— 原 著 論 文 —

新潟市の海岸林における鳥類の春季渡来時期の経年変化と 気温との関係

中田 誠^{1,*}・千野奈帆美^{2,**}・千葉 晃³・小松吉蔵⁴・伊藤泰夫⁴・赤原清枝⁴・
市村靖子⁴・沖野森生⁵・佐藤 弘⁴・太刀川勝喜⁴・藤澤幹子⁴

¹ 新潟大学大学院自然科学研究科 〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町 8050

² 新潟大学農学部 〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町 8050

³ 日本歯科大学新潟生命歯学部 〒951-8580 新潟市中央区浜浦町 1-8

⁴ 日本鳥類標識協会新潟グループ 〒950-2054 新潟市西区寺尾東 1-13-11

⁵ いがた野鳥の会 〒950-0115 新潟市江南区丸山 487-12

(2010年6月4日受付；2010年10月20日受理)

キーワード：気温，春季中央到着日，地球温暖化，鳥類，新潟市。

日本鳥学会誌

Japanese Journal of
Ornithology

© The Ornithological Society
of Japan 2011

Makoto Nakata^{1,*}, Nahomi Chino², Akira Chiba³, Yoshizoh Komatsu⁴, Yasuo Itoh⁴, Kiyoshi Akahara⁴, Yasuko Ichimura⁴, Morio Okino⁵, Hiroshi Satoh⁴, Katsuyoshi Tachikawa⁴, Mikiko Fujisawa⁴. 2011. Chronological trends in the timing of spring bird migration and its relationship with temperature in a coastal forest near the city of Niigata. Jpn. J. Ornithol. 60: 63–72.

Abstract. Chronological trends in the timing of spring bird migration and its relationship with temperature were studied in a coastal forest near the city of Niigata that is used by many migratory bird species. Analyses were conducted using median arrival dates for each bird species between 28 March and 11 June in the period 1989–2008. Among the 29 bird species that satisfied analytical conditions, two species, Tree Sparrow *Passer montanus* and Narcissus Flycatcher *Ficedula narcissina* showed significant trends towards progressively earlier migration across years. For nine bird species (*i.e.* one resident species, four short-distance and four long-distance migratory species), arrival date was significantly negatively correlated with mean temperature between March and May in the city of Niigata. The rate of change in migration time for birds in spring calculated in this study was the same or greater than values found in North America and Europe. Although the average of the median arrival date for long-distance migratory birds was 11–12 days later than that of short-distance migratory birds, the adaptability of both migratory birds to the rise in temperature was almost the same. If global warming exceeds the adaptability of migratory birds, the whole migratory bird family may be seriously affected.

Key words: Temperature, Median arrival date in spring, Global warming, Birds, Niigata.

¹ Graduate School of Science and Technology, Niigata University, 2-8050, Ikarashi, Nishi-ku, Niigata 950-2181 Japan.

² Faculty of Agriculture, Niigata University, 2-8050, Ikarashi, Nishi-ku, Niigata 950-2181 Japan.

³ School of Life Dentistry at Niigata, Nippon Dental University, 1-8, Hamaura-cho, Chuo-ku, Niigata 951-8580 Japan.

⁴ Niigata Group, Japanese Bird Banding Association, 1-13-11, Teraohigashi, Nishi-ku, Niigata 950-2054 Japan.

⁵ Niigata City Birder's Club, 487-12, Maruyama, Konan-ku, Niigata 950-0115 Japan.

* E-mail: nakata@agr.niigata-u.ac.jp

** 現所属 株式会社フォレストコーポレーション

〒399-4431 長野県伊那市西春近 3005

doi:10.3838/jjo.60.63

JOI:JST.JSTAGE/jjo/60.63

はじめに

人為起源の温室効果ガスによって地球全体の気候が温暖化している。IPCC 第4次評価報告書の第2作業部会報告書では、世界平均気温が工業化前の水準を2~3°C超えた場合、これまで評価された生物種のおよそ20~30%で絶滅のリスクが高まる可能性が高いとされている (Parry *et al.* 2007)。一方、生物は生息している地域の気候変化に敏感に反応することから、生物現象の変化は温暖化の進行を把握するのに有効である (増田 2003)。欧米では、鳥類の春季渡来時期の早期化や気温上昇との関連について、長期間に渡る研究成果が多数報告されている (たとえば, Cotton 2003, Ledneva *et al.* 2004, Marra *et al.* 2005, Miller-Rushing *et al.* 2008)。また、渡り鳥の産卵開始日は気温が高いほど早まり、経年的に早期化していることが報告されている (Both & Visser 2001, 小池・樋口 2006)。鳥類だけでなく、さまざまな生物の季節現象や分布域の変化が確認されている (増田 2003)。しかし、このような生物季節の変化の程度は種によって異なり、繁殖のタイミングと食物資源のピークがずれることにより、ある種の鳥類の個体群衰退に結びついていることが報告されている (Both *et al.* 2006)。このような温暖化の影響は地球規模で起こっており、日本も例外でないと考えられるが、鳥類と温暖化との関係については、Koike & Higuchi (2002)、小池・樋口 (2006) による新潟市におけるコムクドリ *Sturnus philippensis* の産卵開始日の経年変化と早春の気温との関係、中西 (2005) による冬季のハクチョウ類の飛来数・渡来時期と気象条件との関係を扱った報告以外にほとんどない。そこで本研究では、多くの鳥類が渡りの際に訪れる新潟市の海岸林において、鳥類の春季渡来時期の経年変化と気温との関係を明らかにすることを目的とした。

調査地と方法

1) 調査地

調査は、新潟市中央区の西海岸公園内にある「野鳥の森」で行った。本公園は、新潟市の海岸線に沿って北東から南西方向へ帯状に延びる海岸保安林の一部で、長さが約5 km、本調査地付近の林帯幅は約200 mである。ここには春季と秋季に多くの渡り鳥、とくにスズメ目の小鳥類が中継地として飛来する。「野鳥の森」には、フェンスで囲ま

れた面積約1 haの区画が2カ所にあり、野鳥の水浴び用の人工池や水飲み場が設置されている。林内では、環境省委託事業として日本鳥類標識協会のバンダーと協力者により、1987年から鳥類標識調査が雨天の日を除いて春季と秋季に継続して行われており、1987~2009年の期間に92種約15万羽が捕獲・放鳥されている。

西海岸公園内の植生は、飛砂防備のために植栽されたクロマツ *Pinus thunbergii* が優占し、ニセアカシア *Robinia pseudo-acacia* が混生する。しかし近年、除間伐などの管理作業の遅れや気候の温暖化によって暖温帯性常緑広葉樹の侵入・定着が進行しており (山口・中田 2008)、クロマツ単純林から針広混交林へと遷移している。現在は、亜高木層にタブノキ *Persea thunbergii*、モチノキ *Ilex integra*、シロダモ *Neolitsea sericea* などの常緑広葉樹、エノキ *Celtis sinensis*、サクラ類 *Prunus* spp. などの落葉広葉樹、低木層にはマサキ *Euonymus japonicus*、ネズミモチ *Ligustrum japonicum*、カクレミノ *Dendropanax trifidus*、ヤマゲワ *Morus australis* などが生育している。林床にはアオキ *Aucuba japonica*、カジイチゴ *Rubus trifidus* などの低木や、ミズビキ *Antennaria filiforme*、チヂミザサ *Oplismenus undulatifolius* などの草本植物が生育している。

本調査地の気象条件は、新潟地方気象台 (北緯37度55分、東経139度3分、海拔2 m; 本調査地から東へ3 kmの場所にあり、海拔はほぼ同じ) における1969~2008年の40年間の観測では、年平均気温が13.6°C、年間降水量の平均値が1,787 mm、最深積雪の平均値が38 cmである。

2) 方法

本研究では、野鳥の森で1989年から2008年に実施された20年間の春季の標識調査データを解析に用いた。ただし、調査の行われた期間が年により異なるため、解析には毎年調査が行われた3月28日から6月11日のデータを用いた。鳥種ごとの春季渡来時期の解析は、Vahatalo *et al.* (2004)、Marra *et al.* (2005) を参考に、捕獲数10羽以上の年が5年以上あった鳥種のみを対象とし、そのうち捕獲数10羽未満の年は除外した。そして、捕獲された日をその個体が新潟海岸林に到着した日とみなし、各鳥種の到着日の中央値 (以下、中央到着日とする) を算出した。この中央到着日の定義は、各年の3月28日から6月11日の期間の各鳥種の総捕獲個体数 (再捕獲個体を除く) に対して、積算値で50%目の個体が捕獲された日とした。こ

こで、初捕獲日やピーク日（最大捕獲数を記録した日）でなく、中央値を用いた理由は、個体群サイズ（極端に少数の場合を除く）や調査者の活動量、あるいは極端に早い・遅いなどの外れ値の影響を受けにくいからである（Marra *et al.* 2005, Sparks *et al.* 2005）。今回の解析においては、解析対象とした鳥種・調査年ごとの中央到着日のうちの34%が春の渡りのピーク日と一致し、66%は5日未満のずれであった。ただし、個体数が少ない鳥種・調査年や、一般に留鳥や冬鳥と判断される鳥種において両者のずれが大きくなる傾向があった。

本研究では、解析対象とした鳥種の移動特性により、留鳥、漂鳥、短距離性渡り鳥（日本国内を移動）、長距離性渡り鳥（日本国外まで移動）に区分した。ただし、本調査地周辺では留鳥と漂鳥の区別がかなり難しい種類があるため、解析においては両者を合わせて「留鳥または漂鳥」とした。ここでの「留鳥または漂鳥」の定義は、本調査地のある新潟市周辺に定着しているか、新潟県またはその隣接地域内で近距離の移動をしている種類とする。それに対して短距離性渡り鳥としたものは、新潟県またはその隣接地域よりも遠方（ただし日本国内）まで移動している種類とする。長距離性渡り鳥には夏鳥と冬鳥の区分があるが、この場合は、新潟県を含む本州中北部で一般的に認識されている区分を採用した。以上の移動区分の際に根拠としたのは、新潟日報事業社（1981）、中村（1986a,b）、中村・中村（1995）、樋口ら（1997）、日本野鳥の会新潟県支部（1997）、山階鳥類研究所（2002）による文献記載と、標識調査従事者への聞き取りである。また、鳥種ごとの生息地に関する情報も同様の文献から得た。

本研究では、一般に渡り鳥と判断される鳥種だけでなく、留鳥・漂鳥や冬鳥と判断されるものも解析対象に含めた。これらは、本研究の対象期間の始まりである3月28日時点では、本調査地にまったく留まっていなかったり、または少数しか出現していないものが多かった。しかし、中にはシジュウカラ *Parus major* やスズメ *Passer montanus* のように、調査期間の始まりの時点で、すでにある程度の個体数が本調査地とその周辺に定着しているものがあつた。これらの鳥種においても、後述するように、他地域からの移入や、逆に他地域への移動個体があり、それらの移動時期の経年変化や気温との関係を広い視野から検討するため、本研究では解析対象に含めた。

解析に使用した気象データは、気象庁の気象統計情報からオンラインで入手した。本調査地では、解析対象としたほとんどの鳥種の中央到着日が4月または5月であったため、春季の温度環境の指標として、新潟市の3月から5月の3カ月間の平均気温を用いた。また、新潟市における気温の変化傾向が周辺地域を代表しているのかを検証するために、同じ海岸沿いに位置する新潟県佐渡島の相川測候所（北緯38度02分、東経138度14分、海拔6m）と、新潟県の本土側で、やはり海岸沿いに位置する寺泊アメダス（北緯37度38分、東経138度46分、海拔44m）の3～5月の平均気温を算出した。

本研究では、統計解析にSPSS 15.0J（SPSS Inc.）を使用した。

結 果

1) 新潟市における春季の気温の経年変化

新潟市における3～5月の3カ月間の平均気温の経年変化を図1に示す。1900～2008年の109年間では $10.3 \pm 0.9^{\circ}\text{C}$ （平均値 $\pm$ 標準偏差、以下同じ）、1969～2008年の40年間では $11.0 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ 、1989～2008年の20年間では $11.5 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ と、近年になるほど春季の平均気温は高かった。3～5月の平均気温の経年変化では、過去109年間、過去40年間とも有意な上昇傾向を示した（それぞれ、 $R^2 = 0.432$, $F_{1,107} = 81.45$, $P = 0.000$; $R^2 = 0.363$, $F_{1,38} = 21.62$, $P = 0.000$; 線型回帰分析）。とくに、過去40年間では1年につき 0.043°C の高い上昇率であった。しかし、過去20年間で見ると、年による気温の変動幅が大きく、経年的に有意な上昇傾向は示さなかった（ $R^2 = 0.027$, $F_{1,18} = 0.49$, $P = 0.491$; 線型回帰分析）。

新潟県佐渡島の相川測候所における3～5月の平均気温は、過去40年間（1969～2008年）と過去20年間（1989～2008年）では、それぞれ $10.5 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ 、 $11.0 \pm 0.7^{\circ}\text{C}$ で、いずれも新潟市より 0.5°C 低かった。また、過去40年間では有意な上昇傾向を示し（ $R^2 = 0.404$, $F_{1,38} = 25.77$, $P = 0.000$; 線型回帰分析）、1年につき 0.045°C と新潟市とほぼ同じ上昇率であった。一方、寺泊アメダスでは気温データが1979年以降しか利用できなかったため、過去20年間（1989～2008年）の3～5月の平均気温を算出したところ $11.1 \pm 0.8^{\circ}\text{C}$ で、新潟市よりも 0.4°C 低かった。

図1. 新潟市における春季（3～5月）の平均気温の経年変化。点線は1900～2008年、破線は1969～2008年、実線は1989～2008年の回帰直線を示す。図中の回帰式は、西暦1900年を0として算出した（線型回帰分析）。

Fig. 1. Chronological trends in spring (March-May) mean temperature in the city of Niigata. The dotted line shows a linear trend from 1900–2008, the broken line shows the trend from 1969–2008, and the solid line shows the trend from 1989–2008. The regression equation was calculated with the dominical year 1900 adjusted to 0 (linear regression analysis).

2) 解析対象種と中央到着日

今回の解析対象条件を満たしたのは29種であり、その一覧と春季（3月28日～6月11日）の平均捕獲数を表1に示す。解析対象種のうち、留鳥または漂鳥と判断されるものが9種、日本国内のみを移動する短距離性渡り鳥が7種、日本国外まで移動する長距離性渡り鳥が13種であった（一般に夏鳥と判断されるもの10種、冬鳥と判断されるもの3種）。調査期間中の平均捕獲数が最も多かったのはメジロ *Zosterops japonica* で、 363 ± 242 羽（平均値±標準偏差、以下同じ）だった。次いでシジュウカラが 250 ± 145 羽、ウグイス *Cettia diphone* が 166 ± 61 羽だった。

解析対象種の春季における中央到着日を表1に示す。鳥種ごとの中央到着日の平均値では、ミソサザイ *Troglodytes troglodytes*、ムクドリ *Sturnus cineraceus*、メボソムシクイ *Phylloscopus borealis* の3種以外は4月中旬から5月中旬の間にあった。中でも短距離性渡り鳥とした7種は、中央到着日の平均が4月18日から5月4日の半月余りの期間に集中していた。一方、長距離性渡り鳥とした13種のうちの10種は、中央到着日の平均が4月下旬から5月中旬にあった。しかし、一般に冬鳥と判断されるシロハラ *Turdus pallidus*、アトリ *Fringilla montifringilla*、マヒワ *Carduelis spinus* の3種は、中央到着日の平均が4月13～23日であり、夏鳥と

判断されるものよりも早かった。

3) 新潟海岸林における鳥類の春季渡来時期の経年変化

本調査地における鳥類の春季中央到着日と西暦との相関を表1に示す。相関係数の値は、解析対象とした29種のうち22種が負の値、7種が正の値を示し、約3/4の鳥種で中央到着日が経年的に早まる傾向にあった。そのうち、統計的に有意に中央到着日を早めていたのはスズメとキビタキ *Ficedula narcissina* の2種だった。それに対して、調査期間中に中央到着日が有意に遅くなっている種はなかった。

各鳥種の調査年ごとの中央到着日をプロットした散布図での回帰直線の傾きにより、1年ごとの中央到着日の変化率を求めた（表1）。経年的に中央到着日が有意に早まっていた2種のうち、スズメは1年につき1.71日（20年間で34日間に相当）と最大の変化率を示した。キビタキは1年につき中央到着日が0.42日早まっていた。

4) 新潟海岸林における鳥類の春季渡来時期と気温との関係

本調査地における鳥類の春季中央到着日と新潟市の春季（3～5月）の平均気温との相関を表1に示す。相関係数の値は、解析対象とした29種のうち24種が負の値、5種が正の値を示し、約4/5の

表 1. 鳥類の春季中央到着日と西暦および新潟市の 3~5 月平均気温との相関。
Table 1. Median arrival dates for bird species in spring and the correlation with both the dominical year and mean temperature in March-May in the city of Niigata.

種名 Species	学名 Scientific name	捕獲数 (平均±標準偏差)*1 No. of birds captured (mean ± SD)	解析対象年数 No. of years analyzed	中央到着日 Median arrival date		西暦との相関*2 Correlation with year			気温との相関*2 Correlation with temperature					
				平均	標準偏差	r	F _{d.f.}	P	Slope	r	F _{d.f.}	P	Slope	
留鳥または漂鳥 Resident or wandering birds	<i>Troglodytes troglodytes</i>	10 ± 7	9	4 月 8 日	± 3 日	0.226	F _{1,7} = 0.38	0.559	0.13	-0.135	F _{1,7} = 0.13	0.729	-0.7	
	<i>Cettia diphone</i>	166 ± 61	20	4 月 23 日	± 3 日	-0.282	F _{1,18} = 1.55	0.229	-0.16	-0.299	F _{1,18} = 1.77	0.201	-1.4	
	<i>Regulus regulus</i>	12 ± 12	9	4 月 12 日	± 3 日	0.169	F _{1,7} = 0.21	0.664	0.08	-0.239	F _{1,7} = 0.42	0.536	-0.9	
	<i>Parus ater</i>	18 ± 28	7	4 月 24 日	± 9 日	-0.525	F _{1,5} = 1.90	0.226	-0.87	0.155	F _{1,5} = 0.12	0.740	2.0	
	<i>Parus varius</i>	15 ± 21	7	4 月 27 日	± 4 日	0.176	F _{1,5} = 0.16	0.706	0.13	-0.712	F _{1,5} = 5.14	0.073	-4.9	
	<i>Parus major</i>	250 ± 145	20	4 月 15 日	± 5 日	-0.263	F _{1,18} = 1.34	0.263	-0.23	-0.660	F _{1,18} = 13.89	0.002	-4.8 **	
	<i>Carduelis sinica</i>	117 ± 92	20	5 月 6 日	± 11 日	-0.296	F _{1,18} = 1.73	0.204	-0.53	-0.019	F _{1,18} = 0.01	0.937	-0.3	
	<i>Passer montanus</i>	57 ± 34	20	5 月 14 日	± 15 日	-0.681	F _{1,18} = 15.55	0.001	-1.71 ***	-0.275	F _{1,18} = 1.48	0.240	-5.7	
	<i>Sturnus cineraceus</i>	13 ± 11	12	5 月 29 日	± 6 日	-0.074	F _{1,10} = 0.06	0.818	-0.07	-0.139	F _{1,10} = 0.20	0.666	-1.3	
	短距離性渡り鳥 Short-distance migratory birds	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	57 ± 19	20	4 月 29 日	± 8 日	-0.138	F _{1,18} = 0.35	0.562	-0.20	-0.472	F _{1,18} = 5.17	0.035	-5.5 *
<i>Lanius bucephalus</i>		31 ± 16	19	4 月 18 日	± 6 日	-0.434	F _{1,17} = 3.95	0.063	-0.46	-0.284	F _{1,17} = 1.49	0.238	-2.4	
<i>Tarsiger cyanurus</i>		72 ± 36	20	4 月 21 日	± 2 日	-0.233	F _{1,18} = 1.04	0.322	-0.10	0.237	F _{1,18} = 1.08	0.314	0.8	
<i>Turdus chrysolaus</i>		17 ± 7	18	5 月 4 日	± 4 日	-0.083	F _{1,16} = 0.11	0.745	-0.05	-0.612	F _{1,16} = 9.57	0.007	-3.2 **	
<i>Zosterops japonica</i>		363 ± 242	20	4 月 21 日	± 4 日	-0.107	F _{1,18} = 0.21	0.652	-0.08	-0.564	F _{1,18} = 8.41	0.010	-3.3 **	
<i>Emberiza spodocephala</i>		129 ± 48	20	4 月 25 日	± 3 日	-0.103	F _{1,18} = 0.19	0.667	-0.05	-0.219	F _{1,18} = 0.91	0.354	-0.9	
<i>Emberiza variabilis</i>		35 ± 20	19	4 月 26 日	± 5 日	-0.349	F _{1,17} = 2.35	0.144	-0.29	-0.543	F _{1,17} = 7.12	0.016	-3.6 *	
長距離性渡り鳥 Long-distance migratory birds		<i>Erithacus akahige</i>	7 ± 5	8	4 月 28 日	± 6 日	-0.504	F _{1,6} = 2.04	0.203	-0.52	-0.712	F _{1,6} = 6.17	0.048	-4.2 *
		<i>Luscinia cyane</i>	32 ± 17	19	5 月 12 日	± 4 日	-0.126	F _{1,17} = 0.28	0.607	-0.08	-0.097	F _{1,17} = 0.16	0.692	-0.6
		<i>Turdus cardis</i>	22 ± 7	20	4 月 29 日	± 4 日	-0.274	F _{1,18} = 1.46	0.242	-0.18	-0.630	F _{1,18} = 11.84	0.003	-3.4 **
	<i>Turdus pallidus</i>	21 ± 9	19	4 月 23 日	± 3 日	-0.180	F _{1,17} = 0.57	0.462	-0.10	-0.196	F _{1,17} = 0.68	0.420	-0.9	
	<i>Urosphena squameiceps</i>	25 ± 12	18	4 月 25 日	± 5 日	-0.210	F _{1,16} = 0.74	0.404	-0.19	-0.678	F _{1,16} = 13.62	0.002	-4.8 **	
	<i>Phylloscopus borealis</i>	60 ± 43	20	6 月 4 日	± 3 日	-0.081	F _{1,18} = 0.12	0.736	-0.04	0.004	F _{1,18} = 0.00	0.988	0.0	
	<i>Phylloscopus tenellipes</i>	43 ± 19	20	5 月 7 日	± 4 日	-0.127	F _{1,18} = 0.29	0.594	-0.09	-0.287	F _{1,18} = 1.62	0.219	-1.6	
	<i>Phylloscopus coronatus</i>	81 ± 54	19	5 月 8 日	± 5 日	0.045	F _{1,17} = 0.04	0.854	0.04	-0.575	F _{1,17} = 8.41	0.010	-3.9 **	
	<i>Ficedula nareissina</i>	14 ± 8	14	5 月 10 日	± 4 日	-0.574	F _{1,12} = 5.91	0.032	-0.42 *	-0.085	F _{1,12} = 0.09	0.774	-0.4	
	<i>Cyanopitta cyanomelana</i>	17 ± 9	15	5 月 7 日	± 4 日	0.251	F _{1,13} = 0.88	0.366	0.17	-0.192	F _{1,13} = 0.50	0.493	-0.9	
コサメビタキ	<i>Muscicapa dauurica</i>	7 ± 6	5	5 月 19 日	± 4 日	0.308	F _{1,3} = 0.31	0.614	0.19	0.253	F _{1,3} = 0.21	0.681	1.1	
アトリ*3	<i>Fringilla montifringilla</i>	12 ± 11	10	4 月 13 日	± 7 日	-0.250	F _{1,8} = 0.53	0.486	-0.39	-0.485	F _{1,8} = 2.46	0.155	-4.4	
マヒワ*3	<i>Carduelis spinus</i>	13 ± 21	6	4 月 20 日	± 9 日	0.363	F _{1,4} = 0.61	0.479	0.66	0.037	F _{1,4} = 0.01	0.945	0.6	

*1 20 年間の春季 (3 月 28 日~6 月 11 日) のすべてのデータに基づく。

*2 r, 相関係数; F_{d.f.}, F 値および自由度; P, 有意水準; Slope, 回帰直線の傾き (***, P<0.001; **, P<0.01; *, P<0.05; 線型回帰分析)。

*3 冬鳥と判断されるもの。

*1 Calculated using all spring data for 20 years (28 March - 11 June).

*2 r, correlation coefficient; F_{d.f.}, F value and degrees of freedom; P, significance level; Slope, slope of regression line (***, P<0.001; **, P<0.01; *, P<0.05; linear regression analysis).

*3 Considered as winter birds.

図2. 鳥類の中央到着日と新潟市の春季(3~5月)の平均気温との関係。各シンボルは、表1の各移動区分の鳥種のうち、解析対象年数が18年間以上の種の平均値(冬鳥であるシロハラを除く)。実線は留鳥もしくは漂鳥(●)、破線は短距離性渡り鳥(□)、点線は長距離性渡り鳥(△)の回帰直線を示す。図中の回帰式は、気温10°Cを0、日付の4月1日を1として算出した(線型回帰分析)。

Fig. 2. Relationships between the median arrival dates of bird species and spring (March-May) mean temperature in the city of Niigata. Each symbol shows the average for bird species for which effective data were available for at least 18 years (except *Turdus pallidus* as a winter bird); data are shown for each migration type listed in Table 1. The solid line shows the linear trend for resident or wandering birds (●), the broken line shows the trend for short-distance migratory birds (□), and the dotted line shows the trend for long-distance migratory birds (△). The regression equation was calculated with a mean temperature of 10°C adjusted to 0 and the date 1 April adjusted to 1 (linear regression analysis).

鳥種で春季の平均気温が高い年ほど中央到着日が早まる傾向にあった。そのうち、シジュウカラ、ヒヨドリ *Hypsipetes amaurotis*、アカハラ *Turdus chrysolaus*、メジロ、クロジ *Emberiza variabilis*、コマドリ *Erithacus akahige*、クロツグミ *Turdus cardis*、ヤブサメ *Urosphena squameiceps*、センダイムシクイ *Phylloscopus coronatus* の9種が、新潟市の春季の平均気温が高い年ほど中央到着日が有意に早くなっていた。それに対して、春季の平均気温が高い年ほど中央到着日が有意に遅くなっている種はなかった。

前節と同様の方法により、新潟市の春季(3~5月)の平均気温の1°C上昇に対する中央到着日の変化率を求めた(表1)。中央到着日が高気温の春季の平均気温と有意な相関を示した9種のうち、気温の1°C上昇に対する変化率が最も大きかったのはヒヨドリで5.5日、次いでシジュウカラとヤブサメがいずれも4.8日の早期化を示していた。

表1で解析対象年数が18年間以上ある鳥種について、移動区分別に各調査年の中央到着日の平均と新潟市の春季(3~5月)の平均気温との関係を図2に示す。この解析条件を満たしたのは、留鳥または漂鳥が4種、短距離性渡り鳥が7種、長距

離性渡り鳥が冬鳥であるシロハラを除き6種である。ここでシロハラを除いたのは、新潟県を含む本州中部以南で多く越冬し、春季に繁殖地へ向けて北上するために、本調査地に渡来するまでの移動距離が短いものが多く、むしろ短距離性渡り鳥に近いと考えられたためである。図2では、短距離性渡り鳥と長距離性渡り鳥において有意な負の相関が認められた(それぞれ、 $R^2 = 0.270$, $F_{1,18} = 6.66$, $P = 0.019$; $R^2 = 0.302$, $F_{1,18} = 7.79$, $P = 0.012$; 線型回帰分析)。平均気温の1°C上昇に対する中央到着日の変化率は、短距離性渡り鳥が2.4日の早期化、長距離性渡り鳥が2.7日の早期化で、両者は同程度だった。また、長距離性渡り鳥の中央到着日は短距離性渡り鳥よりも平均して11~12日間遅かった。

考 察

1) 新潟海岸林における鳥類の春季渡来時期の経年変化

渡りの開始時期は、おもに日長(日照時間)によりコントロールされている(Nakamura *et al.* 1983)。その理由は、日長は地球の公転に伴って1

年の間に規則的に変化するため、毎年同じ時期に渡りを開始することができるからである（沼田・志賀 2007）。また、気温や湿度といった天候や食物などの二次的要因によっても渡りの開始時期が影響を受けている（中村・石川 1985, 中村・菱山 1987, Newton 2010）。この二次的要因の中でも、気温に対する反応は渡りの距離の長短によって異なることや（Butler 2003, Huppopp & Huppopp 2003, Miller-Rushing *et al.* 2008）、気温が渡りの速度に影響を及ぼすなど（Huin & Sparks 1998, Marra *et al.* 2005）、渡りに対する気温の影響はとくに大きいと考えられる。

新潟市の春季（3～5月）の平均気温が高いほど統計的に有意に早く到着していた9種は、留鳥と判断されるシジュウカラを除いて、基本的には水平的な渡りをする種である。このような鳥種では、近年の地球温暖化の影響によって渡来時期が経年的に早まっていると予想されたが、1989～2008年の調査期間中では、経年的に到着が有意に早まっているわけではなかった（表1）。新潟市の3～5月の平均気温は、1900年以降、あるいは今回の解析期間を含む過去40年間（1969～2008年）では有意に上昇していたが、調査を行った20年間では、年による変動幅が大きいために統計的に有意な上昇傾向を示さなかった（図1）。そのため、本調査地への春季渡来時期と気温との間に有意な相関がある種でも、統計的には渡来時期が経年的に早まっているという結果にならなかったと考えられる。

一方、春季における本調査地への渡来時期が経年的に有意に早くなっていたスズメとキビタキは、いずれも春季の平均気温と有意な相関を示さなかった。これら2種のうち、スズメは留鳥で人家周辺に生息するが、新潟県では冬季に一部の個体が関東地方などへ移動していることが確認されている（山階鳥類研究所 2002）。スズメの中央到着日は調査期間の前半は5月中～下旬だったが、調査期間の後半には4月下旬～5月上旬に早まっていた。新潟市西海岸公園は、1970年代までは比較的管理された海岸クロマツ林だったが、それ以降は管理の遅れから植生遷移が進み、現在は落葉性と常緑性の広葉樹がクロマツ林の亜高木層から低木層で優占している（山口・中田 2008）。そのため、春先の新葉（落葉性、常緑性とも）が展開する前はやや見通しが利くが、それ以降は林内の見通しがきわめて不良になる。したがって、植生遷移の進行に伴い、スズメの生息しやすい林内環境

が時期的に早い方向にシフトしていることが原因になっていると考えられる。また、今回の解析を行った20年間では、新潟市の3～5月の平均気温は年による変動幅が大きいために統計的に有意な上昇を示さなかったものの、筆者らの現地での観察では、スズメは近年の温暖化傾向（積雪の減少）を反映して早期に繁殖を開始しているようである。そして、繁殖後の個体が市街地から餌などを求めて本調査地である新潟海岸林へ移動してきたことも、渡来時期が経年的に早まっている一因になっている可能性がある。

キビタキは東南アジアで越冬する長距離性渡り鳥（夏鳥）で、森林に生息する。キビタキの中央到着日は調査期間の前半は5月中旬が多かったが、調査期間の後半には5月上旬に早まっていた。キビタキの春季渡来時期が経年的に早まっているのには、越冬地や渡りのルート上の環境変化が関係している可能性があるが、本研究ではその原因の推測は困難である。

なお、本研究で解析対象条件を満たした29種のうち、ウグイス、シジュウカラ、カワラヒワ *Carduelis sinica*、スズメ、ムクドリ、ヒヨドリ、メジロ、アオジ *Emberiza spodocephala*、クロツグミの9種は、西海岸公園内およびその周辺で繁殖が確認されている（伊藤 2006）。そのため、これらの種には本調査地への渡来後、しばらくしてから捕獲された個体が含まれている可能性がある。しかし、本研究では中央到着日を用いており、解析結果への影響は比較的小さいと考えられる。

2) 新潟海岸林における鳥類の春季渡来時期と気温との関係

新潟市の3～5月の平均気温は周辺地域よりも0.4～0.5℃高く、都市化の影響（ヒートアイランド現象）がわずかに及んでいると考えられる。しかし、過去40年間における3～5月の平均気温の上昇率は1年につき0.043℃で、周辺地域と同程度だった。そのため、新潟市における春季の気温の変化傾向は、周辺地域を代表していると考えられる。

本調査地における春季中央到着日が新潟市の3～5月の平均気温と有意な相関を示したのは9種で、そのうち留鳥と判断されるのはシジュウカラの1種のみである。シジュウカラは新潟県ではおもに平地から低山帯の林に生息し、冬は市街地の公園や人家の庭でよく見られる（新潟日報事業社 1981）。しかし、標識調査の結果から、本調査地と

北海道の間で一部の個体の移動が確認されている(山階鳥類研究所 2002)。また、本調査地でのシジュウカラの捕獲数には、春季の北上個体群の影響を受けたと考えられる明瞭な増加が4月にあり(藤澤幹子 私信)、その時期が春季の気温に関係している可能性が示唆された。なお、留鳥や冬鳥と判断される種で、中央到着日と渡りのピーク日のずれが大きくなる傾向があったが、調査開始時にすでにいた個体や、到着後に留まっている個体の捕獲記録が影響している可能性がある。

本調査地における春季中央到着日が新潟市の3~5月の平均気温と有意な相関を示した鳥種のうち、短距離性渡り鳥としたものは4種だった。これらの種類の新潟県内での生息状況は、新潟日報事業社(1981)、日本野鳥の会新潟県支部(1997)によると、ヒヨドリは留鳥となっているものがあるが、春と秋に大きな群れを作って新潟県内を通り過ぎるものが多い。アカハラは本州中部以北で繁殖し、新潟県内では夏は高原地帯の林に生息するが、冬は南日本に移動する。メジロは低山帯の森林に生息し、秋には平地でもよく見られるが、新潟県では冬はほとんどが南の暖かい地方へ移動する。クロジは新潟県ではおもに山地に生息し、本州南西部よりも南で越冬する。このように、短距離性渡り鳥は日本国内での移動であるため、移動経路間での気温の相関が高いと考えられる。Miller-Rushing *et al.* (2008) は、越冬地と繁殖地の気温に相関がある場合、短距離性渡り鳥は越冬地において渡りのルート上の状況を予測できるため、気温だけでなく、展葉や昆虫の発生といった気温と関連が深い現象を利用して、越冬地を出発するとしている。

本調査地における春季中央到着日が新潟市の3~5月の平均気温と有意な相関を示した9種のうち、コマドリ、クロツグミ、ヤブサメ、センダイムシクイの4種は夏鳥で、冬は中国南部や東南アジア方面で越冬する長距離性渡り鳥である(山階鳥類研究所 2002)。このような鳥種では、越冬地と繁殖地の気温には相関がほとんどないと考えられる。また、多くの長距離性渡り鳥が越冬する亜熱帯地域では、温帯に比べて年間の気温変化が小さいことから、越冬地において渡りを開始するタイミングに及ぼす気温(あるいは地球温暖化)の影響は比較的小さいと考えられる。ヨーロッパや北アメリカでは、長距離性渡り鳥はルート上の気温変化によって渡りの速度やタイミングを調節していることが報告されている(Huin & Sparks 1998, Marra *et al.* 2005)。そのため、本調査地へ

の中央到着日が新潟市の春季の平均気温と有意な相関を示した上記の長距離性渡り鳥などは、渡りの際の通過地で気温が高い場合には渡りの速度を上げるなどして、本調査地への渡来が早まったのではないかと推察でき、このような事例はコムクドリでも述べられている(小池・樋口 2006)。

新潟市の春季(3~5月)の平均気温が1°C上昇するにつき、中央到着日は短距離性渡り鳥が2.4日(7種の平均値)、長距離性渡り鳥が2.7日(6種の平均値)早期化しており、その変化率は同程度だった(図2)。これは、1961~2001年の41年間の調査で、4~5月の平均気温の1°C上昇に対して32種の渡り鳥の平均到着日が1日早期化したという北アメリカ東部での報告(Marra *et al.* 2005)に比べて2倍以上の変化率であった。また、同じ北アメリカ東部では、1970~2002年の33年間の調査で、鳥類が春季に到着した月とその前の月の平均気温が1°C上昇するにつき、到着がアメリカオシドリ *Aix sponsa* で6.2日、ハゴロモガラス *Agelaius phoeniceus* で2.5日早まったと報告されている(Ledneva *et al.* 2004)。イギリスでは、1736~1958年の223年間の観察記録を整理し、4月の気温が1°C上昇するにつき、ツバメ *Hirundo rustica* とカッコウ *Cuculus canorus* の到着日がそれぞれ1.6日と1.8日早まったと推定されている(Sparks 1999)。本研究で、春季の平均気温の上昇に対して中央到着日が統計的に有意に早まっていた9種では、1°Cの上昇につき3.2日(アカハラ)から5.5日(ヒヨドリ)までの幅があり、9種の平均で4.1日の早期化であった。このように、気温に対する鳥類の春季渡来時期の変化率は地域や鳥種により異なるものの、本研究で得られた値は、いずれも北アメリカやヨーロッパでの研究事例に匹敵するか、またはそれ以上の値であった。

3) 地球温暖化と鳥類の春季渡来時期

本研究で解析対象とした29種のうち、20種は春季渡来時期と気温の間に有意な相関がなかった。これらの種には、新潟県内で繁殖しているものもあれば、新潟県を通過して、より北方域で繁殖しているものもある。温暖化は地球全体で均一に進行するのではなく、高緯度地方ほど変化の幅が大きいと予想されている(Solomon *et al.* 2007)。オランダのマダラヒタキ *Ficedula hypoleuca* 個体群で明らかにされたように(Both *et al.* 2006)、地球温暖化によって繁殖地での他種の生物季節が早まった場合、長距離性渡り鳥の繁殖期と餌生物の発生

ピークのずれが拡大し、繁殖成功率に重大な影響を及ぼす恐れがある。本調査地である新潟海岸林では、長距離性渡り鳥の中央到着日は短距離性渡り鳥よりも平均して11~12日間遅かったが(図2)、両者の気温上昇への適応度合い(気温の1°C上昇に対する中央到着日の早まり)はほぼ同じだった。そのため、長距離性渡り鳥、短距離性渡り鳥ともに、気温上昇がその適応能力を上回れば、渡り鳥全般に影響の出る可能性がある。また、スズメのような留鳥も繁殖時期の早期化が本調査地(新潟海岸林)への渡来時期を早めている可能性があり、温暖化の影響が渡り鳥と留鳥の双方に反映されている可能性が本研究により示唆された。

欧米では、渡りのルート上の複数地点における調査データを比較することで、広域スケールでの鳥類の渡りの時期や速度に対する気温の影響が解析されている(Huin & Sparks 1998, Marra *et al.* 2005)。日本でもさまざまな地域で鳥類の標識調査が行われているが、複数地点のデータを比較する研究はほとんど行われていない。最近では、衛星追跡によって渡りのルートや時期に関する詳細な調査が可能になっているが(樋口 2007)、小鳥類への適用はまだ技術的に困難である。そのため日本においても、より長期的にモニタリングを続けるとともに、調査地間でデータを共有して解析を行い、鳥類に対する環境変化の影響を広域スケールで解明する必要がある。また、鳥類の渡り時期とともに、個体数の動態にも注目して解析を行うことが重要である。この点において、既報(Komatsu *et al.* 2004)とともに本報告が一つの試みとなれば幸いである。

本研究の野外調査に際しては、日本鳥類標識協会新潟グループの古川八重子氏、南雲照三氏、にいがた野鳥の会の川崎正明氏、矢部健吾氏、鶴間 匠氏、平野邦典氏に協力をいただいた。また、論文をまとめるにあたり、新潟大学超域研究機構の永田尚志准教授、高野瀬洋一郎助教、新潟大学大学院自然科学研究科の金子尚樹氏、南沙織氏にアドバイスをいただいた。これらの方々にお礼申し上げる。本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金(課題番号 21580177)の支援を受けて実施した。

摘 要

多くの鳥類が渡りの際に訪れる新潟市の海岸林において、鳥類の春季渡来時期の経年変化と気温との関係を解析した。解析には1989~2008年の3月28日から6月11日の期間における各鳥種の中

央到着日を用いた。解析対象条件を満たした29種のうち、本調査地への渡来時期が経年的に有意に早くなっていたのはスズメ(留鳥)とキビタキ(長距離性渡り鳥)の2種だった。一方、留鳥で1種、短距離性渡り鳥で4種、長距離性渡り鳥で4種の合計9種が新潟市の春季(3~5月)の平均気温が高いほど有意に早く調査地に渡来していた。本研究で得られた、気温に対する鳥類の春季渡来時期の変化率は、北アメリカやヨーロッパでの研究事例に匹敵するか、またはそれ以上の値であった。長距離性渡り鳥の中央到着日は短距離性渡り鳥よりも平均して11~12日間遅かったが、両者の気温上昇への適応度合いはほぼ同じだった。そのため、長距離性渡り鳥、短距離性渡り鳥ともに、気温上昇がその適応能力を上回れば、渡り鳥全般に影響の出る可能性がある。

引用文献

- Both C & Visser ME (2001) Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. *Nature* **411**: 296–298.
- Both C, Bouwhuys S, Lessells CM & Visser ME (2006) Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature* **441**: 81–83.
- Butler CJ (2003) The disproportionate effect of global warming on the arrival dates of short-distance migratory birds in North America. *Ibis* **145**: 484–495.
- Cotton PA (2003) Avian migration phenology and global climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **100**: 12219–12222.
- 樋口広芳 (2007) 鳥の渡りの謎を解く—衛星追跡からわかったこと。松本忠夫・長谷川真理子(編)シリーズ21世紀の動物科学11, 生態と環境: 6–50. 培風館, 東京.
- 樋口広芳・森岡弘之・山岸 哲編(1997)日本動物大百科, 第4巻<鳥類Ⅱ>。平凡社, 東京.
- Huin N & Sparks TH (1998) Arrival and progression of the Swallow *Hirundo rustica* through Britain. *Bird Study* **45**: 361–370.
- Huppopp O & Huppopp K (2003) North Atlantic Oscillation and timing of spring migration in birds. *Proc. R. Soc. Lond. B* **270**: 233–240.
- 伊藤泰夫(2006)新潟市関屋海岸保安林の鳥相。日本野鳥の会新潟県支部報 **61**: 2–8.
- 気象庁。気象統計情報(オンライン), 入手先<<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>>, (入手2010-09-02)
- Koike S & Higuchi H (2002) Long-term trends in the egg-laying date and clutch size of Red-cheeked Starlings *Sturnia philippensis*. *Ibis* **144**: 150–152.
- 小池重人・樋口広芳(2006)気候変動が同一地域の鳥類、昆虫、植物の生物季節に与える影響。地球環境 **11**: 27–34.
- Komatsu Y, Satoh H, Fujisawa M & Chiba A (2004) Some

- aspects of seasonal migration of the bush warbler *Cettia diphone* at Niigata City on the coast of Central Japan, as revealed by banding. *J. Yamashina Inst. Ornithol.* **36**: 28–36.
- Ledneva A, Miller-Rushing AJ, Primack RB & Imbres C (2004) Climate change as reflect in a naturalist's diary, Middleborough, Massachusetts. *Wilson. Bull.* **116**: 224–231.
- Marra PP, Francis CM, Mulvihill RS & Moore FR (2005) The influence of climate on the timing and rate of spring bird migration. *Oecologia* **142**: 307–315.
- 増田啓子 (2003) 温暖化の影響と対策, 生物季節への影響. 遺伝別冊 **17**: 101–108.
- Miller-Rushing AJ, Lloyd-Evans TL, Primack RB & Satzing P (2008) Bird migration times, climate change, and changing population sizes. *Glob. Change Biol.* **14**: 1959–1972.
- 中村登流 (1986a) 野鳥の図鑑<陸の鳥①>. 保育社, 大阪.
- 中村登流 (1986b) 野鳥の図鑑<陸の鳥②>. 保育社, 大阪.
- 中村登流・中村雅彦 (1995) 原色日本野鳥生態図鑑<陸鳥編>. 保育社, 大阪.
- 中村 司・石川典子 (1985) 鳥類の渡りに及ぼす外的要因—日照時間と食物について—. 山梨大学教育学部研究報告 **36**: 47–52.
- 中村 司・菱山憲治 (1987) カシラダカの渡り活動に及ぼす気象的要因—湿度を主とする—. 山梨大学教育学部研究報告 **38**: 32–35.
- Nakamura T, Ito M & Naito K (1983) Migratory activities of some *Emberiza* species exposed to different artificial light and temperatures. *Rep. Lib. Art and Educ. Yamanashi Univ.* **34**: 79–83.
- 中西 朗 (2005) 渡り鳥から見た地球温暖化. 成山堂書店, 東京.
- Newton I (2010) *Bird Migration*. HarperCollins, New York.
- 日本野鳥の会新潟県支部編 (1997) 雪国の鳥を訪ねて—新潟県探鳥地—. 新潟日報事業社, 新潟.
- 新潟日報事業社編 (1981) 新潟県鳥獣図鑑. 新潟日報事業社, 新潟.
- 沼田英治・志賀向子 (2007) 光周性・概年リズム. 七田芳則・深田吉孝 (編) シリーズ 21 世紀の動物科学 9, 動物の感覚とリズム: 148–176. 培風館, 東京.
- Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP & Co-authors (2007) Technical summary. Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ & Hanson CE (eds.) *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: 23–78. Cambridge University Press, Cambridge.
- Solomon S, Qin D, Manning M, Alley RB, Berntsen T, Bindoff NL, Chen Z, Chidthaisong A, Gregory JM, Hegerl GC, Heimann M, Hewitson B, Hoskins BJ, Joos F, Jouzel J, Kattsov V, Lohmann U, Matsuno T, Molina M, Nicholls N, Overpeck J, Raga G, Ramaswamy V, Ren J, Rusticucci M, Somerville R, Stocker TF, Whetton P, Wood RA & Wratt D (2007) Technical summary. Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt KB, Tignor M & Miller HL (eds.) *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Sparks TH (1999) Phenology and the changing pattern of bird migration in Britain. *Int. J. Biometeorol.* **42**: 134–138.
- Sparks TH, Bairlein F, Bojarinova JG, Huppop O, Lehtikainen EA, Rainio K, Sokolov LV & Walker D (2005) Examining the total arrival distribution of migratory birds. *Glob. Change Biol.* **11**: 22–30.
- Vahatalo AV, Rainio K, Lehtikainen A & Lehtikainen E (2004) Spring arrival of birds depends on the North Atlantic Oscillation. *J. Avian Biol.* **35**: 210–216.
- 山口友平・中田 誠 (2008) 市街地に隣接した海岸クロマツ林における常緑広葉樹の侵入と成長. 海岸林学会誌 **7**(2): 7–15.
- 山階鳥類研究所 (2002) 鳥類アトラス, 鳥類回収記録解析報告書 (1961–1995). 環境省自然環境局野生生物課, 東京.