

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)

* 内藤和明^{1,2}・佐川志朗^{1,2}

Preliminary report on the vegetation of paddy field in the White Stork-Friendly Farming Method.

* Kazuaki Naito^{1,2} and Shiro Sagawa^{1,2}

¹ Institute of Natural and Environmental Sciences, University of Hyogo/Hyogo Park of the Oriental White Stork 128, Shounji, Toyooka, Hyogo Pref., 668-0814, Japan

² Present address: Graduate School of Regional Resource Management, University of Hyogo/Hyogo Park of the Oriental White Stork, 128 Shounji, Toyooka, Hyogo Pref., 668-0814, Japan

* E-mail: kaznait@stork.u-hyogo.ac.jp

Abstract We compared plant community and vegetation in paddy fields in two farming methods: “White Stork-Friendly Farming Method” and “Conventional Farming Method” to clarify the ecological effects of environmentally friendly farming method at four sites in central Japan. It was turned out that the number of plant species and the cumulative vegetation coverage of weeds were both larger in “White Stork-Friendly Farming Method” than in “Conventional Farming Method”. Meanwhile, vegetation in paddy fields in “White Stork-Friendly Farming Method” differed largely among sites. This is probably caused by presence/absence of artificial winter flooding and/or difference in serial farmwork by farmers.

Key words *Ciconica boyciana*, Environmentally friendly farming, Paddy field, Weed community

はじめに

環境保全型稲作への取り組みが近年各地で増加している。農林水産省は、生物多様性に配慮した農林水産業の実施と、産物等を活用してのコミュニケーションの取り

組みを「生きものマーク」の取り組みと総称しており、稲作での事例を中心に全国で40件以上が確認されている(農林水産省 2010)。その中には、経済学的な評価が行われているものもあり、波及効果が確かめられている(例えば、大沼・山本 2009)。一方、生物学的あるいは農学的視点から環境保全型稲作の影響や効果を明らかにした研究としては、冬期湛水に焦点を当てたものが多く、ハクチョウ類、カモ類やマガンのねぐらになり得ることを示した研究(山本ほか 2003; 呉地 2007)、湛水に伴う植生変化(金子・中村 2009; Kaneko and Nakamura 2011)やイトミミズ類の量的変化や役割(伊藤ほか 2011)を明らかにした研究などがある。

兵庫県北部の豊岡盆地を中心とした地域では、環境保全型稲作の一種である「コウノトリ育む農法」がおよそ230 haで実施されている。当地は、コウノトリの野生個体群が1970年代まで生息していた地域で、野生個体群が絶滅した後も飼育個体群の維持と繁殖の努力が続けられ、2005年からは再導入による野生個体群の再生が行われている(内藤ほか 2011)。そのため、「コウノトリ育む農法」は先に挙げた「生きものマーク」の代表的な取り組みとして取り上げられる傾向にある。

「コウノトリ育む農法」は、環境への負荷が少なく付加価値のある農作物を生産すると同時に、水田や水路、河川などに生息する小動物を餌とするコウノトリの採餌環境を創出することを念頭に、2003年に栽培体系が確立された農法で、冬期・早期湛水、中干し延期、減農薬あるいは無農薬、有機肥料の使用などを特徴としている(西村 2006)。具体的には、「コウノトリ育む農法」実施圃場では、慣行農法と比較して、田植え前(冬期あるいは早春期)により長い期間湛水状態に置かれる、田植え後の中干し時期が2週間程度遅い、殺虫剤および除草剤の延べ使用回数が4分の1程度(殺虫剤延べ1成分および除草剤延べ3成分の使用)あるいは無農薬の場合は全く使用しない、化学肥料を使用しない、といった違いがあり、慣行農法で栽培されている圃場とは異なった特徴的な植物群落が成立している可能性がある。しかしながら、その違いを定量的に明らかにした研究は数少なく、冬期湛水実施水田での植生を明らかにした例(金子・中村 2009; Kaneko and Nakamura 2011)などにとどまっている。

¹ 兵庫県立大学自然・環境科学研究所/兵庫県立コウノトリの郷公園

668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺128

² 現所属: 兵庫県立大学地域資源マネジメント研究科/兵庫県立コウノトリの郷公園

668-0814 兵庫県豊岡市祥雲寺128

* E-mail: kaznait@stork.u-hyogo.ac.jp

本研究では、農法の違いによる生物群集の特徴を理解する上で基盤となる植物群落の状況を明らかにすることを目的に、「コウノトリ育む農法」が実施されている圃場と慣行農法により耕作されている圃場において植生調査を行い、両者を比較した。

材料と方法

調査地は、兵庫県北部の円山川水系に位置する豊岡市五荘地区、同新田地区、養父市伊佐地区、朝来市与布土地区の計4地区(図1)である。いずれの地区にも環境保全型稲作の一種として「コウノトリ育む農法」が実施されている圃場がある。円山川水系の下流域に位置する五荘地区および新田地区においては、2005年のコウノトリの再導入以降、野外のコウノトリの生息域となっており、コウノトリが地区内の水田やその周辺を採餌場所として利用している。五荘地区においては、2008年、2012年および2013年に、新田地区においては2007年から2013年にかけて毎年、地区内の人工巣塔(コウノトリが営巣できるように設置されたコンクリート製の柱で、頂部に鉄製の円形の台が乗せられている)の上でコウノトリが繁殖している。一方、円山川水系の中流から上流域に位置する伊佐地区および与布土地区では、コウノトリの分布域の拡大を目的に2012年に放鳥拠点が整備され、2013年にコウノトリの幼鳥が野外に放たれた。もっとも両地区においても、2012年以前にも豊岡盆地に由来するコウノトリが飛来し一定期間とどまった履歴はある。

それぞれの地区で、慣行栽培を行っている水田(以下

慣行水田)、および「コウノトリ育む農法」を実施している水田(以下保全型水田)、それぞれ10圃場を選定した。各圃場において、畦畔から1m以上離れた圃場内に1m×1mの調査プロットを3ヶ所設定し、各プロットにおいて、イネおよびその他の維管束植物の種名と被度(%)を記録した。調査は2013年6月中旬から7月上旬に行った。

調査結果を基に、出現種数と被度に対して農法と地区を二元に配置した分散分析を行った。また、出現種の被度を植物社会学的調査(Braun-Blanquet 1964)で使用される階級に変換した数値を用いてDCA(Detrended Correspondence Analysis, Hill and Gauch 1980)によるプロットの序列化、およびTWINSPAN(Hill 1979)によるプロットの分類を行った。これらの解析には、PCORD ver. 5(McCune and Grace 2002)を用いた。

結果

総出現種数は23種で、全てのプロットで出現したイネを除くと、出現頻度が高かった種は、アオウキクサ(出現率18%)、コナギ(16%)、オオアカウキクサ(7%)、キシウズメノヒエ(7%)などであった。なお、オオアカウキクサについては絶滅危惧種とされている在来種ではなく、*Azolla cristata*×*Azolla filiculoides*の可能性はある(鈴木 2005)。プロット当りの平均出現種数は、慣行水田で1.20種(伊佐)~1.73種(新田)、保全型水田で1.97種(伊佐)~2.87種(与布土)であり、同一地区内ではいずれの地区も慣行水田よりも保全型水田のほうが

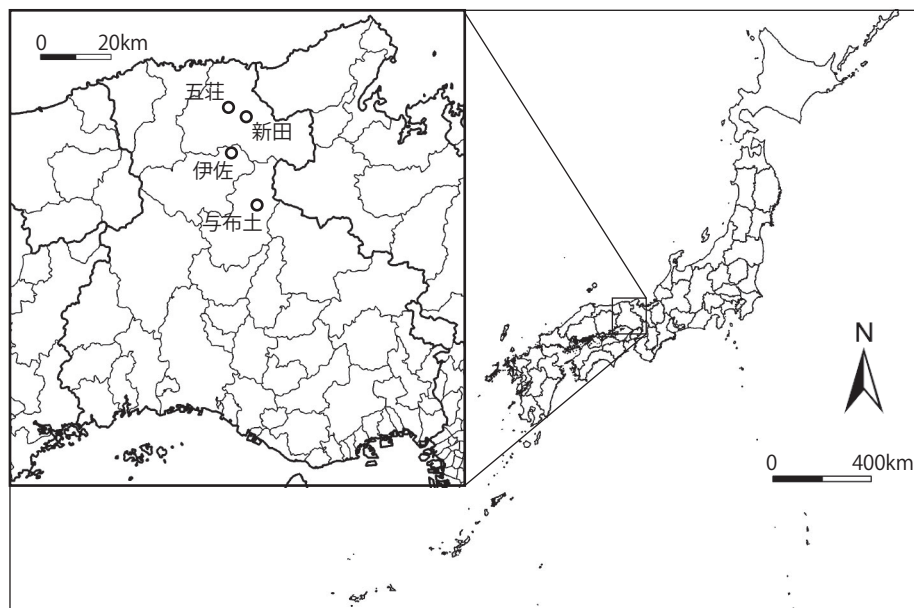


図1. 調査を行った4地区(五荘, 新田, 伊佐, 与布土)の位置。

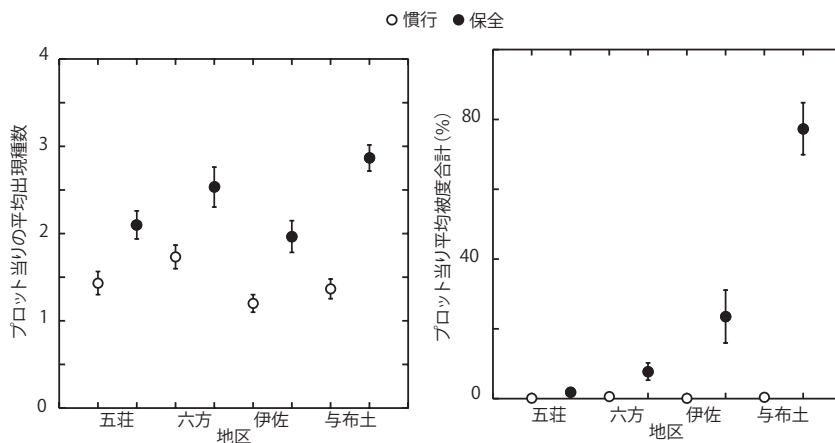


図2. 慣行農法実施水田および保全型農法実施水田におけるプロット当りの出現種数と積算被度。値は平均値と標準誤差を示す（各地区において各農法ともに、N=30）。積算被度は、イネ以外の出現種の被度を合計した値である。

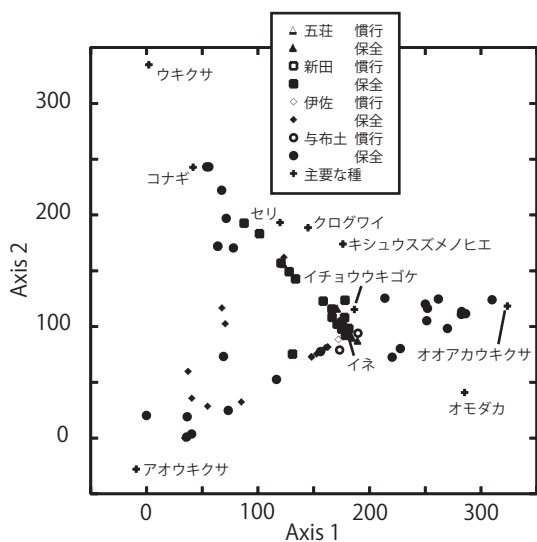


図3. DCA (Detrended correspondence analysis) によるプロットの序列化。出現頻度が高い種のスコアについても合わせて示した。

多く、全体を比較すると農法間の差は有意であった (Two-Way ANOVA, $p < 0.01$) (図2)。

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、慣行水田では0.14% (五荘)~0.63% (新田) でありいずれの地区も1%に満たなかった。保全型水田では、1.84 (五荘)~77.4 (与布土) と地区により大きく異なっていた。全体を比較すると農法間の差は有意であった (Two-Way ANOVA, $p < 0.01$) (図2)。

DCAによるプロットの序列化の結果、慣行水田のプロットのほとんどは中央にまとまって配置された。それらのプロットはイネ以外の出現種がほとんどなく被度も低かった。保全型水田のプロットは、ウキクサとコナギの優占を特徴とするグループ、アオウキクサの優占を特

徴とするグループ、オオアカウキクサの優占を特徴とする3つの典型的なタイプが存在することが明らかになった (図3)。

TWINSPANにより識別されたグループについてみると、慣行水田に設置した120プロットのうち116プロットが最初の分割段階で同一のグループに区分された (図4, 表1)。最終的な区分の結果、18のグループが識別されたが、全体のうち99プロットは同一のグループ (グループID 5) に含まれた。これらはイネ以外の出現種が全くないか、出現していても被度が極めて低いプロットであった。一方、保全型水田に設置したプロットは、どの調査地区においても複数のグループに分散するように区分された。五荘、新田、伊佐の各地区では、それぞれ10以上の保全型水田のプロットが、グループID 5に区分されたのに対して、与布土地区ではグループID 5に区分されたのは3プロットにすぎなかった。さらに、与布土地区においては、他の地区のプロットが含まれないユニークなグループが4つ (グループID 12, 16, 17, および18) 確認された。

考 察

保全型水田の植生に影響する大きな要因として冬期湛水がある。「コウノトリ育む農法」では冬期湛水は必須要件とはなっていないので、地区により実施割合が異なっていた。すなわち、五荘地区では調査した全ての保全型水田で冬期湛水が行われていたが、他の地区では10圃場中5~7圃場での実施にとどまっていた (著者らの現地調査による)。本研究では、保全型水田でのイネ以外の出現種 (以下では水田雑草と表記するが、水田の生物群集

表1. TWINSpanにより識別された各グループに含まれるプロットの農法別および地区別の組成.

グループID	地区	慣行農法				コウノトリ育む農法				計
		五荘	新田	伊佐	与布土	五荘	新田	伊佐	与布土	
1	00	-	-	-	-	1	-	-	3	4
2	01000	-	-	-	-	4	-	-	-	4
3	01001	-	1	-	-	6	2	-	-	9
4	01010	6	10	-	-	7	3	3	-	29
5	01011	24	19	28	28	11	13	14	3	140
6	0110	-	-	-	-	-	4	-	-	4
7	0111	-	-	-	-	-	1	-	-	1
8	10000	-	-	-	-	-	-	2	4	6
9	10001	-	-	2	-	-	-	5	1	8
10	10010	-	-	-	-	-	1	-	-	1
11	10011	-	-	-	-	-	-	5	7	12
12	1010	-	-	-	-	-	-	-	3	3
13	10110	-	-	-	-	-	-	1	-	1
14	10111	-	-	-	-	1	6	-	-	7
15	110	-	-	-	2	-	-	-	1	3
16	11100	-	-	-	-	-	-	-	1	1
17	11101	-	-	-	-	-	-	-	4	4
18	1111	-	-	-	-	-	-	-	3	3
計		30	30	30	30	30	30	30	30	240

に不可欠な要素であるので必ずしも不要な植物を意味してはいない)の被度は五荘地区を除いて高く、出現種数も多いという結果が得られた。

冬期湛水が水田雑草に及ぼす影響を調査した既存の研究では、冬期湛水の結果、出現種数が慣行水田に比較して減少することが示されている(金子・中村 2009)。これは、冬期湛水により水田雑草の発芽や定着が抑制されるためだと推測され、その仕組みとしては、イトミミズ類の増加に伴う水田土壌の攪乱と雑草種子の埋没効果(伊藤ほか 2011)、湛水に伴う水底および土壌表面付近の溶存酸素濃度低下による種子発芽の抑制や越冬体へのダメージ(Hanson and Jacobsen 1984; Haug et al. 2003)などが考えられる。

種数だけでなく、冬期湛水により水田雑草のバイオマスが減少することも既往の研究で明らかにされている(Koger et al. 2013)。その要因には、湛水された土壌中で嫌気条件に置かれた植物はバイオマスが減少したり活性が低下することや(Visser et al. 2003)、湛水された土壌による低酸素状態では、種子の発芽や定着が阻害されることが知られている(Hanson and Jacobsen 1984; Haug et al. 2003)。冬期湛水田の水深が深いほうが、また止水状態であるほうが、水底近くあるいは土壌表面の溶存酸素濃度が低くなると推測されるので、圃場に出現する水田雑草の被度あるいはバイオマスには冬期湛水時の水深や水管理の様式が深く関わっているものと思われる。実

際に、冬期湛水時に深水管理(水深 12 cm 以上)を行うと水田雑草の抑制効果が現れると、農家への聞き取り結果から結論付けた報告がある(嶺田ほか 2004)。

全ての環境保全型圃場で冬期湛水を実施していたのは五荘地区だけであったので、当該地区においては冬期湛水の抑草技術としての効果が発揮され、他の地区では冬期湛水を実施しない圃場が存在したために、全体として見たときに抑草効果は十分ではなかった可能性がある。一方、冬期湛水の結果、地点により異なるが夏期に水田雑草、特にコナギの現存量が著しく増加することがあるとした報告もあり、夏期に水田雑草の量が増大する傾向は否めないと述べられている(金子・中村 2009)。冬期湛水を2年以上継続することでコナギやクログワイが増加することは他の研究でも報告されており、コナギは還元状態の土壌でも生育しやすいことが、多年草であるクログワイについては湛水により冬期に低温や乾燥に曝され難いことで塊茎の生存率がかって高まる可能性が指摘されている(荒井ほか 2010)。

伊佐地区と与布土地区で水田雑草の累積被度が他の地区よりも高かったが、保全型のプロットから序列化された3つの特徴的な植生(図3)のうち、コナギが優占するプロットに関しては、同様の要因が考えられる。また、保全型水田で除草剤の使用回数が少ないか全く使用されなかったことも水田雑草の累積被度が高い直接の原因であろう。しかしながら、五荘地区ではそのような傾

向が見られなかったことから、抑草管理の技術と手法が異なることで水田雑草の累積被度が大きく変わり得ることが示された。

本研究では個々の圃場の環境要因は調査されていないので因果関係について十分に考察することができなかった。また、田植え前の代掻きの時期・方法、田植え後の機械もしくは人手による除草の有無や方法など水田雑草の発生状況に影響する要因は複雑である。これらの要因を考慮に入れ、保全型農法の圃場間で植生の相違が生じる機構を明らかにすることは今後の課題である。

謝 辞

調査水田に関する情報を提供していただいた成田市雄氏、中谷農事組合法人、養父市伊佐地区、与布土自治協議会、兵庫県但馬県民局豊岡農林振興事務所の各位に謝意を表す。本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」の成果である。また、一部については文部科学省科学研究費補助金基盤研究（B）24310033の助成を受けた。

摘 要

環境保全型稲作が実施されている水田における植物群落の特徴を明らかにするために、兵庫県北部の円山川水系に位置する4地区において、「コウノトリ育む農法」を実施している水田と慣行農法を実施している水田の植生を植物社会学的な手法で調査し比較した。農法間の比較では、「コウノトリ育む農法」を実施している水田は慣行農法に比較して出現種数が多く、出現種の累積被度が高かった。しかし、「コウノトリ育む農法」を実施している水田は圃場間、地区間での植生の相違が大きく、それには冬期湛水の実施の有無や個々の農家による農作業の方法の違いなどが影響していると考えられた。

キーワード コウノトリ、環境保全型稲作、水田、雑草群落。

引用文献

- 荒井三千代・新妻和敏・花見 厚・松本 靖 (2010) 福島県会津地域における冬期湛水田で発生する水田雑草の経年変化。東北農業研究, 63: 23-24.
- Braun-Blanquet J (1964) Pflanzensozologie, Grundzüge der Vegetationskunde. (3. Auflage). Springer Verlag, Wien, 865 p. (in German)
- Hanson AD, Jacobsen JV (1984) Control of lactate dehydroge-

- nase, lactate glycolysis, and α -amylase by O_2 deficit in barley aleurone layers. *Plant Physiology*, 75: 566-572.
- Huang S, Greenway H, Colmer TD (2003) Responses of coleoptiles of intact rice seedling to anoxia: K^+ net uptake from the external solution and translocation from the caryopses. *Annals of Botany*, 91: 271-278.
- 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 Univ., Ithaca.
- Hill MO, Gauch HG (1980) Detrended correspondence analysis, an improved polythetic methods of classification, and its application to a survey of native pine woods in Scotland. *Journal of Ecology*, 63: 597-613.
- 伊藤豊彰・川瀬莉奈・原 宏太・今智穂美 (2011) 冬期湛水・有機栽培水田の土壌動物：イトミミズの生態と機能。土と微生物, 65: 94-99.
- 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.
- Kaneko Y, Nakamura T (2011) Effects of the inhibition of weed communities by winter-flooding. *Agricultural Sciences*, 2: 383-391.
- Korger CH, Zablotowicz RM, Weaver MA, Tucker-Patterson MR, Krutz JL, Walker TW, Street JE (2013) Effect of winter flooding on weeds, soybean yield, straw degradation, and soil chemical and biochemical characteristics. *American Journal of Plant Sciences*, 4: 10-18.
- 呉地正行 (2007) 水田の特性を活かした湿地環境と地域循環型社会の回復：宮城県・蕪栗沼周辺での水鳥と水田農業の共生をめざす取り組み。地球環境, 12: 49-64.
- McCune B, Grace JB (2002) Analysis of Ecological Communities. MjM Software Design, Gleneden Beach, 300 p.
- 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。農村計画論文集, 6: 61-66.
- 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.
- 西村いつき (2006) コウノトリを育む農業。鷺谷いづみ (編) 地域と生態系が蘇る水田再生。家の光協会, 東京, pp. 125-146.
- 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バイオマス政策課, 東京, 19 p.
- 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の野生復帰がもたらす地域経済への効果。三田学会雑誌, 102(2): 3-23.
- 鈴木 武 (2005) 現場最前線での植物の保全と遺伝子多様性。種生物学会 (編) 保全と復元の生物学 野生生物を救う科学的思考。文一総合出版, 東京, pp. 159-190.
- Visser EJW, Voisenek ACJ, Vartapetian BB, Jackson MB (2003) Flooding and plant growth. *Annals of Botany*, 91: 107-109.
- 山本浩伸・大畑考二・山本幸次郎 (2003) カモ類の採食場所として冬期湛水することが水田耕作に与える影響—片野鴨池に飛来するカモ類の減少を抑制するための試み III—。Strix, 2: 111-123.

(2014年2月23日受理)

