



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

博士學位論文

국내에 도래하는 백로류(Ardeidae)의
이동생태에 관한 연구

濟州大學校 大學院

科學教育學部

林 恩 弘

2023年 2月

국내에 도래하는 백로류(Ardeidae)의 이동생태에 관한 연구

指導教授 吳 弘 植

林 恩 弘

이 論文을 理學 博士學位 論文으로 提出함

2023年 2月

林恩弘의 理學博士學位 論文을 認准함

審査委員長

이 두 톰



委 員

이 시 환



委 員

산 근 재



委 員

장 경 리



委 員

오 흥 식



濟州大學校 大學院

2023年 2月



A Study on the Migration Ecology of Ardeidae
in South Korea

Eun-Hong Lim

(Supervised by Professor Hong-Shik Oh)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of
Doctor of Philosophy in Biology

2023. 2.

This thesis has been examined and approved.

Doo-pyo Lee

Thesis director, Doo-Pyo Lee, Dr. of Agriculture

Siwan Lee

Keumjae Ahn

Kyunghee Kang

Hongshik Oh

Dec. 19 2022

Date

Faculty of Science Education
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY



CONTENTS

Contents	i
List of Tables	iv
List of Figures	vii
ABSTRACT	ix
I. 연구의 배경	1
1. 연구배경 및 목적	1
2. 연구사	3
1) 백로류 집단번식지	3
2) 백로류의 이동생태	4
3) 백로류의 이동 정보	4
II. 서식지 훼손에 따른 백로류 집단번식지 현황	5
1. 서론	5
2. 연구방법	7
1) 연구지역	7
2) 연구 방법	9

3. 연구 결과	11
1) 연도별 백로류 집단번식지 현황	11
2) 지역별 백로류 번식 현황	13
4. 고찰	18
III. 백로류의 행동권 및 서식지 이용	20
1. 서론	20
2. 연구 방법	21
1) 백로류 포획 및 위치추적기 부착	21
2) 백로류 추적 현황	23
3) 통계 분석	24
3. 연구 결과	26
1) 전체 행동권 분석	26
2) 주·야간 행동권 분석	37
3) 서식지 이용 분석	47
4) 주·야간 서식지 이용률	53
4. 고찰	57
IV. 백로류의 국외 이동경로	60
1. 서론	60
2. 연구 방법	62
1) 위치추적기 대상종 및 부착지역	62
2) 이동 정보 분석	62
3. 연구 결과	64
1) 백로류의 이동경로	64
2) 주요 중간기착지 현황	77
4. 고찰	79

V. 종합 고찰	81
VI. 결론 및 제언	83
VII. 참고문헌	85

List of Tables

Table 1. The Status of Ardeidae Breeding Ground	12
Table 2. The Status of Naedong Middle School Breeding Ground	13
Table 3. The Status of KAIST Breeding Ground	15
Table 4. The Status of Kimin Middle School Breeding Ground	16
Table 5. The Status of Sinjeop-ri Breeding Ground	17
Table 6. The information for captured Ardeidae(Great Egret, Gray Heron) Information on species, weight, and location of capture is provided ...	21
Table 7. The Information of Wild-Tracker (WT-300) Ardeidae(Great Egret, Gray Heron) in Korea	24
Table 8. The Land Coverage Map (Middle Classification) Reclassification System	24
Table 9. The results of Home range analysis according to MCP and KDE of Gray Heron(<i>Ardea cinerea</i>) with GPS at Daejeon and Yeosu	27

Table 10. The results of Home range analysis according to MCP and KDE of Great Egret(<i>Ardea alba</i>) with GPS at Daejeon and Yeosu	32
Table 11. The results of diurnal and nocturnal Home range analysis for Gray Heron(<i>Ardea cinerea</i>) with GPS at Daejeon and Yeosu	38
Table 12. The results of diurnal and nocturnal Home range analysis for Great Egret(<i>Ardea alba</i>) with GPS at Daejeon and Yeosu	43
Table 13. Using ratio of total habitats during the tracking period of Grey Heron	48
Table 14. Using ratio of habitats during the tracking period of Grey Heron and Great Egret	48
Table 15. Using ratio of total habitats during the tracking period of Great Egret	51
Table 16. Using ratio of habitats during the tracking period of Great Egret ..	51
Table 17. Using ratio of Day and Night habitats during the tracking period of Grey Heron	54
Table 18. Using ratio of Day and Night habitats during the tracking period of Great Egret	56

Table 19. The detailed tracking information of Ardeidae(Great Egret, Gray Heron)	63
Table 20. The information of migration of Gray Heron	65
Table 21. The information of migration of Great Egret	69
Table 22. The information of migration of Gray Heron	72
Table 23. The information of migration of Great Egret	75
Table 24. Information on the stopover site of Gray Heron	77
Table 25. Information on the stopover site of Great Egret	78

List of Figures

Figure 1. The Map of Breeding Ground of Ardeidae	8
Figure 2. The Status of Ardeidae Breeding Ground	12
Figure 3. The results of Home range analysis according to MCP and KDE of Gray Heron(<i>Ardea cinerea</i>) with GPS at Daejeon and Yeosu	28
Figure 4. The results of Home range analysis according to MCP and KDE of Great Egret(<i>Ardea alba</i>) with GPS at Daejeon and Yeosu	33
Figure 5. The results of Day and Night Home range analysis for Gray Heron(<i>Ardea cinerea</i>) with GPS at Daejeon and Yeosu	39
Figure 6. The results of Day and Night Home range analysis for Great Egret(<i>Ardea alba</i>) with GPS at Daejeon and Yeosu	44
Figure 7. Using ratio of total habitats during the tracking period of Grey Heron	49
Figure 8. Using ratio of habitats during the tracking period of Grey Heron	49
Figure 9. Using ratio of total habitats during the tracking period of Great Egret	52

Figure 10. Using ratio of habitats during the tracking period of Great Egret	52
Figure 11. Using ratio of Day and Night habitats during the tracking period of Grey Heron	54
Figure 12. Using ratio of Day and Night habitats during the tracking period of Great Egret	56
Figure 13. The information of migration of Gray Heron	66
Figure 14. The migration routes for each individual Gray Heron	67
Figure 15. The information of migration of Great Egret	70
Figure 16. The migration routes for each individual Great Egret	71
Figure 17. The Information on the migration of Gray Herons to breeding grounds	73
Figure 18. The Information on the migration of Great Egret to breeding grounds	76

ABSTRACT

This study was conducted to reveal the home range status according to thinning and the overall migration ecology using location trackers for the Ardeidae living in Daejeon Metropolitan City and Yeosu-si from 2015 to 2021.

As a result of the survey from 2015 to 2019, 6 species were bred in 272 nests in the home range of Naedong Middle School in Daejeon Metropolitan City, and 6 species were bred in 142 nests in the home range of Kimin Middle School. However, as the Kimin Middle School home range was thinned out in 2017, the Korea Advanced Institute of Science and Technology became the only home range in the city center of Daejeon, and the number of nests increased to 1,092 with 6 species in 2018. In Shinjeop-ri home range located in Yeosu-si, a maximum of 177 nests with 3 species were bred from 2016 to 2018, but due to damage to the surrounding home range, the number increased to 505 nests with 5 species in 2019. Therefore, it was confirmed that the destruction of the Ardeidae home range resulted in the formation of a new home range in areas where breeding had not taken place, and the density of the home range gradually increased over time.

We attached location trackers to two species, gray herons and great egrets, inhabiting Daejeon Metropolitan City and Yeosu-si, and analyzed their home range, habitat usage, migration route, stopover, and wintering site. As a result of analyzing the home range, the MCP home range was 187.37km² for gray herons and 145.94km² for great egrets, and the home range of 50% of KDE, the core habitat, was 22.26km² for gray herons and 18.19km² for great egrets. The core home range confirmed in Daejeon Metropolitan City, an urban area, was 35.96km² for gray herons and 43.14km² for great egrets. The core home range identified in Yeosu-si, a rural area, was 1.70 km² for gray herons and 3.22 km² for great egrets. Both great herons and great egrets had

a wider home range in Daejeon Metropolitan City. Habitat usage rates for gray herons were in the order of hydrosphere 57.81%, forest 26.20%, farmland 11.42%, reservoir 2.16%, bare land 0.36%, and others 2.04%. For great egrets, habitat usage rates were in the order of forest 28.85%, reservoir 24.77%, hydrosphere 22.37%, farmland 16.65%, bare land 6.24%, and others 1.13%.

The two species, gray herons and great egrets were found to begin long-distance migrations between mid-June and mid-October. In the case of gray herons, it was confirmed that they migrated 1,682 km for an average of 71 days and mostly overwintered in mainland China. The great egrets migrated 2,752 km in an average of 49 days and were confirmed to winter in southern China, Vietnam, and the Philippines. The main stopovers for the Ardeidae were found in 8 areas for gray herons and 15 areas for great egrets. They lived for a minimum of 1 day and a maximum of 66 days for each stopover. For each species, from one area to as many as five areas were used, most of which were China, North Korea, and the Philippines. It was confirmed that gray herons and great egrets continued to use the home range and wintering sites they had previously used each year. For stopovers, they used the same area but also used other areas depending on the environment.

Various migration ecology information obtained through this study has significant value as primary research data on the Ardeidae affected by habitat loss; and will be used for various research materials such as the Ardeidae population protection and habitat management in the future.

I. 연구의 배경

1. 연구배경 및 목적

백로류는 극지방을 제외한 전 세계에 분포하며(Gill et al., 2020), 주로 습지를 중심으로 농경지, 강, 하천, 갯벌, 산림 등 다양한 서식지에서 광범위하게 서식하고(Lee et al., 2012) 생태계의 먹이사슬에서 높은 지위를 가지고 있다(Hwang et al., 2020).

한국에 도래하는 백로류는 10속 18종이 서식하고 있으며(Gill et al., 2020), 이 중 일부 종을 제외한 대부분의 종은 흔히 관찰되는 여름철새로 2월에서 9월까지 도래하지만 일부 개체는 월동하기도 한다(Lee, 2020)

한국에는 총 13종의 백로류가 번식하며, 이 중 국내에서 흔하게 관찰되는 왜가리 *Ardea cinerea*, 중대백로 *Ardea alba*, 중백로 *Mesophoyx intermedia*, 쇠백로 *Egretta garzetta*, 황로 *Bubulcus ibis*, 해오라기 *Nycticorax nycticorax*, 흰날개해오라기 *Ardeola bacchus* 등 7종은 산림에서 단일종 또는 여러 종이 집단으로 번식하는 특징이 있다(Lee et al., 2012).

백로류의 집단번식지는 육지와 가까운 무인도에서 번식하기도 하지만 대부분 사람의 거주지역과 인접한 낮은 산림, 구릉에 집단번식지가 형성되고 있다(Hwang et al., 2020). 이로 인해 집단번식지 주변에는 항상 주민과의 마찰이 많이 발생하며, 개발압이 높은 지역이라 번식지가 형성되는 산림이 대부분 간벌되거나 개발되어 번식지가 축소되거나 감소되고 있는 실정이다.

백로류는 번식이 끝나면 월동하기 위해 장거리 비행하는 이동철새 중 하나이기 때문에 번식지 및 서식지의 감소와 파편화는 백로류 서식에 부정적인 영향을 주고 있다(Newton, 2006; Bing, 2013). 또한 백로류는 환경변화를 반영하는 생물지표종으로(Lee et al., 2012), 서식지 훼손과 환경오염에 민감하여 많은 국가에서 습지의 건강성을 파악하기 위해 모니터링하고 있는 중요한 조류 중 한 분류 군이기도 하다(Hwang et al., 2020).

국내에서는 백로류의 대한 지속적인 연구가 이루어지고 있지만 대부분 백로류의 번식생태와 취식지에 관한 연구가 주를 이루고 있어 백로류의 확산, 이동, 행동권 등의 이동생태에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

조류의 행동권은 서식지의 특성과 개체들이 서식하는데 최소한의 공간을 추정할 수 있기 때문에 서식지의 관리에 있어 매우 중요한 자료가 될 수 있다(Winker *et al.*, 1995; Peter *et al.*, 2002; Michell and Powell, 2004; Hwang *et al.*, 2016). 조류의 행동권은 조류의 생활사와 이동경로를 파악할 수 있어 중요한 연구과제이지만 대부분 유색 가락지를 부착하거나 육안 관찰을 통한 연구로 진행된 결과라 자세한 이동경로나 행동권을 밝히는 데는 한계가 있었다.

최근 이동통신의 발달로 단순 모니터링 연구를 보완할 수 있는 야생동물위치추적기 연구가 진행되고 있다. 야생동물위치추적기 연구는 위치추적기를 조류에 부착하여 조류의 행동권 및 이동생태 특성을 확인하는 방법이다(Roth *et al.*, 2008; Yamaguchi *et al.*, 2008; Davis and Afton, 2010; Krementz *et al.*, 2011; Link *et al.*, 2011; Kang *et al.*, 2014).

야생동물위치추적기를 이용한 연구는 야생동물의 서식지와 시·공간적 이동에 관한 자료를 확보하기 위해 이용되는 방법이며, 조류의 이동시기, 이동경로, 행동권 등 국제적인 규모의 연구를 통해 대상종의 보호·관리를 위한 중요한 정보를 얻을 수 있다(Aebischer and Robertson, 1993; Krementz *et al.*, 2011; Jung, 2019).

국내 위치추적기 연구는 대부분 오리류 및 법정보호종 등에 많이 사용되어 이동경로 및 행동권 연구가 일부 수행된 바 있으며, 백로류의 경우 2015년 위치추적기인 Platform Transmitter Terminal (PTT)를 왜가리 유조 1개체에 부착하여 왜가리의 번식 후 확산에 대한 연구(Kim *et al.*, 2015)를 시작으로 점차 증가하고 있으나 아직까지 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 야생동물위치추적기(WT-300)를 이용하여 국내에 도래하는 백로류의 행동권과 이동생태를 밝혀 백로류의 보호 및 관리에 필요한 자료를 제공하기 위하여 이루어졌다.

2. 연구사

1) 백로류 집단번식지

국내에서 백로류는 2월부터 도래하여 산림의 교목 및 관목림에서 단일종 또는 여러 종이 함께 혼성으로 집단번식하는 조류이다(Lee *et al.*, 2012). 이러한 특성으로 백로류에 대한 연구는 대부분 백로류 집단번식지를 중심으로 이루어졌다. 백로류는 종에 따라 도래시기와 선호하는 등지의 높이에 차이가 있는 것으로 알려져 있다(Jeong, 2004). 번식지의 밀도가 높아지면 등지 위치 선택에 따라 번식성공에 영향을 줄 수 있기 때문이다(Frederick and Collopy, 1988). 백로류 집단번식지는 서로 이용가능한 공간을 분할하며 등지 장소를 선택해야 한다. 등지 밀도가 높아지면 번식 성공률이 높은 장소를 선택하기 위해 종간 또는 종내경쟁이 이루어진다(Jenni, 1969). 백로류의 등지 선택은 식생의 유형이나 구조에서 수직 및 수평적인 계층화를 야기하고(Mccrimmon, 1978; Beaver *et al.*, 1980), 등지의 높이는 종간 유의한 차이가 있지만, 쇠백로의 경우 등지 높이에 따라 한배산란수에도 영향을 준다(Kim, 2002). 이러한 영향은 집단번식지내 종간, 종내 경쟁을 야기하기 때문에 종에 따라 다른 등지 장소를 선택함으로써 경쟁으로 인해 발생하는 부정적인 영향을 감소시킬수 있다(Jenni, 1969). 하지만 너무 낮은 높이의 등지는 육상동물로부터의 포식압이 증가하기 때문에(Jeong, 2004), 포식자로부터 공격을 피하기 위해 높은 등지나 대나무 숲, 민가 주변 등에 등지를 트는 경향이 있다(Lee *et al.*, 2007). 따라서 백로류 집단번식지 면적은 그들이 이용하는 안정적인 영소목 및 제한적인 취식범위 내에서 이용할수 있는 먹이 자원에 따라 결정될 수 있다(Gibbs *et al.*, 1987). 위와 같이 백로류 집단번식지는 번식밀도에 따라 백로류에 대한 영향을 미치며, 집단번식지의 축소 및 감소는 백로류의 부정적인 영향을 줄 수도 있어 번식지에 대해서는 지속적인 연구가 필요하다.

국내에서 이루어진 백로류 집단번식지에 대한 연구는 전라남도 지역에서의 백로류 집단번식지 특성(Lee *et al.*, 2007), 천연기념물 백로 및 왜가리 번식지

에 대한 실태조사 및 관리방안(Kang *et al.*, 2008), 백로류 집단번식지의 식물사회 특성(Ahn *et al.*, 2015), 백로류 집단번식지의 개체수 모니터링을 위한 무인항공기 활용 연구(Park *et al.*, 2019) 등이 있다.

2) 백로류의 이동생태

일반적으로 백로류와 같은 수조류는 생태적 습성에 따라 선호하는 서식지가 다르고(Choi *et al.*, 2007), 다양한 요인에 의해 분포가 달라진다(Yoo *et al.*, 2008). 또한 서식지의 급격한 변화는 해당지역을 이용하는 조류군집에 변화를 초래하며(Kim *et al.*, 2013), 먹이원에 따라 주요 서식지가 달라진다(Nam *et al.*, 2015). 따라서 단순 모니터링 연구로 백로류의 전체적인 이동생태를 파악하는 데에는 한계가 있다.

최근 국내에서 위치추적기(WT-300)를 이용한 이동생태에 관한 연구는 주로 월동하는 수조류를 중심으로 이루어지고 있으며, 연구 내용으로는 청둥오리 *Anas platyrhynchos* 와 흰뺨검둥오리 *Anas zonorhyncha* 같은 수조류의 행동권, 일일이동거리, 서식지 이용특성, 월동이동특성 등이 있다(Kang *et al.*, 2014; Shin *et al.*, 2016a; Hwang *et al.*, 2016; Jung, 2019). 그러나 이러한 연구들은 대부분 오리류를 대상으로 진행되어 백로류에 대한 연구는 미비한 실정이다.

3) 백로류의 이동 정보

최근 기술의 발달로 야생동물위치추적기를 이용한 연구를 통해 오리류의 대표종인 청둥오리의 행동권과 서식지이용률이 알려졌으며(Kang *et al.*, 2014), 일본에서는 청둥오리가 월동기를 마치고 북상 시 확실적인 이동경로가 아닌 다양한 이동경로와 중간기착지를 이용하는 것으로 확인되었다(Yamaguchi *et al.*, 2008). 다만 현재까지 대부분의 이동생태연구는 청둥오리와 같은 오리류에 대한 연구가 대부분이며, 백로류에 대해서는 한국뿐만 아니라 동아시아에서 백로류의 국가 간 이동생태 등의 연구가 진행되고 있을 정도이며, 보다 구체적인 연구는 진행된 바 없는 실정이다.

II. 서식지 훼손에 따른 백로류 집단번식지 현황

1. 서론

현재까지 지구상에는 약 9,700 여종의 야생조류가 서식하며, 이 중 수조류는 8.6%인 833종이 알려져 있다(Sibley and Monroe, 1990, Monroe and Sibley, 1993). 수조류에 포함된 백로류는 전세계에 총 18속 72종이 있으며(IOC World Bird List, Gill *et al.*, 2020), 이중 우리나라에는 10속 18종이 기록되었다(Gill *et al.*, 2020). 백로류는 우리나라에서 2월부터 10월까지 도래하며, 산림, 하천, 저수지, 강, 농경지, 갯벌 등 다양한 서식지를 이용하기 때문에 백로류의 분포와 개체군 동향 등은 서식지의 환경을 대변할 수 있으며(Mistry *et al.*, 2008), 환경변화에 민감하게 반응하여 생태계의 건강성을 대표하는 지표종으로 이용되기도 한다(Kushlan, 1991).

이러한 변화에도 불구하고 백로류의 주요 서식지인 습지와 산림은 전 세계적으로 광범위하게 파괴되고 있으며(Kushlan and Hafner, 2000), 이러한 서식지 파괴로 인한 기능 상실은 백로류 개체군의 급격한 감소의 원인이 되고 있다(Kushlan, 1991).

우리나라의 백로류 집단번식지는 대부분 인가주변 산림에 위치하고 있어서 지역 주민의 민원에 의해 간벌 또는 훼손이 많이 발생하고 있는 실정이며, 서식지 주변의 개발과 공사는 백로류와 같은 특정 지역에서 번식하는 조류에게는 치명적인 영향을 미칠 수 있다(Jung, 1998).

서식지 및 취식지의 감소는 월동기간 동안의 생존율과 다음 해의 번식에 많은 영향을 미치며(Masatomi, 2000), 원래의 서식지에서 얻을 수 있는 이득과 서식지를 변경할 경우 얻을 수 있는 이득을 스스로 판단하여 결국 핵심서식지를 포기하는 결과를 초래할 수 있다(K-water, 2005). 이처럼 번식지나 서식지 감소는 백로류와 같이 집단번식하는 조류의 생존에 심각한 영향을 미칠 수 있기 때문에 지속적인 연구에 의한 보전 및 관리가 필요하다.

서식지 훼손에 따른 연구사례로 고속도로 건설 지역에 있어서의 산림조류에 관한 연구(Jung, 1998), 간벌에 의한 조류군집의 특성(Lee *et al.*, 1999), 해오라기 체내 중금속에 관한 연구(Kim, 2002), 백로류의 번식전략 연구(Jeong, 2004), 백로류 집단번식지 특성에 관한 연구(Lee *et al.*, 2007), 도로공사가 백로류 번식지에 미치는 영향 연구(Cha *et al.*, 2008), 산불 피해지의 조류에 관한 연구(Lee *et al.*, 2009), 백로류의 서식지 훼손에 따른 개체군 변화 및 보전방안 연구(Lee, 2013) 등이 있으나 백로류 집단번식지 훼손에 따른 변화 및 분포지 확산에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 지속적으로 번식지가 훼손되고 있는 지역과 보호되고 있는 지역을 비교 분석하여 번식지의 파괴가 백로류에 미치는 영향을 확인하고 백로류 보호 및 관리방안을 수립하는데 필요한 자료를 제공하기 위하여 이루어졌다.

2. 연구방법

1) 연구지역

(1) 대전광역시 일대 백로류 집단번식지

대전광역시 일대 번식지는 동쪽으로 충청북도 보은군, 옥천군이 있으며, 북쪽으로 충청북도 청주시, 세종특별자치시, 남쪽으로 금산군, 서쪽으로 충청남도 논산시, 공주시가 인접해 있으며, 3개의 큰 하천(갑천, 유등천, 대전천)과 그 지류인 여러개의 작은 하천으로 이루어진 도심지역으로 현재 지속적인 간벌이 이루어지고 있는 지역이다(Figure 1). 조사는 대전광역시 서구 변동 산10-53번지 산림에 위치한 내동중학교 번식지(36° 19'51.78"N, 127° 22'13.98"E)와 대전광역시 유성구 어은동 44번지 산림에 위치한 한국과학기술원 번식지(36° 22'28.90"N, 127° 21'29.10"E), 훼손에 따른 확산 및 유입을 알기 위해 한국과학기술원 번식지와 약 30km 떨어진 충청남도 논산시 지산동 산 2-1번지 산림에 위치한 기민중학교 번식지(36° 11'50.13"N, 127° 6'31.00"E)이다(Figure 1).

(2) 여주시 신접리 백로류 집단번식지

여주시 집단번식지는 남북으로 광주산맥이 형성되어 있으며, 남동에서 북서방향으로 남한강이 흐르고 있는 여흥동, 중앙동, 오학동(여주읍)을 중심으로 분지를 형성하고 있으며, 남한강 수계를 따라 농경지가 형성되어 있고 산림이 넓게 분포하고 있는 지역이다. 여주시에서 조사된 백로류 집단번식지는 여주시 북내면 신접리 285번지 산림에 위치한 신접리 번식지(37° 19'29.81"N, 127° 41'11.81"E)로 현재 천연기념물로 지정되어 지속적인 관리 및 보호가 이루어지고 있어 백로류에게 방해요인이 적은 지역이다(Figure 1).

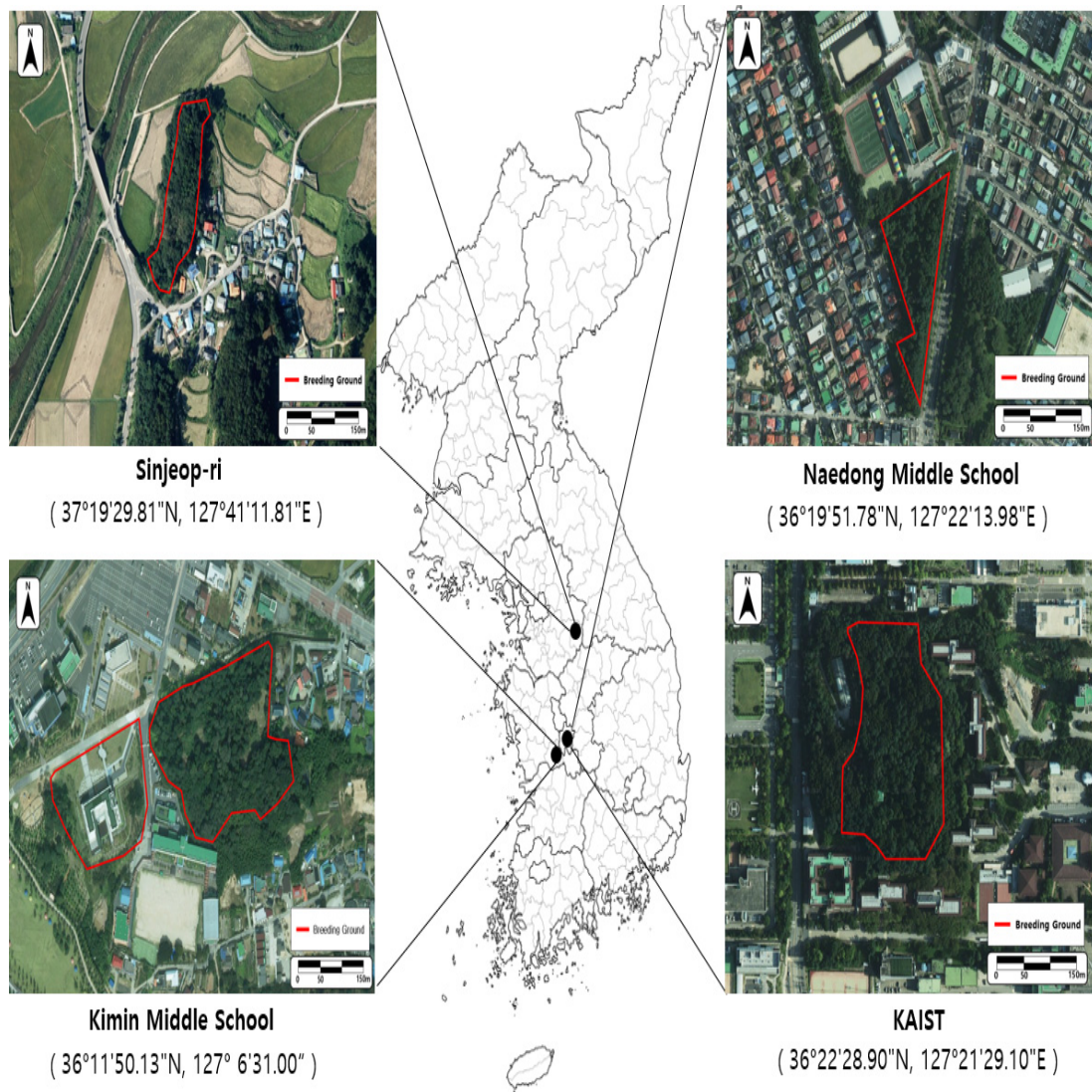


Figure 1. The Map of Breeding Ground of Ardeidae.

2) 연구 방법

(1) 백로류 집단번식지 조사

백로류 집단번식지 조사는 내동중학교 번식지와 한국과학기술원 번식지, 기민중학교 번식지, 신접리 번식지 등 4개 조사지역에서 진행하였다.

내동중학교 번식지는 주민과의 마찰이 많아 간벌 예정지로 선정된 번식지이며, 한국과학기술원 번식지는 과거 번식지 였으나 간벌, 가지치기, 연무소독 등의 방해요인으로 번식이 이루어지지 않고 휴식지로 이용되고 있는 지역이다. 기민중학교 번식지는 내동중학교 번식지와 한국과학기술원 번식지로부터 약 30 km거리에 위치하고 있어 번식지의 훼손이 주변 번식지에 미치는 영향을 확인하기 위해 선정하였으며, 여주시 신접리 번식지는 천연기념물로 지정되어 보호와 관리가 이루어지고 있는 지역이라 방해요인이 많은 번식지와 비교를 위해 선정하였다.

조사는 내동중학교 번식지와 한국과학기술원 번식지, 기민중학교 번식지는 2015년부터 2017년까지 백로류가 도래하는 2월부터 10월까지 월 1회이상 조사하였다. 2018년에는 국립생물자원관의 ‘한국의 백로번식지’를 참고하였다. 신접리 번식지는 2019년도 2월부터 10월까지 조사하였고 2016년과 2018년 자료는 여주시에서 실시한 ‘여주 신접리 백로와 왜가리 번식지 생태계모니터링 및 보존관리방안 연구’ (Yeosu-si, 2016; Yeosu-si, 2018;)와 국립생물자원관에서 진행된 ‘한국의 백로번식지’ (Hwang, *et al.*, 2020) 자료를 참고하여 분석하였다.

조사는 쌍안경(10X42)과 Field scope(X20 ~ 60)를 이용하여 선조사법(line census)과 정점조사법(Point census method)으로 번식지 상층부는 드론(Mavic 2 Pro)을 활용하여 조사하였다.

(2) 분석 방법

조사된 자료는 각 지역별 최고 관찰 등지수를 산출하여 분석자료로 이용하였으며, 각종 지수와 함수는 EXCEL 2013과 ACCESS 2013 프로그램을 이용하여 분석하였다.

연도별 번식지 등지수와 집단 내 각 종의 등지수는 선형 추세선(선형회귀, linear regression)을 이용하여 분석하였으며, 집단 내 각 종의 우점종 산출은 Brower *et al.* (1990)에 의한 우점도(RD, relative species density)를 이용하였다. 우점도는 조사기간 동안 관찰된 모든 백로류의 최고 관찰 등지수를 합한 최대합계수를 기준으로 분석하였다. 여기서 최대 합계 수는 전체 조사 중에서 각 종마다 가장 많이 관찰된 등지수를 합산하였다. 우점도는 아래의 식을 이용하여 산출하였다.

$$RD = n_i / N \times 100(\%)$$

(n_i : 특정종의 개체수, N : 전체 종의 개체수)

3. 연구 결과

1) 연도별 백로류 집단번식지 현황

2015년부터 2019년까지 대전시 내동중학교 번식지와 한국과학기술원 번식지, 논산시에 위치한 기민중학교 번식지, 여주시 신접리 번식지 등 4개의 백로류 집단번식지에서 조사한 결과 최대 등지수는 대전광역시 한국과학기술원 번식지에서 총 6종 1,092개(최대값)로 가장 많은 번식이 확인되었으며, 여주시 신접리 번식지에서 5종 505개, 대전시 내동중학교 번식지는 6종 272개, 논산시 기민중학교 번식지는 6종 258개 순으로 확인되었다(Table 1, Figure 2).

연도별로는 2015년에 내동중학교 번식지에서 총 6종 272개, 기민중학교 번식지에서 6종 142개가 번식이 확인되었다. 신접리 번식지는 조사가 이루어지지 않았으며, 한국과학기술원 번식지에서 왜가리와 중대백로가 휴식지로 이용하는 것이 확인되었으나 등지는 관찰되지 않았다.

2016년에는 한국과학기술원 번식지에서 6종 730개로 가장 많이 관찰되었고 기민중학교 번식지에서 6종 258개, 신접리 번식지에서 6종 113개의 순이었다. 2015년에 가장 많은 번식이 이루어진 내동중학교 번식지의 경우에는 2015년에 주민들과의 마찰로 번식지가 형성된 산림이 간벌되어(슈아베기 253주, 가지치기 110주 등) 2016년에는 번식이 이루어지지 않았으며, 2015년도에 번식하지 않은 한국과학기술원 번식지에서 가장 많은 번식이 확인되었다.

2017년에는 한국과학기술원 번식지에서 6종 968개, 기민중학교 번식지 3종 33개가 관찰되었다. 신접리 번식지는 조사가 되지 않았으며, 내동중학교 번식지에서는 백로류 번식이 확인되지 않았다.

2018년에는 한국과학기술원 번식지에서 5종 1,092개, 신접리 번식지에서 3종 177개, 기민중학교 번식지 1종 26개 순이었다.

2019년에는 신접리 번식지에서만 조사되어 5종 505개가 확인되었다.

Table 1. The Status of Ardeidae Breeding Ground

No. of Nests	2015	2016	2017	2018	2019	Max.	R ²
Naedong Middle School	272*	-	-	-	-	272	0.6000
KAIST	-	730	968	1092	-	1092	0.8619
Kimin Middle School	142	258	33	26	-	258	0.4583
Sinjeop-ri	-	113	0	177	505	505	0.6678

* : Number of nests, R² : linear regression, N/A : not applicable

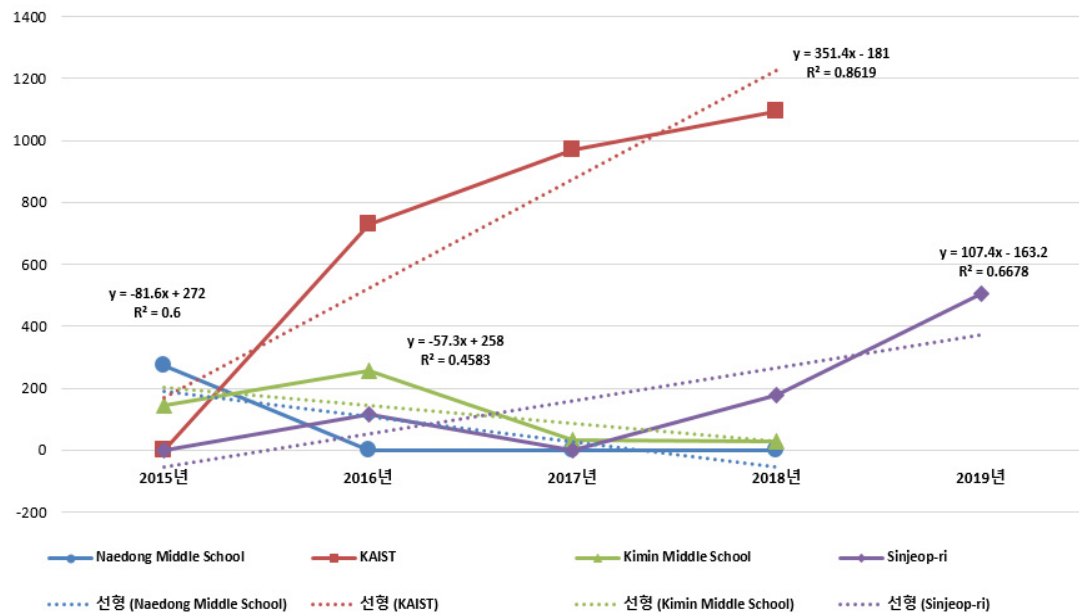


Figure 2. The Status of Ardeidae Breeding Ground.

2) 지역별 백로류 번식 현황

(1) 내동중학교 번식지

내동중학교 번식지에서 2015년에 6종 272개 둥지가 확인되었고, 쇠백로 150개 (55.15%), 중대백로 45개(16.54%), 황로 26개(9.56%), 중백로 25개(9.19%), 왜가리 22개(8.09%), 해오라기 4개(1.47%)의 순이었다(Table 2).

내동중학교 번식지는 2015년 대전 일대에서 가장 많은 번식이 이루어 졌으나, 주민과의 마찰로 번식지가 형성된 산림이 간벌되어 2015년이후에는 번식지로 이용되지 않은 지역이다($R^2=0.5000$).

Table 2. The Status of Naedong Middle School Breeding Ground

Species	2015	2016	2017	2018	Max.	RD(%)	R^2
Gray Heron	22*	N/A	N/A	N/A	22	8.09	0.5000
Great Egret	45	N/A	N/A	N/A	45	16.54	0.5000
Intermediate Egret	25	N/A	N/A	N/A	25	9.19	0.5000
Little egret	150	N/A	N/A	N/A	150	55.15	0.5000
Black-crowned Night Heron	4	N/A	N/A	N/A	4	1.47	0.5000
Eastern Cattle Egret	26	N/A	N/A	N/A	26	9.56	0.5000
No. of species	6	N/A	N/A	N/A	6		
No. of individuals	272	N/A	N/A	N/A	272		

* : Number of nests, R^2 : linear regression, N/A : not applicable

(2) 한국과학기술원 번식지

한국과학기술원 번식지에서는 2015년부터 2018년까지 총 6종 1,395개(최대개 체수 합계)등지에서 번식이 확인되었으며, 황로 550개(39.43%), 쇠백로 450개(32.26%), 중대백로 145개(10.39%), 왜가리 120개(8.60%), 중백로 100개(7.17%), 해오라기 30개(2.15%)의 순이었다(Table 3).

한국과학기술원 번식지는 2001년 3월부터 2012년까지는 백로류 번식지로 이용되었으나, 간벌이 이루어진 이후 2015년까지 번식지로 이용되지 않았다. 2016년부터 다시 번식이 이루어졌으며, 2018년도에 한국과학기술원 번식지 중 건물과 인접한 일부 지역에 대해 간벌이 이루어졌고 산림 내부에서는 번식지가 유지된 상황이었다.

왜가리는 2016년부터 2017년까지 번식이 증가하였으나, 2018년부터 간벌로 인해 번식이 확인되지 않았다($R^2=0.0419$). 중대백로는 2016년부터 지속적으로 증가하는 경향을 보였으나, 2018년에 간벌로 인해 2017년보다 45개 등지가 감소하였다($R^2=0.6614$). 중백로는 2016년부터 지속적으로 감소하는 경향을 보였으나, 2018년에 80개로 2017년보다 12개 증가하였다($R^2=0.3830$). 쇠백로는 2016년부터 지속적으로 감소하는 경향을 보였다($R^2=0.3653$). 해오라기는 큰차이는 없으나 지속적으로 증가하는 경향을 보였다($R^2=0.8699$). 황로는 지속적으로 증가하여 2018년에는 가장 우점한 것으로 확인되었다($R^2=0.8666$).

Table 3. The Status of KAIST Breeding Ground

Species	2015	2016	2017	2018	Max.	RD(%)	R ²
Gray Heron	N/A	30*	120	0	120	8.60	0.0419
Great Egret	N/A	30	145	100	145	10.39	0.6614
Intermediate Egret	N/A	100	68	80	100	7.17	0.3830
Little egret	N/A	450	430	332	450	32.26	0.3653
Black-crowned Night Heron	N/A	20	25	30	30	2.15	0.8699
Eastern Cattle Egret	N/A	100	180	550	550	39.43	0.8666
No. of species	N/A	6	6	6	6		
No. of individuals	N/A	730	968	1,092	1,395		

* : Number of nests, R² : linear regression, N/A : not applicable

(3) 기민중학교 번식지

기민중학교 번식지에서는 2015년부터 2018년까지 총 6종 258개(최대개체수 합계)에서 번식이 확인되었으며, 종별로는 쇠백로 83개(32.17%), 왜가리와 해오라기가 각각 40개(15.50%), 중대백로 37개(14.34%), 중백로 33개(12.79%), 황로 25개(9.69%)의 순이었다(Table 4).

기민중학교 번식지에서는 2015년도에 총 6종 142개 2016년도에는 6종 258개로 증가하였으나, 2017년도에는 3종 33개로 감소하기 시작하였고 2018년도에는 왜가리 1종 26개가 관찰되었다. 이는 기존 번식지에 사람의 출입이 많고 오랜 번식으로 영소목이 고사하여 주변으로 번식이 확대하는 중 논산열린 도서관과 논산 시민공원 등의 공사로 인해 번식지 주변 산림이 간벌되고 중장비 이동 등의 방해요인 증가로 번식이 줄어든 것으로 판단된다.

왜가리는 2015년부터 2016년까지 번식이 증가하였으나, 방해요인으로 인해 2017년에 8개로 감소하였으며, 2018년에 25개로 소폭 증가하였다(R²=9E-05). 중대백로는 2015년부터 2016년까지 번식이 증가하였으나, 2017년부터 방해요인으로 인해 번식이 감소하여, 2018년에는 번식이 확인되지 않았다(R²=0.1196).

중백로는 2015년부터 2016년에는 번식이 증가하였으나, 2017년 이후에는 번식이 확인되지 않았다($R^2=0.5497$). 쇠백로는 2015년부터 2016년에는 증가하여, 83개로 가장 많은 번식이 이루어졌으나, 2017년부터는 방해요인이 발생하여 2018년에는 번식이 확인되지 않았다($R^2=0.7221$). 해오라기는 2015년부터 2016년까지 일시적으로 증가하였으나, 2017년부터 방해요인으로 번식이 확인되지 않았다($R^2=0.5658$). 황로는 2015년부터 2016년까지 번식이 증가하였으나, 2017년부터 방해요인에 의해 번식이 확인되지 않았다($R^2=0.3612$).

Table 4. The Status of Kimin Middle School Breeding Ground

Species	2015	2016	2017	2018	Max.	RD(%)	R^2
Gray Heron	15*	40	8	26	40	32.17	9E-05
Great Egret	7	37	15	N/A	37	15.50	0.1196
Intermediate Egret	20	33	N/A	N/A	33	14.34	0.5497
Little egret	65	83	10	N/A	83	12.79	0.7221
Black-crowned Night Heron	25	40	N/A	N/A	40	15.50	0.5658
Eastern Cattle Egret	10	25	N/A	N/A	25	9.69	0.3612
No. of species	6	6	6	6	6		
No. of individuals	142	258	33	26	258		

* : Number of nests, R^2 : linear regression, N/A : not applicable

(4) 신접리 번식지

신접리 번식지는 2016년부터 2019년까지 5종 505개(최대개체수 합계) 등지로 번식이 확인되었으며, 이중 중대백로 204개(40.40%), 왜가리 117개(23.17%), 중백로 75개(14.85%), 쇠백로 62개(12.28%), 황로 47개(9.31%) 순으로 확인되었다(Table 5).

신접리 번식지는 1950년부터 번식지로 이용되기 시작하여, 1968년 천연기념물로 지정되어 관리되었으나, 1990년 이후 여러 가지 요인으로 번식개체가 분산되어 번식개체가 감소하였다(Yeaju-si, 2018).

왜가리는 2016년 62개로 가장 많은 번식이 이루어졌으며, 2016년부터 2019년 까지 지속적으로 증가하는 경향이 확인되었다($R^2=0.6157$). 중대백로는 2016년부터 지속적으로 증가하여 2019년에는 가장 많은 번식이 이루어졌다($R^2=0.7144$). 중백로는 2016년부터 2018년까지 번식이 확인되지 않았으나, 2019년 75개가 확인되었다($R^2=0.5000$). 쇠백로는 2016년부터 2018년까지 감소하였으나, 2019년 62개로 번식이 증가하였다($R^2=0.4567$). 황로는 2016년부터 2018년까지 번식이 확인되지 않았으나, 2019년에 47개가 확인되었다($R^2=0.5000$).

Table 5. The Status of Sinjeop-ri Breeding Ground

Species	2015	2016	2017	2018	2019	Max.	RD(%)	R^2
Gray Heron	N/A	62*	N/A	91	117	117	23.17	0.6157
Great Egret	N/A	34	N/A	81	204	204	40.40	0.7144
Intermediate Egret	N/A	N/A	N/A	N/A	75	75	14.85	0.5000
Little egret	N/A	17	N/A	5	62	62	12.28	0.4567
Eastern Cattle Egret	N/A	N/A	N/A	N/A	47	47	9.31	0.5000
No. of species	N/A	3	N/A	3	5	5		
No. of individuals	N/A	113	N/A	177	505	505		

* : Number of nests, R^2 : linear regression, N/A : not applicable

4. 고찰

백로류는 번식지의 60% 이상 벌목이 이루어지면 번식하지 않고 다른 지역으로 이동한다는 하는 것으로 알려져 있다(Lee, 2013). 이번 연구에서도 백로류는 번식지의 훼손과 방해요인의 증가에 따라 기존 번식지를 포기하고 새로운 번식지를 찾는 것이 확인되었다. 이처럼 백로류는 방해요인의 증가에 따라 백로류가 스스로 서식지의 이득을 판단하여 서식지를 이동할 수 있다(K-water, 2005). 이러한 서식지의 감소는 월동기의 생존율과 다음 해의 번식에 많은 영향을 미치기 때문에 (Masatomi, 2000), 인간의 간섭 및 개발로 인한 서식지 훼손은 심각한 문제로 대두되고 있다(Lee, 2013).

국립생물자원관이 조사한 ‘한국의 백로번식지’에 따르면 2011년부터 2012년에 1,000개 동지가 넘는 대규모 번식지는 경기도와 충청도에서 5개로 확인되었으나 2018부터 2019년에는 대규모 번식지가 2개로 감소하고, 100개 이하 소규모 번식지가 증가한 것으로 확인된 바 있다(Hwang *et al.*, 2020). 따라서 백로류 번식지에 대한 개발 및 훼손은 백로류의 분산을 증가시켜 소규모 번식지가 형성되는 것으로 보인다. 이러한 소규모 번식지의 형성은 다시 주민과의 마찰과 개발로 번식지에 대한 간섭 및 훼손이 이루어지는 악순환이 지속되고 있는 것으로 보인다. 또한 본 연구에서 번식지의 훼손에 따라 기존에 형성된 번식지의 규모가 증가하는 것으로 확인되었다. 따라서 백로류의 분산은 기존에 형성된 안정적인 번식지에도 백로류 유입 증가에 따라 밀도가 높아져 새로운 문제를 발생시킬 것으로 판단된다.

기존 백로류 번식지에 밀도가 높아질 경우 번식 성공에 영향을 줄 수 있다 (Frederick and Collopy, 1988). 동지 밀도가 높아지면 번식 성공률이 높은 장소를 선택하기 위해 종간 또는 종내 경쟁이 이루어지며(Jenni, 1969), 경쟁에서 밀려 너무 낮은 높이에 동지가 형성되면 육상동물로부터 포식압이 증가한다(Jeong, 2004). 또한 번식지 밀도의 증가는 백로류 배설물의 증가로 번식지내 영소목의 점진적인 고사를 유발하고, 여러 해 동안 이용된 번식지 내

나무들이 고사하면, 이듬해부터는 인근의 다른 번식지역으로 확산한다 (Hwang, 2020). 위와 같이 백로류 집단번식지는 번식밀도와 훼손에 의해 부정적인 영향을 받을 수 있다.

이 연구를 통해 살펴본 바와 같이 백로류 번식지의 간벌 및 개발은 민원이 발생하는 지역에 일시적인 해결방안이 될 수도 있지만, 소규모 번식지의 증가로 이어져 결국 더 많은 지역에 문제를 발생시킬 수 있을 것이다. 따라서 무분별한 번식지 훼손보다 안정적인 백로류 번식지를 확보하고 영소목 식재 및 취식지 조성, 등지재료의 수급 등의 관리를 통해 기존 번식지를 지속적으로 유지하는 것이 분산으로 인해 발생하는 소규모 번식지가 감소하게 되고, 궁극적으로는 지역주민과의 마찰이나 민원을 해소하는 해결방안으로 연결되어 서식지 관리에도 유리하게 작용할 것으로 판단된다.

III. 백로류의 행동권 및 서식지 이용

1. 서론

백로류는 다양한 서식지를 광범위하게 분포하기 때문에, 서식지 구성에 따라 그 분포가 다르게 나타나기 때문에(Shin, 2016), 단순한 모니터링 조사로는 백로류의 행동권과 서식지 이용률을 파악할 수 없다.

조류의 행동권은 서식지의 특성과 개체들이 서식하는데 최소한의 공간을 추정하고 서식지 관리에 있어 중요한 자료이다(Winker *et al.*, 1995; Peter *et al.*, 2002; Michell and Powell, 2004). 조류의 행동권 연구는 대부분 유색 가락지 부착과 육안관찰을 통한 연구로 자세한 이동경로 및 행동권을 파악하는데 제한이 있다. 하지만 최근 과학 기술의 발달로 야생동물위치추적기, 위성추적장치 등의 통신장비를 활용한 연구가 가능하고, 그에 따라 백로류의 자세한 행동권 및 이동경로를 확인할 수 있다. 야생동물위치추적기는 대상동물의 서식지와 시·공간적 이동에 관한 자료를 확보할 수 있어 이동시기, 이동경로, 행동권, 서식지 이용률 등 국제적인 규모의 연구를 통해 대상종의 보호·관리를 위한 중요한 정보를 확보할 수 있다(Aebischer and Robertson, 1993; Kremetz *et al.*, 2011; Jung, 2019).

최근 국내에서 많이 사용하는 위치추적장치는 야생동물위치추적기 WT-300 (GPS-Mobile phone based Telemetry)으로, 이동통신 시스템을 기반으로 좌표를 획득하며, 연구자가 웹상에서 위치정보를 확인할 수 있다.

따라서 이 연구는 야생동물위치추적기(WT-300)를 이용하여 국내에 도래하는 백로류의 전반적인 행동권과 서식지 이용률 등 전반적인 이동생태에 관한 자료를 분석하여 백로류의 보호 관리에 필요한 자료를 제공하기 위하여 이루어졌다.

2. 연구 방법

1) 백로류 포획 및 위치추적기 부착

연구는 왜가리와 중대백로 2종을 대상으로 도심지역과 농촌지역의 지역별 행동권 비교를 위해 방해요인이 많은 도심지역인 대전광역시와 농촌지역으로 산림과 농경지가 넓게 형성된 여주시 신접리에서 이루어졌다.

대전광역시에서는 2015년 6월부터 2016년 4월까지 도심지에 있는 갑천과 유등천 수계에서 6개체를 포획하였으며, 여주시에서는 2019년 5월부터 6월까지 여주시 북내면 신접리 백로번식지 주변에 위치하고 있는 금당천 수계에서 3개체를 Air-Cannon-net을 이용하여 포획하였다.

포획된 백로류는 바로 새주머니(Bird-Bag)에 넣어 10분에서 20분 정도 안정화시켰으며, 이후 각 개체별로 무게를 측정하였다. 조류에 부착하는 추적기는 체중의 5% 이하로 하는 것이 행동에 있어 제약을 최소화 할 수 있으며(Kenward, 1985), 야생동물위치추적기 WT-300(GPS-Mobile phone based Telemetry)의 무게가 27g임을 고려하여 600g 이상의 개체를 대상으로 백팩(Back-Pack) 형태로 부착하였다. 위치추적기를 부착한 개체는 개체 식별을 위해 일련번호를 부여하여 분석하였다(Table 6).

Table 6. The information for captured Ardeidae(Great Egret, Gray Heron)
 Information for species, weight, and location of capture is provided

Area	ID	Species	Weight(g)
Daejeon	D01	Great Egret	1,310
	D02	Great Egret	1,250
	D03	Gray Heron	1,350
	D04	Gray Heron	1,310
	D05	Gray Heron	1,230
	D06	Great Egret	1,320
Yeoju	Y01-1	Gray Heron	1,350
	Y01-2	Gray Heron	
	Y02-1	Great Egret	1,290
	Y02-2	Great Egret	
	Y02-3	Great Egret	
	Y03-1	Great Egret	1,310
	Y03-2	Great Egret	

2) 백로류 추적 현황

대전광역시에서 포획한 개체는 왜가리 3개체, 중대백로 3개체였으며, 여주에서 포획한 개체는 왜가리 1개체, 중대백로 2개체였으나, 다년간 동일한 번식지를 이용한 개체를 고려하여 연도별로 개체를 왜가리 2개체, 중대백로 5개체로 구분하여 분석하였다. GPS신호는 4시간마다 획득하도록 설정하였으나, D01번 개체에 경우 배터리에 보존과 정밀한 이동경로를 알기 위해 오전 6시부터 오후 6시까지 2시간마다 획득하고 야간행동을 알기 위해 오후 12시에 한번 획득하도록 설정하였다. 주·야간 분석은 주간을 06시부터 18시, 야간을 18시부터 06시까지로 구분하여 분석하였다.

위치추적데이터는 대전에서 포획된 6개체는 2015년 6월 5일부터 2016년 9월 2일까지 선별하여 분석하였으며, 여주에서 포획된 3개체는 연도별로 2019년 5월 14일부터 2021년 6월 26일까지 선별하여 분석하였다. 행동권 분석을 위해 최소 31일부터 최장 162일까지 추적하였으며, 획득된 GPS좌표는 최소 182회부터 최대 980회 획득하였다(Table 7).

Table 7. The Information of Wild-Tracker (WT-300) for Ardeidae(Great Egret, Gray Heron) in Korea

ID	Species	Tracking Period		Tracking period	GPS Fixed time/day	Number of GPS Fixed
		Start	End			
D01	Great Egret	2015-06-05	2015-10-14	132	8	980
D02	Great Egret	2015-08-07	2015-10-04	59	6	442
D03	Gray Heron	2016-03-15	2016-07-08	116	6	881
D04	Gray Heron	2016-03-15	2016-07-01	109	6	647
D05	Gray Heron	2016-03-25	2016-09-02	162	6	968
D06	Great Egret	2016-04-20	2016-08-25	128	6	710
Y01-1	Gray Heron	2019-05-14	2019-06-13	31	6	182
Y01-2	Gray Heron	2020-03-07	2020-07-02	118	6	726
Y02-1	Great Egret	2019-05-22	2019-07-25	65	6	401
Y02-2	Great Egret	2020-05-06	2020-08-26	113	6	693
Y02-3	Great Egret	2021-05-07	2021-06-26	51	6	301
Y03-1	Great Egret	2019-06-12	2019-07-24	43	6	265
Y03-2	Great Egret	2020-04-18	2020-07-13	87	6	538

3) 통계 분석

백로류의 행동권 분석을 위해 획득된 GPS좌표를 오픈소스 프로그램인 QGIS 3.x와 R 4.x의 관련 패키지를 이용하였으며, 이 연구에서는 최소불록다각형법(Minimum Convex Polygon Method : MCP) 100% 방법과 커널밀도추정법(Kernel Density Estimation : KDE) 95%, 50%를 이용하였다. KDE 95%는 일반적 행동권을 나타내며, KDE 50%는 핵심서식영역으로 구분한다(kauhala and Auttila, 2010).

서식지 이용률을 파악하기 위해 환경부에서 발간한 세분류 토지피복도와 QGIS 3.x를 이용하여 해당 좌표에 대한 환경을 파악하였으며, 토지피복도의 중분류를 수계, 농경지, 산림, 저수지, 나지, 기타 등 6개로 구분하여 분석하였다(Table 8).

Table 8. The Land Coverage Map (Middle Classification) Reclassification System

Reclassification	Middle Classification
Hydrosphere	Inland wetlands
	Inland waters
	Rice Field
Farmland	Facility cultivation area
	Orchard
	Other cultivated land
Forest	Hardwood forest
	Coniferous forest
	Mixed forest
	Natural grassland
Reservoir	Nature bare land
	Reservoir
Bare land,	Field
	Artificial grassland
	Residential area
Other	Industrial area
	Commercial area
	Culture · Athletic · Recreation area
	Traffic area
	Road

3. 연구 결과

1) 전체 행동권 분석

(1) 왜가리(*Ardea cinerea*)

전체 왜가리 5개체의 행동권을 파악한 결과 MCP에 의한 평균 행동권은 187.37 km²(n=5, SD=146.54)이었다. 지역별로는 대전광역시에서 301.31km²(n=3, SD=57.04)였으며, 여주시에서 16.46km² (n=2, SD=10.82)로 확인되어 대전광역시에서 행동권이 더 넓은 행동권을 가지는 것으로 나타났다. 개체별로는 D05개체가 359.01km²로 가장 넓은 행동권을 보였으며 Y01-2개체가 5.64km²로 가장 좁은 행동권이 확인되었다.

KDE에 의한 전체 평균 행동권은 일반 행동권인 95%에서 평균 86.60km²(n=5, SD=94.21)이었으며, 핵심서식지로 분류되는 KDE 50%에서 평균 22.26km²(n=5, SD=24.86)로 확인되었다.

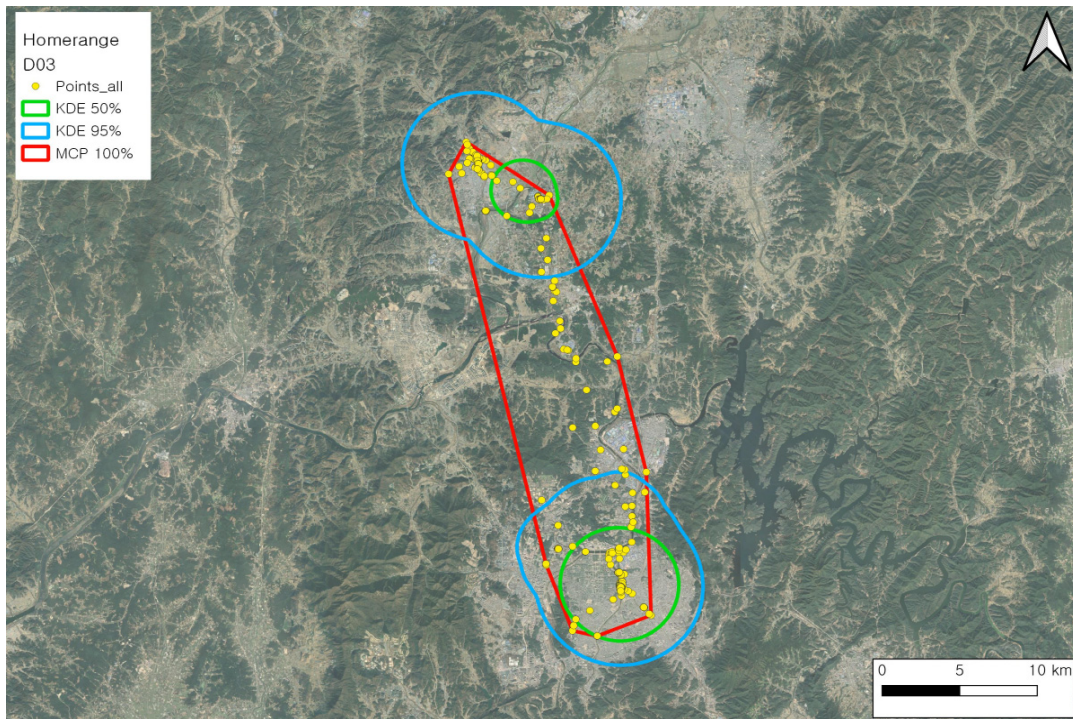
지역별로는 대전광역시에서 KDE 95% 평균 139.93km²(n=3, SD=87.63), KDE 50% 평균 35.96km²(n=3, SD=23.67)로 확인되었으며, 여주시에서 KDE 95% 평균 6.61km² (n=2, SD=1.71), KDE 50% 평균 1.70km²(n=2, SD=0.47)로 확인되어 대전광역시가 일반 행동권인 95%와 핵심서식지인 50% 모두 넓은 행동권을 가지는 것으로 나타났다.

핵심서식지인 KDE 50%의 경우 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 D03개체로 60.52km²이었고, 가장 좁은 행동권을 보인 개체는 Y01-2개체로 1.23km²이었다.

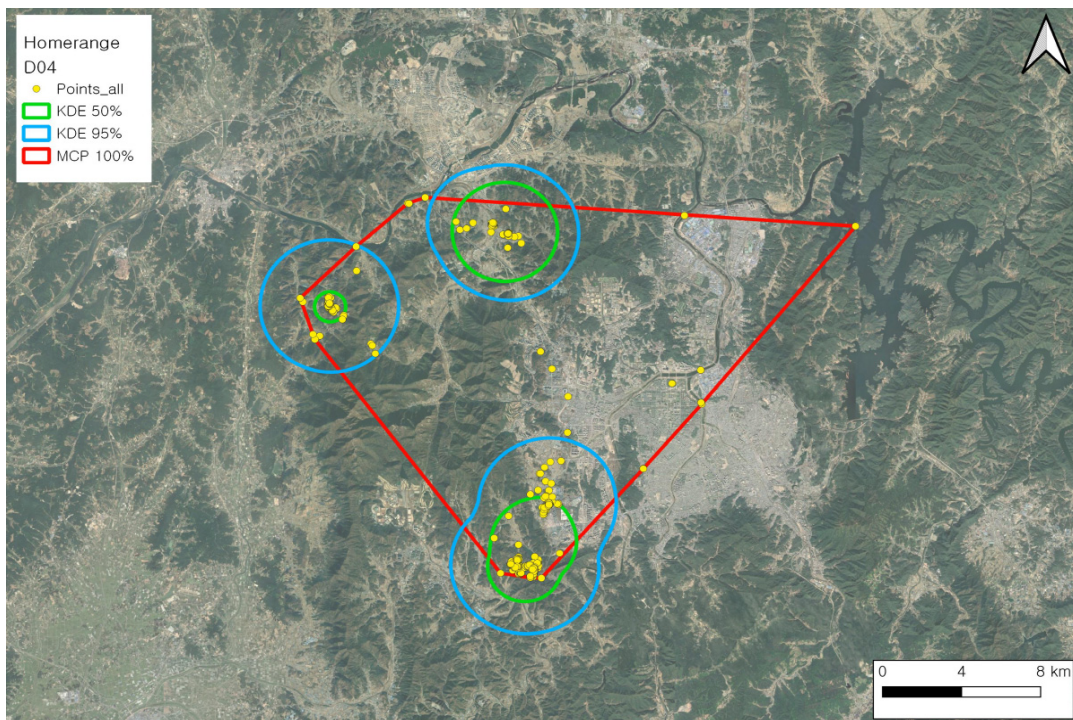
전체 행동권을 확인하는 MCP와 핵심서식지를 확인하는 KDE 50% 모두 도심 지역인 대전광역시에서 가장 넓었고 농촌지역인 여주시에서 가장 좁게 나타났다 (Table 9, Figure 3).

Table 9. The results of Home range analysis according to MCP and KDE of Gray Heron(*Ardea cinerea*) with GPS at Daejeon and Yeosu

Area	ID	MCP(km ²)	95% KDE(km ²)	50% KDE(km ²)
Daejeon	D03	223.65	243.25	60.52
	D04	321.28	147.54	43.37
	D05	359.01	29.00	3.99
Aver.		301.31 ± 57.04	139.93 ± 87.63	35.96 ± 23.67
Yeosu	Y01-1	27.27	8.32	2.17
	Y01-2	5.64	4.91	1.23
Aver.		16.46 ± 10.82	6.61 ± 1.71	1.70 ± 0.47
Total aver.		187.37 ± 146.54	86.60 ± 94.21	22.26 ± 24.86

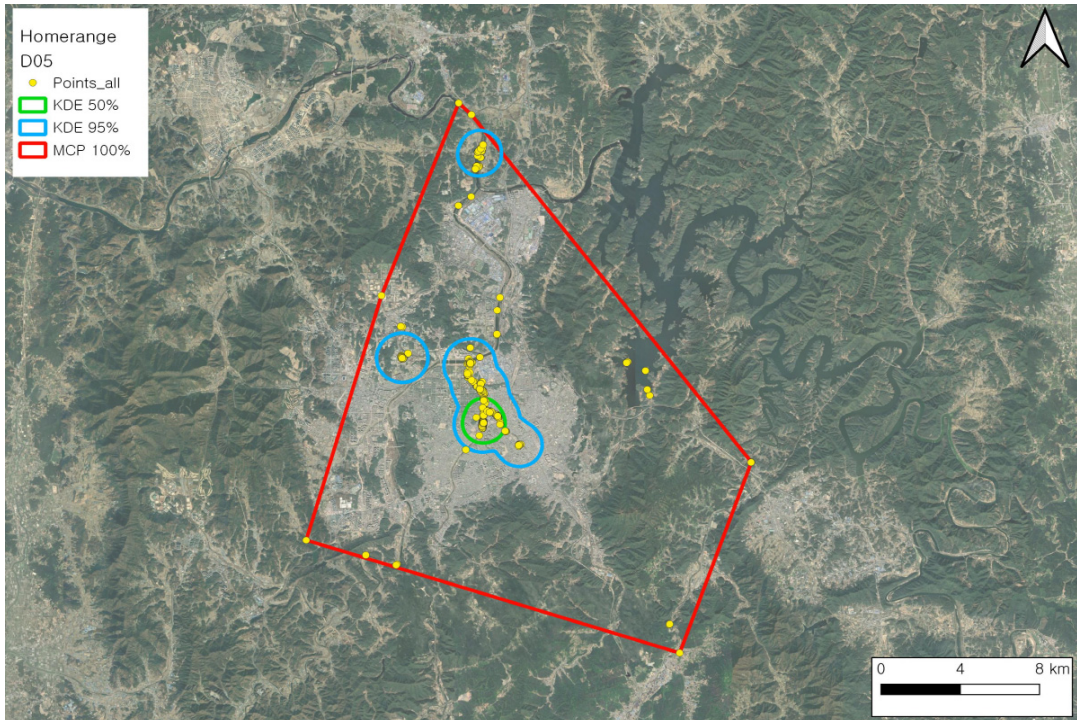


D03

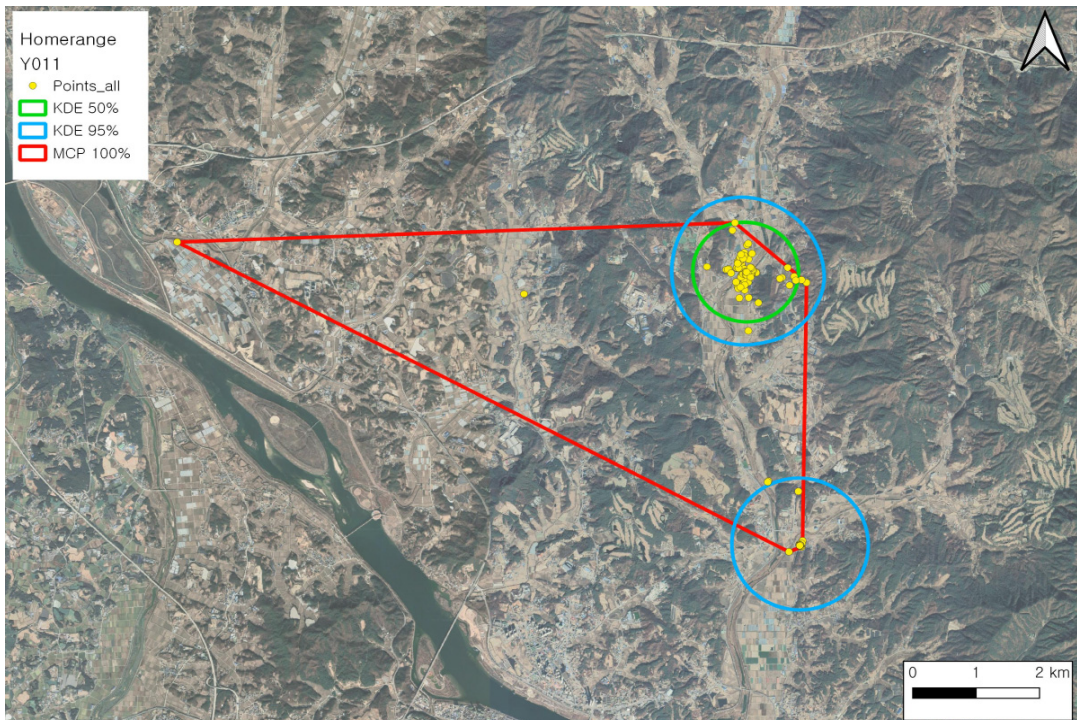


D04

Figure 3. The results of Home range analysis according to MCP and KDE of Gray Heron(*Ardea cinerea*) with GPS at Daejeon and Yeosu.

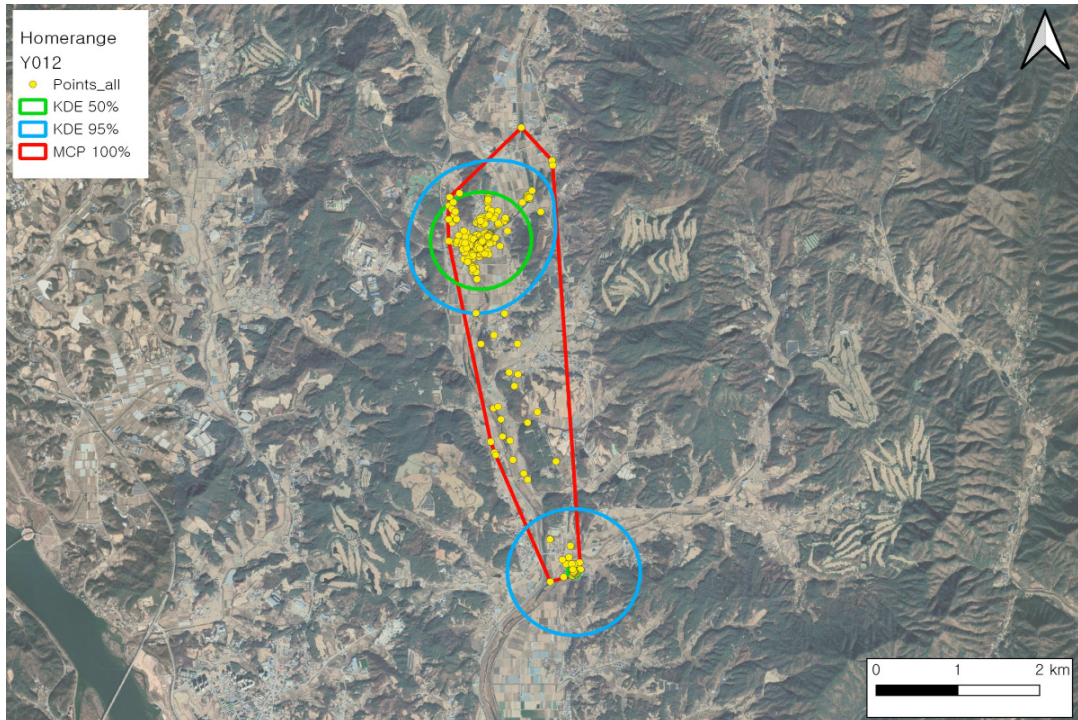


D05



Y01-1

Figure 3. Continued.



Y01-2

Figure 3. Continued.

(2) 중대백로(*Ardea alba*)

전체 중대백로 8개체의 행동권을 파악한 결과 MCP에 의한 평균 행동권은 145.94km²(n=8, SD=169.63)이었다. 지역별로는 대전광역시에서 212.58km²(n=3, SD=137.86)였으며, 여주시에서 105.96km² (n=5, SD=10.82)로 확인되어 대전광역시에서 더 넓은 행동권이 확인되었다. 개체별로는 Y03-2 개체가 454.17km²로 가장 넓은 행동권을 보였으며 Y02-3개체가 7.43km²로 가장 좁은 행동권을 갖는 것으로 나타났다.

KDE에 의한 전체 평균 행동권은 일반 행동권인 95%에서 평균 88.39km²(n=8, SD=123.24)이었으며, 핵심서식지로 분류되는 KDE 50%에서 평균 18.19km²(n=8, SD=27.85)이었다.

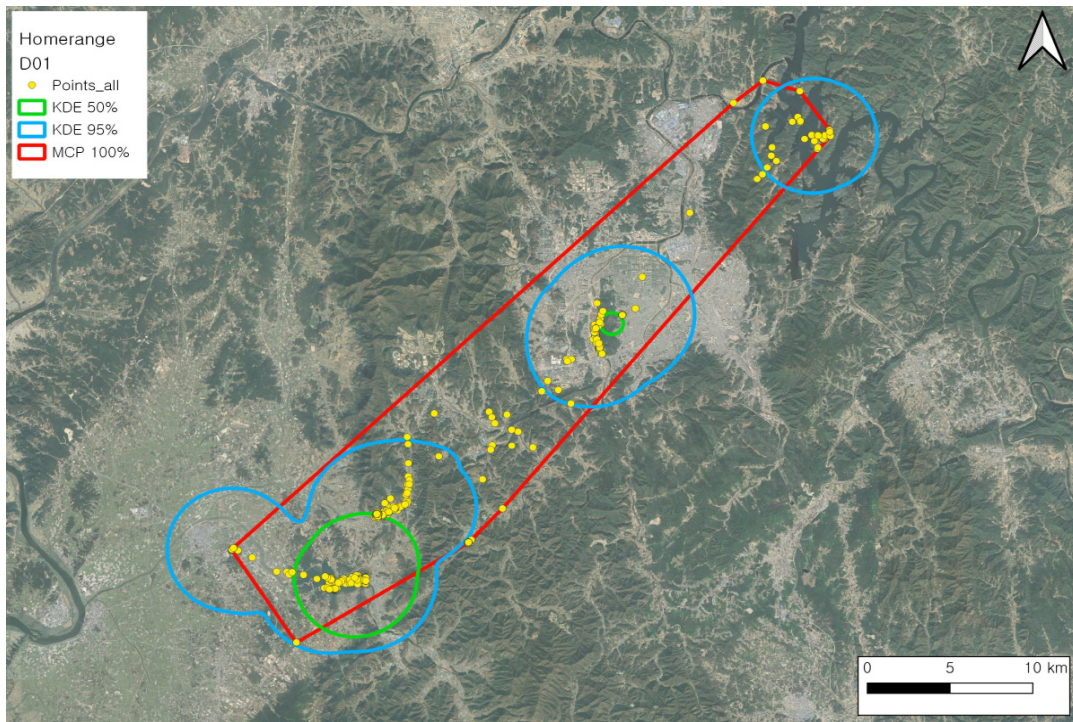
지역별로는 대전광역시에서 KDE 95% 평균 202.38km²(n=3, SD=138.91), KDE 50% 평균 43.14km²(n=3, SD=32.68)였으며, 여주시에서 KDE 95% 평균 20.00km²(n=5, SD=15.80), KDE 50% 평균 3.22km²(n=5, SD=1.54)로 대전광역시가 일반 행동권인 95%와 핵심서식지인 50% 모두 넓은 행동권을 갖는 것으로 나타났다.

핵심서식지인 KDE 50%의 경우 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 D06개체로 80.54km²이었고, 가장 좁은 행동권을 보인 개체는 Y03-1 개체로 1.67km²이었다.

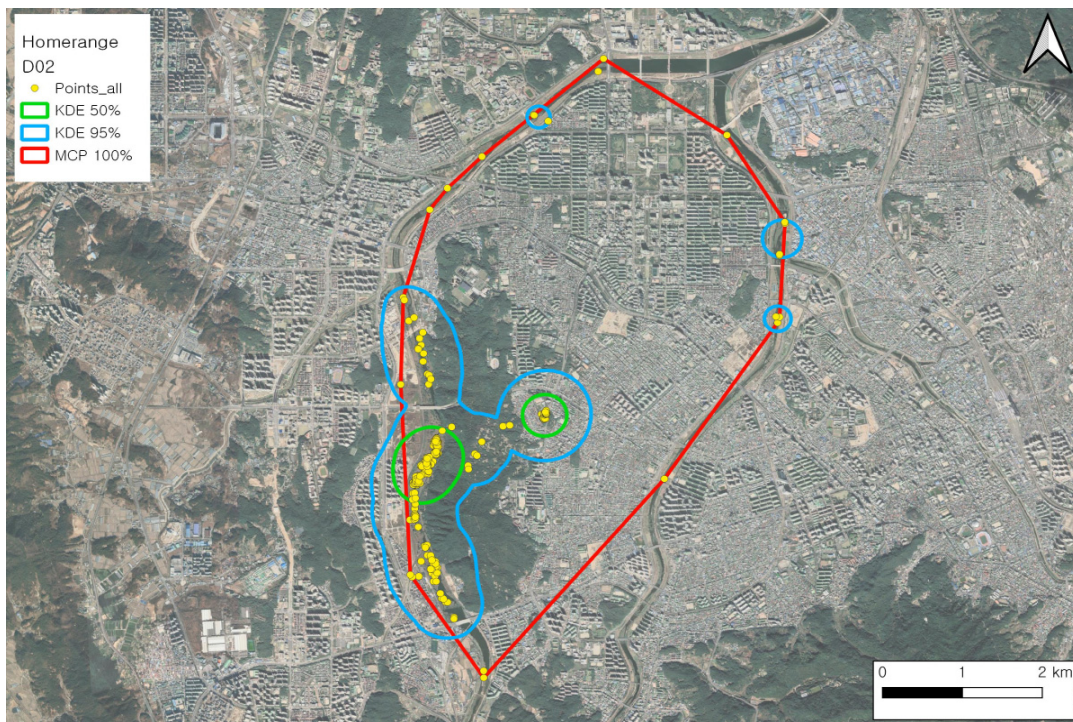
전체 행동권을 확인하는 MCP와 핵심서식지를 확인하는 KDE 50% 모두 도심 지역인 대전광역시에서 가장 넓었고, 농촌지역인 여주시에서 가장 좁은 행동권을 갖는 것으로 나타났다(Table 10, Figure 4).

Table 10. The results of Home range analysis according to MCP and KDE of Great Egret(*Ardea alba*) with GPS at Daejeon and Yeosu

Area	ID	MCP(km ²)	95% KDE(km ²)	50% KDE(km ²)
Daejeon	D01	352.06	290.10	47.95
	D02	24.86	6.28	0.93
	D06	260.82	310.74	80.54
Aver.		212.58 ± 137.86	202.38 ± 138.91	43.14 ± 32.68
Yeosu	Y02-1	25.32	17.09	4.29
	Y02-2	28.96	14.71	2.23
	Y02-3	7.43	8.44	2.17
	Y03-1	13.93	8.89	1.67
	Y03-2	454.17	50.89	5.73
Aver.		105.96 ± 174.27	20.00 ± 15.80	3.22 ± 1.54
Total aver.		145.94 ± 169.63	88.39 ± 123.24	18.19 ± 27.85

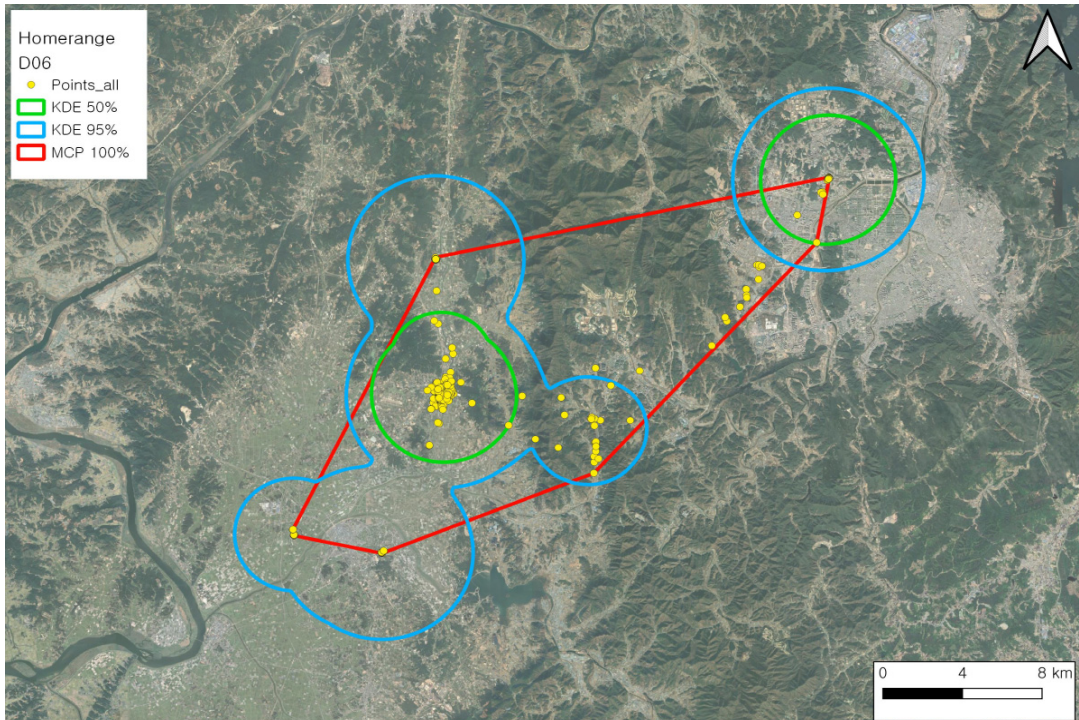


D01

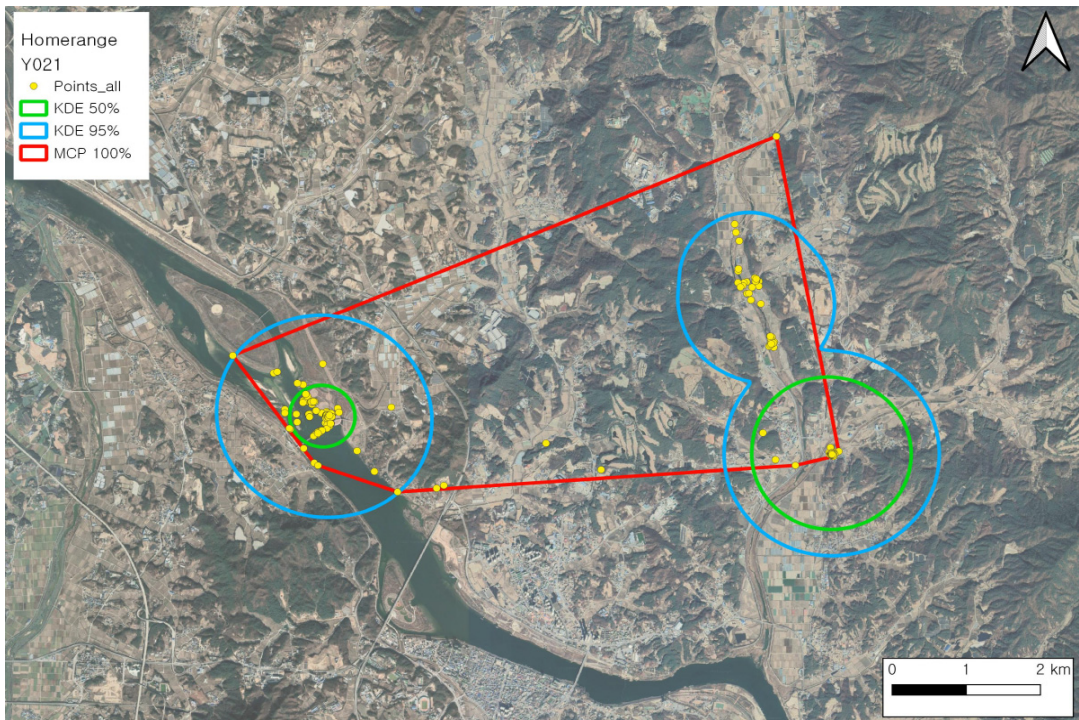


D02

Figure 4. The results of Home range analysis according to MCP and KDE of Great Egret(*Ardea alba*) with GPS at Daejeon and Yeosu.

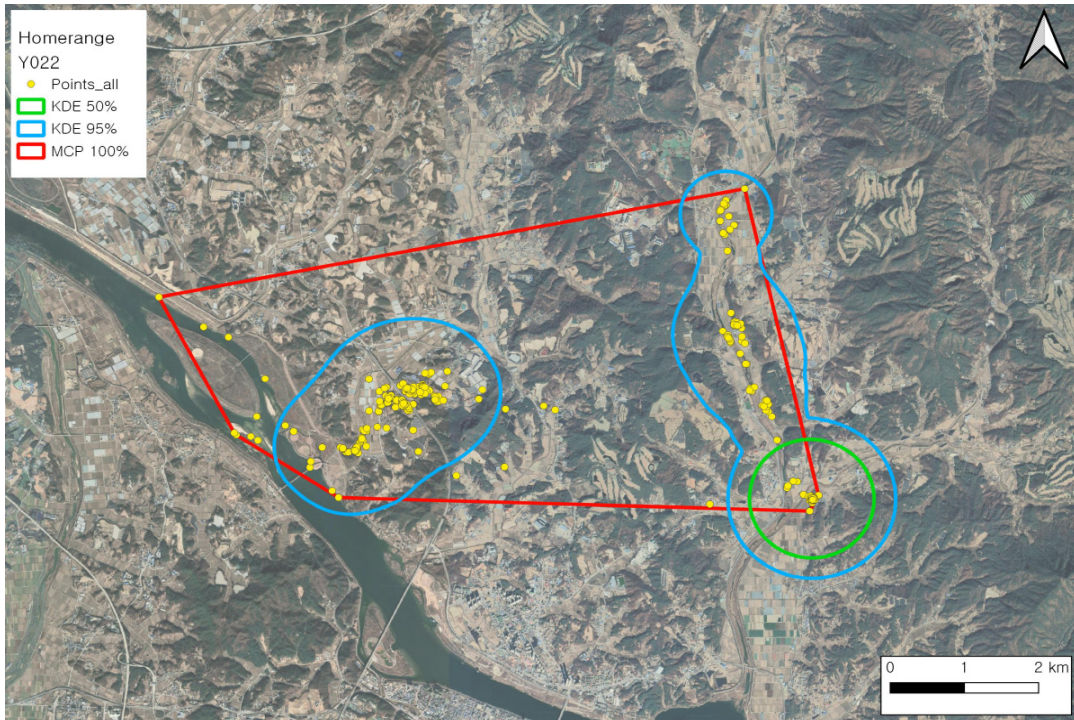


D06

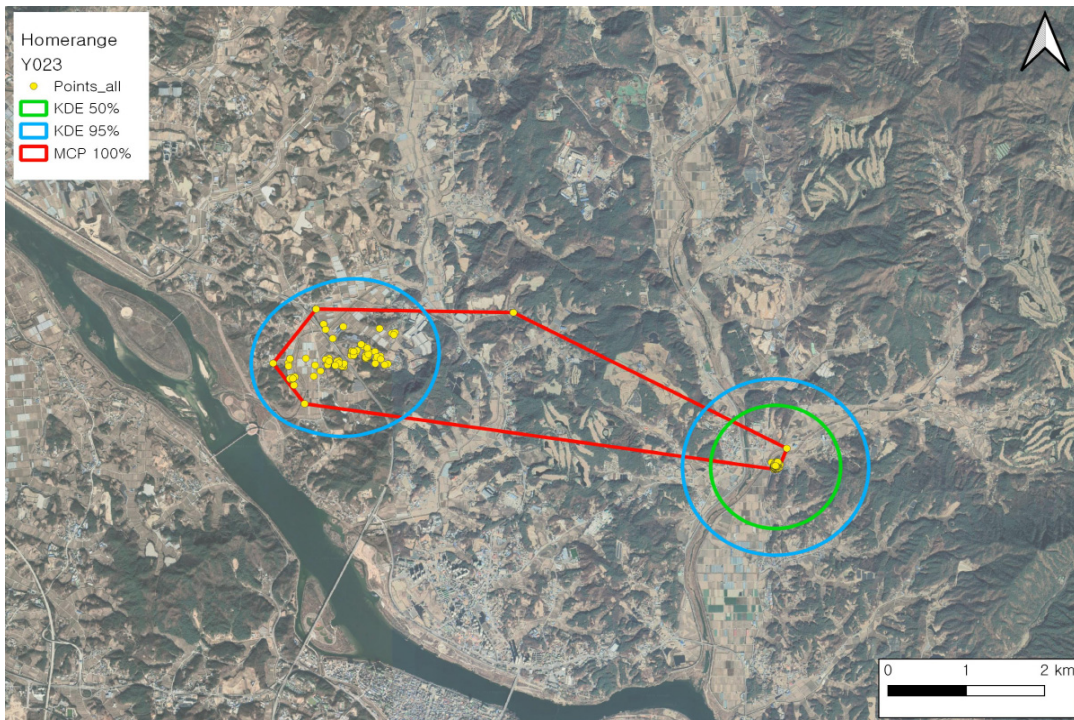


Y02-1

Figure 4. Continued.

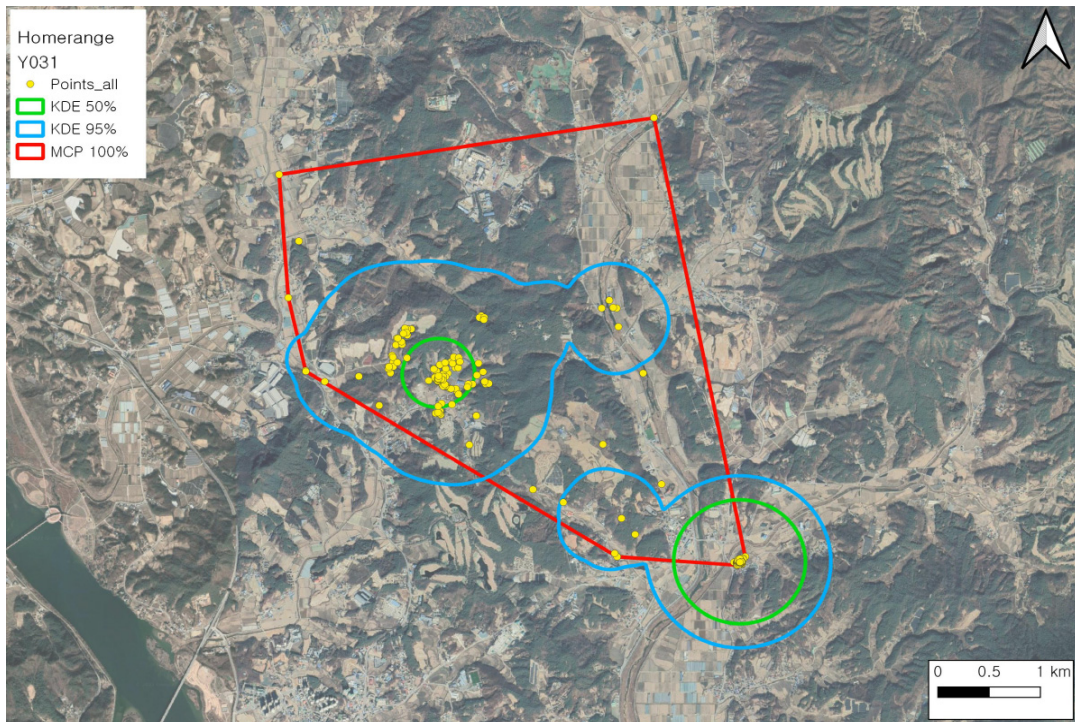


Y02-2

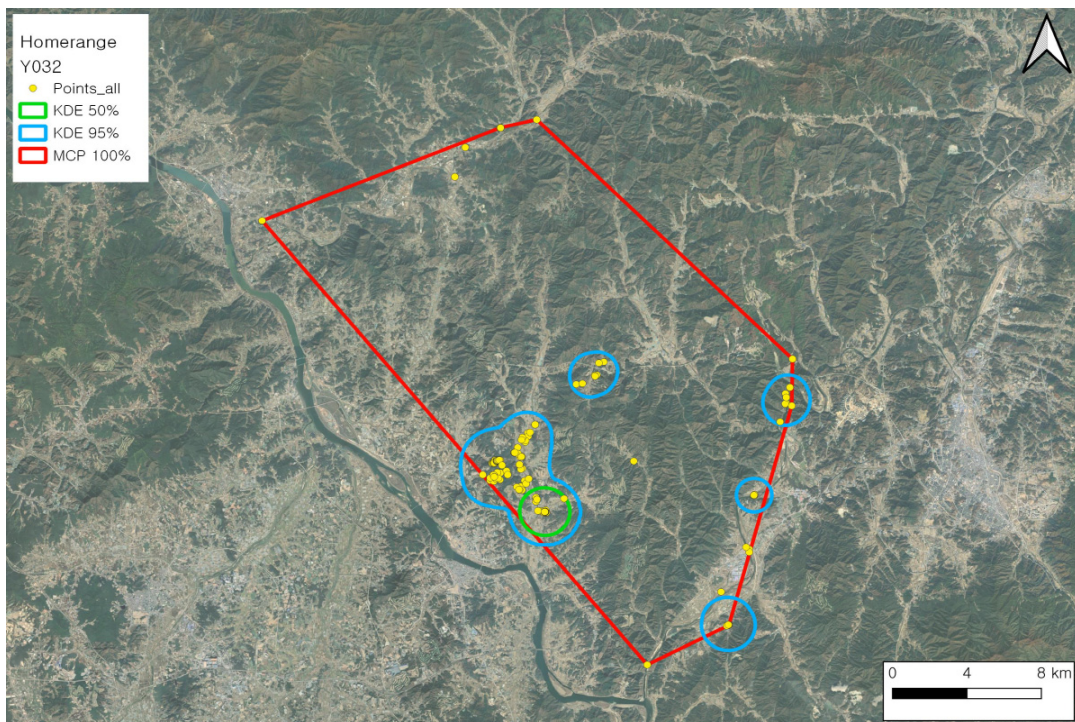


Y02-3

Figure 4. Continued.



Y03-1



Y03-2

Figure 4. Continued.

2) 주·야간 행동권 분석

(1) 왜가리(*Ardea cinerea*)

왜가리 5개체의 주·야간 행동권을 파악한 결과 MCP에 의한 평균 주간 행동권은 155.59km^2 ($n=5$, $SD=129.03$), 야간 행동권은 133.55km^2 ($n=5$, $SD=110.17$)로 주간 행동권이 더 넓은 것으로 나타났다.

지역별로는 대전광역시에서 주간에 256.39km^2 ($n=3$, $SD=48.49$), 야간에 212.90km^2 ($n=3$, $SD=66.54$)였으며, 여주시에서 주간에 4.41km^2 ($n=2$, $SD=0.63$), 야간에 14.521km^2 ($n=2$, $SD=9.48$)로 나타나 주·야간 모두 도심지역인 대전광역시에서의 행동권이 더 넓은 것으로 나타났다. 전체 행동권(MCP)의 경우 대전광역시는 주간에 더 넓었고 여주시는 야간에 더 넓은 행동권을 갖는 것으로 나타났다.

개체별로는 주간에 D05개체가 324.94km^2 로 가장 넓었고, Y01-1개체가 3.78km^2 로 가장 좁은 행동권을 갖는 것으로 나타났다. 야간에는 D04개체가 306.46km^2 로 가장 넓었고, Y01-2개체가 5.03km^2 로 가장 좁은 것으로 나타났다.

KDE에 의한 전체 평균 행동권은 주간에 일반 행동권인 95%에서 평균 94.49km^2 ($n=5$, $SD=101.02$)이었으며, 핵심서식지로 분류되는 KDE 50%에서 평균 25.29km^2 ($n=5$, $SD=26.8$)였다. 야간에는 일반 행동권인 95%에서 평균 112.00km^2 ($n=5$, $SD=131.88$)이었으며, 핵심서식지로 분류되는 KDE 50%에서 평균 33.59km^2 ($n=5$, $SD=42.84$)였다. 왜가리는 주간에 전체 행동권인 MCP에서 더 넓은 행동권을 가지는 것으로 나타났으며, 야간에 일반적인 행동권인 KDE 95%와 핵심서식지역인 KDE 50%에서 더 넓은 범위의 행동권을 보였다.

지역별로는 대전광역시에서 주간에 KDE 95% 평균 156.41km^2 ($n=3$, $SD=91.21$), KDE 50% 평균 40.63km^2 ($n=3$, $SD=24.69$)였으며, 야간에 KDE 95% 평균 181.22km^2 ($n=3$, $SD=130.41$), KDE 50% 평균 54.67km^2 ($n=3$, $SD=44.14$)였다. 여주시에서는 주간에 KDE 95% 평균 9.10km^2 ($n=2$, $SD=3.52$), KDE 50% 평균 2.27km^2 ($n=2$, $SD=0.62$)로였으며, 야간에 KDE 95% 평균 8.17km^2 ($n=2$, $SD=1.82$), KDE 50% 평균 1.98km^2 ($n=2$, $SD=0.58$)로 나타났다.

지역별로는 주·야간 모두 도심지역인 대전광역시에서 더 넓은 행동권이 나타났다. 이는 도심지역 특성상 취식지역에 대한 제한이 많아 여주시보다 더 넓은 행동

권을 보인 것으로 판단된다.

대전광역시의 경우 전체 행동권인 MCP는 주간 행동권이 더 넓었고, 일반 행동권인 KDE 95%와 핵심서식지인 KDE 50%의 경우 야간에 행동권이 더 넓은 것으로 나타났다. 이는 야간에 유동인구 및 차량이동 감소 등의 방해요인 감소로 더 넓은 범위의 행동권이 나타난 것으로 판단된다.

여주시의 경우 전체 행동권인 MCP는 야간 행동권이 더 넓었고, 일반 행동권인 KDE 95%와 핵심서식지인 KDE 50%의 경우 주간 행동권이 더 넓은 것으로 나타났다. 이는 농촌지역의 특성상 주간에도 비교적 방해요인이 적고 야간에 포식압이 증가하기 때문에 주간에 더 넓은 범위의 행동권이 나타난 것으로 판단된다.

개체별로는 핵심서식지인 KDE 50%의 경우 D03개체가 주·야간 모두 가장 넓은 행동권을 보였으며, Y01-2개체가 주·야간 모두 가장 좁은 행동권이 나타났다 (Table 11, Figure 5).

Table 11. The results of Day and Night Home range analysis for Gray Heron(*Ardea cinerea*) with GPS at Daejeon and Yeosu

Area	ID	MCP(km ²)		95% KDE(km ²)		50% KDE(km ²)	
		Day	Night	Day	Night	Day	Night
Daejeon	D03	220.38	157.40	257.72	343.77	63.44	111.28
	D04	223.84	306.46	174.91	175.40	52.12	49.14
	D05	324.94	174.84	36.61	24.50	6.33	3.59
Aver.		256.39 ±48.49	212.90 ±66.54	156.41 ±91.21	181.22 ±130.41	40.63 ±24.69	54.67 ±44.14
Yeosu	Y01-1	3.78	24.00	12.61	9.99	2.90	2.56
	Y01-2	5.04	5.30	5.58	6.34	1.65	1.40
Aver.		4.41 ±0.63	14.52 ±9.48	9.10 ±3.52	8.17 ±1.82	2.27 ±0.62	1.98 ±0.58
Total aver.		155.59 ±129.03	133.55 ±110.17	97.49 ±101.02	112.00 ±131.88	25.29 ±26.81	33.59 ±42.84

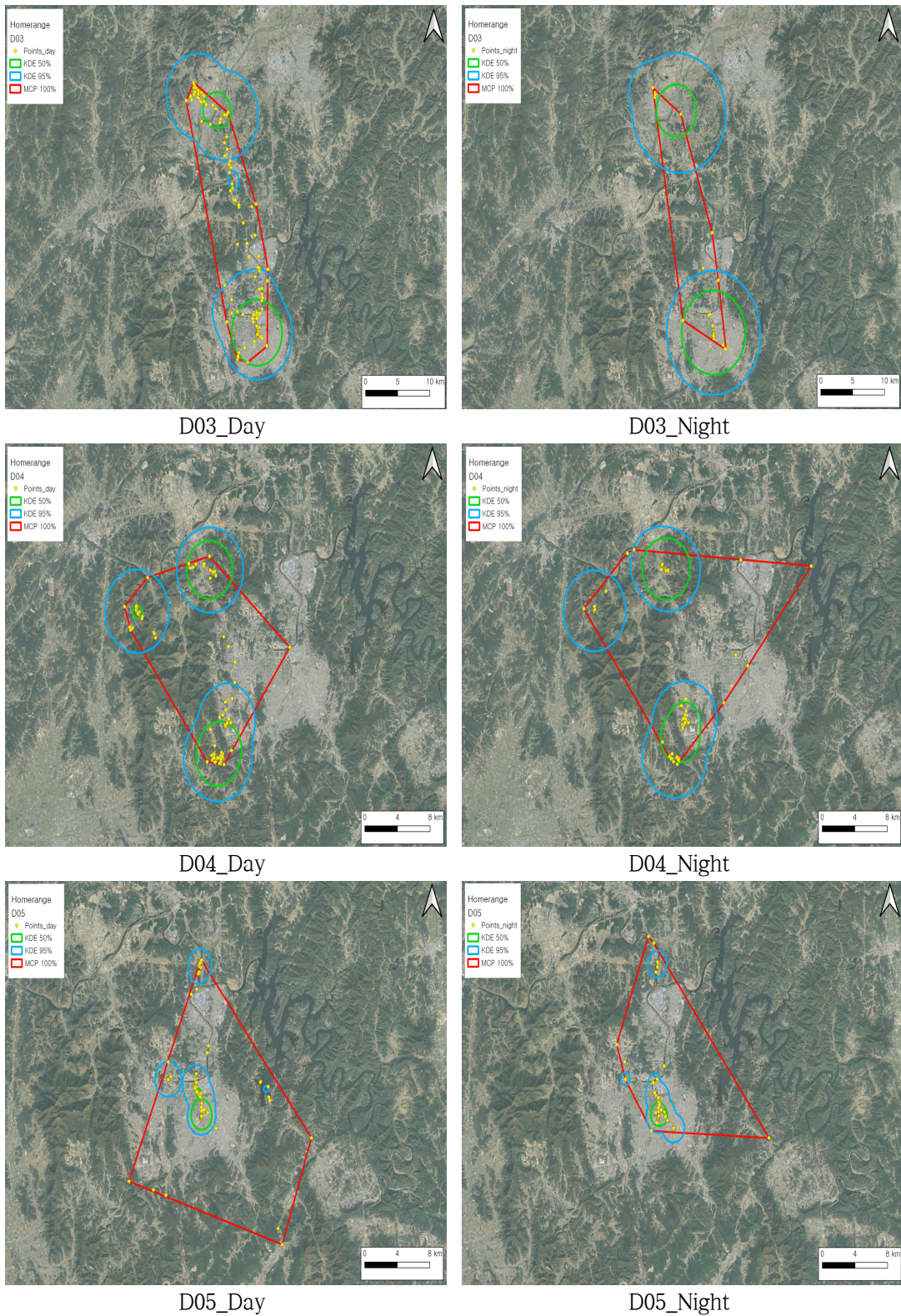


Figure 5. The results of Day and Night Home range analysis for Gray Heron(*Ardea cinerea*) with GPS at Daejeon and Yeosu.

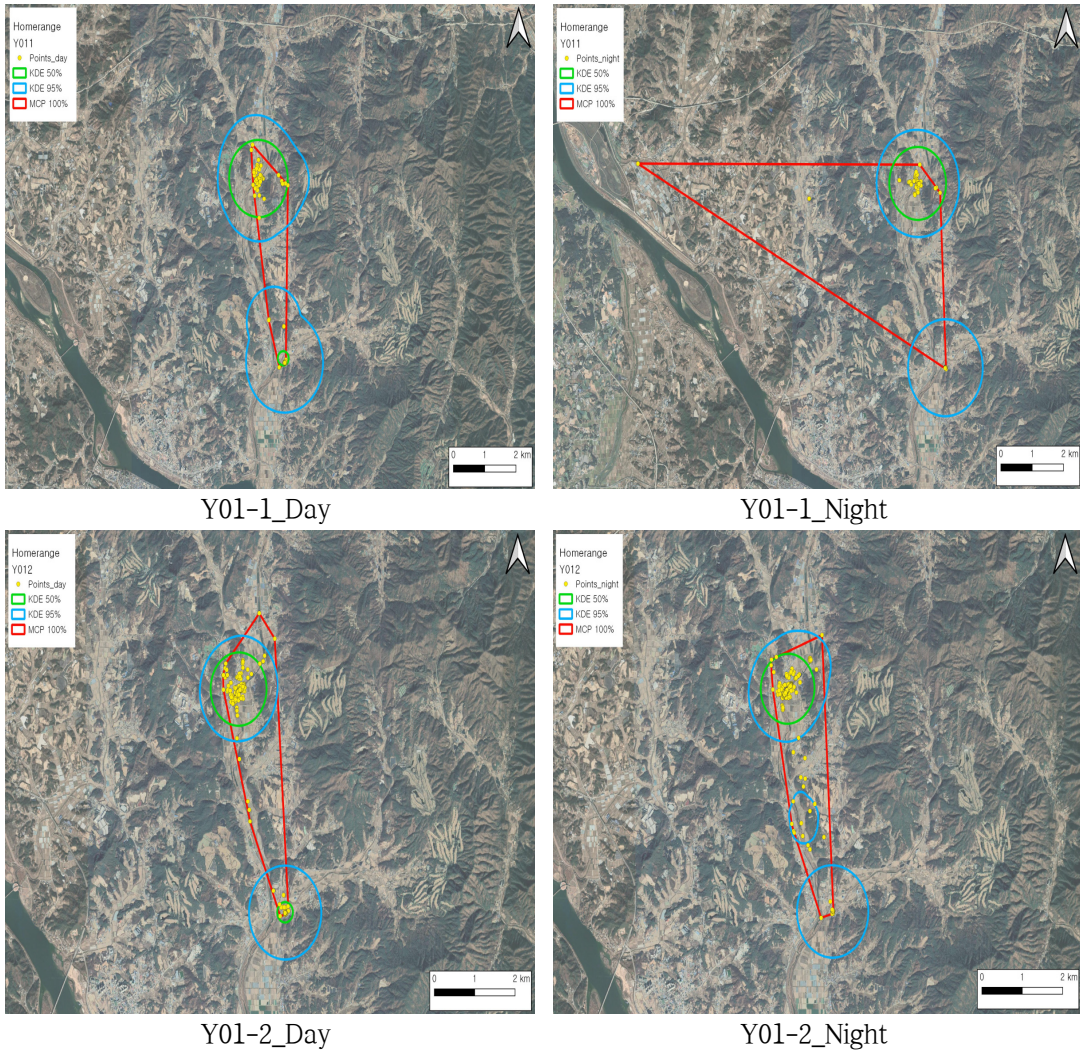


Figure 5. Continued.

(2) 중대백로(*Ardea alba*)

중대백로 8개체의 주·야간 행동권을 조사한 결과, MCP에 의한 평균 주간 행동권은 118.72km^2 ($n=8$, $SD=138.02$), 야간 행동권은 63.10km^2 ($n=8$, $SD=95.24$)로 주간 행동권의 범위가 더 넓은 것으로 나타났다.

지역별로는 대전광역시에서 주간 175.93km^2 ($n=3$, $SD=128.90$), 야간 251.88km^2 ($n=3$, $SD=109.31$)였으며, 여주시에서는 주간 84.39km^2 ($n=5$, $SD=131.79$), 야간 11.55km^2 ($n=5$, $SD=15.95$)로 나타나 주·야간 모두 도심지역인 대전광역시에서 행동권의 범위가 더 넓은 것으로 조사되었다. 대전광역시와 여주시 모두 전체 행동권(MCP)은 주간이 더 넓은 행동권을 갖는 것으로 나타났다.

개체별로는 주간에 Y03-2개체가 347.50km^2 로 가장 넓은 행동권을 보였으며, Y02-3개체가 6.96km^2 로 가장 좁은 것으로 나타났다. 야간에는 D01개체가 259.14km^2 로 가장 넓은 행동권을 보였으며, D02개체가 $<0.01\text{km}^2$ 로 가장 좁았다. D2개체의 경우 야간에 산림(휴식지, 번식지)에서 이동하지 않은 것으로 확인되었다.

KDE에 의한 전체 평균 행동권은 주간에 일반 행동권인 95%에서 평균 74.12km^2 ($n=8$, $SD=85.38$)이었으며, 핵심서식지로 분류되는 KDE 50%에서 평균 12.76km^2 ($n=8$, $SD=13.55$)였다. 야간에는 일반 행동권인 95%에서 평균 96.04km^2 ($n=8$, $SD=162.92$)이었으며, 핵심서식지로 분류되는 KDE 50%에서 평균 31.38km^2 ($n=8$, $SD=53.55$)였다. 중대백로는 주간에 전체 행동권인 MCP에서 더 넓었고, 야간에는 일반적인 행동권인 KDE 95%와 핵심서식지역인 KDE 50%에서 더 넓은 범위의 행동권을 갖는 것으로 나타났다.

지역별로는 대전광역시에서 주간에 KDE 95% 평균 142.91km^2 ($n=3$, $SD=101.23$), KDE 50% 평균 23.59km^2 ($n=3$, $SD=16.52$)였으며, 야간에 KDE 95% 평균 251.88km^2 ($n=3$, $SD=178.62$), KDE 50% 평균 82.66km^2 ($n=3$, $SD=58.64$) 나타났다. 여주시에서는 주간에 KDE 95% 평균 32.84km^2 ($n=5$, $SD=31.14$), KDE 50% 평균 6.27km^2 ($n=5$, $SD=4.20$)였고, 야간에 KDE 95% 평균 2.53km^2 ($n=5$, $SD=2.98$), KDE 50% 평균 0.61km^2 ($n=5$, $SD=0.79$)로 나타났다.

지역별로는 주·야간 모두 도심지역인 대전광역시에서 더 넓은 행동권을 갖고 있는 것으로 나타났는데 도심지역 특성상 취식지역에 대한 제한이 많아 여주시보다 더 넓은 범위의 행동권을 보인 것으로 판단된다.

대전광역시의 경우 전체 행동권인 MCP는 주간 행동권이 더 넓은 것으로 나타났고, 일반 행동권인 KDE 95%와 핵심서식지인 KDE 50%에는 야간에 행동권이 더 넓은 것으로 나타났다. 이는 야간에 유동인구 및 차량이동 감소 등의 방해요인 감소로 더 넓은 행동권이 나타난 것으로 판단된다.

여주시의 경우 전체 행동권인 MCP와 일반 행동권인 KDE 95%, 핵심서식지인 KDE 50% 모두 주간 행동권이 더 넓은 것으로 나타났다. 이는 농촌지역의 특성상 주간에도 비교적 방해요인이 적고 야간에 포식압이 증가하기 때문에 주간에 더 넓은 범위의 행동권이 나타난 것으로 판단된다.

개체별로는 핵심서식지인 KDE 50%의 경우 D01개체가 주·야간 모두 가장 넓은 행동권을 보였으며, D02개체가 주간에 가장 좁은 행동권을 보였다. 야간의 경우 D02개체와 Y02-2개체, Y02-3개체가 산림에서 거의 이동을 하지 않아 가장 좁은 범위의 행동권을 갖는 것으로 나타났다(Table 12, Figure 6).

Table 12. The results of Day and Night Home range analysis for Great Egret(*Ardea alba*) with GPS at Daejeon and Yeosu

Area	ID	MCP(km ²)		95% KDE(km ²)		50% KDE(km ²)	
		Day	Night	Day	Night	Day	Night
	D01	339.81	259.14	250.12	394.51	39.50	129.85
Daejeon	D02	24.86	<0.01	7.15	<0.01	0.82	<0.01
	D06	163.11	187.96	171.48	361.13	30.45	118.12
	Aver.	175.93 ±128.90	149.03 ±109.31	142.92 ±101.23	251.88 ±178.62	23.59 ±16.52	82.66 ±58.64
	Y02-1	24.86	12.69	22.49	3.01	5.95	0.68
	Y02-2	28.82	0.41	22.89	0.01	5.19	<0.01
Yeosu	Y02-3	6.96	0.01	13.86	0.01	4.74	<0.01
	Y03-1	13.81	2.53	10.56	1.58	1.39	0.25
	Y03-2	347.50	42.09	94.38	8.06	14.06	2.11
	Aver.	84.39 ±131.79	11.55 ±15.95	32.84 ±31.14	2.53 ±2.98	6.27 ±4.20	0.61 ±0.79
	Total aver.	118.72 ±138.02	63.10 ±95.24	74.12 ±85.38	96.04 ±162.92	12.76 ±13.55	31.38 ±53.55

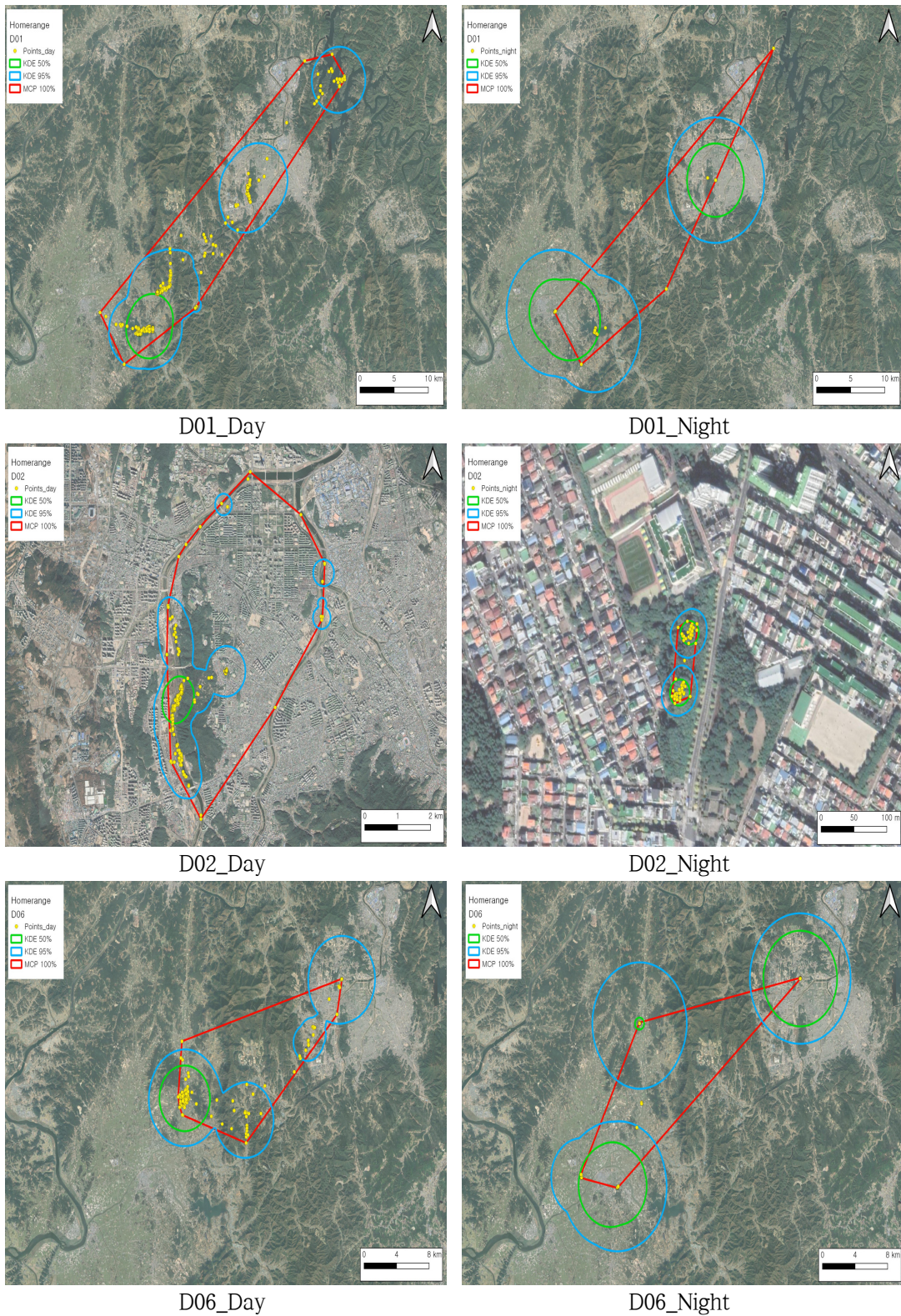


Figure 6. The results of Day and Night Home range analysis for Great Egret(*Ardea alba*) with GPS at Daejeon and Yeosu.

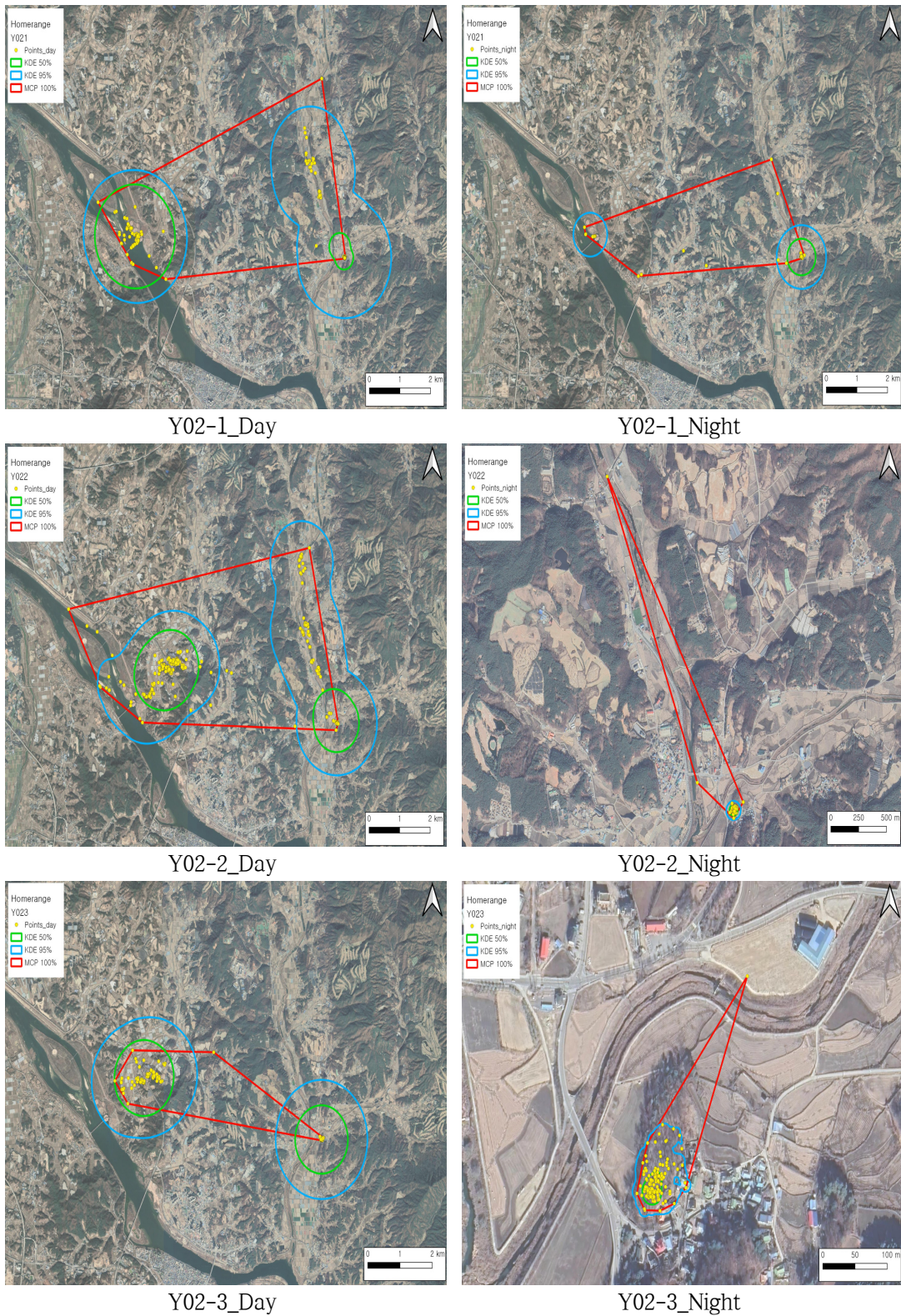


Figure 6. Continued.

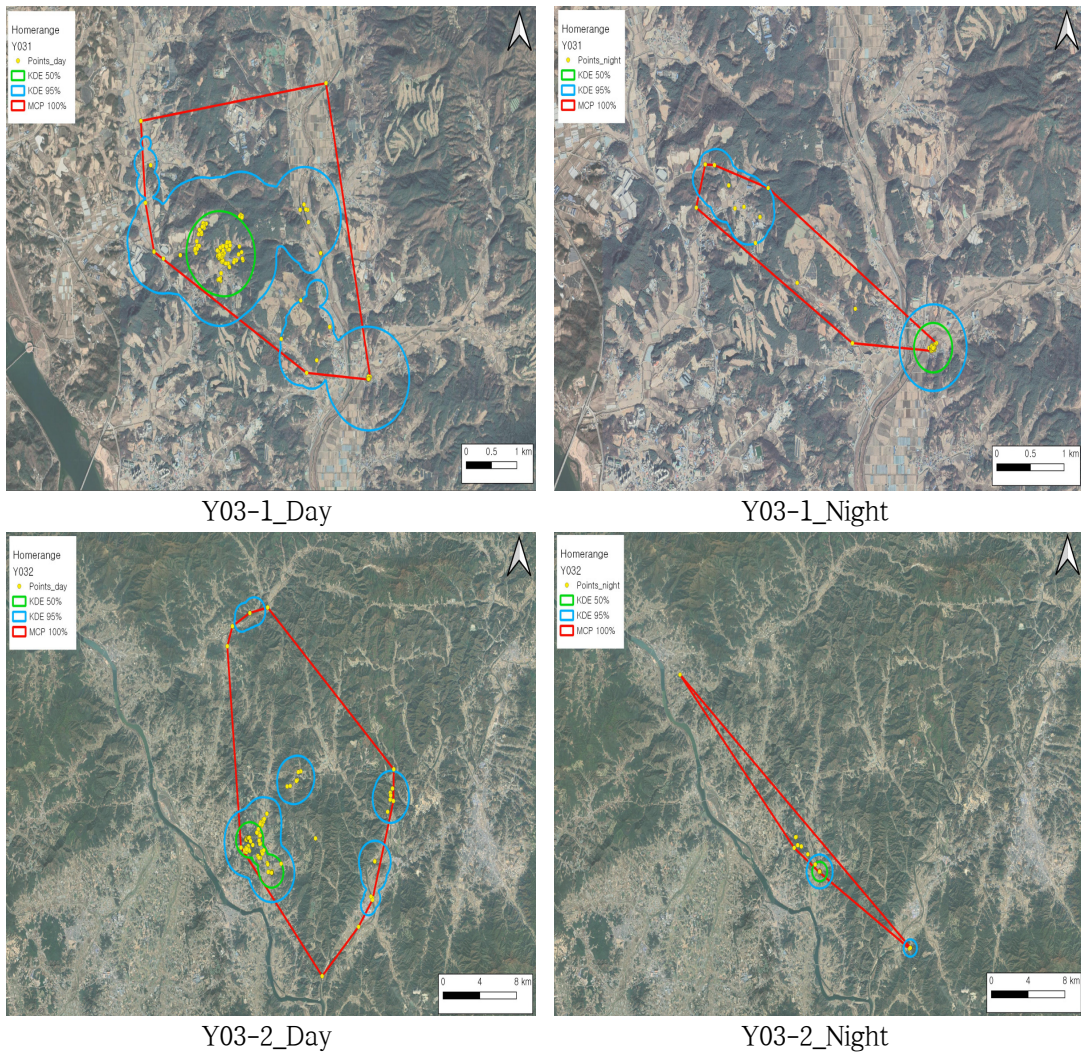


Figure 6. Continued.

3) 서식지 이용 분석

(1) 왜가리 서식지 이용률

위치추적기를 이용하여 획득된 위치정보를 토지피복도 중분류 수준으로 구분하여 분석한 결과, 대전광역시에서 부착한 왜가리 3개체는 수계에서 57.81%로 가장 높은 이용률을 보였으며, 다음으로 산림(26.20%), 농경지(11.42%), 저수지(2.16%), 기타(2.04%), 나지(0.36%) 순으로 나타났다.

여주시에서 부착한 왜가리 2개체의 경우 수계에서 47.47%로 가장 높은 이용률을 보였으며, 다음으로 산림(30.51%), 농경지(20.04%), 기타(1.87%), 나지(0.11%) 순으로 나타났다(Table 13, Figure 7).

왜가리의 경우 도심지역인 대전광역시와 농촌지역인 여주시 모두 수계를 가장 많이 이용하였으며, 그 다음으로 산림과 농경지 순으로 이용한 것으로 확인되었다. 수계와 농경지, 저수지는 왜가리가 취식지로 이용하는 지역이며, 산림의 경우 번식 및 휴식지로 이용하고 있는 지역이다. 나지의 경우 넓은 공터에 물이 고여 일시적이 습지가 형성돼 왜가리가 휴식지로 이용한 것으로 보이며, 일부 지역은 산림의 간벌 및 개발로 인해 토지피복도에서 산림이 나지로 나타난 것으로 확인되었다.

개체별로는 D03개체, D05개체, Y01-2개체의 경우 수계를 가장 많이 이용하였으며, D04개체, Y01-1개체의 경우 농경지를 가장 많이 이용하는 것으로 나타났다(Table 14, Figure 8).

Table 13. Using ratio of total habitats during the tracking period of Grey Heron

Habitat	Grey Heron	
	Daejeon (n=3)	Yeoju (n=2)
Hydrosphere	57.81	47.47
Farmland	11.42	20.04
Forest	26.20	30.51
Reservoir	2.16	-
Bare land,	0.36	0.11
Other	2.04	1.87

Table 14. Using ratio of habitats during the tracking period of Grey Heron

Habitat	Daejeon			Yeoju	
	D03	D04	D05	Y01-1	Y01-2
Hydrosphere	61.63	10.66	85.85	29.12	52.07
Farmland	2.72	40.34	-	36.26	15.98
Forest	32.01	40.03	11.67	30.22	30.58
Reservoir	0.23	7.11	0.62	-	-
Bare land,	0.68	0.46	-	-	0.14
Other	2.72	1.39	1.86	4.4	1.24

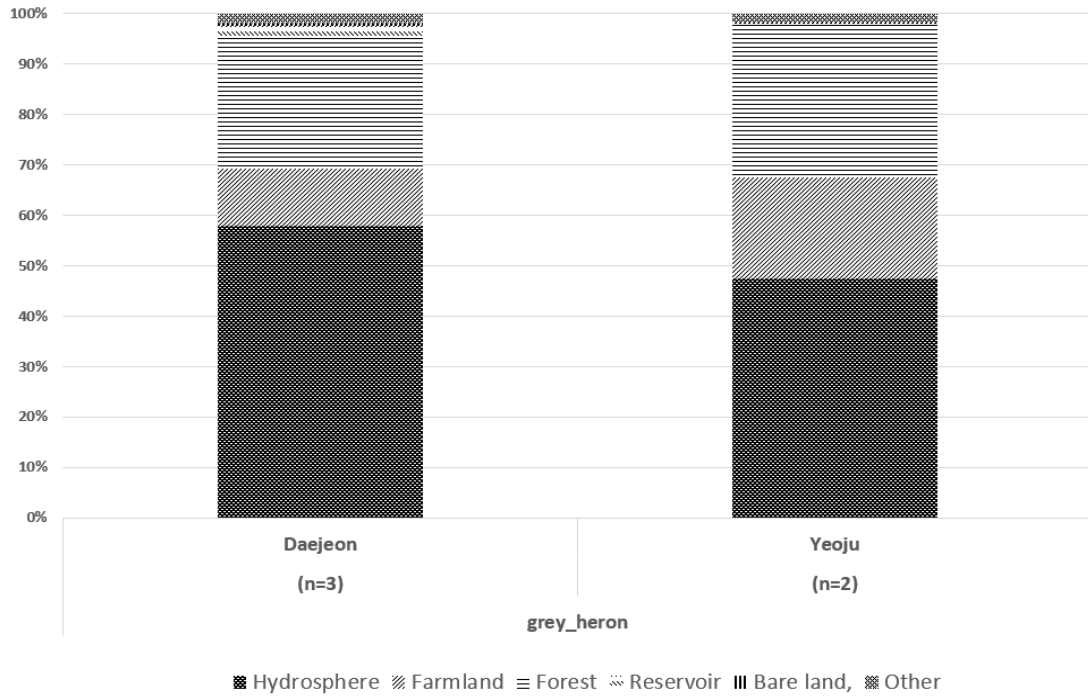


Figure 7. Using ratio of total habitats during the tracking period of Grey Heron.

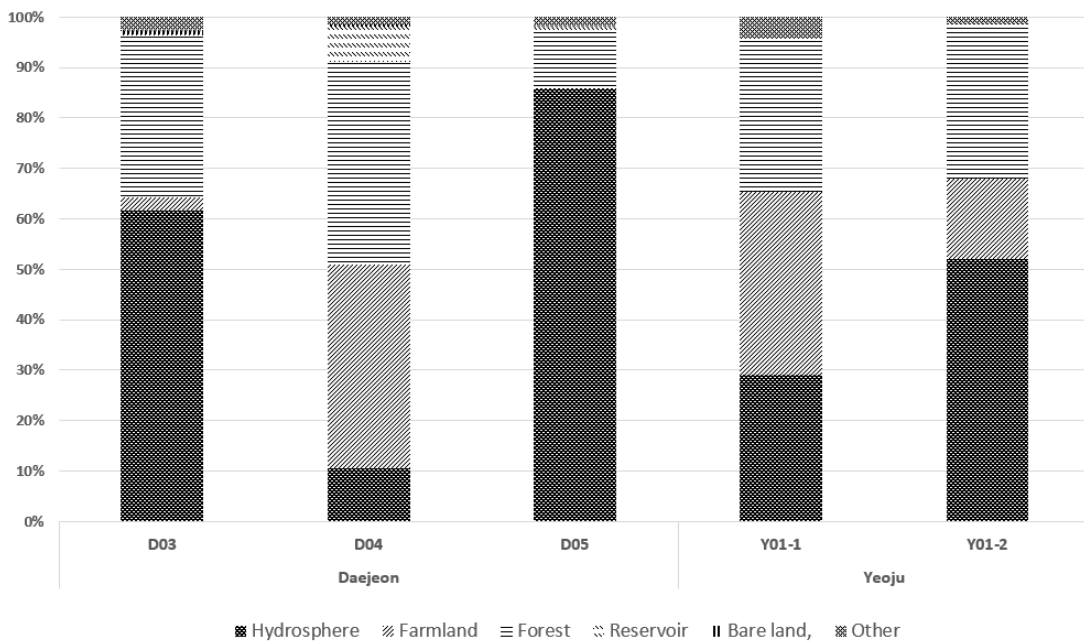


Figure 8. Using ratio of habitats during the tracking period of Grey Heron.

(2) 중대백로 서식지 이용률

대전광역시에서 부착한 중대백로 3개체는 산림에서 28.85%로 가장 높은 이용률을 보였고, 다음으로 저수지(24.77%), 수계(22.37%), 농경지(16.65%), 나지(6.24%), 기타(1.13%) 순으로 나타났다.

여주시에서 부착한 중대백로 5개체의 경우 산림에서 66.24%로 가장 높은 이용률을 보였으며, 다음으로 농경지(18.84%), 수계(11.37%), 기타(4.46%), 나지(0.19%) 순이었다(Table 15, Figure 9).

중대백로는 대전광역시와 여주시 모두 산림을 가장 많이 이용하는 것으로 나타났으며, 산림을 휴식지 및 번식지로 이용한 것이라 판단된다.

취식지의 경우 도심지역인 대전광역시에서는 중대백로가 농경지도 이용하지만 주로 저수지와 수계 등에서 취식하는 것이 확인되었는데, 이는 도심지역 특성상 농경지가 넓게 분포하지 않기 때문이라 판단된다. 반대로 농촌지역인 여주시에서는 농경지와 수계를 주로 취식지로 이용하는 것이 확인되었다.

나지의 경우 넓은 공터에 물이 고여 일시적이 습지가 형성돼 휴식지로 이용되고, 일부 지역은 산림의 간벌 및 개발로 인해 토지피복도에서 산림이 나지로 나타난 것이 확인되었다.

개체별로는 D01개체와 D02개체의 경우 저수지와 수계를 가장 많이 이용하였으며, D06개체, Y02-1개체, Y02-2개체, Y02-3개체, Y03-1개체, Y03-2개체의 경우 산림을 가장 많이 이용한 것으로 나타났다(Table 16, Figure 10).

Table 15. Using ratio of total habitats during the tracking period of Great Egret

Habitat	Great Egret	
	Daejeon (n=3)	Yeoju (n=5)
Hydrosphere	22.37	11.37
Farmland	16.65	18.84
Forest	28.85	66.24
Reservoir	24.77	-
Bare land,	6.24	0.19
Other	1.13	4.46

Table 16. Using ratio of habitats during the tracking period of Great Egret

Habitat	Daejeon			Yeoju				
	D01	D02	D06	Y02-1	Y02-2	Y02-3	Y03-1	Y03-2
Hydrosphere	10.71	72.40	7.33	29.68	12.99	0.67	1.14	6.69
Farmland	14.29	0.23	30.14	3.99	18.90	24.25	35.09	18.77
Forest	16.12	27.15	47.46	60.60	65.80	71.43	62.64	69.89
Reservoir	53.88	-	-	-	-	-	-	-
Bare land,	4.29	0.22	12.68	0.25	0.29	-	0.38	0.19
Other	0.71	-	2.39	5.49	2.01	3.65	0.75	4.46

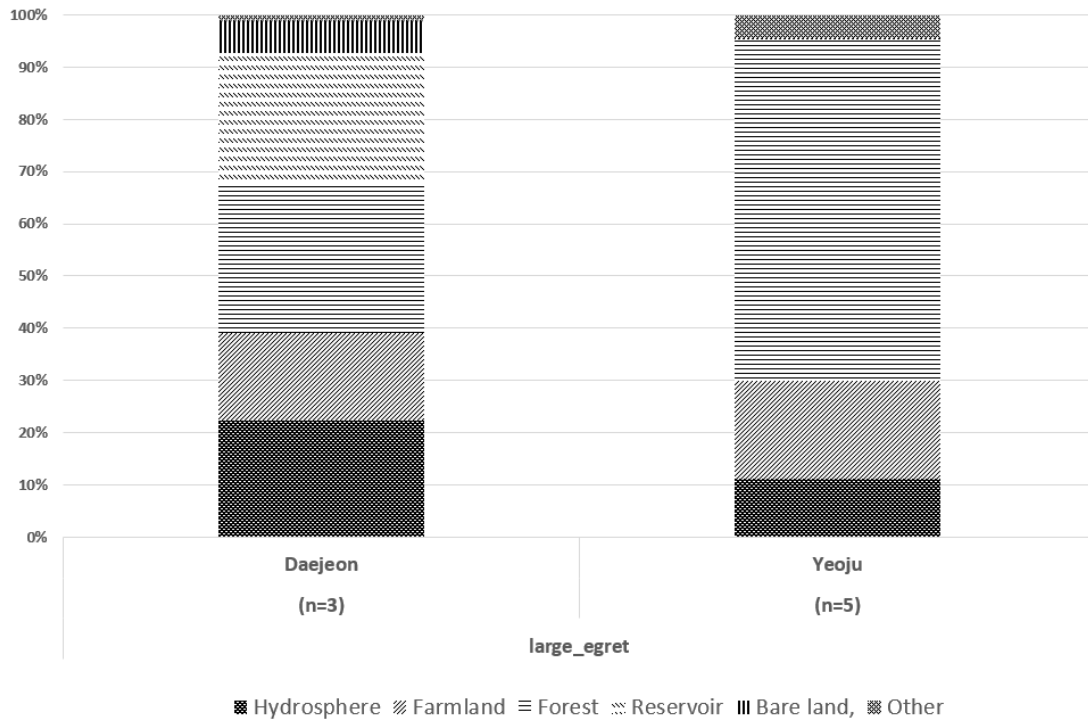


Figure 9. Using ratio of total habitats during the tracking period of Great Egret

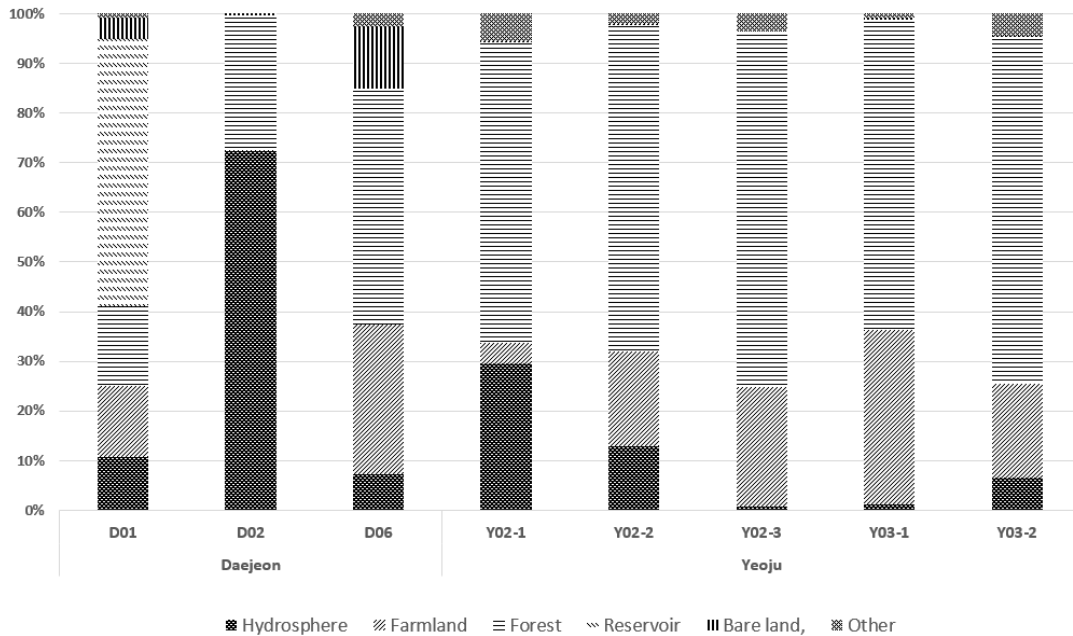


Figure 10. Using ratio of habitats during the tracking period of Great Egret.

4) 주·야간 서식지 이용률

(1) 왜가리 주·야간 서식지 이용률

대전광역시에서 부착한 왜가리 3개체는 주간에는 수계에서 56.29%로 가장 높은 이용률을 보였으며, 다음으로 산림(30.81%), 농경지(7.81%), 저수지(2.60%), 기타(1.97%), 나지(0.51%) 순으로 나타났다. 야간에는 수계에서 60.41%로 가장 높은 이용률을 보였으며, 다음으로 산림(18.33%), 농경지(17.57%), 기타(2.17%), 저수지(1.41%), 나지(0.11%) 순으로 나타났다(Table 17, Figure 11).

대전광역시의 경우 주간 보다 야간의 산림의 이용률이 감소하고 농경지 이용률이 10% 이상 높게 확인되었다. 이는 도심지역인 대전광역시는 주간보다 야간에 방해요인이 감소하여 농경지 이용이 높아진 것으로 판단된다.

여주시에서 부착한 왜가리 2개체의 경우 주간에는 수계에서 41.78%로 가장 높은 이용률을 보였으며, 다음으로 산림(33.78%), 농경지(21.78%), 기타(2.67%) 순으로 나타났다. 야간에는 수계에서 53.06%로 가장 높은 이용률을 보였으며, 산림(27.29%), 농경지(18.34%), 기타(1.09%), 나지(0.22%) 순으로 나타났다(Table 17, Figure 11).

여주시의 경우에도 대전광역시와 동일하게 주간보다 야간 산림 이용 비율이 감소하는 것으로 나타났으나 농경지 이용률은 대전광역시와는 다르게 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 농촌지역 특성상 야간에 포식압이 증가하기 때문에 농경지 보다 수계를 주로 이용한 것으로 판단된다.

Table 17. Using ratio of Day and Night habitats during the tracking period of Grey Heron

Habitat	Daejeon (n=3)		Yeoju (n=2)	
	Day	Night	Day	Night
Hydrosphere	56.29	60.41	41.78	53.06
Farmland	7.81	17.57	21.78	18.34
Forest	30.81	18.33	33.78	27.29
Reservoir	2.60	1.41	-	-
Bare land,	0.51	0.11	-	0.22
Other	1.97	2.17	2.67	1.09

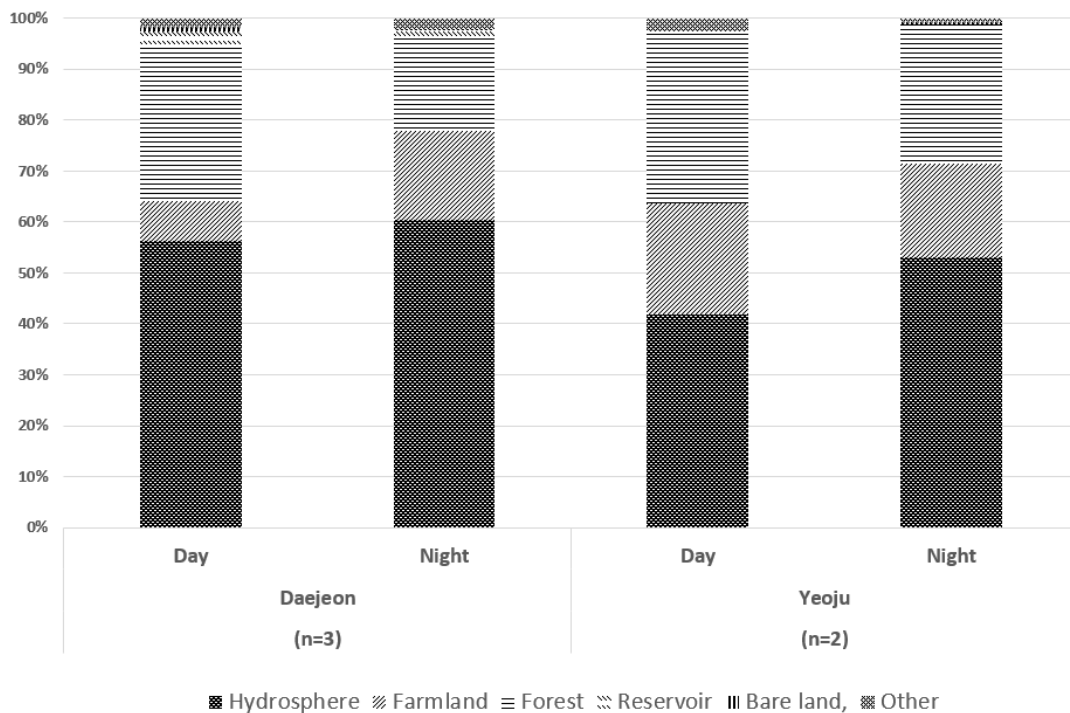


Figure 11. Using ratio of Day and Night habitats during the tracking period of Grey Heron.

(2) 중대백로 주·야간 서식지 이용률

대전광역시에서 부착한 중대백로 3개체는 주간에는 저수지에서 31.68%로 가장 높은 이용률을 보였으며, 다음으로 수계(29.66%), 농경지(22.17%), 산림(15.05%), 기타(1.20%), 나지(0.25%) 순으로 나타났다. 야간에는 산림에서 69.12%로 가장 높은 이용률을 보였으며, 다음으로 나지(23.71%), 저수지(4.60%), 기타(1.20%), 수계(1.10%), 농경지(0.55%) 순이었다(Table 18, Figure 12).

대전광역시의 경우 주간보다 야간에 산림 이용률이 50% 증가하였으며, 취식지인 농경지, 수계, 저수지 등의 이용률은 감소하였다. 나지의 경우 주간보다 야간에 23% 증가하였으나, 이는 일부 산림이 개발 및 간별로 토지피복도에서 나지로 표기되어 나지의 경우에도 야간에 교목에서 휴식을 하는 것으로 보인다.

여주시에서 부착한 중대백로 5개체의 경우 주간에는 산림에서 37.93%로 가장 높은 이용률을 보였으며, 다음으로 농경지(35.41%), 수계(21.62%), 기타(4.68%), 나지(0.36%) 순으로 나타났다. 야간에는 산림에서 95.13%로 가장 높은 이용률을 보였으며, 산림과 기타에서 각각(1.93%), 수계(0.92%), 나지(0.09%) 순이었다(Table 18, Figure 12). 여주시의 경우에도 대전광역시와 동일하게 주간보다 야간에 산림의 이용률이 증가하는 것이 확인되었으며, 취식지인 농경지, 수계, 저수지 등의 이용률은 감소하는 것으로 나타났다.

Table 18. Using ratio of Day and Night habitats during the tracking period of Great Egret

Habitat	Daejeon (n=3)		Yeoju (n=5)	
	Day	Night	Day	Night
Hydrosphere	29.66	1.10	21.62	0.92
Farmland	22.17	0.55	35.41	1.93
Forest	15.05	69.12	37.93	95.13
Reservoir	31.68	4.60	-	-
Bare land,	0.25	23.71	0.36	0.09
Other	1.20	0.92	4.68	1.93

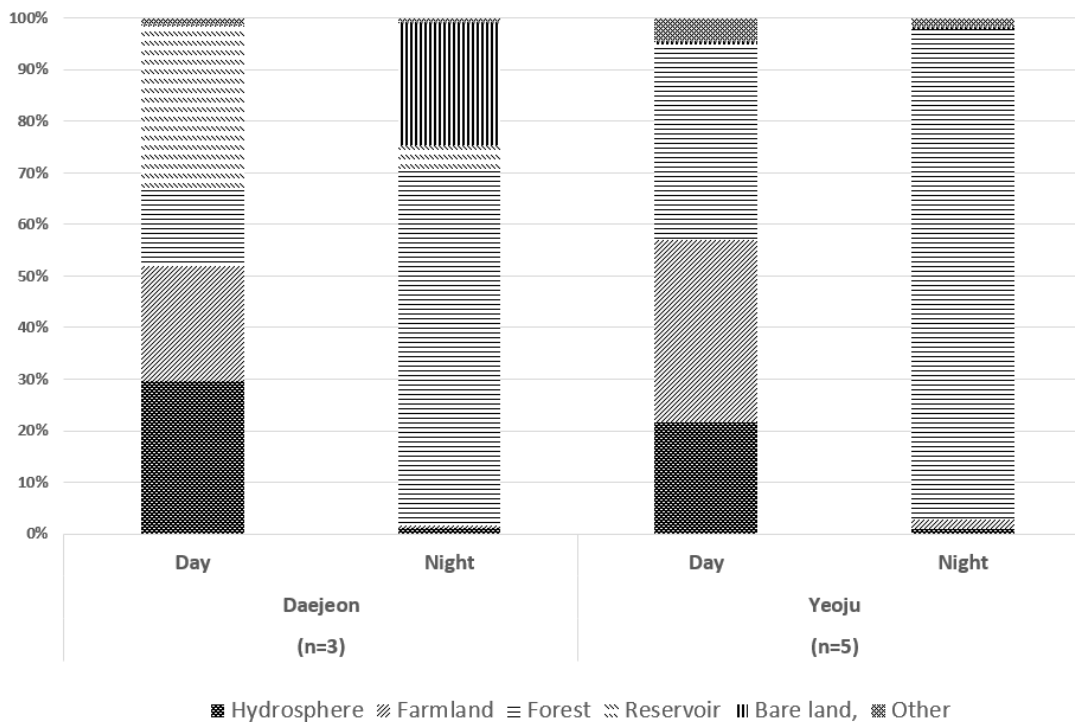


Figure 12. Using ratio of Day and Night habitats during the tracking period of Great Egret.

4. 고찰

연구를 통해 왜가리와 중대백로는 도심지역에서 행동권이 크다는 것을 확인할 수 있었다. 백로류는 국가와 지역에 따라 차이는 있으나 농경지가 백로과 조류에게 중요한 서식지(Kushlan, 2000)이며, 특히 아시아 지역의 백로과 조류는 취식지로 농경지를 많이 이용하는 것으로 알려져 있다(Lansdown and Rajanathan, 1993). 따라서 농경지가 비교적 외곽에 형성되어 있는 도심지역의 특성상 행동권의 범위가 더 넓게 나타난 것으로 판단된다. 또한 대전광역시에는 백로류가 휴식 및 번식할 수 있는 산림지역을 간별로 훼손되어 백로류가 대전광역시 주변 지역에 있는 논산, 계룡 등의 산림을 이용하여 더 넓은 범위의 행동권이 나타난 것으로 판단된다.

백로류의 취식지 범위는 번식지로부터 10~30km 이상 먼 거리까지 나가 먹이를 사냥하기도 하지만 많은 개체들은 반경 5km 이내에서 먹이활동을 하는 것으로 알려져 있다(Hwang, 2020). 안정적인 서식지를 유지하고 있는 여주시의 경우 번식지로부터 반경 5km 이내에서 취식하였지만 번식지의 지속적인 훼손과 방해요인이 많은 대전광역시의 경우 여러 번식지나 산림을 이용하고 농경지와 거리가 멀어 넓은 범위의 행동권이 나타난 것으로 보인다. 하지만 도심지역인 대전광역시에서도 D02개체(왜가리)와 같이 개체별로 더 좁은 범위의 행동권을 보일 수 있으며, 이는 백로류가 무리를 지어 같은 번식지를 이용하기도 하지만 각기 다른 취식지와 취식전략으로 먹이 자원을 분배하고, 먹이 경쟁을 줄일 수 있기 때문이다(Dimalexis et al. 1997; Choi, 2008). 또한 왜가리의 경우 주먹이원이 중대형급 어류(10-25cm)로 알려져 있으며(Martínez-Vilalta and Motis 1992), 왜가리인 D02개체도 주로 대전광역시내 위치한 하천을 주요 취식지로 이용하여 행동권의 범위가 좁게 나타난 것으로 판단된다.

연구가 이루어지는 동안 대상지역인 대전광역시는 많은 민원으로 인해 대부분의 백로류 번식지를 간벌하여 백로류의 휴식지 및 번식지에 감소하였으며, 도심지역 특성상 방해요인이 많은 지역이었다. 본 연구 결과 방해요인이 많은 지역의 경우 백로

류의 행동권의 범위가 넓어지는 것이 확인되었다. 행동권 범위의 증가는 장거리 이동하는 백로류에게 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로 국내에 도래하는 철새들은 계절변화에 따라 매년 번식지와 월동지를 오고 가는 장거리 이동을 한다(Lee, 2000; Kim, 2010; Shin, 2016). 이동시기에 철새들은 국가간을 이동하기 때문에 지역의 환경변화나 오염 등에 민감하며, 이는 종의 생존에까지 영향을 주게 된다. 특히 다양한 환경을 접하는 장거리 이동철새들은 환경변화에 따라 여러 가지 위험에 노출될 가능성이 높다(Bing, 2013).

왜가리와 중대백로는 도심지역인 대전광역시에서 농촌지역인 여주시보다 주·야간 모두 더 넓은 범위의 행동권을 보였다. 핵심서식지는 대전광역시의 경우 야간에 더 넓은 행동권을 보였으며, 여주시의 경우 주간에 더 넓은 것으로 확인되었다. 이는 대전광역시의 경우 도심지역의 특성상 방해요인이 많은 주간보다 유동인구와 차량이동이 감소하는 야간에 대전광역시 외곽에 있는 농경지 및 하천을 이용하기 때문인 것으로 판단된다. 일반적으로 백로류와 같은 수조류는 주간에도 농경지를 이용하지만 인적이 드문 경우에만 이용하며, 경계행동 비율이 매우 높게 나타나 채식 비율이 밤에 비해 상대적으로 낮기 때문이다(Kim *et al.*, 1997). 여주시의 경우 농촌지역으로 도심지역보다 주간에 유동인구가 적고 농촌지역 특성상 야간에는 샬, 너구리 등의 야행성 포유류로 인해 포식압이 증가하여 주간의 행동권 범위가 더 넓게 나타난 것으로 판단된다..

왜가리의 경우 도심지역인 대전광역시와 농촌지역인 여주시 모두 수계를 가장 많이 이용하였다. 이는 번식기동안 백로과 조류의 종별 취식지 이용 연구(Lee *et al.*, 2012)와 동일한 결과로 나타났다.

여주시의 경우 농경지 이용률이 대전광역시보다 높았으며, 대전광역시는 여주시보다 하천과 저수지 같은 수계 이용률이 더 높은 것으로 나타났다. 이는 지역별 특징에 따른 취식지 선택으로 인해 나타난 결과로 판단된다.

중대백로의 경우 도심지역인 대전광역시와 농촌지역인 여주시 모두 산림을 가장 많이 이용하였다. 산림은 백로류가 번식지 및 휴식지로 이용하는 중요한 서식지 중 하나이다. 대전광역시는 저수지와 수계가 이용률이 높았으며, 여주시는 취식지인 농경지와 수계가 약 10%~20% 사이의 이용률을 보여 큰차이가 없는 것으로 확인되었다. 이는 중대백로가 주로 저수지와 수계를 주요 취식지로

이용하지만 시기에 따라 농경지의 이용률이 높아져 수계와 농경지의 취식률 차이가 없는 것으로 알려져 있다(Choi *et al.*, 2014) 또한 왜가리와 동일하게 대전광역시 특성상 취식지역인 농경지와 의 거리가 멀고 방해요인이 많기 때문에 비교적 방해요인이 적은 저수지나 하천을 이용하는 것으로 판단된다.

이 연구를 통해 도출된 결과들은 백로류의 보호와 서식지의 관리에 대한 기초자료로 이용할 수 있을 것으로 생각되나, 향후 백로류의 종수 및 개체수를 보완하여 연구가 진행된다면 보다 체계적인 보호와 관리방안을 마련하는 데 필요한 자료를 제시할 수 있을 것이다.

IV. 백로류 국외 이동경로

1. 서론

조류는 날개라는 특수기관을 이용해 뛰어난 이동성을 가지고 있어, 이를 통해 다른 분류군보다 효율적으로 바다나 사막과 같은 불모지역을 거쳐 수천km를 이동할 수 있다(Newton, 2006). 일반적으로 국내에 도래하는 철새들은 계절변화에 따라 매년 번식지와 월동지를 오고가는 장거리 이동을 한다(Lee, 2000; Kim, 2010; Shin, 2016). 이동시기에 철새들은 국가간을 이동하기 때문에 경로상의 지역의 환경변화나 오염 등이 종의 생존에까지 영향을 주게 된다. 특히 다양한 환경을 접하는 장거리 이동철새들은 환경변화에 다른 많은 위험에 노출 될 가능성이 크며, 이에 따른 체계적인 서식지 관리가 요구된다(Bing, 2013).

철새의 장거리 이동은 비행과 중간기착지의 연속이기 때문에 성공적인 장거리 이동을 위해서는 이동경로 상에 위치한 중간기착지의 서식지 질이 매우 중요하다(Hedenstrom and Alerstam, 1997; Newton, 2006). 중간기착지의 서식지 상태가 좋지 않을 경우에는 다음 이동을 위한 체력적인 안배를 하지 못하게 되며, 이는 결과적으로 장거리 이동의 실패의 직·간접적인 원인이 된다(Bing, 2013). 또한 번식지에 도착했을 때의 신체컨디션은 번식에 영향을 주게 되며, 다양한 연구들을 통해 성공적인 장거리 이동은 성공적인 번식으로 이어지게 된다고 알려져 있다(Moller, 1994; Aebischer *et al.*, 1996; Lozano *et al.*, 1996). 따라서 철새의 체계적인 보호 및 관리방안을 마련하기 위해서는 번식지, 월동지 뿐 아니라 장거리 이동경로 상에 있는 중간기착지의 서식지 관리가 필요하며, 이를 위해서는 철새의 장거리 이동패턴, 이동경로 및 중간기착지 파악은 필수적이라 할 수 있다.

국내에 도래하는 백로류는 대부분 흔한 여름철새로 2월부터 10월까지 도래하여 번식하는데 번식이 끝나면 월동지로 장거리 이동을 하는 철새로서 장거리 이동에 대한 연구는 백로류의 개체군과 군집 관리에 중요한 연구과제가 된다.

따라서 이 연구는 국내 번식지에 도래한 백로류를 대상으로 야생동물위치추

적기(WT-300)를 부착하고, 번식지를 떠나 국외의 월동지로 장거리 이동한 개체에 대하여 이동정보를 수집 분석하여 백로류의 보호 관리에 기여하기 위하여 이루어졌다.

2. 연구 방법

1) 위치추적기 대상종 및 부착지역

위치추적기 부착을 위해 2015년 6월부터 2016년 4월까지 대전광역시 도심내에 위치한 하천인 갑천과 유등천 수계에서 총 6개체를 포획하였으며, 여주시는 2019년 5월부터 6월까지 여주시 북내면 신접리 백로번식지 주변에 위치한 금당천 수계에서 총 3개체를 Air-Cannon-net을 이용하여 포획하였다. 포획한 백로류 9개체에 대하여 모두 위치추적기 WT-300을 등에 백팩(back-pack)형태로 부착하였다. 대전광역시는 총 5개체가 장거리 이동을 하였으며, 여주시에서는 3개체가 이동하였으나, 다년간 여주시를 이용하며, 장거리 이동이 지속적으로 확인되어 연도별로 총 5개체로 분리하여 분석하였다(Table 19).

2) 이동 정보 분석

백로류 이동현황을 파악하기 위해 번식지에서의 출발일, 중간기착지, 월동지 도착일, 번식지 도착일을 분석하였다. 또한 번식지에서 월동지까지 걸리는 기간과 중간기착지에서 머무는 기간을 파악하였다. 번식지 출발일은 번식지에서 100km 이상 이동을 실시한 날을 기준으로 하였다. 월동지는 2주 이상 30km 이내의 적은 이동을 보일 경우 번식지로 판단하였으며, 이를 기준으로 월동지 도착일을 파악하였다. 중간기착지는 한국에서 출발 후 이용한 지역으로 24시간 이상 머물며, 30km이내의 거리에서 특정한 방향으로 이동이 없는 지역으로 판단하였다(Yamaguchi *et al.*, 2008). 또한 백로류에 부착한 WT-300은 GPS를 기반으로 백로류가 번식지에서 중간기착지, 월동지까지 이동 시 좌표간의 이동거리를 분석하여 총 이동거리를 확인하였다. 두 좌표 간 이동거리를 구하는 공식은 다음과 같다.

$$D = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}$$

Table 19. The detailed tracking information of Ardeidae(Great Egret, Gray Heron)

Catching site	ID	Species	Tracking Period		GPS Fixed time/day
			Start	End	
	D01	Great Egret	2015-10-14	2015-11-06	8
	D02	Great Egret	2015-10-04	2015-11-28	6
Daejeon	D04	Gray Heron	2016-07-01	2016-11-05	6
	D05	Gray Heron	2016-09-02	2016-11-17	6
	D06	Great Egret	2016-08-25	2016-09-29	6
	Y01-1	Gray Heron	2019-06-13	2020-03-07	6
	Y01-2	Gray Heron	2019-07-02	2021-02-21	6
Yeoju	Y02-1	Great Egret	2019-07-25	2020-05-04	6
	Y02-2	Great Egret	2020-08-27	2021-05-07	6
	Y03-1	Great Egret	2019-07-24	2020-04-17	6

3. 연구 결과

1) 백로류의 이동경로

(1) 왜가리의 월동지 이동경로

국내의 도래하는 왜가리 4개체의 이동경로를 분석한 결과 중국 인후이성 및 후베이성 지역에서 월동하는 것이 확인되었다.

왜가리는 6월 13일부터 9월 2일까지 장거리 이동을 시작하였고, 월동지까지 도착하는 시기는 7월 17일부터 10월 29일인 것으로 나타났다.

왜가리의 장거리 이동은 평균 71.50일($n=4$, $SD=56.80$)이 소요되었으며, 번식지와 월동지까지 평균 누적거리는 1,682.46km($n=4$, $SD=360.34$)이었다. 장거리 이동 시 가장 짧은 거리를 이동한 개체는 D04개체로 1,113.63km, 가장 먼 거리를 이동한 개체는 Y01-2개체로 2,102.59km를 이동하였다(Table 20, Figure 13).

대전에서 서식하는 개체인 D04개체와 D05개체는 서해를 지나 중국 본토로 이동하는 경향을 보였으며, 여주시에서 부착한 Y01개체(Y01-1, Y01-2)의 경우 2년동안 비교적 동일한 경로를 보였다.

각 개체별로는 D04개체가 충청남도 공주시 계룡면에서 2016년 7월 1일에 백로 번식지에서 이동을 실시하여 전라북도 익산시, 전라북도 부안군 새만금 일대, 중국 장쑤성 양저우시를 중간기착지로 이용하였으며, 중국 안후성 허페이시에 도착하여 월동하였다. 월동지까지 이동 시간은 총 17일이었으며, 거리는 1,113.63km로 나타났다(Table 20, Figure 14). D05개체는 대전광역시 대덕구에 위치한 갑천에서 2016년 9월 2일에 이동을 시작하여 중국 산둥성 웨이하이시 룡청시와 중국 산둥성 웨이하이시 원딩구 지역을 중간기착지로 이용하다, 중국 후베이성 이창시에 도착하여 월동하였다. 월동지까지 소요한 이동 시간은 총 13일이었으며, 거리는 1,692.53km로 나타났다(Table 20, Figure 14).

Y01-1개체는 경기도 여주시 북내면 외룡리에서 2019년 6월 13일에 이동을 시작하여 북한 황해북도 황주군과 중국 랴오닝성 선양시 랴오중현, 중국 랴오

닝성 판진시 다와현을 중간기착지로 이용하다가 중국 안후이성 추저우시에 도착하여 월동하였다. 월동지까지 이동 시간은 총 136일이었으며, 거리는 1,821.07km로 나타났다(Table 20, Figure 14).

Y01-2개체는 Y01-1개체와 동일한 개체로 여주시 북내면 신접리 번식지에서 2020년 7월 2일에 이동을 시작하여 Y01-1개체와 동일하게 북한 황해북도 황주군과 중국 랴오닝성 선양시 랴오중현, 중국 랴오닝성 판진시 다와현을 중간기착지로 이용하다 중국 안후이성 추저우시에 도착하여 월동하였다. 월동지까지 이동 시간은 총 120일이었으며, 거리는 2,102.59km로 나타났다(Table 20, Figure 14).

Table 20. The information of migration of Gray Heron

Area	ID	Departure days	Arrive days	Period (days)	Total move distance (km)	Wintering site
Daejeon	D04	2016-07-01	2016-07-17	17	1,113.63	Hefei Shi ²
	D05	2016-09-02	2016-09-14	13	1,692.53	Yichang Shi ²
Yeosu	Y01-1	2019-06-13	2019-10-26	136	1,821.07	Chúzhōu Shi ²
	Y01-2	2020-07-02	2020-10-29	120	2,102.59	Chúzhōu Shi ²
Aver.				71.50 ± 56.80	1,682.46 ± 360.34	

* 1: South Korea, 2: China, 3: Vietnam, 4:Philippines 5: North Korea

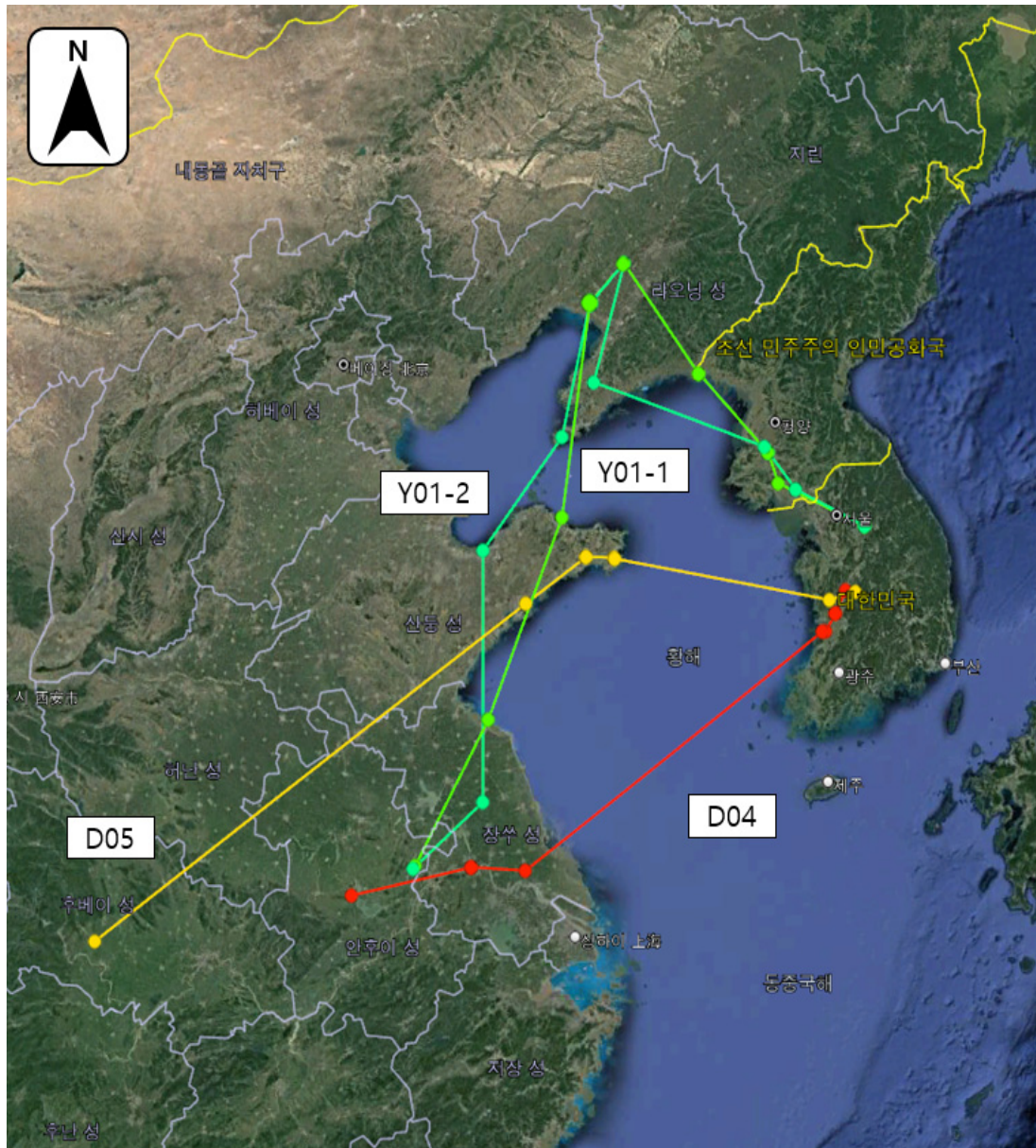
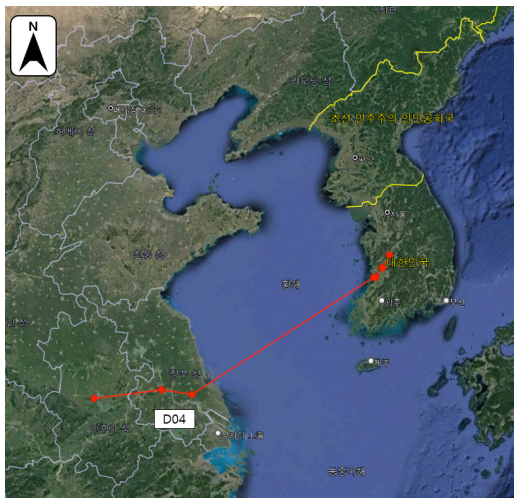
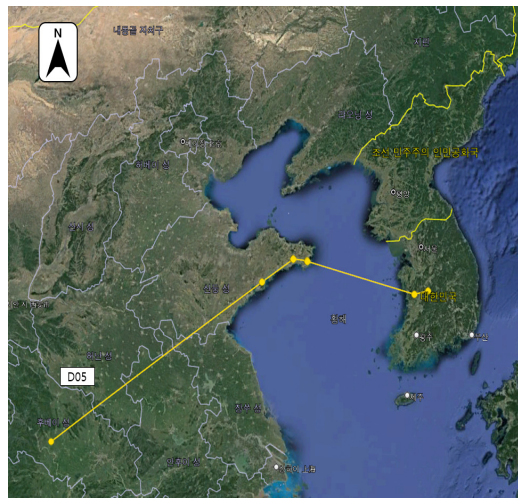


Figure 13. The information of migration of Gray Heron.



D04



D05



Y01-1



Y01-2

Figure 14. The migration routes for each individual Gray Heron.

(2) 중대백로 월동지 이동경로

국내에 도래하는 중대백로 6개체의 이동경로를 분석한 결과 중국과 필리핀, 베트남 등에서 월동하는 것이 확인되었다.

중대백로는 7월 24일부터 10월 14일까지 장거리 이동을 시작하는 것으로 나타났다으며, 월동지에 도착하는 시기는 8월 29일부터 11월 6일까지 이루어지는 것으로 나타났다.

중대백로의 장거리 이동은 평균 총 49.33일($n=6$, $SD=31.20$)이 소요되었으며, 번식지와 월동지까지 평균 누적거리는 2,752.60km($n=6$, $SD=939.85$)이었다. 장거리 이동 시 가장 짧은 거리를 이동한 개체는 D06개체로 789.11km, 가장 먼 거리를 이동한 개체는 Y02-2개체로 3,567.50km를 이동하였다(Table 21, Figure 15).

대전에서 서식하는 개체인 D01개체와 D02개체, D06개체의 경우 서해를 지나 중국 본토와 베트남으로 이동하는 경로를 보였다. 여주시에서 부착한 Y02-1개체와 Y02-2개체, Y03-1개체는 북한으로 이동하였다가 서해를 지나 중국 본토와 필리핀으로 이동하는 경로를 확인하였으며, Y02개체(Y02-1, Y02-2)의 경우 2년 동안 비교적 동일한 경로와 월동지를 이용하는 것으로 나타났다.

각 개체별로는 D01개체가 충청남도 논산시에 위치한 탐정호에서 2015년 10월 14일 이동을 시작하여 홍콩 마이포 습지를 중간기착지로 이용하였으며, 중국 광둥성 잔장시 레이저우시에 도착하여 월동하였다. 월동지까지 이동 시간은 총 24일이었으며, 거리는 2,581.70km로 나타났다(Table 21, Figure 16).

D02개체는 대전광역시 유성구에 위치한 갑천에서 2015년 10월 4일에 이동을 시작하여 중국 저장성 후저우시 더칭현과 중국 광둥성 메이저우시 자오링현, 중국 광둥성 메이저우시 평순현을 중간기착지로 이용하다, 베트남 푸옌에 도착하여 월동하였다. 월동지까지 소요한 이동 시간은 총 30일이었으며, 거리는 3,361.21km로 나타났다(Table 21, Figure 16).

Y02-1개체는 경기도 여주시 북내면 남한강에서 2019년 7월 25일 이동을 시작하여 북한 황해남도 평안남도 남포시 룡강군, 평안남도 남포시 대동강, 필리핀 광가시안 알라미노스를 중간기착지로 이용하다 필리핀 바탄 발랑가 습지 공원에 도착하여 월동하였다. 월동지까지 이동 시간은 총 84일이었으며, 거리는 3,361.29km로 나타났다(Table 21, Figure 16).

Y02-2개체는 Y02-1개체를 다년간 추적하여 구분된 동일한 개체로 여주시 북내면 신접리 번식지에서 2020년 8월 27일 이동을 시작하여 Y02-1개체와 동일하게 북한 황해남도 평안남도 남포시 룡강군을 이용하였으며, 중국 저장성 Ningbo시 츠시시, 필리핀 팡가시난 마그사이사이를 중간기착지로 이용하다 필리핀 바탄 발랑가 습지공원에 도착하여 월동하였다. 월동지까지 이동 시간은 총 67일이었으며, 거리는 3,567.50km였다(Table 21, Figure 16).

Y03-1개체는 여주시 북내면 신접리 번식지에서 2019년 7월 24일에 이동을 시작하여 경기도 연천군 전곡리와 경기도 철원군 동송읍 오덕리, 북한 평안남도 남포시 온천읍, 중국 저장성 사오싱시 주지시, 중국 광둥성 산터우시 청하이구를 중간기착지로 이용하다, 중국 광둥성 장먼시 타이산시에서 월동하였다. 월동지까지 이동 시간은 총 86일이었으며, 거리는 2,854.77km였다(Table 21, Figure 16).

Table 21. The information of migration of Great Egret

Area	ID	Departure days	Arrive days	Period (days)	Total move distance (km)	Wintering site
	D01	2015-10-14	2015-11-06	24	2,581.70	Leizhou Shi ²
Daejeon	D02	2015-10-04	2015-11-02	30	3,361.21	Phú Yên ³
	D06	2016-08-25	2016-08-29	5	789.11	Chongming Qū ²
	Y02-1	2019-07-25	2019-10-16	84	3,361.29	Balanga ⁴
Y02	Y02-2	2020-08-27	2020-11-01	67	3,567.50	Balanga ⁴
Yeoju	Y03-1	2019-07-24	2019-10-17	86	2,854.77	Taishan Shi ²
	Aver.			49.33 ± 31.20	2,752.60 ± 939.85	

* 1: South Korea, 2: China, 3: Vietnam, 4:Philippines 5: North Korea

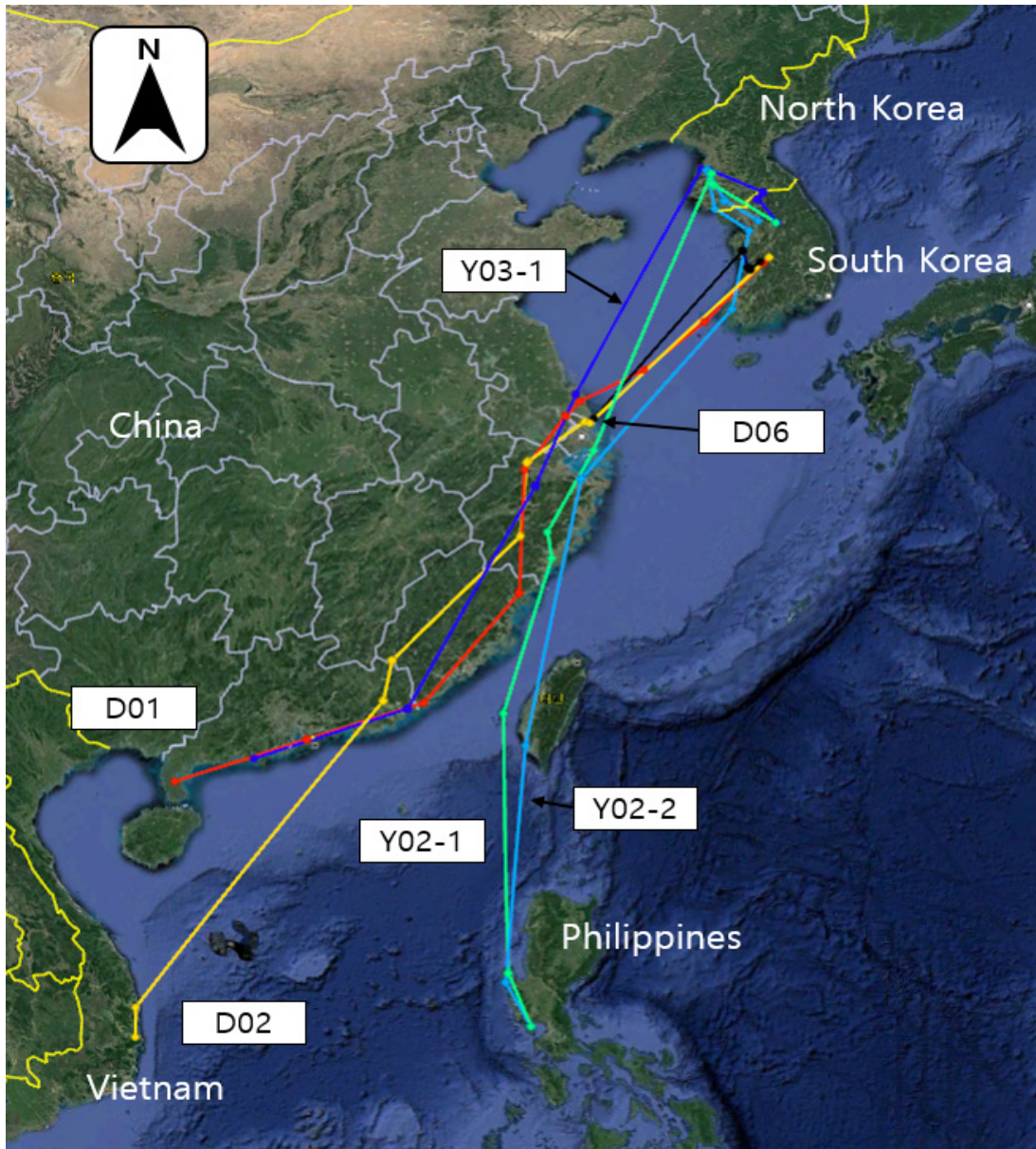


Figure 15. The information of migration of Great Egret.

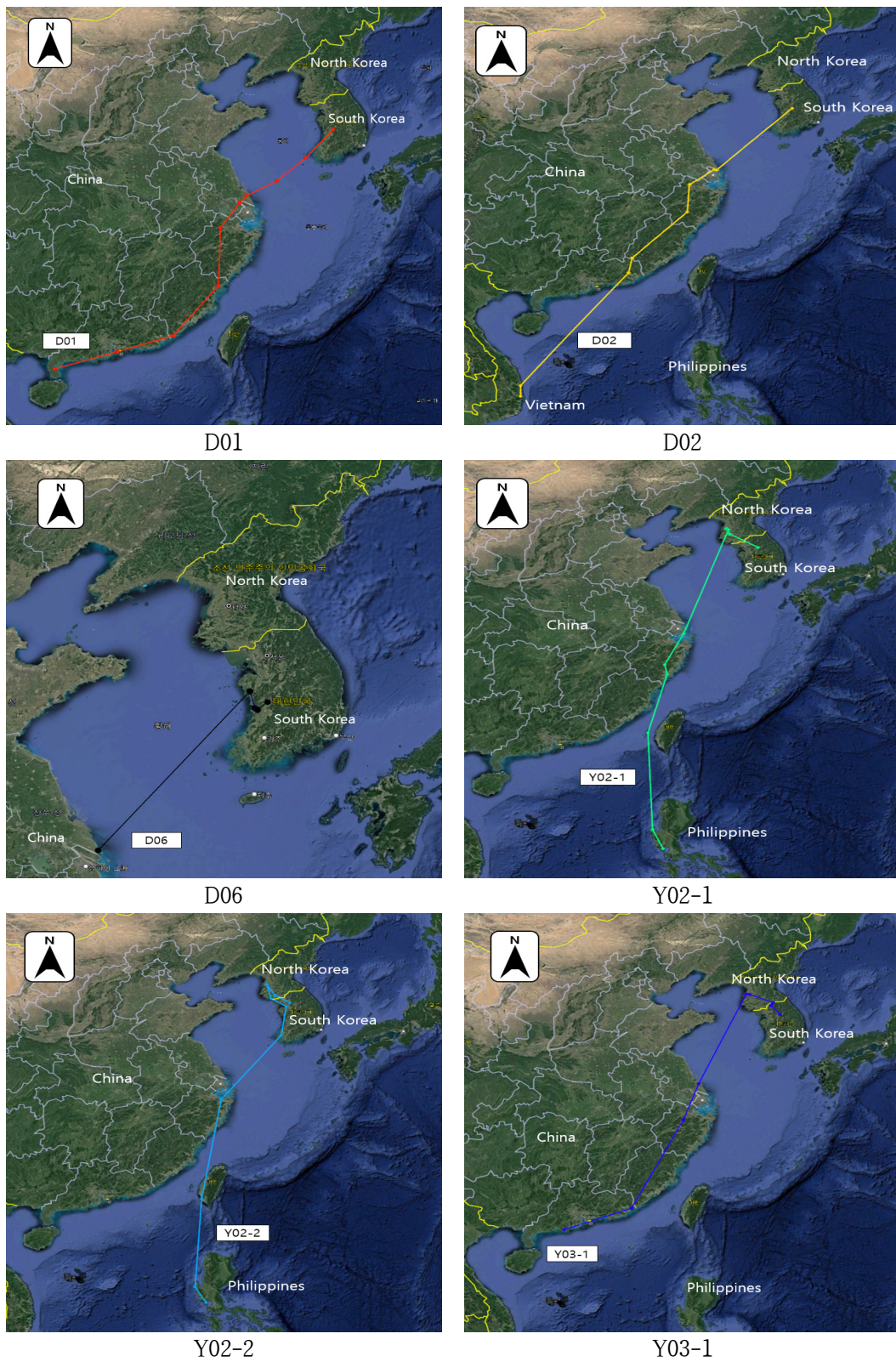


Figure 16. The migration routes for each individual Great Egret.

(3) 왜가리 번식지 이동경로

월동지로 이동했던 왜가리 4개체 중 번식지로 돌아온 개체는 2개체였다. 월동지에서 번식지로 돌아온 Y01개체는 2019년부터 2021년까지 추적이 이루어졌고, 2번의 월동지와 번식지의 이동경로가 확인되었다. 2번의 월동지와 번식지의 확인 결과 Y01개체는 동일한 월동지와 번식지 그리고 중간기착지를 이용한 것으로 나타났다.

왜가리(Y01개체)는 평균 5일(n=2, SD=2.00) 1,473.79km(n=6, SD=939.85)를 이동한 것으로 나타났다. Y01-1개체는 2020년 3월 1일에 월동지인 중국 안후이성 추저우시에서 이동을 시작하여 여주시 북내면 신접리 백로번식지까지 총 7일 1,855.79km를 중간기착지 없이 중간에 휴식을 취한 후 이동한 것이 확인되었다. Y01-2개체는 2021년 2월 19일에 월동지인 중국 안후이성 추저우시에서 이동을 시작하여 여주시 북내면 신접리 백로번식지까지 총 3일 1,091.79km를 중간기착지 없이 24시간 이내의 휴식만 취한 후 이동한 것으로 나타났다(Table 22, Figure 17).

Table 22. The information of migration of Gray Heron

ID	Departure days	Arrive days	Period (days)	Total move distance (km)	Breeding site	
Y01	Y01-1	2020-03-01	2020-03-07	7	1,855.79	Yeosu ¹
	Y01-2	2021-02-19	2021-02-21	3	1091.79	Yeosu ¹
Aver.	02-24	02-28	5.00 ± 2.00	1,473.79 ± 382.00		

* 1: South Korea, 2: China, 3: Vietnam, 4:Philippines 5: North Korea

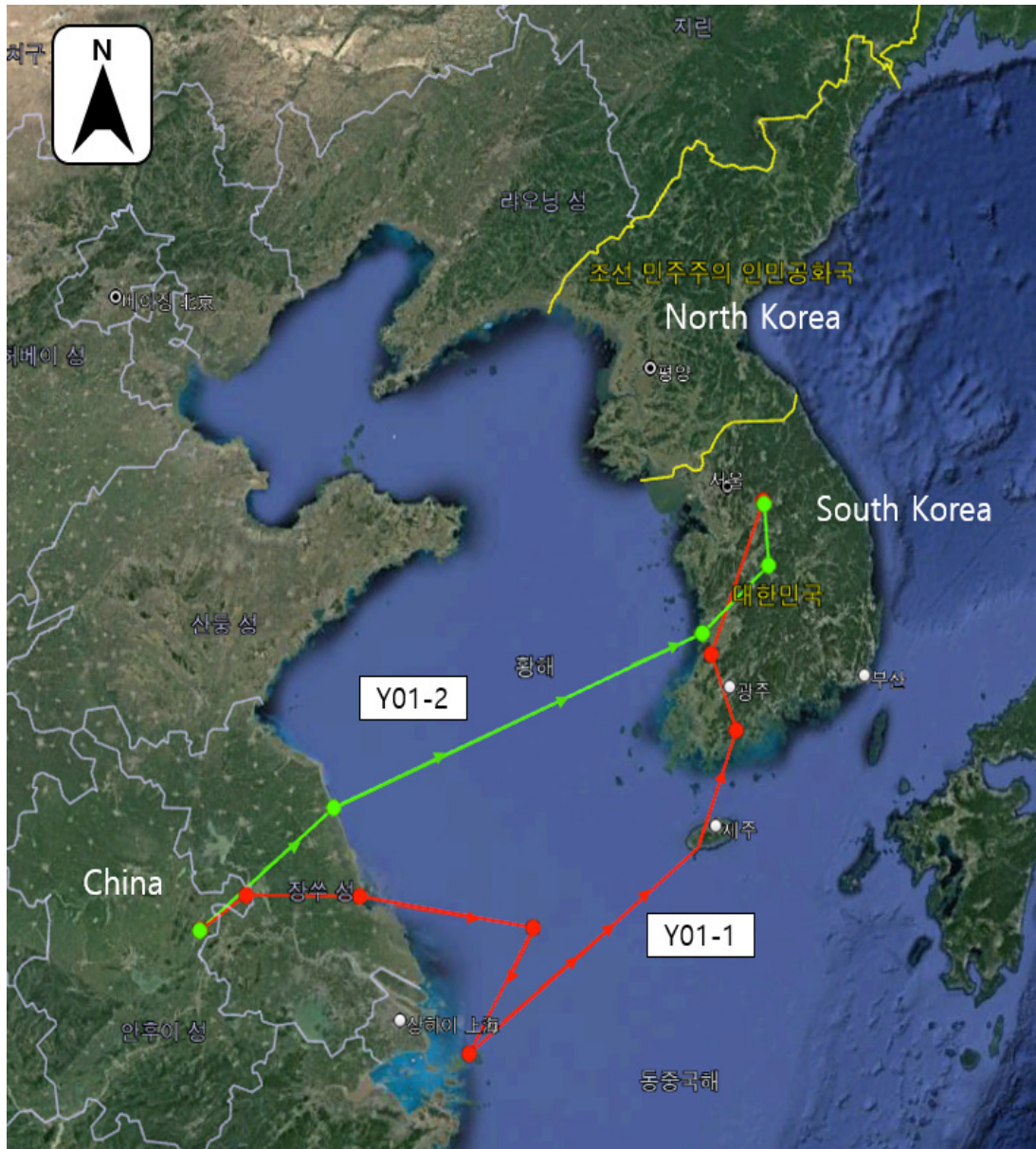


Figure 17. The Information on the migration of Gray Herons to breeding grounds.

(4) 중대백로 번식지 이동경로

월동지로 이동했던 중대백로 6개체 중 월동지에서 번식지로 돌아온 개체는 3개체로 확인되었다. 월동지에서 번식지로 돌아온 Y02개체는 2019년부터 2021년까지 추적이 이루어졌으며, 2번의 월동지와 번식지의 이동경로가 확인되었다. 2번의 월동지와 번식지의 확인결과 동일한 월동지와 번식지 그리고 중간기착지를 이용한 것으로 확인되었다. Y03-1개체의 경우 1번의 월동지와 번식지의 이동경로가 확인되었으며, 번식지의 경우 여주시 신접리 백로번식지로 동일한 번식지역을 이용하는 것으로 확인되었다(Table 23, Figure 18).

중대백로는 평균 15일($n=3$, $SD=8.65$) 2,997.82km($n=3$, $SD=332.20$)를 이동한 것으로 나타났다.

Y02-1개체는 2020년 4월 18일에 월동지인 필리핀 바탄 발랑가 습지공원에서 이동을 시작하여 필리핀 북일로코스 방구이, 대만 이란현 우제, 중국 저장성 타이저우시 자오장구, 북한 평안남도 남포시 등을 중간기착지로 이용하다가 여주시 북내면 신접리 백로 번식지에 도착하여 총 17일 3,227.31km를 이동하였다.

Y02-2개체는 2021년 4월 13일에 월동지인 필리핀 바탄 발랑가 습지공원에서 이동을 시작하여 필리핀 팡가시난 망갈단, 중국 푸젠성 장저우시 윈샤오현, 중국 푸젠성 푸저우시 푸칭시, 대한민국 전라남도 장흥군, 충청북도 음성군 등을 중간기착지로 이용하다가 여주시 북내면 신접리 백로번식지에 도착하여 총 25일 3,238.08km를 이동한 것으로 나타났다(Table 23, Figure 18).

Y03-1개체는 월동지인 중국 광둥성 장먼시 타이산시에서 이동을 시작하여 여주시 북내면 신접리 백로번식지까지 총 4일 2,528.06km를 중간기착지 없이 24시간 이내의 휴식만 취한 후 이동하였다(Table 23, Figure 18).

Table 23. The information of migration of Great Egret

ID	Departure days	Arrive days	Period (days)	Total move distance (km)	Breeding site	
Y02	Y02-1	2020-04-18	2020-05-04	17	3,227.31	Yeoju ¹
	Y02-2	2021-04-13	2021-05-07	25	3,238.08	Yeoju ¹
Y03-1	2020-04-14	2020-04-17	4	2,528.06	Yeoju ¹	
Aver.	04-15	04-29	15.33 ± 8.65	2,997.82 ± 332.20		

* 1: South Korea, 2: China, 3: Vietnam, 4:Philippines 5: North Korea

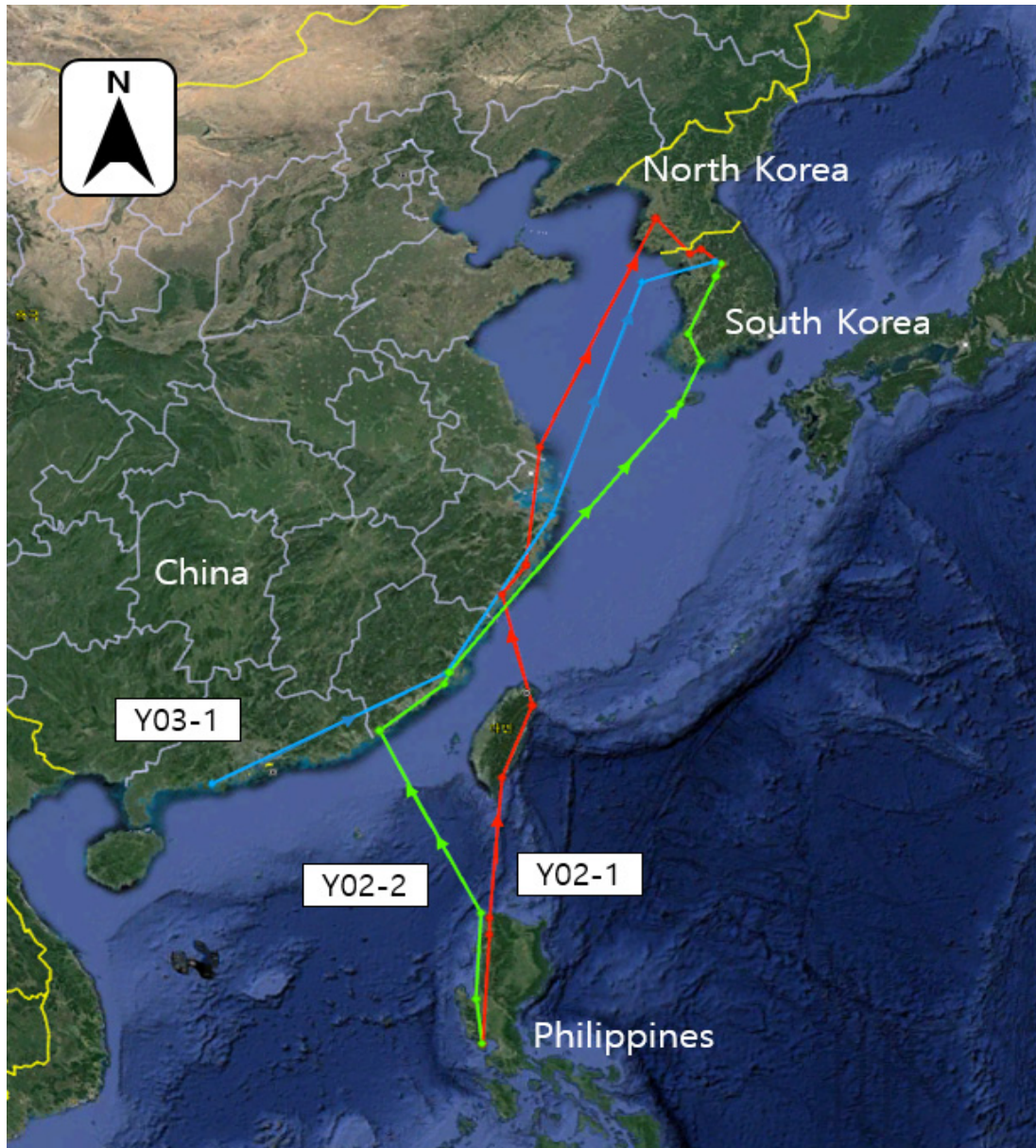


Figure 18. The Information on the migration of Great Egret to breeding grounds.

2) 주요 중간기착지 현황

(1) 왜가리

위치추적기 조사를 통해 왜가리들이 월동지로 장거리 이동 할 때 최소 하루(24 시간) 이상 이용한 중간기착지는 동일 지역을 제외하고 총 8개 지역으로 나타났다. 중간기착지는 중국이 5개 지역, 한국 2개 지역, 북한 1개 지역을 이용하였다.

가장 긴 기간을 이용한 지역은 중국 랴오닝성 선양시 라오중현 지역으로 총 64일을 이용한 것으로 확인되었으며, 가장 짧은 기간 이용한 지역은 중국 장쑤성 양저우시 광링구와 중국 산둥성 웨이하이시 룡청시 지역으로 2일간 이용한 것으로 나타났다.

중간기착지에서는 평균 24일(n=11, SD=27.23) 정도 머무는 것으로 나타났으며, 일부 지역은 2일 정도 짧게 머문 후 다음 중간기착지나 번식지로 이동하는 경향을 보였다. 각 개체별로는 최소 2개에서 최대 3개 지역의 중간기착지를 이용하는 모습을 보였다. 또한 Y01-1개체와 Y01-2개체는 다년간 추적되어 구분된 동일 개체로 연도별 분석결과 동일한 중간기착지를 이용한 것으로 확인되었으나, 중간기착지 이용기간은 연도별로 다르게 나타났다(Table 24).

Table 24. Information on the stopover site of Gray Heron

ID	Stopover site (Stay day)		
	1	2	3
D04	Iksan City ¹ (5)	Buan County ¹ (6)	Guangling Qū ² (2)
D05	Rongcheng Shi ² (2)	Wendeng Qū ² (8)	
Y01-1	Hwangju County ⁵ (55)	Shenyang Shi ² (64)	Panjin Shi ² (14)
Y01-2	Hwangju County ⁵ (9)	Shenyang Shi ² (82)	Panjin Shi ² (25)

* 1: South Korea, 2: China, 3: Vietnam, 4:Philippines 5: North Korea

(2) 중대백로

위치추적기 조사를 통해 중대백로들이 월동지로 장거리 이동 할 때 최소 하루 이상 이용한 중간기착지는 동일 지역을 제외하고 총 15개 지역으로 나타났다. 중간기착지는 중국과 북한이 각각 6개 지역, 한국 4개 지역, 필리핀 2개 지역을 이용하였다.

가장 긴 기간 이용한 지역은 중국 평안남도 남포시 룡강군 지역으로 총 66일을 이용한 것으로 확인되었으며, 가장 짧은 기간 이용한 지역은 중국 광둥성 산터우시 청하이구 지역으로 1일간 이용한 것이 확인되었다.

중간기착지에서는 평균 13일(n=21, SD=16.84) 정도 머무는 것으로 나타났으며, 일부 지역은 1일 정도 짧게 머문 후 다음 중간기착지나 번식지로 이동하는 경향을 보였다. 각 개체별로는 최소 1개에서 최대 5개 지역의 중간기착지를 이용하는 모습을 보였다. 또한 Y02-1개체와 Y02-2개체는 다년간 추적되어 구분된 동일 개체로 연도별 분석결과 동일한 중간기착지를 이용한 것으로 나타났으나, 일부 다른 중간기착지도 이용하며, 중간기착지를 이용하는 기간도 연도별로 차이를 보였다(Table 25).

Table 25. Information on the stopover site of Great Egret

ID	Stopover site (Stay day)				
	1	2	3	4	5
D01	Maipo Marsh ² (20)				
D02	Deqing County ² (5)	Jiaoling County ² (13)	Fengshun County ² (8)		
D06	Gunsan City ¹ (3)	Hongseong County ¹ (2)			
Y02-1	South Hwanghae Province ⁵ (3)	Ryonggang County ⁵ (66)	Nampo City ⁵ (2)	Alaminos ⁴ (7)	
Y02-2	South Hwanghae Province ⁵ (3)	Ryonggang County ⁵ (36)	Cixi ² (18)	Pangasinan ⁴ (6)	
Y03-1	Yeoncheon County ¹ (2)	Cheorwon County ¹ (23)	Onchon County ⁵ (48)	Zhuji County ² (9)	Chenghai District ² (1)

* 1: South Korea, 2: China, 3: Vietnam, 4:Philippines 5: North Korea

4. 고찰

연구에서 통해 왜가리와 중대백로 2종은 대부분 6월 중순부터 10월 중순 사이에 장거리 이동을 시작하여 왜가리는 평균 71일 동안 1,682km를 이동하여 중국 본토에서 월동하며, 중대백로는 평균 49일 동안 2,752km를 이동하여 중국 남부 지역, 베트남, 필리핀 등에서 월동하는 것이 확인되었다. 또한 백로류는 동일한 번식지 및 월동지를 이용하는 것으로 확인되었는데 중간기착지의 경우 동일한 지역을 지속적으로 이용하지만 환경에 따라 다른 중간기착지를 이용하는 것으로 확인되기도 하였다. 이는 기존 연구에서 철새들이 개체별로 환경조건에 따라 장거리 이동전략을 조정하며(Deppe *et al.*, 2015; Schmaljohann *et al.*, 2017), 같은 종이라 할지라도 서식지역의 환경조건에 따라 차이가 있다는 연구 결과(Tajiri *et al.*, 2015; Kang *et al.*, 2016)와 유사한 것으로 분석되었다. 또한 해안을 경유하는 철새들은 풍향, 풍속, 기온 등 다양한 기상조건에 따라 최적의 이동경로를 찾게 되며, 일반적으로 비행하기에 안정된 기상조건이 되었을 때 이동을 시작하기 때문에 다양한 이동경로가 있을 수 있다(Yamamoto *et al.*, 2017).

수금류는 이동 시 다양한 중간기착지를 이용한다(Yamaguchi *et al.*, 2008; Tajiri *et al.*, 2015; Kang *et al.*, 2016). 중간기착지의 서식환경들은 위성지도로 확인 결과, 대부분 강이나 하천, 저수지 등과 농경지, 양식장 등의 습지 및 수계지역으로 나타났는데, 이는 수금류를 비롯한 물새류가 중간기착지로 수환경이 발달한 지역을 이용하는 선행연구(Arzel *et al.*, 2006; Yamaguchi *et al.*, 2008; Kremetz *et al.*, 2011; Tajiri *et al.*, 2015; Kang *et al.*, 2016)와 유사하였다.

중간기착지 이용기간은 최소 1일부터 최장 66일까지 다양하게 확인되었으며, 이는 개체별로 차이가 있었다. 장거리 이동 중 중간기착지의 이용률은 해당 개체의 몸상태와 중간기착지의 서식지로서의 질적 차이, 먹이량, 안정적인 휴식을 방해하는 여러 가지 요인에 따라 결정되기 때문에 다양하게 나타난 것으로 판단된다(Arzel *et al.*, 2006). 야생조류는 장거리 이동을 성공적으로 마치기 위해서는 이동경로 상에 체력적 안배를 제공할 수 있는 안정적인 중간기착지가 필요하며,

중간기착지에서 비행 시 소모된 에너지를 제대로 보충하지 못한 야생조류는 생존에 직접적인 위협을 받게 된다(Newton, 2006; 빙, 2013). 또한 중간기착지에서의 에너지 보충은 번식을 위해서도 매우 중요하다. 따라서 이동경로나 중간기착지 확인은 조류의 종, 더 나아가 전체적인 분류군의 보호를 하는 데 필수적인 정보가 될 수 있다(Jung, 2019). 장거리 이동 시 조류는 야간비행을 하는 것이 알려져 있는데(Haper, 1958; Gauthreaux, 1971), 이번 연구에서도 대부분 16 ~ 20시 사이에 이동을 시작하여 동일한 경향을 보였다.

이 연구를 통해 국내에 도래하는 백로류의 다양한 이동경로와 중간기착지를 이용하여 이동하는 것을 확인하였다. 중대백로는 필리핀에서의 월동사실을 가락지 부착 연구를 통해 확인된 바 있으나(Won *et al.*, 2012) 정확한 이동 경로를 밝힌 연구는 없었다. 이 연구를 통해 처음으로 얻은 이동경로, 중간기착지, 월동지 등의 자료들은 향후 백로류의 보호 및 서식지 관리를 위한 연구 자료뿐만 아니라 국제적인 관점에서도 국가 간 공동보호 관리를 위한 자료로 널리 활용될 것이다.

V. 종합 고찰

이 연구에서 백로류의 번식지가 간별로 훼손될 경우 백로류가 분산되어 여러 개의 소규모 번식지가 형성되거나 기존 번식지의 밀도가 증가하는 것을 확인하였다. 기존 백로류 번식지의 밀도가 증가할 경우 번식 성공률에 영향을 줄 수 있으며(Frederick and Collopy, 1988), 영소목의 고사를 과속화시켜 영소목이 감소할 경우 주변으로 번식지가 확산될 수 있다(Hwang, 2020). 따라서 백로류 번식지의 간벌 및 개발은 민원이 발생하는 지역에 일시적인 해결방안이 될 수도 있지만, 소규모 번식지의 증가로 이어져 결국 더 많은 지역에 문제를 발생시킬 수 있을 것이다. 또한 번식지의 간벌은 백로류 행동권에도 영향을 미칠 수 있을 것이라 판단된다. 왜가리와 중대백로의 번식지는 도심지역이며, 번식지 간벌이 이루어진 대전광역시와 행동권이 더 넓은 것으로 확인되었다. 백로류는 취식지로 농경지를 많이 이용하며(Lansdown and Rajanathan, 1993), 대부분 번식지를 중심으로 5km 이내에서 먹이활동을 하는 것으로 알려져 있다(Hwang, 2012).

안정적인 서식지를 유지하고 있는 여주시는 번식지로부터 반경 5km 이내에서 취식하였지만 대전광역시는 번식지의 간벌이 지속적으로 이루어지고 도심지역의 특성상 농경지가 외곽에 있어 더 넓은 행동권이 나타난 것으로 보인다. 이러한 행동권에 증가는 장거리 이동하는 백로류에게 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로 국내에 도래하는 철새들은 계절변화에 따라 매년 번식지와 월동지를 오고 가는 장거리 이동을 한다(Lee, 2000; Kim, 2010; Shin, 2016). 이동시기에 철새들은 국가 간을 이동하기 때문에 지역의 환경변화나 오염 등에 민감하다. 특히 다양한 환경을 접하는 장거리 이동철새들은 환경변화에 다른 많은 위험에 노출될 가능성이 높다(Bing, 2013).

왜가리와 중대백로는 대부분 6월 중순부터 10월 중순 사이에 장거리 이동을 시작하며, 왜가리는 평균 71일 동안 1,682km를 이동하여 중국에서 월동하는 것을 확인할 수 있었다. 중대백로는 평균 49일 동안 2,752km를 이동하여 중국 남

부지역, 베트남, 필리핀 등을 월동지로 이용하는 것으로 확인할 수 있었다. 중간기착지는 동일한 지역을 지속적으로 이용하나 환경에 따라 다른 중간기착지를 이용하기도 한다. 철새들은 개체별로 환경조건에 따라 장거리 이동전략을 조정하며(Deppe *et al.*, 2015; Schmaljohann *et al.*, 2017), 같은 종이라도 서식지의 환경조건에 따라 차이가 있다(Tajiri *et al.*, 2015; Kang *et al.*, 2016). 또한 해안을 경유하는 철새들은 풍향, 풍속, 기온 등 다양한 기상조건에 따라 최적의 이동경로를 찾게 되며, 일반적으로 비행하기에 안정된 기상조건이 되었을 때 이동을 시작하기 때문에 이동경로가 다양할 수 있으며, 수금류는 이동 시 중간기착지를 다양하게 이용한다(Yamaguchi *et al.*, 2008; Tajiri *et al.*, 2015; Kang *et al.*, 2016; Yamamoto *et al.*, 2017).

연구를 통해 국내에 도래하는 백로류의 서식 환경에 따른 백로류 번식지 현황과 행동권, 서식지 이용률이 파악되었고, 야생동물위치추적장치를 통해 왜가리와 중대백로의 이동경로와 중간기착지, 월동지를 상세하게 밝힐 수 있었다. 지금까지 국내에서는 가락지 연구를 통해 이동경로를 유추한 바 있으나 야생동물위치추적기를 활용해 이동경로를 확인한 것은 이 연구를 통해 처음 확인된 결과라 매우 의미 있는 자료가 될 것이다. 또한 이동경로, 중간기착지, 월동지 등의 자료들은 향후 백로류의 보호 및 서식지 관리를 위한 기초 연구 자료뿐만 아니라 국제적인 관점에서 국가 간 공동보호 관리를 위한 자료로 활용될 것으로 기대된다. 이에 본 연구를 통해 얻은 다양한 이동생태정보들은 서식지 파괴로 인해 점차 감소하고 있는 백로류의 기초연구자료로서 매우 중요한 가치를 지니고 있다고 판단되며, 향후 백로류의 종과 개체군 보호 및 복원, 서식지 관리 등 다양한 자료로 활용될 것으로 기대한다.

VI. 적 요

이 연구는 2015년부터 2021년까지 대전광역시와 여주시에서 서식하는 백로류를 대상으로 간벌에 따른 번식지 현황과 위치추적기를 활용한 전반적인 이동 생태를 밝히기 위하여 이루어졌다.

2015년부터 2019년까지 조사결과 대전광역시는 내동중학교 번식지가 6종 272개와 기민중학교 번식지 6종 142개소에서 번식이 이루어졌으나, 2017년에는 기민중학교 번식지가 간벌되어, 한국과학기술원 번식지가 대전광역시 도심내 유일한 번식지가 되었으며, 2018년에 6종 1,092개로 번식이 증가하였다. 여주시에 위치한 신접리 번식지는 2016년부터 2018년까지 최대 3종 177개가 번식하였으나, 주변 번식지의 훼손으로 2019년에는 5종 505개까지 급증하였다. 따라서 백로 번식지의 훼손은 번식이 이루어지지 않은 지역에 새로운 번식지가 형성되고, 시간이 지남에 따라 번식지 밀도가 점차 증가하는 것을 확인하였다.

대전광역시와 여주시에 서식하는 왜가리, 중대백로 2종에 위치추적기를 부착하여 행동권, 서식지 이용률, 이동경로, 중간기착지, 월동지 등을 분석하였다. 행동권 분석 결과, MCP 행동권은 왜가리 187.37km², 중대백로 145.94km²이었으며, 핵심서식지인 KDE 50%의 행동권은 왜가리 22.26km², 중대백로 18.19km²이었다. 도심지역인 대전광역시에서 확인된 핵심행동권은 왜가리 35.96km², 중대백로 43.14km²로 나타났으며, 농촌지역인 여주시에 확인된 핵심행동권은 왜가리 1.70km², 중대백로 3.22km²로 나타나. 왜가리와 중대백로 2종 모두 대전광역시에서 행동권이 더 넓게 나타났다. 서식지 이용률은 왜가리가 수계 57.81%, 산림 26.20%, 농경지 11.42%, 저수지 2.16%, 나지 0.36%, 기타 2.04% 순이었으며, 중대백로는 산림 28.85%, 저수지 24.77%, 수계 22.37%, 농경지 16.65%, 나지 6.24%, 기타 1.13% 순이었다.

왜가리와 중대백로 2종은 대부분 6월 중순부터 10월 중순 사이에 장거리 이동을 시작하는 것으로 나타났다. 왜가리의 경우 평균 71일 동안 1,682km를 이동하며, 대부분 중국 본토에서 월동하는 것이 확인되었다. 중대백로는 평균 49일

동안 2,752km를 이동하며, 중국 남부지역, 베트남, 필리핀 등에서 월동하는 것이 확인되었다. 백로류의 주요 중간기착지는 왜가리는 8개, 중대백로 15개 지역으로 나타났으며, 중간기착지별로 최소 1일에서 최장 66일 동안 서식하였다. 개체별로는 작계는 1개 지역부터 많게는 5개 지역까지 이용하였으며, 대부분 중국, 북한, 필리핀이었다. 왜가리와 중대백로는 개체별로 기존에 이용한 번식지와 월동지를 매년 지속적으로 이용하는 것으로 확인되었다. 중간기착지는 동일한 지역을 이용하기도 하지만 환경에 따라 다르게 이용하기도 하였다.

이 연구를 통해 얻은 다양한 이동생태정보들은 서식지 감소로 인해 영향을 받고 있는 백로류의 기초 연구자료로서 매우 중요한 가치를 지니고 있으며, 향후 백로류 개체군 보호 및 서식지 관리 등 다양한 자료로 활용될 것이다.

VII. 참고문헌

- Aebischer, N. J. and P. A. Robertson. 1993. Compositional analysis habitat use from animal radio-tracking data. *Ecol.*, 74(5): 1313-1325.
- Ahn, K. H., J. C. Lim, C. U. Han, Y. K. Lee, H. S. Cho, J. H. Suh, M. H. Suh, Y. G. Shin and M. J. Kim. 2015. Research Paper: The Characteristics of Vegetative Composition Among Plants in the Heronries. *Journal of Environmental Impact Assessment*, 24(5): 499-515. (in Korean with English abstract).
- Arzel, C., J. Elmberg and M. Guillemain. 2006. Ecology of spring-migration Anatidae: a review. *J. Ornithology*, 147: 167-184.
- Beaver, D. L., R. G. Osborn and T. W. Custer (1980) Nest-site and colony characteristics of wading birds in selected Atlantic coast colons. *Wilson Bulletin*, 92: 200-220.
- Bing, G. C. 2013. An Analysis on the Causes of Migratory Bird Mortality occurred at a Stopover Island, Hong-do, Jeonnam, Korea. Ph. D. dissertation, Graduate School of Chosun University, Gwangju. (in Korean with English abstract).
- Brower, J. Zar and C. Von Ende. 1990. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Third Ed., Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, 237pp.
- Cha, J. S., J. W. Kim and H.C. Park. 2008. The Effects of the Breeding site of the Egrets and Herons by Road Construction, Palhyun-ri, Daegu, Korea. *Korean journal of environment and ecology*, 22(2): 152-158. (in Korean with English abstract).
- Choi, Y. B., I. K. Kim, S. H. Jung, S. H. Yoo, T. H. Kang, H. S. Lee, W. K. Paek and C. G. Choi. 2007. A Study on the Use of Wintering Habitats of Water Birds Arriving at Coastal Wetlands in Jeollanam Province,

- Korea. Korean journal of environment and ecology, 21(3): 197-206. (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.
- Deppe, J. L., Ward, M. P., Bolus, R. T., Diehl, R. H., Celis-Murillo, A. T. J. Zenzal and D. A. Enstrom. 2015. Fat, weather, and date affect migratory songbirds' departure decisions, routes, and time it takes to cross the Gulf of Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(46): 6331-6338.
- Frederick, P. C. and M. W. Collopy. 1988. Reproductive ecology of wading birds in relation to water conditions in the Florida Everglades. Florida Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, School of Forest Research and Conservation, University of Florida Tech. Rept. No. 30.
- Gauthreaux, Jr. S. A. 1971. A radar and direct visual study of passerine spring migration in southern Louisiana. *Auk*, 88: 343-365.
- Gibbs, J. P., S. Woodward, M. L. Hunter and A. E. Hutchinson. 1987. Determinants of Great Blue Heron colony distribution in coastal marine. *The Auk*, 104: 38-47.
- Gill, F., D. D. P.Rasmussen. 2020. IOCWorldBirdList(v10.2). DOI10.14344/IOC.ML.10.2.
- Hedenström, A. and T. Alerstam. 1997. Optimum fuel loads in migratory birds: distinguishing between time and energy minimization. *J. theor. Biol.*, 189(3): 227-234.
- Hwang J. U., Y. S. Choi, H. G. Nam, W. H. Huh, J. Y. Park, D. W. Kim, H. J. Kim, J. Y. Lee, J. Y. Lee, J. Y. Kim, S. Y. Park, J. S. Son, I. G. Kwon, I. C. Kim, Y. G. Park, S. J. Son, J. Y. Shin, J. H. Lee and S. B. Hong 2020. Current Status of Heronies in Korea. National Institute of Biological Resources. (in Korean)

- Hwang, J. K., M. S. Shin, Y. M. Kang, H. C. Yoon, J. D. Choi, W. S. Jeong and J. W. Lee. 2016. Interzonal Comparative Analysis of the Wintering Habitat of Spot-billed Duck (*Anas poecilorhyncha*). Korean journal of environment and ecology, 30(4): 676-683. (in Korean with English abstract).
- Jenni, D. A. 1969. A study of the ecology of four species of herons during the breeding period at Lake Alachua County, Florida. Ecological Monographs, 39: 245-270.
- Jeong, H. 2004. Breeding strategies and social behaviour of ardeidae. Ph. D. dissertation, Graduate School of Kyung Hee University, Seoul. (in Korean with English abstract).
- Jung, S. M. 2019. A study on wintering and migration ecology of waterfowls in Saemangeum. Ph. D. dissertation, Graduate School of Jeju National University, Jeju. (in Korean with English abstract).
- Jung, S. M., M. S. Shin, H. J. Cho, S. W. Han, H. M. Son, J. W. Kim, S. I. Kang, H. S. Lee and H. S. Oh. 2012. Study on the Home-range and Winter Habitat Pintail using the Wild-Tracker (WT-300) in Korea. Korean Journal of Environment and Ecology, 33(1): 1-8
- Jung, M. S. 1998. Ecology and conservation of rural forest birds in the highway construction region. Ph. D. dissertation, Graduate School of Kyung Hee University, Seoul. (in Korean with English abstract).
- Kang, J. H., S. G. Lee, B. J. Choi, H. S. Oh and N. C. Kim. 2009. The Study of Monitoring and Management of Heron and Egret Sites Protected by Natural Monument. Korea. The Korean journal of ornithology, 16(1): 37-46. (in Korean with English abstract).
- Kang, T. H., D. H. Kim, H. J. CHO, Y. U. Shin, H. S. LEE, J. H. Suh and J. K. Hwang. 2014. Movements and Home-range of Mallards by GPS-Mobile based Telementary(WT-200) in Korea. Korean journal of environment and ecology, 21(3): 642-649. (in Korean with English abstract).

- Kang, T. H., D. H. Kim, H. J. CHO, Y. U. Shin, H. S. LEE, J. H. Suh and J. K. Hwang. 2014. Movements and Home-range of Mallards by GPS-Mobile based Telementary (WT-200) in Korea. Korean journal of environment and ecology, 21(3): 642-649. (in Korean with English abstract).
- Kim, D. W., H. J. Kim, I. K. Kwon, J. W. Hwang and J. H. Kim. 2015. Post-breeding Dispersal and Autumn Migration of a Juvenile Grey Heron (*Ardea cinerea*). The Korean journal of ecology, 22(2): 67-72.
- 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. The Korean journal of ecology 20(1): 9-14. (in Korean with English abstract).
- Kim, J. S. 2002. Studies on Heavy Metal Accumulation and Ecology of Black-Crowned Night Herons *Nycticorax nycticorax*. Ph. D. dissertation, Graduate School of Kyung Hee University, Seoul. (in Korean with English abstract).
- Kim, M. R., H. K. Nam, M. H. Kim, K. J. Cho, K. K. Kang and Y. E. Na.. 2013. Status of Birds Using a Rice Paddy in South Korea. Korean journal of environmental agriculture, 32(2): 155-165. (in Korean with English abstract).
- 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
- Kushlan, J. A. 1986. Responses of wading birds to seasonally fluctuating water level: strategies and their limits. Colon. Waterbirds, 9: 155-162.
- Kushlan, J. A. 1991. The Everglades. pp. 121-142, *in*(R. J. Livingston, ed.) The rivers of Florida. Springer-Verlag, New York.
- Kushlan, J. A. 1997. The conservation of wading birds. Colonial waterbirds 20: 129-137.
- Kushlan, J. A. and Hafner. 2000. Heron conservation. Academic Press. 480pp.

- K-water. 2005. A Basic Survey Study for the Establishment of Sihwa Lake Ecological Network. K-water Institute.
- Lee, D. P., S. Y. Lee and S. U. Han. 2012. Status and Timing of Wader Migration at Intertidal Mudflat of Suncheon Bay. *The Korean journal of ecology*, 19(3): 223-235. (in Korean with English abstract).
- Lee, D. G., H. J. Woo, U. S. Lee and S. J. Lim. 1999. Characteristics of Breeding Bird Communities due to Different Forest Structure Practiced by Thinning in Conifer Plantation. *The Korean journal of ecology*, 6(1): 57-64. (in Korean).
- Lee, D. P., S. J. Kim, I. C. Hwang and D. O. Lim. 2007. The Characteristics of Mixed Heronries in Jeollanam-do. *Korean journal of environment and ecology*, 21(2): 186-191. (in Korean with English abstract).
- Lee, E. J., S. H. Son, U. S. Lee, J. H. Lim and S. J. Lim. 2009. Characteristics of Bird Communities in the Forest Fired Area, Samcheok, Gangwon Province, Korea. *The Korean journal of ecology*, 16(2): 107-113. (in Korean with English abstract).
- Lee, G. S. 2000. Current Status and Population Fluctuations of Waterbirds on the West Coast of Korea. Ph. D. dissertation, Graduate School of Kyung Hee University, Seoul. (in Korean with English abstract).
- Lee, G. S., U. K. Baek and J. C. Yoo. 2002. Important Wintering & Migrating route for Waterbirds on the Intertidal Mudflat of Mankyung River estuary. *Bulletin of Korea Institute of Ornithology*, 8(1): 1-6.
- Lee, S. G. 2013. An Integrated Study on the Population Change of Korean Egrets Species in Damaged Habitats and Their Conservation Strategies. Ph. D. dissertation, Graduate School of Dankook University, Seoul. (in Korean with English abstract).
- Lee, Y. G., D. W. Kim, B. S. Jang, S. H. Yoo, C. H. Kim, J. H. Kang, I. K. Kwon, J. E. Ryu, J. H. Suh, M. H. Suh and J. Y. Park. 2012. The Use of Feeding Habitats of Five Species of Herons during the Breeding

- Season in South Korea. The Korean journal of ecology, 19(2): 141-149.
(in Korean with English abstract).
- Lee, Y. G., D. W. Kim, B. S. Jang, S. H. Yoo, C. H. Kim, J. H. Kang, I. K. Kwon, J. E. Ryu, J. H. Suh, M. H. Suh, and J. Y. Park. 2012. The Use of Feeding Habitats of Five Species of Herons during the Breeding Season in South Korea. The Korean journal of ecology, 19(2): 141-149.
(in Korean with English abstract).
- Lee, Y. G., D. W. Kim, B. S. Jang, S. H. Yoo, C. H. Kim, J. H. Kang, I. K. Kwon, J. E. Ryu, J. H. Suh, M. H. Suh, J. Y. Park. H. S. Kwon, G. H. Ahn, H. C. Shin and M. J. Kim. 2012. Egrets and herons in Korea. National Institute of Environmental Research.
- Lee. U. S., T. H. Ku and J. Y. Park. 2020. A Field Guide to the Bird of Korea. LG Evergreen Foundation, 79-87.
- 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.
- McCrimmon, D. A. Jr. 1978. Nest site characteristics among five species of herons on the North Carolina coast. Auk, 95: 267-280.
- Michell, M. S. and R. A. Powell. 2004. A mechanistic home range model for optimal use of spatially distributed resources. Ecological Modelling, 177: 209-232
- Mistry, J., A. Beraldi and M. Simpson. 2008. Birds as indicators of wetland status and change in the North Rupununi, Guyana. Biodiversity and Conservation, 17: 2383-2409.
- Nam, H. K. S. H. Choi and J. C. Yoo 2015. Influence of Foraging Behaviors of Shorebirds on Habitat use in Rice Fields During Spring Migration. The Korean Society of Environmental Agriculture, 34(3): 178-185. (in Korean with English abstract).

- Newton, I. 2006. Can conditions experienced during migration limit the population levels of bird? *J. Ornithol.*, 147: 146-166.
- Park, H. C., S. H. Kil and O. H. Seo. 2019. The Use of Unmanned Aerial Vehicle for Monitoring Individuals of Ardeidae Species in Breeding Habitat: A Case study on Natural Monument in Sinjeop-ri, Yeosu, South Korea. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 22(1): 73-84.
- Peter, M., Sanzenbacher and S. M. Haig. 2002. Residency and movement patterns of wintering Dulin in the Willamette Valley of Oregon. *The Condor*, 104: 271-280.
- Roth, T. C., W. E. Vetter, and S. L. Lima. 2008. Spatial Ecology of Wintering Accipiter Hawks: Home Range, Habitat Use, and the Influence of Bird Feeders. *The Condor*, 110(2): 260-268.
- Shin, Y. U. 2016. Characteristics of Waterbird Community and Habitat Use at Coastal Wetlands in the South and West Coasts of Korea. Ph. D. dissertation, Graduate School of Jeju National University, Jeju. (in Korean with English abstract).
- Shin, Y. U., M. S. Shin, H. S. Lee, S. W. Han, S. M. Jung and H. S. Oh. 2016c. A Study on Spot-billed Ducks' Daily Habitat Use Pattern During Wintering Period in Korea. *Korean journal of environment and ecology*, 30(3): 328-334 (in Korean with English abstract).
- Shin, Y. U., M. S. Shin, H. S. Lee, Y. M. Kang, U. G. Mun, H. S. Park and H. S. Oh. 2016a. Study for Habitat Usage of Spot-billed Duck in Korea, Using GPS-Mobile Telemetry(WT-200). *Korean journal of environment and ecology*, 30(2): 146-154. (in Korean with English abstract).
- Shin, Y. U., M. S. Shin, H. S. Lee, Y. M. Kang, W. J. Jeong, J. D. Choi, H. C. Yoon and H. S. Oh. 2016b. Home-Range of Mallard and Spot-billed Duck in Korea. *Korean journal of environment and ecology*, 30(2): 165-172. (in Korean with English abstract).

- Sibley, C. G and B. L. Monroe Jr. 1990. Distribution and Taxonomy of Birds of the World. Yale Univ. Press. New Haven and London.
- Tajiri, H., Y. Sakurai, K. Tagome, Y. Nakano, Y. Yamamoto, T. Ikeda, Y. Yamamura and K. Ohkawara. 2015. Satellite telemetry of the annual migration of Baikal Teal *Anas formosa* wintering at Katano-kamoike, Ishikawa, Japan. *Ornithological Science*, 14(2): 69-77.
- Won, B. O. and H. J. Kim, 2012. The Birds of Korea. Academy Publishing Co Printed in Korea, 255-283.
- 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, determ.
- Yeoju-si. 2016. Breeding Ground of Egrets and Grey Herons in Sinjeop-ri, Yeoju. (in Korean).
- Yeoju-si. 2018. Breeding Ground of Egrets and Grey Herons in Sinjeop-ri, Yeoju. (in Korean).
- Yee, A. T. K., W. F. Ang, S. Teo, S. C. Liew and H. T. W. Tan. 2010. The Present extent of mangrove forests in Singapore. *Nature in Singapore*, 3: 139-145.
- Yoo, S. H., I. K. Kim, T. H. Kang, H. J. CHO, J. P. Yu, S. W. Lee and H. S. Lee. 2008. Wintering bird community in Cheonsu Bay and relationship with food resources. *Korean journal of environment and ecology*, 22(3): 301-308. (in Korean with English abstract).
- Zedler, J. B. and S. Kercher. 2005. Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environmental Resources*, 30: 39-74.

감사의 글

처음 조류학 공부를 시작하고 지금까지 어려운 일도 많았지만 주변의 많은 분들이 있었기에 지금 이 자리에 다다를 수 있었습니다. 그 동안 제게 도움을 주신 모든 분들께 이 글을 빌어 진심으로 감사의 인사를 드립니다.

먼저 지도교수님이신 오홍식 교수님께 감사의 말씀을 드립니다. 부족한 제자이지만 긴 시간동안 묵묵히 저를 이끌어주시고 따뜻하게 품어주신 교수님 덕분에 많은 것을 배울 수 있었습니다. 교수님께서 해주신 많은 격려와 조언을 가지고 앞으로 부끄럽지 않은 제가가 되도록 노력하겠습니다.

학부생부터 석사까지 생물학을 알려주시고 이번에도 심사위원장을 맡아주신 이두표 교수님께 감사드립니다. 아프신 와중에도 심사위원장을 맡아주시고 많은 조언과 격려 덕분에 이 논문이 완성될 수 있었습니다.

부족한 논문이지만 심사를 맡아주신 이시완 박사님, 안근재 교수님, 강경희 교수님께도 감사드립니다. 바쁘신 와중에도 논문을 처음부터 끝까지 세세하게 지도해주시고 많은 격려와 세심한 조언 덕분에 부족하지만 박사학위논문을 마칠 수 있었습니다.

이 논문은 많은 분들이 도와주셨기 때문에 완성할 수 있었습니다. 먼저 이 연구의 데이터를 이용할 수 있게 도와주신 대전세종연구원과 여주시의 모든 분들께 감사의 인사를 드립니다. 그리고 오랜 시간 함께한 한국환경생태연구소의 모든 분들께도 진심으로 감사의 인사를 드립니다. 입사 후 지금까지 많은 배려와 관심을 가져주신 이한수 박사님, 논문을 쓸 수 있도록 배려해주고 따뜻한 조언을 해주신 강태한 박사님, 논문에 대한 조언과 방향성을 함께 고민해준 조해진 박사님, 논문에 완성도를 높일 수 있게 도와주신 김달호 박사님, 항상 옆에서 걱정해주고 조언 해주신 한승우 박사님, 논문에 집중할 수 있게 배려해주고 도와주신 정상민 박사님, 논문에 대한 조언과 고민을 함께해준 이승연 선임연구원, 논문을 쓰는 동안 많은 응원과 걱정을 해주신 김보람 과장님, 항상 옆에서 응원해주고 도와주던 손장혁 연구원과 김순식 연구원, 많은 출장을 다니면서도 항상 응원과 걱정을 해주신 이성원 팀장님과 양진기 부팀장님, 그리고 김태완 연구원, 지금은 조금 떨어져

있지만 항상 밝은 기운으로 응원해주고 걱정해주신 송민정 부소장님, 김한나, 황지수에게 진심으로 감사드립니다.

제주대학교 연구실의 모든 분들에게도 감사의 인사를 드립니다. 박사과정 동안 많은 배려와 조언을 해주신 한상현 박사님, 항상 웃으면서 반겨주던 김태욱 박사님, 박사과정 동안 배려해주신 박준호 박사님, 제주도에 좋은 추억을 갖게 해준 김동민 선생님, 밝게 웃으며 연구실을 지키던 김유경 박사님, 박사과정 동안 정말 많은 도움을 받은 박선미 교수님, 논문을 쓰는 동안 항상 응원해주고 도움을 주던 정영훈, 최성환에게 감사드립니다. 그리고 제주도에 갈 때 마다 반갑게 맞아주고 행정처리를 위해 수고해주신 김정훈 선생님 너무 감사드립니다.

마지막으로 이번에 함께 고생한 김가람, 이화진, 이준원, 양영수 선생님께도 감사드립니다. 어려운 문제에 부딪칠 때마다 정말 많은 의지가 되었습니다. 혼자였다면 지금 이 자리에 다다를 수 없었을 것입니다. 특히 이번에 논문을 작성하면서도 많은 도움을 주던 준원이게 진심으로 감사드립니다.

호남대학교 생물학과 선·후배님들에게도 감사드립니다. 호남대학교 생태학 실험실 선·후배님들 덕분에 지금까지 올 수 있었습니다. 항상 웃으시며 반겨주시는 김성현 박사님, 김상진 박사님, 논문을 쓰는 동안 많은 격려를 해주신 신화용 박사님, 진선덕 박사님, 제가 좀 더 성장할 수 있도록 도와주신 빙기창 박사님, 김우열 박사님, 많은 조언과 격려를 해주신 박치영 박사님, 어려울 때 큰 힘이 되어준 신용운 박사님, 먼저 다가와 배려해주고 걱정해주신 서슬기 선배님, 조유라 선배님, 항상 배려해주고 밝게 웃어주는 박창욱 선배님, 조숙영 선배님, 학부부터 석사까지 좋은 추억을 남겨준 민신애와 서종경, 언제나 열심히 도와주고 응원해주는 최성훈과 국지원, 항상 밝게 웃으며 응원해준 이현정, 서지혜, 김지혜, 서천에서 많이 고생한 이소영에게 감사의 말을 전합니다.

저를 도와주시고 격려해 주신 모든 분들에게 감사드립니다. 조류에 대해 많은 것을 느끼게 해주신 이기섭 박사님, 항상 웃으시며 반겨주시는 백운기 박사님, 한국환경생태연구소에 입사하고 지금까지 많은 조언과 격려를 해주신 김인규 박사님, 항상 반겨주시고 챙겨주시는 홍길표 선배님과 손종성 선배님, 만나면 먼저 인사해주시고 배려해주시는 최유성 박사님과 이상기 박사님, 서천과 유부도에서 많은 추억을 함께한 권인기 박사님, 이지연 선생님, 오미래 선생님, 최한이 선생님,

유성연 선생님, 논문을 쓰는 동안 많은 응원을 해준 황종경 박사와 손석준 박사, 항상 열정적이고 많은 능력을 가진 이진희 박사님, 투고논문이 나올 수 있도록 함께 노력해주신 이은재 박사님, 많은 격려와 배려를 해주시는 이원호 박사님과 유재평 박사님, 항상 따뜻하게 반겨주시는 유윤미 선생님께도 고개 숙여 감사의 인사를 드립니다.

마지막으로 언제나 가장 큰 힘이 되어주는 사랑하는 가족에게 고마움을 전합니다. 언제나 제 편이 되어주시는 든든한 버팀목인 사랑하는 아버지와 어머니, 이제 논문 준비하느라 바쁜 동생 은환이에게 너무 고맙고 감사합니다. 그리고 한결같이 응원해주시는 외할머니를 비롯한 외갓집 식구들과 친가식구들에게 진심으로 감사의 인사를 드립니다.

많은 분들의 도움으로 지금 이 자리에 다다를 수 있었습니다. 이 자리가 끝이 아닌 새로운 시작이라는 것을 알기에 연구자로서 최선을 다해 나아가도록 하겠습니다. 그 동안 응원해주신 모든 분들에게 다시 한번 진심으로 감사드립니다.