



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

서·남해안 연안습지의 수조류
군집 특성 및 서식지 이용

濟州大學校 大學院

科學教育學部

申 龍 運

2016年 8月

Contents

Contents	i
List of Tables	iv
List of Figures	viii
ABSTRACT	1
I. 연구의 배경	4
1. 서·남해안의 자연환경 특성	4
2. 연구사	7
1) 서·남해안 수조류 군집	7
2) 서식환경과 수조류	7
3) 수조류의 분포요인	8
4) 수조류의 서식지 이용	9
3. 연구의 목적	10
II. 서·남해안 연안습지의 수조류 분포 및 특성	11
1. 서론	11
2. 연구방법	12
1) 조사지역 및 시기	12
2) 연구 방법	24

3. 연구 결과	27
1) 서·남해안 연안습지의 수조류 분포 및 특성	27
2) 지역별 유사도 비교와 군집분석	41
4. 고찰	46
III. 도요·물떼새류의 서식지 이용 특성	49
1. 서론	49
2. 연구 방법	51
1) 대형저서동물 채집	51
2) 도요·물떼새류 조사 방법	52
3) 통계 분석	52
3. 연구 결과	53
1) 퇴적물과의 관계	53
2) 잠재적 식이물의 군집 현황	55
3) 잠재적 식이물과의 관계	58
4. 고찰	63
IV. 오리류의 서식지 이용 특성	66
1. 서론	66
2. 연구 방법	68
1) 오리류 포획 및 위치추적기 부착	68
2) 통계 분석	69
3. 연구 결과	70
1) 행동권분석	70
2) 서식지 이용 분석	85
3) 흰뺨검둥오리의 일일 이동	95
4. 고찰	99

V. 연안습지 등급 평가	102
1. 서론	102
2. 연구 방법	103
1) 등급 평가 방법	103
3. 연구 결과	106
1) 점수 등급화	106
2) 순위 등급화	108
4. 고찰	111
VI. 종합 고찰	112
VII. 결론 및 제언	116
VIII. 적 요	120
IX. 참고문헌	122
APPENDIX	134

List of Tables

Table 1. Waterbird survey period-----	12
Table 2. Status of dominant taxon by 10 coastal wetlands in south-west coasts -----	30
Table 3. Status of shorebird communities in 10 coastal wetlands on the south-west coasts-----	31
Table 4. Status of dabbling duck communities by 10 coastal wetlands on the south-west coasts-----	35
Table 5. Number of other waterbird species observed at the 10 coastal wetlands in south-west coasts-----	39
Table 6. Number of other waterbird counts observed at the 10 coastal wetlands in south-west coasts-----	40
Table 7. Analysis of similarity index (Ro) by region using the total count number of waterbirds observed at the 10 coastal wetlands in south-west coasts-----	42
Table 8. Status of dominant taxon of three groups classified according to similarity index (Ro)-----	42
Table 9. Analysis of similarity index (Ro) by region using the sum of the max waterbird counts observed at the 10 coastal wetlands in	

south-west coasts	44
Table 10. Correlation between shorebird communities and sediments (Spearman correlation coefficient)	54
Table 11. Number of species per macrobenthos taxon that appeared at the nine coastal wetlands in south-west coasts	55
Table 12. Density per macrobenthos taxon that appeared at the nine coastal wetlands in south-west coasts	56
Table 13. Biomass per macrobenthos taxon that appeared at the nine coastal wetlands in south-west coasts	57
Table 14. Correlation between shorebird communities and macrobenthos using the spearman correlation coefficient	59
Table 15. Status and migration period of 20 spot-billed ducks with Wild-Tracker (WT-300)	71
Table 16. Home range analysis results according to MCP and KDE of five spot-billed ducks with GPS at Dongjin River	72
Table 17. Home range analysis results according to MCP and KDE of spot-billed duck with GPS at Seocheon	75
Table 18. Home range analysis results according to MCP and KDE of four spot-billed ducks with GPS at Haenam	76

Table 19. Home range analysis results according to MCP and KDE of three spot-billed ducks with GPS at Mangyung River	78
Table 20. Home range analysis results according to MCP and KDE of seven spot-billed ducks with GPS at Anseongcheon	81
Table 21. Home range analysis results according to MCP and KDE of spot-billed duck with GPS by region	84
Table 22. Analysis of difference in habitat use of 20 spot-billed ducks (One-Way Anova)	86
Table 23. Analysis of spot-billed ducks' habitat use by timeline using chi-squared test	89
Table 24. Comparison of habitat use of spot-billed ducks by region	91
Table 25. Comparison of daily travel distance of spot-billed ducks by region using Kruskal-Wallis test	96
Table 26. Comparison of spot-billed ducks' travel distance by timeline using Kruskal-Wallis test	98
Table 27. Scoring by 5 criterions among 10 coastal wetlands on the south-west coast of Korea	104
Table 28. Grading level of 1-5 by total score of 4 or 5 criteria by waterbirds among 10 coastal wetlands on the south-west coast in Korea	104

Table 29. Grading level by score of 10 coastal wetlands on the south-west coast in Korea----- 107

Table 30. Index for the grade by the ranking of waterbirds among 10 coastal wetlands on the south-west coast in Korea ----- 109

Table 31. Ranking grade by waterbirds population and index among 10 coastal wetlands on the south-west coast in Korea----- 110

List of Figures

Figure 1. Study site of waterbirds on the south-west coast of Korea. 1 Jangbongdo Island, 2 Muuido Island, 3 Daecheoncheon estuary, 4 Seocheon tidal flat, 5 Yubudo Island, 6 Gomso Bay, 7 Jeungdo Island, 8 Hauido Island, 9 Doam Bay, 10 Gangjin Bay -----	13
Figure 2. Jangbongdo Island tidal flat and surroundings -----	14
Figure 3. Muuido Island tidal flat and surroundings -----	15
Figure 4. Daecheoncheon estuary and surroundings -----	16
Figure 5. Seocheon tidal flat and surroundings -----	17
Figure 6. Yubudo Island tidal flat and surroundings -----	18
Figure 7. Gomso Bay and surroundings -----	19
Figure 8. Hauido Island and surroundings -----	20
Figure 9. Jeungdo Island tidal flat and surroundings -----	21
Figure 10. Doam Bay and surroundings -----	22
Figure 11. Gangjin Bay and surroundings -----	23
Figure 12. Status of dominant species among waterbirds observed at the 10	

coastal wetlands of the south-west coasts -----	28
Figure 13. Number of species and counts of waterbirds observed at coastal wetlands of the south-west coasts -----	28
Figure 14. Dominant taxon of waterbirds observed at the 10 coastal wetlands of the south-west coasts -----	29
Figure 15. Number of species and counts per region at the 10 coastal wetlands of the south-west coasts. GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC:, Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is. -----	30
Figure 16. Comparison of number of species and counts of shorebirds at the 10 coastal wetlands of the south-west coasts. GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC:, Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is. -----	32
Figure 17. Dominant species of shorebirds observed at the 10 coastal wetlands of south-west coasts -----	33
Figure 18. Comparison of major dominant species of shorebirds observed at the 10 coastal wetlands of south-west coasts . GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC:, Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is. -----	34

Figure 19. Comparison of number of species and counts of dabbling ducks observed at the 10 coastal wetlands of south-west coasts . GJ: Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC:, Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is. ----- 36

Figure 20. Dominant species of dabbling ducks observed at the 10 coastal wetlands of south-west coasts ----- 38

Figure 21. Comparison of dominant species of dabbling ducks per region at the 10 coastal wetlands of south-west coasts. GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC:, Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is. ----- 38

Figure 22. Similarity index cluster analysis results of 10 coastal wetlands of the south-west coasts using the sum of total counts. In Group 1, there are reservoirs, paddies and salt fields, in which dabbling ducks and diving ducks are dominant. In Group 2, there are vast tidal flats in which shorebirds are dominant. In Group 3, there are vast tidal flats as well as a large port, in which seagulls are dominant. GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC:, Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is. ----- 43

Figure 23. Similarity index cluster analysis results of 10 coastal wetlands of the south-west coasts using the sum of max counts. In Group 1, there are reservoirs, paddies and salt fields, in which dabbling

ducks and diving ducks are dominant. In Group 2, there are vast tidal flats in which shorebirds are dominant. In Group 3, there are vast tidal flats as well as a large port, in which seagulls are dominant. GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC:, Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is. ----- 45

Figure 24. Relationship between shorebirds and its food source, macrobenthos. The points show the time of investigating shorebirds and macrobenthos ----- 60

Figure 25. Home range status according to MCP and KDE of five spot-billed ducks with GPS at Dongjin River ----- 74

Figure 26. Home range status according to MCP and KDE of spot-billed duck with GPS at Seocheon ----- 75

Figure 27. Home range status according to MCP and KDE of four spot-billed ducks with GPS at Haenam ----- 77

Figure 28. Home range status according to MCP and KDE of three spot-billed ducks with GPS at Mangyung River ----- 79

Figure 29. Home range status according to MCP and KDE of seven spot-billed ducks with GPS at Anseongcheon ----- 83

Figure 30. Habitat use of 20 spot-billed ducks. Other habitats include forests, artificial buildings, roads, and bare lands ----- 85

Figure 31. Habitat use of spot-billed ducks during daytime -----	88
Figure 32. Habitat use of spot-billed ducks during nighttime -----	88
Figure 33. Analysis of change in spot-billed ducks' habitat use by timeline -	90
Figure 34. Comparison of habitat use by region during wintering season of spot-billed ducks -----	92
Figure 35. Comparison of day/night habitat use of spot-billed ducks per region -----	94
Figure 36. Comparison of daily travel distance of spot-billed ducks per region -----	96
Figure 37. Travel distance of 20 spot-billed ducks by timeline -----	98

ABSTRACT

The migration status of waterbirds inhabiting the 10 coastal wetlands in the south and west coasts (Jangbongdo Island, Muuido Island, Daecheoncheon Estuary, Seocheon Tidal Flat, Yubudo Island, Gomso Bay, Haido Island, Jeungdo Island, Doam Bay, Gangjin Bay) was examined from May 2008 to March 2013, and the habitat use of waterbirds was investigated using Wild Tracker(WT-300, GPS-Mobile phone based telemetry) from October 2015 to February 2016. There were 282,844 waterbirds (sum of max number) from 96 species that migrated at the coastal wetlands in the south and west coasts of Korea. For the most dominant taxonomical group, shorebirds accounted for 37.5% of the number of species and 67.1% of the total population, followed in the order of dabbling ducks, herons, and seagulls. The dominate species were *Calidris alpina*, *Larus crassirostris*, *Limosa lapponica*, *Charadrius alexandrinus*, and *Calidris tenuirostris*. Shorebirds were observed most at Seocheon Tidal Flats and Yubudo Island, and dabbling ducks were found most in Doam Bay. Diving ducks were observed most at Gangjin Bay and seagulls were seen most frequently at Seocheon Tidal Flats. The ten coastal wetlands of the western and southern coasts were divided into three groups according to the similarity index of waterbirds (*Ro*). Group 1 was the area where dabbling ducks and diving ducks were dominant, group 2 was the area where shorebirds were dominant, and group 3 was the area where seagulls were dominant. It was evident that there were differences in species composition depending on the regional environments.

A total of 468 macrobenthic species appeared in nine coastal wetlands of the west and south (Yubudo Island included in Seocheon Tidal Flats). Among them, 183 species (39.1%) of Polychaeta appeared, thus being the most dominant taxonomical group, and 119 species (25.4%) of Mollusca appeared,

making it the sub-dominant taxonomical group. For concentration, Mollusca was the most dominant taxonomical group with 47.9%, followed by Polychaeta at 30.4%. Species that accounted for more than 1% of the total concentration were five species for Mollusca, four species for Polychaeta, and five species for Crustacea. When examining the macrobenthic communities by region, 171 species appeared in Doam Bay for the highest number of species, and the highest population was found at Muuido Island. Species diversity was highest at Daecheoncheon Estuary. Polychaeta showed positive correlation in number of species and population of shorebirds, species diversity, species evenness, and species abundance, and Mollusca showed negative correlation in number of species and population of shorebirds, and species diversity.

Upon examining the relationship of shorebirds and sedimentary environments, there was significant positive correlation with the mud content of the sedimentary environment, number of shorebird species, and species diversity, while sand showed significant positive correlation with the population of shorebirds. Lastly, clay showed significant positive correlation with the number of species and population of shorebirds.

For *Anas poecilorhyncha*, area was 99.48km², KDE 90% was 61.15km², KDE 70% was 27.02km², and KDE 50%, which is the core habitat, was found to be 13.82km². By region, *Anas poecilorhyncha* of Seocheon was found to be the biggest core habitat, followed in the order of Dongjin River, Anseong River, Haenam, and Mangyung River.

Anas poecilorhyncha showed highest use in inland water at 47.3%, followed by use of 28.9% in paddy fields, 6.5% in inland wetlands, and 5.6% in ocean areas. The rate of change of habitat use was highest between 6 a.m. and 8 a.m. and between 4 p.m. and 6 p.m. They moved from paddy fields to river systems and inland wetlands at around 7 a.m., and moved from inland waters, inland wetlands, coastal wetlands, and oceans to paddy fields at around 5 p.m. When examining by region, there was a difference in

use rates of habitats. In the case of Mangyung River and Dongjin River, there were slight differences between day and night, but the fluctuation was small. However, in Seocheon, the use rate of coastal wetlands in the daytime was highest, while use of paddy fields was highest at nighttime. Meanwhile at Haenam, use rate of paddy fields was highest in the daytime, and use rate of inland waters was highest at nighttime. *Anas poecilorhyncha* moved 0.77km in a day. By region, *Anas poecilorhyncha* moved the most in Seocheon at 1.25km, and was followed by Dongjin River at 0.80km, 0.71km at Haenam, 0.73 km at Anseong, and 0.55km at Mangyung River. From 6 a.m. to 8 a.m. and from 4 p.m. to 6 p.m., they migrated over 2km, and in the remaining time ranges, they moved less than 1km.

Upon evaluating the coastal wetland grade by waterbirds, when grading by score, Yubudo Island and Seocheon Tidal Flats had the highest values at Grade I, followed by Gomso Bay, Doam Bay and Gangjin Bay at Grade II. When grading by ranking, Doam Bay was first, Seocheon Tidal Flats second, Gomso Bay third, and Yubudo Island was fourth. On the other hand, Jangbongdo Island appeared to have the lowest value ranking tenth, but it still has high value for preservation as it is a breeding ground for endangered species such as the *Egretta euophotes*.

I. 연구의 배경

1. 서·남해안의 자연환경 특성

수조류는 습지(강, 저수지, 하천 등의 수계)에 직접적으로 의존하여 서식하거나 월동하는 야생조류로 전 세계적으로 32과 833종이 분포하며, 아비과(Gaviidae), 논병아리과(Podicipedidae), 사다새과(Pelecanidae), 황새과(Ciconiidae), 왜가리과(Ardeidae), 가마우지과(Phalacrocoracidae), 저어새과(Threskiornithidae), 오리과(Anatidae), 두루미과(Gruidae), 뜰부기과(Rallidae), 물펭과(Jacaniidae), 물떼새과(Charadriidae), 제비물떼새과(Glareolidae), 도요과(Scolopacidae), 호사도요과(Rostratulidae), 갈매기과(Laridae)의 16개 과(Family)가 해당한다(Rose and Scott, 1994). 이 중 한국에 도래 및 서식하는 수조류는 176종으로, 우리나라 기록종(한국조류학회, 2009)의 33.98%에 해당하며, 전 세계 중 중 수조류 비율인 8.6% 보다 높다(이, 2000a).

우리나라 서·남해안은 리아스식 해안으로 해안선이 매우 복잡하고 수심이 얕으며, 경사가 완만하고 조수간만의 차가 커 갯벌이 발달하였다. 서·남해안 갯벌은 세계 5대 갯벌 중의 하나로 서·남해안은 우리나라 면적의 2.4%에 해당하는 2,393km²의 갯벌이 분포하고 있다(환경부, 1998; 해양수산부, 1999; Barter, 2002; 홍, 2009). 또한 한강과 금강, 영산강, 만경강, 섬진강 등 여러 하천이 유입되어 하천의 하구에 인접한 지역은 다양한 생물의 서식지로서 중요한 작용을 하며(이, 2000a), 수산물의 생산지와 정화작용, 홍수조절의 기능과 다양한 대형저서동물의 풍부한 생산력으로 인하여 수조류의 서식지로서 중요한 기능을 수행하고 있다(Reise, 1985; 신 등, 1989; 안과 고, 1992). 서·남해안은 동아시아-대양주 철새이동 경로(East Asian-Australasian Flyway)에 위치해 있으며, 봄철 약 2백만 마리(동아시아-호주 이동 경로의 전체 개체군의 약 40%)가 북상하고, 가을철에 약 1백만 마리의 도요·물떼새류가 남하하는 경로에 위치해 있다. 특히 서해에 위치한 새만금, 천수만, 서천갯벌, 곰소만 등 16개 지역은 국제적으로 중요한 도

요·물떼새류의 중간기착지로 국제적으로 매우 중요한 가치가 있는 지역이다(Barter, 2002). 최근 우리나라는 산업화 이후 인구의 급속한 증가와 경제의 급성장으로 인하여 해안 습지의 심각한 소실과 황폐화를 일으키고 있으며, 특히 연안 생태계의 대부분을 차지하고 있는 간석지나 갯벌을 포함한 지역이 매립 및 간척에 의하여 끊임없이 훼손 및 파괴되고 있다(Barter, 2002; 홍, 2009). 급격히 진행되고 있는 연안습지의 매립은 조간대 서식지 훼손의 직접적인 요인으로 파악되고 있으며, 지난 50년 동안 연안습지는 60%이상 훼손되거나 파괴되었다(Hilton and Manning, 1995; Yee *et al.*, 2010). 간석지의 소실과 습지의 다양성 파괴는 조류개체군에 많은 영향을 주었으며(Barter, 2002), 갯벌에 서식하는 수조류의 경우 매년 5~9%씩 빠른 속도로 감소하고 있다(MacKinnon *et al.*, 2012). 그럼에도 불구하고 최근까지 연안습지의 개발압박이 요구되고 있으며, 연안습지 보존을 위한 타당성 있는 자료는 매우 모자란 실정이다.

갯벌과 간석지 등 자연습지 면적의 감소는 야생조류를 비롯한 야생동물의 개체군의 감소에 영향을 주는 것으로 알려져 있으며, 이에 따라 최근 자연습지의 대체서식지로 논습지가 주목받고 있다(Elphick, 2000; Tourenq *et al.*, 2001). 논은 인간을 위한 식량자원을 생산하는 농경지의 기능과 생물다양성 증대의 가치로도 주목받고 있다(Elphick, 2010). 논습지에서 생육하는 벼는 국내에서 가장 많이 재배되는 농작물로서, 전 국토의 약 9.8%를 차지하고 있다. 우리나라의 논은 1990년대 1,240,000ha에서, 2015년 908,194ha로 최근 25년동안 약 26.7%가 지속적으로 감소하였다(통계청, 2015). 그러나, 간척으로 인한 간척지의 면적은 135,100ha로 약 14.9%가 새로이 조성되었다. 개발의 요구가 강한 우리나라에서 경사가 완만한 연안습지는 지속적인 훼손과 손실이 이루어져 왔다. 전 세계적으로 보면 1900년 이래로 전체 습지의 약 50%가 손실되었고, 특히 습지가 훼손되거나 파괴되는 가장 큰 이유 중 하나는 농업용 토지이용으로 확인된 바 있다(OECD, 1996; 홍, 2009). 자연습지가 파괴된 후 생긴 논습지는 인공 대체서식지 중 하나로 이동 수조류의 중요한 서식지이자 중간기착지로서 기능을 수행하고 있다(Blanco *et al.*, 2006; Colwell, 2010; Elphick, 2010). 섬금류의 서식지인 연안습지가 훼손되고, 오리·기러기가 선호하는 서식지로 변모하면서 수조류의 종과 개체수에 큰 변화를 가져왔다(Lee *et al.*, 1999a). 우리나라의 대규모 간척지인 천수만, 새만금, 해남간척지 등

은 대부분 우리나라 대표적인 철새도래지로 겨울철 많은 수의 겨울철새가 월동하는 지역이며, 보호가 강조되는 지역이기도 하다. 간척되기 전의 천수만은 많은 습지조류(오리·기러기류)가 서식하는 지역이었으나, 간척 후 천수만은 수많은 월동수조류(오리·기러기류)가 서식하는 지역으로 변모하였으며(조, 1994; 이, 2000a), 겨울철새의 월동서식지로 중요성이 대두되고 있다(유와 이, 1998). 최근 서·남해안에 도래하며, 연안습지의 생물에 의존하는 도요·물떼새류가 급격히 감소한 반면, 오리·기러기류의 개체수가 늘어났다. 그러나 오리·기러기류의 개체수 증가의 원인 중 하나인 논 습지가 최근 임해 공단이나, 신도시로 조성되거나 항만시설 등으로 전환되고 있어 오리·기러기류 마저 위협을 받고 있는 실정이다. 이러한 변화에도 불구하고 서·남해안 연안습지의 조류조사는 최근에는 일부 철새도래지에서 이루어지고 있으며, 환경변화가 수조류 분포에 미치는 영향에 대한 연구는 다소 부족한 실정이다.

2. 연구사

1) 서·남해안 수조류 군집

우리나라 서·남해안에 서식하는 수조류에 대한 조사는 한강하구(원 등, 1986, 1993; Pae *et al.*, 1995)와 새만금간척지(최와 정, 1995; 김, 1998; 이, 2000a; 이 등, 2002a; 이 등, 2002b; 강 등, 2011), 금강하구(이 등, 2001; 강 등, 2010; 유 등, 2014), 영산강하구(최, 2006; 최 등, 2007), 낙동강하구(우 등, 1997; 허 등, 1999; 홍, 2003; 함, 2003; 홍, 2004, 2005, 2009)등 강의 하구역의 수조류에 대한 군집이 주로 연구되어 왔다. 또한 서·남해안 연안습지 중 변산반도(소 등, 2013), 전라남도 연안습지(최 등, 2007)와 세부적으로 무안만(강 등, 2008; 박 등, 2009a), 도암만(김 등, 2005; 신 등, 2011), 해남간척지(이, 1997a, 1997b; 최, 2006)등에서 수행되었으며, 경기도 연안습지에서는 강화도 연안습지(유와 이, 1998; Lee *et al.*, 1999a; 이 등, 2002c; 김 등, 2013)와 시화호 일대(허 등, 2005; 백 등, 2008; 박 등, 2009b; 유 등, 2009, 2010; 박 등, 2015), 인천 일대 연안습지(박, 2008; 김 등, 2009a; 강 등, 2015)등에서 수행되어왔다. 충청남도 연안습지에서는 서산 천수만(조, 1994; 조 등, 2001; 조, 2003; 유 등, 2008a, b), 아산만(이 등, 1997) 등에서 활발한 연구가 진행되어 왔다.

2) 서식환경과 수조류

서해안에서 진행되어진 간척사업은 수조류의 군집에 영향을 준다(원, 1990, 1993; Lee *et al.*, 1999b). 장거리를 이동하며, 서·남해안을 중간기착지로 이용하는 도요·물떼새류는 연안습지 매립에 의해 개체수가 감소하는 반면, 오리·기러기류는 개체수가 증가한 상황에서(조, 1994; 이, 2000a), 각 분류군의 군집 현황에 대하여 연구가 진행되고 있다. 도요·물떼새 현황에 관련된 연구가 낙동강, 전라남도 연안습지 경기도 연안습지 등에서 수행되었고(최와 정, 1995; 윤, 2004; 홍, 2005; 최 등, 2007; 박 등, 2015), 서식환경 변화에 따른 도요·물떼새의 영향에 관한 연구가 시행되어 왔으며(허 등, 2005; 최 등, 2006), 서·남해안 연안습지를

이용하는 도요·물떼새류의 보전관리방안에 관한 연구(이 등, 2002c, 2003)와, 서식지 이용에 관한 연구(남 등, 2012; 김 등, 2013; 최, 등 2014; 남 등, 2015) 등이 수행되어 왔다. 수면성 오리의 월동기 중, 장기적 도래에 따른 변화(이와 홍, 2008)에 대한 연구와 낙동강 하구의 지역별 조류의 특성(홍, 2009) 등 하구역에 서식하는 수조류에 대한 조사가 진행되었다. 조간대 즉 갯벌을 이용하는 수조류는 강화도 남단(이 등, 2002c)에서 관찰된 수조류는 45종으로 기록되었고 인천 갯벌(박, 2008)에서 73종이 기록된바 있다. 장봉도에서 18종의 물새류 중 번식조류 10종을 확인하였으며(이 등, 2010), 무안만 갯벌에서는 54종의 수조류를 분류군별로 분석한 바 있다(강 등, 2008). 도암만에서 꾸준히 도래하는 큰고니에 대한 중요도를 언급한 바 있으며(김 등, 2005; 신 등, 2011), 태안해안국립공원에 서식하는 수조류 현황을 도서지역과 연안지역으로 나누어 비교 연구를 시행하였다(백 등, 2010). 대규모 간척지에 도래하는 수조류 군집에 대한 조사는 강진만에 서식하는 수조류에 대한 분포(김 등, 2005; 신 등, 2011)와 시화호 간척지내에서 조류의 분포와 핵심 및 완충지역에 대한 연구를 시행하였으며(이 등, 2004b; 유 등, 2010), 연안습지에 대하여 조류를 이용한 등급 설정(강 등, 2011; 신 등, 2011; Shin *et al.*, 2014)과, 천수만에서의 수조류의 군집과 낙곡량의 관계연구, 시기에 따른 기러기류의 분포 변화에 대한 연구(조, 2003; 유 등, 2008a, b) 등이 연구되었다. 1997년부터 현재까지 겨울철 조류동시센서스가 시행되고 있으며(환경부, 2004, 2005), 문화재청에서 천연기념물 월동실태에 대한 조사(문화재청, 2000)가 수행된 바 있다.

3) 수조류의 분포요인

갯벌은 수조류가 취식 및 휴식장소로 이용하고 있는 서식지로 국내 도래하는 도요·물떼새류의 대다수가 중간기착지로 이용하고 있다. 도요·물떼새류의 분포요인은 먹이원에 의해 결정되는 가정 하에 갯벌 조간대에서 식이물인 저서동물의 밀도와 생물량을 중심으로 연구가 수행되어 왔다(Swennen *et al.*, 1990). 국내 서해안에서도 도요·물떼새류와 식이물의 종류 및 취식행동 등의 연구가 진행되었으며(김, 1993; 김, 1995; 박, 1995; 남, 1997; 이, 2000b). 식이물과 관련되어 갯벌의 환경수용력(이, 1995)과 분포요인(Lee *et al.*, 1999a) 및 갯벌 생태계

내의 도요·물떼새류 생태적 지위(이 등, 1998) 등의 연구가 진행되었다. 하지만, 수조류의 분포요인이 먹이원에 의해 결정되어 진다는 이론에 의문점이 제기되어, 갯벌의 개발에 의한 서식지의 상실, 휴식지와 잠자리의 확보 및 방해요인 등이 도요·물떼새류의 분포에 영향을 주는 것으로 보고되었다(Evans *et al.*, 1984; 김, 1998; 유와 이, 1998; Lee *et al.*, 1999b). 겨울철 국내에 도래하여 월동하는 오리류는 먹이원인 낙곡량에 의해 분포가 결정되며(유 등, 2008a), 간척지의 면적이 증가하여 낙곡량이 많아 짐에 따라 낙곡을 먹는 수금류가 증가하는 것이 확인된 바 있다(조, 1994; 이, 2000a). 오리류는 수심, 기후, 수폭, 식생, 퇴적물 등에 영향을 받는 것으로 보고되었으며(권 등, 2007), 이들 환경 요인에 따라 서식하는 종 구성이 달라짐을 시사하였다(김과 구, 2003).

4) 수조류의 서식지 이용

국내에 도래하는 수조류는 분류군 별로 이용하는 서식지가 다르고(최 등, 2007), 월동 시기에 따라 수조류의 분포가 다르다고 알려져 있다(유 등, 2008b). 또한 서식지의 환경변화는 서식지를 이용하는 조류의 변화를 초래하였으며(김 등, 2013). 먹이 습성과 먹이원에 따라 해당 종이 이용하는 서식지가 달라짐을 시사하였다(남 등, 2015). 따라서 수조류가 관찰된 위치, 이동장소 등만을 가지고 서식지 이용 특성을 파악하기에는 무리가 있다. 따라서 수조류 각 개체의 이동패턴, 행동권, 이동거리 등의 파악은 서식지 보전 및 보호에 수월한 자료로 이용될 수 있을 것으로 보인다. 최근 과학기술의 발달로 야생조류에 인공위성 및 상용통신망을 이용한 위치추적기를 이용하여 야생조류에 위치추적기를 부착하여 분포, 행동권, 서식지 이용 등을 파악할 수 있게 되었다. 위치추적기를 이용하여 수조류의 이동경로 및 행동권, 일일이동거리 등이 연구되었으며(Timothy *et al.*, 2008; Yamaguchi *et al.*, 2008; Davis and Afton, 2010; Krementz *et al.*, 2011; Link *et al.*, 2011; Fischer *et al.*, 2013; 강 등, 2014). 백로류, 청둥오리와 흰뺨검둥오리의 행동권, 일일이동거리, 이동패턴 등이 연구되어 왔다(김 등, 2009b; 강 등, 2014; 신 등, 2016a, 2016b). 그러나 위치추적기를 이용한 수조류의 서식지의 이용 및 이동에 관한 연구는 최근에서야 이루어지는 연구로 다소 부족하다.

3. 연구의 목적

서·남해안은 동아시아-대양주 철새이동 경로에 해당하는 수조류의 번식지와 월동지의 중간에 위치하고 있어 생태학 및 지리적으로 매우 중요하다. 그러나 과거 연안습지의 개발과 간척 및 농경지화로 인해 수조류 중 도요·물떼새류의 서식지 면적은 점점 감소하고 있는 실정이다. 반면, 대체서식지로 주목받는 논습지가 대규모로 형성되어 국내 오리·기러기류가 선호하는 서식지로 변화하였다.

지금까지 연안습지에 도래하는 수조류에 대한 연구는 연안습지 내 지역 간 비교, 다른 연안습지와의 비교연구 등이 주를 이루고 있으며, 연안습지 내 먹이원과 수조류의 관계 및 분포 요인 등이 수행된 바 있다. 그러나 장거리를 이동하는 수조류의 특성상 서식지의 환경에 따라 주 먹이원이 변화하는 것으로 알려져 있어 국한된 지역 내에서의 연구로는 수조류의 분포 요인과 서식지 이용 현황에 대한 설명을 위해서는 후속 연구가 필요한 실정이다. 본 연구는 수조류가 서·남해안에서 분포하는 요인을 분석하고, 수조류의 서식지 이용 특성을 밝히기 위하여 이루어졌다.

II. 서·남해안 연안습지의 수조류 분포 및 특성

1. 서론

우리나라의 서·남해안은 동아시아와 대양주를 잇는 철새의 이동경로(East Asian-Australasian Flyway)의 중간지점에 위치해있어(Barter, 2002), 많은 수조류가 도래하는 지역이다. 특히 서·남해안 연안습지는 넓은 간석지와, 하구, 논, 저수지 등이 분포하고 있어 수조류에게 휴식 및 취식 장소로 좋은 환경을 제공한다. 한국의 갯벌은 83%가 서해안에 분포하고 있으며(농어촌진흥공사, 1996), 대형저서동물이 풍부하고 생산력이 높아 수조류에게 양분의 먹이를 공급해 준다(Reise, 1985). 이처럼 수조류에게 좋은 서식지를 제공해주는 갯벌은 천수만, 시화간척지, 해남간척지와 같이 1987년부터 1998년까지 약 10년간 25.3%가 매립 및 훼손된 것으로 파악되고 있으며(해양수산부, 1998), 최근에도 새만금 간척사업과 같은 매립이 진행됨에 따라 갯벌의 면적이 감소하고 있는 추세이다.

연안습지의 훼손으로 인해 이를 이용하는 수조류 중 갯벌에 의존성이 강한 수조류의 개체수는 크게 감소하고 있으며(MacKinnon *et al.*, 2012), 훼손된 갯벌을 피해 아직 개발되지 않은 일부 갯벌에 집중될 것 가능성이 크다. 이는 곧 남아있는 서식지의 환경변화에 따라 수조류의 생존에 큰 위협으로 작용할 수 있을 것으로 보인다. 따라서 현재 개발되지 않은 연안습지가 기존의 연안습지의 환경변화를 피해 이주, 혹은 유입될 수조류의 수용력에 대한 연구는 매우 부족하여 앞으로 수조류의 보호에 대한 필수적인 연구로 판단된다. 따라서 자연형 연안습지에 대한 수조류의 월동 현황을 알아보고 주요 분류군별 군집 특성을 파악하여 서식지의 보호 및 관리방안을 수립하기 위한 자료를 확보하는데 의의가 있다.

2. 연구방법

1) 조사지역 및 시기

연구지역은 서·남해안 연안습지 10개 지역을 대상으로 조사를 실시하였다. 경기도 2개 지역, 충청남도 3개 지역, 전라북도 1개 지역, 전라남도 3개 지역, 경상남도 1개 지역을 대상으로 하였다. 조사기간은 2008년 5월부터 2013년 3월까지 5년간 조사를 실시하였다(Table 1, Figure 1).

Table 1. Waterbird survey period

Study Area	survey period	No. of survey
JangBong-do	2011. 6. ~ 2012. 1.	4
Muui-do	2011. 8. ~ 2012. 5.	10
Daecheoncheon estuary	2010. 9. ~ 2011. 5.	4
Seocheon tidal flat & Ubu-do	2011. 3. ~ 2012. 1.	6
Gomso Bay	2010. 8. ~ 2011. 5.	4
Hau-i-do	2008. 5. ~ 2009. 1.	4
Jeung-do	2012. 7. ~ 2013. 3.	4
Doam Bay	2009. 8. ~ 2010. 7.	11
Gangjin Bay	2012. 6. ~ 2013. 3.	4

(1) 장봉도 갯벌

장봉도는 한반도 서해안 북서쪽에 위치한 곳으로 N 37° 26' 59" ~ 37° 36' 18" 와 E 126° 12' 25" ~ 126° 24' 00" 범위에 자리잡고 있으며, 행정구역상 인천광역시 옹진군 북도면에 속한다. 인천에서 서쪽으로 21km, 강화도에서 남쪽으로 6.3km 해상에 위치하며, 인근에 모도, 신도, 시도 등과 함께 습지보호지역에 해당한다(Figure 2). 습지보호지역은 68.4km², 둘레는 54.8km로 우리나라 습지보호지역 중 가장 넓은 면적이다. 장봉도의 면적은 7.32km²이며, 해안선은 26.9km에 달한다. 장봉도 연안습지의 수심은 장봉도, 서만도, 동만도 주변은 10m

내외지만 주변에 물골과, 장봉도와 몽유도 사이, 습지보호지역 북서쪽은 20m 내외로 깊다. 조간대는 장봉도 주변 북쪽과 남쪽으로 서만도와 동만도 주변으로 광범위하게 발달되어 있다. 장봉도와 주변의 서만도, 동만도는 희귀철새인 노랑부리백로, 저어새 등이 번식하는 지역으로 중요한 가치가 있다. 장봉도 갯벌은 2011년 6월, 8월 10월 2012년 1월에 계절별 1회씩 조사되었다.

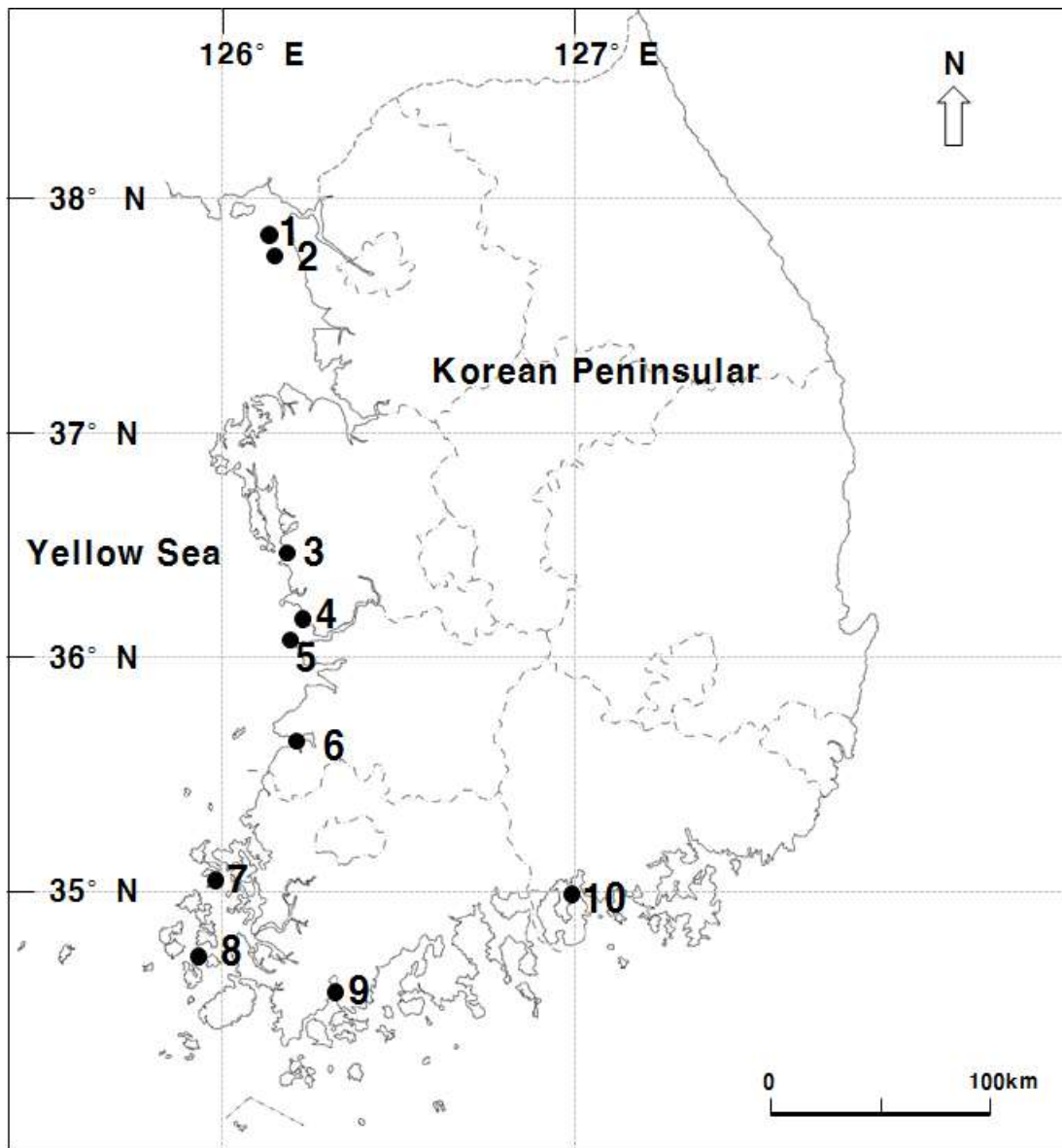


Figure 1. Study site of waterbirds on the south-west coast of Korea. 1 Jangbongdo Island, 2 Muuido Island, 3 Daecheoncheon estuary, 4 Seocheon tidal flat, 5 Yubudo Island, 6 Gomso Bay, 7 Jeungdo Island, 8 Haido Island, 9 Doam Bay, 10 Gangjin Bay.



Figure 2. Jangbongdo Island tidal flat and surroundings.

(2) 무의도 갯벌

무의도는 행정구역상 인천광역시 중구에 속하는 섬으로 인천항에서 약 14km 떨어져 있다. 경위도상 N 37° 22', E 126° 25' 에 위치하며, 면적은 약 9.43km², 동서 길이는 3km, 남북 길이는 약 5km, 해안선의 길이는 31.6km의 도서로 영종도와 용유도가 있는 인천국제공항 건설로 인한 매립지와 인접하고 있다. 무의도 북부지역은 해안 암벽이 분포하고, 서쪽 해안은 갯벌이 넓게 발달하였으며, 북부의 진두곳은 해식애가 분포한다. 동부해안은 비교적 평탄하며 갯벌이 잘 발달되어 있다. 남쪽은 갯벌과 모래사장이 좁게 형성되어 있다. 조간대는 대무의도를 기준으로 북동쪽에서 남서방향으로 광범위하게 발달되어 있다(Figure 3). 무의도 갯벌은 2011년 5월부터 8월, 11월, 1월, 3월로 계절별 1회 이상 조사되었다.



Figure 3. Muuido Island tidal flat and surroundings.

(3) 대천천 하구

대천천은 행정구역상 충청남도 보령시에 속하며, 충청남도의 서부 중앙에 위치하여 동쪽으로 청양군과 부여군, 북쪽으로 홍성군과 태안군, 남쪽으로 서천군에 접해 있다. 면적은 569km²이며, 해안선의 길이는 약 114.9km에 이른다. 차령산맥의 말단부가 서해와 만나는 곳으로 해안과 주변에 높은 산지가 분포하고, 다른 지역에 비해 해안선의 굴곡이 심하며, 경사가 완만하여 넓은 평야가 발달해 있다. 조사지역인 대천천 하구 지역은 서쪽으로 열린 깔데기 모양을 하고 있으며, 서쪽의 원산도와 안면도에 의해 전면이 보호되고 있다. 조간대는 만의 가장자리를 따라서 발달해 있으며, 대천천 하구의 대부분이 조간대로 광범위한 분포를 보인다. 대천천의 연평균 기온은 12.7°C이며, 매년 $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 의 내외로 변화의 폭을 보인다 (Figure 4). 대천천 하구 남서쪽으로 대규모 항구인 대천항이 존재하고, 더 남쪽으로는 대천 해수욕장이 존재하여, 많은 수의 관광객이 방문하는 지역이다. 대천천은 2010년 9월부터 2011년 5월까지 월 1회 조사하였다.



Figure 4. Daecheoncheon estuary and surroundings.

(4) 서천 갯벌

서천 갯벌 서해안의 서남단에 위치한 곳으로 N 35° 59' 47" ~ 36° 08' 15" 와 E 126° 33' 12" ~ 126° 37' 58" 범위에 위치하였다. 행정구역상 충청남도 서천군에 속하며, 유부도 갯벌과 서면, 비인면, 종천면 일원 갯벌로 이루어져 있다. 습지보호지역의 면적은 15.3km²이며, 서면일대가 12.2km², 유부도가 3.1 km²이다. 서천 갯벌은 금강 하구와 인접하여 부유성 퇴적물들이 퇴적되는 곳이다. 갯벌 내측에서는 세립한 퇴적물이 분포한다. 개야도와 죽도 주변의 수심은 10m 내외다. 갯벌은 장암리의 북서쪽으로 광범위하게 발달되어 있다(Figure 5). 서천 갯벌은 2011년 3월, 5월, 8월, 10월, 11월, 2012년 1월에 조사를 실시하였다.



Figure 5. Seocheon tidal flat and surroundings.

(5) 유부도 갯벌

유부도는 서해안의 서남단에 위치한 곳으로 서천갯벌과 인접해 있다. 행정구역상 충청남도 서천군에 속하며, 유부도 갯벌은 서천갯벌과 함께 습지보호지역으로 지정되어 있으며, 면적은 3.1km²이다. 금강 하구에 위치해 있어 하천수의 영향을 직접 받는 유부도는 모래가 상당수를 차지하며 갯벌 내측 지역에서는 세립한 퇴적물이 나타난다(Figure 6). 유부도 갯벌은 많은 수의 도요·물떼새류가 중간기착지로 이용하는 지역이며, 멸종위기 II급인 검은머리물떼새의 월동지이자 번식지로 알려져 있다. 유부도 갯벌은 2011년 3월, 5월, 8월, 10월, 11월, 2012년 1월에 조사를 실시하였다.



Figure 6. Yubudo Island tidal flat and surroundings.

(6) 곰소만 갯벌

곰소만은 한반도 서해안 중남부에 위치해 있으며, N 35° 31' 04" ~ 35° 36' 05" 와 E 126° 28' 52" ~ 126° 40' 41" 범위에 위치한다. 행정구역상 전북 고창군과 부안군에 속해 있다. 습지보호지역은 2개의 지구로 나뉘어 있으며 1지구는 고창군 두어리 일원의 갯벌이며, 2지구는 상암리 일원의 갯벌로서 죽도를 포함하고 있다. 곰소만은 북쪽에 변산반도, 남쪽으로 선운산, 소요산이 위치해 있으며, 만 입구가 서해로 열린 반 폐쇄적인 만이다. 만의 형태는 내부에서 입구로 갈수록 넓어지는 깔때기 형태를 보이고 만 남쪽 해안의 하천리 인근에는 주진천이 유입하고 있다. 만 입구의 폭은 7.2km이고, 상암리 인근에서 약 2.0km로 급격하게 폭이 좁아진다. 만의 동쪽에서 서쪽까지의 길이는 약 19.5km이다. 만 전체적으로 양식장과 간척지를 위해 조성된 방조제로 인해 해안선의 모양이 단조롭다(Figure 7). 조사는 2010년 8월, 10월, 2011년 1월, 5월로 계절별 1회씩 이루어졌다.



Figure 7. Gomso Bay and surroundings.

(7) 하의도 갯벌

하의도는 행정구역상 전라남도 신안군 하의면에 속하며, 목포시에서 남서쪽으로 약 58km 거리에 위치한 도서이다. 하의도는 유인도 9개, 무인도 49개로 총 58개 도서로 구성되어 있으며, 면적은 약 34km²이고, 해안선의 길이는 약 130km에 이른다. 하의도는 남북방향으로 약 8km, 동서 방향으로 약 4km로 남북방향으로 신장되어 있으며, 하의도 주변에는 신도, 대야도, 능산도, 장병도, 옥도 등의 부속도서가 산재되어 있다. 하의도 동측과 신의도 서측 해안선 주변 곳곳에는 크고 작은 염전이 산재되어 있다. 조간대는 주로 하의도와 장병도 사이, 옥도와 기도 사이에 남북방향으로 광범위하게 발달되어 있으며, 하의도에서는 만입된 지역을 중심으로 협소한 분포를 보인다(Figure 8). 조사는 2008년 5월부터 8월, 10월, 2009년 1월에 이루어졌다.



Figure 8. Huido Island and surroundings.

(8) 증도 갯벌

증도 갯벌은 한반도 서해안의 서남단의 N 34° 54' 47" ~ 35° 01' 29" 와 E 126° 05' 46" ~ 126° 13' 49" 범위에 위치한다. 행정구역상 전라남도 신안군에 속하며, 증도갯벌, 병풍도 갯벌과 대기점도 갯벌로 이루어져 있다. 습지 보호지역의 증도 주변의 20.36km²와 병풍도와 대기점도 주변의 9.33km²로 총면적은 29.69km²이다. 증도 갯벌은 도서 갯벌로 서해로 열려있는 곳은 모래 퇴적물이 우세하고 인접한 섬의 사이 부분은 세립한 퇴적물이 우세하게 분포한다. 증도 갯벌의 조간대는 증도와 병풍도, 대기점도 주위로 광활하게 분포하고 있다(Figure 9). 증도갯벌은 2009년 5월 유네스코 생물권보전지역으로 지정되어있다. 조사는 2012년 7월, 10월, 2013년 1월, 3월에 이루어졌다.



Figure 9. Jeungdo Island tidal flat and surroundings.

(9) 도암만 갯벌

도암만은 전라남도 강진군, 해남군, 장흥군 및 완도군으로 둘러싸여 있는 갈매기 모양의 내만으로, 간조시 절반이상의 지역이 노출되는 조간대가 광활하게 발달하는 만이다. 전라남도의 3대강 중 하나인 탐진강이 장흥 북쪽에서 도암만으로 유입되고 있으며, 강진천, 칠량천, 대구천 등 소하천이 도암만으로 유입되고 있는 전형적인 하구형 만이다. 연안에는 상류에서 토사가 많이 유입되어 천해의 조간대를 이루고 있으며, 패류와 어류 등의 자원생물이 풍부하게 서식하는 수산자원의 보고로 알려져 있다(Figure 10). 도암만 주변에는 해남 간척지, 득량만, 광양만 등 대규모 철새도래지가 위치해 있으며, 도암만 또한 매년 많은 수의 큰고니가 도래하는 지역이다. 조사는 2009년 8월부터 2010년 7월까지 이루어졌다.



Figure 10. Doam Bay and surroundings.

(10) 강진만 갯벌

강진만은 행정구역상 사천시와 하동군, 남해군에 속하는 만으로 위도 상으로는 N 34° 48' ~ 35° 00', E 127° 53' ~ 128° 03" 사이에 위치하며, 면적은 약 180km², 동서 길이는 약 12km, 남북 길이는 약 19km, 해안선의 길이는 약 136km이다. 강진만은 내륙으로 만입된 일반적인 만과는 달리 두 개의 큰 섬(남해도와 창선도)에 의해 둘러싸인 반 폐쇄성 내만의 형태를 갖는다. 만의 북동쪽에는 와룡산, 각산, 봉대산, 구룡산, 북서쪽에는 금오산, 태봉산, 봉명산 등의 크고 작은 산들이 자리 잡고 있으며, 이들 사이의 북측에는 가화강과 사천강, 중선포천 등의 크고 작은 강과 하천들이 발달하여 강진만으로 담수를 공급해주고 있다. 조간대는 강진만의 해안선을 따라 고루 발달하나 만의 동측 보다는 서측에 더 잘 발달된 경향을 보인다. 조하대는 주로 수심 10m 이하로 매우 얇으며, 전반적으로 매우 평탄한 경향을 보인다(Figure 11). 조사는 2012년 6월과 7월, 10월, 2013년 1월, 3월로 계절별로 이루어졌다.



Figure 11. Gangjin Bay and surroundings.

2) 연구 방법

(1) 수조류 조사 방법

수조류 조사는 2008년부터 2013년까지 10개 연안습지를 대상으로 각 연안습지별 최소 한 계절에 1회 이상 1년간 조사가 이루어졌다. 조사에 앞서 지형도를 이용하여 조사대상 지역의 행정, 지질, 지형적 정보 등을 파악한 후, 문헌조사를 통하여 기존의 조사지역에 서식한 조류의 서식현황에 대한 정보를 미리 파악하였다. 지도에 조사지역을 대상으로 격자(1km X 1km)를 구분하였으며, 도로, 지리적 상황, 식생현황, 접근성 등을 고려하여 조사 경로를 설정하였다. 조사는 육안과 쌍안경(X8), Field scope(X20~60)를 이용하여 종을 동정하였다. 현장에서 종 동정이 어려울 경우 카메라(Nikon D300s X300)로 촬영한 후 실험실에서 컴퓨터를 통하여 동정하였다. 개체수 산정에 오류를 범하지 않게 2인 1조로 팀을 이루어 조사하였다. 대상지가 넓은 경우 2팀 이상이 동시조사를 실시하였으며, 중복계산이 되지 않도록 조사팀 간 연락체계를 구축하였다. 조사 대상지역이 연안습지인 관계로 조석표를 이용하여 간조와 만조 시간을 파악한 후 만조 2시간 전 ~ 만조 2시간 후 사이에 조사를 실시하였으며, 조수간만의 차가 크지 않은 지역의 경우 조석 관계없이 조사를 진행하였다. 수조류 조사결과는 조류목록(The Ornithological Society of Korea, 2010)에 따라 기입하였으며, 수조류가 관찰되면, GPS를 이용하여 해당 좌표를 파악하고 해당 격자에 기입하였다. 조사 진행 시 수조류의 서식에 큰 방해요인이 작용하거나, 큰 무리가 인근 서식지로 이동을 하였을 경우, 중복계산을 피하기 위해 개체수와 이동 유무를 기록하였으며, 중복계산으로 판단하였을 경우 제외하였다. 수조류의 서식 특성에 관한 연구를 진행하기 위하여 이(2004)의 기준에 의하여 맹금류를 수조류에 포함하였다. 조류목록에서 도요 목에 해당하는 수조류는 도요·물떼새류(Wader)로 구분하였고, 오리류의 경우 이(2000)에서 제시한 수면성 오리류(Dabbling duck)에 해당하는 종을 구분하였으며, 나머지 수조류의 경우 기타 수조류로 구분하여 분석을 진행하였다.

(2) 분석 방법

조사된 자료는 각 지역별 최고관찰수를 산출하여 파악하고 분석 자료로 이용하였다. 각종 지수와 함수는 EXCEL 2013, ACCESS 2013 프로그램을 사용하여 분석하였다. 집단 내 각 종의 우점종의 산출은 Brower *et al.* (1990)에 의한 우점도(*RD*, relative species density)를 이용하였다. 우점도는 조사기간 동안 관찰된 모든 수조류의 최고 관찰수를 합한 최대합계수를 기준하였다. 여기서 최대 합계수는 전체 조사 중에서 각 종마다 가장 많이 관찰된 개체수를 합하였다. 우점도는 아래의 식을 이용하여 산출하였다.

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

(n_i : 특정종의 개체수, N : 전체 종의 개체수)

종다양도 지수와 종균등도, 종풍부도 지수를 분석하였다. 종다양성(species diversity)은 Shannon and Weaver (1949)의 지수인 H' (index of Shannon diversity)를 이용하였다. 분석에 사용된 식은 다음과 같다(Brower *et al.*, 1990)

$$H' = -\sum(n_i/N)\ln(n_i/N)$$

(n_i : i 지역의 한 종의 개체수, N : i 지역의 총 개체수)

종풍부도(species richness)는 Margalef의 지수인 D_a (index of Margalef diversity)를 이용하여 분석되었다.

$$D_a = (s-1)/\ln(N)$$

(s : 관찰된 전체 종 수, N : 관찰된 총 개체수)

종균등도(species evenness)를 나타내는 지수는 Heip의 지수인 H_p (Heip evenness)를 이용하여 분석하였다.

$$H_p = (10^{H'} - 1)/(s-1)$$

(H' : index of Shannon diversity, s: 관찰된 종 수)

지역 간에 유사도 지수를 이용하여 군집 분석을 실시하였다. 지역 간의 유사도 비교는 여러 가지 방법이 있으나, 관찰된 종과 개체수를 동시에 고려한 유사도 지수인 Ro (Horn's index of community overlap)가 있다. Ro 값은 두 집단 간에 동일하게 관찰되는 종의 비율이 유사할수록 높으며, 1에 가깝게 된다. 반면에 두 집단 간에 동일하게 관찰되는 종이 적을수록 0에 가깝다. 본문에서는 Ro 지수를 SPSS 18.0을 이용하여 Dissimilarities (Measure : euclidean distance)값으로 환산하였다. 이 환산된 지수는 비유사도 지수로 관찰된 지역별로 종과 개체수의 비율이 유사하지 않을수록 값이 높으며, 유사할수록 0에 가깝다. 본문에서는 환산된 Ro 지수를 이용하여 XLSTAT 프로그램으로 AHC (Agglomerative hierarchical clustering)을 구하였다.

$$Ro = (H'_4 - H'_3) / (H'_4 - H'_5)$$

$$H'_3 = [N \ln(N) - \sum (xi + yi)] / N$$

(N : 1 집단과 2 집단에서 관찰된 총 개체수의 합, xi : 1집단 내 한종의 개체수, yi : 2집단 내 한종의 개체수)

$$H'_4 = [N \ln(N) - \sum xi \ln(xi) - \sum yi \ln(yi)] / N$$

$$H'_5 = (N_1 H'_1 + N_2 H'_2) / N$$

(N_1 : 1집단의 총 개체수, N_2 : 2집단의 총 개체수, H'_1 : 1집단의 H' , H'_2 : 2집단의 H')

3. 연구 결과

1) 서·남해안 연안습지의 수조류 분포 및 특성

(1) 수조류 군집 특성

2008년 5월부터 2013년 3월까지 약 5년간 서·남해안 연안습지 10개 지역에서 관찰된 멧금류를 포함한 수조류는 총 8목 16과 96종 282,844개체(최대 개체수)였다. 전체 종다양도 지수(H')는 2.87로 나타났으며, 종균등도 지수(H_p)는 0.63, 종풍부도 지수(D_a)는 7.57이었다. 최우점종은 민물도요(*Calidris alpina*)로 우점도 28.7%를 차지하였으며, 다음으로 큰뒷부리도요(*Limosa lapponica*) 8.0%, 갯이갈매기(*Larus crassirostris*) 7.5%, 흰물떼새(*Charadrius alexandrinus*) 7.2%의 순으로 상위 5%이상 차지하는 우점 종이였다(Figure 12). 분류군별로 보면 도요·물떼새류는 36종으로 가장 많은 종수가 확인되었고, 다음으로 수면성오리류 15종, 백로류 10종, 갈매기류 8종, 잠수성 오리류가 6종 등의 순이었다. 개체수는 도요·물떼새류가 약 257,786개체가 관찰되어 가장 많았으며, 다음으로 갈매기류, 수면성 오리류, 잠수성 오리류 등의 순으로 관찰되었다. 계절별로 보면, 봄철에 81종이 관찰되어 가장 많은 수조류의 서식이 확인되었으며, 다음으로 겨울철에 64종, 가을철에 57종, 여름철에 52종의 순으로 관찰되었다. 개체수는 봄철에 156,003개체로 가장 많았고, 가을, 겨울, 여름철의 순이었다(Figure 13). 계절별로 관찰된 수조류를 분류군별로 보면, 수면성 오리류와 잠수성 오리류, 논병아리류, 멧금류는 겨울철에 가장 우점 하는 경향을 보였으며, 도요·물떼새류의 경우 봄철에 전체 개체수의 절반이상이 우점 하였다. 백로류와 갈매기류는 여름철과 가을철에 우점 하는 경향을 보였다(Figure 14). 종다양도 지수(H')는 겨울철에 2.85로 가장 높았으며, 가을철에 2.36, 여름철에 2.22, 봄철에 2.03의 순이었다.

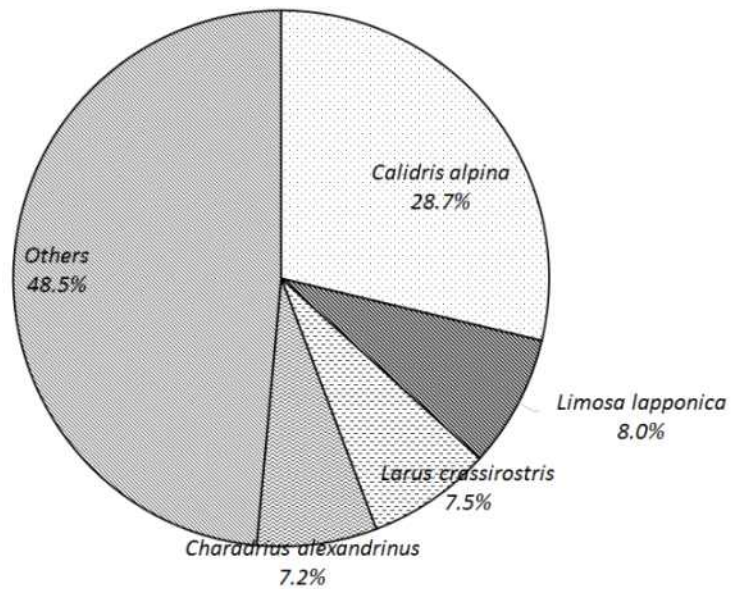


Figure 12. Status of dominant species among waterbirds observed at the 10 coastal wetlands of the south-west coasts.

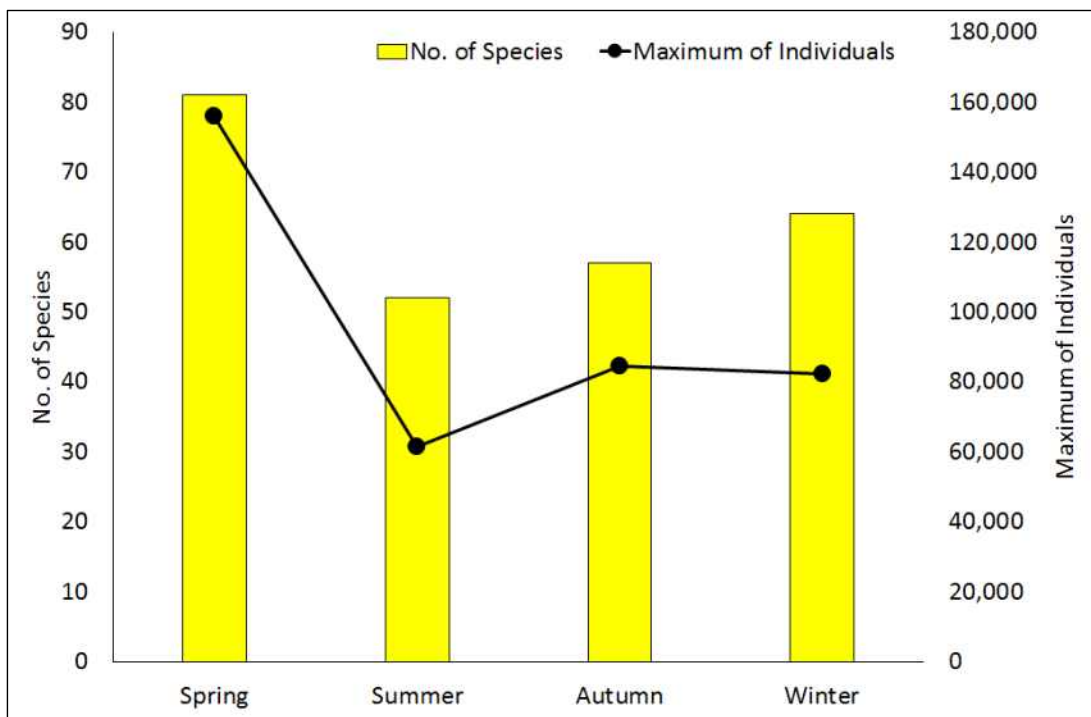


Figure 13. Number of species and counts of waterbirds observed at coastal wetlands of the south-west coasts.

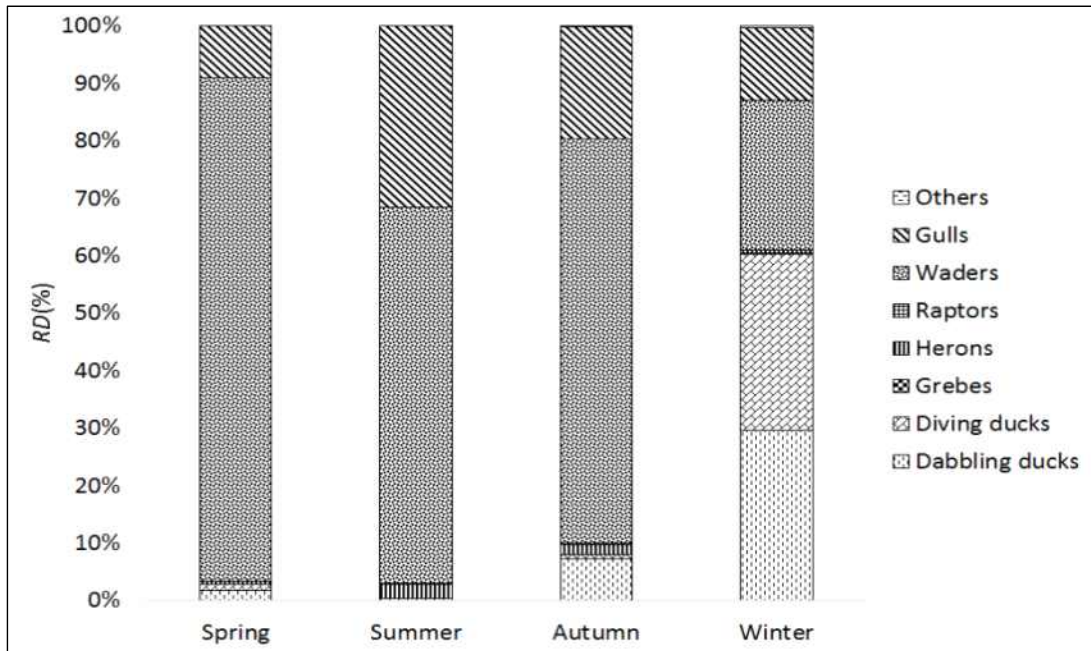


Figure 14. Dominant taxon of waterbirds observed at the 10 coastal wetlands of the south-west coasts.

지역별로는 도암만에서 가장 많은 65종의 수조류가 관찰되었으며, 다음으로 곰소만 63종, 서천갯벌 58종, 강진만과 유부도 48종 등의 순으로 나타났다. 관찰된 개체수는 서천갯벌에서 가장 많은 116,226개체가 확인되었으며, 유부도에서 87,148개체가 관찰되어 서·남해안 10개 연안습지 중 월등히 많은 개체가 나타났다. 강진만에서 26,951개체, 곰소만 14,837, 도암만 14,324개체 등의 순으로 관찰되었다 (Figure 15). 종다양도 지수(H')는 도암만에서 2.84로 가장 높았으며, 다음으로 하의도 2.48, 곰소만 2.45, 서천갯벌 2.33 등의 순으로 나타났으며, 강진만과 장봉도에서는 0.50 이하로 낮았다. 도암만과 하의도에서는 수면성 오리류가 가장 우점하였으며, 강진만에서는 잠수성 오리류가 가장 우점하였다. 유부도와 무의도, 서천갯벌, 곰소만에서는 도요·물떼새류가 가장 우점하였으며, 장봉도, 대천천 하구, 증도에서는 갈매기류가 가장 우점하였다(Table 2).

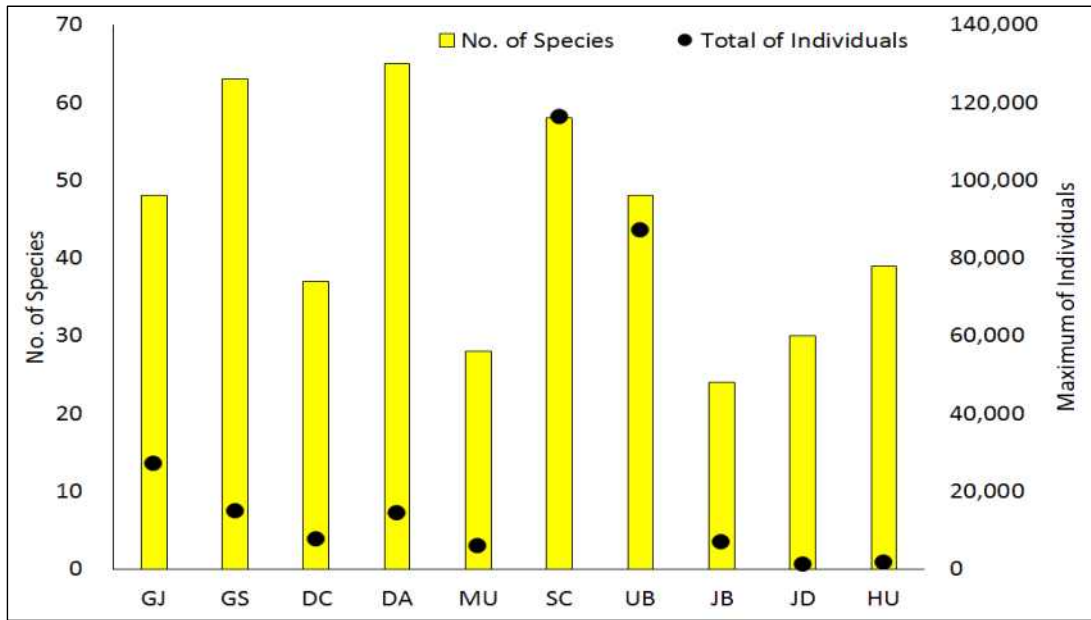


Figure 15. Number of species and counts per region at the 10 coastal wetlands of the south-west coasts. GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Haido Is.

Table 2. Status of dominant taxon by 10 coastal wetlands in south-west coasts

	GJ ^a	GS	DC	DA	MU	SC	UB	JB	JD	HU
Dabbling ducks	15.91 [*]	6.95	29.36	45.27	0.49	6.33	0.82	8.98	6.52	63.14
Diving ducks	67.07	0.09	0.15	23.90	0.00	0.32	0.35	0.00	1.30	5.33
Hérons	2.52	3.36	1.41	4.51	2.89	0.19	0.28	1.71	15.65	11.93
Grebes	0.09	0.10	0.15	0.44	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.78
Waders	5.12	57.41	9.43	17.12	55.58	81.64	89.88	1.47	23.04	8.05
Gulls	9.16	31.89	58.91	7.05	40.91	11.49	8.54	87.08	51.80	8.58
Others	0.13	0.20	0.58	1.72	0.13	0.01	0.12	0.76	1.68	2.18

Note :

^a GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Haido Is.

* Rate of dominant

(2) 도요·물떼새류의 군집 특성

가. 도요·물떼새류 현황

조사기간 동안 서·남해안 연안습지 10개 지역에서 관찰된 도요·물떼새류는 36종 193,111개체였다. 최대개체수에 의한 종다양도 지수(H')는 2.17 이었고, 종균등도 지수(H_p)는 0.61, 종풍부도 지수 (Da)는 2.88이었다(Table 3).

Table 3. Status of shorebird communities in 10 coastal wetlands on the south-west coasts

	GJ ^a	GS	DC	DA	MU	SC	UB	JB	JD	HU	Total ^b
No. of species	11	29	13	17	13	26	23	6	12	14	36
Maximum of individual	811	9,158	978	2,717	3,328	96,762	78,754	129	312	162	193,111
H^c	0.66	2.00	1.41	1.49	1.46	1.87	1.83	0.86	1.70	2.08	2.17
H_p^c	0.28	0.60	0.55	0.53	0.57	0.57	0.58	0.48	0.68	0.79	0.61
Da^c	1.49	3.07	1.74	2.02	1.48	2.18	1.95	1.03	1.92	2.56	2.88

Note :

^a GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Huido Is.

^b Total : Sum of Count

^c H' : The Shannon diversity index, H_p : Heip evenness index from Brower *et al.* (1990), Da : the Margalef diversity index.

나. 지역별 도요·물떼새류 현황 비교

지역별로 보면 곰소만에서 29종으로 가장 많았고, 다음으로 서천갯벌에서 26종, 유부도에서 23종, 대천천 하구에서 17종 순이었으며, 반면, 장봉도에서 6종으로 가장 적었다. 개체수는 서천갯벌에서 가장 많은 96,762개체가 관찰되었으며, 다음으로 유부도 78,754개체, 곰소만 9,158개체, 무의도 3,328개체, 도암만 2,717개체 등의 순이었다. 반면 장봉도에서 129개체가 관찰되어 가장 적은 개체가 확인되었다(Figure 16). 종다양도 지수(H')는 하의도가 2.08로 가장 높았으며, 다음으로 곰소만이 2.00, 서천갯벌이 1.87, 유부도가 1.83, 증도가 1.70 등의 순으로 비교적 높은 지수 값을 보였으며, 강진만에서 0.66으로 가장 낮은 지수 값을 보였다. 균등도 지수(H_p)는 하의도에서 0.79로 10개 연안습지 중 가장 높았으며, 다음으로 증도에서 0.68, 곰소만에서 0.60, 유부도에서 0.58, 서천갯벌과 무의도 0.57 등의 순으로 나타났다. 반면 강진만은 0.28의 지수 값을 보여 가장 낮았다. 종풍부도 지수(D_a)는 곰소만에서 3.07로 가장 높았다. 다음으로 하의도에서 2.56, 서천갯벌에서 2.18, 도암만에서 2.02, 유부도에서 1.95 등의 순으로 나타났으며, 장봉도에서 1.03으로 가장 낮은 지수 값을 나타냈다(Table 3 참조).

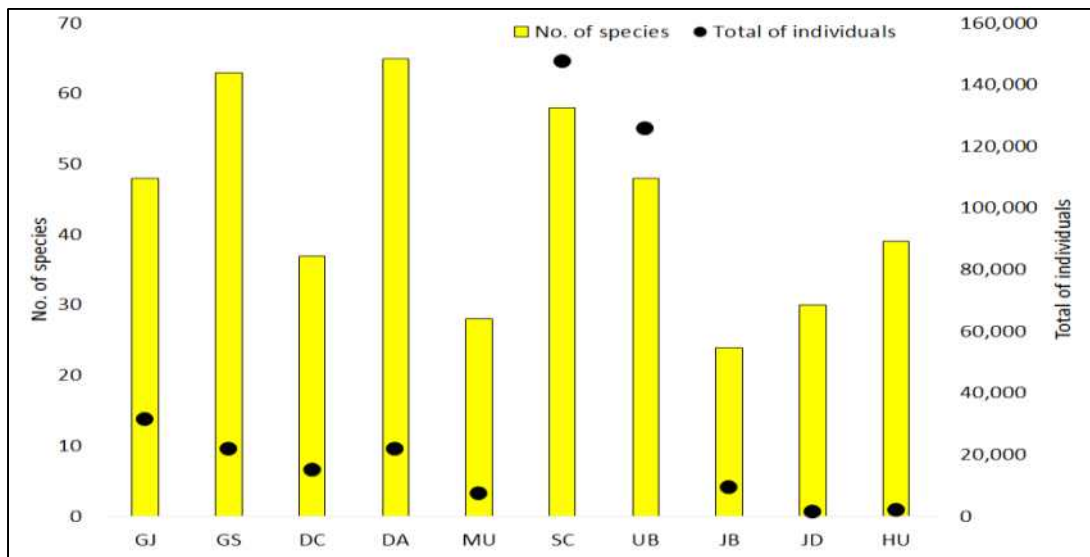


Figure 16. Comparison of number of species and counts of shorebirds at the 10 coastal wetlands of the south-west coasts. GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Haido Is.

다. 도요·물떼새류 우점종 현황

전체 10개 연안습지에서 관찰된 도요·물떼새류 중 최우점종은 민물도요로 우점도 39.7%이었다. 다음은 큰뒷부리도요가 11.1%, 흰물떼새 9.9%, 흑꼬리도요 (*Limosa limosa*) 5.4%, 붉은어깨도요(*Calidris tenuirostris*) 4.9% 등의 순으로 우점하였다(Figure 17). 민물도요는 서천갯벌에서 가장 많은 개체수가 관찰되었고, 다음은 유부도, 무의도, 도암만, 곰소만 등의 순으로 우점하였다. 반면 장봉도와 증도에서는 소수의 개체가 관찰되었으며, 하의도에서는 관찰되지 않았다. 큰뒷부리도요는 서천갯벌에서 가장 많았고, 곰소만, 도암만, 무의도, 유부도에서 소수의 개체가 관찰되었으며, 강진만, 대천천 하구, 장봉도, 증도, 하의도에서는 관찰되지 않았다. 흰물떼새는 유부도에서 가장 많았다. 곰소만, 서천갯벌, 도암만 등에서 100개체 이상의 개체가 관찰되었으며, 나머지 연안습지에서는 관찰되지 않거나 100개체 미만의 개체가 관찰되었다. 흑꼬리도요는 서천갯벌에서 가장 많은 개체가 관찰되었으며, 나머지 지역에서는 관찰되지 않거나 50개체 미만이었다. 붉은어깨도요는 서천갯벌에서 가장 많은 개체가 관찰되었고, 다음은 유부도였으며, 나머지 지역에서는 관찰되지 않거나 200개체 미만이었다(Figure 18).

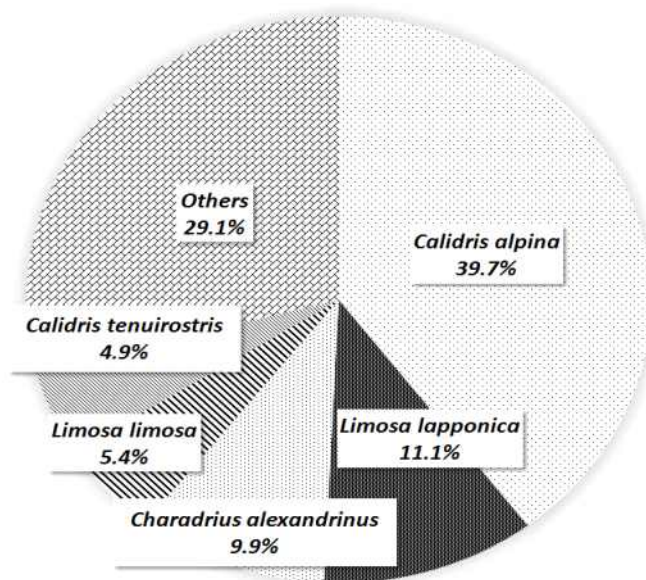


Figure 17. Dominant species of shorebirds observed at the 10 coastal wetlands of south-west coasts.

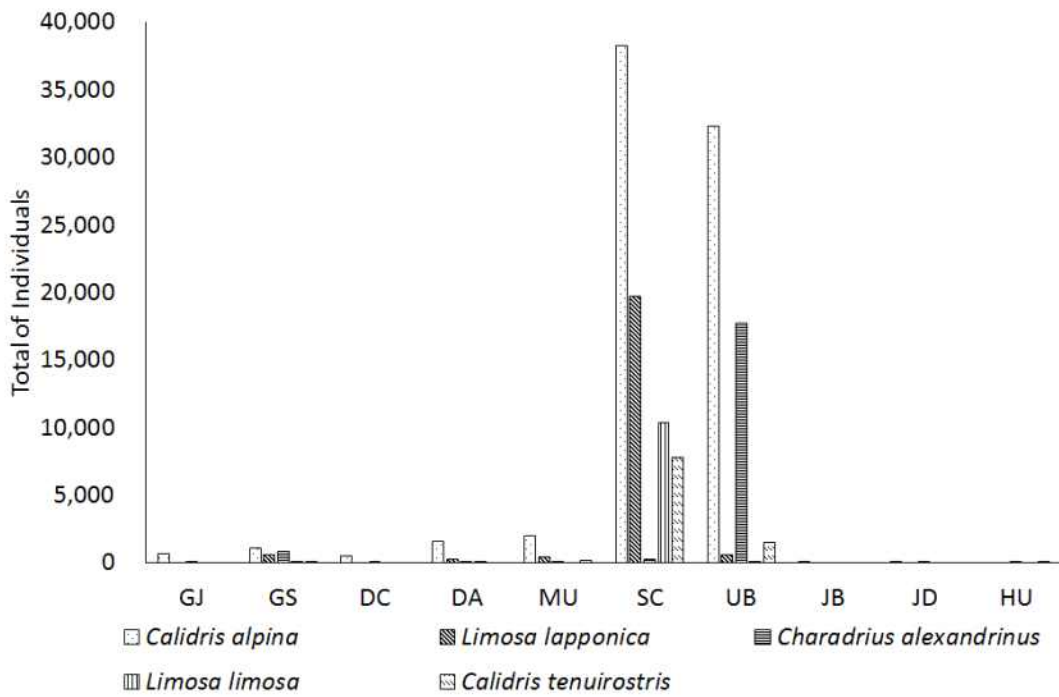


Figure 18. Comparison of major dominant species of shorebirds observed at the 10 coastal wetlands of south-west coasts . GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC:, Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Haido Is.

(3) 오리류 군집 특성

가. 오리류 현황

2008년 5월에서 2013년 3월까지 약 5년 동안 서·남해안 연안습지 10개 지역에서 관찰된 오리류(수면성 오리류)는 15종 25,104개체(최대개체수 합계)가 확인되었다. 최대개체수에 의한 종다양도 지수(H')는 1.79 이었고, 종균등도 지수(H_p)는 0.66, 종풍부도 지수(Da)는 1.38이었다(Table 4).

Table 4. Status of dabbling duck communities by 10 coastal wetlands on the south-west coasts

	GJ ^a	GS	DC	DA	MU	SC	UB	JB	JD	HU	Total ^b
No. of species	9	9	9	11	1	9	5	3	3	7	15
Maximum of individual	3,357	1,102	2,561	5,872	15	9,343	1,016	723	47	1,068	25,104
H^c	1.78	1.38	0.89	1.84	0.00	1.10	0.53	0.91	0.59	1.32	1.79
H_p^c	0.81	0.63	0.40	0.77	0.00	0.50	0.33	0.82	0.54	0.68	0.66
Da^c	0.99	1.14	1.02	1.15	0.00	0.88	0.58	0.30	0.52	0.86	1.38

Note :

^a GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Huido Is.

^b Total : Sum of count

^c H' : The Shannon diversity index, H_p : Heip evenness index from Brower *et al.* (1990), Da : the Margalef diversity index.

나. 지역별 오리류 현황 비교

지역별로는 도암만에서 가장 많은 11종이 관찰되었으며, 다음으로 강진만과 곰소만, 대천천 하구, 서천갯벌에서 9종, 하의도 7종, 유부도 5종 등의 순이었다. 반면, 무의도에서 1종으로 가장 적었다. 관찰된 개체수는 서천갯벌이 가장 많은 9,343개체이었고, 다음으로 도암만 5,872개체, 강진만 3,357개체, 대천천 하구 2,561개체, 곰소만 1,102개체 등의 순으로 나타났다. 반면, 무의도에서 15개체가 관찰되어 가장 적은 개체수가 관찰되었다(Figure 19). 종다양도 지수(H')는 도암만에서 1.84로 가장 높았으며, 다음으로 강진만에서 1.78, 곰소만에서 1.38, 하의도에서 1.32, 서천갯벌에서 1.10 등의 순으로 비교적 높은 지수 값을 보였으며, 균등도 지수(H_p)는 장봉도에서 0.82로 10개 연안습지 중 가장 높았으며, 다음으로 강진만에서 0.81, 도암만 0.77, 하의도 0.68, 곰소만 0.63 등의 순으로 나타났다. 종풍부도 지수(Da)는 도암만에서 1.15로 가장 높았다. 다음으로 곰소만 1.14, 대천천 하구 1.02, 강진만 0.99 등의 순으로 나타났다. 반면 무의도의 경우 종다양도, 균등도, 풍부도에서 가장 낮은 지수 값을 나타내었다(Table 4 참조).

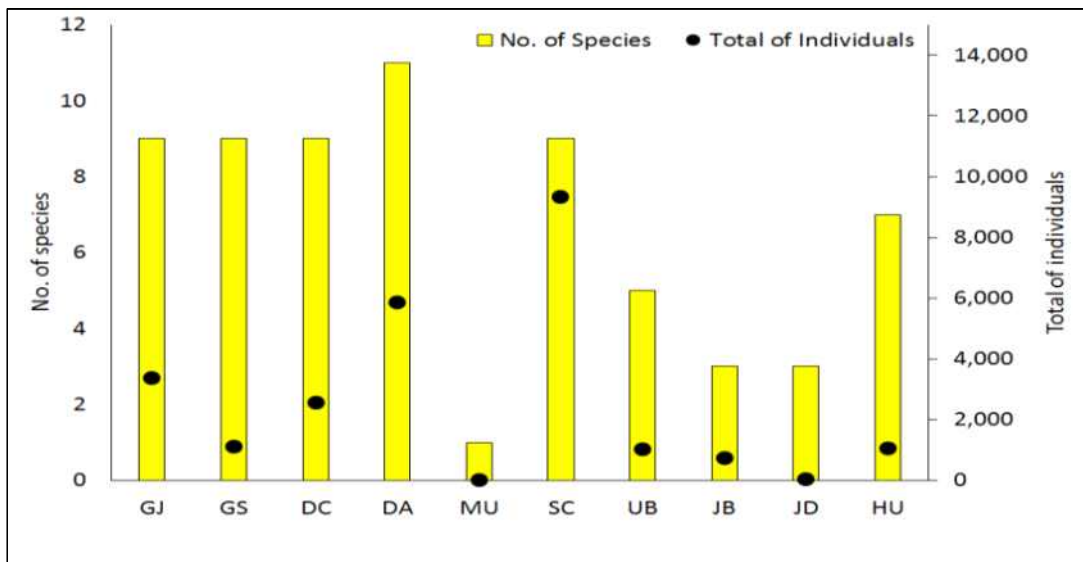


Figure 19. Comparison of number of species and counts of dabbling ducks observed at the 10 coastal wetlands of south-west coasts . GJ: Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is.

다. 오리류의 우점종 현황

전체 10개 연안습지에서 관찰된 도요·물떼새류 중 최우점종은 청둥오리 (*Anas platyrhynchos*)로 우점도 35.4%이었다. 흑부리오리(*Tadorna tadorna*) 22.3%, 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*) 19.6%, 쇠오리(*Anas crecca*) 7.3% 등의 순이었다(Figure 20). 청둥오리는 서천갯벌에서 가장 많은 개체가 관찰되었고, 도암만, 대천천 하구, 강진만, 곰소만 등의 순이었다. 반면, 유부도와 증도, 하의도에서는 100개체 미만이었으며, 무의도, 장봉도에서는 관찰되지 않았다. 흑부리오리는 서천갯벌에서 가장 많은 개체가 관찰되었으며, 다음으로 유부도, 도암만, 강진만의 순이었다. 곰소만, 대천천, 하의도에서는 100개체 미만이 관찰되었고, 무의도, 장봉도, 증도에서는 관찰되지 않았다. 흰뺨검둥오리는 서천갯벌에서 가장 많은 개체가 관찰되었고, 다음으로 도암만, 강진만, 대천천 하구, 하의도, 곰소만의 순이었다. 무의도, 유부도, 장봉도, 증도에서는 100개체 미만이 관찰되었다. 흰뺨검둥오리는 10개 연안습지에서 관찰되었다. 쇠오리는 도암만에서 가장 많은 개체가 관찰되었으며, 다음으로 강진만, 대천천 하구, 곰소만의 순이었다. 반면, 서천갯벌에서 소수의 개체가 관찰되었고, 무의도, 유부도, 장봉도, 증도, 하의도 지역에서는 관찰되지 않았다(Figure 21).

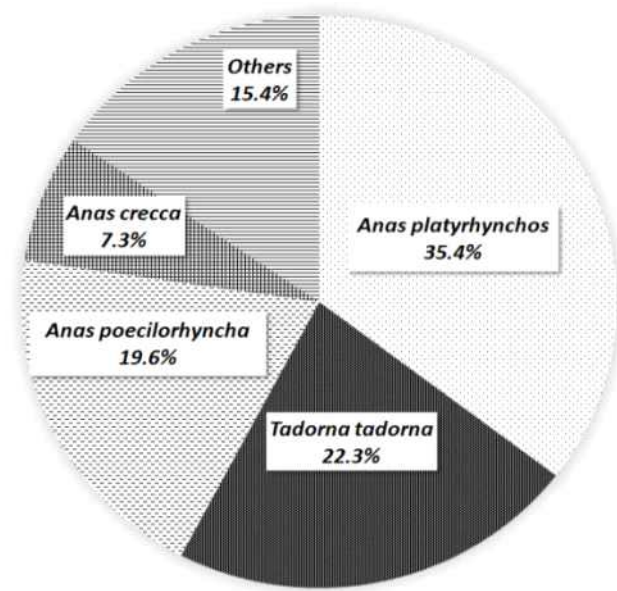


Figure 20. Dominant species of dabbling ducks observed at the 10 coastal wetlands of south-west coasts.

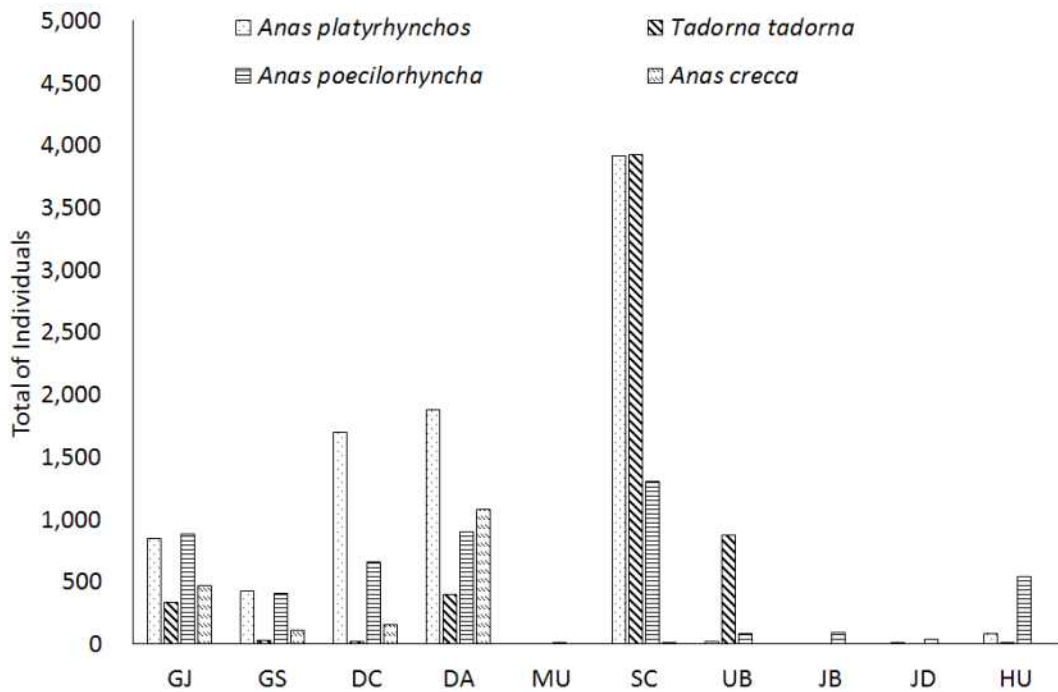


Figure 21. Comparison of dominant species of dabbling ducks per region at the 10 coastal wetlands of south-west coasts. GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC:, Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Haido Is.

(4) 기타 수조류 군집 특성

10개 연안습지에서 도요·물떼새류와 수면성오리류를 제외한 기타 수조류는 총 45종이 관찰되었다. 이중 도암만이 37종으로 가장 많은 종수가 확인되었으며, 다음으로 강진만에서 28종, 곶소만 25종, 서천갯벌 23종 등의 순으로 관찰되었다. 관찰된 수조류 중 잠수성 오리류는 강진만과 도암만에서 가장 많았으며, 서천갯벌 5종, 곶소만과 대천천 하구, 유부도에서 각각 3종 등의 순이었다. 백로류는 곶소만에서 가장 많은 종수가 확인되었고, 다음으로 강진만 7종, 도암만, 서천갯벌, 장봉도에서 6종, 대천천 하구, 무의도, 하의도에서 5종, 유부도, 증도에서 4종 등의 순으로 관찰되었다. 논병아리류는 도암만에서 4종으로 가장 많았으며, 강진만 3종, 대천천 하구 2종의 순이었다. 갈매기류는 도암만에서 7종이 관찰되어 가장 많았으며, 서천갯벌, 유부도에서 6종, 강진만에서 5종 등의 순이었다(Table 5).

Table 5. Number of other waterbird species observed at the 10 coastal wetlands in south-west coasts

	GJ ^a	GS	DC	DA	MU	SC	UB	JB	JD	HU	Total
Diving ducks	6	3	3	6	-	5	3	-	2	2	6
Hérons	7	8	5	6	5	6	4	6	4	5	10
Grebes	3	1	2	4	-	1	1	-	-	1	4
Gulls	5	4	3	7	3	6	6	2	3	2	8
Others	7	9	2	14	6	5	6	7	6	8	17
Total	28	25	15	37	14	23	20	15	15	18	45

Note :

^a GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Huido Is.

10개 연안습지에서 도요·물떼새류와 수면성오리류를 제외한 기타 수조류의 개체수는 총 92,894개체였다. 이중 강진만에서 24,832개체가 관찰되어 가장 많았으며, 다음으로 서천갯벌, 유부도, 대천천 하구, 도암만 등의 순으로 관찰되었다. 관찰된 수조류 중 잠수성 오리류는 강진만에서 21,092개체로 가장 많은 종이 확인되었으며, 대부분 검은머리흰죽지와 땡기흰죽지가 주로 관찰되었다. 다음으로 도암만에서 5,244개체가 관찰되었다. 도암만에서는 인근 사내호에서 많은 수의 흰죽지와 땡기흰죽지가 관찰되었다. 백로류는 도암만에서 가장 많은 개체수가 확인되었다. 다음으로 강진만, 곰소만 등의 순으로 관찰되었다. 갈매기류는 서천갯벌에서 16,968개체가 관찰되어 가장 많았으며, 다음으로 유부도, 대천천 하구, 장봉도, 곰소만 등의 순이었다(Table 6).

Table 6. Number of other waterbird counts observed at the 10 coastal wetlands in south-west coasts

	GJ ^a	GS	DC	DA	MU	SC	UB	JB	JD	HU	Total
Diving ducks	21092	19	23	5244	0	478	438	0	21	110	27425
Hérons	793	737	211	989	217	288	352	160	252	246	4245
Grebes	27	22	23	96	0	1	7	0	0	16	192
Gulls	2879	7002	8800	1546	3076	16968	10737	8137	834	177	60156
Others	41	44	87	378	10	21	152	71	27	45	876
Total	24,832	7,824	9,144	8,253	3,303	17,756	11,686	8,368	1,134	594	92,894

Note :

^a GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Haido Is.

2) 지역별 유사도 비교와 군집분석

(1) 누적 개체수에 의한 유사도 비교

10 개 지역에서 관찰된 누적 개체수에 의한 유사도 지수(R_o)를 비교하였다. 누적 개체수에 의한 군집분석 비교에서 유클리디안 거리(euclidean distance) 1을 기준으로 크게 두개의 집단으로 구분할 수 있었으며, 다시 0.48을 기준으로 3개 집단으로 분류할 수 있었다(Table 7, Figure 22). 유클리디안 거리 1을 기준으로 볼 때 민물도요, 꿩이갈매기 등 도요·물떼새류와 갈매기류가 우점하는 지역과, 수면성 오리류와 잠수성오리류가 우점한 집단으로 나뉘었다. 다시 0.48을 기준으로 볼 때 Group 1에 해당하는 3개 지역은 수면성 오리류와 잠수성 오리류가 우점하는 지역이었다. Group 1의 도암만과 하의도는 수면성 오리류가 최우점하는 지역이었으며, 강진만은 잠수성 오리류가 최우점하는 지역이었다. Group 2에 해당하는 3개 지역은 유부도와 서천갯벌, 무의도이었으며, 도요·물떼새류와 갈매기류가 우점하는 지역이었다. Group 3에 해당하는 4개 지역은 장봉도, 대천천, 곰소만, 증도로 갈매기류가 최우점하였고, 수면성 오리류, 도요·물떼새류가 차우점하는 지역이었다(Table 8). Group 1의 도암만, 강진만, 하의도는 넓은 농경지가 존재하거나, 넓은 염전, 인공호수, 조수간만의 차가 적은 지역으로 다양한 수조류가 서식하는 것이 관찰되었다. Group 2의 서천갯벌, 유부도, 무의도는 넓은 갯벌이 광활하게 펼쳐진 지역이었으며, 특히 유부도의 경우 만조 시에도 노출되는 갯벌의 면적이 넓었다. 이에 봄과 가을철 이동시기에 많은 수의 도요·물떼새류가 관찰되었다. Group 3의 곰소만, 증도, 장봉도, 대천천하구는 인근에 대규모 항구 및 여객항이 위치한 지역이었다. 어선과 관광객이 주는 먹이를 먹기 위해 유입되는 것이 관찰되었다.

Table 7. Analysis of similarity index (Ro) by region using the total count number of waterbirds observed at the 10 coastal wetlands in south-west coasts

Sites	GJ ^a	GS	DC	DA	MU	SC	UB	JB	JD	HU
Gangjin Bay		1.43	1.26	0.63	1.52	1.38	1.45	1.45	1.39	0.68
Gomso Bay			0.50	1.05	0.42	0.53	0.78	0.76	0.33	1.29
Daecheoncheon				0.92	0.73	0.77	1.03	0.63	0.45	1.11
Doam Bay					1.19	1.05	1.23	1.27	1.04	0.63
Muuido						0.40	0.58	0.82	0.52	1.46
Seocheon tidal flat							0.57	0.93	0.64	1.24
Yubudo								0.96	0.83	1.38
Jangbongdo									0.71	1.36
Jeungdo										1.30
Hauido										

Note :

^a GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is.

Table 8. Status of dominant taxon of three groups classified according to similarity index (Ro)

Sites	Group 1			Group 2			Group 3			
	GJ ^a	DA	HU	UB	MU	SC	JB	DC	GB	JD
Dabbling ducks	15.91	45.27	63.14	0.82	0.49	6.33	8.98	29.36	6.95	6.52
Diving ducks	67.07	23.90	5.33	0.35	0.00	0.32	0.00	0.15	0.09	1.30
Hérons	2.52	4.51	11.93	0.28	2.89	0.19	1.71	1.41	3.36	15.65
Grebes	0.09	0.44	0.78	0.01	0.00	0.00	0.00	0.15	0.10	0.00
Waders	5.12	17.12	8.05	89.88	55.58	81.64	1.47	9.43	57.41	23.04
Gulls	9.16	7.05	8.58	8.54	40.91	11.49	87.08	58.91	31.89	51.80
Others	0.13	1.72	2.18	0.12	0.13	0.01	0.76	0.58	0.20	1.68

Note :

^a GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is.

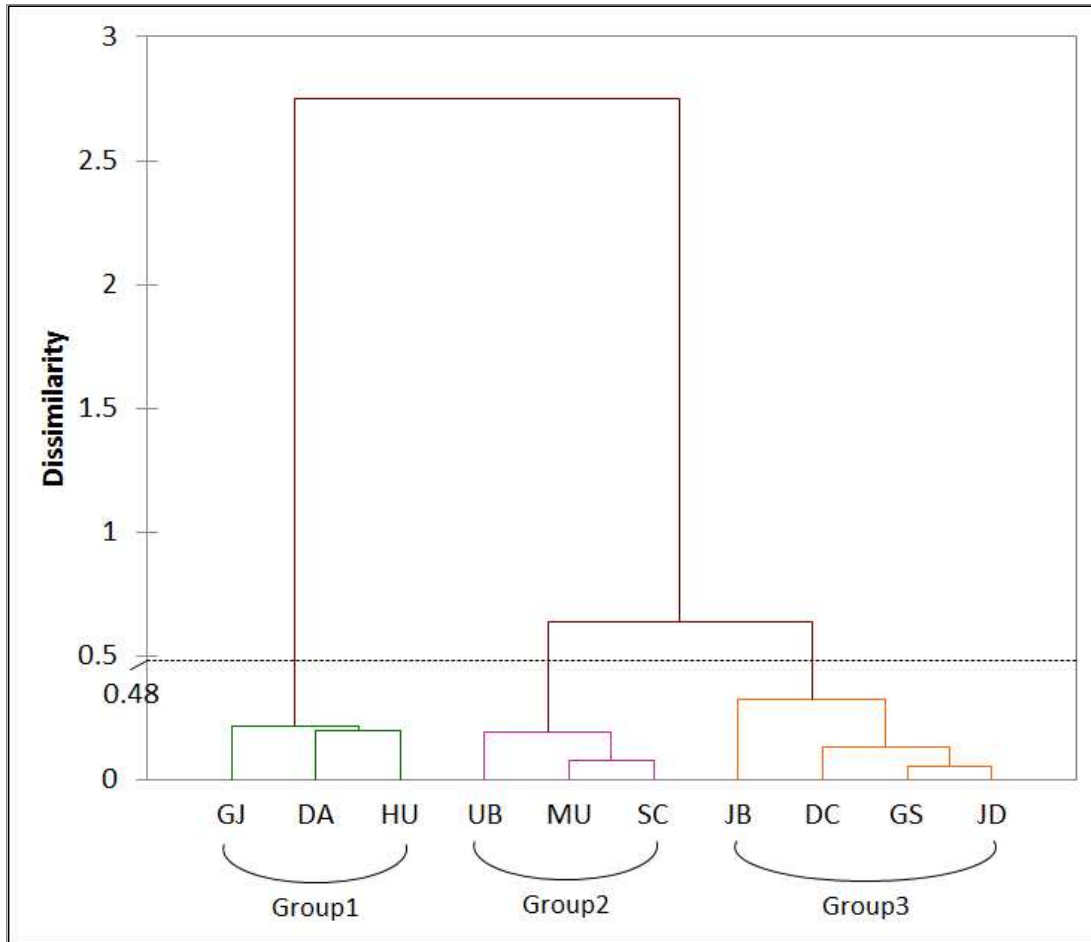


Figure 22. Similarity index cluster analysis results of 10 coastal wetlands of the south-west coasts using the sum of total counts. In Group 1, there are reservoirs, paddies and salt fields, in which dabbling ducks and diving ducks are dominant. In Group 2, there are vast tidal flats in which shorebirds are dominant. In Group 3, there are vast tidal flats as well as a large port, in which seagulls are dominant. GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC:, Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is.

(2) 최대 개체수에 의한 유사도 비교

10 개 지역에서 관찰된 수조류의 최대 개체수 합계를 가지고 유사도 지수를 비교하였다. 최대 개체수 합계에 의한 군집 분석 비교한 경우에는 누적 개체수 합계에 의한 유사도 지수와 유사한 경향을 보였다. 누적 개체수 합계와 마찬가지로 1수준에서 2개 집단, 0.5 수준에서 3개 집단으로 나뉘었다. Group 1은 수면성 오리류와 잠수성 오리류가 우점하는 지역인 강진만, 도암만, 하의도가 해당하였으며, Group 2는 도요·물떼새류가 우점하는 유부도, 서천 갯벌, 무의도가 해당하였다. Group 3은 장봉도, 대천천 하구 갯벌, 곰소만, 증도가 해당하였으며, 주로 갈매기류가 최우점종이었으며, 수면성 오리류, 도요·물떼새류가 차우점하는 지역이었다(Table 9, Figure 23).

Table 9. Analysis of similarity index (Ro) by region using the sum of the max waterbird counts observed at the 10 coastal wetlands in south-west coasts

Site	GJ ^a	GS	DC	DA	MU	SC	UB	JB	JD	HU
Gangjin Bay		1.43	1.26	0.63	1.52	1.38	1.45	1.45	1.39	0.68
Gomso Bay			0.50	1.05	0.42	0.53	0.78	0.76	0.33	1.29
Daecheoncheon				0.92	0.73	0.77	1.03	0.63	0.45	1.11
Doam Bay					1.19	1.05	1.23	1.27	1.04	0.63
Muuido						0.40	0.58	0.82	0.52	1.46
Seocheon tidal flat							0.57	0.93	0.64	1.24
Yubudo								0.96	0.83	1.38
Jangbongdo									0.71	1.36
Jeungdo										1.30
Hauido										

Note :

^a GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is.

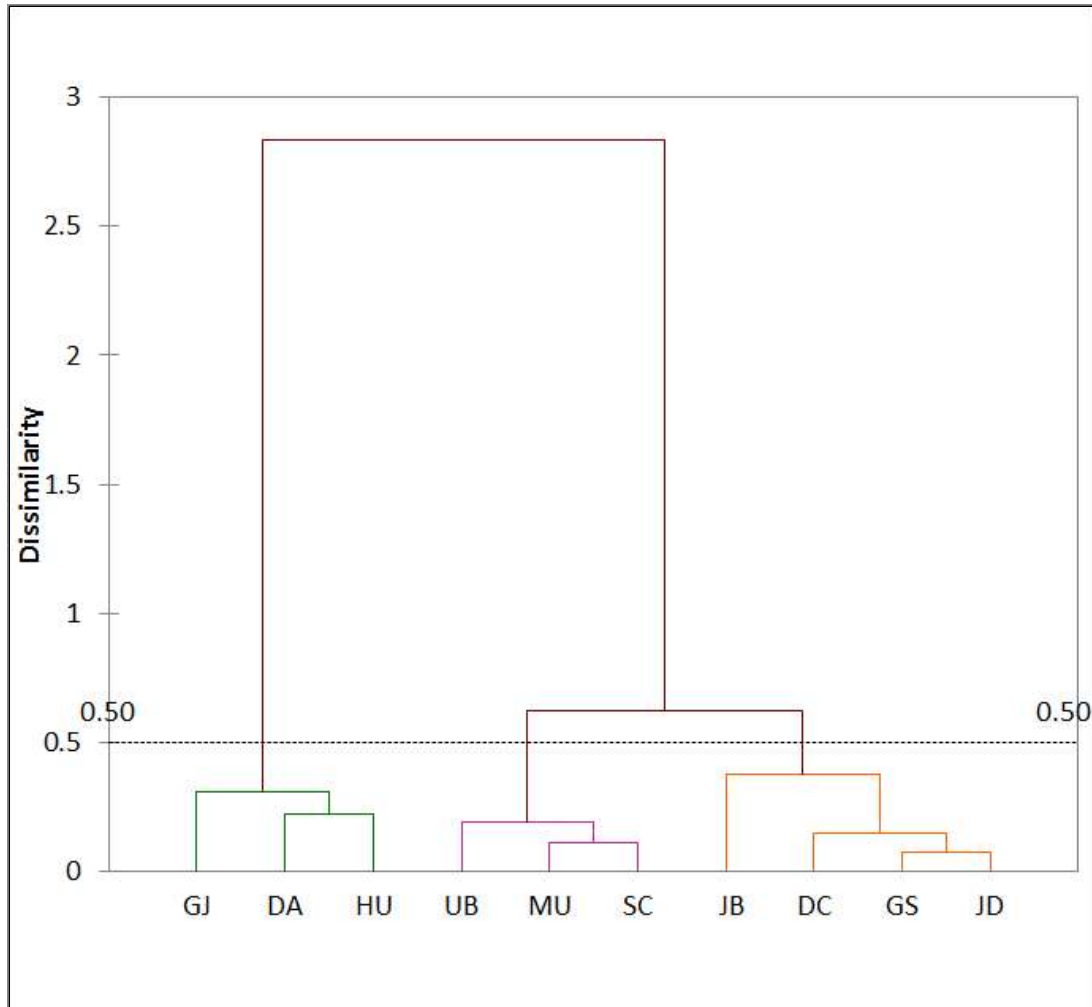


Figure 23. Similarity index cluster analysis results of 10 coastal wetlands of the south-west coasts using the sum of max counts. In Group 1, there are reservoirs, paddies and salt fields, in which dabbling ducks and diving ducks are dominant. In Group 2, there are vast tidal flats in which shorebirds are dominant. In Group 3, there are vast tidal flats as well as a large port, in which seagulls are dominant. GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC:, Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, UB: Yubudo Is., JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Huido Is.

4. 고찰

서·남해안에 위치하는 10개 지역을 대상으로 수조류의 현황을 조사한 결과 96종의 수조류가 서식하는 것으로 확인되었다. 그 중 도요·물떼새류가 36종으로 가장 많은 종수가 기록된 분류군이었으며, 다음으로 오리·기러기류인 수면성 오리류와 잠수성 오리류의 순이었다. 도요·물떼새류는 갯벌이 넓게 펼쳐진 연안습지에서 주로 가장 우점하는 분류군이었으며, 오리류의 경우 연안습지 인근에 간척호수 및 넓은 농경지가 분포하는 지역에서 우점하였다. 이 결과는 같은 연안습지 내에서도 서식하는 수조류의 종 구성이 인근 환경의 구성에 따라 달라진다는 것을 추정할 수 있었다. 과거 천수만의 경우 1992년 간척을 기준으로 많은 도요·물떼새류의 서식지가 오리·기러기류의 서식지로 변모하는 것을 확인하였으며(조, 1994; 이, 2000a), 시화호에서는 담수습지에서 오리류가 확인되었으나, 담수습지의 물이 빠져 바닥을 드러냈을 때에는 도요·물떼새류가 유입을 확인한 바 있다(허 등, 2005). 이는 서식환경에 따라 그 서식환경에 맞는 수조류가 유입 및 서식하는 것을 반증하는 결과로 다양한 조류가 서식하기 위해서는 다양한 서식환경을 조성해주는 노력에 대한 이유를 뒷받침 해주고 있다. 본 연구에서도 이 같은 결과를 볼 수 있었다. 관찰된 수조류의 종수가 가장 많았던 도암만의 경우 탐진강의 하구이자, 만덕 간척지와 사내 간척지, 담수호, 소규모 하천, 갯벌 등 다양한 서식지가 분포하는 지역으로 도요·물떼새와 수면성 오리류, 잠수성 오리류 등, 다양한 수조류가 분포하는 것을 확인 할 수 있었다. 곰소만 역시 갯벌과 양식장, 농경지 등 다양한 서식지가 분포하는 지역으로 다양한 수조류가 확인되었다. 반면 관찰된 종수가 가장 적었던 무의도와 장봉도의 경우 넓은 갯벌이 분포하여 상대적으로 도요·물떼새류의 관찰이 많았으나, 오리·기러기류의 관찰은 적었다. 이는 오리·기러기류가 서식할 수 있는 간척지, 호수, 하천 등이 존재하지 않았던 결과로 풀이된다.

유부도 갯벌에서는 23종의 도요·물떼새류가 서식하는 지역으로 본 연구에서 조사된 10개 지역 중 도요·물떼새류가 많이 관찰된 지역 중 하나였다. 이 지역

은 간조시 썰 갯벌과 모래갯벌이 넓게 펼쳐져 있어 주로 도요·물떼새류의 취식지로 이용하는 것으로 보이며, 금강에서 유입되는 각종 부유물로 인해 도요·물떼새류의 잠재적 먹이원인 대형저서동물이 잘 서식할 수 있는 환경으로 과거부터 현재까지 유부도의 중간기착지로서의 중요성이 대두되고 있다(유 등, 2015). 그러나 유부도에 관찰되는 수조류는 도요·물떼새류에 편중되어 종다양도지수와 종균등도지수 등 각종 생물학적 지수는 하위권의 수준에 머물렀다. 유부도에서 수조류의 개체수는 약 90,000여 개체가 관찰되었으나, 도요·물떼새와 갈매기류를 제외한 수조류는 약 1,000여 개체만이 도래하였다. 유부도는 봄철과 가을철 도요·물떼새류의 이동시기에 일시적으로 많은 수의 수조류가 관찰되는 지역이었으나, 이동시기가 아닌 다른 시기에서는 소수의 개체만이 서식하였다. 우리나라의 서해안은 이동철새들에게 매우 중요한 중간기착지로 갯벌의 중요성은 과거부터 현재까지 끊임없이 언급되고 있다. 서식지의 단편화는 개체군 크기의 감소와 군집의 종 다양성의 감소, 종 구성의 변화를 가져온다(Wilcove *et al.*, 1986; Saunder *et al.*, 1991; Collinge, 1996; Reed *et al.*, 1996). 유부도의 도요·물떼새류의 서식지는 우리나라 연안습지 중 개발되지 않은 자연형 연안습지 중 하나로 도요·물떼새류가 훼손된 연안습지를 피해 이 지역을 의존적으로 이용하는 것을 추정할 수 있었다. 이는 유부도 갯벌이 훼손 되었을 시에는 도요·물떼새류의 생존에 크게 영향을 줄 것으로 보인다.

이번 조사에서 관찰된 수조류 중 오리류에 있어 중요한 서식지는 강진만과 도암만이였다. 이들 지역은 갯벌과 농경지, 호수, 넓은 바다가 인접해 있는 지역으로 주로 농경지에서 먹이활동을 하거나, 수면에서 휴식을 취하는 개체를 확인할 수 있었으며, 다양한 서식지가 분포하여 각 서식지에 맞는 이용형태를 보였다. 국내 간척지에서의 수조류 증가 추세는 과거부터 지금까지 일어나고 있는 현상이며, 간척지에서의 쌀 생산량의 증가와 밀접한 관계가 있는 것으로 보고되었다(유와 이, 1998). 신 등(2011)은 도암만은 하류지역의 사내호에서 많은 수의 오리류가 관찰되고 인근의 넓은 면적의 농경지가 존재하는 지역에서도 오리류의 관찰이 많다고 하였으며, 상류지역의 경우 큰고니, 도요·물떼새류 등의 수조류가 주로 분포하는 것을 확인하였다. 금강하구에서는 금강하구둑 상류에서는 수면성 오리류의 비율이 높았으며 하류에서는 도요·물떼새류가 서식하였다(강 등,

2010). 금강하구의 상류는 넓은 수면과 하중도, 농경지가 분포하는 지역이며, 하류는 조석의 차로 인해 갯벌이 형성되는 지역으로 서식지의 구성에 의해 서식종의 구성이 달라지는 것을 재확인 하였다.

본 연구에서 10개의 연안습지는 유사도지수(Ro)에 의해 3개 Group으로 구분되어졌다. 크게 오리류가 우점한 지역, 도요·물떼새류가 우점한 지역, 갈매기류가 우점하는 지역 등으로 구분되었다. 오리류가 우점한 지역은 강진만, 도암만, 하의도로 3지역이었으며, 이들 지역은 연안습지를 포함하여 대규모 농경지, 담수호, 염전 등 다양한 서식지가 분포하는 지역이었다. 특히 강진만의 경우 대규모 담수호와 농경지는 분포하지 않았으나, 수심이 깊고 조수 간만의 차가 적어 해수면에서 서식하는 잠수성 오리류가 대규모 관찰되었다. 도요·물떼새류가 우점한 지역은 유부도, 무의도, 서천갯벌로 3개 지역이었으며, 이들 지역은 광활한 갯벌이 펼쳐진 지역이었으며, 만조 시에도 넓은 면적의 갯벌이 노출되어 취식지와 휴식지로 모두 이용이 가능한 지역이었다. 또한 농경지, 담수호 등 다양한 서식환경의 부재로 타 분류군은 도요·물떼새류의 개체군에 비하여 소수의 개체만이 관찰되어 도요·물떼새류가 우점하는 경향을 보인 것으로 사료된다. 갈매기류가 우점한 지역은 장봉도, 대천천하구, 곰소만, 증도로 4개 지역이었으며, 이들 지역에는 공통적으로 대규모 항구가 분포하거나, 유명한 관광지로 관광객의 수가 많았다. 대규모 항구에서 공급되는 먹이원 즉, 어선에서 버리는 어패류와 관광객이 공급하는 음식물 등으로 인해 많은 수의 갈매기류가 유입되는 것을 확인할 수 있었다. 인위적인 먹이공급은 순천만과 천수만, 주남저수지 등에서 보이는 것과 같이 수조류의 유입에 영향을 준다(Shin *et al.*, 2014). 이는 곧, 인위적인 환경요소로 수조류의 분포에 영향을 주는 서식환경으로 볼 수 있었다. 우점하는 분류군에 의해 나뉜 3개의 서식지 Group은 각 서식환경에 큰 차이를 보이고 있었으며, 이는 서식지 환경에 따라 연안습지를 이용하는 수조류의 종 구성이 달라지는 것으로 판단되었다.

III. 도요 · 물떼새류의 서식지 이용 특성

1. 서론

과거 경제성장을 위해 파괴되었던 갯벌의 가치가 1990년대 이후 새롭게 재평가되면서 그 중요성이 날로 커지고 있다. 또한 수조류의 서식지이자 중간기착지인 갯벌은 취식 및 휴식장소로 이용하고 있으며, 이동성이 강한 섭금류는 시베리아의 번식지와 호주의 월동지를 이동하며 서식한다(Barter, 2002). 도요 · 물떼새류는 갯벌 생태계에서 먹이 단계의 최상위 포식자 위치에 있으며, 장거리를 이동함에 따라 이동에 필요한 에너지를 갯벌에서 얻고 있다. 먹이원인 대형저서동물은 육수나 해양의 밑바닥, 암반, 모래, 펄 등의 기질(基質, substrata)에 서식하는 생물을 총칭한다. 전 세계 약 120만여 종 33개 Phylum이 있으며, 다양한 분류군 중에서 가장 우점하는 Phylum은 환형동물문(Phylum Annelida)의 다모류(Polychaeta), 연체동물문(Phylum Mollusca)의 이매패류(Bivalvia)와 복족류(Gastropod), 절지동물문(Phylum Arthropoda)의 갑각류(Crustacea) 등 3개이다(윤과 홍, 2003). 이들 대형저서동물은 행동학적으로 정주성이 강하고 이동성이 적어 급성 또는 만성적인 서식지의 교란에 반응하여 도피하는데 한계가 있다. 그리고 개체의 수명이 길어 환경오염의 정도를 반영하는 생물이다(Dauer *et al.*, 2000). 대형저서동물은 상위 포식자에게 에너지 전달자로서 에너지순환의 측면에서 매우 중요한 역할을 한다(Diaz *et al.*, 2004; Dauvin *et al.*, 2007). 특히 대형저서동물의 종수, 밀도, 군집구조는 연안습지의 안정성과 건강도 평가, 환경교란의 감시인자로 매우 중요하다(Wildsmith *et al.*, 2009). 서 · 남해안은 과거 매립 등으로 인한 물리적 요인이 크게 작용한 지역으로 해역에 있어 퇴적물에 큰 영향을 주게 되고, 침식작용과 퇴적의 변화는 저서생물의 분포에 영향을 준다(Snaders, 1962; Flint, 1980; Koh and Shin, 1988).

이동성이 강한 수조류는 에너지를 연안습지인 갯벌에 서식하는 저서동물로부터 얻고 있으며, 포식자와 피식자의 관계로(Hale, 1980; Wilson, 1988; Zwarts,

1988; 이, 2000a) 서로 깊은 연관성이 있다. 중간기착지에서 충분한 지방과 단백질 에너지를 축적하지 않으면, 먼 거리를 이동한 후 번식에 실패할 확률이 떨어지고 개체수가 감소하게 된다(Zwarts, 1988; 이, 2000a). 도요·물떼새류는 이동시기에 국내 갯벌에서 대규모 무리를 지어 서식하기 때문에 이들의 먹이원인 저서동물의 다양성과 밀도는 이들의 생존에 결정적인 요인이 될 것이다. 국내 갯벌에서의 도요·물떼새의 먹이원에 관한 연구는 일부 종의 취식행동과 취식량(이, 2000a), 간조 주기에 따른 취식행동의 변화(남, 1997), 취식행동과 식물 조사(김, 1993; 김, 1995) 등이 수행되어 왔다. 장거리를 이동하는 수조류는 해당 서식지 내에서 적합한 먹이원을 먹는 적응력이 있어, 서식지에 따라 먹이원이 달라질 수 있다(이, 2000). 즉 먹이원을 구하기 쉬운 지역을 선택하며, 먹이의 크기를 선택하여 취식률을 증가시킨다(Zwarts *et al.*, 1996). 이러한 결과는 먹이원의 분포는 도요·물떼새류의 분포에 지대한 영향을 끼칠 것으로 볼 수 있다.

서·남해안 연안습지의 면적이 매립과 간척 등으로 인하여 감소하고 있으며, 이 결과로 도요·물떼새의 개체수 급감하고 있는 상황에서 연안습지 지역의 환경특성과 관련하여 서식지 사용에 대한 연구는 그 지역의 적절한 관리와 도요·물떼새의 보전을 위해 매우 중요하다(Granadeiro *et al.*, 2007). 도요·물떼새류의 분포에 가장 큰 영향을 끼치는 먹이원인 대형저서동물의 분포는 훼손된 연안습지를 피해 유입되는 도요·물떼새류의 생존에 가장 큰 요소가 될 것이다. 이에 대형저서동물의 다양성과 개체군은 도요·물떼새류의 종수와 개체군의 크기에 큰 영향을 줄 것으로 추정할 수 있다. 따라서 감소하는 도요·물떼새류의 보호 및 관리를 위하여 퇴적환경, 잠재적 식물과 도요·물떼새류의 상호관계를 알아보고 수조류의 보전 및 효과적인 보호 관리방안을 마련하는데 필요한 자료를 제공하기 위해 수행되었다.

2. 연구 방법

1) 대형저서동물 채집

9개 지역(유부도는 서천갯벌에 포함)을 대상으로 저서동물상을 파악하기 위하여 각 지역에 최소 2개에서 4개의 측선을 설정하였다. 조사는 각 측선을 따라서 4개의 정점을 설정한 후 저서동물의 채집을 실시하였다. 저서동물 채집은 계절별 조사를 원칙으로 하였으며, 수조류의 조사 시기와 일치하거나 비슷한 시기에 진행하였다. 저서동물의 채집을 위해 간조시 각 정점으로 도보로 이동한 후 박스코어(20cm X 25cm X 30cm)를 이용하여 퇴적물 시료를 각 정점에서 3회씩 반복 채취하여 시료 포대에 넣고 입구를 묶은 다음 부표를 달고 만조시 선박을 이용하여 인양하였다. 인양된 퇴적물은 선상에서 1mm 망목의 표준체 위에서 체질하여 펄을 제거한 다음 잔존물을 플라스틱 샘플 병에 담아 10%의 해수 중성 포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 실험실에서는 저서동물을 각 동물 군별로 선별하여 종 수준까지 동정하였으며, 각 종별 개체수를 세었다. 종 수준까지 동정이 어려운 경우에는 상위 분류군까지 동정하였다. 선별된 저서동물은 동물 군별로 0.01g까지 측정할 수 있는 전자저울을 사용하여 습중량(wet wt., g)을 측정하였다. 이때 연체동물의 경우 패각의 무게를 포함시켰다. 동정된 자료는 단위 면적당(m²) 개체수 및 생체량으로 환산하여 분석에 사용하였다.

2) 도요·물떼새류 조사 방법

퇴적물과의 관계분석에 사용된 도요·물떼새류는 본 연구에서 조사된 10개 지역 중 강진만, 도암만, 하의도, 대천천하구, 무의도의 5개 지역을 대상으로 격자조사(1kmx1km)를 실시하였다. 퇴적물이 조사된 지점에 해당하는 격자에서 관찰된 도요·물떼새류를 대상으로 분석을 진행하였다. 해당격자에서 관찰된 도요·물떼새류의 종수와, 개체수, 종다양도(H')를 구하였다. 퇴적물이 조사된 지점과 도요·물떼새류가 관찰된 격자가 동일한 격자는 전체 5개 지역에서 186개 격자로 확인되었다.

3) 통계 분석

도요·물떼새류의 서식지 이용 특성을 알아보기 위하여 퇴적환경과 잠재적 식이물이 본 연구에서 조사된 도요·물떼새류에게 어떤 영향을 주는지 알아보기 위하여 상관분석(correlation analysis)을 실시하였다. 통계 프로그램은 SPSS 18.0을 사용하였으며, 비모수 상관계수분석인 스피어만 상관계수분석(spearman correlation coefficient)을 실시하였다.

3. 연구 결과

1) 퇴적물과의 관계

퇴적환경과의 관계를 알아보기 위하여 본 연구지역인 하의도, 도암만, 무의도, 대천천 하구, 강진만의 5개 지역에서 관찰된 도요·물떼새류에 대상으로 퇴적환경과의 관계를 알아보았다. 퇴적환경은 국토해양부와 해양수산부에서 수행한 ‘연안습지 기초조사 - 정밀조사-’의 2009년부터 2013년까지 퇴적환경의 자료를 인용하였으며, 도요·물떼새류가 관찰된 격자에 해당하는 퇴적환경의 조사 결과를 대입하였다. 각 퇴적물의 비율은 0~10%, 11~20%, 21~30%, 31~40%, 41~50%, 51~60%, 61~70%, 71~80%, 81~90%, 91~100%의 10개로 나누어 구분하였으며, 각 도요·물떼새류의 변수를 분석하였다. 도요·물떼새류가 퇴적환경과 잠재적 식이물로부터 받는 영향을 규명하기 위해 퇴적물의 경우 하위요인인 자갈(Gravel), 모래(Sand), 펄(Silt), 점토(Clay)의 함량과 도요·물떼새류의 종수, 개체수, 종다양도(H')를 대상으로 스피어만 상관계수분석(spearman correlation coefficient)을 실시하였다. 비모수 상관분석을 실시하기 앞서 도요·물떼새류의 종수, 개체수, 종다양도(H')의 정규성 검정을 실시하였으며, 정규성을 만족하지 못하여 비모수 상관분석을 하였다.

상관계수분석 결과 퇴적물인 펄(Silt)의 함량은 도요·물떼새류의 종수와 종다양도(H')와 양의 상관관계를 보였다($r=0.148, p<0.05, r=0.196, p<0.01$). 반면, 개체수에는 유의한 영향을 주지 않았다($r=0.56, p>0.05$). 모래(Sand)의 함량은 도요·물떼새류의 개체수에 양의 상관관계를 보였다($r=0.197, p<0.01$). 반면, 도요·물떼새류의 종수와 종다양도(H')에는 유의미한 영향을 주지 않았다($r=0.051, p>0.05, r=-0.131, p>0.05$). 점토(Clay)의 함량은 도요·물떼새류의 종수와 개체수에 높은 음의 상관관계를 보였으나($r=-0.249, p<0.001, r=-0.387, p<0.001$), 종다양도(H')에는 유의미한 관계가 나타나지 않았다($r=0.019, p>0.05$). 따라서 퇴적물 중 펄(Silt)의 비중이 높을수록 종수와 종다양도가 증가하는 경향을 보였고, 모래(Sand)의 함량은 도요·물떼새류 개체수에 긍정적인 영향을 주었다. 반면, 점토(Clay)의 함량은 도요·물떼새류

의 종수와 개체수에 악영향을 주었다(Table 10).

Table 10. Correlation between shorebird communities and sediments (Spearman correlation coefficient)

Spearman's rho	gravel	sand	silt	clay
N.S. (n=186)	-0.049 $p > 0.05$	0.051 $p > 0.05$	0.148 $p < 0.05$	-0.249 $p < 0.001$
Waders N.I. (n=186)	-0.023 $p > 0.05$	0.197 $p < 0.01$	0.056 $p > 0.05$	-0.387 $p < 0.001$
H' (n=186)	-0.079 $p > 0.05$	-0.119 $p > 0.05$	0.196 $p < 0.01$	0.033 $p > 0.05$

Note :

^a N.S. : Number of species, N.I. : Number of individuals, H' : The Shannon diversity index

2) 잠재적 식이물의 군집 현황

(1) 대형저서동물의 종수

조사기간 동안 대형저서동물의 현황을 파악한 결과, 도암만에서 168종으로 가장 많은 저서동물의 종수가 확인되었다. 다음으로, 무의도가 136종, 장봉도 117종, 강진만 113종 등의 순이었다. 반면, 서천갯벌에서 59종으로 가장 적은 종수가 확인되었다(Table 11). 분류군별로 보면, 다모류는 도암만에서 가장 많은 60종이 확인되었으며, 다음으로 장봉도 47종, 무의도 43종, 증도 40종 등의 순이었다. 하의도는 23종으로 가장 적었다. 연체동물은 도암만에서 가장 많은 50종이 확인되었으며, 다음으로 무의도 45종, 강진만 36종, 장봉도 29종 등의 순으로 출현하였다. 반면 서천갯벌은 7종으로 가장 적었다. 갑각류는 대천천에서 36종으로 가장 많은 종수가 확인되었으며, 다음으로 무의도 35종, 장봉도와 강진만 32종이 출현하였다. 반면, 서천갯벌은 17종으로 가장 적었다.

Table 11. Number of species per macrobenthos taxon that appeared at the nine coastal wetlands in south-west coasts

	GJ ^a	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU
Polychaeta	39	36	37	60	43	31	47	40	23
Mollusca	36	28	23	50	45	7	29	12	16
Crustacea	32	31	36	22	35	17	32	30	19
Echinodermata	2	1	2	4	7	1	3	4	-
Total	113	102	102	168	136	59	117	86	61

Note :

^a GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is.

(2) 대형저서동물의 밀도 비교

9개 지역에서 출현한 대형저서동물의 밀도(ind./m²)를 비교 분석하였다. 9개 지역 중 무의도가 밀도 2,130개체/m²를 보여 가장 높았고, 다음으로 도암만이 701개체/m², 하의도가 695개체/m², 서천갯벌과 장봉도가 573개체/m²등의 순이었다(Table 12). 분류군별로 보면, 다모류는 서천갯벌에서 458개체/m²를 보여 가장 높았고, 하의도에서 368개체/m², 도암만에서 298개체/m², 증도에서 269개체/m² 등의 순이었다. 반면, 장봉도에서 97개체/m²로 가장 낮았다. 연체동물은 무의도에서 1,562개체/m²로 가장 높은 밀도를 보였으며, 다음으로 하의도에서 293개체/m², 장봉도에서 267개체/m², 대천천에서 166개체/m² 등의 순이었다. 반면, 서천갯벌에서 23개체/m²로 가장 낮았다. 갑각류는 무의도에서 414개체/m²로 가장 높은 밀도를 보였으며, 다음으로, 곰소만에서 288개체/m², 도암만에서 231개체/m², 장봉도에서 195개체/m² 등의 순이었다. 반면, 하의도에서는 32개체/m²으로 가장 낮았다.

Table 12. Density per macrobenthos taxon that appeared at the nine coastal wetlands in south-west coasts

	GJ ^a	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU
Polychaeta	210	151	209	298	146	484	97	269	368
Mollusca	154	122	166	151	1,562	23	267	59	293
Crustacea	132	288	109	231	414	57	195	51	32
Echinodermata	1	1	1	8	4	2	2	24	-
Total	502	570	489	701	2,130	573	573	403	695

Note :

^a GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Hauido Is.

(3) 대형저서동물의 생체량 비교

9개 지역에서 출현한 대형저서동물의 생체량(g/m²)을 비교 분석하였다. 9개 지역 중 도암만이 생체량 304.8g/m²으로 가장 높았으며, 다음으로 강진만이 301.6g/m², 대천천에서 155.03g/m², 곰소만에서 139.24g/m² 등의 순이었다(Table 13). 반면 장봉도에서는 12.09g/m²의 생체량을 보여 9개 지역 중 가장 낮았다. 분류군별로 보면 다모류는 강진만에서 21.2g/m²으로 가장 높았으며, 대천천 하구는 13.35g/m², 서천갯벌 4.82g/m², 증도 4.28g/m² 등의 순으로 나타났다. 반면, 장봉도는 0.84g/m²로 가장 낮았다. 연체동물은 도암만에서 272.6g/m²로 가장 높은 생체량을 나타냈으며, 다음으로 강진만 250.3g/m², 곰소만 100.76g/m², 대천천 93.475g/m² 등의 순이었다. 반면, 서천갯벌에서 4.34g/m²의 생체량을 보여 가장 낮았다. 갑각류는 대천천에서 43.225g/m²로 가장 높았고, 강진만 26.3g/m², 곰소만 26.24g/m², 무의도 16.4g/m² 등의 순이었다. 반면, 장봉도에서 3.63g/m²으로 가장 낮았다.

Table 13. Biomass per macrobenthos taxon that appeared at the nine coastal wetlands in south-west coasts

	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU
Polychaeta	21.2	4.48	13.35	6	3.8	4.82	0.84	4.28	11.4
Mollusca	250.3	100.76	93.475	272.6	48.1	4.34	6.53	19.66	5
Crustacea	26.3	26.24	43.225	10.3	16.4	5.35	3.63	6.85	14.4
Echinodermata	1.9	6.13	0.05	11.5	5.2	1.23	0.95	0.17	0
Total	301.6	139.24	155.025	304.8	85.6	16.18	12.09	30.95	30.9

Note :

^a GJ : Gangjin Bay, GS: Gomso Bay, DC: Daecheoncheon estuary, DA: Doam Bay, MU: Muuido Is., SC: Seocheon tidal flat, JB: Jangbongdo Is., JD: Jeungdo Is. HU: Huidoo Is.

3) 잠재적 식이물과의 관계

잠재적 식이물과의 관계는 본 연구지역인 9개 지역에서 조사된 도요·물떼새류와 식이물인 대형저서동물을 대상으로 실시하였다. 잠재적 식이물의 세부 분류군인 Polychaeta, Mollusca, Crustacea, Echinodermata의 종수, 밀도, 생체량과 도요·물떼새류의 종수, 개체수, 종다양도(H')를 대상으로 스피어만 상관계수분석(spearman correlation coefficient)을 실시하였다. 비모수 상관분석을 실시하기 앞서 도요·물떼새류의 종수, 개체수, 종다양도(H'), 대형저서동물의 종수, 밀도, 생체량의 정규성 검정을 실시하였으며, 정규성을 만족하지 못하여 비모수 상관분석을 실시하였다.

상관계수분석 결과 대형저서동물 중 Polychaeta의 종수($r=0.475$, $p<0.001$)와 밀도($r=0.355$, $p<0.05$), Echinodermata의 생체량($r=0.402$, $p<0.005$)은 도요·물떼새류의 종수에 유의한 양의 상관관계를 보였으며, Mollusca의 밀도는 도요·물떼새류의 종수에 유의한 음의 상관관계가 있었다($r=-0.397$, $p<0.005$). 반면, Polychaeta의 생체량과 Mollusca의 종수와 생체량, Crustacea의 종수, 밀도, 생체량, Echinodermata의 종수와 밀도는 도요·물떼새의 종수에 영향을 주지 않았다(Table 13, Figure 24).

도요·물떼새류의 개체수와 Polychaeta의 종수($n=50$, $r=0.381$, $p<0.01$)와 밀도($n=50$, $r=0.363$, $p<0.01$), Echinodermata의 생체량($n=50$, $r=0.476$, $p<0.001$)은 유의한 양의 상관관계를 보였으며, Mollusca의 밀도는 도요·물떼새류의 개체수에 유의한 음의 상관관계를 보였다($n=50$, $r=-0.441$, $p<0.001$). 반면, Polychaeta의 생체량, Mollusca의 종수, 생체량, Crustacea의 종수, 밀도, 생체량, Echinodermata의 종수, 밀도는 도요·물떼새류의 개체수에 영향을 주지 않았다(Table 13, Figure 24).

도요·물떼새류의 종다양도(H')와 Polychaeta의 종수($n=50$, $r=0.365$, $p<0.01$), 밀도($n=50$, $r=0.351$, $p<0.05$), Echinodermata의 생체량($n=50$, $r=0.419$, $p<0.005$)은 유의한 양의 상관관계를 보였으며, Mollusca의 종수($n=50$, $r=-0.319$, $p<0.05$)와 밀도($r=-0.387$, $p<0.01$)와 유의한 음의 상관관계를 보였다. 반면, Polychaeta의 생체량과 Mollusca의 생체량, Crustacea의 종수와 밀도, 생체량, Echinodermata의 종수와 밀도는 도요·물떼새류의 종다양도(H')에 영향을 주지 않았다(Table

13, Figure 24).

도요·물떼새류의 종균등도(Hp)와 Polychaeta의 밀도, 생체량과 유의한 상관관계를 보였다($r=0.284$, $p<0.05$, $r=0.296$, $p<0.05$). 반면 Polychaeta의 종수와 Mollusca, Crustacea, Echinodermata의 종수, 밀도, 생체량은 도요·물떼새류의 종균등도(Hp)에 영향을 주지 않았다(Table 13, Figure 24).

종풍부도(Da)는 Polychaeta의 종수($r=0.468$, $p<0.001$)와 생체량($r=0.374$, $p<0.01$), Mollusca의 생체량($r=0.346$, $p<0.05$)과 유의한 양의 상관관계를 보였다. 반면 Polychaeta의 밀도와 Mollusca의 종수, 밀도, Crustacea의 종수, 밀도, 생체량, Echinodermata의 종수, 밀도, 생체량은 도요·물떼새류의 종풍부도(Da)에 영향을 주지 않았다(Table 13, Figure 24).

Table 14. Correlation between shorebird communities and macrobenthos using the spearman correlation coefficient

	Polychaeta			Mollusca			Crustacea			Echinodermata		
	N ^a	D	B	N	D	B	N	D	B	N	D	B
Waders	N	0.475 $p<0.001$	0.355 $p<0.05$	-0.083	-0.021	-0.397 $p<0.05$	-0.071					0.402 $p<0.001$
	T ^b	0.381 $p<0.01$	0.363 $p<0.01$	-0.123	-0.344 $p<0.01$	-0.441 $p<0.001$	-0.220					0.476 $p<0.001$
	H'	0.365 $p<0.01$	0.351 $p<0.05$	-0.177	-0.205	-0.387 $p<0.01$	-0.246					0.419 $p<0.001$
	Hp	0.443 $p<0.01$	0.284 $p<0.05$	0.296 $p<0.05$	-0.065	-0.225	0.266					
	Da	0.468 $p<0.001$	0.092	0.374 $p<0.01$	0.286 $p<0.05$	-0.138	0.346 $p<0.05$					

Note :

^a N : No. of species, D : Density(ind./m²), B : Biomass(g/m²)

^b T : Total of individuals, H' : The Shannon diversity index, Hp : Heip evenness index from Brower *et al.* (1990), Da : the Margalef diversity index.

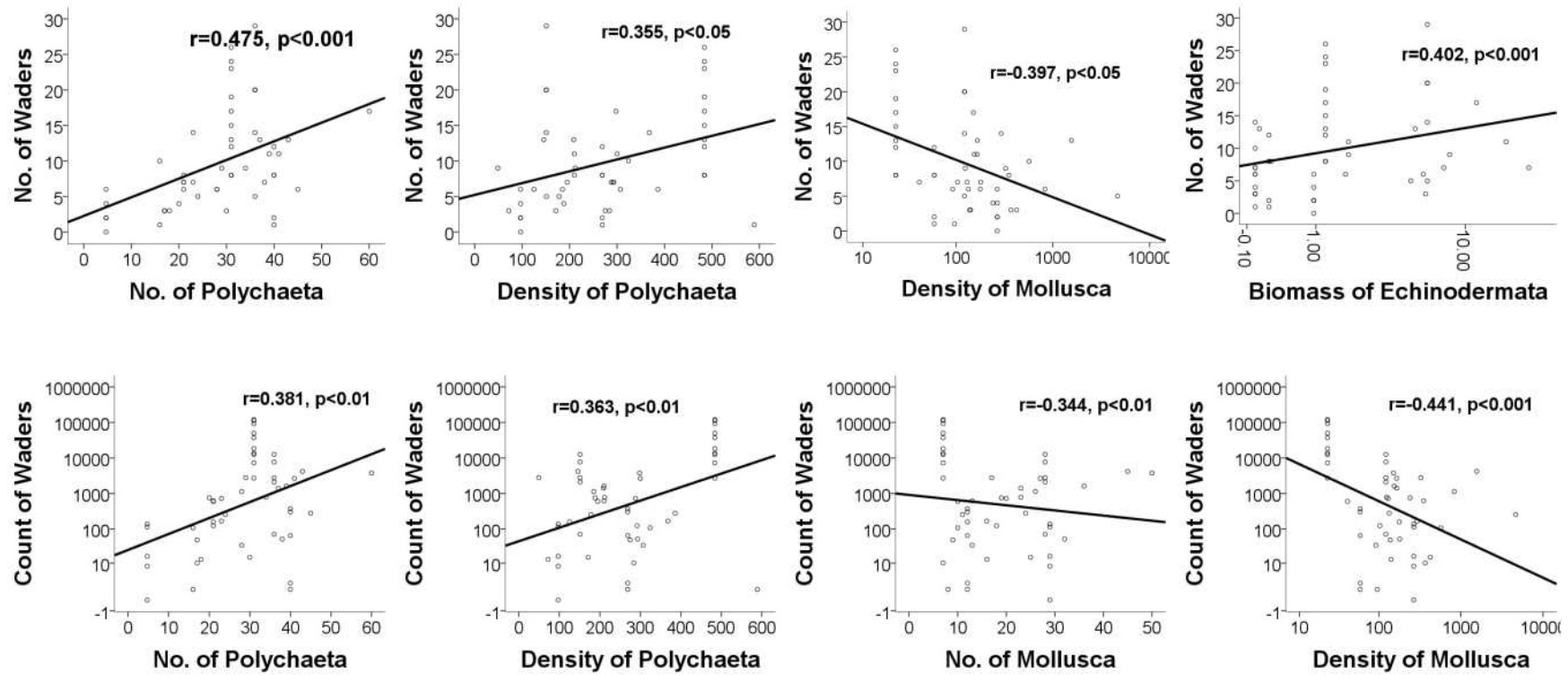


Figure 24. Relationship between shorebirds and its food source, macrobenthos. The points show the time of investigating shorebirds and macrobenthos.

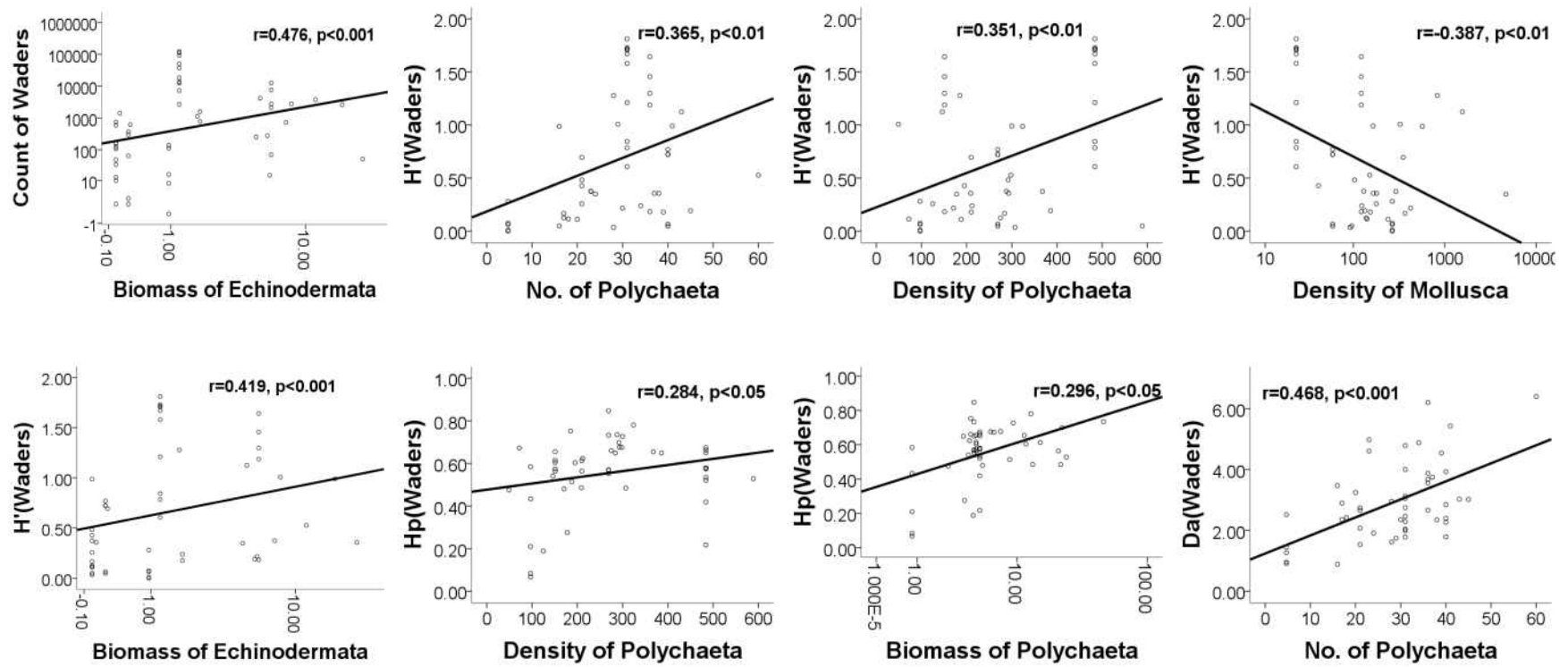


Figure 24. Continued.

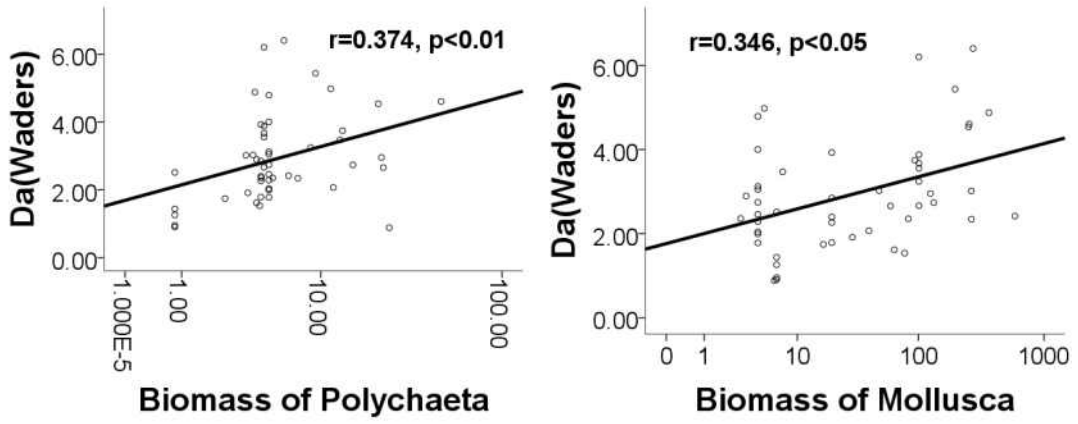


Figure 24. Continued.

4. 고찰

시베리아의 번식지와 호주 및 동남아 월동지로 이동하는 도요·물떼새류는 갯벌과 해안 등에 서식하면서 취식 및 휴식장소로 연안습지를 이용하고 있다. 연안습지 중 조간대는 다양한 대형저서동물들이 높은 밀도로 서식하고 있어 도요·물떼새류는 대형저서동물과 상호 밀접한 관계를 가지고 있다(Lee *et al.*, 1999a). 먹이원인 대형저서동물의 분포가 도요·물떼새류의 분포에 큰 비중을 차지하고 있으며, 장거리 이동경로를 가진 도요·물떼새류에게 대형저서동물의 중요성이 가장 크다고 하였다(박, 1995; 이, 1995; 이, 2000b). 서·남해안 갯벌에 도래하는 도요·물떼새류는 봄철과 가을철에 개체수가 크게 증가하고, 잠재적 식이물은 겨울철 낮은 온도에 비활동적이었다가, 봄철부터 가을철까지 성장을 한다(이, 2000b). 이 시기에 먹이원을 충분히 섭취하지 못하여 에너지 축적이 원활하지 않을 경우, 번식지로 이동한 후 번식에 실패할 가능성이 크다(Zwarts, 1988). 최근 도요·물떼새류의 서식지가 훼손되었고 이에 개체수가 급감하여 절멸위기에 놓인 요즘 서식지 보호와 도요·물떼새류의 개체수 증가를 위한 연구는 필수적인 사항이라 할 수 있다. 따라서 서·남해안을 중간기착지로 이용하며, 에너지를 축적하는 도요·물떼새류의 잠재적인 식이물과 퇴적환경 등과의 관계를 살펴 보았다.

먼저 퇴적환경과 도요·물떼새류의 관계를 살펴보면, 퇴적물 중 펄은 도요·물떼새류의 종수와 종다양도(H')에 긍정적인 영향을 주는 것으로 확인되었다. 펄 함량은, 대형저서동물과 양의 상관관계를 보였으며(정 등, 2014) 펄 함량이 높을 경우 잠재적 식이물인 대형저서동물의 다양성이 증가하여 도요·물떼새류 종수가 증가하는 긍정적인 영향을 주는 것으로 볼 수 있었다. 또한, 모래의 함량이 많을수록 도요·물떼새의 개체수에 긍정적인 작용을 하는 것으로 확인되었다. 대형저서동물은 펄과 반대로 모래의 함량이 많을수록 대형저서동물과 음의 상관관계를 보이나(정 등, 2014), 도요·물떼새류는 모래의 함량은 긍정적인 관계를 보였다. 이는 만조 시 대부분의 도요·물떼새류는 해수가 유입되지 않은 갯벌이나,

바위, 배후습지 등에서 휴식을 취하는데, 모래톱은 만조에도 상당량의 면적이 노출되어 도요·물떼새류의 휴식지로 이용하기 때문인 것으로 사료된다. 그러나, 간조시에는 모래톱을 선호하는 일부 종을 제외한 도요·물떼새류는 먹이원의 부족으로 유입되지 않을 것으로 추정된다. 점토질은 도요·물떼새류의 종수, 개체수에 부정적인 영향을 주는 것이 확인되었다. 대형저서동물은 점토질(니질)의 함량이 많을수록 출현 종수가 적어지고 밀도가 낮아진다(이 등, 2014). 이에 먹이부족으로 도요·물떼새류의 서식에 부정적인 영향을 주는 것으로 판단된다.

갯벌의 퇴적상 변화에 의해 도요·물떼새류의 잠재적 식이물인 대형저서동물은 민감하게 반응하며(Sanders, 1958), 봄과 가을철에 중간기착하는 개체수가 크게 증가하는 도요·물떼새류는 식이물의 분포에 따라 종수와 개체수에 미치는 영향은 크다(Evans, 1976). 본 연구결과 도요·물떼새류의 종수는 다모류의 종수, 밀도(ind./m²)가 증가하면 비례하여 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 좁도요는 둥근입기수우렁이를 선호하며, 민물도요는 다모류인 소형 갯지렁이류를 취식하는 것으로 알려져 있다(이, 2000b). 이들 식이물은 본 연구 지역에서 출현한 종이었으며, 선호하는 먹이의 풍부성에 의하여 도요·물떼새류의 분포가 영향을 크게 받는 것으로 보인다(이 등, 2002c). 각 도요·물떼새류의 종마다 선호하는 먹이가 달라 대형저서동물의 종수에 의해 다양한 도요·물떼새류의 유입이 이루어지는 것으로 볼 수 있었다. 도요·물떼새의 개체수는 대형저서동물 중 다모류의 종수와 밀도(ind./m²)에 의해 긍정적인 영향을 받는 것으로 확인되었다. 다모류의 종수와 밀도는 양의 관계를 보여 긍정적인 영향을 보였다. 소형도요·물떼새류는 두토막눈썹참갯지렁이와 같은 갯지렁이류가 선호하는 먹이 원이었으며, 주로 길이 8cm이하의 갯지렁이류를 주로 취식한다(박, 2002). 비교적 크기가 작은 두토막눈썹참갯지렁이의 유생 등 갯지렁이류의 유생을 취식하는 것으로 보이며, 봄철 번식 후 개체수가 늘어난 갯지렁이류에 의해 도요·물떼새류의 유입이 이루어지는 것으로 볼 수 있었다. 도요·물떼새류의 종다양도(H')는 다모류의 종수와 개체수에 의해 긍정적인 영향을 받는 것으로 확인되었다. 대형저서동물 군집의 다양도 지수는 겨울철보다 봄과 가을철에 높게 나타나는데, 같은 시기에 섬금류의 종수나 개체수 또한 증가하였다(이, 2000b). 봄과 가을철의 식이물 증가는 이들을 먹이로 하는 소형종의 도요·물떼새류의 군집을 증가시키는 요인이 된다.

그러나, 연체동물은 도요·물떼새류의 종수와 개체수, 종다양도에 부정적인 영향을 주었다. 이시완(2000)에 의하면, 고동류 군집은 섭금류 군집과 밀접한 상관관계를 가진다고 하였으며, 도래시기에 따른 에너지원의 확보와 밀접한 관계가 있다고 하였으나, 과거 연구의 경우 몇몇 일부 종에 대한 결과이며, 본연구의 연체동물의 경우 부정적인 영향을 주었다. 점토와 실트 퇴적물의 함량의 증가는 다모류와 연체동물의 증가를 보이며, 모래의 함량은 감소시키는 경향을 보였다(고등, 1997). 이와 같은 맥락으로 본 연구에서도 다모류와 연체동물에서 도요·물떼새는 매우 밀접한 관계를 보였다.

퇴적환경에 따라 대형저서동물의 분포에 변화가 생기며, 이를 따라 잠재적 식이물인 대형저서동물의 분포 또한 변화하고, 이를 먹이 원으로 하는 도요·물떼새를 포함한 수조류의 취식장소는 다르게 나타날 것이다. 서·남해안 연안습지에 서 도요·물떼새류를 포함한 수조류의 군집은 지속적으로 유지될 것이나, 현재 계속 감소하는 추세에 있다. 서·남해안 연안습지의 매립, 간척 등 공사와 그 결과 발생하는 조류(潮流)의 변화, 장기적인 기후변화 등에 의한 퇴적환경의 변화는 도요·물떼새류를 포함한 수조류의 먹이원의 감소로 이어져 현재 감소하는 특정 수조류의 개체군 감소를 가중시키는 것으로 이해할 수 있을 것이다. 따라서 연안습지 내 펄의 관리는 대형저서동물의 다양성과 개체군의 증가로 이어지고 이는 곧 다양하고 많은 도요·물떼새류의 유입으로 이어질 것으로 판단된다.

IV. 오리류의 서식지 이용 특성

1. 서론

야생동물의 서식지 선택은 먹이 자원과 밀접한 연관이 있으며(유 등, 2008b), 먹이 자원은 이동거리와 분포에 영향을 주며, 행동권내에서 안정적인 먹이가 공급될 경우 행동권의 변화 및 서식지의 이동을 하지 않는다(정 등, 2010, 강 등, 2014). 우리나라 대규모 철새도래지는 대부분 간척 호와 주변의 간척지로 이루어져 있어 수계에 의존하는 수조류는 호수와 간척지를 오가며 서식을 하는 것으로 판단된다. 강태한 등(2014)은 수조류가 인간의 간섭, 기후의 영향 등 큰 방해요인이 없을 경우 장거리의 이동을 하지 않을 것으로 추정된다고 보고하였다.

많은 연구에서 조류의 분포 특성에 환경요인의 중요성이 강조되고 있지만, 조류의 인공적인 서식지 선택과 사용의 이해의 차이로 인한 결과로 인공적인 환경인 논이 포함되어 있지 않다(Elphick *et al.*, 2010). 수조류가 이용하는 인공 서식지 중 논은 이동하는 수조류에 있어 가장 중요한 서식지 중 하나이다(Blanco *et al.*, 2006; Colwell, 2010; Elphick, 2010). 논은 시기에 따라 담수논과 건답 논이 주기적으로 변화하며, 이러한 변화는 수조류의 분포 및 종 구성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Maeda, 2001; 남 등, 2012). 특히 청둥오리를 비롯한 수조류는 논 의존성이 강한 편에 속해있어, 우리나라 대표적인 간척지와 넓은 평야에는 많은 수의 오리·기러기류가 관찰된다. 다양한 수조류는 시기에 따라 논을 이용하는 형태가 다른 것으로 확인된 바 있으며(김 등, 2013; 강 등, 2014), 이동하는 동안 물새의 서식지 선택은 주로 먹이의 가용성에 의해 선택된다(Van Gils *et al.*, 2004; Lourenço *et al.*, 2005; Piersma, 2006).

서해안을 비롯한 서·남해안이 수조류에게 중요한 역할을 하는 것은 연안습지, 간척지 등 넓은 습지가 존재하기 때문이다(이, 2000a). 다양한 분류군이 포함된 수조류는 그 서식지 또한 다양하며, 넓은 면적의 갯벌이 훼손되고, 간척된 농경지가 생성된 지금, 수조류의 서식지로서 연안습지와 간척지 등은 중요도를 비

교하는 것은 어렵다. 수조류는 선호하는 서식지 구성에 따라 분포가 달라, 수조류의 군집 현황 및 서식지 환경 조사로는 수조류의 서식지 구성별 이용은 파악하기에는 한계가 있다. 앞서 본문에서 10개 연안습지에 서식하는 수조류는 서식지 환경에 따라서 분포하는 종의 구성과 개체군이 달라 서식지의 구성 요소에 따라 수조류의 이용 분포가 다른 것이 설명되었다. 이는 수조류의 종마다 선호하는 서식환경이 다른 것을 반증하는 결과이었다. 수조류는 일부 서식지를 휴식지와 취식지 등 서식지마다 이용패턴이 달라 각 서식지간 거리, 환경 변화 등에 의해 각각의 서식지를 이용하는 수조류의 이동거리는 달라질 것으로 보인다. 수조류의 행동권, 이동거리 등은 수조류에 있어 생존과 직결된 문제이며, 우리나라에서 월동, 중간기착지로 이용하는 수조류에 있어 번식지로의 이동에 필요한 에너지를 축적해야하므로(Zwarts, 1988; 이, 2000b), 국내에서의 무리한 이동은 에너지소모를 가중시켜 더 많은 에너지 축적의 요구가 많아질 것으로 사료된다. 따라서 위치추적기를 이용하여, 수조류의 행동권을 알아보고, 각각의 서식지 이용률과 하루이동거리를 파악하여, 수조류와 서식지를 관리를 위한 자료제시에 의의를 두었다.

2. 연구 방법

1) 오리류 포획 및 위치추적기 부착

연구에 이용된 흰뺨검둥오리는 2015년 10월부터 2015년 12월까지 5개 지역(전라북도 동진강, 전라북도 만경강, 충청남도 서천군, 전라남도 해남, 경기도 안성천)에서 Cannon-net을 이용하여 포획을 실시하였다. 포획을 실시하기 전 벼씨를 이용하여 유인하였으며, 유인이 확인된 이후 포획을 실시하였다. 포획된 흰뺨검둥오리는 즉시 새주머니(Bird-Bag)에 넣어 10분에서 20분 정도 안정화 시켰으며, 이후 각 개체별로 무게를 측정하였다. Kenward (1985)에 의해 흰뺨검둥오리 무게 대비 추적기의 무게가 5% 미만인 것이 되기 위해 1kg이상인 개체만을 선별하였으며, 그 결과 20개체에 야생동물 위치추적기를 백팩(Back-Pack)형태로 부착하였다. 외관상 곧바로 방사가 가능할 것으로 판단되는 개체의 경우 부착 후 방사를 실시하였으며, 적응이 필요한 개체로 판단될 경우 불투명한 2m X 2m X 1.5m 크기의 텐트에 넣어 위치추적기 부착에 대한 적응을 시킨 후 방사하였다. 각 위치추적기를 부착한 개체는 원활한 추적을 위해 고유 번호(s045~s064)를 부여하였다. 위치추적에 사용된 야생동물위치추적기(WT-300, GPS-Mobile phone based Telemetry)는 GPS를 통해 획득된 좌표를 이동통신 시스템을 기반으로 하는 통신방식(WCDMA)을 통해 통합서버로 보내주는 시스템으로 웹과 모바일로 위치좌표를 확인하였다. GPS좌표는 1일에 2시간 간격으로 12회 획득하였다.

2) 통계 분석

흰뺨검둥오리의 행동권 분석을 위해 획득된 GPS좌표를 ArcGIS 9.x(ESRI Inc.) 및 ArcGIS용 Extension인 Hawth's Analysis Tool의 Animal Movement Tool을 이용하여 분석하였다. 본 연구에서는 최소블록다각형법(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. 그리고 서식지 이용률 파악하기 위해 토지피복도와 ArcGIS를 이용하여 해당 좌표에 대한 환경을 파악하였으며, 지역별, 시간대별 서식지 이용률의 차이를 보기위해 SPSS v18 프로그램을 이용하여 카이제곱 분석과 One-way-Anova(일원배치 분산분석)을 실시하였으며, 사후검증은 Scheffe와 Dunnett T3를 이용하였다.

좌표간 이동거리를 구하여, 하루이동거리를 파악하였으며, 지역별 평균 이동거리는 지역별 전체 개체의 평균 이동거리를 구하였다. 지역별 하루이동거리의 차이는 우선 Shapiro Wilk test(정규성 검정)를 실시하여 정규성이 만족되지 않아 Kruskal - Wallis (비모수 검정)을 통해 비교하였으며, 사후검증은 Mann Whitney U test를 이용하여 지역별 차이를 검증하였다. 두 좌표간 이동거리를 구하는 공식은 다음과 같다

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

3. 연구 결과

1) 행동권분석

(1) 위치추적기 부착 현황

5개 지역에서 흰뺨검둥오리 20개체를 포획하여 야생동물위치추적기(WT-300)를 부착하였다. 20개체의 평균 체중은 $1,241\pm 104.9\text{g}$ 이었으며, 추적기간은 평균 63 ± 16.1 일, 719 ± 201.1 회의 좌표를 수신하였다(Table 15).

동진강에서는 5개체에 위치추적기를 부착하였다. 5개체의 평균 체중은 $1,218\pm 110\text{g}$ 이었으며, 추적기간은 평균 83 ± 16 일이었으며, 위치좌표 수신은 평균 989 ± 193 회 이었다(Table 15). 서천 봉선저수지에서 1개체에 위치추적기를 부착하였다. 개체번호 s050의 체중은 $1,330\text{g}$ 이었으며 2015년 11월 19일에 위치추적기를 부착하여 2016년 2월 5일까지 78일간 935개의 위치좌표를 수신하였다(Table 15). 해남 산수저수지에서 4개체에 위치추적기를 부착하였다. 4개체의 체중은 평균 $1,270\pm 80\text{g}$ 이었으며, 추적기간은 평균 63 ± 8 일이었으며, 위치좌표 수신은 평균 620 ± 59 회 수신되었다. 개체번호 s051의 체중은 $1,180\text{g}$ 이었으며 2015년 11월 26일에 위치추적기를 부착하여 2016년 1월 21일까지 56일간 536개의 위치좌표를 수신하였다(Table 15). 만경강에서 3개체에 위치추적기를 부착하였다. 3개체의 체중은 평균 $1,258\pm 70\text{g}$ 이었으며, 추적기간은 평균 56 ± 6 일이었고, 위치좌표 수신은 평균 631 ± 63 회 수신되었다. 개체번호 s055의 체중은 $1,275\text{g}$ 이었으며, 2015년 12월 7일에 위치추적기를 부착하여 2016년 1월 23일까지 47일간 566회의 위치좌표를 수신하였다(Table 15). 안성천에서 7개체에 위치추적기를 부착하였다. 7개체의 체중은 평균 $1,221\pm 120.4\text{g}$ 이었으며, 추적기간은 평균 50 ± 1.7 일이었고, 위치좌표 수신은 평균 589 ± 25.1 회 이었다(Table 15).

Table 15. Status and migration period of 20 spot-billed ducks with Wild-Tracker (WT-300)

Caught area	ID	Weight (g)	Tracking period	Battery lifespan	No. of GPS fixed
	s045	1,195	2015. 10. 21 - 2016. 02. 05	107	1,283
	s046	1,100	2015. 11. 02 - 2016. 02. 02	92	1,108
Dongjin	s047	1,265	2015. 11. 02 - 2016. 01. 12	71	861
	s048	1,405	2015. 11. 02 - 2016. 01. 03	62	728
	s049	1,125	2015. 11. 02 - 2016. 01. 23	82	966
Seocheon	s050	1,330	2015. 11. 19 - 2016. 02. 05	78	935
	s051	1,180	2015. 11. 26 - 2016. 01. 21	56	536
Haenam	s052	1,250	2015. 11. 26 - 2016. 02. 04	70	603
	s053	1,400	2015. 11. 26 - 2016. 02. 04	70	699
	s054	1,250	2015. 11. 26 - 2016. 01. 19	54	643
	s055	1,275	2015. 12. 07 - 2016. 01. 23	47	566
Mangyung	s056	1,165	2015. 12. 07 - 2016. 02. 05	60	717
	s057	1,335	2015. 12. 07 - 2016. 02. 05	60	610
	s058	1,425	2015. 12. 15 - 2016. 02. 05	52	622
	s059	1,240	2015. 12. 15 - 2016. 02. 05	52	622
	s060	1,220	2015. 12. 18 - 2016. 02. 05	49	543
Anseong	s061	1,080	2015. 12. 18 - 2016. 02. 05	49	582
	s062	1,100	2015. 12. 18 - 2016. 02. 05	49	584
	s063	1,130	2015. 12. 18 - 2016. 02. 05	49	584
	s064	1,350	2015. 12. 18 - 2016. 02. 05	49	584

(2) 동진강의 흰뺨검둥오리 행동권

동진강에서 야생동물위치추적기(WT-300)을 활용하여 5개체의 흰뺨검둥오리 행동권을 파악한 결과 MCP에 의한 행동권은 220.28km²(Median)이었으며, 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 s045로 1144.77km²이었고, 가장 좁은 행동권을 보인 개체는 s048로 96.15km²이었다(Table 16, Figure 25).

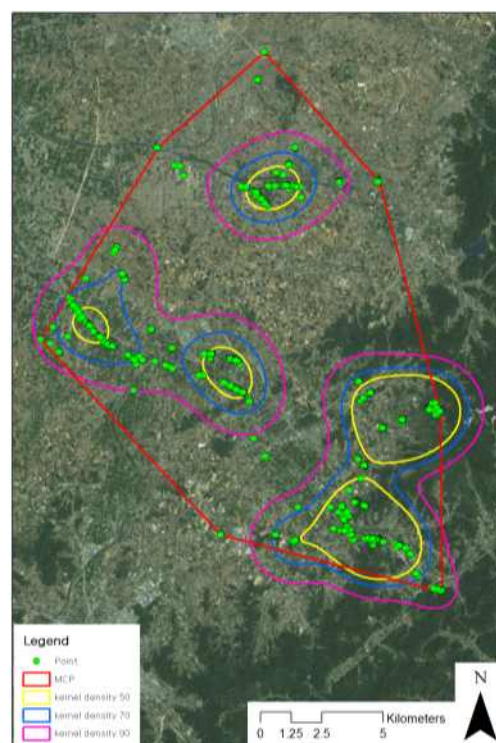
가장 넓은 행동권을 보인 s045번은 부안군 동진강에서 2015년 11월 30일 22시에 전라남도 영광군으로 이동하였다가 당일 동진강으로 복귀 한 좌표가 포함되어 있어 MCP의 면적이 상대적으로 넓게 나타났다. 따라서 s045번을 제외한 나머지 4개체의 행동권의 면적은 210.07km²이었다. KDE 90%의 수준에서 이용분포는 122.70km²(Median)이었다. 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 s047번으로 170.15km²이었으며, MCP에가 가장 넓은 면적을 보인 s045개체는 KDE 90%의 수준의 행동권에서 두 번째로 좁은 면적을 보였다. MCP에서 가장 좁은 면적을 보인 s048번은 KDE 90% 수준에서 71.92km²로 가장 좁은 면적을 보였다. 핵심서식지인 KDE 50%를 기준으로 행동권을 산출한 결과 30.76km²(Median)이었다. 가장 넓은 핵심서식지를 보인 개체는 s046번으로 44.13km²이었으며, 가장 좁은 핵심서식지를 보인 개체는 MCP에서 가장 넓은 행동권을 보인 s045번으로 18.44km²이었다(Table 16, Figure 25).

Table 16. Home range analysis results according to MCP and KDE of five spot-billed ducks with GPS at Dongjin River

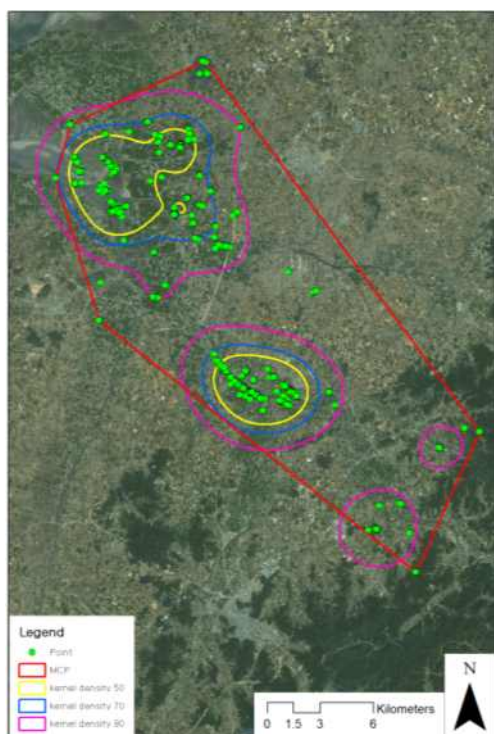
ID	MCP(km ²)	90% KDE(km ²)	70% KDE(km ²)	50% KDE(km ²)	No. of core area
s045	1144.77	112.46	44.49	18.44	1
s046	220.28	127.43	64.01	33.47	5
s047	324.58	170.15	78.60	44.13	3
s048	96.15	71.92	34.84	19.52	2
s049	199.85	122.70	57.32	30.76	2
Median	220.28	122.70	57.32	30.76	



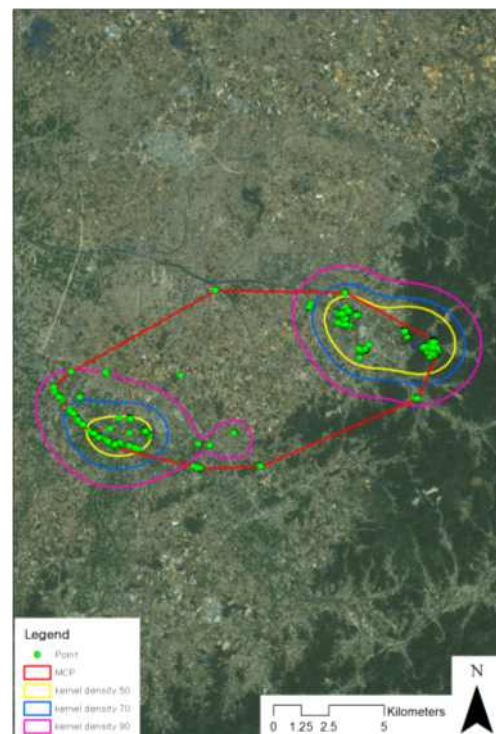
(a) s045



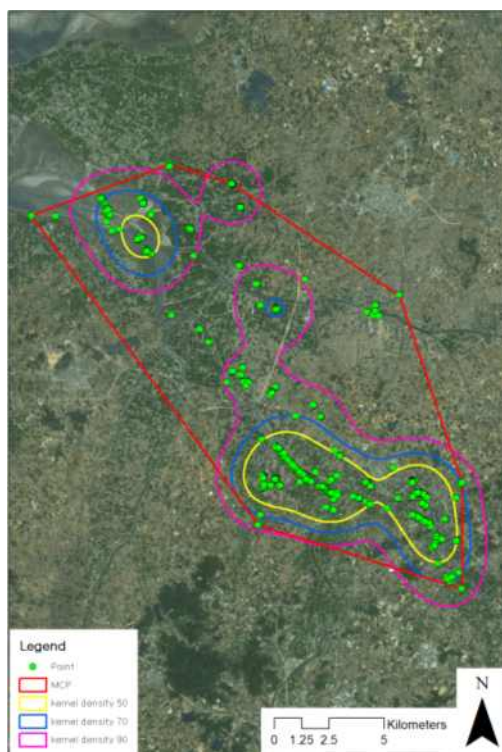
(b) s046



(c) s047



(d) s048



(e) s049

Figure 25. Home range status according to MCP and KDE of five spot-billed ducks with GPS at Dongjin River.

(3) 서천의 흰뺨검둥오리 행동권

서천의 봉산저수지에서 야생동물위치추적기(WT-300)을 활용하여 1개체의 흰뺨검둥오리 행동권을 파악한 결과 MCP에 의한 행동권은 330.99km²이었으며, KDE 90%의 수준에서 이용분포는 169.61km²이었다. KDE 70% 수준에서 87.22km²이었으며, 핵심서식지인 KDE 50%를 기준으로 행동권을 산출한 결과 46.50km²이었다(Table 17, Figure 26).

Table 17. Home range analysis results according to MCP and KDE of spot-billed duck with GPS at Seocheon

ID	MCP(km ²)	90% KDE(km ²)	70% KDE(km ²)	50% KDE(km ²)	No. of core area
s050	330.99	169.61	87.22	46.50	4



Figure 26. Home range status according to MCP and KDE of spot-billed duck with GPS at Seocheon.

(4) 전라남도 해남의 흰뺨검둥오리 행동권

전라남도 해남에서 야생동물위치추적기(WT-300)을 활용하여 4개체의 흰뺨검둥오리 행동권을 파악한 결과 MCP에 의한 행동권은 44.57km²(Median)이었으며, 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 s053으로 102.81km²이었고, 가장 좁은 행동권을 보인 개체는 s051로 26.45km²이었다(Table 18, Figure 27).

KDE 90%의 수준에서 이용분포는 19.57km²(Median)이었다. 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 s053번으로 39.38km²이었으며, 이 개체는 MCP에 가장 넓은 면적을 보인 바 있다. 가장 좁은 면적을 보인 개체는 s054번으로 KDE 90% 수준에서 13.66km²로 가장 좁은 면적을 보였다. KDE 70%를 기준으로 행동권을 산출한 결과 8.54km²(Median)이었다. 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 s053번 개체로 14.34km²이었으며, 가장 좁은 행동권을 보인 개체는 s054번 개체로 6.11km²이었다. 핵심서식지인 KDE 50%를 기준으로 행동권을 산출한 결과 4.27km²(Median)이었다. 가장 넓은 핵심서식지를 보인 개체는 MCP, KDE 90%, 70%에서 가장 넓은 면적을 보인 s053번으로 5.95km²이었으며, 가장 좁은 핵심서식지를 보인 개체는 s054번으로 3.16km²이었다(Table 18, Figure 27).

Table 18. Home range analysis results according to MCP and KDE of four spot-billed ducks with GPS at Haenam

ID	MCP(km ²)	90% KDE(km ²)	70% KDE(km ²)	50% KDE(km ²)	No. of core area
s051	26.45	15.96	7.06	3.54	1
s052	46.23	23.18	10.01	5.00	1
s053	102.81	39.38	14.34	5.95	1
s054	42.90	13.66	6.11	3.16	1
Median	44.57	19.57	8.54	4.27	

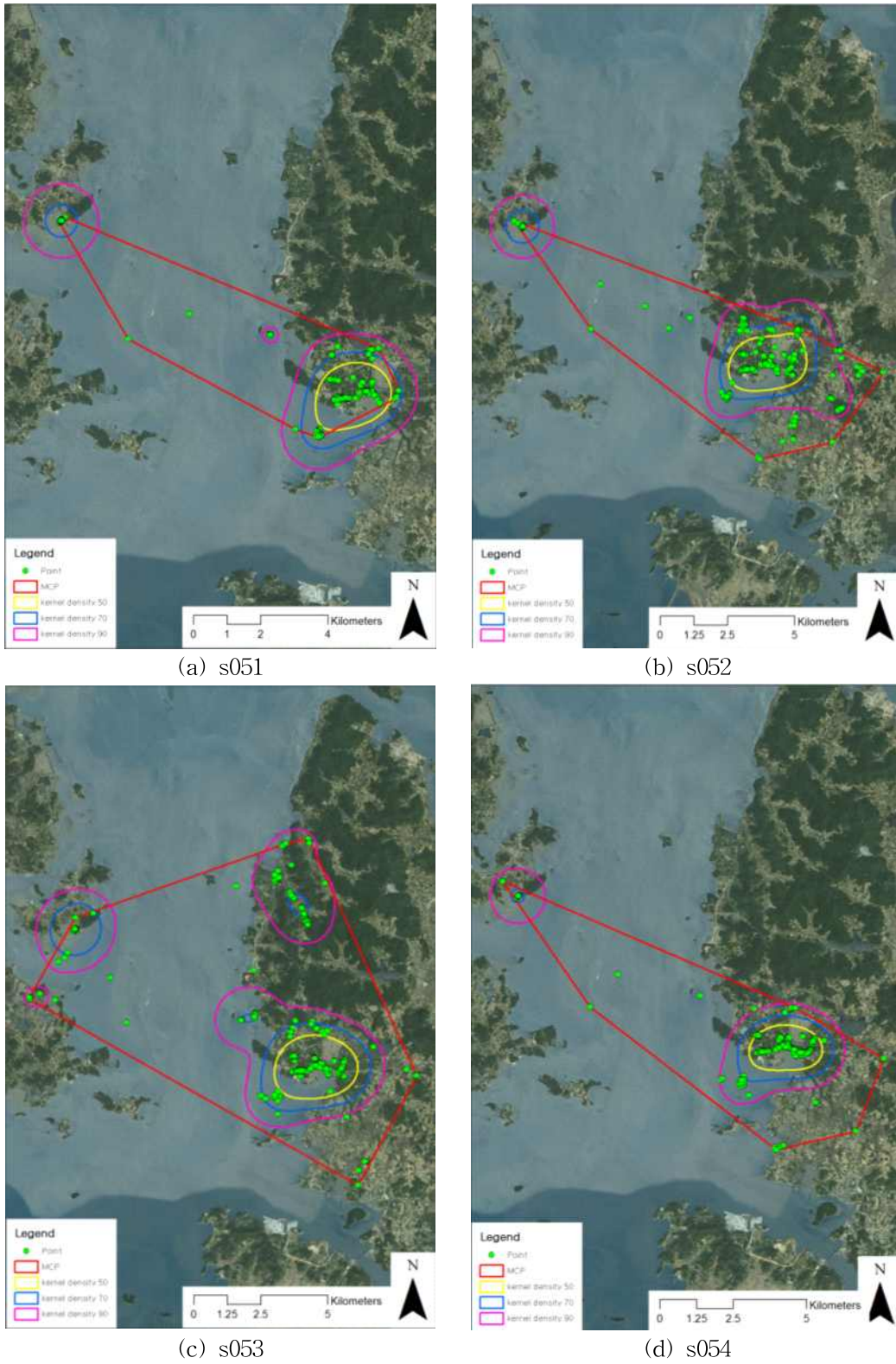


Figure 27. Home range status according to MCP and KDE of four spot-billed ducks with GPS at Haenam.

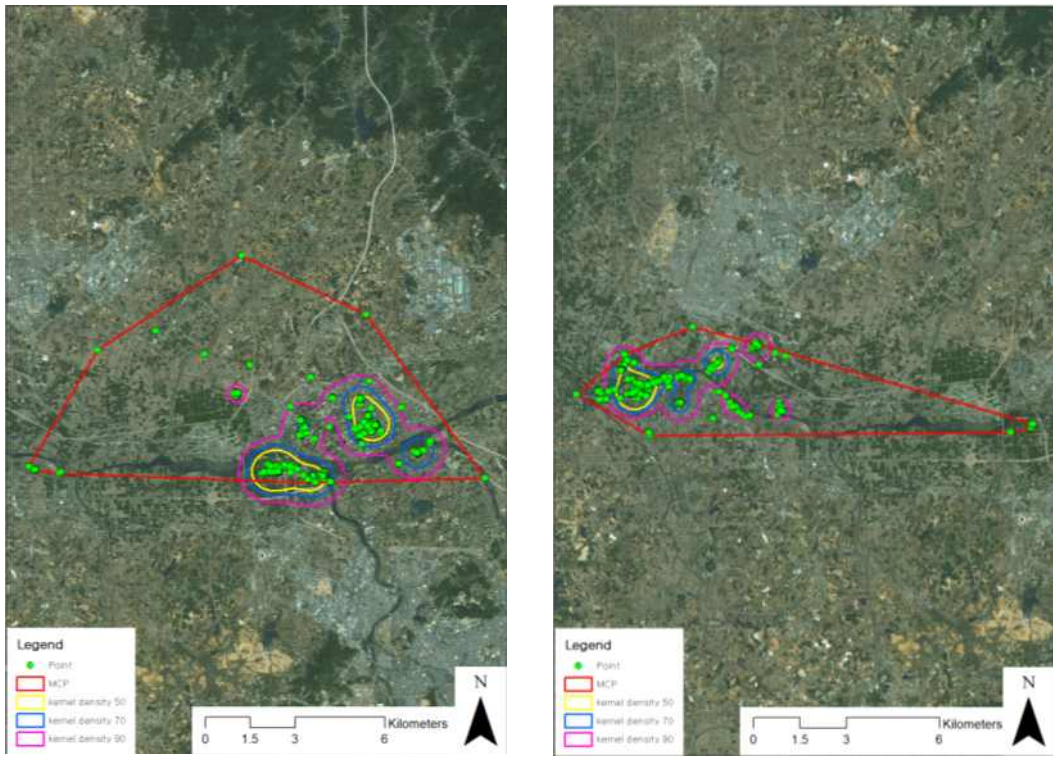
(5) 만경강의 흰뺨검둥오리 행동권

만경강에서 야생동물위치추적기(WT-300)을 활용하여 3개체의 흰뺨검둥오리 행동권을 파악한 결과 MCP에 의한 행동권은 71.57km²(Median)이었으며, 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 s057로 994.53km²이었고, 가장 좁은 행동권을 보인 개체는 s056로 29.23km²이었다. 가장 넓은 행동권을 보인 s057번은 만경강에서 서식하다 2016년 1월 19일에 전라남도 담양군의 황룡강으로 이동하여 서식하였다. 따라서 MCP의 면적이 크게 넓은 것으로 보인다(Table 19, Figure 28).

KDE 90%의 수준에서 이용분포는 16.12km²(Median)이었다. 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 s057번으로 894.27km²이었으며, 가장 좁은 면적을 보인 개체는 s056번으로 KDE 90% 수준에서 8.47km²로 가장 좁은 면적을 보였다. KDE 70%를 기준으로 행동권을 산출한 결과 7.29km²(Median)이었다. 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 s057번 개체로 457.46km²이었으며, 가장 좁은 행동권을 보인 개체는 s056번 개체로 3.31km²이었다. 핵심서식지인 KDE 50%를 기준으로 행동권을 산출한 결과 3.77km²(Median)이었다. 가장 넓은 핵심서식지를 보인 개체는 MCP, KDE 90%, 70%에서 가장 넓은 면적을 보인 s057번으로 256.02km²이었으며, 가장 좁은 핵심서식지를 보인 개체는 s054번으로 1.35km²이었다. 장거리를 이동하여 서식한 s057을 제외한 두 개체는 핵심서식지가 4km² 미만의 면적을 보였다(Table 19, Figure 28).

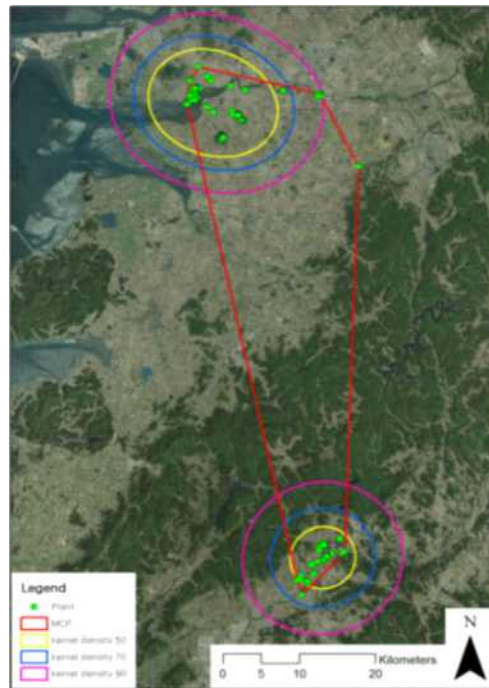
Table 19. Home range analysis results according to MCP and KDE of three spot-billed ducks with GPS at Mangyung River

ID	MCP(km ²)	90% KDE(km ²)	70% KDE(km ²)	50% KDE(km ²)	No. of core area
s055	71.57	16.12	7.29	3.77	2
s056	29.23	8.47	3.31	1.35	2
s057	994.53	894.27	457.46	256.02	2
Median	71.57	16.12	7.29	3.77	



(a) s055

(b) s056



(c) s057

Figure 28. Home range status according to MCP and KDE of three spot-billed ducks with GPS at Mangyung River.

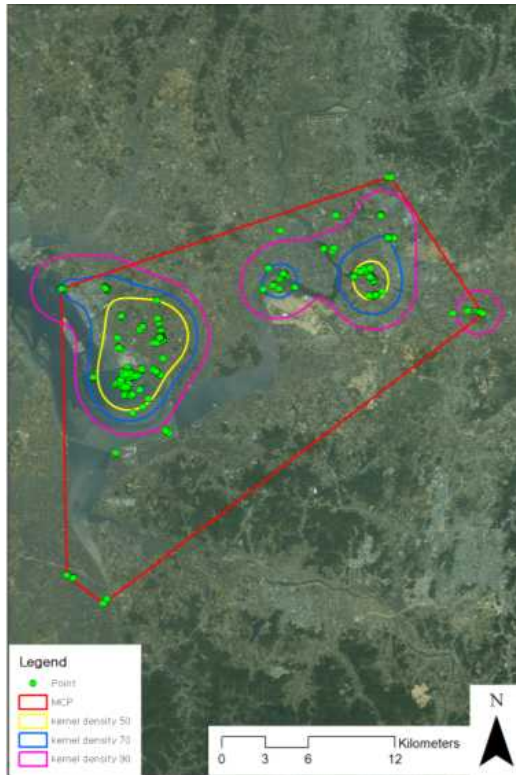
(6) 안성천의 흰뺨검둥오리 행동권

안성천에서 야생동물위치추적기(WT-300)를 활용하여 7개체의 흰뺨검둥오리 행동권을 파악한 결과 MCP에 의한 행동권은 99.48km²(Median)이었으며, 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 s058로 477.43km²이었고, 가장 좁은 행동권을 보인 개체는 s064로 46.91km²이었다. 가장 넓은 행동권을 보인 s058번은 안성천과 아산만, 인근 농경지를 이동하며 서식하였다. 따라서 MCP의 면적이 크게 증가한 것으로 보인다. MCP 100km²이상인 개체는 s058, s059, s063으로 3개체였으며 나머지 4개체는 100km² 미만의 행동권을 보였다(Table 20, Figure 29).

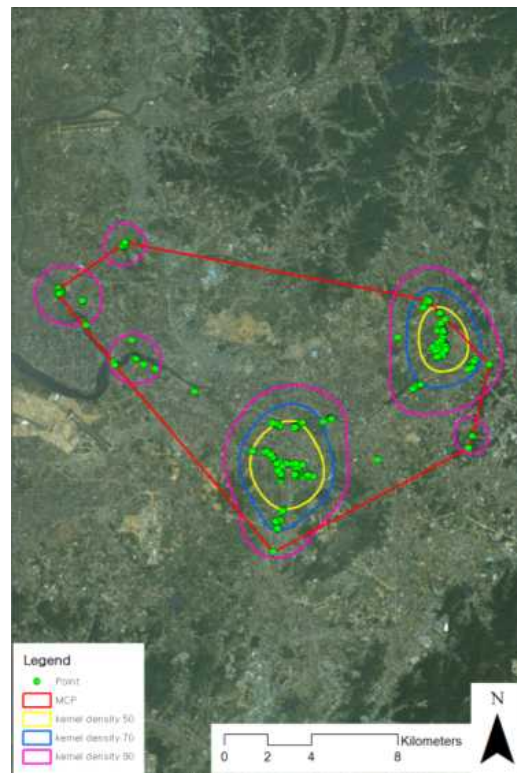
KDE 90%의 수준에서 행동권의 면적은 61.15km²(Median)이었다. 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 s058번으로 185.62km²이었으며, 가장 좁은 면적을 보인 개체는 s060번으로 KDE 90% 수준에서 21.44km²로 가장 좁은 면적을 보였다. KDE 70%를 기준으로 행동권을 산출한 결과 27.02km²(Median)이었다. 가장 넓은 행동권을 보인 개체는 s058번 개체로 84.77km²이었으며, 가장 좁은 행동권을 보인 개체는 s060번 개체로 9.49km²이었다. 핵심서식지인 KDE 50%를 기준으로 행동권을 산출한 결과 13.82km²(Median)이었다. 가장 넓은 핵심서식지를 보인 개체는 MCP, KDE 90%, 70%에서 가장 넓은 면적을 보인 s058번으로 41.69km²이었으며, 가장 좁은 핵심서식지를 보인 개체는 s064번으로 4.32km²이었다. 7개체 중 약 4km²수준의 핵심서식지를 면적을 보인 개체는 3개체였으며, 11~17km²의 면적을 보인 개체는 3개체, 40km²이상 넓은 면적을 보인 개체는 1개체였다(Table 20, Figure 29).

Table 20. Home range analysis results according to MCP and KDE of seven spot-billed ducks with GPS at Anseongcheon

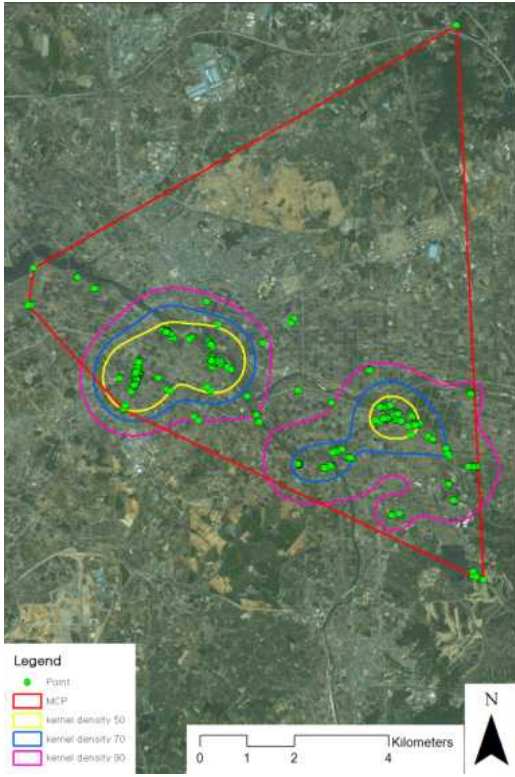
ID	MCP(km ²)	90% KDE(km ²)	70% KDE(km ²)	50% KDE(km ²)	No. of core area
s058	477.43	185.62	84.77	41.69	2
s059	165.54	79.59	31.61	15.94	2
s060	63.56	21.44	9.49	4.74	2
s061	89.81	29.33	10.90	4.58	2
s062	79.28	51.92	22.42	11.69	3
s063	284.55	70.37	32.33	16.54	1
s064	46.91	37.21	12.05	4.32	1
Median	89.81	51.92	22.42	11.69	



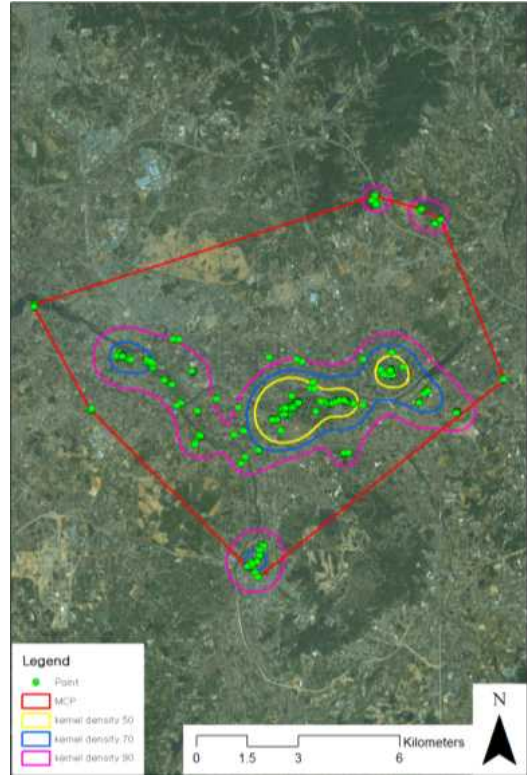
(a) s058



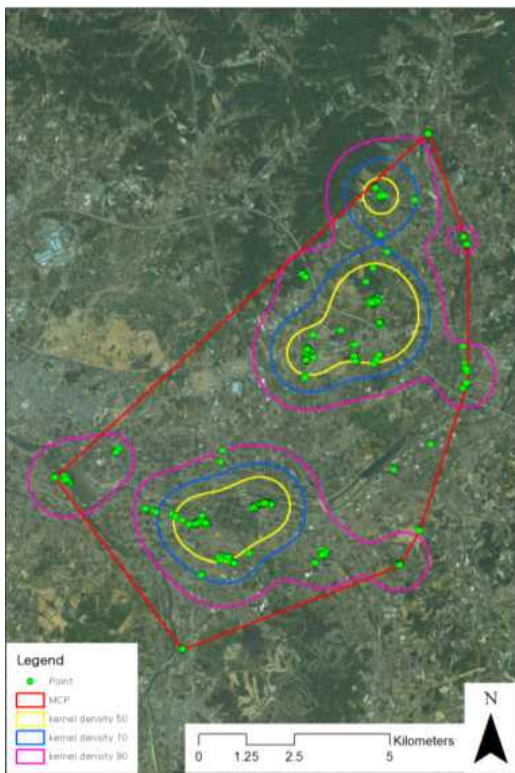
(b) s059



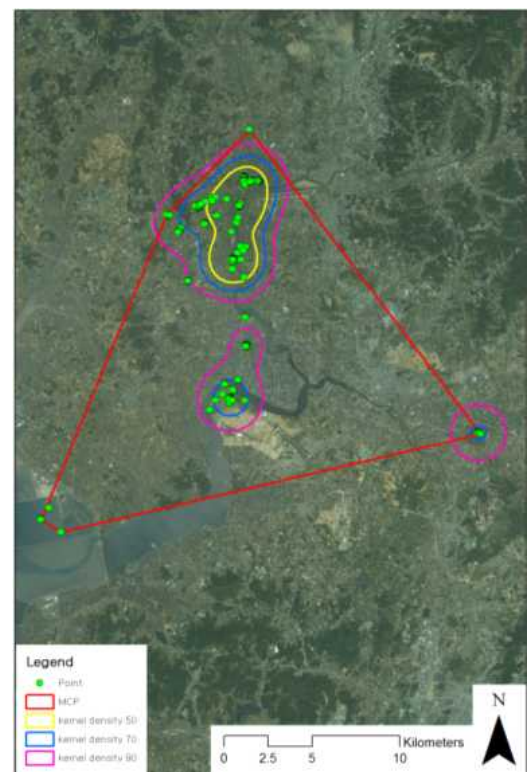
(c) s062



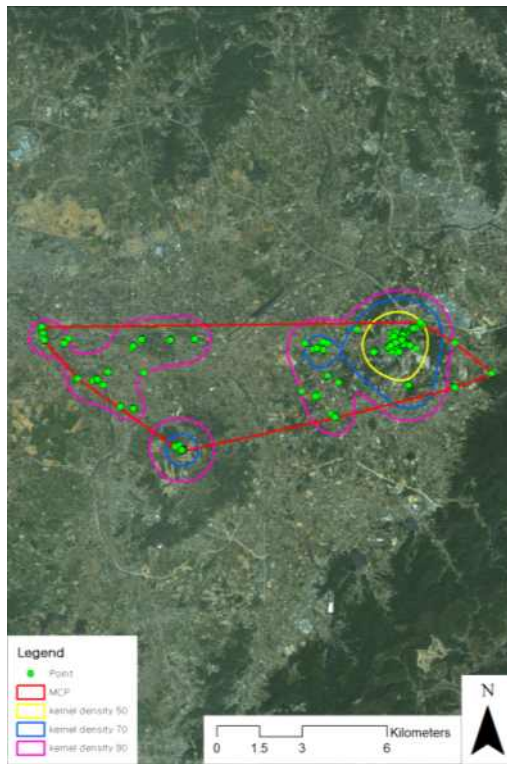
(d) s061



(e) s062



(f) s063



(g) s064

Figure 29. Home range status according to MCP and KDE of seven spot-billed ducks with GPS at Anseongcheon.

(7) 지역별 흰뺨검둥오리의 행동권 비교

5개 지역에서 부착한 흰뺨검둥오리의 행동권을 비교해보면, 서천 흰뺨검둥오리의 MCP에 의한 행동권이 330.99km²으로 가장 넓은 면적을 보였으며, 다음으로 동진강(220.28km²)이었다. 반면, 해남(44.57km²)에서는 가장 좁은 면적을 보였다. KDE 90%를 적용한 행동권을 보면 서천의 흰뺨검둥오리가 169.61km²로 가장 넓은 면적을 보였으며, 다음으로 동진강(122.70km²), 안성천(51.92km²), 해남(19.57km²), 만경강(16.12km²) 등의 순으로 나타났다. 핵심서식지인 KDE 50%를 적용해 행동권을 살펴보면 서천에서 46.50km²로 가장 넓은 핵심서식지 면적을 보였으며, 다음으로 동진강(30.76km²), 안성천(11.69km²), 해남(4.27km²), 만경강(3.77km²)의 순이었다 (Table 21).

Table 21. Home range analysis results according to MCP and KDE of spot-billed duck with GPS by region

Site	MCP(km ²)	90% KDE(km ²)	70% KDE(km ²)	50% KDE(km ²)
Dongjin	220.28	122.70	57.32	30.76
Seocheon	330.99	169.61	87.22	46.50
Haenam	44.57	19.57	8.54	4.27
Mangyung	71.57	16.12	7.29	3.77
Anseong	89.81	51.92	22.42	11.69
Median	99.48	61.15	27.02	13.82

2) 서식지 이용 분석

(1) 흰뺨검둥오리의 월동기 서식지 이용률

5개 지역에서 부착한 흰뺨검둥오리 20개체에 대한 위치좌표의 환경을 토지피복도를 이용하여 분석하였다. 총 20개체가 획득한 위치좌표는 14,380개였다. 이중 내륙수에서 위치좌표 6,804개가 위치해 있었으며 47.3%의 비중을 차지하였다. 다음으로 논에서 4,162개의 위치좌표를 확인하였으며 28.9%의 비중을 차지하였다. 다음으로 해양수 5.6%, 내륙습지 6.5%, 연안습지 4.3%, 밭 2.1% 등의 순이었으며, 서식지간 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$, $F = 63.92$, $df = 239$)(Table 22). 기타는 침엽수림, 주거지역, 나지, 초지, 교통지역 등이었다. 특히 논과 내륙습지, 논과 바다, 논과 갯벌에서 차이가 컸다. 이들 환경은 흰뺨검둥오리가 비행 중에 수신된 좌표이거나, 좌표의 오차로 인한 결과로 생각된다. 흰뺨검둥오리는 내륙수인 하천과 강, 저수지 등을 주로 이용하였으며, 논을 먹이 터로 이용하는 것을 확인할 수 있었다(Figure 30).

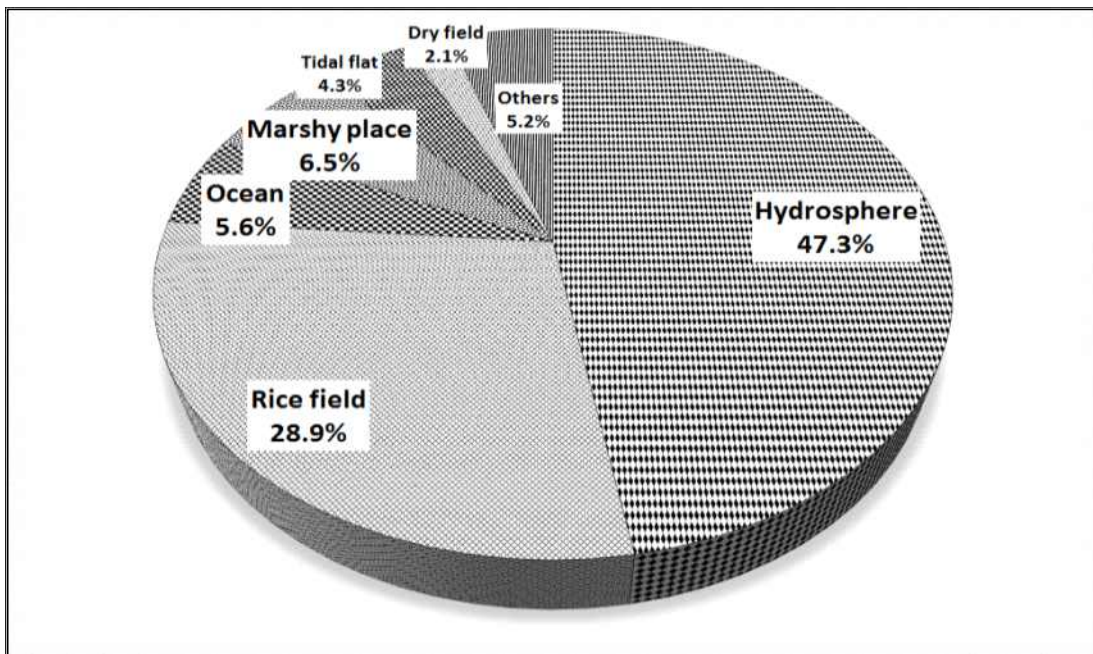


Figure 30. Habitat use of 20 spot-billed ducks. Other habitats include forests, artificial buildings, roads, and bare lands.

Table 22. Analysis of difference in habitat use of 20 spot-billed ducks (One-Way Anova)

Dependent Variable	Habitat	Average	SE	<i>f</i> / <i>p</i> / <i>df</i>	Post-Hoc test
Total	Hydrosphere(a)	170.10	14.84	63.92 / 0.000 / 239	a>b, c, d, e, f b>c, d, e, f d>f (Dunnett T3)
	Rice field(b)	104.05	9.87		
	Ocean(c)	20.30	5.34		
	Marshy place(d)	23.48	4.49		
	Tidal flat(e)	15.40	6.07		
	Dry field(f)	7.63	1.69		

(2) 시간대별 흰뺨검둥오리의 서식지 이용률

흰뺨검둥오리의 서식지 이용률을 주간과 야간으로 나누어 살펴보면 수계에서 주간과 야간 모두 가장 높은 이용률을 보였는데, 주간에 43.7%의 이용률을 보였으며, 야간에는 약 7% 증가한 50.3%의 이용률을 보였다. 또한 논에서 주간과 야간 모두 두 번째로 높은 이용률을 보였으며, 주간(25.9%)보다 야간(33.3%)에서 약 7%의 이용률이 더 높았다. 반면, 바다와 내륙습지, 갯벌은 주간에서 5%이상의 이용률을 보였으나, 야간에서 5% 미만의 이용률을 보여 야간에는 이용률이 감소하였다. 서식지의 형태에 따라 주간과 야간의 이용률은 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.001$, T-Test). 세부적으로 보면 주간과 야간에서 서식지의 이용률은 수계 서식지와 밭 서식지의 차이가 가장 큰 것으로 나타났다(Figure 31, 32).

2시간 간격으로 흰뺨검둥오리가 이용한 서식지를 분석한 결과 전체 서식지 중 이용률이 가장 높은 내륙수는 시간에 관계없이 꾸준히 이용하는 것으로 확인되었다. 논은 주로 야간에 이용률이 높았다. 16시부터 18시 사이에 이용률이 급격히 증가하여 06시까지 이용률이 높았으며, 08시에서 16시까지 7%이하의 이용률을 보였다. 반면, 내륙습지와 연안습지, 해양의 경우 오전 06시부터 이용률이 급증하여 16시까지 대부분 10% 이상의 이용률을 보이다가 오후 18시에 이용률이 감소하는 경향을 보였다. 논은 주로 야간에 이용률이 높았으며, 내륙습지, 연안습지, 해양의 경우 주간에 이용률이 높았다. 서식지와 시간과의 관련성을 검증하기 위해 카이제곱 분석을 실시한 결과 각 서식지의 이용시각은 유의한 차이가 있었다($\chi^2=1072.58$, $p < 0.001$)(Table 23, Figure 33).

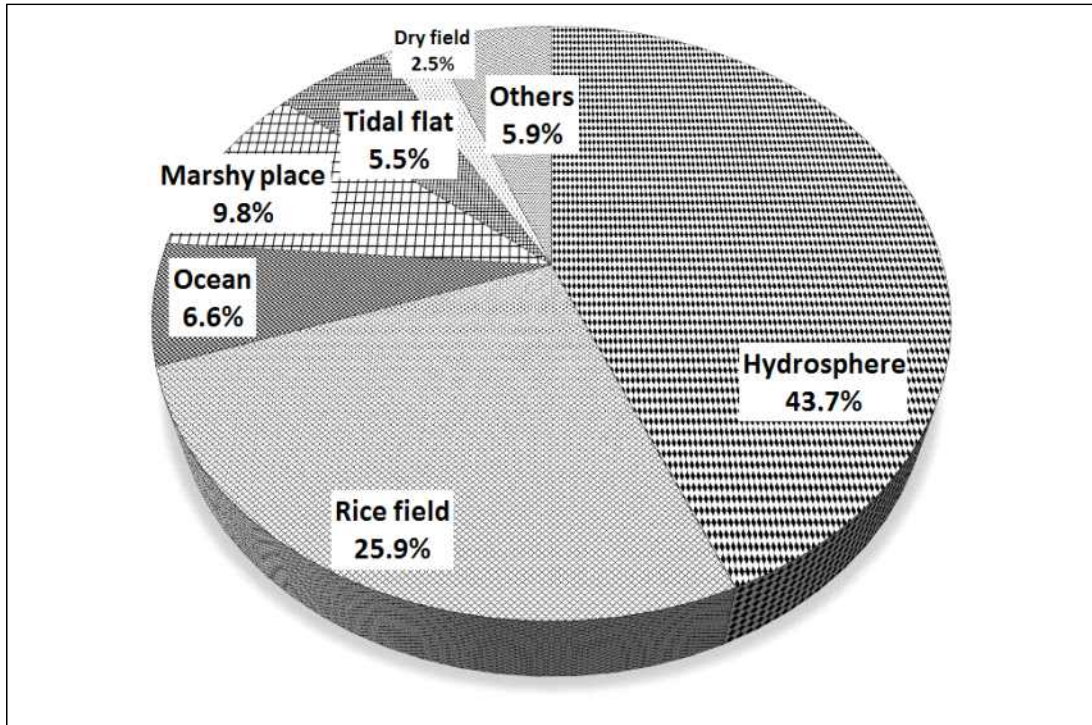


Figure 31. Habitat use of spot-billed ducks during daytime.

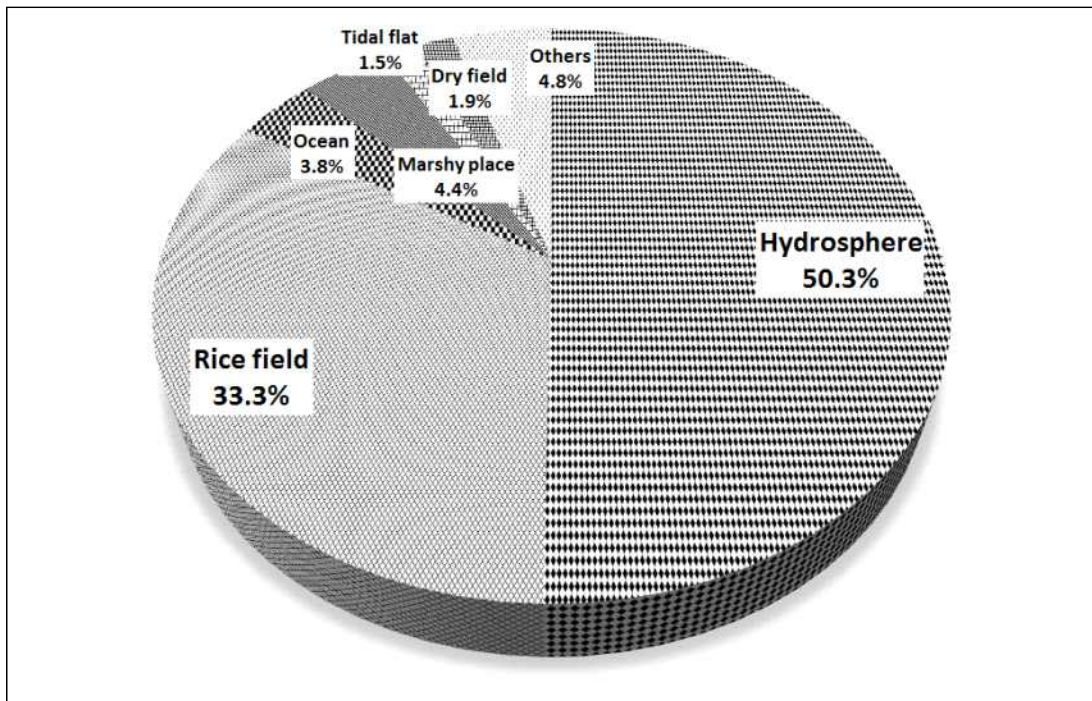


Figure 32. Habitat use of spot-billed ducks during nighttime.

Table 23. Analysis of spot-billed ducks' habitat use by timeline using chi-squared test

		Hour												χ^2/p
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	
Others	frequency	53	59	48	56	66	71	71	81	77	59	50	51	
	(%)	7.1%	8.0%	6.5%	7.5%	8.9%	9.6%	9.6%	10.9%	10.4%	8.0%	6.7%	6.9%	
	Expected Counts	61.8	61.2	60.6	60.0	59.9	59.4	61.8	63.5	63.7	63.9	63.7	62.5	
Hydrosphere	frequency	619	630	669	638	536	531	513	529	493	488	574	579	
	(%)	9.1%	9.3%	9.8%	9.4%	7.9%	7.8%	7.5%	7.8%	7.3%	7.2%	8.4%	8.5%	
	Expected Counts	566.2	560.5	555.3	550.1	549.2	544.0	566.2	581.8	583.7	585.6	583.7	572.8	
Marshy place	frequency	44	57	56	56	127	115	122	126	120	32	41	43	
	(%)	4.7%	6.1%	6.0%	6.0%	13.5%	12.2%	13.0%	13.4%	12.8%	3.4%	4.4%	4.6%	
	Expected Counts	78.2	77.4	76.7	76.0	75.8	75.1	78.2	80.4	80.6	80.9	80.6	79.1	
Habitat Rice field	frequency	394	353	303	308	215	212	272	287	318	563	485	451	
	(%)	9.5%	8.5%	7.3%	7.4%	5.2%	5.1%	6.5%	6.9%	7.6%	13.5%	11.7%	10.8%	
	Expected Counts	346.5	343.0	339.9	336.7	336.1	332.9	346.5	356.1	357.2	358.4	357.2	350.6	
Dry field	frequency	25	17	18	18	33	28	33	24	37	26	21	25	
	(%)	8.2%	5.6%	5.9%	5.9%	10.8%	9.2%	10.8%	7.9%	12.1%	8.5%	6.9%	8.2%	
	Expected Counts	25.4	25.1	24.9	24.7	24.6	24.4	25.4	26.1	26.2	26.3	26.2	25.7	
Tidal flat	frequency	21	30	34	41	94	94	92	90	83	9	13	15	
	(%)	3.4%	4.9%	5.5%	6.7%	15.3%	15.3%	14.9%	14.6%	13.5%	1.5%	2.1%	2.4%	
	Expected Counts	51.3	50.8	50.3	49.8	49.8	49.3	51.3	52.7	52.9	53.1	52.9	51.9	
Ocean	frequency	41	39	46	46	90	99	94	93	106	61	50	47	
	(%)	5.0%	4.8%	5.7%	5.7%	11.1%	12.2%	11.6%	11.5%	13.1%	7.5%	6.2%	5.8%	
	Expected Counts	67.6	66.9	66.3	65.7	65.6	65.0	67.6	69.5	69.7	69.9	69.7	68.4	
Total ratio		8.3%	8.2%	8.2%	8.1%	8.1%	8.0%	8.3%	8.6%	8.6%	8.6%	8.6%	8.4%	

1072.58 /
0.000

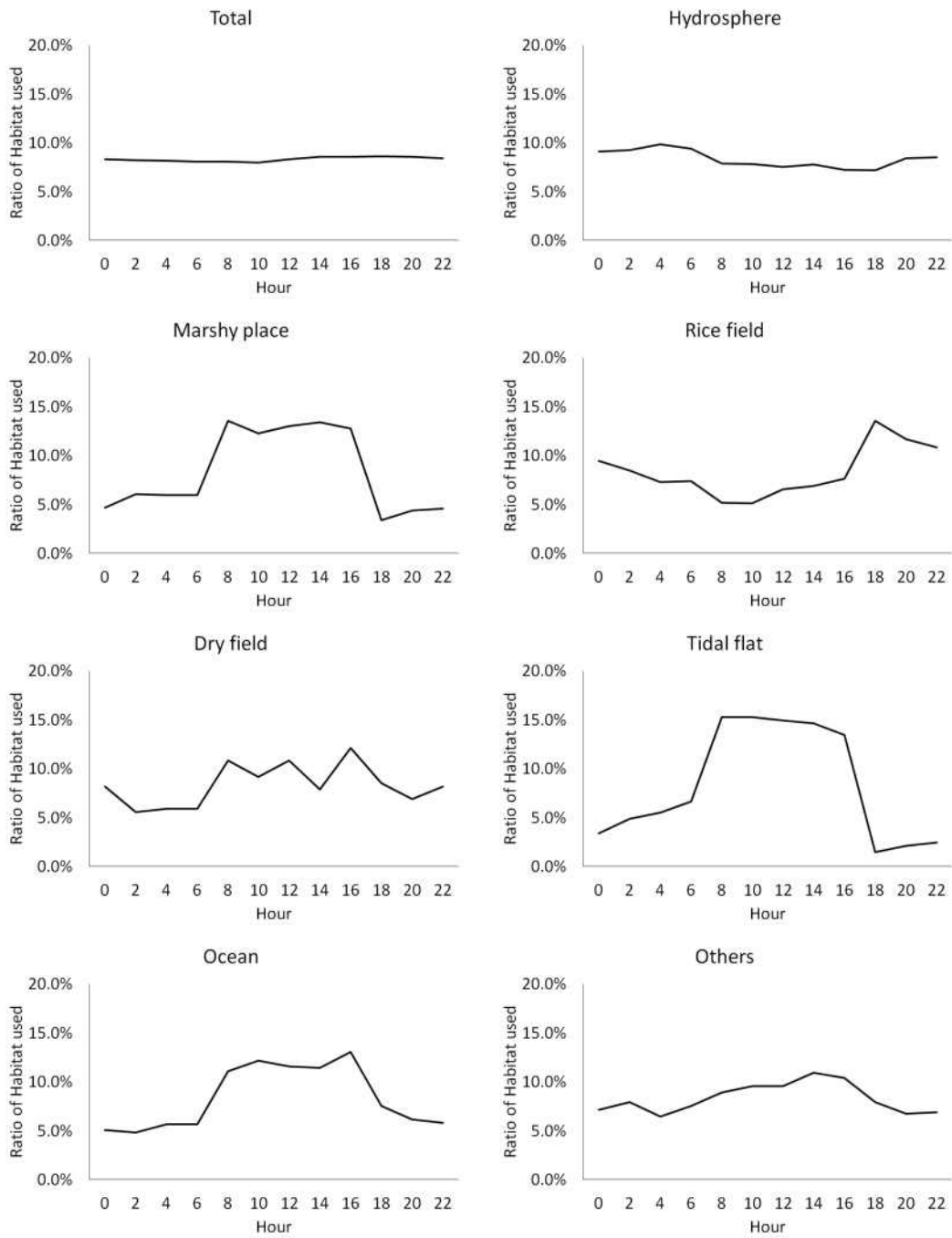


Figure 33. Analysis of change in spot-billed ducks' habitat use by timeline.

(3) 지역별 흰뺨검둥오리 서식지 이용률 비교

5개 지역에서 흰뺨검둥오리에 야생동물위치추적기를 부착하여 서식지 이용률을 조사한 결과 동진강에서는 내륙수에서 49.3%의 이용률을 보여 가장 많이 이용하였으며, 다음으로 논(28.5%), 해양수(6.4%), 연안습지(5.9%)등의 순으로 이용하였다. 서천의 봉선저수지에서 부착한 개체는 논에서 35.8%의 비중으로 이용하였으며, 다음으로 연안습지(24.3%), 내륙수(15.1%), 나지(13.4%), 바다에서 7.5%의 이용률을 보였다. 해남에서는 내륙수에서 53.2%의 이용률을 보여 월동기에 절반 이상을 내륙수에서 시간을 보내는 것으로 확인되었다. 다음으로 논에서 31.1%의 이용률을 보였으며, 바다(9.8%), 내륙습지(3.1%) 등의 순으로 이용하였다. 만경강에서는 논에서 40.9%의 비중으로 가장 많이 이용하였으며, 다음으로 내륙수에서 34.4%, 내륙습지에서 13.8%, 연안습지에서 6.0%, 밭에서 3.5%의 이용률을 보였다. 안성천 지역은 내륙수에서 51.3%의 이용률을 보여 해남에서와 같이 월동기 절반 이상을 내륙수에서 시간을 보내는 것으로 확인되었다. 다음으로 논에서 22.8%, 내륙습지에서 11.0%, 바다에서 3.5% 등의 순으로 이용하였다(Table 24, Figure 34).

Table 24. Comparison of habitat use of spot-billed ducks by region

Rank	Dongjin river	Seocheon	Haenam	Mangyung river	Anseong
1	Hydrosphere (49.3%)	Rice field (35.8%)	Hydrosphere (53.2%)	Rice field (40.9%)	Hydrosphere (51.3%)
2	Rice field (28.5%)	Tidal flat (24.3%)	Rice field (31.1%)	Hydrosphere (34.4%)	Rice field(22.8%)
3	Ocean (6.4%)	Hydrosphere (15.1%)	Ocean (9.8%)	Marshy place (13.8%)	Marshy place (11.0%)
4	Tidal flat (5.9%)	Eroded land (13.4%)	Marshy place (3.1%)	Tidal flat (6.0%)	Ocean (3.5%)
5	Coniferous forest (3.6%)	Ocean (7.5%)	Dry field (2.6%)	Dry field (3.5%)	Grassland (2.9%)
6	Marshy place (2.9%)	Others (4.0%)	Others (0.2%)	Others (1.5%)	Eroded land (2.7%)
7	Others (3.4%)	-	-	-	Dry field (2.3%)
8	-	-	-	-	Others (3.5%)

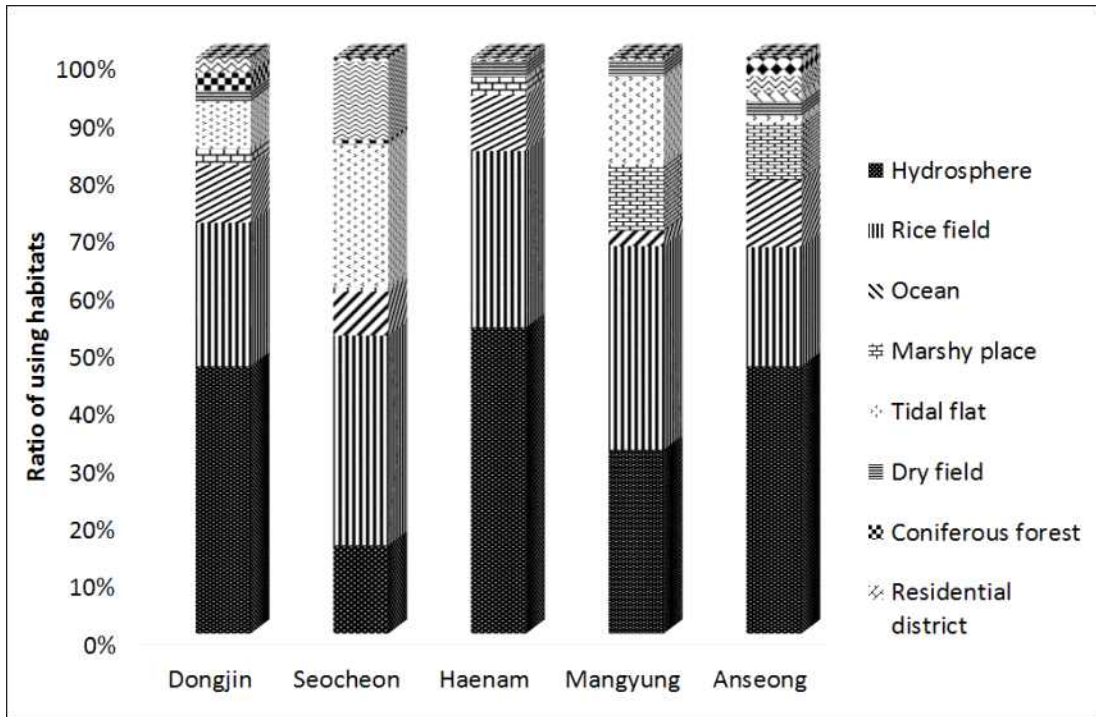
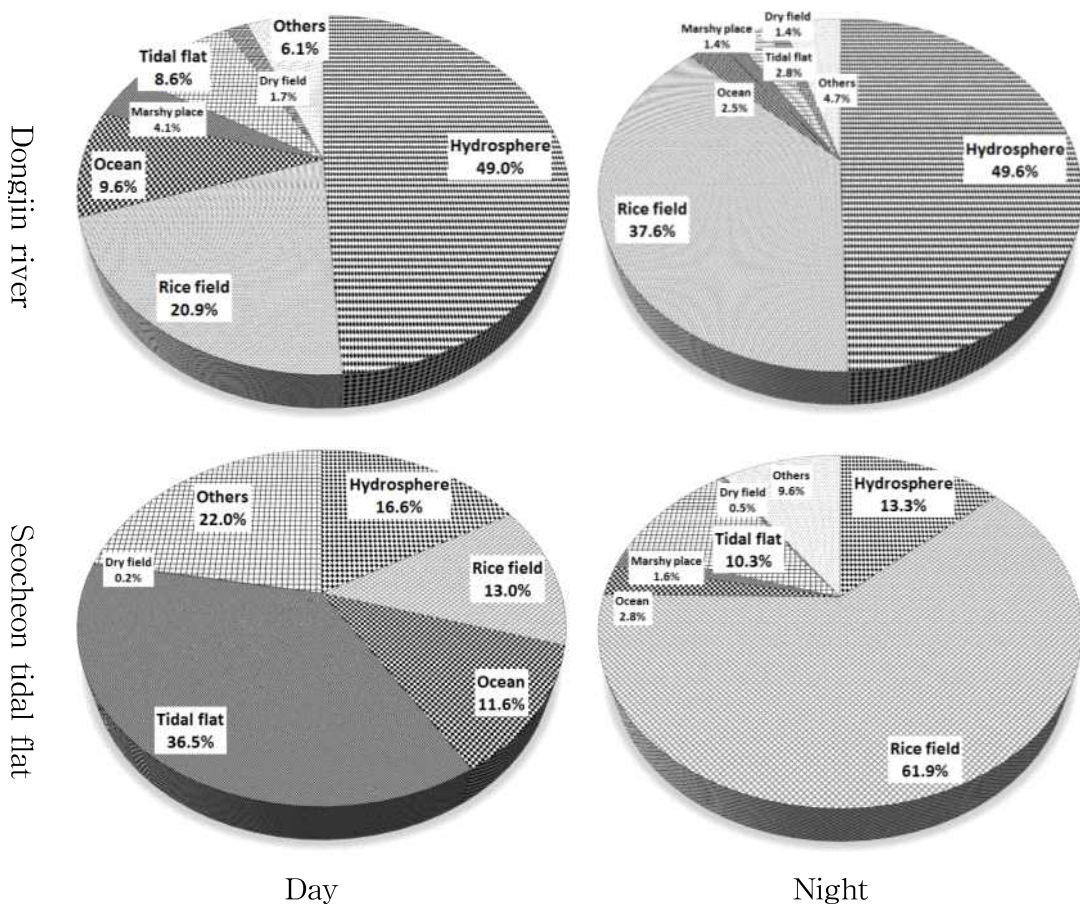


Figure 34. Comparison of habitat use by region during wintering season of spot-billed ducks.

(4) 지역별 흰뺨검둥오리 주·야간 서식지 이용률 비교

흰뺨검둥오리에 위치추적기를 부착한 5개 지역을 대상으로 지역별 흰뺨검둥오리의 주·야간 서식지 이용 패턴의 변화를 알아보기 위하여 주간과 야간으로 나누어 서식지 이용률을 살펴보았다. 동진강에서는 주간과 야간 모두 수계에서 이용률이 가장 높았으며(49.0%, 49.6%), 주간과 야간 모두 약 50% 정도의 비율로 이용하였다. 주간보다 야간에서 논의 이용률이 증가하였는데(각각 20.9%, 37.6%), 바다, 내륙습지, 갯벌 등의 이용률이 주간보다 야간에서 감소하는 경향을 보였다. 서천갯벌에서는 주간에서 갯벌의 이용률(36.5%)이 가장 높았다. 다음으로 수계(16.6%), 논(13.0%), 바다(11.6%) 등의 순으로 이용하였다. 야간에는 논(37.6%)의 이용률이 61.9%로 주간에 비하여 약 50% 정도 증가하였으며, 반면, 갯벌의 이용률은 10.3%로 주간에 비해 약 26% 감소하였다. 수계의 이용률은 주·야간 비슷한 경향을 보였다. 해남의 경우 주간에서 논(50.9%)의 이용률이 가장 높은 이용률을 보였으며, 다음으로 수계가 35.9%의 이용률을 보였다. 야간에는 수계에서 72.8%의 이용률을 보여 주간보다 약 35% 증가하였으며, 반면, 논(42%)의 이용률이 42% 감소하였다.

소한 8.9%로 나타났다. 만경강의 주간은 수계의 이용률이 37.5%로 논외의 이용률 27.0% 보다 약 10% 높았으며, 내륙습지의 이용률이 18.4%로 나타났다. 만경강에서는 주간 동안 각 서식지를 고루 이용하는 것을 확인할 수 있었다. 반면 야간에서는 논외의 이용률이 56.6%로 가장 높았으며, 다음으로 수계 30.8%, 내륙습지 8.6% 등의 순으로 이용하였다. 논외의 이용률은 주간에서 보다 야간에서 크게 증가 하였으며, 수계는 약 7% 감소하였다. 안성천에서 주간동안 흰뺨검둥오리의 서식지 이용률을 보면 수계에서 51.0%의 이용률을 보여 가장 높았고, 다음으로 논에서 16.5%, 내륙습지에서 14.6% 등의 이용률을 보였다. 야간의 경우 수계에서 51.6%로 이용률 비중이 가장 높았으며, 논에서 30.1%, 내륙습지 6.9% 등의 이용률을 보였다. 수계에서 주간과 비슷한 이용률을 보였으나, 내륙습지와 기타 서식지가 감소하고 논에서 이용률이 약 15% 증가하였다(Figure 35).



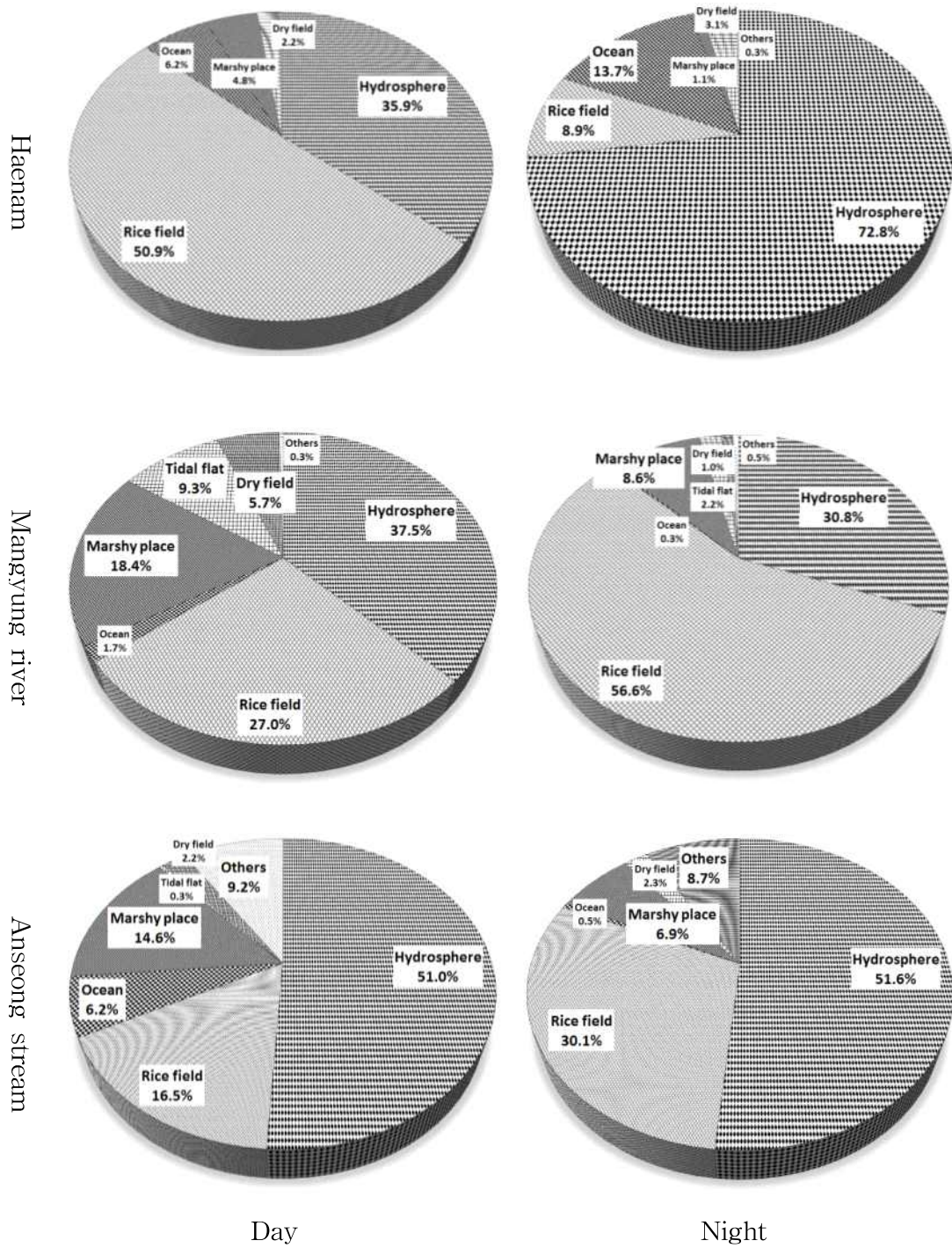


Figure 35. Comparison of day/night habitat use of spot-billed ducks per region.

3) 흰뺨검둥오리의 일일 이동

(1) 일일 이동거리

야생동물위치추적기를 부착한 5개 지역을 대상으로 흰뺨검둥오리의 하루이동거리를 알아보기 위하여 흰뺨검둥오리 20개체의 일일 이동거리를 분석하였다. 본 연구에서 지역별로 일일 이동거리의 수가 1000개 이상으로 대표본 근사 이론에 의해 정규분포가 가정되나, 5개 지역의 하루 평균 이동거리가 정규분포의 가정을 만족하는지 검정하기 위하여 shapiro wilk test를 실시한 결과, 5개 지역별 하루 이동거리 모두 정규분포를 만족시키지 못하여($p < 0.05$), 5개 지역 간 하루이동거리 차이가 있는지 분석하기 위해 비모수 검정법인 kruskal-wallis 검정을 실시하였다. 사후검증은 Mann Whitney U test를 이용하였다.

5개 지역 전체에서 흰뺨검둥오리가 하루 동안 이동하는 거리는 평균(\pm 표준오차) 0.77 ± 0.02 km를 이동하는 것으로 분석되었다. 동진강에서는 평균(\pm 표준오차) 0.80 ± 0.04 km를 이동하였으며, 하루 최대 이동거리는 116.73km이었다. 만경강에서는 평균(\pm 표준오차) 0.55 ± 0.04 km이었으며, 최대 이동거리는 54.01km로 확인되었다. 서천 봉선저수지에서는 평균(\pm 표준오차) 1.25 ± 0.07 km이었으며, 최대 이동거리는 19.74km로 나타났다. 안성천에서는 평균(\pm 표준오차) 0.73 ± 0.02 km로 나타났으며, 하루 최대 이동거리는 41.17km를 이동하였다. 해남에서는 0.71 ± 0.04 km로 나타났으며, 최대 이동거리는 19.41km로 나타났다. 동진강에서의 하루이동거리 평균 순위는 9790.03, 만경강 10722.36, 서천갯벌 9782.16, 안성천 9713.78, 해남 9406.22 이었으며, 지역 간 흰뺨검둥오리의 하루이동거리는 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ($\chi^2 = 67.140$, $p < 0.001$). 그러므로 지역 간 흰뺨검둥오리의 하루이동거리는 차이가 있었으며, Mann Whitney U test로 사후분석을 실시한 결과 하루이동거리의 평균 순위는 동진강이 안성천에 비해 높았으며, 서천갯벌은 동진강, 해남, 만경강, 안성천 보다 높았다. 해남과 만경강은 안성천 보다 높은 것으로 나타났다. (Table 25, Figure 36).

Table 25. Comparison of daily travel distance of spot-billed ducks by region using Kruskal-Wallis test

Area	N	km	SE	Max km	Average Rank	$\chi^2(p)$	Post-Hoc test
Dongjin(a)	1171	0.80	0.04	116.73	9790.03		
Seocheon(b)	1391	1.25	0.07	19.74	10722.36		a>e
Haenam(c)	824	0.71	0.04	19.41	9782.16	67.140 (0.000)	b>a, c, d, e
Mangyung(d)	684	0.55	0.04	54.01	9713.78		c>e
Anseong(e)	975	0.73	0.02	41.17	9406.22		d>e

(Mann-Whitney)

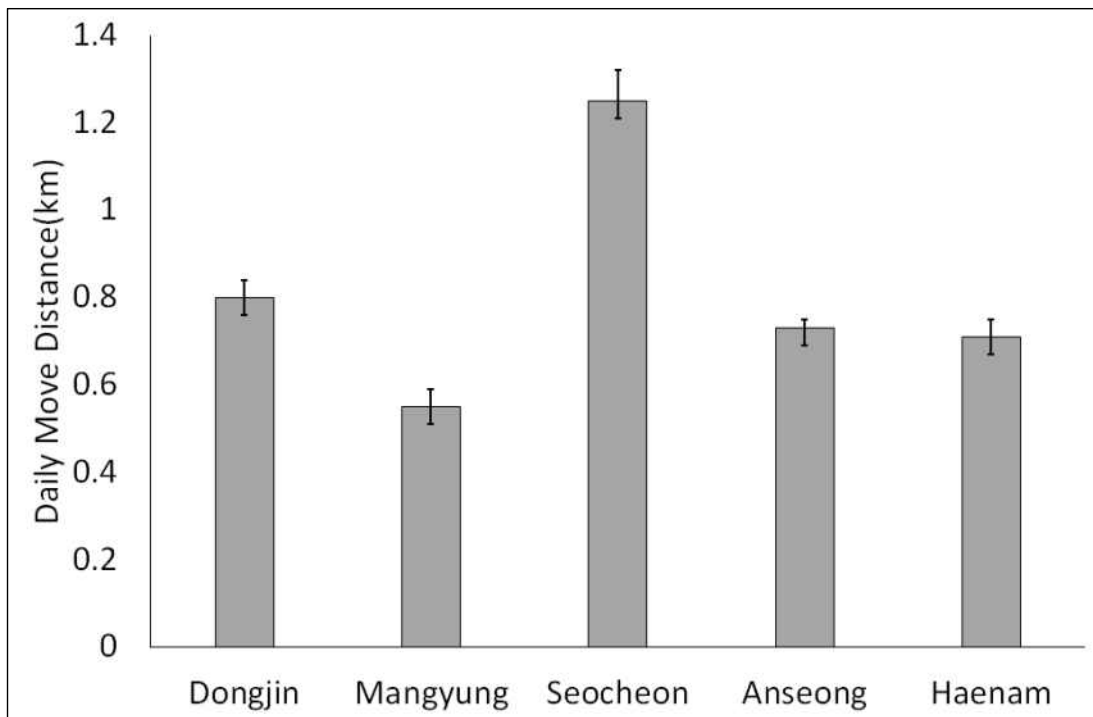


Figure 36. Comparison of daily travel distance of spot-billed ducks per region.

(2) 시간대별 이동거리

흰뺨검둥오리의 월동기간 내 각 하루 동안 각 서식지간 이동 및 서식 패턴을 알아보기 위하여 위치추적기를 부착한 흰뺨검둥오리 20개체에 대하여 매 2시간마다 획득한 위치좌표를 기준으로 좌표 간 이동거리를 분석하였다. 본 연구에서 시간대별 일일 이동거리의 수가 1500개 이상으로 '대표본 근사 이론'에 의해 정규분포가 가정되나, 12개의 시간대의 평균 이동거리가 정규분포의 가정을 만족하는지 검정하기 위하여 shapiro wilk test를 실시한 결과, 12개 시간대별 이동거리 모두 정규분포의 가정을 만족시키지 못하였다($p < 0.05$). 따라서 12개 시간별 이동거리에 차이가 있는지 분석하기 위하여 비모수 검정법인 kruskal-wallis 검정을 실시하였다. 사후검증은 Mann Whitney U test를 이용하였다.

2시간당 이동거리의 전체 평균(\pm 표준오차) $0.77 \pm 0.17 \text{ km/2 hour}$ 이었으며, 누적 이동거리는 8.95km이었다. 시간대 별로 살펴보면 16시에서 18시 사이에 이동한 거리는 $2.25 \pm 0.73 \text{ km/2 hour}$ 로 하루 중 가장 먼 거리를 이동하였으며, 02시에서 04시 동안 이동한 거리는 $0.23 \pm 0.02 \text{ km/2 hour}$ 로 가장 짧은 거리를 이동하였다. 오전 6시부터 8시까지, 오후 4시부터 6시까지 이동한 거리는 2km 이상이었으며, 나머지 시간대에서는 1km 미만의 이동거리를 나타내었다(Figure 37). 16시에서 18시 사이의 이동거리 평균 순위는 14,655.70으로 가장 높았으며, 다음으로 06시에서 08시 사이의 이동거리 14,265.12, 18시에서 20시 사이의 이동거리 10,658.03, 08시에서 10시 사이의 이동거리 10,170.32 등의 순이었으며, 02시에서 04시 사이의 이동거리는 6618.76으로 가장 낮았다. 흰뺨검둥오리의 시간대별 이동거리는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($n = 19,424$, $\chi^2 = 3,754.627$, $p < 0.001$). 그러므로 시간대별 흰뺨검둥오리의 이동거리는 차이가 있는 것으로 확인되었다. Mann Whitney U test로 사후분석을 실시한 결과 하루이동거리의 평균 순위는 06시에서 10시 사이와 18시에서 20시 사이의 이동거리는 다른 시간대의 이동거리보다 높은 것으로 확인되었다(Table 26).

Table 26. Comparison of spot-billed ducks' travel distance by timeline using Kruskal-Wallis test

Dependent Variable	Hour	Average	SE.	N	Average Rank	$\chi^2(p)$	Post-Hoc test
Move Distance	0(a)	0.40	0.08	1621	7647.05	3754.627 (0.000)	
	2(b)	0.27	0.04	1606	7212.12		d > b, c
	4(c)	0.23	0.02	1592	6618.76		e > a, b, c, d, f, g, h, i, k, l
	6(d)	0.46	0.04	1585	7679.10		f > b, c, h, I
	8(e)	2.01	0.08	1589	14265.12		g > c
	10(f)	0.60	0.04	1568	10170.32		h > c
	12(g)	0.52	0.06	1621	9572.54		I > c
	14(h)	0.42	0.03	1654	9845.60		j > a, b, c, d, f, g, h, I, k, l
	16(i)	0.42	0.03	1653	9903.72		k > a, b, c, d, f, g, h, i, l
	18(j)	2.25	0.07	1659	14655.70		l > c
	20(k)	1.13	0.09	1648	10658.03		(Mann Whitney)
	22(l)	0.47	0.07	1628	8171.69		

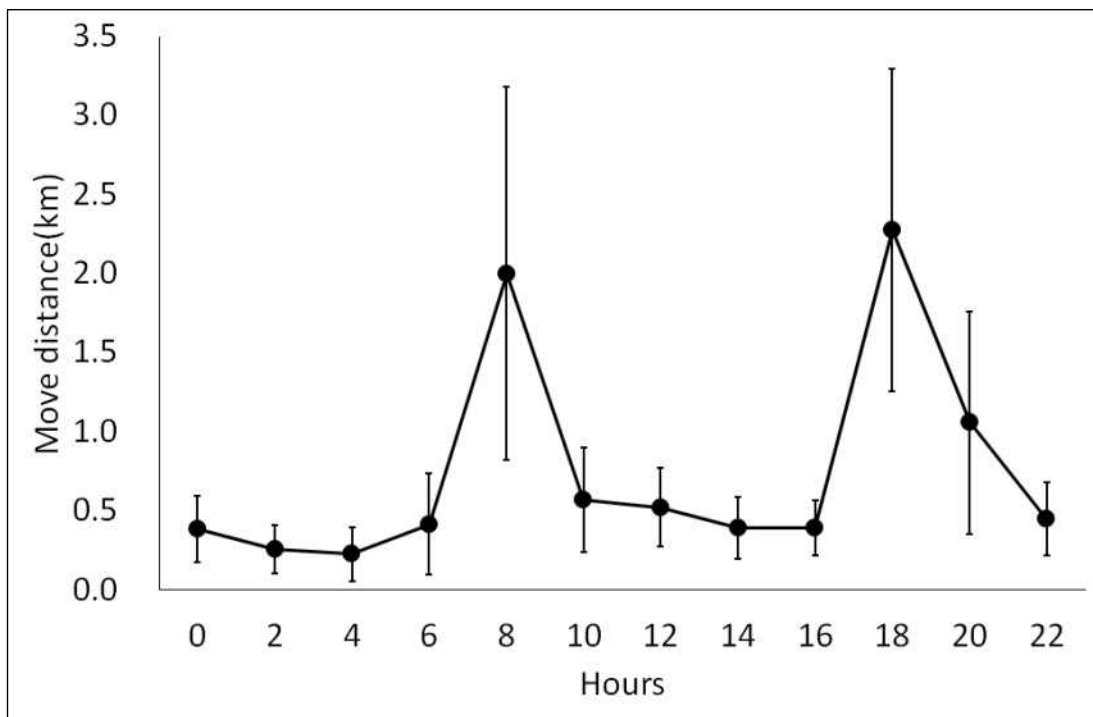


Figure 37. Travel distance of 20 spot-billed ducks by timeline.

4. 고찰

흰뺨검둥오리는 우리나라에 서식하는 수조류 중 우점종에 속하는 대표적인 오리류이다. 최근 10년간 흰뺨검둥오리는 전체적으로 꾸준히 감소하는 경향을 보이고 있으며, 국내 월동지인 해안, 간척 호수, 하구역, 저수지 등 서식환경 변화에 의한 결과와 국내를 포함한 동북아 전체 지역의 개체수 감소 현상과 맞물린 결과로 추정된다(국립생물자원관, 2012).

야생조류의 서식지 선택은 먹이와 밀접하며, 특히, 야생조류의 하루 이동은 먹이의 종류, 양, 거리, 방해요인, 기온 등 다양한 요인에 의해 발생하며, 수조류의 하루 이동 파악은 월동지의 관리에 있어 중요하다. Davis and Afton(2010)은 청둥오리가 다양한 먹이를 섭취할 수 있는 지역에서는 이동거리가 짧고 먹이가 감소하면, 이동거리가 멀어지는 경향을 보이며, 서식지가 파괴된 경우, 장거리를 이동하는 경향을 보인다고 하였다. 강태한 등(2014)의 연구에서 청둥오리는 월동기 동안 비교적 짧은 거리를 이동하고 수계 의존성이 매우 높은 경향을 보였으며, 본 연구의 흰뺨검둥오리 또한 수계를 중심으로 인근 농경지를 이용하는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구의 흰뺨검둥오리의 이동거리는 과거 흰뺨검둥오리의 이동거리 1.0km(신 등, 2016a), 만경강의 청둥오리의 이동거리 0.8km(강 등, 2014)와 유사한 결과를 보였으며, 미국 청둥오리의 이동거리 2.5km (Davis and Afton, 2010) 보다 짧은 이동거리를 보였다. 흰뺨검둥오리 각각의 개체들은 최초 부착지역의 수계와 인근의 농경지, 하구인 새만금, 상류, 일부 저수지 등을 오가며 서식하였으며, 먼 거리에 분포하는 다른 수계로 이동하여 서식하지는 않았다. 한편 일부 먼 거리를 이동한 개체의 경우 오랫동안 서식하지 않고 곧바로 복귀하는 경향을 보였다. 이는 월동지 선택 후 특별한 방해요인이 없을 경우 큰 이동을 하지 않는 것과(강 등, 2014), 관련이 있을 것으로 생각된다. 월동지 내에서 이동거리가 짧은 것은 방해요인과 먹이의 감소, 서식지 훼손 등이 없다는 것으로 이해할 수 있다. 월동기 동안 수계 의존도가 높은 청둥오리에게 환경변화와 방해요인은 안정적인 서식에 악영향을 줄 수 있다(강 등, 2014). 흰뺨검둥오리는 하루 중

에서 오전 6시부터 8시 사이와 오후 4시부터 6시 사이에 긴 이동거리를 보였으며, 서식지 이용 또한 같은 시간대에 변화율이 가장 높았다. 이는 오전 7시 경에 논에서 수계, 내륙습지 등 휴식지로, 오후 5시 경에 수계에서 논 등 취식지로 이동하는 것으로 볼 수 있었다. Baldassarre and Bolen(1994)에 의하면 흰뺨검둥오리는 월동지에서 수계와 농경지를 이용하며, 농경지에서는 주로 취식지로 이용한다고 보고하였으며, 야간의 먹이활동을 고려하면 흰뺨검둥오리가 월동기간 논을 취식지로 이용하는 비율은 매우 높은 것과 같은 맥락으로 볼 수 있었다(Stafford *et al.*, 2010). 그러나 본 연구의 해남 지역에서는 다른 4개 지역과 과거 연구와는 다르게 야간에서의 논(취식지)의 이용률은 매우 저조하였고, 주간에서의 논 이용률은 크게 증가하였다. 이는 각 서식지의 환경 및 방해요인 등에 의해 수조류의 서식지 이용패턴이 달라지는 것으로 생각해 볼 수 있었다.

흰뺨검둥오리의 KDE 50%의 행동권은 13.82km²이었으며, 주요 이용지역은 최초 부착지의 수계를 크게 벗어나지 않았다. 본 연구의 흰뺨검둥오리의 행동권은 과거 만경강에서 청둥오리의 행동권 11.6km²(강 등, 2014) 보다 넓은 핵심서식지를 보였다. 일반적으로 KDE 50%는 야생동물 분포의 핵심서식지로 판단되며, 핵심서식지는 수조류의 서식에 필수적인 환경이 포함된 생물의 서식범위로 생물다양성을 증가시키기 위한 객관적인 분석이 필요하다(유 등, 2013). 따라서 수계와 인근 농경지에 대한 먹이원의 풍부도, 다양성, 방해요인 등 월동서식지로서 이용가능한 객관적인 분석이 추가로 수반되어야 할 필요가 있다(강 등, 2014). 흰뺨검둥오리는 수계를 중심으로 주변의 농경지를 주로 이용하고 있었으며, 일부 개체의 경우 하천의 수계를 떠나 저수지로 이동 서식하는 것을 확인할 수 있었다.

상대적으로 행동권의 면적이 넓었던 서천과 동진강의 흰뺨검둥오리는 여러 방해요인으로 인해 서식 범위가 넓은 것으로 추정할 수 있었다. 서천에서 부착한 흰뺨검둥오리의 경우 포획 당시 서천 지역은 수렵허가가 승인된 지역이었으며, 수렵의 장면을 여럿 목격하였으며, 총포의 소리 또한 다수 들려, 흰뺨검둥오리의 이동 및 서식에 영향을 준 것으로 보인다. 또한 동진강은 현재 광범위한 지역에서 개발공사가 진행 중에 있어 소음 및 중장비의 이동, 공사에 따른 환경변화로 인하여, 수조류의 서식에 방해요인이 작용하는 것으로 보인다. 특히 서식지 변화는 오리류의 서식지 이동을 초래하며, 타 지역으로 월동 서식지 이동을 야기 시

킬 것으로 판단된다. 과거에 비하여 넓은 서식반경을 보여 서식지 변화에 따른 오리류의 장거리 이동이 발생하는 것으로도 판단할 수 있었다. 반면, 해남간척지와 만경강의 흰뺨검둥오리는 상대적으로 가장 좁은 행동권을 보였다. 해남간척지와 만경강은 주위에 넓은 농경지가 존재하며, 논 경작이 활발한 농번기 시기가 아닌 겨울철에는 유동인구가 적어 인간에 의한 방해요인이 적은 것으로 사료된다. 특히 해남은 해안과 인접한 지역으로 인근의 가까운 도서로 이동, 휴식을 취하는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 먹이 가용성이 높고, 특별 방해요인이 없어 먼 거리를 이동할 필요가 없는 것으로 사료된다.

논과 수계는 수조류에게 있어 매우 중요한 서식지이며(신 등, 2016a), 논과 수계는 상호 보완적인 서식지로서 이용되고 있었다(강 등, 2014). 자연습지가 부족한 우리나라 특성상 논은 자연습지의 대체서식지 충분한 기능을 수행하고 있으며(남 등, 2012), 계절적으로 변화하는 논은 다양한 수조류를 비롯한 야생동물의 서식지로서 매우 가치가 높은 것으로 판단된다. 논과 하천의 효과적인 관리는 이 서식지를 이용하는 수조류에게 복원 및 보호 측면에서 긍정적인 영향을 줄 것으로 보인다. 따라서 봄철과 여름철 번식시기에 농약의 사양을 줄이고, 먹이원인 낙곡의 양을 확보하기 위해 곤포사일리지(벼짚 말이)를 지양하여, 겨울철 월동에 필요한 낙곡의 양이 충족된다면, 흰뺨검둥오리를 비롯한 수조류의 월동에 먹이원 부족으로 인한 부정적인 영향은 적을 것으로 판단된다. 본 연구결과는 흰뺨검둥오리를 비롯한 수조류의 보호·관리와 서식지의 복원 및 관리에 대한 기초자료로 이용가능 할 것으로 판단된다.

V. 연안습지 등급 평가

1. 서론

수조류는 대부분 시베리아에서 번식하고 겨울철과 봄, 가을철에 월동 및 중간 기착지로 이용한다. 우리나라의 강의 하구와 연안습지, 배후습지, 간척지, 간척호수 등에서 서식하며, 취식 및 휴식지 등으로 이용한다. 특히, 여러 서식지 중 연안습지는 다양한 생물의 서식지로서 갯벌 생태계 내에서 최상위 포식자인 수조류에 있어 에너지 획득과 관련하여 중요한 기능을 수행한다(이, 2000a). 그러나 서해안은 과거부터 현재까지 시화간척지, 천수만, 해남간척지 등과 같이 연안습지의 매립과 도시, 연안의 대기과 수 환경에 대한 오염부하량은 지속적으로 높아지고 있어, 새로운 환경문제로 대두되고 있다(홍, 2008). 이로 인하여 연안습지에 의존하는 일부 수조류의 개체수가 급감하는 상황에 이르렀으나(MacKinnon *et al.*, 2012), 그럼에도 불구하고, 연안습지의 매립은 현재도 끊임없이 이어지고 있는 실정이다. 최근에서야 일부 연안습지를 대상으로 습지보호구역, 천연기념물, 국립공원, 생물다양성보전구역과 같은 법정 보호관리 지역을 지정하여 보호하고 있다. 그러나 지정 면적이 협소하거나, 생태관광이라는 면목으로 인간에 의해 이용되어 수조류의 서식에 여러 방해요인이 작용하는 것을 쉽게 확인할 수 있으며, 정작 보호관리가 필요한 연안습지의 경우 현재까지 이루어지지 않는 실정에 있다. 따라서 멸종위기에 처한, 혹은 멸종위기의 위험에 놓인 일부 수조류의 보호와 다양성 증대를 위한 보호·관리는 연안습지 생태계의 다양성과 생태학적인 관점에서 보다 나은 인간의 삶을 위한 필수적인 요건이라 할 수 있다. 효과적인 연안습지의 사용 및 보호는 인간과 야생동물이 공존할 수 있는 방안으로 생각된다. 생태적으로 가치가 낮은 연안습지는 없을 것이나, 연안습지의 등급과 순위를 산정하여, 무분별한 개발과 보호가 아닌 효과적인 연안습지의 관리를 위한 연안습지의 등급화는 필요하다. 본 연구는 연안습지의 사용과 보호 및 관리를 위한 객관적인 자료 제공에 의의가 있다.

2. 연구 방법

1) 등급 평가 방법

본 연구의 10개 지역에서 조사된 수조류를 대상으로 수조류에 의한 갯벌 평가를 실시하였다. 갯벌 등급은 절대 등급화와 상대등급화로 구분하여 수행하였다. 수조류에 의한 갯벌 등급은 이 등(2004)의 아래와 같은 기준 방침에 의거하여 작성하였다.

(1) 점수 등급화

절대 등급화는 5개 기준 요인(도래 개체수, 보호종의 수, 보호종의 개체수, 생존 집단 1% 기준, 국내 집단 1% 기준)을 정하고 각각 3점에서 0점까지 부여하였다. 이후, 각 점수의 합계로 최고 I 등급에서 최하 VI등급까지 등급화 하였다.

가. 기준요인

5가지의 기준 요인을 설정하여 각 지역별 갯벌의 점수를 매긴 후 등급화 하였다(Table 27, 28).

- 개체수 기준 : 도래 개체수가 많은 장소
- 보호종 기준 : 도래하는 보호 종수가 많은 장소
- 보호종 개체수 : 보호종의 도래 개체수가 많은 장소
- 생존 1% 기준 : 전 세계 생존 집단의 1%(혹은 아종이나 이동경로상의 1%) 이상이 도래하는 장소
- 국내 1% 기준 : 국내 도래 집단의 1% 이상이 도래하는 장소

Table 27. Scoring by 5 criterions among 10 coastal wetlands on the south-west coast of Korea

Criterion of score	Score			
	0	1	2	3
supporting birds on mudflat	<5,000	5,000 -10,000	10,000 -20,000	>20,000
protected bird species	0	1-4	5-9	>10
population size of the protected birds	<10	10 -100	100 -1,000	>1,000
waterbird species over 1% level of the survival population	0	1-4	5-9	>10
waterbird species over 1% level in Korea population	0	1-4	5-9	>10

Table 28. Grading level of 1-5 by total score of 4 or 5 criteria by waterbirds among 10 coastal wetlands on the south-west coast in Korea

Total score by 5 criteria	Total score by 4 criteria	Grade
>13	>11	I
10-12	8-10	II
7-9	5-7	III
4-6	3-4	IV
0-3	0-2	V

(2) 순위 등급화

순위에 의한 등급화는 각 갯벌에 도래하는 수조류의 종다양도(H')과 개체수, 밀도(ind/km²) 종균등도(H_p), 종풍부도(Da), 안정지수 등 6개의 지수 값을 구하고 각 지수 값이 가장 높은 지역을 1위, 최하위까지 순위를 선정하였다. 이후 각 순위의 합을 구하였으며 순위의 합의 수가 가장 낮은 지역을 1위로 정하고 합의 수가 가장 높은 지역을 최하위 순으로 순위를 구하였다.

3. 연구 결과

1) 점수 등급화

10 개 지역을 대상으로 수조류에 의한 연안습지 등급 평가를 실시하였다. 최대 개체수는 서천 갯벌과 유부도, 강진만에서 20,000개체 이상이 관찰되어 3점을 획득하였다. 또한 곰소만과 도암만에서 10,000개체 이상이 관찰되어 2점을 획득하였으며 장봉도와 무의도, 대천천에서 5,000개체 이상이 관찰되어 1점을 획득하였다. 반면, 하의도와 무의도는 5,000개체 미만이 관찰되어 점수를 획득하지 못하였다. 보호종의 수에서는 유부도와 곰소만에서 10종 이상이 관찰되어 3점을 획득하였으며, 장봉도, 무의도, 서천갯벌, 하의도, 증도, 강진만 지역에서 2점, 대천천에서 1점을 획득하였다. 보호종의 개체수는 서천갯벌과 유부도, 도암만에서 1,000개체 이상이 관찰되어 3점을 획득하였으며, 장봉도, 무의도, 곰소만, 강진만에서 2점, 대천천, 하의도, 증도에서 1점씩 획득하였다. 전 세계 생존 개체수 1%이상이 관찰된 수조류의 종수는 서천갯벌과 유부도에서 10종 이상이 관찰되어 3점을 획득하였으며, 장봉도, 무의도, 대천천, 곰소만, 도암만, 강진만에서 1~4종이 관찰되어 1점을 획득하였다. 반면, 하의도와 증도에서는 점수를 획득하지 못하였다. 국내 도래 개체수 1%이상이 관찰된 수조류의 종수는 서천갯벌과 유부도, 곰소만, 도암만에서 10종 이상이 관찰되어 3점을 획득하였으며, 무의도와 강진만 지역에서 2점, 장봉도, 대천천, 하의도 지역에서는 1점을 획득하였다. 한편, 증도 갯벌에서는 점수를 획득하지 못하였다. 최대 개체수, 보호종의 수, 보호종 개체수, 생존 개체수 1%이상 관찰된 종수, 국내 도래 개체수 1%이상 관찰된 종수에서 획득한 점수를 합산한 결과 유부도에서 15점으로 가장 많은 점수를 획득하였으며, 다음으로 서천갯벌에서 14점, 도암만에서 12점, 곰소만에서 11점 등의 순으로 점수를 획득하였다. 획득한 총 점수를 등급화 해보면 서천갯벌과 유부도에서 최고등급인 I 등급을 보였다. 곰소만과 도암만, 강진만에서는 II 등급을 보였으며, 장봉도와 무의도에서는 III 등급을 보였다. 반면 대천천과 하의도, 증도 지역에서는 하위 등급인 IV 등급에 해당하였다(Table 29).

Table 29. Grading level by score of 10 coastal wetlands on the south-west coast in Korea

	Peak count	Protected specieses	Protected birds	1% level of Korean population	1% level of world population	Scores	Grade
Jangbongdo	6,941	8	257	3	3	7	III
Muuido	5,837	7	135	5	2	8	III
Daecheoncheon	7,672	4	35	3	1	5	IV
Seocheon tidal flat	116,226	9	5,176	23	15	14	I
Yubudo	87,148	11	9,711	21	11	15	I
Gomso Bay	14,837	10	320	14	4	11	II
Hauido	1,665	8	20	2	0	4	IV
Jeungdo	1,243	5	25	0	0	3	V
Doam Bay	14,324	12	2,046	11	2	12	II
Gangjin Bay	26,951	8	131	8	2	10	II

2) 순위 등급화

장봉도, 무의도, 대천천, 서천 갯벌, 유부도, 곰소만, 하의도, 증도, 도암만, 강진만 등 10 개 지역을 2008년 5월부터 2013년 3월까지 조사한 자료를 바탕으로 각 지역의 최대 합계수, 평균 밀도, 종다양성 지수(H'), 종풍부도지수(Da), 종균등도 지수(H_p) 등을 구하였다. 각 지수 값이 높은 지역부터 1순위를 매겼으며, 최종 합산하여 합산 값이 낮은 순대로 1위에서 10위 순으로 등급을 산정하였다. 개체수는 서천갯벌이 가장 많았고 다음으로 유부도, 강진만, 곰소만, 도암만 등의 순이었다. 밀도는 유부도가 5,096개체/km²로 가장 많았으며 다음으로 서천갯벌이 3,900개체/km², 곰소만이 970개체/km² 등의 순으로 나타났다. 종다양도는 도암만이 10개 지역 중에서 가장 높았으며 다음으로 하의도, 곰소만, 서천 갯벌 등의 순이었다. 종 균등도는 도암만이 가장 높았으며 다음으로 하의도, 곰소만, 서천 갯벌, 대천천 등의 순이었다. 종풍부도는 도암만 지역에서 가장 높았으며, 다음으로 곰소만, 하의도, 서천갯벌, 강진만 등의 순이었다(Table 30). 각 지수 값을 합산한 결과 1순위는 도암만, 2순위는 서천갯벌, 3순위는 곰소만, 4순위는 유부도 등의 순으로 나타났다(Table 31). 4순위인 유부도의 경우 최대개체수와 밀도에서 1~2 순위였으나, 종다양도와 종균등도, 종풍부도에서 타 지역에 비해 낮았다. 이들 지역은 도요·물떼새류가 봄철과 가을철 이동시기에 중간기착지로 이용하는 지역으로 이동시기에 많은 개체수의 도요·물떼새가 일시적으로 관찰되는 지역이다. 또한 타 분류군에 비하여 도요·물떼새류가 월등히 우점하는 지역으로 종다양도, 종풍부도 등 각 지수 값이 낮은 경향을 보였다. 도암만의 경우 개체수와 밀도는 타 지역에 비하여 낮았으나, 종다양도, 종풍부도, 종균등도 모두 1순위였다. 도암만은 도요·물떼새류, 갈매기류, 수면성 오리류, 잠수성오리류 모두 다양하게 관찰되는 지역으로 각 지수 값이 높게 나타난 것으로 보인다.

Table 30. Index for the grade by the ranking of waterbirds among 10 coastal wetlands on the south-west coast in Korea

	Peak count	Mean density (individuals/km ²)	H'	H_p	Da
Jangbongdo	6,941	101	0.74	0.23	2.60
Muuido	5,837	354	1.81	0.54	3.11
Daecheoncheon	7,672	557	1.99	0.55	4.02
Seocheon tidal flat	116,226	3,900	2.33	0.57	4.89
Yubudo	87,148	5,096	2.10	0.54	4.13
Gomso Bay	14,837	970	2.45	0.59	6.46
Hauido	1,665	16	2.48	0.68	5.12
Jeungdo	1,243	40	1.87	0.55	4.07
Doam Bay	14,324	261	2.84	0.68	6.69
Gangjin Bay	26,951	176	1.92	0.50	4.61

Note :

H' : The Shannon diversity index, H_p : Heip evenness index from Brower et al. (1990), Da : the Margalef diversity index.

Table 31. Ranking grade by waterbirds population and index among 10 coastal wetlands on the south-west coast in Korea

	Peak count	Mean density (individuals/km ²)	H^*	H_p^*	Da^*	Sum of rank	Rank
Jangbongdo	7*	8	10	10	10	45	10
Muuido	8	5	9	7	9	38	8
Daecheoncheon	6	4	6	5	8	29	6
Seocheon tidal flat	1	2	4	4	4	15	2
Yubudo	2	1	5	8	6	22	4
Gomso Bay	4	3	3	3	2	15	3
Hauido	9	10	2	2	3	26	5
Jeungdo	10	9	8	6	7	40	9
Doam Bay	5	6	1	1	1	14	1
Gangjin Bay	3	7	7	9	5	31	7

Note :

H' : The Shannon diversity index, H_p : Heip evenness index from Brower et al. (1990), Da : the Margalef diversity index.

* Rank of 10 coastal wetlands

4. 고찰

10개 지역 중 서천 갯벌과 유부도 갯벌의 가치가 가장 높았다. 이는 Shin *et al.*, (2014)에서 서천 갯벌의 등급과 같은 등급으로 나타났다. 다음으로 곰소만, 도암만, 강진만 등의 순이었다. 높은 등급에 속한 이들 연안습지는 봄철과 가을철 갯벌을 중간기착하는 수조류(도요·물떼새)의 관찰과 하천의 하구, 저수지, 등에서 다양한 오리류가 관찰되어 물새의 다양성, 균등도, 풍부도 등이 증가하는 것으로 보이며, 서천갯벌과 유부도 갯벌을 제외하면 인근에 간척지화 된 서식지가 분포하는 지역이었다. 논 습지는 겨울철 철새들의 중요한 휴식지이자, 취식지이며, 텃새, 여름철새 또한 중요한 번식지로 알려져 있다. 논 습지에서 서식하는 279종의 조류 중 멸종위기야생조류는 46종으로 전체 멸종위기야생동물의 75%가 논을 서식지로 이용하며(김 등, 2013), 논 습지에 존재하는 낙곡에 의해 오리류의 유입에 영향을 준다(유 등, 2008a). 그러나, 일부 간척지의 경우 일부 오리류의 개체수 편중 현상이 심화되어 낙곡량이 줄어들어 따라 개체수가 감소하는 경향이 있어(유 등, 2008a) 벗짚 존치 또는 생물다양성관리계약사업 등의 대책마련이 필요하다. 반면, 점수화 등급 또는 순위화 등급에서 비교적 낮은 등급을 획득한 특정 보호종의 서식지 및 번식지인 장봉도, 무의도 등은 보호가치가 매우 높으나(이 등, 2010), 낮은 등급을 받았다. 이는 등급을 설정하는 기준이 종수, 개체수, 종다양도, 균등도 등 조류상에 의해 설정된 방법으로 특정 보호종의 서식지별 특성이 반영되지 않은 것으로 볼 수 있다(Shin *et al.*, 2014). 연안습지는 단지 조류의 종수, 개체수, 각종 지수로 수치상의 등급을 나눠 평가하기엔 다소 무리가 있었다. 이에 갯벌 등급을 평가하기에 앞서 서식지의 특성이 반영되어야 할 것이다. 갯벌의 개발 억제, 간척, 이용, 서식지 관리 등 효율적인 관리를 위한 객관적인 자료로서는 충분히 사용될 수 있을 것이다.

VI. 종합 고찰

서·남해안 연안습지는 전 세계 5대 갯벌 중 하나이며, 동아시아 대양주 철새 이동경로(East Asian-Australasian Flyway)에 위치해있다. 봄과 가을철에 많은 철새가 중간기착지로 이용하며, 겨울철에 월동지로 이용하는 중요 서식지 중 하나이다. 수조류가 서식지를 선택하는 요인은 다양하나, 가장 중요한 선택 요인은 먹이원의 분포로, 먹이원의 종류와 양은 수조류의 생존에 필수적인 사항이다. 넓은 면적의 연안습지가 간척지로 변화되고 일부 수조류의 개체수가 급감하는 상황에서 먹이원과 수조류의 생태학적 자료를 배제한 보호활동은 수조류의 보호에 큰 영향을 주지는 못할 것으로 판단된다. 최근 연안습지의 중요성이 대두되어 연안습지 보호를 위한 수조류의 군집 조사가 일부 수행되고 있으나, 대부분 단위 갯벌의 규모이거나, 수조류의 서식현황 파악이 주로 수행되었을 뿐, 수조류와 그 서식지 보호를 위한 먹이원의 분포와 서식지의 이용현황에 대한 연구는 미미한 실정이다.

서·남해안 연안습지 10개 지역에서 가장 많이 서식하는 수조류는 도요·물떼새류였고 다음으로 수면성 오리류, 갈매기류이었다. 도요·물떼새류가 가장 많이 서식하는 연안습지는 서천갯벌과 유부도 2개 지역으로, 다른 연안습지에 비하여 월등히 많은 개체군을 수용하는 지역이었으며, 도요·물떼새류를 제외한 다른 수조류는 소수의 개체 만이 서식하였다. 이들 지역은 국내에서 도요·물떼새류의 서식지로 매우 중요한 지역으로 판단되며, 서식지 훼손 시에는 도요·물떼새류의 생존에 큰 영향을 줄 것으로 판단된다. 수면성 오리류가 가장 많이 서식하는 지역은 도암만이였다. 이 지역은 간척지, 호수 등 다양한 서식환경이 분포하는 지역이었다. 갈매기류에 있어 중요한 지역은 대천천하구, 곰소만으로, 이들 지역은 대규모 항구가 위치하였다. 항구에서 인위적인 먹이공급으로 많은 개체군이 유입되어 생태계의 불균형을 초래할 가능성이 큰 것으로 판단된다. 수조류는 서식지의 환경 구성요소에 따라 서식하는 종류와 개체군이 달랐으며, 다양한 서식환경은 수조류의 다양성에 긍정적인 영향을 주는 것으로 보인다. 이는 곧 갯벌의 훼손

손으로 도요·물떼새류가 감소하고, 농경지와 인공호수의 생성으로 오리류가 증가하는 현상을 대변해 주는 것으로 판단된다.

장거리를 이동하는 도요·물떼새류는 먹이원인 대형저서동물의 섭취로 이동에 필요한 에너지를 획득한다(Zwarts, 1988). 도요·물떼새류는 퇴적물 중 펄과 모래의 함량에 긍정적인 영향을 받았으며, 점토질의 함량에 부정적인 영향을 받았다. 대형저서동물 중 다모류와 극피동물은 도요·물떼새류의 종수와 개체수, 생물학적 다양성 지수에 긍정적인 영향을 주는 것이 확인되었다. 반면, 연체동물은 도요·물떼새류의 서식에 부정적인 영향을 주었다. 펄의 함량은 대형저서동물의 서식에 좋은 영향을 주어(정 등, 2014), 도요·물떼새류가 먹이원에 의해 유입된 것으로 보이며, 도요·물떼새류가 펄을 선호하는 것은 대형저서동물이 다양하고 조밀하게 분포하기 때문인 것으로 판단된다. 반면, 점토질은 대형저서동물의 서식에 부정적인 영향을 주는 것으로 알려져 있으며(정 등, 2014), 본 연구에서도 도요·물떼새류에 부정적인 영향을 주었다. 퇴적물 중 모래의 경우 점토질과 마찬가지로 대형저서동물의 서식에 부정적인 영향을 주었으나(정 등, 2014), 만조에도 나출되는 모래톱은 도요·물떼새류의 휴식지로 중요한 역할을 하였다. 도요·물떼새류의 보호 측면에서 서식지의 조성 및 관리는 펄 함량과 모래톱의 조성이 필수적인 것으로 판단된다.

수면성 오리류는 겨울철에 수계와 인근의 논을 중심으로 이용하는 수조류로 과거 간척지의 면적이 증가함에 따라 논을 이용하는 수조류의 개체수가 증가하는 경향을 보였다. 그러나 최근 조성된 논(도시화, 공단 조성 등)로 개체수가 감소하는 경향을 보이고 있다. 자연습지의 감소로 인해 논은 대체서식지로서 중요한 기능을 수행하고 있다. 국내 서식하는 흰뺨검둥오리의 핵심서식지는 13.82km²의 면적 내에서 서식하는 것을 확인하였다. 지역별로 핵심서식지의 면적은 큰 차이를 보였는데, 이는 수렵, 공사행위 등 직접적인 방해요인, 환경변화 등에 의해 이동이 발생하여 보다 넓은 핵심서식지를 갖는 것으로 추정된다. 월동기 동안 흰뺨검둥오리는 수계와 논, 내륙습지, 연안습지, 해수면 등을 이용하는 것으로 확인되었다. 주간에는 주로 수계, 내륙습지, 연안습지, 해수면 등을 이용하고, 야간에는 수계와 논을 이용하였다. 그러나 각 연안습지마다 서식지의 환경구성 요소에 따라서 각 서식지를 이용하는 비중은 달랐으며, 주간과 야간의 이용

패턴 또한 달랐다. 주로 야간에는 취식을 하고 주간에는 휴식한다는 과거 연구 (Baldassarre and Bolen, 1994)와는 대조적으로 방해요인이 적고 먹이량이 풍부한 지역에서는 정반대의 이용패턴을 보였다. 흰뺨검둥오리는 주로 오전 6시부터 8시 사이, 오후 4시부터 6시 사이에 서식지간 이동이 이루어졌다. 오전 7시에는 내륙습지, 연안습지 해수면에서 논과 수계로 이동하였고, 오후 5시에는 논과 수계에서 내륙습지, 연안습지, 해수면 등으로 이동하는 경향을 보였다. 이는 흰뺨검둥오리가 하루 동안 이동하는 거리 중 가장 장거리를 이동하는 시각과 같았다. 청둥오리의 경우 먹이원이 풍족한 경우 짧은 거리를 이동하고, 먹이원이 부족한 경우 장거리 이동을 야기하며, 서식지가 파괴되면 더 먼 거리를 이동하는 것으로 알려져 있다(Davis and Afton, 2010). 본 연구에서 행동권의 면적이 작고 하루 이동거리가 짧은 해남, 만경강은 먹이가 풍족하고 방해요인 및 환경변화가 적은 지역인 것으로 보여, 오리류가 서식하기에 안정적인 것으로 판단된다. 본 연구에서 논은 수면성 오리류의 서식에 매우 중요한 서식지임을 다시 한 번 재조명할 수 있었다. 논은 인간과 야생동물이 공존할 수 있는 인공서식지로 인간에게 이로운 식량 생산과, 야생동물의 생존에 필요한 서식지를 조성하기 위해 농약사용을 줄이고 낙곡의 양을 늘리는 등 효과적인 관리가 필요한 것으로 판단된다.

본 연구에서 조사한 수조류를 대상으로 각 연안습지에 등급과 순위를 산정하여 평가하였다. 수조류의 종수와 개체수, 보호종 등으로 점수화 시킨 등급에서는 서천갯벌과 유부도의 가치가 가장 높았다. 이들 지역은 타 연안습지에 비하여 월등히 많은 개체군이 서식하였으며, 멸종위기에 처한 종들 또한 많아 높은 점수를 획득하였다. 각종 다양성지수를 기준으로 한 순위화 등급에서는 도암만과 곰소만의 가치가 높았다. 서천갯벌과 유부도의 경우 순위 화에서도 각 2위와 4위에 선정되었으나, 월등히 많은 종수와 개체수에 의해 순위가 높았을 뿐 각종 다양성지수에서는 높지 않은 순위가 확인되었다. 서식지 환경의 다양성과 생태계의 균형적인 측면에서는 도암만과 곰소만의 가치가 높았으며, 수조류의 개체수, 멸종위기에 처한 수조류의 서식지 측면에서는 서천갯벌과 유부도의 가치가 높았다. 반면, 점수화 등급과 순위화 등급에서 낮게 평가된 장봉도의 경우 멸종위기 종의 번식지가 존재하는 지역으로 과거부터 생태학적으로 매우 중요한 지역으로 알려져 왔다. 이는 등급 평가 시 각 연안습지의 생태학적 조사를 통하여 각 서식지별

특성이 반영되어야 할 것으로 보인다.

서·남해안 연안습지에서 수조류는 각 서식지의 환경에 적응하여 서식하는 것을 확인할 수 있었다. 훼손된 연안습지를 피해 다른 연안습지로 이동하여 서식하는 것으로 보이며, 각종 환경 변화와 방해요인에 대응하여 서식지별 이용패턴을 변화시키는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 다른 관점에서 보면, 일부 분류군에서의 개체군 급감 현상은 훼손되지 않은 연안습지의 수조류 수용력이 이미 포화 상태에 이른 것으로 보여, 서식지 보호와 관리는 무조건적으로 이루어져야 할 것으로 판단되었다. 다양한 서식지의 조성은 수조류의 다양성 측면에서 유리하나, 멸종위기에 처한 일부 분류군의 개체수 증가를 위한 서식지 조성이 우선시 되어야 할 것이다. 우리나라의 서·남해안 연안습지는 철새 이동경로의 중간에 위치하여 에너지 획득의 관점에서 수조류에게 매우 중요하고(Zwarts, 1988), 생존에 가장 큰 영향을 주는 지역이다. 개발되지 않은 연안습지는 현재 남아있는 도요·물떼새류의 생존에 필수적인 서식지이며, 개발되어 간척화 된 논은 다른 서식환경과 더불어 생물학적 다양성을 높여주는 서식지 중 하나로 생각된다. 따라서 급감하는 도요·물떼새류의 보호를 위한 서식지 보호와 관리, 훼손된 서식지의 복원이 인근 지역의 다양한 서식지의 조성, 보호관리 등과 함께 이루어진다면, 도요·물떼새류의 개체수 증가와 함께, 생물학적 다양성을 높이는 시너지 효과가 이루어질 것으로 판단된다.

VII. 결론 및 제언

본 연구는 2008년 5월부터 2013년 3월까지 서·남해안 연안습지 10개 지역을 대상으로 수조류 군집과 대형저서동물 군집을 조사하여, 지역별 수조류 군집 특성과 잠재적 먹이원인 대형저서동물과의 관계를 파악하고, 2015년 10월부터 2016년 2월까지 흰뺨검둥오리의 위치추적을 실시하여 흰뺨검둥오리의 서식지 이용패턴을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 조사기간 동안 서·남해안 연안습지 10개 지역에서 관찰된 수조류는 96종 282,844개체(최대개체수 합계)이었다. 우점 분류군은 도요·물떼새류가 종수에서 37.5%, 개체수에서 67.1%를 차지하여 최고 우점한 분류군이었으며, 수면성 오리류, 백로류, 갈매기류 등의 순으로 우점하였다. 우점종은 민물도요가 최우점종이었으며, 꿩이갈매기, 큰뒷부리도요, 흰물떼새, 붉은어깨도요 등의 순으로 우점하였다.

2. 분류군별 개체수는 도요·물떼새류가 서천갯벌에서 가장 많이 관찰되었으며, 유부도, 곰소만, 무의도, 도암만 등의 순이었고, 수면성 오리류는 도암만에서 가장 많이 관찰되었으며, 서천갯벌, 강진만, 대천천, 곰소만 등의 순이었다. 잠수성 오리류는 강진만에서 가장 많이 관찰되었으며, 다음으로 도암만, 서천갯벌 등의 순이었다. 갈매기류는 서천갯벌에서 가장 많이 관찰되었으며, 다음으로 유부도, 대천천, 곰소만 등의 순이었다.

3. 서·남해안 연안습지 10개 지역은 수조류의 유사도지수(R_o)에 의해 3개 Group으로 나뉘었는데, 1 Group은 수면성 오리류와 잠수성 오리류가 우점한 강진만, 도암만, 하의도로 3개 지역이었으며, 2 Group은 도요·물떼새류가 우점한 서천갯벌, 유부도, 무의도로 3개 지역이었다. 3 Group은 갈매기류가 우점한 장봉도, 대천천 하구, 곰소만, 증도로 4개 지역으로 구분되었으며, 지역 간 환경차이에 따른 종구성에 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

4. 서·남해안 연안습지 9개 지역에서 출현한 대형저서동물은 468종이 출현하였다. 그 중 183종의 다모류가 출현하여, 39.1%를 차지하여 최고 우점한 분류군이었으며, 연체동물은 119종이 출현하여 전체 종수의 25.4%를 차지하여 차우점

분류군이였다. 개체수의 경우 연체동물이 47.9%의 비중으로 최우점 분류군이였으며, 다모류가 30.4%를 차지하여 차우점 분류군이였다. 전체 지역에서 최우점종은 서해비단고둥(*Umbonium thomasi*)으로 27.5%를 차지하였으며, 다음으로, 버들갯지렁이(*Heteromastus filiformis*), 모래무지옆새우사촌류(*Urothoe* sp.), 꼬마돌사리조개(*Felaniella sowerbyi*), 양손갯지렁이류(*Magelona japonica*), 띠조개(*Laternula marilina*) 등이 우점하였다. 전체 밀도 중 1%이상 우점한 우점종은 연체동물이 5종, 다모류가 4종, 갑각류가 5종으로 구성되었다.

5. 지역별로 대형저서동물의 군집을 보면 도암만에서 171종이 출현하여 가장 많은 종수가 확인되었으며, 다음으로 무의도, 곰소만, 강진만 등의 순으로 확인되었다. 개체수는 무의도에서 가장 많은 개체수가 확인되었으며, 다음으로 도암만, 하의도, 곰소만, 강진만 등의 순으로 확인되었다. 종다양도는 대천천 하구에서 가장 높았고, 강진만, 도암만, 장봉도 등의 순으로 확인되었다.

6. 수조류 중 도요·물떼새류와 퇴적환경과의 관계를 확인한 결과 퇴적환경 중 펄의 함량이 증가하면, 도요·물떼새류의 종수와 종다양도에 긍정적인 영향을 주는 것이 확인되었으며, 모래의 함량이 많을수록 도요·물떼새류의 개체수에 긍정적인 영향을 주는 것으로 확인되었다. 점토의 함량은 도요·물떼새류의 종수와 개체수에 부정적인 영향을 주는 것으로 확인되었다.

7. 잠재적 식이물인 대형저서동물과 수조류 군집의 관계를 확인한 결과 대형저서동물 중 다모류는 도요·물떼새류의 종수와 개체수, 종다양도, 평균등도, 종풍부도에 긍정적인 영향을 주는 것으로 확인되었으며, 연체동물은 도요·물떼새류의 종수와 개체수, 종다양도에 부정적인 영향을 주는 것이 확인되었다. 또한 극피동물의 생체량은 도요·물떼새류의 종수, 개체수, 종다양도에 긍정적인 영향을 주었다.

8. 수조류 중 흰뺨검둥오리의 행동권을 분석한 결과 5개 지역에서 MCP에 의한 행동권은 99.48km²이었으며, KDE 90%에 의한 행동권은 61.15km², KDE 70%에 의한 행동권은 27.02km²으로 확인되었다. 핵심서식지인 KDE 50%의 행동권은 13.82km²로 확인되었다. 지역별로 흰뺨검둥오리의 핵심서식지 면적을 비교해 보면 서천의 흰뺨검둥오리가 가장 넓은 면적을 보였으며, 다음으로 동진강, 안성천, 해남, 만경강의 순으로 확인되었다.

9. 위치추적기를 부착한 흰뺨검둥오리의 서식지 이용률을 보면 내륙수에서 47.3%의 비율로 가장 높은 이용률을 보였으며, 다음으로 논에서 28.9%, 내륙습지 6.5%, 해양 5.6% 등의 순으로 이용하였다. 시간대 별 이용률을 살펴보면 하루 중에서 오전 6시와 8시 사이, 오후 4시에서 6시 사이에 서식지 이용 변화율이 가장 높았다. 오전 7시 전후에 논에서 수계, 내륙습지 등 휴식지로 이동하였으며, 오후 5시 경에 내륙수, 내륙습지, 연안습지, 해양 등에서 논 등 취식지로 이동하는 것을 확인할 수 있었다.

10. 지역별 흰뺨검둥오리의 서식지 이용률을 보면 지역의 환경요인에 의해 서식지의 이용률이 변화하였다. 만경강과 동진강의 경우 주간과 야간 모두 내륙수의 이용률이 가장 높았으며, 서식지간 이용률은 주·야간에서 미미한 차이는 있었으나 큰 변화량은 없었다. 그러나 서천의 흰뺨검둥오리는 주간에 연안습지 이용률이 가장 높았고, 야간에는 논 이용률이 높았다. 반면, 해남의 경우 주간에 논 이용률이 가장 높았으며, 야간은 내륙수의 이용률이 가장 높았다.

11. 흰뺨검둥오리의 하루이동거리를 살펴본 결과 흰뺨검둥오리의 하루이동거리는 0.77km를 이동하였다. 지역별로 보면 서천의 흰뺨검둥오리가 1.25km로 가장 긴 이동거리를 보였으며, 동진강에서 0.80km, 해남에서 0.71km, 안성에서 0.73km, 만경강에서 0.55km의 순으로 나타났다. 시간대별 이동거리를 살펴보면 하루 중 오전 6시와 8시 사이 그리고 오후 4시와 6시 사이에 2km이상 이동하였으며, 나머지 시간대에서는 1km 미만의 이동거리를 보였다.

12. 수조류에 의한 연안습지 등급을 평가한 결과 점수에 의한 등급화의 경우 유부도와 서천갯벌이 I 등급을 획득하였으며, 곰소만, 도암만, 강진만이 II 등급을 획득하여 가치가 높은 등급에 해당하였다. 순위에 의한 등급화는 도암만이 1위에 해당하여 10개 연안습지 중 가장 가치가 높았으며, 다음으로 서천갯벌이 2위, 곰소만이 3위, 유부도가 4위 등의 순으로 나타났다. 반면 장봉도의 경우 10위에 해당하여 가치가 가장 낮은 것으로 확인되었으나, 장봉도는 노랑부리백로 등 멸종 위기종의 번식지로 보호가치가 매우 높은 지역임에도 불구하고 낮은 평가를 받았다. 이는 단순 수치상의 평가 방법 보단 주관적이긴 하나, 각 지역의 생태적 특성이 반영되어야 할 것으로 보인다.

끝으로 연안습지 생태계가 가지고 있는 기능은 수조류가 생존에 필수적인 요

소들이다. 갯벌이 매립되고 간척된 논습지가 생겨나면서 종의 구성에 변화를 주었으나, 종다양성, 풍부성 측면에서는 긍정적인 면이 있는 것으로 사료된다. 또한, 현재 남아있는 갯벌의 보호 및 관리가 이루어지면, 급감하는 도요·물떼새류의 개체수에 긍정적인 영향을 줄 것으로 보인다. 이에 수조류의 서식지로서 서·남해안 연안습지의 효과적인 관리를 위하여 다음과 같은 방안을 제시하고자 한다.

① 가급적 연안습지의 개발과 매립 등 훼손 억제, ② 수조류의 서식지로 가치가 높은 지역에 대한 습지보호지역 등 법정 보호지역 지정, ③ 농업 방법에 대한 규제와 이에 대한 보상 정책 수립, ④ 낙곡의 존치를 위한 곤포사일리지(Bale Silage)의 규제와 이에 대한 보상 정책 수립, ⑤ 서식지 복원을 통해 훼손된 서식지를 되살리는 노력이 필요하다. 최근 서식지 복원 및 서식지 유도(권 등, 2014), 낙곡량에 따른 개체수 증가(유 등, 2008a) 등은 위와 같은 노력에 긍정적인 가능성을 입증하였다. 서·남해안의 연안습지의 보호 및 관리는 수조류 개체수 증가에 직접적인 영향을 줄 것이며, 이는 곧 환경지표종의 증가로 이어져, 우리가 살아가는 환경의 건강함을 반증해주는 결과로 해석될 수 있을 것이다.

VIII. 적 요

서·남해안 연안습지 10개 지역(장봉도, 무의도, 대천천하구, 서천갯벌, 유부도, 곰소만, 하의도, 증도, 도암만, 강진만)에서 서식하는 수조류의 도래현황에 대한 조사는 2008년 5월부터 2013년 3월까지 실시하였으며, 수조류의 서식지 이용현황은 2015년 10월부터 2016년 2월까지 야생동물위치추적기(WT-300, GPS-Mobile Phone Based Telemetry)를 부착하여 실시하였다. 조사기간 동안 서·남해안 연안습지에 도래하는 수조류는 96종 282,844개체(최대개체수 합계)이었다. 최고 우점 분류군은 도요·물떼새류가 중수에서 37.5%, 개체수에서 67.1%를 차지하였으며, 수면성 오리류, 백로류, 갈매기류 등의 순으로 우점하였다. 우점종은 민물도요(*Calidris alpina*), 팽이갈매기(*Larus crassirostris*), 큰뒷부리도요(*Limosa lapponica*), 흰물떼새(*Charadrius alexandrinus*), 붉은어깨도요(*Calidris tenuirostris*)이었다. 분류군별 개체수는 도요·물떼새류가 서천갯벌과 유부도에서 가장 많이 관찰되었으며, 수면성 오리류는 도암만에서 가장 많이 관찰되었다. 잠수성 오리류는 강진만에서 가장 많이 관찰되었으며, 갈매기류는 서천갯벌에서 가장 많이 관찰되었다. 서·남해안 연안습지 10개 지역은 수조류의 유사도지수(Ro)에 의해 3개 Group으로 나뉘었다. 1 Group은 수면성 오리류와 잠수성 오리류가 우점한 지역이었으며, 2 Group은 도요·물떼새류가 우점한 지역이었다. 3 Group은 갈매기류가 우점한 지역으로 구분되었으며, 지역간 환경에 따른 종구성에 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

서·남해안 연안습지 9개 지역(서천갯벌에 유부도 포함)에서 출현한 대형저서동물은 468종이 출현하였다. 그 중 다모류는 183종(39.1%)이 출현하여 최고 우점한 분류군이었으며, 연체동물은 119종(25.4%)이 출현하여 차우점 분류군이었다. 밀도는 연체동물이 47.9%의 비중으로 최우점 분류군이었으며, 다모류가 30.4%를 차지하여 차우점 분류군이었다. 전체 밀도 중 1%이상 우점한 종은 연체동물이 5종, 다모류가 4종, 갑각류가 5종으로 구성되었다. 지역별로 대형저서동물의 군집을 보면 도암만에서 171종이 출현하여 가장 많은 종수가 확인되었으며, 개체수는 무

의도에서 가장 많은 개체수가 확인되었다. 종다양도는 대천천 하구에서 가장 높았다. 다모류는 도요·물떼새류의 종수와 개체수, 종다양도, 종균등도, 종풍부도에 유의한 양의 상관관계를 보였으며, 연체동물은 도요·물떼새류의 종수와 개체수, 종다양도에 유의한 음의 상관관계를 보였다.

도요·물떼새류와 퇴적환경과의 관계를 확인한 결과 퇴적환경 중 펄의 함량은 도요·물떼새류의 종수와 종다양도에 유의한 양의 상관관계를 보였으며, 모래는 도요·물떼새류의 개체수에 유의한 양의 상관관계를 보였다. 점토는 도요·물떼새류의 종수와 개체수에 유의한 음의 상관관계를 보였다.

흰뺨검둥오리의 MCP에 의한 행동권은 99.48km²이었으며, KDE 90%는 61.15km², KDE 70%는 27.02km², 핵심서식지인 KDE 50%는 13.82km²로 확인되었다. 서천의 핵심서식지가 가장 넓었으며, 동진강, 안성천, 해남, 만경강의 순이었다.

흰뺨검둥오리는 내륙수에서 47.3%로 가장 이용률이 높았고, 다음으로 논 28.9%, 내륙습지 6.5%, 해양 5.6%의 순이었다. 하루 중 오전 6시와 8시 사이, 오후 4시에서 6시 사이에 서식지 이용의 변화율이 가장 높았고, 오전 7시에 논에서 수계, 내륙습지 등으로 이동하였으며, 오후 5시 경에 내륙수, 내륙습지, 연안습지, 등에서 논으로 이동하였다. 지역별로 보면, 만경강과 동진강의 경우 주·야간에서의 이용률은 큰 차이를 보이지 않았다. 서천에서는 주간에 연안습지 이용률이 가장 높았고, 야간에는 논의 이용률이 높았다. 반면에 해남에서는 주간에 논의 이용률이 가장 높았으며, 야간에는 내륙수의 이용률이 가장 높았다. 흰뺨검둥오리의 하루동안 0.77km를 이동하였다. 지역별로 보면 서천의 흰뺨검둥오리가 1.25km로 가장 길었고, 동진강에서 0.80km, 해남에서 0.71km, 안성에서 0.73km, 만경강에서 0.55km의 순이었다. 하루 중 오전 6시와 8시 사이 그리고 오후 4시와 6시 사이에 2km이상 이동하였으며, 나머지 시간대에서는 1km 미만의 이동거리를 보였다.

수조류에 의한 연안습지 등급을 평가한 결과, 점수에 의한 등급화는 유부도와 서천갯벌에서 I 등급, 곰소만, 도암만, 강진만이 II등급으로 가치가 높았다. 또한 순위에 의한 등급화는 도암만이 1위, 서천갯벌이 2위, 곰소만이 3위, 유부도가 4위 등의 순으로 나타났다. 반면 장봉도의 경우 10위로 가치가 가장 낮았으나, 노랑부리백로 등 멸종위기종의 번식지로 보호가치가 매우 높은 지역이었다.

IX. 참고문헌

- 강종현, 조항수, 배양섭. 2015. 인천 석모도, 교동도, 불음도에서 관찰된 멸종위기 조류의 분포 특성 연구. 한국자연보호학회지, 9(2): 117-124.
- 강태한, 김달호, 조혜진, 신용운, 이한수, 서재화, 황종경. 2014. 야생동물위치추적기(WT-200)를 이용한 청둥오리의 이동거리 및 행동권 연구. 한국환경생태학회지, 28(6): 642-649.
- 강태한, 김성현, 한성우, 이시완, 백운기. 2010. 금강 하구에 도래하는 수조류의 군집특성과 서식지 이용에 관한 연구. 한국조류학회지, 17(1): 1-10.
- 강태한, 유승화, 유재평, 이한수, 김인규. 2011. 새만금에 도래, 월동하는 수조류 군집에 관한 연구. 한국환경생태학회지, 25(1): 81-90.
- 강태한, 유승화, 이시완, 최옥인, 이종빈. 2008. 전라남도 무안만에 도래하는 수조류의 서식지 이용 및 갯벌 등급 평가. 한국환경생태학회지, 22(5): 521-529.
- 고병설, 이재학, 홍재상. 1997. 인천연안역 저서동물군집의 시·공간적 분포 양상. 바다: 한국해양학회지, 2(1): 31-41.
- 국립생물자원관. 2012. 겨울철 조류 동시센서스. 환경부. 국립생물자원관. 473pp.
- 국토해양부. 2009. 연안습지 기초조사 - 정밀조사-. 국토해양부, 398pp.
- 국토해양부. 2010. 연안습지 기초조사 - 정밀조사-. 국토해양부, 362pp.
- 국토해양부. 2011. 연안습지 기초조사 - 정밀조사-. 국토해양부, 304pp.
- 국토해양부. 2012. 연안습지 기초조사 -습지보호지역 모니터링-. 국토해양부, 394pp.
- 국토해양부. 2012. 연안습지 기초조사 - 정밀조사-. 국토해양부, 317pp.
- 국토해양부. 2013. 연안습지 기초조사 - 정밀조사-. 해양수산부, 354pp.
- 권영수, 남형규, 유정철, 박영석. 2007. 서울 도시하천에서 월동하는 수조류의 분포 특성. 한국환경생태학회지, 21(1): 55-66.
- 권인기, 이기섭, 강정훈, 이진연, 김인규, 유정철. 2014. 칠산도에서 둥지터 조성과 둥지재료 공급이 저어새 번식 개체군 증가에 미치는 영향. 한국환경생태

- 학회 학술대회논문집, 2014(2): 88-89.
- 김관목, 문영민, 유정철. 2013. 강화도 남단에 도래하는 도요새들의 해안 내륙 휴식지 이용과 이들의 이용에 영향을 미치는 환경요인들. 한국습지학회지, 15(2) 251-264.
- 김동원, 강종현, 서재화, 유병호. 2009a. 인천 교동도, 석모도, 불음도의 조류상. 한국자연보호학회지, 3(2): 76-84.
- 김동원, 권영수, 유정철. 2009b. 봄 이동시기, 경남 홍도를 경유하는 백로과 (Ardeidae) 조류의 이동 방향. 한국조류학회지, 16(2): 141-145.
- 김미란, 남형규, 김명현, 조광진, 강기경, 나영은. 2013. 우리나라 논 이용 조류 현황. 한국환경농학회지, 32(2): 155-165.
- 김은영. 1993. 서해안의 강화도와 영종도에 도래하는 섬금류의 생태. 경희대학교 석사학위논문, 47pp.
- 김인규, 이한수, 백운기, 이준우, 최영복. 2005. 강진만에 월동하는 수조류 군집에 관한 연구. 한국환경생태학회지, 19(3): 305-311.
- 김정수, 구태희. 2003. 도시하천의 생태공원화가 조류군집에 미치는 영향. 한국생태학회지, 26(3): 97-102.
- 김진한. 1998. 한국에 도래하는 철새의 생태와 보호관리-특히 서해안에 도래하는 수조류에 대하여. 경희대학교 박사학위 논문, 94pp.
- 김한별. 1995. 서해안의 삼목도에 도래하는 섬금류의 생태. 경희대학교 석사학위 논문, 46pp.
- 남재우. 1997. 서해안의 영종도에 도래하는 개펄의 생태. 경희대학교 석사학위논문, 46pp.
- 남형규, 최승혜, 유정철. 2015. 봄철 논습지에 도래하는 도요물떼새류의 취식행동에 따른 서식지 이용 특성 연구. 한국환경농학회지, 34(3): 178-185.
- 남형규, 최승혜, 최유성, 유정철. 2012. 논습지에 도래하는 수조류의 서식지 이용과 개체군 특성. 한국환경농학회지, 31(4): 359-367.
- 농어촌진흥공사. 1996. 한국의간척. 대성인쇄공사. 의왕.
- 문화재청. 2000. 천연기념물 조류의 월동실태조사. 도서출판 이화, 486pp.
- 박성근. 2002. 인천국제공항 건설지구인 영종도와 삼목도에 도래하는 섬금류에

- 미치는 간척의 영향과 생태. 경희대학교 박사학위논문, 177pp.
- 박치영, 김우열, 이두표. 2009. 전남 무안의 농어촌지역에서 서식지 유형별 조류 군집의 특성 비교. 한국조류학회지, 16(2): 81-92.
- 박치영, 김호준, 백운기. 2009. 시화호에 도래하는 조류군집의 장기 변동. 한국환경생태학회 학술대회논문집, 2: 175-176.
- 박치영, 김호준, 백인환, 유재평, 백운기, 이준우. 2015. 시화호 남측 초지지역의 조류 군집 특성. 한국환경생태학회지, 29(4): 516-524.
- 박현우. 2008. 인천갯벌에 도래하는 물새류 서식과 교육적 활용에 관한 연구. 과학교육논총, 21(1): 21-32.
- 백인환, 김호준, 진선덕, 유재평, 백운기. 2008. 시화호 일대 월동 조류 흰죽지의 군집특성. 한국환경생태학회 학술대회논문집, 118-119.
- 백인환, 진선덕, 유재평, 백운기. 2010. 태안해안국립공원의 번식기 조류상과 관리. 한국환경생태학회지, 24(2): 139-146.
- 소민석, 이재원, 김민규, 이지희, 권영수. 2013. 변산반도 국립공원 고사포, 하섬 연안습지의 탐방객이 조류에 미치는 영향. 국립공원연구지, 4(2): 99-104.
- 신용운, 신만석, 이한수, 강용명, 문운경, 박홍식, 오홍식. 2016a. 위치추적기 (WT-200)를 이용한 흰뺨검둥오리의 서식지 이용에 관한 연구. 한국환경생태학회지, 30(2): 146-154.
- 신용운, 신만석, 이한수, 강용명, 정우석, 최지다, 윤하정, 오홍식. 2016b. 청둥오리와 흰뺨검둥오리의 월동기 행동권 비교 연구. 한국환경생태학회지, 30(2): 165-172.
- 신용운, 조해진, 강태한, 김인규, 오홍식, 이시완. 2011. 전라남도 강진만에 도래하는 조류의 분포와 갯벌등급. 한국조류학회지, 18(3): 213-225.
- 신현출, 최진우, 고철환. 1989. 서해 경기 내만해역 조간대. 조하대의 저서동물 군집. 한국해양학회지, 24(4): 184-193.
- 안순모, 고철환. 1992. 서해 만경, 동진 조간대의 환경과 저서동물 분포. 한국해양학회지, 27(1): 78-90.
- 우용태, 이종남, 허위행. 1997. 낙동강 하구일대에서 기록된 조류. Bull. Kor. Inst. Orni., 6(1): 21-34.

- 원병오, 박진영, 김은영, 김화정. 1993. 한강의 수조류 조사. Bull. Kor. Inst. Orni., 4: 83-94.
- 원병오. 1996. 한국조류목록. Bull. Kor. Inst. Orni., 5: 39-58.
- 원병오. 1990. 한국서해안의 섬금류조사. Bull. Kor. Inst. Orni., 3: 28-50.
- 원병오. 1993. 가창오리의 보호. 자연보존, 81: 13-16.
- 유승화, 강태한, 백인환, 김호준, 이한수, 김인규. 2009. 시화호 초지대의 계획 소각에 의한 조류군집의 영향. 한국환경생태학회지, 23(4): 317-325.
- 유승화, 김인규, 강태한, 조해진, 유재평, 이시완, 이한수 2008a. 천수만에서 월동하는 조류군집과 먹이 자원과의 관계. 한국환경생태학회지, 22(3): 301-308.
- 유승화, 김인규, 김호준, 박정호, 이한수, 박종화. 2010. 시화호 조류의 분포와 반응거리를 이용한 핵심 및 완충지역의 선정. 한국조류학회지, 17(2): 163-177.
- 유승화, 김준범, 김인규. 2008b. 천수만에 도래하는 기러기류의 분포양상과 시기에 따른 분포의 변화. 한국환경생태학회지, 22(6): 632-639.
- 유승화, 이기섭, 박종화. 2013. 철원지역 두루미 취식지의 핵심지역 설정을 위한 MCP, 커널밀도측정법(KDE)과 국지근린지점외곽연결(LoCoH) 분석. 한국환경생태학회지, 27(1): 11-21.
- 유재평, 백인환, 강정훈, 진선덕, 백운기. 2015. 유부도에 도래하는 도요·물떼새의 군집 변화 연구. 한국환경생태학회 학술대회논문집, 25(2): 95.
- 유재평, 한성우, 진선덕, 백인환, 백운기. 2014. 금강하구에 도래하는 수조류의 월동기 군집 변화 연구. 한국환경생태학회, 28(2): 113-122.
- 유정칠, 이기섭. 1998. 한국 서해안의 조류 현황과 보전방안. Ocean and Polar Research, 20(2): 131-143.
- 윤무부. 2004. 검은머리물떼새의 번식행동 및 번식기 섭식행동의 다양성. 한국생태학회지, 27(6): 383-390.
- 윤성규, 홍재상. 2003. 해양생물학 - 저서생물-. 도서출판 아카데미서적, 412pp.
- 이기섭, 김미란, 이시완, 이한수. 2004a. 조류에 의한 갯벌의 등급화 연구. 한국습지학회지, 6(1): 105-115.

- 이기섭, 백운기, 유정철. 2002b. 만경강하구 간석지의 수조류 월동과 이동경로로의 중요성. Bull. Kor. Inst. Orni., 8(1): 1-6.
- 이기섭. 2000a. 한국의 서해안에 도래하는 수조류의 실태와 개체수 변동. 경희대학교 대학원 박사학위논문, 211pp.
- 이두표. 1997a. 영산호에 도래, 월동하는 수조류 군집에 관한 연구. 호남대논문집, 18(4): 639-646.
- 이두표. 1997b. 영암호에 도래, 월동하는 수조류 군집에 관한 연구. Bull. Kor. Inst. Orni., 6(1): 55-62.
- 이시완, 김용현, 강태한, 송민정. 2010. 대형저서동물과 물새류 서식지인 장봉도 습지보호지역의 생태적 중요성. 한국조류학회지, 17(2): 149-162.
- 이시완, 송민정, 이한수, 최종인. 2004b. 시화간척지에 도래하는 물새류 현황 및 보전 방안. 한국습지학회지, 6(1): 73-87.
- 이시완, 이한수, 유정철, 제종길, 백운기. 2002c. 강화도 남단 갯벌에 도래하는 물새류의 분포요인 및 보전방안. 한국환경생태학회지, 16(1): 34-45.
- 이시완, 이형곤, 신상호, 김동성, 이지왕, 제종길. 1998. 대부도 남사리 갯벌의 생물상. 해양연구 특별호, 20(2): 105-119.
- 이시완, 제종길, 이한수. 2003. 서해안 갯벌 현황과 철새에 대한 보전 방안. 한국환경생태학회지, 17(3): 295-303.
- 이시완. 2000b. 서해안 강화도 남단 갯벌에 도래하는 섭금류의 취식생태 및 식이물과의 관계. 경희대학교 대학원 박사학위논문, 191pp.
- 이우신, 박찬열, 임신재, 허위행. 2001. 금강 하구지역 조류군집의 특성 및 보호와 관리. 한국생태학회지, 24(3): 181-189.
- 이우신, 박찬열, 임신재, 허위행. 2002a. 만경강 지역 조류군집의 특성과 관리방안. 한국생태학회지, 25(2): 61-67.
- 이인섭, 홍순복. 2008. 낙동강 하구에서 수면성 오리류(*Anas spp.*)의 장기적 도래 현황. 한국환경생태학회지, 22(6): 625-631.
- 이재범, 권영수, 이정연, 박성근, 유정철. 1997. 아산만 지역의 월동 수조류와 서식지 이용(1995-1997). 한국조류학회 춘계학술발표대회 자료집.
- 이정호, 이정석, 박영규, 강성길, 최태섭, 김병호, 류종성. 2014. 한국 동해 남부해

- 역 대륙붕에 서식하는 대형저서동물군집 공간분포를 결정하는 환경요인. 바다: 한국해양학회지, 19(1): 66-75.
- 정래홍, 서인수, 이원찬, 김형철, 김정배, 최병미, 윤재성, 나중헌. 2014. 가로림만에 서식하는 대형저서동물의 춘계와 하계의 군집구조 및 건강도 평가. 해양환경안전학회지, 20(5): 491-503.
- 정철운, 한상훈, 이정일. 2010. 원격무선추적을 이용한 집박쥐의 비번식기 행동권 분석. 한국환경생태학회지, 24(4): 487-492.
- 조삼래, 김정훈, 김현태, 강희영. 2001. 서산 A, B지구의 하계 조류상 및 번식 실태. 한국조류학회지, 8(1): 11-22.
- 조삼래. 1994. 서산 A지구와 B지구 간척사업이 월동조류의 생태에 미치는 영향. 한국조류학회지, 1: 83-74.
- 조삼래. 2003. 천수만(서산 A, B지구)의 조류 실태. 한국환경과학회지, 12(2): 163-170.
- 최승혜, 남형규, 유정칠. 2014. 봄철 논습지에 도래하는 도요물떼새의 서식지 이용과 개체군 변동. 한국환경농학회지, 33(4): 334-343.
- 최영복, 정숙희, 유승화, 강태한, 이한수, 백운기, 최충길, 김인규. 2007. 전라남도 연안습지에 도래하는 수조류의 월동지 이용에 관한 연구. 한국환경생태학회지, 21(3): 197-206.
- 최영복, 정숙희, 이두표. 2006. 방조제 건설이 도요물떼새 도래에 미치는 영향. 한국조류학회지, 13(1): 27-33.
- 최영복, 정숙희. 1995. 중부 이남 서해안에 도래하는 섬금류에 관한 현황 - 전라북도 광활 지역의 갯벌을 중심으로. 한국조류학회지, 2(1): 57-73.
- 최영복. 2006. 전라남도 연안습지에 도래하는 수조류 군집의 생태적 특성. 전남대학교 박사학위논문, 116pp.
- 최진우, 서진영, 이창훈, 류태권, 성찬경, 한기명, 현상민. 2005. 남해특별관리해역인 마산만에서 동계 및 하계에 출현하는 대형저서동물군집의 공간분포 양상. Ocean and Polar Research, 27(4): 381-395.
- 통계청. 2015. 국가통계포털.
- 한국조류학회. 2009. 한국 조류 목록. 한림원(주), 133pp.

- 함규황. 2003. 낙동강 하구에 도래하는 조류의 10년사이 변화 추이(1988, 1993, 1998). 한국조류학회지, 10(2): 69-76.
- 해양수산부. 1998. 우리나라의 갯벌. 행정간행물 등록번호, 4000-58160-37-9803.
- 해양수산부. 1999. 갯벌생태계조사 및 지속가능한 이용방안 연구, BSPM 99035-00-1228-3.
- 허위행, 이우신, 임신재. 2005. 시화호 인공습지 조성 후 조류군집의 변화. 한국환경생태학회지, 19(3): 279-286.
- 허위행, 이종남, 이인섭, 우용태. 1999. 낙동강 하구의 조류상과 중요 습지로서의 평가. 한국조류학회지, 6(1): 47-56.
- 홍선기. 2009. 갯벌생태계의 보전과 관리에 관한 생태적 고찰. 도서문화, 33: 319-345.
- 홍순복. 2003. 낙동강하구의 조류상. 한국조류학회지, 10(1): 51-63.
- 홍순복. 2004. 낙동강 하류 권역별 조류군집의 특성. 한국생태학회, 27(5): 269-281.
- 홍순복. 2005. 낙동강 하구 최남단 사주의 도요물떼새류에 관한 연구. 한국생태학회지, 28(4): 199-206.
- 홍순복. 2009. 낙동강하구의 지역별 조류의 특성. 한국조류학회지, 16(1): 11-27.
- 환경부. 1998. 서·남해안 갯벌 생태계 조사 보고서.
- 환경부. 2004. '99-04년 겨울철 조류 동시센서스 종합보고서. 환경부 국립환경연구원, 620pp.
- 환경부. 2005. 겨울철 조류 동시센서스. 환경부 국립환경과학원, 418pp.
- Baldassarre, G. A. and E. G. Bolen. 1994. Waterfowl ecology and management. Wiley, 609pp.
- Barter, M. 2002. Shorebirds of the Yellow Sea: Importance, threats and conservation status. Wetlands International. Oceania, pp. 5-13, Global Ser. 9, Int. Wader Studies 12, Canberra, Australia.
- Blanco, D.W., B. Lopez-Lanus, R. A. Dias, A. Azpiroz, F. Rilla. 2006. Use of Rice Fields by Migratory Shorebirds in Southern South America. Implications for Conservation and Management. Wetlands International,

- Buenos Aires. 114pp.
- Brower, J. Zar and C. Von Ende. 1990. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Third Ed., Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, 237pp.
- Collinge, S. K. 1996. Ecological consequences of habitat fragmentation: implications for landscape architecture and planning. *Landscape and Urban Planning*, 36: 59-77.
- Colwell, M.A. 2010. Shorebird Ecology, Conservation and Management. University of California Press, Berkeley. 328pp.
- Dauer, D. M., J. A. Ranasinghe and S. B. Weisberg. 2000. Relationships between benthic community condition, water quality, sediment quality, nutrient loads and land use patterns in Chesapeake Bay, *Estuaries*. 23: 80-96.
- Dauvin, J. C., T. Ruellet, N. Desroy and A. L. Janson. 2007. The ecological quality status of the bay of seine and the seine estuary: use of biotic indices. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 241-257.
- 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.
- Diaz, R. J., M. Solan and R. M. Valente. 2004. A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. *Journal of Environment Management*, 73: 165-181.
- Elphick, C.S. 2000. Functional equivalency between rice fields and seminatural wetland habitats, *Conserv. Biol.*, 14: 181-191.
- Elphick, C.S. 2010. Why Study Birds in Rice Fields? *Waterbirds*, 33(sp1): 1-7.
- Evans, P. R. 1976. Energy balance and optimal foraging strategies in shorebirds: some implication for their distribution and movement in the non-breeding season. *Ardea*, 64: 117-139.
- Evans, P. R., J. D. Goss-Custard and W. G. Hale. 1984. Coastal waders and

- wildfowl in winter. Cambridge University Press, Cambridge. 331pp.
- Fischer, Justin W., W. D. Walter and M. L. Avery. 2013. BROWNIAN BRIDGE MOVEMENT MODELS TO CHARACTERIZE BIRDS' HOME RANGES. *The Condor*, 115(2): 298.
- Flint, R. W. and L. S. Holland. 1980. Benthic Infaunal Variability on a Transect in the Gulf of Mexico. *Estu. And Coast. Mar. Sci.*, 10: 1-14.
- Granadeiro, J. P., C. D. Santos, M. P. Dias, J. M. Palmeirim. 2007. Environmental factors drive habitat partitioning in birds feeding in intertidal flats: implications for conservation. *Hydrobiologia*, 587(1): 291-302.
- Hale, W. G. 1980. *Waders*. The new naturalist series. Collins. London, 15-33.
- Hilton, M. J., S. S. Manning. 1995. Conversion of coastal habitats in Singapore: Indications of unsustainable development, 22(4): 307-322.
- Kenward, R.E. 1985. *Raptor Radio-Tracking and Telemetry*. ICBP Technical Publication, 5: 409-420.
- 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, S. W., Y. S. Kwon, J. G. Je, J. C. Yoo. 1999a. Benthic Animal of Kanfwa Island and Gut Analysis of some Waterbirds. *Kor. J. Orni.*, 6(2): 71-86.
- Lee, K. S., J. Y. Park, J. B. Lee and J. C. Yoo. 1999b. Wintering Status of Waterbirds in the Three Reclaimed Areas of the West Coast of Korea. *Bull. Kor. Inst. Orni.*, 7: 1-11.
- 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.
- Lourenço, P. M., J. P. Granadeiro and J. M. Palmeirim. 2005. Importance of drainage channels for waders foraging on tidal flats: relevance for the

- management of estuarine wetlands. *J. Appl. Ecol.*, 42(3): 477-486.
- MacKinnon, J., Y. I. Verkuil and N. Murray. 2012. IUCN situation analysis on East and Southeast Asian intertidal habitats, with particular reference to the Yellow Sea (including the Bohai Sea). pp. 9-14, Occasional paper of the IUCN species survival commission, 47pp.
- Maeda, T., 2001. Patterns of bird abundance and habitat use in rice fields of the Kanto Plain, central Japan. *Ecol. Res.*, 16: 569-585.
- OECD(Organization for Economic Cooperation and Development). 1993. OECD Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews. Environmental Monographs, No. 83. OECD/GC(93): 179.
- Pae, S. H., J. Y. Park, J. H. Kim, J. C. Too. 1995. Habitat Use by Wintering Waterbirds at Han River Estuary and Imjin River, Korea. *The Korean Journal of Ornithology*, 2: 11-21.
- Piersma, T., 2006. Understanding the numbers and distribution of waders and other animals in a changing World: habitat choice as the lock and the key. *Stilt*, 50: 3-14.
- Reed, R. A., J. Johnson-Barnard, and W. L. Baker. 1996. Contribution of road to forest fragmentation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology*, 10: 1098-1106.
- Reise, K. 1985. *Tidal Flat Ecology*. Springer-Verlag. Berlin, 191pp.
- Rose, P. M. and D. A. Scott. 1994. Waterfowl population estimates. International Waterfowl and Wetlands Research Bureau. IWRB Spec. Publ., 29. Slimbridge.
- Sanders, H. L. 1958. Benthic studies in Buzzards Bay. I. Animal-sediment relationship. *Limnol. Oceanogr.*, 3: 245-258.
- Sanders, H. L., E. L. Goudsmit and G. E. Hampson. 1962. A study of the intertidal fauna of Barnstable Harbor, Massachusetts. *Limnol. Oceanogr.*, 17: 63-79.
- Saunders, D. A., R. J. Hobbs and C. R. Margules. 1991. *Biological*

- consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, 5: 18-32.
- Shannon, C. E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Univ. of Illinois press. Urbana-Champaign, 117pp.
- Shin, Y. U., T. H. Kang, I. K. Kim, S. W. Lee, H. S. Oh. 2014. Avifauna and Grading Assessment of the Wetlands in South-West Coast, Korea. *Kor. J. Orni.*, 21(2): 53-64.
- Stafford, J. D., R. M. Kaminski, K. J. Reinecke. 2010. Avian foods, foraging and habitat conservation in world rice fields. *Waterbirds*, 33(1): 133-150.
- Swennen, C., C. M. Poole, E. M. Park and J. Y. Park. 1990. Study of intertidal benthos in South Korea 1989. AWB Publ., No. 63. Kuala Lumpur, Malaysia.
- Timothy, C. Roth II. W. E. Vetter, and S. L. Lima. 2008. Spatia Ecology of Winting Accipiter Hawks: Home Range, Habitat Use, and the Influence of Bird Feeders. *The Condor*, 110(2): 260-268.
- Tourenq, C., R. E. Bennetts, H. Kowalski, E. Vialet, J. L. Lucchesi, Y. Kayser and P. Isenmann. 2001. Are ricefields a good alternative to natural marshes for waterbird communitise in the Camargue, southern France?, *Biological Conservation*, 100(3): 335-343.
- Van Gils, J.A., P. Edelaar, G.B. Escudero and T. Piersma. 2004. Carrying capacity models should not use fixed prey density thresholds: a plea for using more Tools of behavioural ecology. *Oikos*, 104: 197 - 204.
- Wilcove, D. S., C. H. McLellan and A. P. Dobson. 1986. Habitat fragmentation in the temperate zone. In: M. E. Soule(ed.), *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*, Sinauer Associates, Sunderland, 237-256.
- Wildsmith, M. D., T. H. Rose, I. C. Potter, R. M. Warwick, K. R. Clarke and F. J. Valesini. 2009. Changes in the benthic macroinvertnrate fauna of

- a large macrotidal estuary following extreme modifications aimed at reducing eutrophication. *Marine Pollution Bulletin*, 58: 1250-1262.
- Wilson, W. H. Jr. 1988. Relationship between prey abundance and foraging site selection by Semipalmated Sandpipers on a Bay of Fundy mudflat. *J. Field Ornithol.*, 61: 9-19.
- 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.
- Yee, A. T. K., W. F. Ang, S. Teo, S. C. Liew, H. T. W. Tan. 2010. The Present extent of mangrove forests in Singapore. *Nature in Singapore*, 3: 139-145.
- Zwarts, L. 1988. Numbers and distribution of coastal waders in Guinea-Bissau. *Ardea*, 76: 42-55.
- Zwarts, L., J. T. Cayford, J. B. Hulscher, M. Kersten, P. M. Meire and P. Triplet. 1996. Prey size selection and intake rate. In *The Oystercatcher from individuals to populations* (ed. J. D. Goss-Custard). Oxford University Press, 31-55.

Appendix 1. Peak count of waterbirds by each season at Jangbong-do on the West · South coast of Korea (June 2011 - Jan. 2012)

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Maximum count
<i>Anser fabalis</i>				180	180
<i>Anser albifrons</i>				450	450
<i>Anas poecilorhyncha</i>	63		93	53	93
<i>Platalea leucorodia</i>			1		1
<i>Platalea minor</i>	22				22
<i>Ardeola bacchus</i>	1				1
<i>Ardea cinerea</i>			29		29
<i>Ardea alba modesta</i>	15	13	32		32
<i>Egretta intermedia</i>	10				10
<i>Egretta garzetta</i>	7		14		14
<i>Egretta europhotes</i>	34	2	3		34
<i>Phalacrocorax carbo</i>	40				40
<i>Phalacrocorax capillatus</i>		1	2		2
<i>Falco tinnunculus</i>				1	1
<i>Falco subbuteo</i>	1				1
<i>Buteo buteo</i>				3	3
<i>Haematopus ostralegus</i>	5				5
<i>Charadrius dubius</i>	3				3
<i>Numenius phaeopus</i>		5			5
<i>Numenius madagascariensis</i>		2	13		13
<i>Tringa nebularia</i>		3			3
<i>Calidris alpina</i>		6	100		100
<i>Larus crassirostris</i>	5,867	1,457	748	32	5,867
<i>Larus vegae</i>			1	32	32
No. of species	12	8	11	7	24
Total of individuals	6,068	1,489	1,036	751	6,941

Appendix 2. Peak count of waterbirds by each season at Muui-do on the West · South coast of Korea (Aug. 2011 - may 2012)

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
<i>Anas platyrhynchos</i>	67		35	186	186
<i>Anas poecilorhyncha</i>	159	76	49	235	235
<i>Podiceps cristatus</i>				12	12
<i>Platalea leucorodia</i>		3		1	3
<i>Platalea minor</i>		4			4
<i>Bubulcus ibis</i>		1			1
<i>Ardea cinerea</i>	3	21	14	6	21
<i>Ardea alba modesta</i>	1	28	14	3	28
<i>Egretta garzetta</i>		10	5	4	10
<i>Egretta europotes</i>	13	87	5	2	87
<i>Falco tinnunculus</i>				1	1
<i>Falco subbuteo</i>		1			1
<i>Falco peregrinus</i>		1		1	1
<i>Pandion haliaetus</i>		1			1
<i>Buteo buteo</i>				1	1
<i>Haematopus ostralegus</i>			2		2
<i>Charadrius alexandrinus</i>	56		20	1	56
<i>Charadrius mongolus</i>			80		80
<i>Limosa lapponica</i>			400		400
<i>Numenius phaeopus</i>	88	24	50	4	88
<i>Numenius arquata</i>		5			5
<i>Numenius madagascariensis</i>		41			41
<i>Tringa stagnatilis</i>			15		15
<i>Tringa nebularia</i>	18	34	20		34
<i>Tringa ochropus</i>			5		5

Appendix 2. Continue

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
<i>Xenus cinereus</i>	321				321
<i>Heteroscelus brevipes</i>	124				124
<i>Calidris tenuirostris</i>	150		140		150
<i>Calidris ruficollis</i>			50		50
<i>Calidris alpina</i>	434	150	2,000	10	2,000
<i>Larus crassirostris</i>	408	2,123	230	58	2,123
<i>Larus canus</i>	62				62
<i>Larus vegae</i>	41			154	154
No. of species	15	17	18	16	33
Total of individuals	1,945	2,610	3,134	679	6,302

Appendix 3. Peak count of waterbirds by each season at estuary of Dacheoncheon on the West · South coast of Korea (Sep. 2010 - Jan. 2011)

Scientific name	Summer	Autumn	Winter	Spring	Max
<i>Cygnus cygnus</i>		1			1
<i>Tadorna tadorna</i>			23		23
<i>Aix galericulata</i>				7	7
<i>Anas penelope</i>			2	6	6
<i>Anas platyrhynchos</i>		963	1,699	56	1,699
<i>Anas poecilorhyncha</i>		465	661	198	661
<i>Anas clypeata</i>			6		6
<i>Anas formosa</i>			2		2
<i>Anas crecca</i>		128	156	12	156
<i>Aythya ferina</i>			4		4
<i>Mergus merganser</i>			1		1
<i>Mergus serrator</i>			3	15	15
<i>Tachybaptus ruficollis</i>		3	3	4	4
<i>Podiceps cristatus</i>			10	3	10
<i>Nycticorax nycticorax</i>	1				1
<i>Ardea cinerea</i>	13	50	35	12	50
<i>Ardea alba alba</i>			1		1
<i>Ardea alba modesta</i>	29	18	4		29
<i>Egretta garzetta</i>	22	19	7		22
<i>Phalacrocorax capillatus</i>	1	46	27	11	46
<i>Falco tinnunculus</i>			1	1	1
<i>Vanellus vanellus</i>		19			19

Appendix 3. Continue

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
<i>Charadrius dubius</i>				5	5
<i>Charadrius alexandrinus</i>			2	4	4
<i>Charadrius mongolus</i>			5		5
<i>Numenius phaeopus</i>	79		15	314	314
<i>Numenius arquata</i>				12	12
<i>Numenius madagascariensis</i>		26			26
<i>Tringa nebularia</i>	38	62	9	80	80
<i>Xenus cinereus</i>	10	11			11
<i>Actitis hypoleucos</i>	2	1	1		2
<i>Heteroscelus brevipes</i>	7	8		2	8
<i>Calidris ruficollis</i>	21			2	21
<i>Calidris alpina</i>		471	2	200	471
<i>Larus crassirostris</i>	2,271	1,345	2,793	919	2,793
<i>Larus vegae</i>	5	35	784	79	784
<i>Larus ridibundus</i>			372	197	372
No. of species	13	18	27	22	37
Total of individuals	2,499	3,671	6,628	2,139	7,672

Appendix 4. Peak count of waterbirds by each season at Seocheon tidal flat on the West · South coast of Korea (Mar. 2011 - Jan. 2012)

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
<i>Anser cygnoides</i>				4	4
<i>Anser fabalis</i>				8	8
<i>Tadorna tadorna</i>				3,930	3,930
<i>Anas strepera</i>				6	6
<i>Anas falcata</i>				26	26
<i>Anas penelope</i>				138	138
<i>Anas platyrhynchos</i>				3,921	3,921
<i>Anas poecilorhyncha</i>	8	4		1,305	1,305
<i>Anas crecca</i>				5	5
<i>Aythya ferina</i>				347	347
<i>Aythya marila</i>				8	8
<i>Bucephala clangula</i>				21	21
<i>Mergus merganser</i>				94	94
<i>Mergus serrator</i>				8	8
<i>Tachybaptus ruficollis</i>				1	1
<i>Platalea minor</i>			1		1
<i>Butorides striata</i>	1				1
<i>Ardea cinerea</i>	74	22	25	24	74
<i>Ardea alba modesta</i>	8	36	16		36
<i>Egretta intermedia</i>	2				2
<i>Egretta garzetta</i>	2	24	48		48
<i>Egretta europhotes</i>		6			6
<i>Phalacrocorax capillatus</i>				14	14
<i>Falco tinnunculus</i>	1		1	2	2
<i>Buteo buteo</i>				1	1
<i>Gallinula chloropus</i>	1				1

Appendix 4. Continue

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
<i>Haematopus ostralegus</i>	118	4		12	118
<i>Vanellus vanellus</i>				17	17
<i>Pluvialis fulva</i>	20				20
<i>Pluvialis squatarola</i>	1,891	100	2	287	1,891
<i>Charadrius placidus</i>	1				1
<i>Charadrius dubius</i>	2				2
<i>Charadrius alexandrinus</i>	10	275	20		275
<i>Charadrius mongolus</i>	5		11		11
<i>Charadrius leschenaultii</i>	4				4
<i>Limosa limosa</i>	10,375				10,375
<i>Limosa lapponica</i>	19,680	800			19,680
<i>Numenius phaeopus</i>	1,089	2,980	86		2,980
<i>Numenius arquata</i>	6,289	390	190	3,619	6,289
<i>Numenius madagascariensis</i>	4,835	242	143	2	4,835
<i>Tringa erythropus</i>	4				4
<i>Tringa totanus</i>			5		5
<i>Tringa stagnatilis</i>	7				7
<i>Tringa nebularia</i>	125	720	289		720
<i>Tringa glareola</i>	2				2
<i>Xenus cinereus</i>	934	1,300	130		1,300
<i>Actitis hypoleucos</i>	1			2	2
<i>Heteroscelus brevipes</i>	403				403
<i>Arenaria interpres</i>	222	80			222
<i>Calidris tenuirostris</i>	7,813	5,250	1		7,813
<i>Calidris ruficollis</i>	120	500	2	1,500	1,500

Appendix 4. Continue

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
<i>Calidris alpina</i>	38,286	5,730	1,821	1,838	38,286
<i>Larus crassirostris</i>	1,797	6,075	3,913	427	6,075
<i>Larus canus</i>				5	5
<i>Larus vegae</i>	43			1,374	1,374
<i>Larus ridibundus</i>	1,779			1,331	1,779
<i>Larus saundersi</i>			1	201	201
<i>Sterna albifrons</i>	22				22
No. of species	36	19	19	32	58
Total of individuals	95,974	24,538	6,705	20,478	116,226

Appendix 5. Peak count of waterbirds by each season at Ubu-do on the West · South coast of Korea (Mar. 2011 - Jan. 2012)

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
<i>Anser fabalis</i>				32	32
<i>Tadorna tadorna</i>				877	877
<i>Anas strepera</i>			1		1
<i>Anas platyrhynchos</i>				18	18
<i>Anas poecilorhyncha</i>	12		3	88	88
<i>Aythya ferina</i>				7	7
<i>Mergus merganser</i>				427	427
<i>Mergus serrator</i>				4	4
<i>Podiceps cristatus</i>				7	7
<i>Platalea minor</i>		10	60		60
<i>Ardea cinerea</i>	8	40	61	5	61
<i>Ardea alba modesta</i>	10	46	161		161
<i>Egretta garzetta</i>		8	10		10
<i>Egretta europotes</i>			3		3
<i>Phalacrocorax capillatus</i>			20	57	57
<i>Falco tinnunculus</i>			2		2
<i>Falco subbuteo</i>	1				1
<i>Falco peregrinus</i>				1	1
<i>Accipiter nisus</i>			1		1
<i>Haematopus ostralegus</i>	93	1,300	6,320	7,190	7,190
<i>Pluvialis fulva</i>		4			4
<i>Pluvialis squatarola</i>	2,395	1,275	532	167	2,395
<i>Charadrius alexandrinus</i>	249	1,127	17,717	210	17,717
<i>Charadrius mongolus</i>	130	150	7,602	100	7,602
<i>Charadrius leschenaultii</i>		35			35
<i>Limosa limosa</i>		16	30		30

Appendix 5. Continue

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
<i>Limosa lapponica</i>	570	68			570
<i>Numenius phaeopus</i>	156	244	68		244
<i>Numenius arquata</i>	40	42	407	1,900	1,900
<i>Numenius madagascariensis</i>	105	2,200	623	145	2,200
<i>Tringa totanus</i>			300		300
<i>Tringa nebularia</i>	3	120	31		120
<i>Xenus cinereus</i>	165	970	2,176	600	2,176
<i>Heteroscelus brevipes</i>		42			42
<i>Arenaria interpres</i>		7			7
<i>Calidris tenuirostris</i>	246	1,500	100		1,500
<i>Calidris alba</i>	48		50		50
<i>Calidris ruficollis</i>	450	168	2,200		2,200
<i>Calidris acuminata</i>			35		35
<i>Calidris alpina</i>	32,300	4,400	11,530	2,150	32,300
<i>Eurynorhynchus pygmeus</i>		2			2
<i>Limicola falcinellus</i>	30		135		135
<i>Larus crassirostris</i>	130	3,423	5,577	19	5,577
<i>Larus vegae</i>	260		45	243	260
<i>Larus ridibundus</i>			300	500	500
<i>Larus saundersi</i>			1	219	219
<i>Sterna hirundo</i>		2			2
<i>Sterna albifrons</i>	18				18
No. of species	22	25	31	23	48
Total of individuals	37,419	17,199	56,101	14,966	87,148

Appendix 6. Peak count of waterbirds by each season at Gomso bay on the West · South coast of Korea (Aug. 2010 - May 2011)

Scientific name	Summer	Autumn	Winter	Spring	Max
<i>Anser fabalis</i>			111		111
<i>Tadorna tadorna</i>			31		31
<i>Anas strepera</i>			8		8
<i>Anas falcata</i>			2		2
<i>Anas penelope</i>			1		1
<i>Anas platyrhynchos</i>		186	430	59	430
<i>Anas poecilorhyncha</i>	6	76	405	8	405
<i>Anas clypeata</i>			6		6
<i>Anas crecca</i>		108	89		108
<i>Aythya ferina</i>			11		11
<i>Mergus merganser</i>			1		1
<i>Mergus serrator</i>			7		7
<i>Tachybaptus ruficollis</i>	10	4	8		10
<i>Platalea leucorodia</i>		8			8
<i>Nycticorax nycticorax</i>	2				2
<i>Bubulcus ibis</i>	8				8
<i>Ardea cinerea</i>	178	174	33	44	178
<i>Ardea alba alba</i>			8		8
<i>Ardea alba modesta</i>	108	60		2	108
<i>Egretta intermedia</i>	4				4
<i>Egretta garzetta</i>	100	12		2	100
<i>Egretta euophotes</i>				2	2
<i>Phalacrocorax capillatus</i>	6				6
<i>Falco tinnunculus</i>	6	5	4	1	6
<i>Falco peregrinus</i>	1				1
<i>Circus cyaneus</i>			1		1

Appendix 6. Continue

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
<i>Accipiter nisus</i>			1		1
<i>Buteo buteo</i>			8		8
<i>Buteo lagopus</i>			1		1
<i>Fulica atra</i>		2			2
<i>Haematopus ostralegus</i>				2	2
<i>Pluvialis fulva</i>	253			13	253
<i>Pluvialis squatarola</i>		105		39	105
<i>Charadrius dubius</i>				2	2
<i>Charadrius alexandrinus</i>		850	4	8	850
<i>Charadrius mongolus</i>	9	66	3	2	66
<i>Charadrius leschenaultii</i>		55			55
<i>Gallinago gallinago</i>			1	1	1
<i>Limosa limosa</i>				4	4
<i>Limosa lapponica</i>	536	5		201	536
<i>Numenius phaeopus</i>	3,402	43		568	3,402
<i>Numenius arquata</i>		4		29	29
<i>Numenius madagascariensis</i>		65		184	184
<i>Tringa totanus</i>		4			4
<i>Tringa stagnatilis</i>	4	4			4
<i>Tringa nebularia</i>	1,006	297		56	1,006
<i>Tringa guttifer</i>	2	4			4
<i>Tringa ochropus</i>	24	1	2		24
<i>Tringa glareola</i>	2				2
<i>Xenus cinereus</i>	1,287	136		259	1,287
<i>Actitis hypoleucos</i>	28	1		4	28
<i>Heteroscelus brevipes</i>	5	13		28	28

Appendix 6. Continue

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
<i>Arenaria interpres</i>				9	9
<i>Calidris tenuirostris</i>		15			15
<i>Calidris ruficollis</i>		144			144
<i>Chlidris subminuta</i>				6	6
<i>Calidris acuminata</i>	2			4	4
<i>Calidris alpina</i>	1,102	958	60	682	1,102
<i>Philomachus pugnax</i>		2			2
<i>Larus crassirostris</i>	3,709	2,359	2	392	3,709
<i>Larus canus</i>			6		6
<i>Larus vegae</i>		340	72	26	340
<i>Larus ridibundus</i>			47	49	49
No. of species	26	32	29	30	63
Total of individuals	11,800	6,106	1,363	2,686	14,837

Appendix 7. Peak count of waterbirds by each season at Haei-do on the West · South coast of Korea (May 2008 - Jan. 2009)

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
<i>Accipiter soloensis</i>	2				2
<i>Actitis hypoleucos</i>	1			2	2
<i>Anas acuta</i>				10	10
<i>Anas falcata</i>				205	205
<i>Anas penelope</i>				208	208
<i>Anas platyrhynchos</i>	14		9	81	81
<i>Anas poecilorhyncha</i>	72	46	93	540	540
<i>Anas strepera</i>				20	20
<i>Ardea alba modesta</i>	2		35	10	35
<i>Ardea cinerea</i>	17	42	74	44	74
<i>Ardeola bacchus</i>	1				1
<i>Aythya ferina</i>				50	50
<i>Aythya fuligula</i>				60	60
<i>Bubulcus ibis</i>	6				6
<i>Buteo buteo</i>				2	2
<i>Calidris tenuirostris</i>	30				30
<i>Charadrius alexandrinus</i>			6		6
<i>Charadrius dubius</i>	5				5
<i>Charadrius placidus</i>			2		2
<i>Circus cyaneus</i>				1	1
<i>Egretta garzetta</i>	4		9	2	9
<i>Falco peregrinus</i>			2		2
<i>Falco subbuteo</i>		1			1
<i>Falco tinnunculus</i>		1	3	2	3
<i>Haematopus ostralegus</i>	8				8
<i>Heteroscelus brevipes</i>	2				2
<i>Himantopus himantopus</i>	7				7
<i>Larus crassirostris</i>	71		3	1	71
<i>Larus vegae</i>	19			83	83
<i>Numenius arquata</i>				45	45

Appendix 7. Continue

Scientific name	Spring	Summer	Autumn	Winter	Max
<i>Numenius phaeopus</i>	34				34
<i>Pandion haliaetus</i>			1		1
<i>Phalacrocorax capillatus</i>	3		8	19	19
<i>Pluvialis squatarola</i>	4				4
<i>Tachybaptus ruficollis</i>			1	15	15
<i>Tadorna tadorna</i>				4	4
<i>Tringa nebularia</i>	4	1	2		4
<i>Tringa ochropus</i>				1	1
<i>Xenus cinereus</i>	12				12
No. of species	21	5	14	22	39
Total of individuals	318	91	248	1,405	1,665

Appendix 8. Peak count of waterbirds by each season at Jeung-do on the West · South coast of Korea (Jul. 2012 - Mar. 2013)

Scientific name	Summer	Autumn	Winter	Spring	Max
<i>Anas penelope</i>				2	2
<i>Anas platyrhynchos</i>			7		7
<i>Anas poecilorhyncha</i>	38	19	17	22	38
<i>Aythya ferina</i>			4		4
<i>Mergus merganser</i>			17		17
<i>Ardea cinerea</i>	19	29	13	21	29
<i>Ardea alba alba</i>	2	2			2
<i>Ardea alba modesta</i>	3	87	24	18	87
<i>Egretta garzetta</i>	3	30		1	30
<i>Falco tinnunculus</i>		2	3		3
<i>Falco peregrinus</i>	1				1
<i>Pandion haliaetus</i>	1	1	3		3
<i>Buteo buteo</i>			1		1
<i>Gallinula chloropus</i>			5	1	5
<i>Fulica atra</i>				9	9
<i>Haematopus ostralegus</i>				2	2
<i>Pluvialis fulva</i>				1	1
<i>Pluvialis squatarola</i>		60		2	60
<i>Charadrius alexandrinus</i>		82			82
<i>Numenius phaeopus</i>		29		3	29
<i>Numenius madagascariensis</i>		16			16
<i>Tringa stagnatilis</i>				1	1
<i>Tringa nebularia</i>	1	6		9	9
<i>Tringa ochropus</i>	1			1	1
<i>Actitis hypoleucos</i>		3	1		3
<i>Heteroscelus brevipes</i>		4			4
<i>Calidris alpina</i>		104		45	104
<i>Larus crassirostris</i>	85	675		56	675
<i>Larus vegae</i>			3		3
<i>Larus ridibundus</i>		15			15
No. of species	10	17	12	16	30
Total of individuals	154	1,164	98	194	1,243

Appendix 9. Peak count of waterbirds by each season at Doam bay on the West · South coast of Korea (Aug. 2009 - Jul 2010)

Scientific name	Summer	Autumn	Winter	Spring	Max
<i>Anser fabalis</i>		24	666		666
<i>Cygnus cygnus</i>	2	834	1,342	79	1,342
<i>Tadorna tadorna</i>			403	84	403
<i>Anas strepera</i>			56	7	56
<i>Anas falcata</i>			42		42
<i>Anas penelope</i>			113	26	113
<i>Anas platyrhynchos</i>		1,878	1,452	189	1,878
<i>Anas poecilorhyncha</i>	47	899	718	119	899
<i>Anas clypeata</i>			36	8	36
<i>Anas acuta</i>		65	25	97	97
<i>Anas crecca</i>		275	340	108	340
<i>Aythya ferina</i>		290	3,062	340	3,062
<i>Aythya fuligula</i>		180	314	637	637
<i>Aythya marila</i>			4	211	211
<i>Bucephala clangula</i>			31	2	31
<i>Mergus merganser</i>		8	85	34	85
<i>Mergus serrator</i>			3	43	43
<i>Gavia stellata</i>				1	1
<i>Tachybaptus ruficollis</i>		4	18	13	18
<i>Podiceps cristatus</i>			32	23	32
<i>Podiceps auritus</i>			1		1
<i>Podiceps nigricollis</i>			5		5
<i>Platalea leucorodia</i>		5	10	6	10
<i>Platalea minor</i>		2		3	3
<i>Butorides striata</i>	1				1

Appendix 9. Continue

Scientific name	Summer	Autumn	Winter	Spring	Max
<i>Ardea cinerea</i>	168	89	120	127	168
<i>Ardea alba alba</i>				4	4
<i>Ardea alba modesta</i>	156	83	42	27	156
<i>Egretta intermedia</i>				1	1
<i>Egretta garzetta</i>	44	77	37	13	77
<i>Phalacrocorax carbo</i>			66		66
<i>Phalacrocorax capillatus</i>				82	82
<i>Falco tinnunculus</i>	4	5	5		5
<i>Falco peregrinus</i>			1		1
<i>Pandion haliaetus</i>		2	2	2	2
<i>Circus cyaneus</i>				2	2
<i>Accipiter nisus</i>			2		2
<i>Buteo buteo</i>		1	5		5
<i>Gallinula chloropus</i>	4			1	4
<i>Fulica atra</i>		70	84	6	84
<i>Grus vipio</i>			7		7
<i>Pluvialis fulva</i>			35		35
<i>Pluvialis squatarola</i>		11			11
<i>Charadrius dubius</i>	1				1
<i>Charadrius alexandrinus</i>			4	112	112
<i>Limosa limosa</i>				15	15
<i>Limosa lapponica</i>		1		207	207
<i>Numenius phaeopus</i>	8		29	278	278
<i>Numenius madagascariensis</i>				3	3
<i>Tringa nebularia</i>	17	27	3	28	28

Appendix 9. Continue

Scientific name	Summer	Autumn	Winter	Spring	Max
<i>Tringa ochropus</i>			4	5	5
<i>Tringa glareola</i>			3		3
<i>Xenus cinereus</i>	7	10	1	362	362
<i>Actitis hypoleucos</i>	3			2	3
<i>Heteroscelus brevipes</i>	7			84	84
<i>Arenaria interpres</i>	8				8
<i>Calidris ruficollis</i>		10	11		11
<i>Calidris alpina</i>		220	690	1,551	1,551
<i>Larus crassirostris</i>	125	378	2	249	378
<i>Larus canus</i>			11	253	253
<i>Larus vegae</i>		49	177	141	177
<i>Larus cachinnans</i>				4	4
<i>Larus ridibundus</i>			40	96	96
<i>Larus saundersi</i>				3	3
<i>Sterna albifrons</i>				18	18
No. of species	16	27	46	48	65
Total of individuals	602	5,497	10,139	5,706	14,324

Appendix 10. Peak count of waterbirds by each season at Gangjin bay on the West · South coast of Korea (June. 2012 - Mar 2013)

Scientific name	Summer	Autumn	Winter	Spring	Max
<i>Cygnus cygnus</i>			24	15	24
<i>Tadorna tadorna</i>			332	174	332
<i>Anas strepera</i>			22	2	22
<i>Anas falcata</i>			61	41	61
<i>Anas penelope</i>			563	133	563
<i>Anas platyrhynchos</i>			846	440	846
<i>Anas poecilorhyncha</i>	62	63	888	201	888
<i>Anas acuta</i>			151	135	151
<i>Anas crecca</i>	1		470	380	470
<i>Aythya ferina</i>			8,452	232	8,452
<i>Aythya fuligula</i>			523	20	523
<i>Aythya marila</i>	2		10,580	50	10,580
<i>Bucephala clangula</i>			441	1	441
<i>Mergus merganser</i>			588	82	588
<i>Mergus serrator</i>			93	28	93
<i>Tachybaptus ruficollis</i>		2	1	1	2
<i>Podiceps cristatus</i>			16	3	16
<i>Podiceps nigricollis</i>			2	2	2
<i>Platalea leucorodia</i>				1	1
<i>Butorides striata</i>	1				1
<i>Bubulcus ibis</i>	3				3
<i>Ardea cinerea</i>	116	161	60	54	161
<i>Ardea alba modesta</i>	138	108	32	37	138
<i>Egretta intermedia</i>	1	3			3
<i>Egretta garzetta</i>	35	31	4	7	35

Appendix 10. Continue

Scientific name	Summer	Autumn	Winter	Spring	Max
<i>Egretta europotes</i>				2	2
<i>Phalacrocorax capillatus</i>		4	11	1	11
<i>Falco tinnunculus</i>	2	10	1	2	10
<i>Falco peregrinus</i>				1	1
<i>Pandion haliaetus</i>		1	2		2
<i>Buteo buteo</i>			2	1	2
<i>Gallinula chloropus</i>	2				2
<i>Haematopus ostralegus</i>	10		54	36	54
<i>Charadrius dubius</i>	2				2
<i>Charadrius alexandrinus</i>		1		1	1
<i>Numenius phaeopus</i>		27		6	27
<i>Tringa nebularia</i>		8	6	4	8
<i>Tringa ochropus</i>			1		1
<i>Xenus cinereus</i>				1	1
<i>Actitis hypoleucos</i>	1	9			9
<i>Heteroscelus brevipes</i>		12		2	12
<i>Calidris alba</i>		6			6
<i>Calidris alpina</i>		60	690	674	690
<i>Larus crassirostris</i>	92	312	3	307	312
<i>Larus canus</i>			8	70	70
<i>Larus vegae</i>			455	308	455
<i>Larus ridibundus</i>	27	39	840	358	840
<i>Larus saundersi</i>		15	37	8	37
No. of species	16	19	34	39	48
Total of individuals	495	872	26,259	3,821	26,951

Appendix 11. count of benthos by each tidal flat on the West and South coast of Korea (June. 2012 - Mar 2013)

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
1	Polychaeta	<i>Amaeana sp.</i>	1			3					11	15
2	Polychaeta	<i>Ampharete arctica</i>	2									2
3	Polychaeta	<i>Amphicteis gunneri</i>				4						4
4	Polychaeta	<i>Amphinome sp.</i>			1							1
5	Polychaeta	<i>Anaitides koreana</i>			5	11	2					18
6	Polychaeta	<i>Aricidea assimilis</i>	2		7		49					58
7	Polychaeta	<i>Aricidea pacifica</i>	6		8	94	28					136
8	Polychaeta	<i>Armandia lanceolata</i>	2		48		48					98
9	Polychaeta	<i>Brada villosa</i>				12						12
10	Polychaeta	<i>Capitella capitata</i>			1	1	2					4
11	Polychaeta	<i>Ceratonereis erythraeensis</i>	130									130
12	Polychaeta	<i>Ceratonereis sp.</i>	18									18
13	Polychaeta	<i>Chaetozone setosa</i>				1						1
14	Polychaeta	<i>Chone sp.</i>				5				3		8
15	Polychaeta	<i>Cirriiformia tentaculata</i>	13		7							20
16	Polychaeta	<i>Diopatra sugokai</i>	1		5	1	4					11
17	Polychaeta	<i>Eteone longa</i>	11			12	5				82	110
18	Polychaeta	<i>Eulalia sp.</i>				3						3
19	Polychaeta	<i>Eumida sp.</i>				9						9
20	Polychaeta	<i>Eunice sp.</i>	1									1
21	Polychaeta	<i>Euzonus sp.</i>					4					4
22	Polychaeta	<i>Glycera capitata</i>				5	11					16
23	Polychaeta	<i>Glycera chirori</i>	28		9	51	22				38	148
24	Polychaeta	<i>Glycinde sp.</i>	10		12	40	46					108
25	Polychaeta	<i>Goniada maculata</i>	27		4	64	12				29	136
26	Polychaeta	<i>Haploscoloplos elongatus</i>					3					3
27	Polychaeta	<i>Harmothoe sp.</i>				13					1	14
28	Polychaeta	<i>Hediste japonica</i>	15									15

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
29	Polychaeta	<i>Heteromastus filiformis</i>	116		31	289	138				2,107	2,681
30	Polychaeta	<i>Inermonephtys inermis</i>				1						1
31	Polychaeta	<i>Lagis bocki</i>	15		3	171	5				3	197
32	Polychaeta	<i>Leonnates persicus</i>			56							56
33	Polychaeta	<i>Lepidonotus sp.</i>	5			11	1				1	18
34	Polychaeta	<i>Loimia medusa</i>	5		2	14	1					22
35	Polychaeta	<i>Lumbrineris heteropoda</i>	22		7	9	10				10	58
36	Polychaeta	<i>Lumbrineris japonica</i>				3						3
37	Polychaeta	<i>Lumbrineris longifolia</i>	5		2	102	3				89	201
38	Polychaeta	<i>Lygdamis giardii</i>				1						1
39	Polychaeta	<i>Lysidice sp.</i>	3									3
40	Polychaeta	<i>Magelona japonica</i>				1,078	100					1,178
41	Polychaeta	<i>Magelona sp.</i>			1		182					183
42	Polychaeta	<i>Marphysa sanguinea</i>	6		4	5						15
43	Polychaeta	<i>Melinna cristata</i>			1							1
44	Polychaeta	<i>Mesochaetopterus sp.</i>				9						9
45	Polychaeta	<i>Micronephtys sp.</i>	1			2						3
46	Polychaeta	<i>Micropodarke sp.</i>				8	1					9
47	Polychaeta	<i>Neanthes succinea</i>	1			7						8
48	Polychaeta	<i>Nectoneanthes oxypoda</i>						2				2
49	Polychaeta	<i>Nephtys caeca</i>	8		26		36					70
50	Polychaeta	<i>Nephtys oligobranchia</i>	106		8	66	89				17	286
51	Polychaeta	<i>Nereis longior</i>				3						3
52	Polychaeta	<i>Nothria sp.</i>					3					3
53	Polychaeta	<i>Notomastus sp.</i>	1		4	48	4					57
54	Polychaeta	<i>Onuphis sp.</i>					6					6
55	Polychaeta	<i>Owenia fusiformis</i>				3	2					5
56	Polychaeta	<i>Paralacydonia paradoxa</i>				2	2					4
57	Polychaeta	<i>Paraprionospio cordifolia</i>				17						17

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
58	Polychaeta	<i>Perinereis aibuhitensis</i>									272	272
59	Polychaeta	<i>Perinereis nuntia</i>				7						7
60	Polychaeta	<i>Perolepis sp.</i>			4							4
61	Mollusca	<i>Philine sp.</i>				9						9
62	Polychaeta	<i>Phylo felix asiaticus</i>				25						25
63	Polychaeta	<i>Pilargis sp.</i>	4			2						6
64	Polychaeta	<i>Pista cristata</i>				7						7
65	Polychaeta	<i>Poecilochaetus johnsoni</i>				4						4
66	Polychaeta	<i>Polydora ligni</i>	2			5					2	9
67	Polychaeta	<i>Praxillella affinis</i>				1						1
68	Polychaeta	<i>Prionospio cirrifera</i>	3		2							5
69	Polychaeta	<i>Prionospio ehlersi</i>	76		1	35	3					115
70	Polychaeta	<i>Prionospio japonicus</i>				213	13					226
71	Polychaeta	<i>Prionospio membranacea</i>				1						1
72	Polychaeta	<i>Prionospio steenstrupi</i>									4	4
73	Polychaeta	<i>Pseudopolydora sp.</i>	2		1	31	9				11	54
74	Polychaeta	<i>Sabellarte unid.</i>			1							1
75	Polychaeta	<i>Scolecopsis planata</i>					31					31
76	Polychaeta	<i>Scolecopsis sp.</i>			4	38	26				46	114
77	Polychaeta	<i>Scoloplos armiger</i>	10		12	5	158				52	237
78	Polychaeta	<i>Sigambra tentaculata</i>	16		4	132	12					164
79	Polychaeta	<i>Spio sp.</i>			8		13					21
80	Polychaeta	<i>Sternaspis scutata</i>	54		2	181	2				74	313
81	Polychaeta	<i>Syllidae unid.</i>				4						4
82	Polychaeta	<i>Tambalagamia fauvelli</i>				2						2
83	Polychaeta	<i>Terebellidae unid.</i>	1									1
84	Polychaeta	<i>Terebellides horikoshii</i>									1	1
85	Polychaeta	<i>Thalenessa digitata</i>					7					7
86	Polychaeta	<i>Tharyx sp.</i>	5			210	1				152	368

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
87	Polychaeta	<i>Thelenessa digitata</i>				1	3				1	5
88	Polychaeta	<i>Thelepus sp.</i>			3							3
89	Polychaeta	<i>Thylorhynchus sp.</i>				5						5
90	Polychaeta	<i>Travisia japonica</i>			1		2					3
91	Polychaeta	<i>Travisia pupa</i>					1					1
92	Polychaeta	<i>Trichobranchus sp.</i>				5						5
93	Polychaeta	<i>Tylorhynchus sp.</i>	20		20	6					24	70
94	Crustacea	<i>Abludomelita japonica</i>		9					9			18
95	Mollusca	<i>Abra sp.</i>	4									4
96	Crustacea	<i>Acetes japonicus</i>		1								1
97	Crustacea	<i>Acmaeopleura balssi</i>			2							2
98	Mollusca	<i>Acteocina coarctata</i>		3			2		1			6
99	Mollusca	<i>Acteonidae sp.</i>							1			1
100	Others	<i>Actinaria unid.</i>	1				2				9	12
101	Mollusca	<i>Agatha lepidula</i>				5	1					6
102	Mollusca	<i>Aglajidae sp.</i>		4					3			7
103	Crustacea	<i>Alpheus bisincisus</i>								1		1
104	Crustacea	<i>Alpheus brevicristatus</i>	2		2	4						8
105	Crustacea	<i>Alpheus japonicus</i>	2			1				4		7
106	Crustacea	<i>Alpheus rapax</i>	4			42					2	48
107	Crustacea	<i>Alpheus sp.</i>	5	3	3	12				2	1	26
108	Mollusca	<i>Alvenius ojanus</i>					1					1
109	Polychaeta	<i>Amaeana occidentalis</i>		1						2		3
110	Polychaeta	<i>Amaeana sp.</i>			1							1
111	Crustacea	<i>Ampelisca brevicornis</i>						2	6			8
112	Crustacea	<i>Ampelisca miharaensis</i>							3			3
113	Crustacea	<i>Ampelisca sp.</i>				35	12					47
114	Polychaeta	<i>Ampharete arctica</i>								3		3
115	Echinodermata	<i>Amphiodia craterodmeta</i>							2			2

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
116	Echinodermata	<i>Amphioplus aestuarii</i>				7						7
117	Echinodermata	<i>Amphioplus ancistrotus</i>				7	1					8
118	Echinodermata	<i>Amphioplus megapomus</i>	1		1	1	5					8
119	Polychaeta	<i>Amphisamytha japonica</i>							1			1
120	Echinodermata	<i>Amphiura aestuarii</i>				8	15					23
121	Crustacea	<i>Ampithoe lacertosa</i>								2		2
122	Crustacea	<i>Ampithoe sp.</i>									4	4
123	Polychaeta	<i>Anaitides koreana</i>		1								1
124	Mollusca	<i>Anomia chinensis</i>				2						2
125	Others	<i>Arctonoinae spp.</i>		1					1	3		5
126	Polychaeta	<i>Aricidea (A.) assimilis</i>		5				5				10
127	Polychaeta	<i>Aricidea (A.) pacifica</i>						12		1		13
128	Polychaeta	<i>Aricidea assimilis</i>								2		2
129	Polychaeta	<i>Aricidea spp.</i>								4		4
130	Polychaeta	<i>Armandia lanceolata</i>		12				3	3	2		20
131	Mollusca	<i>Assiminea japonica</i>								24	167	191
132	Mollusca	<i>Assiminea sp.</i>	3			2	3		2		475	485
133	Crustacea	<i>Asthenognathus inaequipus</i>	1		1	5	2					9
134	Crustacea	<i>Athanas lamellifer</i>	2			44						46
135	Mollusca	<i>Bacteridium vittatum(g)</i>					4					4
136	Mollusca	<i>Balanus albicostatus</i>	3			11	0					14
137	Mollusca	<i>Batillaria cumingi</i>	49				2			1		52
138	Mollusca	<i>Batillaria multiformis</i>	10							16		26
139	Crustacea	<i>Betaeus granutimanus</i>			3							3
140	Mollusca	<i>Bittium sp.</i>								1		1
141	Others	<i>Blenniidae unid.</i>				1						1
142	Crustacea	<i>Bodotria ovalis</i>			2		1					3
143	Mollusca	<i>Brachystomia sp.</i>							1			1
144	Crustacea	<i>Brachyura juv.</i>					140					140

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
145	Mollusca	<i>Bullacta exarata</i>	5		3	9	1	1		1	8	28
146	Crustacea	<i>Byblis japonicus</i>								1		1
147	Mollusca	<i>Cadella narutoensis</i>					6					6
148	Crustacea	<i>Callianassa japonica</i>	3		3			10				16
149	Mollusca	<i>Callista pilsbryi</i>					1					1
150	Mollusca	<i>Calyptrea sakaguchi</i>			1							1
151	Crustacea	<i>Camptandrium sexdentatum</i>	2			67				2		71
152	Polychaeta	<i>Capitella capitata</i>		1								1
153	Polychaeta	<i>Caprella decipiens</i>								2		2
154	Polychaeta	<i>Caprella sp.</i>			1	2						3
155	Crustacea	<i>Carcinoplax vestitus</i>				1						1
156	Others	<i>Carvenularia obesa</i>					5					5
157	Polychaeta	<i>Ceratonereis erythraeensis</i>						9				9
158	Mollusca	<i>Cerithideopsilla cingulata</i>	19			37				34		90
159	Mollusca	<i>Cerithideopsilla djadjariensis</i>	29			114						143
160	Others	<i>Chaetognatha sp.</i>		3								3
161	Polychaeta	<i>Chaetozone setosa</i>							1			1
162	Polychaeta	<i>Chaetozone sp.</i>		12								12
163	Crustacea	<i>Charybdis japonica</i>			1							1
164	Crustacea	<i>Chitinomandibulum emargicoxa</i>		2								2
165	Crustacea	<i>Chitinomandibulum sp.</i>					1			1		2
166	Polychaeta	<i>Chone teres</i>								4		4
167	Crustacea	<i>Cirolana harfordi japonica</i>				1						1
168	Polychaeta	<i>Cirriiformia tentaculata</i>						12				12
169	Polychaeta	<i>Cirrophorus branchiatus</i>							1			1
170	Polychaeta	<i>Cirrophorus furcatus</i>		18				8	2	1		29
171	Crustacea	<i>Cleantis planicaudata</i>					2					2
172	Mollusca	<i>Coecella chinensis</i>					1					1
173	Mollusca	<i>Collubellopsis bella(m)</i>				6						6

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
174	Mollusca	<i>Columbellopsis sp.</i>		10			1					11
175	Mollusca	<i>Columbellopsis yabei</i>				2	2					4
176	Crustacea	<i>Corophium sinense</i>	149		7	741						897
177	Crustacea	<i>Corophium sp.</i>	11		9	51	1				7	79
178	Crustacea	<i>Crangon affinis</i>					2					2
179	Mollusca	<i>Crassostrea gigas</i>	13			60	6					79
180	Mollusca	<i>Cryptomya elliptica</i>			3							3
181	Mollusca	<i>Cultellus attenuatus</i>				7						7
182	Crustacea	<i>Cumacea sp.</i>		8				2	6		2	18
183	Crustacea	<i>Cyathura higoensis</i>	69									69
184	Mollusca	<i>Cycladicama cumingi</i>	2		2	4	1				2	11
185	Mollusca	<i>Cyclina sinensis</i>	2		1	8	3					14
186	Crustacea	<i>Cyclograpsus intermedius</i>	3									3
187	Mollusca	<i>Cyclosunetta menstrualis</i>		27			1		1			29
188	Mollusca	<i>Cylichna consobrina</i>		10								10
189	Crustacea	<i>Cymodocejaponica</i>									2	2
190	Mollusca	<i>Dentalium octangulatum</i>				1						1
191	Crustacea	<i>Diastylis tricincta</i>	5		11							16
192	Crustacea	<i>Dimorphostylis asiatica</i>	8									8
193	Crustacea	<i>Dimorphostylis hirsuta</i>					7					7
194	Crustacea	<i>Dimorphostylis sp.</i>			1							1
195	Crustacea	<i>Diogenes nitidimanus</i>									18	18
196	Polychaeta	<i>Diopatra sugokai</i>						3				3
197	Polychaeta	<i>Dipolydora sp.</i>						2				2
198	Mollusca	<i>Dosinella corrugata</i>							5			5
199	Mollusca	<i>Dosinella subalata</i>				1	2					3
200	Polychaeta	<i>Echiurida sp.</i>								26		26
201	Others	<i>Edwardsia japonica</i>				6						6
202	Others	<i>Enedrias sp.</i>				1						1

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
203	Mollusca	<i>Eocylichna braunsi</i>	3			17						20
204	Mollusca	<i>Eocylichna musashiensis</i>		1								1
205	Crustacea	<i>Eohaustorius longidactylus</i>		36								36
206	Crustacea	<i>Eohaustorius sp.</i>					161			1		162
207	Crustacea	<i>Eohaustorius spinigerus</i>		21								21
208	Crustacea	<i>Erictonius pugnax</i>			8							8
209	Crustacea	<i>Eriopisella sechellensis</i>				378					5	383
210	Mollusca	<i>Estellacar olivacea</i>	2		1	21						24
211	Polychaeta	<i>Eteone longa</i>		1						23		24
212	Polychaeta	<i>Eteone tchangsii</i>							1			1
213	Others	<i>Eucljymininae spp.</i>								9		9
214	Crustacea	<i>Eudorella sp</i>				26						26
215	Mollusca	<i>Eulima bifascialis</i>		1			2		2			5
216	Polychaeta	<i>Eumida sanguinea</i>		1								1
217	Mollusca	<i>Eunucula tenuis</i>				1						1
218	Polychaeta	<i>Euzonus dillonensis</i>		1								1
219	Crustacea	<i>Exopalaemon carinicauda</i>								3		3
220	Mollusca	<i>Felaniella sowerbyi</i>		667	2		633	2	19			1323
221	Mollusca	<i>Fulvia mutica</i>	1									1
222	Polychaeta	<i>Galathowenia oculata</i>							3			3
223	Crustacea	<i>Gammaropsis japonicus</i>			2							2
224	Crustacea	<i>Gammaropsis utinomi</i>					2					2
225	Mollusca	<i>Gastropoda I</i>				2					164	166
226	Mollusca	<i>Gastropoda spp.</i>		1								1
227	Polychaeta	<i>Genetyllis castanea</i>		1								1
228	Mollusca	<i>Glauconome chinensis</i>	3									3
229	Mollusca	<i>Glossaulax bicolor</i>					3					3
230	Mollusca	<i>Glossaulax didyma ampla</i>				1						1
231	Mollusca	<i>Glossaulax didyma didyma</i>		1			1					2

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
232	Polychaeta	<i>Glycera capitata</i>		30								30
233	Polychaeta	<i>Glycera chirori</i>						4	1	5		10
234	Polychaeta	<i>Glycera subaenea</i>		1				5	6	10		22
235	Polychaeta	<i>Glycinde gurjanovae</i>		39				20	9	1		69
236	Crustacea	<i>Gnathia</i> sp.								1		1
237	Crustacea	<i>Gnorimosphaeroma ovatum</i>								1		1
238	Crustacea	<i>Gnorimosphaeroma</i> sp.	1									1
239	Others	<i>Gobiidae unid.</i>	12		2	20	1					35
240	Others	<i>Goniada maculata</i>		1								1
241	Crustacea	<i>Grandidierella japonica</i>	51		3	22					3	79
242	Crustacea	<i>Grandifoxus bangpoensis</i>		9								9
243	Crustacea	<i>Grandifoxus malipoensis</i>		2								2
244	Crustacea	<i>Grandifoxus</i> sp.					86					86
245	Polychaeta	<i>Haploscoloplos elongatus</i>		6								6
246	Polychaeta	<i>Harmothoinae</i> sp.						2		2		4
247	Crustacea	<i>Haustorioides indivisus</i>		4								4
248	Polychaeta	<i>Hediste japonica</i>						22				22
249	Crustacea	<i>Helice tridens sheni</i>	1									1
250	Crustacea	<i>Helicetridenstridens</i>									1	1
251	Crustacea	<i>Helice tridens wuana</i>								7		7
252	Crustacea	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	4			6	3					13
253	Crustacea	<i>Hemigrapsus sanguineus</i>	2		3							5
254	Crustacea	<i>Hemigrapsus</i> sp.		73				27	9			109
255	Crustacea	<i>Hemileucon hinumensis</i>				481	1					482
256	Polychaeta	<i>Heteromastus filiformis</i>		14				36	2	90		142
257	Crustacea	<i>Heteropanope makiana</i>				2						2
258	Crustacea	<i>Hexapus</i> sp.				11						11
259	Crustacea	<i>Idunella chilkensis</i>				44					1	45
260	Crustacea	<i>Ilyoplax pingi</i>					9					9

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
261	Crustacea	<i>Ilyoplax dentimerosa</i>									5	5
262	Crustacea	<i>Ilyoplax deschampsii</i>	63			71	1				17	152
263	Crustacea	<i>Ilyoplax pingi</i>			1	70	6	3	66	110	12	268
264	Mollusca	<i>Inguisitor sp.</i>					2					2
265	Crustacea	<i>Insect larvae</i>	2			9					26	37
266	Mollusca	<i>Iravadiayendoii</i>				16						16
267	Mollusca	<i>Irus mitis</i>				1						1
268	Mollusca	<i>Japanacteon nipponensis</i>					21					21
269	Crustacea	<i>Jassa falcata</i>			8	1						9
270	Crustacea	<i>Jassamorinoi</i>						1				1
271	Crustacea	<i>Jassa sp.</i>						1				1
272	Polychaeta	<i>Lagis bocki</i>		1			1	1		4		7
273	Mollusca	<i>Lasaea undulata</i>				54						54
274	Mollusca	<i>Laternula marilina</i>	6			52	52				1002	1,112
275	Mollusca	<i>Laternula truncata</i>				4						4
276	Crustacea	<i>Latretus planirostris</i>		1			9					10
277	Polychaeta	<i>Leonnates persica</i>						114				114
278	Crustacea	<i>Leptochela gracilis</i>		6								6
279	Crustacea	<i>Leptochela sp.</i>			1					1		2
280	Crustacea	<i>Leptochela sydniensis</i>		1						4		5
281	Crustacea	<i>Leptochella gracilis</i>			9	2						11
282	Crustacea	<i>Ligia exotica</i>				2						2
283	Mollusca	<i>Lingula anatina</i>			2							2
284	Mollusca	<i>Littoraria articulata</i>				42						42
285	Mollusca	<i>Littoraria sp.</i>				3						3
286	Polychaeta	<i>Loimia medusa</i>	2									2
287	Polychaeta	<i>Lumbrineris cruzensis</i>		16					1	6		23
288	Polychaeta	<i>Lumbrineris heteropoda</i>							3	1		4
289	Polychaeta	<i>Lumbrineris japonica</i>		1								1

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
290	Polychaeta	<i>Lumbrineris longifolia</i>		2						19		21
291	Polychaeta	<i>Lumbrineris nipponica</i>						1	3	1		5
292	Mollusca	<i>Lunatia fortunei</i>				42					1	43
293	Crustacea	<i>Lysianassidae unid.</i>				11						11
294	Mollusca	<i>Macoma incongrua</i>	29									29
295	Mollusca	<i>Macoma praetexta</i>	1									1
296	Mollusca	<i>Macoma sp.</i>	3									3
297	Mollusca	<i>Macoma tokyoensis</i>	1									1
298	Crustacea	<i>Macrophthalmus dilatatus</i>	1		11		48	4				64
299	Crustacea	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	26	27	17	42	99	12	11	5	128	367
300	Crustacea	<i>Macrura sp.</i>								1		1
301	Mollusca	<i>Macra chinensis</i>			3		8					11
302	Mollusca	<i>Macra veneriformis</i>	15		6		123		5	12		161
303	Mollusca	<i>Macrinula sp.</i>		5								5
304	Polychaeta	<i>Magelona japonica</i>		31					3			34
305	Polychaeta	<i>Magelona sp.</i>		13				20				33
306	Crustacea	<i>Mandibulophoxus hongae</i>		78								78
307	Crustacea	<i>Mandibulophoxus mai</i>		10						4		14
308	Crustacea	<i>Mandibulophoxus sp.</i>		17			257					274
309	Polychaeta	<i>Mediomastus californiensis</i>		34				241	63	569		907
310	Mollusca	<i>Megastomia sp.</i>									237	237
311	Crustacea	<i>Melita setiflagella</i>								3		3
312	Crustacea	<i>Melita sp.</i>			13			1			34	48
313	Crustacea	<i>Melitidae unid.</i>	8		5	23	7				9	52
314	Polychaeta	<i>Mellanella aciculata</i>				4						4
315	Mollusca	<i>Meoerella rutila</i>	1									1
316	Mollusca	<i>Meretrix lusoria</i>					1		1			2
317	Mollusca	<i>Meretrix petechialis</i>		1					5			6
318	Mollusca	<i>Merisca capsoides</i>	1			5						6

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
319	Polychaeta	<i>Micrura sp.</i>								49		49
320	Mollusca	<i>Moerella iridescens</i>					2					2
321	Mollusca	<i>Moerella jedoensis</i>	89	3	6	86	21	5	38	6	20	274
322	Mollusca	<i>Moerella rutila</i>	14		3		13					30
323	Others	<i>Molgula sp.</i>				1						1
324	Crustacea	<i>Monoculodes koreanus</i>		12				5	1			18
325	Crustacea	<i>Monoculodes sp.</i>			9		46					55
326	Mollusca	<i>Musculista senhousia</i>	23		3	5	3					34
327	Mollusca	<i>Musculus sp.</i>			2							2
328	Mollusca	<i>Mya arenaria oonogai</i>	103		1							104
329	Crustacea	<i>Mysid unid.</i>									10	10
330	Crustacea	<i>Mysidae spp.</i>		79				2	48	1		130
331	Polychaeta	<i>Mysta ornata</i>						1				1
332	Mollusca	<i>Nassariidae sp.</i>							8			8
333	Mollusca	<i>Naticidae sp.</i>								1		1
334	Polychaeta	<i>Nectoneanthes multignatha</i>						3	1	1		5
335	Others	<i>Nemertea unid.</i>	7			78	11				10	106
336	Polychaeta	<i>Nemertinea spp.</i>		31				10	4			45
337	Polychaeta	<i>Nephtys caeca</i>		2				70				72
338	Polychaeta	<i>Nephtys californiensis</i>		23				5	2			30
339	Polychaeta	<i>Nephtys neopolybranchia</i>								1		1
340	Polychaeta	<i>Nephtys oligobranchia</i>							1	3		4
341	Polychaeta	<i>Nephtys polybranchia</i>		5				1	7	1		14
342	Polychaeta	<i>Nereis pelagica</i>				1						1
343	Mollusca	<i>Nipponomysella oblongata</i>				17	16					33
344	Mollusca	<i>Nitidotellina hokkaidoensis</i>	1			18	10				8	37
345	Mollusca	<i>Nitidotellina minuta</i>	2	1	5		16	20			3	47
346	Mollusca	<i>Nitidotellina sp.</i>		57								57
347	Others	<i>Nudibranchia sp.</i>		1								1

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
348	Mollusca	<i>Nutallia japonica</i>					7					7
349	Mollusca	<i>Nuttalia olivacea</i>					6					6
350	Mollusca	<i>Nuttallia japonica</i>		54								54
351	Mollusca	<i>Odostomia sp.</i>				2					40	42
352	Mollusca	<i>Odwstomia sp.(m)</i>					3					3
353	Crustacea	<i>Ogyrides orientalis</i>				6	3					9
354	Polychaeta	<i>Oligochaeta spp.</i>								3		3
355	Polychaeta	<i>Onuphis spp.</i>		1								1
356	Polychaeta	<i>Onuphis eremita</i>						1				1
357	Echinodermata	<i>Ophiactis sp.</i>		1								1
358	Echinodermata	<i>Ophiura kinbergi</i>					1					1
359	Echinodermata	<i>Ophiuroidea juv.</i>					2					2
360	Echinodermata	<i>Ophiuroidea sp.</i>		5								5
361	Others	<i>Opisthobranchia unid.</i>			1	3						4
362	Mollusca	<i>Oscilla tricordata(g)</i>	1									1
363	Crustacea	<i>Ostrocoda sp.</i>		1					1			2
364	Crustacea	<i>Pagurus minutus</i>	16		1	1	1					19
365	Crustacea	<i>Pagurus proximus</i>								1		1
366	Crustacea	<i>Pagurus sp.</i>		2					1			3
367	Crustacea	<i>Palaemon macrodactylus</i>			2	3						5
368	Crustacea	<i>Palaemon serrifer</i>	1									1
369	Crustacea	<i>Palaemon sp.</i>					7			2		9
370	Crustacea	<i>Paphia undulata</i>				1						1
371	Polychaeta	<i>Paralacydonia paradoxa</i>		6					3			9
372	Polychaeta	<i>Paraleonnates uschakovi</i>								4		4
373	Crustacea	<i>Paranthura japonica</i>			2	50						52
374	Polychaeta	<i>Paraonis gracilis</i>								11		11
375	Polychaeta	<i>Paraonis gracilis japonica</i>		4								4
376	Crustacea	<i>Pareurystheus latipes</i>								1		1

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
377	Mollusca	<i>Parvioris fulvescens</i>		2								2
378	Mollusca	<i>Patelloida cinulus</i>	1									1
379	Mollusca	<i>Patelloida pygmaea pygmaea</i>	2				4					6
380	Polychaeta	<i>Perinereis aibuhitensis</i>								67		67
381	Crustacea	<i>Perioculodes seohae</i>							1			1
382	Crustacea	<i>Perioculodes sp.</i>		3		1	1					5
383	Mollusca	<i>Phacosoma japonicus</i>	1	15	2		51		3			72
384	Mollusca	<i>Philine argentata</i>				1						1
385	Crustacea	<i>Philosciidae sp.</i>								1		1
386	Crustacea	<i>Philyra pisum</i>						2	1			3
387	Echinodermata	<i>Phoronida sp.</i>		2								2
388	Crustacea	<i>Photis longicaudata</i>			3		5	1				9
389	Crustacea	<i>Pilyra pisum</i>			1	1	2					4
390	Crustacea	<i>Pinnixa rathbuni</i>	1			1						2
391	Crustacea	<i>Pinnotheres sinensis</i>				5					1	6
392	Crustacea	<i>Pinnotheres sp.</i>		14					12			26
393	Crustacea	<i>Pisidia serratifrons</i>			3							3
394	Others	<i>Platyhelminthes sp.</i>		1				1				2
395	Polychaeta	<i>Platynereis bicanaliculata</i>								1		1
396	Polychaeta	<i>Podarkeopsis spp.</i>							1			1
397	Others	<i>Podocerus sp.</i>					2					2
398	Others	<i>Polycladida sp.</i>		1						5		6
399	Polychaeta	<i>Polydora ligni</i>		1								1
400	Polychaeta	<i>Polydora spp.</i>							2			2
401	Crustacea	<i>Polyonyx asiaticus</i>	1									1
402	Crustacea	<i>Portunus trituberculatus</i>					3					3
403	Mollusca	<i>Potamocorbula amurensis</i>		6				4	2			12
404	Polychaeta	<i>Prionospio (M.) japonica</i>		13				83	11	5		112
405	Polychaeta	<i>Prionospio (P.) caspersi</i>		6								6

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
406	Polychaeta	<i>Prionospio (P.) membranacea</i>		1								1
407	Polychaeta	<i>Prionospio (P.) paradisea</i>		7								7
408	Others	<i>Protankyra bidentata</i>	1	2	1	58	4	3				69
409	Polychaeta	<i>Pseudopolydora kempfi</i>		2				4	2			8
410	Polychaeta	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>		3				2				5
411	Mollusca	<i>Pupa strigosa strigosa</i>		1								1
412	Crustacea	<i>Raphidopus ciliatus</i>			1	103						104
413	Mollusca	<i>Reticunassa festiva</i>	42		10	33	16				18	119
414	Mollusca	<i>Retusa (Decolifer) insignis</i>		1								1
415	Mollusca	<i>Retusa insignis</i>				28					41	69
416	Mollusca	<i>Retusa matsusimanus</i>					4					4
417	Mollusca	<i>Retusa sp.</i>									12	12
418	Mollusca	<i>Ruditapes philippinarum</i>	53		88	13	51					205
419	Mollusca	<i>Scapharca subcrenata</i>				4						4
420	Polychaeta	<i>Scolecopsis (P.) geniculata</i>								1		1
421	Polychaeta	<i>Scolecopsis (P.) texana</i>		1								1
422	Polychaeta	<i>Scolecopsis (S.) kudenovi</i>		2								2
423	Polychaeta	<i>Scoloplos armiger</i>						14		4		18
424	Crustacea	<i>Scopimera globosa</i>	18				5	8				31
425	Others	<i>Scytalium splendens</i>			1		2					3
426	Polychaeta	<i>Sigambra tentaculata</i>		2				21	1			24
427	Crustacea	<i>Sinocorophium sp.</i>		1								1
428	Mollusca	<i>Sinonovacula constricta</i>	1									1
429	Polychaeta	<i>Sipunculida sp.</i>		3				1				4
430	Mollusca	<i>Solen grandis</i>					1					1
431	Mollusca	<i>Solen strictus</i>			2	1		1				4
432	Crustacea	<i>Sphaeroma sp.</i>				2						2
433	Polychaeta	<i>Spio martinensis</i>		3				1		1		5
434	Crustacea	<i>Stenothoe sp.</i>								1		1

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
435	Mollusca	<i>Stenothyra edogawaensis</i>		3		448				16	271	738
436	Polychaeta	<i>Sternaspis scutata</i>		3					4	19		26
437	Polychaeta	<i>Sthenelais fusca</i>		4						1		5
438	Polychaeta	<i>Syllidae spp.</i>								2		2
439	Crustacea	<i>Synchelidium carinorostrum</i>		3					3			6
440	Crustacea	<i>Synchelidium sp.</i>	1		2	1	10					14
441	Others	<i>Syringa sp.</i>		1								1
442	Polychaeta	<i>Tambalagama fauveli</i>		1								1
443	Crustacea	<i>Tanaidacea sp.</i>		5					1	5		11
444	Mollusca	<i>Tegillarca granosa</i>				88						88
445	Mollusca	<i>Telasco reeveana reeveana</i>				39	1				2	42
446	Polychaeta	<i>Terebellides stroemii</i>								3		3
447	Mollusca	<i>Terebra awajiensis</i>		2								2
448	Others	<i>Thalassema mucosum</i>				3						3
449	Polychaeta	<i>Thalassema sp.</i>			2		1					3
450	Polychaeta	<i>Tharyx spp.</i>		4					3	26		33
451	Mollusca	<i>Theora fragilis</i>	10	19		208	3			22	23	285
452	Mollusca	<i>Thracia seminuda</i>				1						1
453	Crustacea	<i>Tritodynamia rathbuni</i>	8	3	2	2	1	3				19
454	Others	<i>Tunicate unid.</i>				17						17
455	Mollusca	<i>Turbellaria unid.</i>	1			3					4	8
456	Crustacea	<i>Uca arcuata</i>								1		1
457	Mollusca	<i>Umbonium thomasi</i>		20	55		9,332		41	66		9,514
458	Crustacea	<i>Upogebia major</i>	2		25	1						28
459	Crustacea	<i>Urothoe convexa</i>		48						2		50
460	Crustacea	<i>Urothoe grimaldi japonica</i>		123	5		55			1		184
461	Crustacea	<i>Urothoe orientalis</i>		80					3			83
462	Crustacea	<i>Urothoe sp.</i>		1	15		1,711	1				1,728
463	Others	<i>Virgularia junrea</i>								1		1

Appendix 11. Continued

No.	Taxon	Species	GJ	GS	DC	DA	MU	SC	JB	JD	HU	Total
464	Crustacea	<i>Xenophthalmus pinnotheroides</i>				8						8
465	Mollusca	<i>Yoldia johanni</i>				1						1
466	Mollusca	<i>Yokoyamaia ornatissima</i>	9		9	37						55
467	Mollusca	<i>Zeuxis siquijorensis</i>		12		1						13
468	Mollusca	<i>Zeuxis sp.</i>		7				1			2	10
		No. of species	116	116	103	171	139	59	65	86	65	468
		No. of individuals	1,809	2,006	722	7280	14,306	860	468	1,369	5,837	34,657