンエノコロ	畦畔	<i>Setaria pumila</i>	1年草	-
クサイ	畦畔	<i>Juncus tenuis</i>	多年草	-
クサネム	田面・畦畔	<i>Aeschynomene indica</i>	1年草	-
クズ	畦畔	<i>Pueraria lobata</i>	多年草	-
クルマバナ	畦畔	<i>Clinopodium chinense</i> ssp. <i>grandiflorum</i>	多年草	-
クログワイ	田面	<i>Eleocharis kuroguwai</i>	多年草	-
コオニタビラコ	畦畔	<i>Lapsanastrum apogonoides</i>	2年草	-
コケオトギリ	田面・畦畔	<i>Hypericum laxum</i>	多年草	-
コナギ	田面	<i>Monochoria vaginalis</i>	1年草	-
コナスビ	畦畔	<i>Lysimachia japonica</i>	多年草	-
コニシキソウ	畦畔	<i>Chamaesyce maculata</i>	1年草	外来種
コスカグサ	畦畔	<i>Agrostis gigantea</i>	多年草	外来種
コヒルガオ	畦畔	<i>Calystegia hederacea</i>	多年草	-
コブナグサ	畦畔	<i>Arthraxon hispidus</i>	1年草	-
コメツブツメクサ	畦畔	<i>Trifolium dubium</i>	1年草	外来種
コモチマンネングサ	畦畔	<i>Sedum bulbiferum</i>	多年草	-
サクラタデ	畦畔	<i>Persicaria macrantha</i> ssp. <i>conspicua</i>	多年草	-
ザクロソウ	畦畔	<i>Mollugo stricta</i>	1年草	-
シナダレスズメガヤ	畦畔	<i>Eragrostis curvula</i>	多年草	外来種
シバ	畦畔	<i>Zoysia japonica</i>	多年草	-
シバスゲ	畦畔	<i>Carex nervata</i>	多年草	-
シロツメクサ	田面・畦畔	<i>Trifolium repens</i>	多年草	外来種
シロネ	畦畔	<i>Lycopus lucidus</i>	多年草	-
スイバ	畦畔	<i>Rumex acetosa</i>	多年草	-
スギナ	畦畔	<i>Equisetum arvense</i>	多年草	-
ススキ	畦畔	<i>Miscanthus sinensis</i>	多年草	-
スズメノカタビラ	畦畔	<i>Poa annua</i>	1-2年草	-
スズメノテッポウ	畦畔	<i>Alopecurus aequalis</i>	1-2年草	-
スズメノヒエ	畦畔	<i>Paspalum thunbergii</i>	多年草	-
スズメノヤリ	畦畔	<i>Luzula capitata</i>	多年草	-
スベリヒユ	畦畔	<i>Portulaca oleracea</i>	1年草	-
スマレ	畦畔	<i>Viola mandshurica</i>	多年草	-
セイタカアワダチソウ	畦畔	<i>Solidago altissima</i>	多年草	外来種
セイヨウタンポポ	畦畔	<i>Taraxacum officinale</i>	多年草	外来種
セリ	田面・畦畔	<i>Oenanthe javanica</i>	多年草	-

表 A (つづき) 調査対象圃場に出現した植物種 (種名まで判別したもの)

和名	出現場所	学名	生活形	外来種
タカサブロウ	田面・畦畔	<i>Eclipta thermalis</i>	1年草	-
タガラシ	畦畔	<i>Ranunculus sceleratus</i>	2年草	-
タケトアゼナ	田面	<i>Lindernia dubia</i> var. <i>dubia</i> <i>Pennell</i>	1年草	外来種
タチイヌノフグリ	畦畔	<i>Veronica arvensis</i>	2年草	外来種
タネツケバナ	田面・畦畔	<i>Cardamine occulta</i>	越年草	-
チガヤ	畦畔	<i>Imperata cylindrica</i>	多年草	-
チカラシバ	畦畔	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	多年草	-
チョウジタデ	田面・畦畔	<i>Ludwigia epilobioides</i>	1年草	-
ツボスミレ	畦畔	<i>Viola verecunda</i>	多年草	-
ツユクサ	畦畔	<i>Commelina communis</i>	1年草	-
トウバナ	畦畔	<i>Clinopodium gracile</i>	多年草	-
トキワハゼ	田面・畦畔	<i>Mazus pumilus</i>	1年草	-
トキンソウ	田面・畦畔	<i>Centipeda minima</i>	1年草	-
ドクダミ	畦畔	<i>Houttuynia cordata</i>	多年草	-
ナギナタガヤ	畦畔	<i>Vulpia myuros</i>	1-2年草	外来種
ニガナ	田面・畦畔	<i>Ixeridium dentatum</i> ssp. <i>dentatum</i>	多年草	-
ニワゼキショウ	畦畔	<i>Sisyrinchium rosulatum</i>	多年草	外来種
ヌカキビ	畦畔	<i>Panicum bisulcatum</i>	1年草	-
ヌカススキ	畦畔	<i>Aira caryophylla</i>	1年草	外来種
ヌカボ	畦畔	<i>Agrostis clavata</i> ssp. <i>matsumurae</i>	2年草	-
ヌスビトハギ	畦畔	<i>Desmodium podocarpum</i> ssp. <i>oxyphyllum</i> var. <i>japonicum</i>	多年草	-
ネズミムギ	畦畔	<i>Lolium multiflorum</i>	1-2年草	外来種
ノミノフスマ	畦畔	<i>Stellaria uliginosa</i> var. <i>undulata</i>	1-越年草	-
ハキダメソウ	畦畔	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	1年草	外来種
ハコベ	田面・畦畔	<i>Stellaria neglecta</i>	1-越年草	-
ハッカ	畦畔	<i>Mentha canadensis</i> var. <i>piperascens</i>	多年草	-
ハナイバナ	畦畔	<i>Bothriospermum zeylanicum</i>	1-2年草	-
ハナニガナ	畦畔	<i>Ixeris dentata</i> ssp. <i>nipponicum</i> var. <i>albiflora</i> f. <i>ampilifolia</i>	多年草	-
ハハコグサ	畦畔	<i>Gnaphalium affine</i>	1-2年草	-
ヒガンバナ	畦畔	<i>Lycoris radiata</i>	多年草	外来種
ヒデリコ	田面・畦畔	<i>Fimbristylis littoralis</i>	1年草	-
ヒナガヤツリ	田面	<i>Cyperus flaccidus</i>	1年草	-
ヒナタイノコヅチ	畦畔	<i>Achyranthes bidentata</i> var. <i>fauriei</i>	多年草	-
ヒメクグ	畦畔	<i>Cyperus brevifolius</i> var. <i>leiolepis</i>	多年草	-
ヒメコバンソウ	畦畔	<i>Briza minor</i>	1年草	外来種
ヒメジョオン	畦畔	<i>Erigeron annuus</i>	1-2年草	外来種

表 A (つづき) 調査対象圃場に出現した植物種 (種名まで判別したもの)

和名	出現場所	学名	生活形	外来種
ヒメムカシヨモギ	畦畔	<i>Conyza canadensis</i>	2年草	外来種
ブタナ	畦畔	<i>Hypochoeris radicata</i>	多年草	外来種
フタバムグラ	田面・畦畔	<i>Hedyotis brachypoda</i>	1年草	-
ヘクソカズラ	畦畔	<i>Paederia scandens</i>	多年草	-
ヘビイチゴ	畦畔	<i>Potentilla hebiichigo</i>	多年草	-
ホタルイ	田面	<i>Schoenoplectus hotarui</i>	1年草	-
ホトケノザ	畦畔	<i>Lamium amplexicaule</i>	2年草	-
ミズハコベ	田面	<i>Callitriche palustris</i>	1年草	-
ミズワラビ	田面	<i>Ceratopteris thalictroides</i>	1年草	-
ミゾカクシ	田面・畦畔	<i>Lobelia chinensis</i>	多年草	-
ミゾソバ	田面・畦畔	<i>Persicaria thunbergii</i>	1年草	-
ムラサキサギゴケ	畦畔	<i>Mazus miquelii</i>	多年草	-
メヒシバ	畦畔	<i>Digitaria ciliaris</i>	1年草	-
メリケンカルカヤ	畦畔	<i>Andropogon virginicus</i>	多年草	外来種
ヤナギタデ	田面・畦畔	<i>Persicaria hydropiper</i>	1年草	-
ヤハズソウ	畦畔	<i>Kummerowia striata</i>	1年草	-
		<i>Aamphicarpaea bracteata</i>		
ヤブマメ	畦畔	subsp. <i>edgeworthii</i> var. <i>japonica</i>	1年草	-
ヨシ	畦畔	<i>Phragmites australis</i>	多年草	-
ヨツバムグラ	田面	<i>Galium trachyspermum</i>	多年草	-
ヨメナ	畦畔	<i>Aster yomena</i>	多年草	-
ヨモギ	田面・畦畔	<i>Artemisia indica</i> var. <i>maximowiczii</i>	多年草	-