— 原 著 論 文 —

伊豆沼・内沼周辺地域で越冬するマガンの個体数増加にともなう採食地利用パターンの変化

嶋田哲郎^{1,*}・溝田智俊²

¹ (財) 宮城県伊豆沼・内沼環境保全財団 〒 989-5504 宮城県栗原市若柳字上畑岡敷味 17-2

² 岩手大学農学部 〒 020-8550 岩手県盛岡市上田 3-18-8

(2008 年 3 月 5 日受付；2008 年 6 月 2 日受理)

キーワード：餌資源，落ち大豆，落ち籾，採食地利用変化，マガン。

日本鳥学会誌

Japanese Journal of
Ornithology

© The Ornithological Society
of Japan 2008

Tetsuo Shimada^{1,*}, Chitoshi Mizota². 2008. Temporal and spatial changes in foraging distribution of an increasing population of wintering Greater White-fronted Geese over one decade (1997/98 to 2007/08): a case study for an area around Lake Izunuma-Uchinuma. Jpn. J. Ornithol. 57: 122-132.

Abstract. Greater White-fronted Geese *Anser albifrons* have historically wintered in large numbers around Lake Izunuma-Uchinuma, northern Honshu, Japan. Since 1971, when goose hunting was prohibited, the number of geese has increased 7.6 fold from 14,647 in 1987/88 to 110,816 in 2006/07. Currently more than 80% of the Japanese *A. albifrons* population winters here. Agriculture in the surroundings of the lake system has also changed. The total average area of soybean fields increased 2.8 fold from 1,780 ha in 1996 to 4,940 ha in 2005. We investigated temporal and spatial changes in goose foraging strategies by comparing data on habitat selection between 1997/98-1998/99 and 2007/08. In 1997/98-1998/99, geese only foraged on rice fields, and shifted from rice fields near the lake to fields further away as these fields became depleted as winter progressed. In 2007/08, just after harvesting in late September, although waste rice grains on fields amounted to 65 kg/ha ($N=6$, range: 52-78), post harvest waste soybeans amounted to 355 kg/ha ($N=9$, range: 120-940) and the amount increased from mid November to mid January. Geese depleted waste rice grains by early December in areas within 10-12 km of the lake, and foraged on soybeans within 10 days of harvesting. In relation to these changes in relative food abundance, the geese now forage exclusively on rice fields in November, but switch to feeding primarily on soybeans in December and in January. With both the number of geese and the area of soybean fields increasing over the decade (1997/98 to 2007/08), geese now experience a shift in food resources from waste rice grains in early winter to soybeans in late winter.

Key words: food resource, waste rice waste, grain soybean, changes in foraging pattern, Greater White-fronted Geese.

¹ The Miyagi Prefectural Izunuma-Uchinuma Environmental Foundation, 17-2 Shikimi, Wakayanagi, Kurihara, Miyagi 989-5504, Japan.

² Faculty of Agriculture, Iwate University, 3-18-8 Ueda, Morioka, Iwate 020-8550, Japan.

はじめに

ガン類（マガン *Anser albifrons*, ヒシクイ *A. fa-*

balis, そのほか数種）は主に北半球に分布し、北極圏に近いツンドラ地域とその南部に広がるタイガ林地域で繁殖，秋から翌春までは低緯度地域に移動して越冬する (Kear 2005). 1998 年以降のロシア北極圏でのガン類個体群動態に関する現地調

* E-mail: tshimada@axel.ocn.ne.jp

査の結果によれば、東アジアのマガン個体群のうち、日本列島と朝鮮半島で越冬する個体群は増加傾向が明らかである。一方、中国で越冬する個体群では密猟などの人為的な環境劣化によって減少傾向が認められる (Syroechkovskiy 2006)。

国内のマガン個体数変化を歴史的にみると 1940 年には 6 万羽に近いガン類が記録されたが、狩猟圧と越冬地の劣化によって個体数は急速に減少し、日本全体で一時 5,000 羽程度にまで減少した (宮林 1994)。1971 年の天然記念物指定による狩猟禁止になって以降マガンの個体数は増加し、2006/07 年には 137,589 羽とおおよそ 28 倍となった (嶋田哲郎 未発表)。宮城県北部地域の低地には日本国内で越冬するマガンの 80% 以上がみられ (宮林 1994)、東アジア地域で越冬するマガンの主要な越冬地となっている。カナダ北極圏で繁殖し、アメリカ合衆国本土で越冬するガン類の個体数も近年増加傾向にあるが、この主要要因として繁殖地から越冬地に至る間の中継地におけるトウモロコシ *Zea mays* の作付面積の増大 (Krapu *et al.* 2004)、および越冬地 (カリフォルニア州およびメキシコ湾沿諸州の稲作地帯) における食物資源量の増大 (Abraham *et al.* 2005, Ackerman *et al.* 2006) に起因していることが明らかにされている。

日本で越冬するマガンの主要な食物はイネ *Oryza sativa* 収穫後の落ち粃である (嶋田ら 2002)。2001 年に宮城県が行った調査では、マガンの基礎代謝に必要なエネルギー量と落ち粃現存量の考察結果にもとづいて、2001 年にはマガンの個体数は既に環境収容力に近い状態であったと解釈されている (宮城県環境生活部 2002)。宮城県北部地域におけるマガンの活動域はこれまで大きく変化していない (横田ら 1980, 宮城県環境生活部 2002) ため、一定量の餌資源量に対して個体数が増大すれば餌資源の枯渇が予測され、その活動域内での餌資源利用が変化する可能性がある。

また、農作物の収穫法および残さ処理法の変化に対応して餌資源利用の時間空間的な分布に変化が生じる。たとえば、アメリカ合衆国カリフォルニア州サクラメント渓谷の稲作地帯では藁類の野焼き禁止法施行にともなう冬期湛水圃場 (土壌を湛水することによって藁の分解を促進させる) の増加によって、マガンはそれまでねぐらをとっていた遠距離の湿地帯ではなく、採食場所近くの水田でねぐらをとることが可能となり、特定の水田地帯に集中して分布するようになった (Ackerman *et al.* 2006)。宮城県北部地域では、農家売り渡し

時の米価の低迷および転作補助金制度によって 1998 年以降水田での大豆 *Glycine max* の作付面積が増大した。1996 年から 2005 年にかけて大豆の作付面積は 1,780 ha から 4,940 ha と 2.8 倍に増加し、収穫量は 2,960 t から 8,680 t と 2.9 倍に増加した。その一方で、水稻の作付面積は 53,600 ha から 45,800 ha と 15% 減少し、収穫量も 284,600 t から 247,800 t と 13% 減少した (東北農政局 1997, 2007)。大豆の収穫は 9 月下旬の稲収穫から 2 ケ月ほど経過した 11 月中旬から始まるため、落ち大豆はマガンによる落ち粃の消費がある程度進行した後に新たに出現する。現在、落ち大豆はマガンにとって本越冬地域における主要な餌資源のひとつとなっている (嶋田・溝田 2008)。

これまで国内において行動生態学的観点から渡り時期の一定期間 (中継地) における餌資源分布の変化がマガンの採食地選択や食物選択に及ぼす影響が明らかにされてきた (たとえば Amano *et al.* 2006a)。一方で、長期間 (越冬地) にわたる餌資源の変化がマガンの採食行動におよぼす影響を解析した例はない。またマガンの時間空間的な分布変化を説明するための餌資源量は人為的に生じる農作物残渣に起因する。ここで、マガンの採食行動は農作物の種類や収穫方法の影響を大きく受けるため、餌資源量と採食地利用パターンの定量的な評価は、農業活動に関連したマガンの保全対策の構築に資するデータとなる。

本研究では、伊豆沼・内沼周辺地域において 1997/98~1998/99 年の資料 (嶋田 2003) と現在の餌資源利用の時間空間的な分布の違いを比較することで、個体数および大豆作付面積の増加がマガンの採食地利用パターンにどのように影響したのかを明らかにする。

調査方法

1) 落ち粃現存量調査

マガンはねぐらである伊豆沼・内沼 (以下沼と略記する) から 12 km 以内の水田地帯を餌場として利用する (嶋田 2003) ことから、現存量調査の地域を沼中央から近距離 3 地点 (地点 1~3, 沼から 2 km 未満)、中距離 4 地点 (地点 4~7, 沼からおよそ 2 km 以上 8 km 未満)、遠距離 4 地点 (地点 8~11, 沼からおよそ 8 km 以上) の 3 地域に類別し、計 11 の調査地点を設置した (図 1)。マガンの採食範囲を考慮し、沼の東から北西方向に向かって調査地点を任意に配置した。コンバインによって刈り取られた水田は、バインダー刈りによ

図1. 調査地. 線枠は1997/98~1998/99年の調査範囲(嶋田2003)を示す.

Fig. 1. Study site. Solid line shows study area in 1997/98~1998/99 (Shimada 2003).

るものよりも落ち籾量が多く(嶋田1999), 加えて全水田面積に対する本機の普及割合が大きく, 現存量の変化を評価しやすいと考えられた. そのため, 本研究においてはコンバイン刈り後の水田を対象とした.

マガンは渡来直後に沼周辺の水田で採食し, その後遠方の水田で採食する(嶋田2003)ため, 沼に近い水田から調査を開始した. 近距離地点では10月3日から11月2日, 中距離地点では10月8日から12月4日, 遠距離地点では11月9日から12月26日にかけて調査を行った. さらに現存量調査開始前にマガンが利用したかどうかを調べるため, 以下のような方法で採食痕の有無を調べた. マガンが採食したかどうかは, ガン類に固有の糞や羽毛の散乱の程度, 採食時に藁を掻き分けるために生じる, ついばみ痕の存在によって確認できる. これらの採食痕を観察者が歩き回って探さなければ発見できない程度を採食圧弱, 歩き回らなくても普遍的に発見できる場合を採食圧強, その間を採食圧中と定性的に評価した. 採食痕があれ

ば, 少なくとも調査日以前にその水田をマガンが利用したといえる.

本地域へのマガンの飛来は通常9月下旬の稲収穫作業の終了後から始まる. それぞれの調査地点の水田について2007年10月3日以降2~3週間に1回, 落ち籾現存量の調査を行った. 近距離地点では10月3, 4, 8, 17日, 11月2日にそれぞれの地点で3回, 中距離地点では10月8, 17, 18日, 11月3, 9, 16, 17日, 12月4日にそれぞれの地点で1~4回, 遠距離地点では11月9, 17, 18日, 12月1, 4, 26日にそれぞれの地点で1~3回行った. 11地点の全調査回数は27回, 平均2.5回/地点(範囲1~4)であった. 1回の調査ごとに1筆の水田に任意に1×1mの方形区を3つ設定し, 最初に藁を5mm目のふるいにかけて落下した籾を採集し, 次いで藁を除去した後に地表面に落ちている籾をピンセットによって採集し, 方形区内のすべての籾を回収した. 一度籾の採集を行った方形区を次の調査時に重複して調査しないように, 調査した方形区の位置を野帳に記録し,

その位置を参考に以降の追跡用の方形区を設定した。また、方形区周辺におけるガン類による糞の採食痕も同時に記録した。それぞれの地点数カ所で糞をかきわけても落ち糞を発見できなかった場合、落ち糞がなくなったと解釈し、調査を終了した。

採集した糞には通常、土壌が付着しているためにステンレス製の網上に移して水道水を用いて繰り返し洗浄した。加えて糞以外の共雑物も除去した。その後古新聞紙上にうすく広げて乾燥した室内で1昼夜乾燥させ、翌日以降に71°Cの恒温で17時間乾燥させた後、0.1 g精度の化学天秤を用いて乾燥重量を計測した。

2) 落ち大豆現存量調査

落ち糞と同様の調査地域を設定した後、大豆の作付け地域を抽出するために、Google Earth (<http://earth.google.co.jp/>) の人工衛星の画像を参考にした。水田における稲の生育段階から、調査地域のGoogle Earth衛星画像は数年前の6月上旬頃に撮影されたものと推定された。このうち低地が濃緑である地域を水稻作地帯、褐色の部分収穫期の麦作地帯、光を反射して白く写る圃場を湛水状態の休耕田、草丈が低いために暗灰色に写る圃場を大豆の作付圃場と判定した。その画像を参考に、嶋田(2003)の調査範囲を車で踏査することで、大豆圃場群を9地点抽出した(図1)。このうち、Iは近距離地点、IXは遠距離地点の大豆圃場であり、それ以外は中距離地点の大豆圃場であった。2007年作においては2006年と比較して小規模な大豆圃場(1 ha以下)はなくなり、大豆の作付圃場はほぼまとまって分布した。いずれの圃場群もおおよそ6 ha以上の大規模なもので、調査範囲内における主要な大豆圃場群をほぼすべて選択できたと考えられた。

それぞれの圃場群ごとに大豆圃場1筆を任意に選択し、11月17日以降、2~3週間に1回、落ち大豆の現存量調査を行った。立毛状態にある大豆圃場ではマガンの採食は観察されず、調査は大豆の収穫が完了して間もない圃場から行った。もっとも早く調査を開始したのは、VIIで11月17日、次いでIIの12月1日であった。その後I、V、VI、VII、III、IXと続き、刈り取りがもっとも遅かったVIIIでは1月14日に調査を行った。稲の収穫とは異なり、大豆の収穫に用いられるコンバインは共用で保有台数が限られている。ここでは生産法人が管理する圃場群を1日あたり2 haほどの割合で

順番に刈り取るために短時間内に収穫を完了することが困難である。加えて、大豆の収穫は天候に強く影響される。大豆莢の水分が適切でないと収穫作業中に胴割れを生じるため商品とはならない。そのため実際の大豆の収穫は11月中旬から1月中旬まで継続した。

嶋田・溝田(2008)にもとづいてマガンの採食痕がないことを確認した後で、収穫の終わった大豆圃場から落ち大豆を採集した。採集方法は糞と同様に1回ごとに1筆の大豆圃場に任意に1×1 mの方形区を3つ設定し、ピンセットを用いて方形区内の落ち大豆および莢に入った状態の大豆をすべて拾い上げて回収した。マガンは収穫後、短期間に落ち大豆を消費するため、落ち大豆回収後2~6日に1回の割合で大豆圃場を追跡調査して、嶋田・溝田(2008)にもとづいてマガンの採食痕の有無、落ち大豆が地表面に残っているかどうかを確認し、すべて食べ尽くされていた場合に現存量0として定量的に評価した。採集した大豆も糞と同様な処理をした後、乾燥重量を計測した。

3) 採食群の分布調査

嶋田(2003)ではマガンの渡来期(10月)と渡去期(2月)を除く、定常期の11~1月にかけてマガンの採食範囲調査を実施しているため、本調査でも11~1月にかけて月1~2回、視程のよい晴天ないし曇りの日に調査を行った(図1)。調査は11月3、18日、12月15日および1月13、14日の9~15時に行った。11月と1月では最初の調査日に伊豆沼・内沼より北、北西方向を、次の調査日に沼より北東、東および南東方向の調査を行い、全調査地域を方向別に2回に分けて調査を行った。また、12月15日は7時から調査を開始し、調査地域全域を1日で踏査した。

マガンの採食行動範囲は広いため、短時間に効率的に踏査するために以下のような方法を採用した。最初に調査日の前日に沼近傍の展望のよい堤防上において、日の入り時刻前後のマガンのねぐら入りを観察し、ねぐら入りする方向と個体数から採食場所の方向をまず予測し、翌日の調査日には採食の予測された地域から調査を開始した。次にそれ以外の地域も踏査し、全調査地域を網羅した。嶋田(2003)では複数のグループで調査範囲を分割して行ったが、この調査では2名組みで1台の車を使って踏査した。これまでの分布調査(たとえば嶋田2003、および以降の未発表調査資料)などの知見から、効率的に調査できるルート、展

望のよい観測地点を選定した。時速 40~50 km 程度のゆっくりした速度で車を走らせ、群れを発見次第、それらの位置と個体数を 1:2.5 万分の 1 の地形図上に記録した。また水田を広く見渡せる高台や堤防上で群れを確認し、見逃しをできるだけなくすように努めた。個体数は群れの大きさに応じて 10 羽、100 羽単位で計測した。個体数の計測の際には 8~10 倍の双眼鏡、30 倍の望遠鏡および数個のカウンターを用いた。また、マガンがよく利用する一迫川流域も今回は調査範囲に含めた(図 1)。嶋田 (2003) において群れを確認した地点付近にあって今回群れが認められなかった場合、最近その水田を利用したかどうかを確認するために、任意に選択した地点において上述したような採食痕の確認を行った。

結 果

1) 落ち籾および落ち大豆現存量の時系列変動

マガンが採食していないイネ収穫直後の水田を調査することを計画したが、地点 5, 6, 7, 9 および 11 の 5 地点(図 1)では、調査開始時にすでに弱から中程度の採食痕が認められた。採食痕が認められなかったほかの 6 地点をみると、収穫直後の落ち籾現存量は平均 65 kg/ha ($N=6$, 範囲 52~78, 表 1)であった。

落ち籾現存量の時系列変動をみると、10 月上旬では、近距離地点で 68~78 kg/ha、中距離地点で 56 kg/ha の現存量があった(図 2)。その後減少に転じ、11 月になると近距離地点では落ち籾はほぼ観察されなくなったが、中距離地点ではほぼなくなる地点(地点 4)がある一方で上旬でも現存量の多かった地点(地点 5 および 7)もあった。また、遠距離地点では 11 月上旬でも 52~63 kg/ha の高い現存量が認められた。その後、12 月上旬には中距離、遠距離地点とも落ち籾はほぼ認められなくなった。このように落ち籾現存量は 9 月下旬の稲の収穫以降、沼に近い地点から順次減少し、12 月上旬までにいずれの地点でも落ち籾はほぼ認められなくなった。採食痕の認められなかった 6 地点それぞれについて、収穫直後と計測最終日の落ち籾現存量から減少率を求め、平均すると 28 日間で 95% の減少率であった。

落ち大豆現存量をみると、9 地点の平均で 355 kg/ha ($N=9$, 範囲 120~940)であった。11 月中旬に刈り取りがなされた地点 VII を除けば、大豆圃場は 12 月上旬から下旬にかけて主に刈り取られた。落ち大豆の採食はマガンの採食行動に依

じて 11 月中旬から 1 月下旬まで認められた。ここで、落ち大豆現存量は除草と肥培管理の徹底した圃場で少なく、反対にタイヌビエ *Echinochloa utilis*、アメリカセンダングサ *Bidens frondosa*、およびオオイヌタデ *Persicaria lapathifolia* などの数種の野草類が混在する圃場で増大する傾向があった。調査された大豆圃場はいずれも排水良好で、土壌の表面に落ちた大豆粒の劣化はほとんど認められなかった。

落ち大豆は 11 月中旬から 1 月中旬にかけて認められたが、地点 I~VIII の大豆圃場では現存量の計測後 2~23 日、平均して 10 日以内にほとんど採食された。沼から南東方向に位置する地点 IX では 2008 年 1 月 6 日に 298 kg/ha の現存量が計測されたが、その後の追跡調査によってマガンによる採食は確認されなかった。沼から中距離地点にある地点 II~VIII でみると、北から北西方向にある 3 地点 V~VII では刈り取り後平均 5 日(範囲 2~8)、北東方向にある 4 地点 II~IV および VIII では刈り取り後平均 15 日(範囲 10~23)を完食までに要した。

2) 採食分布の変化

記録された群れの総数は 11 月では 35 群れ 9,925 羽(範囲 10~2,000)、12 月では、34 群れ 23,701 羽(範囲 5~8,000)、1 月では 51 群れ 8,633 羽(範囲 2~2,500)であった。また、1 群れあたりの群れサイズは 11 月に 284 ± 479 羽(平均 $\pm$ 標準偏差)、12 月に $697 \pm 1,677$ 羽、1 月はもっとも小さく 169 ± 462 羽であった。

嶋田 (2003) と今回調査した採食場所分布を比較すると、1997 年 11 月では沼の北東~北西方向の近~中距離にあたる水田に多く分布した。2007 年では落ち籾現存量が中~遠距離地点で多かったことに対応して(図 2)、沼の北西方向の中~遠距離にあたる水田に多く分布した(図 3a)。1,000 羽以上の大きな群れが認められたのは、沼から北 7 km と北西 10 km 地点に相当する水田であった。

12 月の採食場所分布をみると、1997, 98 年において群れが多く分布したのは、11 月と同様に近~中距離にあたる水田であったが、遠距離水田で採食する群れも一部認められた(図 3b)。2007 年では、落ち籾現存量の減少と中距離地点の落ち大豆現存量の増加にともなって大豆圃場に群れが集中した(図 2, 3b)。落ち大豆調査 I, II, V, VI および VII 地点周辺(図 1)では 1,000 羽以上の大きな群れが認められ、特に地点 II では 8,000

表 1. 宮城県伊豆沼・内沼周辺地域とアメリカ合衆国の主要な稲作地帯における落ち籾の現存量変化.
Table 1. Dry waste rice grains around Lake Izunuma-Uchinuma, Japan and in USA.

対象地域 Location (高緯度から低緯度へ配置) (Arranged from high to low latitude areas)	落ち籾の現存量 (dry kg/ha) Dry waste rice grains		
	収穫直後の現存量 (計測時期) Waste grains after harvesting (Date of sampling)	落ち籾現存量の動態情報 Temporal changes in waste rice grains	文献 References
宮城県伊豆沼・内沼周辺地域 Lake Izunuma-Uchinuma, Japan	52~78(Oct. 2007)	12月上旬まで 95% 減少 95% decrease toward early Dec.	本研究 This study 宮城県環境生活部 (2002) 嶋田 (1999), 嶋田 (2006)
	69~88 (Oct. 2001) ¹⁾	追跡資料なし No data	
	84~103 (Oct. 1996) ¹⁾	32~42 (Mar. 1997)	
Sacramento Valley (California), USA	388 ²⁾ (Sep.–Nov. 1985~1986) 344 ³⁾ (1993)	追跡資料なし No data 追跡資料なし No data	Miller <i>et al.</i> (1989) Miller & Wylie (1996)
	158 (記載なし Not described)	11~12月までに 61%, 翌年の2月までに 92% 減少 61% decrease toward Nov.–Dec. and 92% decrease toward Feb.	
Lower Mississippi Alluvial Valley, (Arkansas, Louisiana and Mississippi), USA	223 (late autumn, 1983)	追跡資料なし No data	Harmon <i>et al.</i> (1960); data cited from Hobough (1984) Reinecke <i>et al.</i> (1989); data cited from Stafford <i>et al.</i> (2006) Manley <i>et al.</i> (2004)
	140 (late autumn, 1984)	追跡資料なし No data	
	491 (1995)	12月上旬までに 79~93% 減少 79 to 93% decrease toward 10 Dec.	
	493 (1996)	12月上旬までに 96~99% 減少 96 to 99% decrease toward 10 Dec.	
	226~340 (Sep.–Dec. 2000~2002)	9月中旬から 12月初旬に 71% が減少 71% decrease between mid Sep. and early Dec.	
Gulf Coast Prairie (Texas), USA	73~214 (Oct. 1978) ³⁾	1月中旬にほとんど枯渇 Depleted toward mid Jan.	Hobough (1984)

1) 個数 × 稔実率 × 0.02 (dry g/個) で求めた. Estimated by multiplying numbers × % matured grain × 0.02 dry g/number.

2) Conventional harvesting. 慣行収穫法.

3) Stripped harvesting. 藁持ち出し法.

図2. 2007/08年における伊豆沼・内沼からの距離別にみた落ち籾、落ち大豆現存量およびマガンの個体数の時系列変動（平均値 $\pm$ SD; E: 上旬, M: 中旬, L: 下旬; ●: <2 km, ▲: <8 km, ■: $\geq$ 8 km). ローマ数字は調査地点を示す（図1参照）.

Fig. 2. Temporal variation in dry waste grain in rice fields <2 km (●), <8 km (▲) and $\geq$ 8 km (■) from Lake Izunuma-Uchinuma in 2007/08 (bar: $\pm$ SD, E: early, M: middle, L: late). Roman numerals indicate sampling sites (refer to Fig. 1).

羽、地点Vでは6,000羽の大きな群れとなった。例外的に東方向の遠距離地点（地点8周辺）の水田で1,200~2,000羽の群れが認められた。

1月では、1999年には沼から北西~南東方向の中~遠距離にあたる水田にマガンは分布した（図3c）。2008年には大きな群れは12月同様に落ち大豆現存量の多さに対応して、大豆圃場群で認められた（図2, 3c）。群れは地点III, IV, VIおよびVIIに集中し、特に地点IIIでは2,500羽、地点IVでは2,200羽の群れが認められた。一方、水田では小さい群れが多く認められ、北西~南東方向の中~遠距離の水田に広く分散した。例外的に東方向の地点8付近の水田で2,000羽の大きな群れが認められた。

考 察

1) 落ち籾および落ち大豆現存量の時系列変動

伊豆沼・内沼周辺地域の落ち籾現存量は本研究では56~78 kg/haであったが、既往研究をみると69~88 kg/ha（宮城県環境生活部 2002）、84~103 kg/ha（嶋田 1999）であった（表1）。一方、アメリカ合衆国の落ち籾現存量は少ない地域で73 kg/ha (Hobaugh 1984)、もっとも多い地域で491 kg/ha (Manley *et al.* 2004) であり、多い地域では日本の5~8倍の落ち籾現存量が認められた。歴史的経緯をみると、国内では宮城県北部水田地域の落ち籾量は1977~1996年のおよそ20年間に2.8倍に増加した (Shimada 2002)。アメリカ合衆国のマガンの主要な越冬地である、たとえばカリフォルニア州 Central Valley の北部では、1985~1995年の10年間に水田面積が23%増加し (Fleskes *et al.* 2005)、落ち籾量は増加しただろう。こうした越冬地での餌資源量の増加がマガンの生存率の増加につながり、ひいてはマガンの個体数増加の要因となっていると考えられる。

落ち籾現存量の時系列変動をみると、本研究では12月上旬までにほぼ枯渇し、28日間で95%の減少率だった（表1）。この数値は追跡調査のあるアメリカ合衆国中西部の、10~12月までに61~99%減少という値 (Hobaugh 1984) と近似した。しかしながら、国内において1996/97年には翌年3月までに59~62%という低い減少率であった（嶋田 2006）。宮城県北部地域における1996/97~1998/99年の平均越冬個体数は60,240羽であり、2006/07年（110,816羽）のおよそ半分であった（嶋田哲郎 未発表）。本研究で嶋田 (2006) より減少率が高かったのは、個体数増加にともなう採食圧の増加によって落ち籾の消費速度が高まったことが原因と考えられる。1996年から2005年にかけて水稲の作付面積で15%、収穫量も13%減少したこと（東北農政局 1997, 2007）もまた、落ち籾の消費速度を高めていると考えられる。

落ち大豆現存量は9調査地点の平均で355 kg/haで、地点IXを除くI~VIIIの大豆圃場では現存量の計測後2~23日、平均して10日以内にほとんど採食された。アメリカ合衆国ではイリノイ州で48~63 kg/ha (Warner *et al.* 1985)、テキサス州で平均195 kg/ha（範囲141~429, Hobaugh 1984）という報告があり、宮城県北部では落ち大豆を採食する地域としない地域とがある（嶋田・溝田 2008）。

図3. 1997/98～1998/99年と2007/08年におけるマガンの採食地分布の時系列変動（a：11月，b：12月，c：1月）。

Fig. 3. Spatial changes in foraging sites of wintering Greater White-fronted Goose around Lake Izunuma-Uchinuma in 1997/98～1998/99 and 2007/08 (a: November, b: December, c: January).

餌現存量の減少要因として落ち粕でみると，体重および群れの大きさからマガンによる採食がもっとも大きいと考えられるが，カモ類，ハシボソガラス *Corvus corone*，ミヤマガラス *C. frugilegus*，ネズミ類などの寄与も推定される．アメリカ合衆国においてもガン類以外の鳥類による採食によって落ち粕が減少した可能性が示唆されている (Stafford *et al.* 2005)．本研究では，マガン以外の動物の採食による落ち粕減少量を定量的に調査できなかった．しかし，少なくとも調査地点の水田や大豆圃場においてカラス類の羽毛および糞などマガン以外の鳥類による採食の痕跡は確認できなかった．

アメリカ合衆国では落ち粕は土壌表面に落下後60日で70%，湛水条件下では98%が劣化するという報告がある (McGinn & Glasgow 1963)．したがって，伊豆沼・内沼周辺においても，腐敗による劣化によって利用できる落ち粕現存量が低下するだろう．落ち大豆では脂肪に加えて蛋白質含量

が高いため，高い水分条件下の土壌表面で急速に変質し，腐敗した大豆粒はマガンによって利用されない (嶋田・溝田 2008)．伊豆沼・内沼周辺では9月下旬の稲収穫後，落ち粕が枯渇する12月上旬までおよそ80日ある．少数の芽出しのある粕は認められたが，伊豆沼・内沼周辺では腐敗した粕を確認することはできなかった．したがって，劣化は落ち粕現存量の低下には影響しないだろう．

農業活動，特に秋耕に代表される作土の耕起も現存量の減少の一因である．落ち粕では，耕起がなされると落ち粕が鋤き込まれるため，マガンの落ち粕現存量が大きく減少する (嶋田 1999)．本研究で調査された大豆圃場において調査期間中に耕起された圃場はなかったが，マガンが採食する前に耕起された場合，落ち粕と同様に現存量が低下することが考えられる．

2) 採食分布の変化

伊豆沼・内沼周辺におけるマガンの活動域は，

これまで30年あまりの間大きくは変化していない(横田ら 1980, 宮城県環境生活部 2002, 嶋田 2003)。本調査では1997/98~1998/99年の調査(嶋田 2003)と同様に丘陵地周辺まで踏査しており、この調査範囲内で群れを見落とした可能性は低いと考えられる。1997/98, 1998/99年の採食分布の変化をみると、11月にはマガンは沼周辺の水田で採食し、季節の進行とともに採食範囲を拡大し、1月には遠距離の水田で採食した(図3a~c)。現在を遡る10年前は現在と比較して大規模な大豆圃場はなく、個体数がおおよそ半分と少なかったため、餌資源量の減少に対応して沼の近くから遠くへと採食する水田を移動することで越冬できたと考えられる。

一方、本調査では沼周辺の落ち籾は10月中にはほぼ枯渇した(図2)。10月には沼周辺(地点1~3周辺)の水田で数100から多いときには10,000羽を越える群れが観察された。これらの群れによって沼周辺の落ち籾は消費されたと考えられる。

11月にはマガンは北西方向の中~遠距離水田で採食した(図3a)。このことは、落ち籾現存量が中~遠距離水田で多かった(図2)ことと対応していると考えられる。一方で沼の北東、東および南東方向の水田ではマガンの採食がみられなかった。北東方向にある中距離水田では、地点5の落ち籾現存量は11月9日に29 kg/haと、収穫直後の40%程度に減少していたことから、11月18日の分布調査以前にマガンによってすでに利用されていたと考えられる。長沼の南にある南東方向の中距離水田では、地点6周辺で11月3日に4ヶ所の水田を調べたところ、マガンの糞や羽毛が散乱し、籾はすでに枯渇状態にあったため、マガンは10月にこの地域ですでに採食したと考えられる。また、東方向の遠距離水田では、地点8で11月17日に52 kg/haの高い籾現存量を示し、その周辺の水田では12月15日の2,000羽のほかにも12月1日に6,000羽、4日に3,000羽が確認された。このことは東方向の遠距離水田は主に12月以降に利用される地域であったことを示している。

一方、大豆の収穫は11月中旬から1月中旬にかけて行われた。この時期は落ち籾が減少するか、あるいは地域的に枯渇する時期に対応していた。その結果、マガンは落ち大豆に誘引され、東方向の遠距離水田(地点8周辺)を除いて12月に大きな群れが認められたのは大豆圃場群に限定される結果になったと考えられる(図2, 3b)。

1月に地点8周辺の水田を除いて大きな群れが認められたのは12月同様に大豆圃場群であった(図3c, 図1中のIII, IV, VIおよびVIIの圃場)。特に地点IIIおよびIVでは2,000羽以上の群れが認められた。これらの2地点では12月26日に地点IIIのほとんどと地点IVの70%ほどを、その後2008年1月18日に地点IVの残り30%ほどを収穫しており、他の圃場と比較して1月でも高い現存量を維持していたと考えられる。しかしながら、地点IXの圃場はマガンによって利用されなかった。地点II~VIIIについてみると、北~北西方向にある大豆圃場は北東方向にある圃場よりも早く採食された。大豆圃場は水田と異なって局在するため、マガンによって発見される確率の高い圃場ほど早く採食されると考えられる。水田におけるマガンの分布をみると(図3a~c)、北~北西方向の水田では群れ数、群れの大きさおよび位置は月ごとに違いはあるものの、11~1月にかけて一定の群れの分布が認められた。一方で北東方向の水田では北~北西方向の水田と比較して記録された群れ数が少なかったことに加えて、月によって分布も大きく変化した。このことはマガンが北東方向よりも北~北西方向の水田を選択することを示唆している。この違いがマガンによる大豆圃場の発見確率の差異に影響し、水田への飛来頻度の高い北~北西方向の大豆圃場が収穫後すみやかに採食されたと考えられる。

一方で水田ではマガンは小さい群れとなって採食範囲内に広く分散し(図3c)、中でも丘陵沿いの細長い水田、特にその交通網沿いの水田で採食する傾向があった。落ち籾現存量調査地点の多くは水田地帯のほぼ中央付近に位置するため、頻繁に飛来するマガンによって落ち籾の消費速度が早まった可能性がある。水田地帯の中央域で12月上旬までに落ち籾がほぼ枯渇する一方で、車や人の往来がある道路沿いの水田では落ち籾が残っていた可能性があり、それらをマガンは1月に利用したと推定される。

また、この時期は群れを構成するマガンの羽数も小さかった。餌資源量の低下とともに群れ中の羽数が減少することは北海道の宮島沼でも知られ(Amano *et al.* 2006b)、本調査地域でも宮島沼と同様な現象が生じていると考えられる。ここで観察された現象は群れ内での消費型競争を緩和させるためであると考えられる。

このように宮城県北部伊豆沼・内沼周辺の採食範囲内においては、10年前は現在と比較して大規

模な大豆圃場はなく、加えて個体数が少なかったため、粃資源量の減少に対応して沼の近くから遠くへと採食する水田を移動することで越冬に必要なエネルギーを獲得できた。しかし現在、マガンは個体数増加にともなう落ち粃の消費速度の増加と大豆圃場の増加に対応して越冬期前半は落ち粃、後半は落ち大豆へと餌資源を移行させていると考えられる。

現地調査にあたって佐々木智恵氏（宮城県栗原地方振興事務所）、星 美幸氏（宮城大学）のご協力とご支援をいただきました。伊豆沼・内沼および蕪栗沼のカウントにあたっては鈴木 康氏、呉地正行氏（日本雁を保護する会）、鈴木耕平氏（蕪栗ぬまっこくらぶ）、英文要旨の校閲には Dan Taylor 氏のご協力をいただきました。2名の匿名レフリースおよび編集幹事からは有益なコメントをいただきました。また、本調査は2005年度三井物産環境基金の助成を受けて実施されました。記して感謝申し上げます。

摘 要

宮城県北部地域の低地は、日本列島で越冬するマガンの80%以上がみられ、東アジア地域で越冬するガン類の主要な越冬地となっている。ここでは1971年の狩猟禁止以降、個体数の指数関数的な増加がみられ、また、近年米価の低迷に誘起された大豆の作付面積が増加している。伊豆沼・内沼周辺地域において1997/98～1998/99年と現在の餌資源利用の時間空間的な分布の違いを比較することで、個体数および大豆作付面積の増加がマガンの採食行動にどのように影響したのかを明らかにした。餌資源量をみると、落ち粃現存量は9月下旬以降の収穫直後には平均65 kg/ha（ $N=6$ 、範囲52～78）であった。落ち粃は沼に近い水田から減少が始まり、順次遠距離にある地点（10～12 km）の水田でも12月上旬までにほぼなくなった。減少率は95%であった。落ち大豆現存量は平均355 kg/ha（ $N=9$ 、範囲120～940）で、収穫後11月中旬～1月中旬にかけて増加し、現存量計測後2～23日、平均して10日以内に採食された。2007/08年では、11月にはほとんどの群れが水田を利用したが、12月以降、落ち粃が減少するか、あるいは地域的に枯渇する時期になると大豆圃場に集中した。一方、1997/98、1998/99年の採食分布をみると、マガンは水田のみを利用し、11月にはマガンは沼周辺の水田で採食し、季節の進行

とともに採食範囲を拡大し、1月には遠距離の水田で採食した。10年前は現在と比較して大規模な大豆圃場はなく、加えて個体数が少なかったため、粃資源量の減少に対応して沼の近くから遠くへと採食する水田を移動することで越冬に必要なエネルギーを確保できた。しかし現在、マガンは個体数増加にともなう落ち粃の消費速度の増加と大豆圃場の増加に対応して越冬期前半は落ち粃、次いで後半は落ち大豆へと餌資源を転換していると考えられる。

引用文献

- Abraham K, Jefferies RL & Alisauskas RT (2005) The dynamics of landscape change and snow geese in mid-continental North America. *Global Change Biol.* **11**: 841–855.
- Ackerman JT, Takekawa JY, Orthmeyer DL, Fleskes JP, Yee JL & Kruse KL (2006) Spatial use by wintering Greater White-fronted Geese relative to a decade of habitat change in California's Central Valley. *J. Wildl. Manage.* **70**: 965–976.
- Amano T, Ushiyama K, Fujita G & Higuchi H (2006a) Foraging patch selection and departure by non-omniscient foragers: a field example in White-fronted Geese. *Ethology* **112**: 544–553.
- Amano T, Ushiyama K, Fujita G & Higuchi H (2006b) Costs and benefits of flocking in foraging White-fronted Geese (*Anser albifrons*): effects of resource depletion. *J. Zool.* **269**: 111–115.
- Fleskes JP, Perry WM, Petrik KL, Spell R & Reid F (2005) Change in area of winter-flooded and dry rice in the northern Central Valley of California determined by satellite imagery. *Calif. Fish and Game* **91**: 207–215.
- Harmon BG, Thomas CH & Glasgow LL (1960) Waterfowl foods in Louisiana ricefields. *Trans. North Am. Wildl. Conf.* **25**: 153–161.
- Hobaugh WC (1984) Habitat use by snow geese wintering in southeast Texas. *J. Wildl. Manage.* **48**: 1085–1096.
- Kear J (2005) *Ducks, Geese and Swans, volume 1*. Oxford University Press, Oxford.
- Krapu, GL, Brandt DA & Cox Jr. RR (2004) Less waste corn, more land in soybeans, and the switch to genetically modified crops: trends with important implications for wildlife management. *Wildl. Soc. Bull.* **32**: 127–136.
- Manley SW, Kaminski RM, Reinecke KJ & Gerard PD (2004) Waterbird foods in winter-managed ricefields in Mississippi. *J. Wildl. Manage.* **68**: 74–83.
- McGinn LR & Glasgow LL (1963) Loss of waterfowl foods in rice fields in southwest Louisiana. *Proc. Southeast. Assoc. Game and Fish. Comm.* **17**: 69–79.
- Miller MR, Sharp DE, Gilmer DS & Mulvaney WR (1989). Rice available to waterfowl in harvested fields in the Sacramento Valley, California. *Calif. Fish and Game* **75**: 113–123.
- Miller MR & Wylie GD (1996) Preliminary estimate of rice present in strip-harvested fields in the Sacramento Valley,

- California. Calif. Fish and Game **82**: 187–191.
- 宮林泰彦 (1994) ガン類渡来地目録. 第1版. 雁を保護する会, 若柳.
- 宮城県環境生活部 (2002) 宮城県ガン類生息環境等調査報告書. 宮城県, 仙台.
- Reinecke KJ, Kaminski RM, Moorehead KJ, Hodge JD & Nassar JR (1989) Mississippi Alluvial Valley. In Smith LM, Rederson RL & Kaminski RM (eds.) *Habitat management for migrating and wintering waterfowl in North America*: 203–247. Texas Tech University Press, Lubbock, USA.
- Shimada T (2002) Daily activity pattern and habitat use of Greater White-fronted Geese wintering in Japan: factors of the population increase. *Waterbirds* **25**: 371–377.
- 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.
- 嶋田哲郎・鈴木 康・石田みつる (2002) 糞分析法による越冬期のマガンの食性. *Strix* **20**: 137–141.
- 嶋田哲郎 (2003) 伊豆沼・内沼における越冬期のマガンの採食場所の分布. *日鳥学誌* **52**: 32–34.
- 嶋田哲郎 (2006) 日本の水田生態系におけるマガン *Anser albifrons* の越冬戦略とその保全生態学的研究. 岩手大学博士学位論文. 岩手大学, 盛岡.
- 嶋田哲郎・溝田智俊 (2008) 宮城県北部におけるガン類餌資源としての転作大豆. *日鳥学誌* **57**: 20–24.
- Stafford JD, Kaminski RM, Reinecke KJ, Kurtz ME & Manley SW (2005) Post-harvest field manipulation to conserve water rice to waterfowl. *Proc. Ann. Conf. Southeast. Assoc. Fish and Wildl. Agencies* **59**: 155–163.
- Stafford JD, Kaminski RM, Reinecke KJ & Manley SW (2006) Waster rice for waterfowl in the Mississippi Alluvial Valley. *J. Wildl. Manage.* **70**: 61–69.
- Syroechkovskiy Jr. EE (2006) Long-term declines in Arctic goose populations in eastern Asia. In: Boere GC, Galbraith CA & Stroud DA (eds.) *Waterbirds around the world*: 649–662. The Stationery Office, Edinburgh, UK.
- 東北農政局 (1997) 第44次宮城農林水産統計年表 平成8~9年. 宮城農林統計協会, 仙台.
- 東北農政局 (2007) 第53次宮城農林水産統計年表 平成17~18年. 宮城農林統計情報協会, 仙台.
- Warner RE, Havera SP & David LM (1985) Effects of autumn tillage systems on corn and soybean harvest residues in Illinois. *J. Wildl. Manage.* **49**: 185–190.
- 横田義雄・呉地正行・小杉真理子 (1980) 越冬ガンの個体群行動の研究 II. 伊豆沼・越冬ガンの採餌地の分布. *日鳥学誌* **29**: 7–33.