

야생동물위치추적기(WT-200)를 이용한 청둥오리의 이동거리 및 행동권 연구^{1a}

강태한^{2*} · 김달호² · 조해진² · 신용운² · 이한수² · 서재화³ · 황종경³

Movements and Home-range of Mallards by GPS-Mobile based Telemetry (WT-200) in Korea^{1a}

Tehan Kang^{2*}, Dal-Ho Kim², Hae-Jin Cho², Young-Un Shin², Hansoo Lee², Jae-Hwa Suh³, Jongkyung Hwang³

요 약

청둥오리는 대표적인 한국내 월동 수조류로 넓은 농경지를 월동지로 이용한다. 한국의 중부지역에 위치한 만경강 하류지역에서 청둥오리 월동 행동권 및 월동지에서 이동거리를 파악하고자 하였다. 2011-2013년 월동기에 Cannon-net 을 이용하여 포획된 청둥오리 7개체에 GPS-이동통신 시스템을 기반으로 하는 야생동물위치추적장치(WT-200)를 부착 하였다. 청둥오리 행동권 분석은 GIS용 SHP 파일과 ArcGIS 9.0 Animal Movement Extension을 이용하였으며, 커널밀도 측정법(Kernel Density Estimation : KDE)과 최소볼록다각형법(Minimum Convex Polygon Method : MCP)을 이용하여 분석하였다. 청둥오리 행동권은 최소볼록다각형법(MCP)에 의해서 118.8 km²(SD=70.1, n=7) 이었으며, 커널밀도 측정법(KDE)으로는 60.0km²(KDE 90%), 23.0km²(KDE 70%) and 11.6km²(KDE 50%)이었다. 야생동물위치추적장치 (WT-200) 부착지점으로부터 이동거리는 평균 19.4km이었으며, 최대이동거리는 33.2km, 최소이동거리는 9.4km이었다. GPS좌표가 획득된 정점간 거리는 평균 0.8km이었으며, 정점간 이동거리는 최소 6.5km에서 최대 19.7km이었다. 청둥오리는 월동기 동안 매우 짧은 거리를 이동하였으며, 월동지에서 수계 의존성이 매우 높은 경향을 보였다.

주요어 : 야생동물위치추적기, GPS, 커널밀도측정법(KDE), 최소볼록다각형법(MCP), 행동권분석

ABSTRACT

Mallard (*Anas platyrhynchos*) is the abundant winter visitor in South Korea. Mallard migrates long distances between Russian Siberia and Korea. This species prefers a rice paddy area as their winter habitat. We captured birds using cannon-net, and attached the GPS-Mobile phone based Telemetry(WT-200) on Seven Mallards in the winter of 2011 ~ 2013. We were monitored wintering home-range and movement distance. We analyzed the tracking location data using ArcGIS 9.0 and calculated Kernel Density Estimation (KDE) and Minimum Convex Polygon (MCP). The average home-range in the wintering ground by MCP was 118.8 km²(SD=70.1, n=7) and the maximum home-rang was 221.8 km² and the minimum was 27.7 km². Extents of home-range by KDE were 60.0 km²(KDE 90%), 23.0 km²(KDE 70%) and 11.6 km²(KDE 50%). Mallard moved an average of 19.4 km from start

1 접수 2014년 10월 5일, 수정 (1차: 2014년 12월 8일), 게재확정 2014년 12월 9일

Received 5 October 2014; Revised (1st: 8 December 2014); Accepted 9 December 2014

2 한국환경생태연구소 KoEco, Daejeon(305-301), Korea

3 국립환경과학원 National Institute of Environmental Research, Incheon(404-708-748), Korea

a 이 연구는 국립환경과학원의 '야생동물의 조류인플루엔자 예찰'의 지원으로 수행되었음.

* 교신저자 Corresponding author: Tel: 042) 825-6477, Fax: 042) 825-6478, E-mail: okth2000@kienv.co.kr

site(attach to WT-200 site), maximum moved was 33.2 km and minimum moved was 9.4 km. The average distance of 0.8 km between GPS fixed point(range 0.2 ~ 1.6 km), maximum moved was 19.7 km. Mallard moved a very short distance in wintering season and showed a very high water-dependent trends in wintering site.

KEY WORDS: TELEMETRY, GPS, KERNEL DENSITY ESTIMATION(KDE), MINIMUM CONVEX POLYGON(MCP), HOME RANGE ANALYSIS

서론

한국의 서해안 지역에 분포하는 대규모 농경지 및 호수는 월동기에 수금류의 취식 및 휴식장소를 제공하는 지역으로 겨울철 많은 수조류가 한국을 주요 월동지 및 중간기착지로 이용한다(Lee, 2000; Lee *et al.*, 2002a).

청둥오리(*Anas platyrhynchos*)는 대표적인 한국내 월동 수조류로서 전국의 호수, 하구 및 갯벌, 작은 하천, 농경지등에서 흔하게 월동한다(Kim *et al.*, 1997). 국내 주요 분포지역은 서·남해안 주요 철새 도래지를 중심으로 대규모 무리가 분포하고 있으며, 국내 도래 개체수는 2012년에 114,000여개체, 2013년에 127,000여개체로 알려져 있다(National Institute of Biological Resources: NIBR, 2012; 2013). 청둥오리 개체수는 서산 천수만, 금강하구, 새만금 등 서해안 주요 월동지에서 월별 도래 개체수가 월동시기별로 큰 폭으로 변동하는 것이 확인되고 있다(Kim *et al.*, 1997, Kang *et al.*, 2010, Kang *et al.*, 2011). 더욱이 지난 10여년간 청둥오리 도래 개체수가 40만여 개체에서 10만여 개체로 급격한 감소경향을 보이고 있다(NIBR, 2012).

청둥오리는 최근 고병원성 조류인플루엔자(Highly Pathogenic Avian Influenza)의 주요 매개체로 알려지면서(Lee and Song, 2013) 이들의 국내 도래 개체수 뿐만 아니라 이동경로, 분포 양상 등에 대해서 많은 관심을 받고 있다. 국내에서 청둥오리에 대한 연구는 Kim *et al.*(1997)에 의해 한국 중서부지방에서 청둥오리 주간행동에 대한 연구와 Kim *et al.*(1996)에 의해 청둥오리 속(*Anas sp.*)의 행동분석에 대한 연구가 수행된 바 있다. 국내 청둥오리에 대한 연구는 단일 종 자체보다는 철새 도래지내 수조류 군집 연구시 청둥오리 개체수 변동과 청둥오리를 포함한 수조류 군집과 기온, 먹이자원 등 환경요인과 상관관계 등 다른 수조류와 함께 포괄적으로 일부분 수행된 바 있다(Kang *et al.*, 2008; Yoo *et al.*, 2008; Kang *et al.*, 2010; Kang *et al.*, 2011). 청둥오리 이동에 대해서 국내에서는 가락지를 이용한 재포획 연구시 일부 수행되었을 뿐이며(Cho *et al.*, 2013), 국외에서는 Radio-Telemetry를 이용한 청둥오리의 서식지에서의 이동에 대해서 연구가 일부 수행된바 있다(Yamaguchi *et al.*,

2008; Davis and Afton, 2010; Kremetz *et al.*, 2011; Link *et al.*, 2011). Cho *et al.*(2013)은 가락지 부착 및 회수를 통해 국내 만경강에서 가락지 부착 후 620일 만에 동일지역에서 재포획된 결과와, 국내에서 가락지를 부착 한 청둥오리가 러시아 야쿠티아(Yakuia), 아므르스크(Amursk)까지 1,800 ~ 2,900km를 이동한 결과를 보고하였다. Yamaguchi *et al.*(2008)은 위성추적장치(satellite telemetry)를 이용한 연구결과 매년 동일한 월동지를 이용하며, 일본에서 북상시 한국을 통해 동북 러시아 내륙으로 이동하는 것을 보고하였다.

위성추적장치(Satellite telemetry)를 이용한 연구는 야생동물의 서식지 및 시·공간적 이동에 관한 기초자료 확보를 위해 이용되는 방법이며, 조류의 이동시기, 이동경로, 행동 등 국제적인 규모의 연구를 통해 대상종의 보호·관리를 위한 중요한 정보를 제공받을 수 있다(Aebischer and Robertson, 1993; Yamaguchi *et al.*, 2008; Kremetz *et al.*, 2011).

본 연구는 야생동물위치추적장치(WT-200)를 이용하여 국내 월동하는 청둥오리의 월동지역, 행동권, 이동거리 등을 파악하여 우리나라의 대표적인 수조류인 청둥오리의 보호관리 및 기타 수조류의 이동 및 행동 등 생태학 연구의 기초자료로 활용하고자 한다.

연구방법

1. 연구지역

연구지역은 한국의 중부지역에 위치한 만경강 하류 지역으로 행정구역은 전라북도 익산시 춘포면 이다. 추적기 부착지역은 만경강 수변부(N: 35° 53' 53", E : 126° 58' 19")로 수심이 비교적 낮으며, 유속도 완만하며 수변부와 제방 사이는 넓은 고수부지가 있으며, 고수부지는 농경지로 조성되어 있다. 제방 주변으로는 넓은 농경지가 있으며, 인근에 전주, 익산 등 대도시가 있으나 조사지역과 다소 이격되어 있다. 추적기 부착지역 하류에는 새만금, 북서쪽 지역은 금강하구 등 대규모 철새 도래지가 위치하고 있다(Figure 1).

2. 월동조류 현황 조사

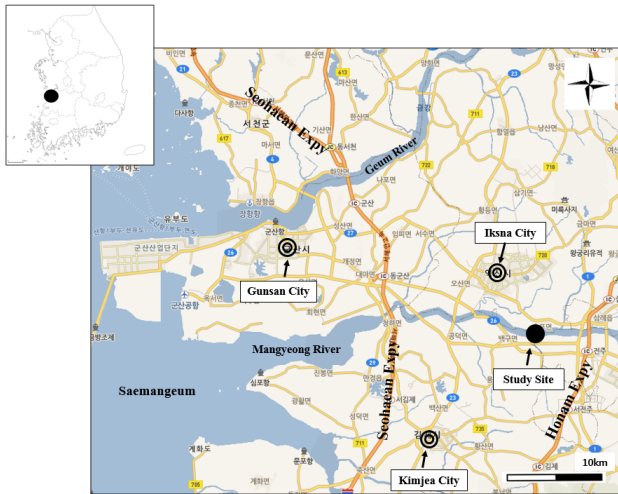


Figure 1. Study site

청둥오리를 포함한 월동조류 현황 조사는 2011년 10월부터 2012년 3월까지 1차 조사를 실시하였으며, 2012년 10월부터 2013년 3월까지 2차 조사를 실시하였다. 조사지역은 청둥오리 포획장소를 중심으로 상·하류 구간(만경교 - 만경 2교까지 14km구간)내 만경강 수계 및 제방 안쪽 고수부지내 농경지를 대상으로 하였다. 조사는 망원경(Field scope, Nikon, ×20 ~ 60)을 이용하여 제방을 따라 이동하면서 선조사와 정점조사(point census)를 병행하여 실시하였으며, 조사구간내에서 관찰되는 오리류를 포함한 월동조류의 종 및 개체수를 파악하였다. 조류 분류 및 증명(학명, 영명)은 The Ornithological Society of Korea(2009)의 체계를 따랐으며, Lee *et al.*(2014)을 참고하였다.

3. 부착 현황

연구에 이용된 청둥오리는 2011년과 2012년에 도래초기에 전라북도 익산시 춘포면 만경강 수변부에서 Cannon-net을 이용하여 포획하였다. 포획된 개체는 즉시 새주머니(Bird-Back)에 넣어 10~20분 정도 안정화 시켰으며, 이후

각 개체 무게를 측정하여 추적 대상 개체를 선별하였다. 비행에 있어 행동제약을 최소화 할 수 있는 추적기의 무게는 5%이하 이므로(Kenward 1985), 야생동물위치추적기 무게가 50g임을 고려하여 추적 대상개체는 1kg이상의 개체를 대상으로 하였다. 야생동물위치추적기는 Kenward(1985)를 참고하여 백팩(Back-Pack) 형태로 부착 하였다.

행동권 추적을 위해 각각의 개체에 고유 번호(W5935, W7165, W2675, W7087, W8157, W8163, W9317)를 부여 하였다. 위치추적에 사용된 WT-200(GPS-Mobile phone based Telemetry)은 GPS를 통해 획득된 좌표를 이동통신 시스템을 기반으로 하는 통신방식(WCDMA방식)을 통해 통합서버로 보내주는 시스템으로 연구자는 웹에서 위치정보를 확인할 수 있다. 그러므로 매일 웹상에서 위치좌표를 확인하여 야생에서의 생존 및 이동을 확인하였다. GPS 좌표는 1일 1회 이상 획득하였다(Table 1).

Table 1. The information for 7 Mallards(*Anas platyrhynchos*)

No.	Species	Sex	Age	Weight(g)	Study Winter (Year)
W5935	Mallard	Male	Adult	1,250	2011~2012
W7165	Mallard	Male	Adult	1,310	2011~2012
W2675	Mallard	Male	Adult	1,110	2011~2012
W7087	Mallard	Male	Adult	1,240	2012~2013
W8157	Mallard	Male	Adult	1,200	2012~2013
W8163	Mallard	Male	Adult	1,340	2012~2013
W9317	Mallard	Male	Adult	1,300	2012~2013

4. 추적 현황

W5935, W7165, W2675는 2011년 12월 7일부터 위치추적을 실시하였다. W5935는 2012년 2월 4일까지 60일간 추적하였으며, 총 179회 GPS좌표를 획득하였다. W7165는 2012년 2월 22일까지 78일간 추적을 하였으며, W2675는 2012년 2월 23일까지 79일 추적하였다. GPS좌표는 각각 119회, 173회 획득하였다.

Table 2. Summary of WT-200 information for 7 Mallards(*Anas platyrhynchos*)

No.	Tracking Period	Battery lifespan(day)	GPS Fixed time/day	Number of GPS Fixed
W5935	7 December - 4 February	60	3	179
W7165	7 December - 22 February	78	3	119
W2675	7 December - 23 February	79	3	173
W7087	6 November - 8 January	64	1	64
W8157	2 December - 21 December	20	24	415
W8163	3 December - 9 January	38	24	875
W9317	3 December - 14 January	43	24	961

W7087, W8157, W8163, W9317은 2012년 11월과 12월에 위치추적을 실시하였다. W7087은 2012년 11월 6일부터 2013년 1월 8일까지 64일간 추적하였으며, GPS좌표는 64회 획득하였다. W8157, W8163, W9317은 1시간에 1회 GPS좌표를 획득하도록 셋팅되어 추적기간은 최소 20일부터 최대 43일까지 추적하였고, GPS좌표 획득은 최소 415회부터 최대 961회 획득하였다(Table 2).

5. 행동권분석

행동권 분석을 위해 획득된 GPS좌표를 ArcGIS 9.x(ESRI Inc.) 및 ArcGIS용 Extension인 Hawth's Analysis Tool의 Animal Movement Tool을 이용하여 분석하였다. 본 연구에서는 최소볼록다각형법(Minimum Convex Polygon Method : MCP) 100% 방법과 커널밀도추정법(Kernel Density Estimation : KDE) 90%, 70%, 50%를 이용하였다. 한편 KDE 분석을 위한 Smoothing Parameter Factor는 Animal Space Use 1.2(Idaho Univ.) 프로그램의 h_reference 수치를 적용하였다.

결과

1. 월동조류 현황

만경강 지역에서 2차년 조사결과 월동기 동안 출현한 조류는 총 61종 17,653개체(최대개체수합계)이었다. 가장 우점한 종은 청둥오리(*Anas platyrhynchos*)로 최대개체수는 7,038개체이었다. 청둥오리의 우점율은 전체 출현 개체수

의 39.9%로 가장 우점하였다. 청둥오리의 도래 개체수는 11월에 급격히 증가하여 1월에 최대개체수가 도래하였다. 그 후 2월부터 개체수가 크게 감소하는 경향을 보였다(Figure 2).

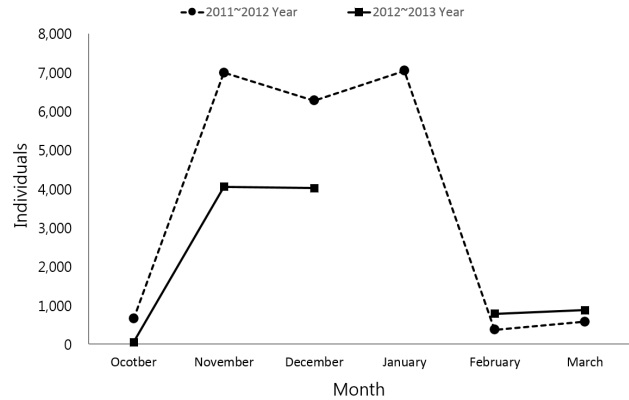


Figure 2. The monthly change in the individuals of *Anas platyrhynchos* at wintering area of the Manggyung river.(No Data : January, 2013 Year)

2. 이용지역 및 이동거리

월동기 동안 청둥오리 이동거리 분석결과 야생동물위치추적기 부착지점에서 최대 이동거리는 33.2km(W5935)이었으며, 최소 이동거리는 10.7km(W9317)이었다.

부착 개체별 주요 이용지역 및 이동거리를 파악한 결과 W5935는 부착지역에서 최대 33.2km 떨어진 새만금 지역까지 이동하였으며, 월동기 동안 주요 이용지역은 만경강, 새

Table 3. The Moving distances(km) of Mallards in wintering site

Winter (Years)	No.	Max. distance*	Between GPS Fixed Point			Using Area
			Average	S.D.	Max. distance	
2011 -2012	W5935	33.2	1.61	2.96	19.7	Mangyeong river Saemangeum area
	W7165	28.2	0.84	2.71	19.0	Reservoir Saemangeum area
	W2675	24.2	0.88	1.86	20.1	Geum River Reservoir
2012 -2013	W7087	13.8	1.51	1.76	7.0	Mangyeong river
	W8157	9.4	0.26	0.60	6.5	Mangyeong river
	W8163	14.4	0.29	0.73	7.3	Mangyeong river Irrigation canal
	W9317	12.2	0.25	0.74	12.2	Mangyeong river Irrigation canal
Average		19.3	0.8	1.6	13.1	

*From the Start site(attach to WT-200)

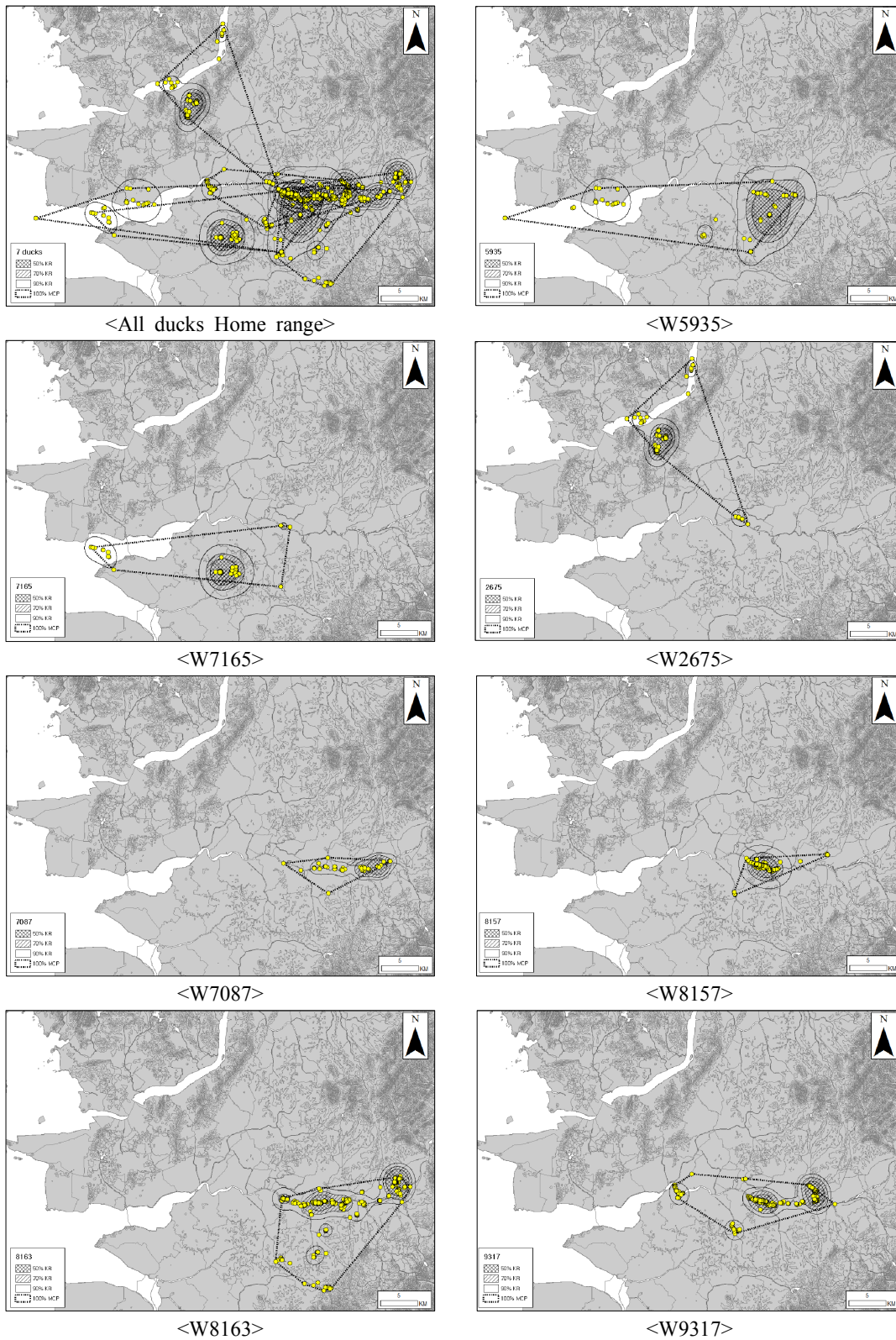


Figure 3. Mallard(*Anas platyrhynchos*) Home Range(Dotted line is MCP and Contours represent 90, 70, 50% from outside line, respectively).

Table 4. Home range estimations of mallards(*Anas platyrhynchos*) by MCP and KDE

	MCP(km ²)	90% Kernel(km ²)	70% Kernel(km ²)	50% Kernel(km ²)
W5935	221.8	141.4	51.4	25.6
W7165	140.5	56.3	19.6	10.5
W2675	137.6	35.6	12.5	6.7
W7087	34.6	27.3	11.1	5.2
W8157	27.7	32.6	14.3	8.0
W8163	167.4	75.0	30.4	14.3
W9317	102.0	51.7	21.8	11.0
Average	118.8	60.0	23.0	11.6
SD	70.1	39.5	14.1	6.9

만금, 만경강 주변 농경지에 위치한 소규모 저수지이었다. 1일 3회(4시, 12시, 20시) 획득된 GPS좌표간 거리를 분석한 결과 평균 이동거리는 1.6km이었으며, 좌표간 최대 이동거리는 19.7km이었다. W7165는 28.2km 떨어진 새만금 지역까지 이동하였으며, 주요 이용지역은 백산저수지, 새만금 지역 이었다. 1일 3회(0시, 8시, 16시) 획득된 GPS좌표간 거리를 분석한 결과 평균 이동거리는 0.8km이었으며, 최대 이동거리는 19.0km이었다. W2675는 24.2km 떨어진 금강호 지역까지 이동하였으며, 주요 이용지역은 금강호 인근의 옥곡저수지, 부곡저수지, 대동저수지와 금강호 지역이었다. 1일 3회(1시, 9시, 17시) 획득된 GPS좌표간 거리를 분석한 결과 평균 이동거리는 0.8km이었으며, 최대 이동거리는 20.1km이었다. W7087은 13.8km 떨어진 만경강 상류지역까지 이동하였으며, 주요 이용지역은 만경강 수계이었다. 1일 1회(12시) 획득된 GPS좌표간 거리를 분석한 결과 평균 이동거리는 1.5km이었으며, 최대 이동거리는 7.0km이었다. W8157은 9.4km 떨어진 만경강에 유입되는 상류에 있는 농수로까지 이동하였으며, 주요 이용지역은 만경강 수계이었다. 1일 24회(매 정시) 획득된 GPS좌표간 거리를 분석한 결과 평균 이동거리는 0.2km이었으며, 최대 이동거리는 6.5km이었다. W8163은 14.4km 떨어진 만경강 상류지역까지 이동하였으며, 주요 이용지역은 만경강 수계와 주변 농수로, 대울저수지 이었다. 1일 1회24회(매 정시) 획득된 GPS좌표간 거리를 분석한 결과 평균 이동거리는 0.3km이었으며, 최대 이동거리는 7.3km이었다. W9317은 12.2km 떨어진 만경강 하류지역까지 이동하였으며, 주요 이용지역은 만경강 수계와 주변 농수로 이었다. 1일 1회24회(매 정시) 획득된 GPS좌표간 이동거리를 분석한 결과 평균 이동거리는 0.2km이었으며, 최대 이동거리는 12.2km이었다(Table 3).

3. 행동권

청둥오리 7개체의 행동권 분석결과 최소볼록다각형법(Minimum Convex Polygon Method : MCP)에 의한 평균

행동권은 118.8km²(SD=70.1, n=7)이었으며, 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 W5935번으로 221.8km²이었고, 가장 좁은 행동권을 보인 개체는 W8157번으로 27.7km²이었다. 커널밀도추정법(Kernel Density Estimation : KDE)을 적용한 결과 90%의 이용분포를 보인 서식지의 평균 면적은 60.0km²(SD=39.5, n=7), 이었으며, 50%의 이용분포를 보인 서식지의 평균 면적은 11.6km²(SD=6.9, n=7)이었다(Table 4, Figure 3).

고찰

Lee *et al.*(2002b)은 만경강에서 4계절 조사를 통해 총 88종의 조류를 보고하였으며, 월동기에 해당되는 10월에는 58종, 1월에는 51종의 출현을 보고하였다. 또한 분류분별 출현 종수에서 잠수성오리류는 2종, 수면성오리류는 7종을 보고하였다. 본 조사에서 월동기 동안 총 61종의 조류가 확인되었고 분류군별 출현 중에서 잠수성오리류는 5종, 수면성오리류는 8종이 확인되어 잠수성 오리류는 다소 증가한 경향을 보였으나 출현 수조류 종수 및 구성에 있어 큰 차이는 없는 것으로 판단된다.

청둥오리는 겨울철 국내에 우점하는 주요 종으로 서남해안 주요 철새 도래지에서 2000년대 초에는 30~40여만 개체가 도래하였으나 2010년도에는 10여만 개체가 도래하여 개체수가 크게 감소하고 있다(NIBR, 2012). 그러나 본 조사(2012년 1월)에서 약 7,000여 개체가 관찰된 주요 우점종인 청둥오리는 지난 2000년 1월 조사에서는 367개체가 관찰되어(Lee *et al.*, 2002) 지난 10여년 동안 개체수가 크게 증가한 것을 확인할 수 있었다.

청둥오리는 과거 10여년 전보다 개체수가 급격히 감소하였고, 주요 서식지인 해안, 간척지 호수, 하구역, 저수지에서 모두 개체수가 감소하는 경향을 보였으나 하천에서는 개체수가 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 청둥오리의 국내 월동지인 해안, 간척지 호수, 하구역, 저수지의 서식환경의 변화에 의한 결과와 국내 뿐만 아니라 동북아 전체의 개체군 감소와 맞물린 결과로 추정하고 있다(NIBR, 2012).

본 연구 결과 청둥오리는 야생동물위치추적기(WT-200)를 부착한 만경강(하천)에서 과거 10여년 전과 비교했을 때 개체수가 급격하게 증가하는 경향을 보였고 이는 국립환경과학원에서 분석한 하천에서 개체수 증가와 동일한 결과였다. 본 연구지역인 만경강에서 청둥오리 개체수 증가는 만경강 하류에 위치한 대규모 월동지인 새만금의 서식환경 악화로 만경강 상류지역으로 유입되었기 때문으로 판단되고 있다. 만경강 하류에 위치한 새만금 지역은 2006년 물막이 공사가 완료되어 개발사업에 따른 환경변화와 강도 높은 방해요인이 발생하고 있다(Kang *et al.*, 2011). 청둥오리가 야생동물위치추적기 부착 지역에서 20~30km 떨어진 금강호, 새만금 지역까지 이동하는 것을 고려해 보면 만경강 일원의 청둥오리 월동개체수 증가는 하류에서 발생하는 새만금일대에서 발생하는 대규모 환경변화에 따른 결과로 생각되지만 이에 대해서는 면밀한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

야생동물의 서식지의 선택은 먹이 자원과 밀접한 연관이 있으며, 조류의 일일 이동은 먹이자원, 먹이의 양, 취식지와 거리의 거리, 방해요인, 기온 등 다양한 요인에 따라 발생하며 수조류의 일일 이동 현황 파악은 월동서식지의 관리에 있어 중요한 요인이다(Yoo *et al.*, 2008; Davis and Afton, 2010; Link *et al.* 2011). 먹이 자원의 양은 이동거리, 분포 지역 등에 영향을 주며 특히 행동권내에서 안정적인 먹이자원을 공급받을 수 있을 경우 일정한 면적과 서식지를 고정적으로 이용한다(Chung *et al.* 2010). 청둥오리는 다양한 먹이원을 이용할 수 있는 서식지에서는 이동거리가 감소하고 먹이가 감소할 경우 이동거리가 증가하는 경향을 보이며, 서식지가 파괴가 된 경우에는 더 먼 거리를 이동하는 경향을 보인다(Davis and Afton, 2010). 본 연구에서 청둥오리는 월동기 동안 매우 짧은 거리를 이동하였으며, 월동기 동안 수계의 의존성이 매우 높은 경향을 보였다(Table 3, Figure 3). 청둥오리의 이동거리는 야생동물 위치추적기(WT-200) 부착 지점으로부터 최대 33km(평균 19.3km)이었으며, 각각의 좌표간 최대 거리는 1.6km이었고 평균 이동거리는 0.8km이었다. 이는 청둥오리가 다른 오리류에 비해 이동거리가 짧고 미국 미시시피에서 청둥오리의 평균 이동거리가 2.5km, 최대이동거리 25.8km인 것과 유사한 결과이다(Davis and Afton, 2010).

청둥오리는 월동 서식지에서 수계와 농경지를 이용하며, 농경지에서 주로 먹이 활동을 하는 것으로 알려져 있다. 한국에서 월동하는 청둥오리는 주간에는 수면 등 수계에서 대부분 시간을 보내고 오후에 농경지로 이동하는 경향을 보인다(Kim *et al.* 1996, Kim *et al.* 1997). 청둥오리는 주간에 먹이활동(Feeding), 휴식(Sleeping), 수영(Swimming)등으로 대부분의 시간을 수면에서 보내는 것은 에너지 소비를 최소화하기 위한 전략으로 알려져 있다(Link *et al.* 2011).

본 연구 결과 월동기 동안 청둥오리는 짧은 거리를 이동하였으며, 수계 의존도가 높은 경향을 보였고 이는 기존 연구 결과와 일치하는 결과였다. 청둥오리가 월동지에서 일일 이동거리가 매우 짧은 것은(좌표간 평균 이동거리 0.8km, Table 3) 수계 및 수계와 가까운 인근 고수부지의 농경지에서 먹이원 확보가 가능할 뿐만 아니라 이동을 유발하는 특별한 방해요인이 없기 때문일 것이다. Cho *et al.*(2013)는 가락지를 이용한 재포획 결과 최초포획지점에서 재포획 지점까지 평균 거리가 3.0 ± 6.28 km인 연구결과와 본 연구결과 월동기 동안 원거리 이동을 하지 않는 점을 고려해보면 국내 도래하는 청둥오리는 매년 동일 지역을 월동지로 이용하며, 월동지 선택 후 특별한 방해요인이 없을 경우 큰 이동을 하지 않는 것으로 판단하였다. 본 연구결과 월동지에서 이동거리가 매우 짧은 것은 방해요인이나 환경변화(먹이 손실, 결빙 등)가 없을 경우 월동지의 이동이 없다는 것을 반증하는 결과로 생각된다. 더욱이 월동기 동안 수계 의존도가 높은 경향을 보이는 청둥오리에 있어 환경변화 및 방해요인은 안정적인 서식에 즉각적인 악영향을 줄 수 있으며, 이러한 악영향은 곧바로 개체수 감소와 연결될 수 있다는 것을 시사한다.

본 연구에서 청둥오리 행동권 분석시 KDE 50%를 적용하면 평균 행동권은 11.6km^2 (Range : 5.2~25.6 km^2)이었으며, 주요 이용지역이 모두 만경강과 만경강 주변 농수로 및 저수지 등 수계 지역이었다(Figure 3). 일반적으로 KDE 50% 지역은 야생동물 분포의 핵심지역으로 판단되며, 핵심지역은 서식에 유리한 조건이 포함된 생물의 서식범위로 생물다양성을 증대시키기 위한 객관적인 요인의 분석이 필요하다(Yoo *et al.*, 2013). 그러므로 KDE 50% 지역은 대상종의 특성에 따라 휴식지 및 취식지 또는 최소 서식 면적의 범위로 파악하기도 한다(Kang *et al.*, 2013). 청둥오리의 생태적 특성과 이용양상을 고려하면 본 연구에서 도출된 핵심지역(KDE 50%)은 청둥오리 주 서식 지역으로 판단하는 것이 타당할 것으로 생각된다. 다만 청둥오리가 수계의존도가 매우 높다는 것을 고려하면 핵심지역내 수계에 대한 먹이원, 먹이의 풍부도, 방해요인 등 월동서식지로서 이용가능한 객관적 요인 분석이 추가적으로 수반될 필요성이 있다.

청둥오리는 월동지로 만경강 수계(하천, 지류, 대규모 농수로, 저수지 등)를 이용하고 있으며, 각각의 서식처를 번갈아 가면서 이용하는 패턴을 보였다. 각각의 서식지는 서로 멀리 떨어져 있지 않았으며, 상호보완적인 서식지로서 이용되고 있었다. 청둥오리 개체수는 과거 10여년 전보다 급격히 증가하였으며, 월동기 동안 개체수가 안정화 된 경향을 보이고 있다. 그러나 대규모 월동지인 새만금 지역이 개발에 따른 환경변화가 발생하고 있으며, 이러한 서식지의 악화에 따른 만경강 및 주변 저수지에 개체수가 증가한 것은

로 판단되지만 결빙, 추위 등의 요인에 의해 내륙으로 이동하는 경향을 보이므로 향후 지속적인 모니터링 및 새만금과 만경강 일원의 개체수 변동의 상관관계등에 대해서 면밀한 검토가 필요할 것으로 판단된다. 향후 상호보완적인 서식지 간 이용 특성, 환경요인, 방해요인에 따른 월동지 선택 등의 추가 연구를 통해 청둥오리의 서식지 선택 및 월동 특성 등 기초생태 부분에서 과학적인 자료 축적이 지속될 필요성이 있다. 본 연구는 청둥오리의 월동지에서의 행동권과 이동거리 등 기초적인 생태자료를 도출하였다. 본 연구결과는 청둥오리 보호관리 및 서식지 관리에 대한 기초 자료로 이용 가능할 것이며, 현재 국내 뿐만 아니라 국제적으로 주목받고 있는 고병원성 조류 인플루엔자 발병시 대응을 위한 기초 자료로서 활용이 가능할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Aebischer, N.J. and P.A. Robertson(1993) Compositional analysis habitat use from animal radio-tracking data. *Ecol.* 74(5): 1313-1325.
- Cho, H.J., D.H. Kim, I.K. Kim, T.H. Kang and C.Y. Park, Y.U. Shin, S.W. Han, W.H. Hur, O.K. Moon and J.P. Yu(2013) Report on bird-banding in Korea – About ducks-. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity.* 6(3): 389-390.
- Chung, C.U., S.H. Han and C.I. Lee(2010) Home-range Analysis of Pipistrelle Bat(*Pipistrellus abramus*) in Non-Reproductive Season by Using Radio-tracking. *Kor. J. Env. Eco.* 24(4): 487-492.(in Korean with English abstract)
- Davis B.E. and A.D. Afton(2010) movement distances and habitat switching by female mallards wintering in the Lower Mississippi Alluvial valley. *Waterbirds* 33(3):349-356.
- Kang, T.H., D.H. Kim, H. Lee, H.J. Cho, W.H. Hur, S.H. Han, Y.J. Kim, W.K. Paek, S.D. Jin, I.H. Paik(2013) Analysis of Home Range of Eurasian Eagle Owl(*Bubo bubo*) by WT-100. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity* 6(3): 369-373.
- Kang, T.H., S.H. Yoo, I.J. Kim, C.H. Jin, K.S. Lee, H.J. Kim, J.B. Lee(2008) A study on the community of wintering waterbirds in Hangang river, Korea. *Kor. J. Orni.* 15(1): 51-59.(in Korean with English abstract)
- Kang, T.H., S.H. Kim, S.W. Han, S.W. Lee and W.K. Paek(2010) A study on the community characteristics and habitat use of wintering waterbirds in Geumgang River, Korea. *Kor. J. Orni.* 17(1): 1-10.(in Korean with English abstract)
- Kang, T.H., S.H. Yoo, J.P. Yu, H.S. Lee and I.K. Kim(2011) A study on the community of wintering waterbirds in Saemangeum. *Kor. J. Env. Eco.* 25(1): 1-10.(in Korean with English abstract)
- Kenward R.E. 1985. *Raptor Radio-Tracking and Telemetry.* ICBP Technical publication 5:409-420.
- Kim, H.T., G.H. Kim, H.T. Mun and S.R. Cho(1997) Habitat Quality factors and diurnal activity patterns of wintering Mallards(*Anas platyrhynchos*) in Central-West, Korea. *Korean J. Ecol.* 20(1): 9-14. (in Korean with English abstract)
- Kim, W.B., H.S. Oh and H.S. Park(1996) The fluctuation of individuals and activity patterns of *Anas* species wintering on Cheju-Island. *Kor. J. Orni.* 3(1):23-31.
- Krementz D.G., K. Asante and L.W. Naylor(2011) Spring migration of mallards from Arkansas as determined by satellite telemetry. *Journal of Fish and Wildlife Management* 2(2): 156-168.
- Lee, D.H. and C.S. Song(2013) Surveillance of wild birds for avian influenza virus in Korea. *Korea J Vet Res* 53(4):193~197.(in Korean with English abstract)
- Lee, K.S.(2000) Current Status and Population Fluctuations of Waterbirds on the West Coast of Korea. Ph. D. Kyung Hee University. 211pp.(in Korean with English abstract)
- Lee, K.S., I.K. Baek and J.C. Yoo(2002a) Important Wintering & Migrating route for Waterbirds on the Intertidal Mudflat of Mankyung River Estuary. *Bull. Kor. Inst. Orni.* 8(1): 1-7. (in Korean with English abstract)
- Lee, W.S., C.R. Park, S.J. Rhim and W.H. Hur(2002b) Characteristics of bird community in Mangyeong River Area. *Korea J. Ecol.* 25(3): 131-137.(in Korean with English abstract)
- Lee, W.S., T.H. Koo and J.Y. Park(2014) A Field guide to the birds of Korea. LG Evergreen Foundation, Seoul, 383pp.
- Link, P.T., A.D. Afton, R.R. Cox, Jr. and B.E. Davis(2011) Daily movements of female mallards wintering in southwestern Louisiana. *Waterbirds* 34(4):422-428.
- National Institute of Biological Resources(2012) Winter waterbird Census of Korea. 473pp.(in Korean)
- National Institute of Biological Resources(2013) Winter waterbird Census of Korea. 478pp.(in Korean)
- The Ornithological Society of Korea(2009) Checklist of the birds of Korea. Hanrimwon, Seoul, 133pp.
- Yamaguchi N., E. Hiraoka, M. Fujita, M. Ueta, K. Takagi, S. Konno, M. Okuyama, Y. Watanabe, Y. Osa, E. Morishita, K. Tokita, K. Umada, G. Fujita and H. Higuchi(2008) Spring migration routes of mallards(*Anas platyrhynchos*) that winter in Japan, determined from satellite telemetry. *zoological Science* 25:875-881.
- Yoo, S.H., I.K. Kim, T.H. Kang, J.P. Yu, S.W. Lee and H.S. Lee(2008) Wintering Bird Community in Cheonsu Bay and the Relationship with Food Resources. *Kor. J. Env. Eco.* 22(3): 304-308.(in Korean with English abstract)
- Yoo S.H, Lee K.S, Park C.H(2013) MCP, Kernel Density Estimation and LoCoH Analysis for the Core Area Zoning of the Red-crowned Crane's Feeding Habitat in Cheorwon, Korea. *Korea J. Environ. Ecol.* 27(1):52-63 (in Korean with English abstract).