Short Note (短 報)

コハクチョウが採食に利用する稲刈り後の水田の特徴

渡辺 朝一^{1,*}・田尻 浩伸²

Features of Stubble of Rice Fields Used for Foraging by Bewick's Swans

Tomokazu Watanabe^{1,*} and Hironobu Tajiri²

Abstract. We investigated conditions of stubble used by Bewick's Swans *Cygnus columbianus* for foraging at a rice *Oryza sativa* field zone of Nishikanbara area near Lake Sakata in Echigo Plain in Niigata Prefecture, where many Bewick's Swans winter. Field observations were conducted on 23th November and 21th December 2003, and 12th January and 15th February 2004. Swans seemed to select stubble on unplowed land where the degree of vegetation cover was low and the cover degree of scattered rice straw was high.

Key words: Bewick's Swans *Cygnus columbianus*, Cover degree of scattered straw, Cover degree of vegetation cover, Harvested rice fields, Surface plowing after harvest.

キーワード: コハクチョウ *Cygnus columbianus*, ワラの被度, 草本の被度, 稲刈り後の水田, 秋耕.

はじめに

日本列島では、古くから人の主食としてイネ *Oryza sativa* が栽培されてきた（西村・牧野 1959, 外山 1994 など）。イネを栽培する伝統的な構造の水田は、用水の供給元となる周囲の河川やため池などと水系の連続性が保たれており、多くの湿地性の動植物の成育生息場所となっていた。ところが、1960年代に始まる農業集約化の流れの中で、水田の環境は大きく変化し、水田を生育生息の場所としていた多くの生物が影響を受けた。用排水分離による周囲の水系との分断や、乾田化による水田面の湛水の消失などにより、整備前の水田を生息域としていた魚類や両生類は減少した（長田 1978, 田中 1999 など）。これらの魚類や両生類を食物としていた鳥類も減少した（Sato & Maruyama 1996, 東 2004 など）。水田の植物相も変化した（小沼・中村 1999 など）。

新潟県中央部に広がる越後平野一帯も、かつては水はけの悪い湿田が広がる一帯であった

Received 9 March 2016, Accepted 17 October 2017.

¹ 〒339-0066 埼玉県さいたま市岩槻区愛宕町 10-15-201.

* 責任著者. E-mail: chouichi@nifty.com

² 公益財団法人日本野鳥の会, 〒141-0031 東京都品川区西五反田 3-9-23 丸和ビル.

10-15-201 Atagocho, Iwatsuki-ku, Saitama, Saitama 339-0066, Japan.

* Corresponding author. E-mail: chouichi@nifty.com

² Wild Bird Society of Japan, 3-9-23 Nishigotanda, Maruwa Building, Shinagawa-ku, Tokyo 141-0031, Japan.

が、現在は用排水施設や農道が整備された広大な乾田地帯へと変貌している。したがって、越後平野における水田地帯の生物相や、水田で見られる生物各種の環境利用も、大きく変わっているものと予想される。

越後平野一帯には、毎冬多数のコハクチョウ *Cygnus columbianus* が飛来し、越冬する（渡辺 2008）。これらのコハクチョウは、夜間は潟沼で就暁し、朝方に稲刈りが終了した水田に飛来し、夕方まで過ごす（渡辺 2003, 2008b, 2012）。水田地帯では、2~150羽ほどの、さまざまなサイズの小群で分散して見られ（渡辺 2006b）、夕方まであまり休息することなく活発に、イネの落ち粃や越冬生の草本を採食する（渡辺 2003, 2005）。コハクチョウの採食水田は、越後平野一帯の広い範囲に分布している（渡辺 2006a）。これらのことから、コハクチョウは、圃場整備後の乾田を積極的に利用する種であるという仮説が成り立つ。コハクチョウの小群は、広い水田地帯に均等にみられるわけではなく、多く見られる場所とわずしか見られない場所、まったく見られない場所などがある（渡辺 2006a, b）。また、観察日によっても降りている水田に違いがあることもある。これらのことは、コハクチョウが水田に降下着陸して採食場所を選ぶ際、何らかの基準があってその基準に合致する水田を選んでいる可能性を示唆している。例えば、人通りが多かったり、外敵から避難しにくかったりする場所は避けられる可能性がある。一方、稲刈り後の水田面も、一枚一枚に違いがあって、その状況は一様ではない。例えば、稲刈り後の秋耕の有無、湛水の有無、イネの切り株からの再生稈の成長の程度、水田面の草本の被度などに、さまざまな違いがある（渡辺 2009a）。また、水田地帯には転作の大豆畑や、休耕田もある。これらの水田面の状況の違いは、コハクチョウが降下する水田の選択に影響を与えている可能性がある。

本研究では、圃場整備が終了した乾田地帯における、コハクチョウが利用する水田面の状況的特徴を明らかにし、その理由を推察することを目的とした。

方 法

調査地は、新潟市西蒲区の水田地帯中央部（138°75′ E, 37°47′ N）で、おおむね渡辺（2006b）に示した範囲内である。この場所は、巻、西川市街地の東側に位置する広大な水田地帯である。この農耕地では、稲が作付けされている水田が非常に多く、それと比較して休耕田や大豆畑として利用されている水田は少ない。調査地の北西約4 kmの位置には、コハクチョウも多く飛来し、水鳥類の渡来地として有名な佐潟（帆船ほか 1982 など）がある。一帯の水田地帯は、全て圃場整備が終了した乾田である。一部に一枚30 aの水田も存在しているが、おおむね一枚10 a~20 aである。コハクチョウは朝方に北西方向から小群で飛来し、水田地帯のところどころに降下着陸し、採食しているところが見られる（渡辺 2006b）。調査を行った範囲の面積は、約1,700 haである。

調査は、以下の方法で行なった。

調査地の水田地帯を自動車で行き、コハクチョウの群れの所在を確認したら、その個体数とコハクチョウが降りていた水田の1枚1枚の状況を記録した。

水田は、まず、1. イネを栽培した跡が確認できる水田、2. 少なくともその前の栽培期には耕作が行われた跡がない休耕田、3. 転作の大豆畑、の3種類に大分類した（Fig. 1）。更に、1. 一連の耕作終了後の田面の耕起の有無、2. 湛水の程度、3. イネの切り株から発芽成長した再生

Fig. 1. Rice fields were classified into the following three types: 1. with clear signs of cultivation, 2. diversified to soybean production, and 3. uncultivated for at least this season.

稈の被度, 4. 田面のワラの被度, 5. 田面の越年生の草本の被度, の5点に関し, 記録した。耕起に関しては, 1. 有, 2. 無の2ランクに分けた (Fig. 2a)。湛水に関しては, 1. 水田面全面が水面で地面が見られない全面湛水, 2. 水面と地面が両方見られる部分湛水, 3. 水面が見られない無湛水, の3ランクに分けた (Fig. 2b)。イネ再生稈の被度に関しては, 1. ほとんどの切り株から再生稈が発芽し, 複数の稈が切り株の倍以上の高さに成長している被度高, 2. ほとんどの切り株から再生稈が発芽はしているが, 稈の本数が少なく高さも切り株の倍程度, あるいは再生稈が発芽した切り株と再生稈が発芽していない切り株がある被度低, の2ランクに分けた (Fig. 2c)。ワラの被度に関しては, 1. 水田面の5割以上の被度高, 2. 水田面の5割未満の被度低, の2ランクに分けた (Fig. 2d)。越年生草本の被度に関しては, 1. 水田面の5割以上の被度高, 2. 水田面の5割未満の被度低の2ランクに分けた (Fig. 2e)。

稲刈り後の水田で見られるコハクチョウは, あまり休息せず一日中採食し (渡辺 2003, 2008), 排水路, 畦, 農道などはあまり利用せずもっぱら水田面で採食する (渡辺 2009b)。したがって, この調査方法で得たデータからコハクチョウの水田面の選択に一定の傾向が見られたとすれば, 水田面の状況以外の要素は入りにくく, それは採食場所としてそのような傾向のある水田面を選んでいく可能性が高いと考えた。また, 越後平野の水田地帯では, コハクチョウと同じ大型の水禽で, オオハクチョウ *C. cygnus* やガン類がみられる地域もある。オオハクチョウやガン類が稲刈り後の水田を利用する場合, コハクチョウと採食場所を巡って競合する可能性もある。しかし, 調査地は積雪が見られないかぎりコハクチョウのみが利用する水田地帯である (渡辺 2006a)。したがって, 本調査では競合種の影響も排除できたと考えた。

以上の調査を, 2003年11月23日, 12月21日, 2004年1月12日, 2月15日に行った。調査日にはいずれも水田に積雪は一切みられず, 積雪の影響も排除できたと考えられた。

以上の方法で得たデータを, 下記の方法で解析した。

越冬期間中, 調査地内で採餌しているコハクチョウの分布は季節の進行に伴って大きく変化した (渡辺 2006b), 同一調査地で前越冬期に実施した調査では, 異なる調査月に同一の耕作地で記録されたコハクチョウはごくわずかであったことから, 月に1回の頻度で実施した本調査においては, 調査日ごとのデータはそれぞれ独立しているものとして扱った。次に, 利用していた個体数が多いほど, コハクチョウが選好した水田だと仮定して, コハクチョウが選好する稲が作付けされた水田の環境を明らかにするため, 各水田で採食していたコハクチョウの個体数を目的変数, 田面の耕起の有無, 湛水の程度, 再生稈の被度, 稲ワラの被度, 草本の被度を固定効果, 記録されたコハクチョウ採食群それぞれに与えた群れのID番号をランダム効果に指定して一般化線形混合モデル (GLMM) を作成した。確率分布にはポアソン分布を指定した。固定効果をひとつも含まないモデルからすべての説明変数を含むモデルまで32通りのモデルを作成し, AICの小さいモデルほど良いモデルとして変数選択を行なった。AICの小さい上位モデル, 特にAIC最小モデルとのAIC差が2以下のモデル (Burnham & Anderson 2002) に多く含まれる説明変数をコハクチョウの採食環境選好性に強く影響する要因と判断した。これらの解析には統計ソフトウェアR (ver. 3.2.3) とパッケージlme4に含まれる関数glmer, optionsとパッケージMuMInに含まれる関数dredgeをもちいた。

Fig. 2. Photographs representing five parameters to describe a rice field condition. To explain the number of the swans by GLMM, five categorical parameters were used in addition to whether a field was cultivated or not including diversification. Parameters were as follows: (a) plowed or unplowed, (b) fully flooded, partially flooded or not flooded, (c) height of ratoons over twice the height of stubble, or not, (d) straw cover over half of the surface, or not, and (e) perennial plants cover over half of the surface, or not.

Fig. 2. Continued.

結 果

調査期間中に観察されたコハクチョウの採餌群は26群、のべ2,046羽であった(Table 1)。調査日ごとに見ると、2003年11月23日には7群596羽で61区画の水田に分布していた。12月21日には8群399羽が38区画の水田に、2004年1月12日には6群355羽が38区画の水田と2区画の大豆畑に、2月15日には5群696羽が44区画の水田に分布していた。

コハクチョウが記録された耕作地の利用状況は、水田が181区画、大豆畑が2区画で、休耕田ではコハクチョウは記録されなかった。コハクチョウが記録された水田181区画のうち、秋耕されていない水田は164区画、秋耕されていた水田は17区画で、秋耕されていない水田が全体の90.6%を占めた。コハクチョウが採食していた水田の湛水の程度は、部分湛水が171区画で94.5%を占め、無湛水は10区画であった。また、コハクチョウが記録された水田で全面湛水の区画はなかった。再生率は、被度高が10区画、被度低が171区画で、被度低が94.5%を占めた。水田面のワラは、被度高が179区画、被度低が2区画で、被度高が98.9%を占めた。

e

High perennial plant cover

Low perennial plant cover

Fig. 2. Continued.

Table 1. Numbers of swans and rice fields in which swans were observed.

Date	Total number of swans	Number of rice fields in which swans were observed	Number of swan flocks	Mean number of swans per rice fields ($\pm$ SD)
Nov. 23, 2003	596	61	7	9.77 $\pm$ 8.54
Dec. 21, 2003	399	38	8	10.50 $\pm$ 8.38
Jan. 12, 2004	355	40	6	8.88 $\pm$ 7.62
Feb. 15, 2004	696	44	5	15.82 $\pm$ 14.02

水田面の草本は、被度高が8区画、被度低が173区画で、被度低が95.6%を占めた (Table 2)。

各水田で採食していたコハクチョウの個体数を目的変数として作成したGLMMのうち、もっともAIC値の小さかったベストモデルおよびベストモデルとのAIC値の差 (Δ AIC) が2以下のモデルならびにすべての変数を含むFullモデルと変数を含まないNullモデルをTable 3に示した。なお、Fullモデルは7番目にAIC値の小さいモデルであった。ベストモデルには耕起の有無、稲ワラの被度、草本の被度が選択された。また、これら3変数は上位2位までのモデルに

Table 2. Data of rice fields used in GLMM. To explain the number of swans by GLMM, six categorical parameters were used. First, a field type was categorized into one of: continuous rice, diversification to soybean, or lying fallow. Next, all rice fields where swans were observed were allocated categorical values for the following five parameters: (a) plowed or unplowed, (b) fully flooded, partially flooded, or not flooded, (c) height of ratoons over twice the height of stubble, or not, (d) straw cover over half of the surface, or not, and (e) perennial plants cover over half of the surface, or not.

Date	Field type			Plowing		Flooding			Ratoon		Straw cover		Perennial plants cover	
	Rice	Soybean	Fallow	Yes	No	Fully	Partially	Non	High	Low	Large	Small	Large	Small
Nov. 23, 2003	61	0	0	8	53	0	51	10	9	52	60	1	3	58
Dec. 21, 2003	38	0	0	4	34	0	38	0	1	37	37	1	1	37
Jan. 12, 2004	38	2	0	1	37	0	38	0	0	38	38	0	2	36
Feb. 15, 2004	44	0	0	4	40	0	44	0	0	44	44	0	2	42
Total	181	2	0	17	164	0	171	10	10	171	179	2	8	173
				9.4%	90.6%	0.0%	94.5%	5.5%	5.5%	94.5%	98.9%	1.1%	4.4%	95.6%

Table 3. Best-fitting GLMM and four other models. The values show estimated coefficients and standard errors (SE, in parentheses).

Model No.	Explanatory variables					Intercept	AIC	Δ AIC
	Flooding	Plowing	Perennial plants cover	Straw cover	Ratoon			
1		−0.284 (0.097)	−0.455 (0.149)	0.533 (0.329)		1.817 (0.339)	1799.31	—
2		−0.269 (0.098)	−0.444 (0.149)	0.522 (0.329)	0.025 (0.025)	1.813 (0.339)	1800.32	1.01
3		−0.301 (0.097)	−0.443 (0.149)			2.346 (0.09)	1800.34	1.03
4		−0.285 (0.098)	−0.432 (0.149)		0.027 (0.025)	2.331 (0.091)	1801.22	1.91
5	0.030 (0.127)	−0.283 (0.097)	−0.451 (0.150)	0.524 (0.331)		1.813 (0.339)	1801.25	1.94
Full model	−0.010 −0.134	−0.269 (0.098)	−0.445 (0.150)	0.525 (0.331)	0.026 (0.027)	1.819 (0.351)	1802.31	3.00
Null model						2.306 (0.092)	1815.2	15.89

選択された。各水田で採食するコハクチョウの個体数には、田面耕起と草本の高被度はマイナスの影響を、ワラの被度が高いことはプラスの影響を与えていた。

論 議

本調査により、稲刈り後の水田地帯における採食場所選択において、コハクチョウはイネを栽培した水田を選好し、休耕田および大豆畑は選択していないと考えられた。諸要素では、田面の耕起と草本の高被度がマイナスの影響を、ワラの高被度はプラスの影響を与えていた。冬期の水田地帯におけるコハクチョウの主要な食物は、イネの落ち籾と越冬生の草本である（渡辺 2005）。休耕田ではイネが栽培されなかったためイネの落ち籾が存在せず、イネを栽培した

水田と比較して食物量が少ないためにコハクチョウが利用しないと考えられた。稲刈り後の水田面は、秋耕によって耕起されると落ち粕の量が1/10以下に減少する（嶋田 1999）。秋耕によって水田面が耕起されると、コハクチョウがイネの落ち粕を採食する効率は大きく落ちることが予想される。そのため、田面の耕起はコハクチョウの選択にマイナスの影響を与えたものと考えられた。水田面の草本もコハクチョウの食物となる。しかし、コハクチョウにとってより嗜好性が高いイネの落ち粕を採食する場合には、その採食行動の障害となることが考えられ、そのためにマイナスの影響が検出された可能性がある。稲刈り後の水田面における落ち粕の分布は様でない（嶋田 1999）。調査地では、ほとんど全ての水田でコンバイン刈りが行われていると予想され、コンバインによって排出される稲ワラに、落ち粕も混じることが予想される。そのためコハクチョウがワラの被度が高い水田を選択した可能性が考えられた。これらの結果から考えると、コハクチョウはその主要食物であるイネの落ち粕を採食しやすい状況の水田を選択していたものと考えられた。

日本と韓国の水田は、多くの鳥種に利用されてきた。Fujioka *et. al.* (2010) は、水田を利用する鳥種においても、魚類、両生類を食物として利用する種は減少したが、植食性の水鳥に関しては増加を指摘した。現在の水田は、古くからの湿地性の生物の生息生育地であるという側面だけでなく、農業集約化を反映して増加した収穫残渣を積極的に採食する鳥種の生息地でもあり、コハクチョウはその典型的な種であると考ええる。この認識に立った上で、水鳥の保護に貢献できる水田の管理方法（たとえば、山本ほか 2003、田尻 2015 など）を模索してゆく必要があると考える。

一方で、緊急に対策が必要なのは、稲刈り後に水田面を耕起する秋耕の普及に対してである。秋耕は、稲作を実施する上で稲の苗の初期生育の促進や保水力維持などを目的に推奨されているが（たとえば、水田農業レベルアップ委員会技術普及部会 2014）、水田面の耕起は、コハクチョウの利用に強いマイナスの影響を与える。石川県片野鴨池周辺の水田地帯で、夜間のカモ類による利用状況を調査した Tajiri & Ohkawara (2013) は、水田面の耕起がカモ類の利用に強いマイナスの影響を与えていたことを示した。秋耕された水田の面積が今後増えてゆけば、コハクチョウや、やはりイネの落ち粕を採食するガン類、カモ類に更に大きいマイナスの影響をもたらすことが懸念される。秋耕がさまざまな鳥種の生息に与える影響をより明らかにしたり、水鳥保護を念頭に置きつつ、稲作手法との調整を考慮した、農閑期の農地管理を積極的に提言したりする必要がある。

謝 辞

本調査にあたり、調査地の事前情報や気象情報を提供していただいた新潟市西蒲区の佐藤吟一氏に感謝致します。

摘 要

コハクチョウが多数渡来する新潟県越後平野・佐潟近郊の水田地帯において、コハクチョウが採食地として好む水田面の条件を調査した。コハクチョウは、耕起されておらず、草本の被度が低く、ワラの被度が高い水田面を選んでいるものと考えられた。

引用文献

- 東 淳樹 2004. サシバとその生息地保全に関する地域生態学研究. 我孫子市鳥の博物館調査研究報告 **12**: 1-119.
- Burnham, K. P. & Anderson, D. R. 2002. *Model Selection and Multimodel Inference: a Practical Information-Theoretic Approach*. Springer, New York.
- Fujioka, M., Lee, S. D., Kurechi, M. & Yoshida, H. 2010. Bird Use of Rice Fields in Korea and Japan. *Waterbirds* **33** Special Publication 1: 8-29.
- 小沼里子・中村俊彦 1999. 圃場整備による水田面雑草群落の変化. 国際景観生態学会日本支部会報 **4**: 85-91.
- 西村嘉助・牧野洋一 1959. 稲架の分布とその意義. 人文地理 **11**: 293-306.
- 長田 潔 1978. 柏地方のニホンアカガエルの衰退について 私のカエル博物誌 (その2). 千葉生物誌 **27**: 102-107.
- 帆苅信夫・千葉 晃・岡 夙男 1982. 佐潟の陸水環境と水禽類. 新潟県生物教育研究会誌 **17**: 49-59.
- Sato, N. & Maruyama, N. 1996. Foraging site preference of Intermediate Egrets *Egretta intermedia* during the breeding season in eastern part of the Kanto Plain, Japan. *Journal of Yamashina Institute for Ornithology* **28**: 19-34.
- 嶋田哲郎 1999. 伊豆沼・内沼周辺の水田における稲刈り法の違いによるガン類の食物量の比較. *Strix* **17**: 111-117.
- 水田農業レベラアップ委員会技術普及部会 2014. 秋の田起こし運動. 稲作情報 No. 24. (http://www.pref.fukui.lg.jp/doc/noushi/inasaku/inasaku_old_d/fil/20140926_No24.pdf, 2017年4月15日確認)
- Tajiri, H. & Ohkawara, K. 2013. The effects of flooding and plowing on foraging site selection by wintering dabbling ducks in rice fields. *Ornithological Science* **12**: 127-136.
- 田尻浩伸 2015. カモ類の採食に適した収穫後の水田管理方法の検討—飼育下のアイガモの採食行動の観察事例から—, 伊豆沼・内沼研究報告 **9**: 35-46.
- 田中道明 1999. 水田周辺の水環境の違いがドジョウの分布と生息密度に及ぼす影響. 魚類学雑誌 **46**: 75-81.
- 外山秀一 1994. プラント・オパールからみた稲作農耕の開始と土地条件の変化. 第四期研究 **33**: 317-329.
- 渡辺朝一 2003. 越後平野の水田におけるコハクチョウの採食個体割合の経時変化. 日本の白鳥 **27**: 2-8.
- 渡辺朝一 2005. 冬期の越後平野水田におけるコハクチョウの食物内容. *Strix* **23**: 83-89.
- 渡辺朝一 2006a. 越後平野におけるガン・ハクチョウ類の採食水田の分布. 日本鳥類標識協会誌 **19**: 8-26.
- 渡辺朝一 2006b. 冬季の越後平野水田におけるコハクチョウの群れサイズと分布. 新潟県生物教育研究会誌 **41**: 7-12.
- 渡辺朝一 2008a. 越後平野一帯のカモ科鳥類の記録種・個体数の経年変化. 新潟県生物教育研究会誌 **43**: 37-54.
- 渡辺朝一 2008b. 冬期の越後平野水田でみられたコハクチョウ群の採食率. *Strix* **26**: 216-218.
- 渡辺朝一 2009a. ガン・ハクチョウ類の採食地としての冬期越後平野水田の環境. 新潟県生物教育研究会誌 **44**: 13-27.
- 渡辺朝一 2009b. 冬期の越後平野における水田構造からみたコハクチョウの採食環境. *Bird Research* **5**: S11-S15.
- 渡辺朝一 2012. 越後平野・新保の大池におけるハクチョウ類の罅からの飛び立ち行動. 新潟県生物教育研究会誌 **47**: 35-39.
- 山本浩伸・大畑孝二・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* **21**: 111-123.