

ORIGINAL ARTICLE

낙동강 하구 관리를 위한 조류종의 선정

김범수 · 여운상¹⁾ · 오동하¹⁾ · 성기준*

부경대학교 생태공학과, ¹⁾부산발전연구원

Selection of Bird Species for the Nakdong River Estuary Management

Bum-soo Kim, Unsang Yeo¹⁾, Dongha Oh¹⁾, Kijune Sung*

Dept. of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

¹⁾Busan Development Institute, Busan 47210, Korea

Abstract

Bird species (BS) of the Nakdong River estuary (NRE) were selected to suggest conservation and management strategies, taking habitats and major threats into consideration. Five BS (*Cygnus* spp., *Calidris alpina*, *Sterna albifrons*, *Fulica atra*, and *Anser fabalis*) were selected following analysis of their dominance, national importance, seasonality, taxonomic group, and distribution within the NRE. The BS comprise two winter birds, one summer, one passage bird, and one resident bird. They can also be classified into four taxonomic groups: two under ducks and geese (Anatidae), and one each under gulls (Laridae), shorebirds (Scolopacidae), and diving birds (Rallidae). The results show that BS could be a useful tool in guiding estuary management because their habitats are clearly distinct, and include important areas of the NRE. A reduction of feeding and resting places—such as tidal flats, *Scirpus planiculmis* habitat, and agricultural farmland—and climate change are major threats to BS, therefore countermeasures to such threats should be considered in future estuary management plans.

Key words : Bird species, Habitat, Estuary, Threats, Conservation

1. 서론

조류서식지로서 중요한 생태계 서비스를 제공하고 있는 낙동강 하구는 현재 문화재보호법(1966)의 문화재구역(87.2 km²), 국토의 계획 및 이용에 관한 법률(1987)의 자연환경보전지역(52.7 km²), 해양환경관리법(1982)의 특별관리해역(741.5 km²), 습지보전법(1999)의 습지보전지역(37.7 km²) 등 4개의 법으로 보호하고 있다 (BMC, 2011). 한때 동양최대의 철새도래지로 알려졌으나 오염물질의 유입과 하구 생태계의 큰 변화를 가져온

낙동강하굿둑 건설을 비롯한 여러 개발 행위로 인하여 이미 많은 배후 지역이 훼손되었으며, 앞으로도 토지이용의 변화가 예상되어 중요 조류 서식지에 대한 교란 가능성이 크다(MOLIT, 2014; Hong, 2004; Kennish, 2002). 더구나 우리나라는 지난 100년 간 전 세계의 평균기온상승, 0.74℃보다 훨씬 높은 연평균기온 1.8℃ 상승을 보여 기후변화 진행속도에서 전지구의 평균을 앞지르고 있으며, 낙동강 하구역이 존재하는 부산 역시 연평균기온의 상승 추세와 일 최고 및 최저 기온의 평균도 상승하는 추세에 있어 기후변화의 영향을 직간접적으로 받

Received 15 January, 2016; Revised 4 March, 2016;

Accepted 4 April, 2016

*Corresponding author : Kijune Sung, Dept. of Ecological Engineering, Pukyong National University, Busan 48513, Korea
Phone : +82-51-629-6544
E-mail : ksung@pknu.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

을 수 있는 위험성을 가지고 있다(Park et al., 2012).

따라서 앞으로 조류서식지로서의 생태적 기능이 지속 가능하도록 낙동강 하구를 관리하기 위해서는 이곳을 이용하는 조류 특성과 서식지에 대한 위협요인에 대한 고려가 필요하다(Kim et al., 2015a). 조류는 생물학적 특성상 국가 간을 넘나드는 이동성을 가지며, 이러한 이동 과정에서 접하게 되는 피포획·서식지훼손·환경오염 등 다양한 인간의 직·간접적인활동에 의하여 영향을 받을 수 있다. 지역 생태계 시스템 전체를 고려해야 할 하구 관리에 있어서 특정 생물 중심의 서식지 관리 효과가 소수 종에 대하여 제한적으로 나타날 수도 있지만 하나의 고립적인 서식지만으로는 서식환경을 충족할 수 없는 조류의 특성상 주요 조류 종의 서식현황이나 서식환경은 이들 서식지에 미치는 인간의 영향이나 생태전전성을 평가하는데 중요한 지표가 될 수 있다(Jeong, 2001; Canterbury et al., 2000). 또한 조류는 가시적 상징성이 뛰어나기 때문에 하구 보존에 대한 인식을 증대시키는데 도움을 줄 수도 있으므로 서식지의 현황이나 복원정도를 평가할 때 특정 종의 서식은 중요한 의미를 가진다.

현재 낙동강하구에 서식한다고 기록된 조류의 종수는 232종으로 우리나라에서 발견된 종의 50%가 넘는 다양한 종의 조류가 찾아오는 지역으로 알려져 있다. 하지만 낙동강 하구를 이용하는 모든 종을 대상으로 하구를 관리한다는 것은 불가능하다. 따라서 해당 지역의 우점종이나 지역을 대표할 수 있는 상징종 또는 기후변화에 민감한 기후변화 생물지표종 등을 고려하여 조류종을 선정 한 후 이들의 서식지 특성을 고려하여 하구 관리를 수행한다면 다양한 개발위협에 노출되어 있으며 기후변화의 영향 또한 받을 수 있는 낙동강하구 생태계의 보존과 관리에 효과적으로 활용될 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서는 기후변화 생물지표종 등 국내 중요도를 파악하고 낙동강하구에서의 분포현황과 생물 계절성 및 분류군 등을 고려하여 낙동강하구 관리를 위한 조류종을 선정하고, 이들 조류종의 서식환경과 위협 요인들을 분석하여 낙동강하구 생태계의 보존과 관리방향을 제시하고자 하였다.

2. 연구방법

하구관리를 위한 조류종을 선정하기 위하여 낙동강

하구에 서식하는 조류 현황을 분석한 후 기후변화 생물 지표종 중 낙동강 하구에 적용이 가능한 종과 낙동강 하구의 상위 우점종을 파악하였다. 생태적 중요도를 결정하기 위해서는 전문가의 의견을 종합하여 사용하는 델파이기법이나 AHP (analytic hierarchy process) 등의 방법을 사용하기도 하나(MacMillan and Marshall, 2006; Mardle et al., 2004), 낙동강 하구에서와 같이 장기간의 조류 모니터링 조사가 수행된 지역의 경우 축적된 조사 자료를 활용하여 이용하는 것이 대상지역의 현황을 더욱 더 잘 반영할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 낙동강 하구의 조류 현황을 파악하기 위해서, 부산발전연구원 조류모니터링 자료를 활용하였는데(BMC, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011), 조류 모니터링 지역은 평강천을 제외한 문화재구역으로 지정된 낙동강 하류철새도래지(천연기념물 제179호)를 포함하는 지역으로 조류서식지로 중요성이 있는 대저수문 하부지역과 염막둔치 일부와 삼락둔치를 포함하는 지역이다. 낙동강 하구에 적용할 수 있는 기후변화 생물지표종에 대한 검토는 기후변화가 한반도 생물종 분포에 미치는 영향 및 취약성에 대한 효율적인 감시 및 예측방법을 마련하기 위하여 환경부에서 선정하여 발표한 국가 기후변화 생물 지표종을 대상으로 하였다(NIBR, 2010).

이후 낙동강하구 주요 우점종과 기후변화 생물지표종을 대상으로 계절성, 분류군 및 국내 조류분포에서의 중요도를 파악한 후, 낙동강 하구에서의 서식환경 및 분포 현황 등을 고려하여 조류종을 선정하였다(Lee et al., 2005). 서식지 관리에 활용하기 위한 목표조류종을 선정하는 것이므로 적용기준은 낙동강 하구가 주도래지 또는 주서식지이어야 하며 텃새, 여름철새, 겨울철새, 나그네 새 등 확실한 생물 계절성을 가지며 조사기간 중 개체수의 파악이 용이한 종이어야 한다.

낙동강 하구를 이용하는 조류 중 다양한 계절성과 분류군이 포함되는 것을 원칙으로 하였으며, 중복되는 종들이 발생하는 경우 국내 조류분포의 중요도를 고려하였으며, 중요도가 유사할 경우 개체수가 많은 것을 선정하였다. 선정된 조류종을 대상으로 이들의 서식특성 및 위협요인을 조사한 후 이들 중심의 낙동강하구 관리방안을 제시하였는데, 다음 Fig. 1은 본 연구의 진행 흐름을 나타낸 것이다.

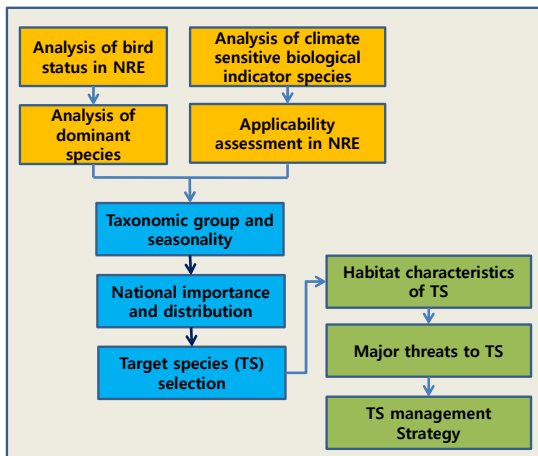


Fig. 1. Research flow chart for selection and management strategy of bird species (BS) in the Nakdong River estuary (NRE).

3. 결과 및 고찰

3.1. 낙동강하구 우점종 및 기후변화 생물지표종 분석

2003-2011년 동안 낙동강 하구에서 관찰된 조류를 누적 개체수 기준으로 상위 20종을 Fig. 2에 나타내었다. 낙동강하구에는 관찰된 232종 중 누적개체수를 분석한

결과 청둥오리(17.71%), 흰뺨검둥오리(8.85%), 팽이갈매기(6.48%), 큰기러기(6.09%), 홍머리오리(5.16%), 민물도요(4.22%), 붉은부리갈매기(3.85%), 흑부리오리(3.73%), 큰고니(3.58%), 물닭(3.18%), 재갈매기(3.17%), 고방오리(2.97%), 흰죽지(2.94%), 쇠제비갈매기(2.91%), 민물가마우지(2.40%), 넓적부리(1.99%), 붉은머리오목눈이(1.40%), 참새(1.05%), 고니(1.04%), 마도요(0.97%) 순으로 관찰되었다(Kim et al., 2015b). 이들 상위 20종을 낙동강 하구관리 1차 주요종으로 선정할 후 이를 대상으로 분석을 실시하였다.

기후변화는 전세계적으로 일어나고 있는 위협요인으로 기후변화에 대응하여 이에 적응하거나 완화할 수 있는 서식지 관리가 필요하다. 이에 환경부 지정 기후변화 생물지표종인 재두루미, 큰기러기, 박새, 왜가리, 동박새, 큰고니, 쇠백로, 중대백로, 흰날개해오라기, 산술새, 붉은부리찌르레기, 검은이마직박구리, 팔색조 등 총 14종을 낙동강하구에 적용시켜 보았다.

기후변화 생물지표종 분석 결과 재두루미, 박새, 동박새, 산술새, 팔색조는 낙동강 하구가 주도래지 또는 주서식지가 아니며, 붉은부리찌르레기, 검은이마직박구리는 조사기간 동안 낙동강하구에서 공식적으로 발견되지 않

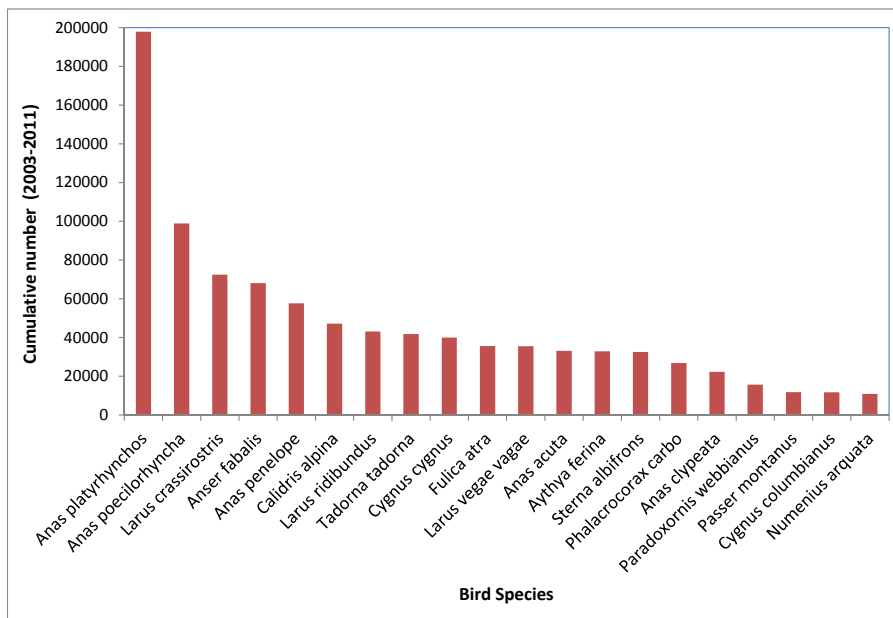


Fig. 2. Dominant bird species based on cumulative numbers during 2003-2011.

Table 1. Analysis of climate-sensitive biological indicator bird species in the Nakdong River estuary

Scientific name	Applicability potential in the Nakdong River estuary
<i>Grus vipio</i> Pallas	Not major sanctuary
<i>Anser fabalis</i> Latham	Large numbers visited and big annual fluctuation
<i>Parus major</i> L.	Not major sanctuary
<i>Ardea cinerea</i> L.	Small annual change and observed less than 1%
<i>Zosterops japonicus</i> Temminck & Schlegel	Not major sanctuary
<i>Cygnus cygnus</i> L.	Important and big national sanctuary
<i>Egretta garzetta</i> L.	Small annual change and observed less than 1%
<i>Egretta alba modesta</i> Gray	Small annual change and observed less than 1%
<i>Ardeola bacchus</i> Temminck & Schlegel	Small number of individual observed
<i>Phylloscopus coronatus</i> Temminck & Schlegel	Not major sanctuary
<i>Sturnus sericeus</i> JF Gmelin	Only unofficial observation record
<i>Pycnonotus sinensis</i> Gmelin	Only unofficial observation record
<i>Gavia stellata</i> Pontopiddan	Inhabit the open sea, temporal stay during the passage
<i>Pitta brachyura</i> L.	Not major sanctuary

았으므로 대상에서 제외하였다. 흰날개해오라기는 관찰 개체수가 최대 6개체 이하로 개체수 파악이 용이하지 않아서, 아비는 주로 외해에 서식하며 이동 시기에만 잠시 관찰되는 종이므로 제외하였다.

제외된 8종 이외의 발견 개체수가 많고 관찰이 용이한 큰기러기, 왜가리, 큰고니, 쇠백로, 중대백로에 대하여 도래실태를 분석하였다. 이 중 백로류로 동일 분류군인 왜가리(0.77%), 쇠백로(0.17%), 중대백로(0.38%)는 모두 낙동강하구에 출현하는 조류종들 가운데 1% 미만으로 관찰되어, 낙동강하구 관리를 위한 조류종으로서 적합하지 않는 것으로 나타났다. 반면에 큰기러기와 큰고니는 낙동강하구의 상위 우점종에 속하였을 뿐만 아니라 멸종위기 2급으로 지정·보호되고 있으며, 낙동강하구를 대표하는 종이므로, 기후변화 지표종으로서 낙동강하구 관리를 위한 조류종으로 선정하는 것이 바람직하다고 판단하였다(Table 1).

3.2. 분류군, 계절성, 국내 중요도 및 분포현황을 고려한 조류종 선정

낙동강하구에서 관찰된 누적개체수 상위 20종의 계절성과 분류군 및 중북성 등의 특징을 분석하여 Table 2에 나타내었다. 생물계절성으로 구분하면 낙동강하구의 겨울철새는 청둥오리, 큰기러기, 홍머리오리, 붉은부리

갈매기, 흑부리오리, 큰고니, 재갈매기, 고방오리, 흰죽지, 민물가마우지, 넓적부리, 고니 등 12종을 차지하여, 겨울철새를 중심으로 낙동강 하구의 서식지관리가 필요한 것으로 나타났다. 한편 여름철새로는 쇠제비갈매기, 나그네새로는 민물도요와 마도요, 텃새로는 흰뺨검둥오리, 갯가갈매기, 물닭, 참새, 붉은머리오목눈이 등으로 조사되었다(Kim et al., 2015b). 이를 분류군별 다시 구분하면 오리과의 청둥오리, 큰기러기, 큰고니, 흰뺨검둥오리, 홍머리오리 등 11종, 갈매기과의 갯가갈매기, 쇠제비갈매기 등 3종, 도요과인 민물도요와 마도요 2종, 잠수성 조류인 뜸부기과의 물닭과 가마우지과의 민물가마우지 그리고 기타 산새류 2종으로 구분할 수 있다.

이들 조류 중 국내에서의 분포 중요도를 평가하면 낙동강하구가 동아시아 최대의 쇠제비갈매기 번식지이며, 국내 최대의 고니류 월동지, 맹금류 도래지, 물닭 월동지, 민물도요 월동지 등으로 보고된 바 있다(MOE, 2009). 큰고니는 천연기념물 제201-2호, 멸종위기 2급으로 지정된 종으로 우리나라에 도래하는 무리의 대부분이 낙동강하구의 새섬매자기 근락지역에서 월동하는 것으로 알려져 있는데, 환경부 자료(MOE, 2010)를 분석하면 전국 도래총수 4,794개체 중 2위 주남지(512개체)보다 48개체 많은 560개체로 전국에서 가장 많은 개체수가 낙동강하구에서 관찰된다. 물닭(총 16,289개체)의 경우,

Table 2. Analysis of seasonality and taxonomic group for top 20 dominant species

Scientific name	Seasonality	Taxonomic group	Note
<i>Anas platyrhynchos</i>	Winter	Family Anatidae (Ducks and Goose)	Most dominant·wide range of habitat
<i>Anas poecilorhyncha</i>	Resident	Family Anatidae (Ducks and Goose)	Overlap (taxonomic group)
<i>Larus crassirostris</i>	Resident	Family Laridae (Gulls)	Overlap (taxonomic group)
<i>Anser fabalis</i>	Winter	Family Anatidae (Ducks and Goose)	Select (National importance)
<i>Anas penelope</i>	Winter	Family Anatidae (Ducks and Goose)	Overlap (Seasonality · taxonomic group)
<i>Calidris alpina</i>	Passage	Family Scolopacidae (Shorebirds)	Select (Seasonality · Taxonomic group)
<i>Larus ridibundus</i>	Winter	Family Laridae (Gulls)	Overlap (Seasonality · taxonomic group)
<i>Tadorna tadorna</i>	Winter	Family Anatidae (Ducks and Goose)	Overlap (Seasonality · taxonomic group)
<i>Cygnus cygnus</i>	Winter	Family Anatidae (Ducks and Goose)	Select (National importance)
<i>Fulica atra</i>	Resident	Family Rallidae (Diving birds)	Select (taxonomic group and diving bird)
<i>Larus vegae vagae</i>	Winter	Family Laridae (Ducks and Goose)	Overlap (Seasonality · taxonomic group)
<i>Anas acuta</i>	Winter	Family Anatidae (Gulls)	Overlap (Seasonality · taxonomic group)
<i>Aythya ferina</i>	Winter	Family Anatidae (Ducks and Goose)	Overlap (Seasonality · taxonomic group)
<i>Sterna albifrons</i>	Summer	Family Laridae (Gulls)	Select (National importance)
<i>Phalacrocorax carbo</i>	Winter	Family Phalacrocoracidae (Diving bird)	Overlap (diving bird)
<i>Anas clypeata</i>	Winter	Family Anatidae (Ducks and Goose)	Overlap (Seasonality · taxonomic group)
<i>Paradoxornis webbianus</i>	Resident	Family Panuridae (Forest bird)	Unsuitable for estuary
<i>Passer montanus</i>	Resident	Family Ploceidae (Forest bird)	Unsuitable for estuary
<i>Cygnus columbianus</i>	Winter	Family Anatidae (Ducks and Goose)	Overlap (Seasonality · taxonomic group)
<i>Numenius arquata</i>	Passage	Family Scolopacidae (Shorebirds)	Overlap (Seasonality · taxonomic group)

금호호(3,100개체)에 이어 2,881 개체로 2위, 민물도요 (총 21,955개체)에서는 남양만(4,597개체), 만경강 (2,660개체)에 이어 3위로 중요한 서식지이다(MOE, 2010). 맹금류의 경우 상위 20위에 포함된 종이 없으며 이동성이 매우 커서 특별한 서식지 관리방안을 도출하기 어려우므로 제외하였으며 참새와 붉은머리오목눈이와 같이 서식지가 전형적인 하구 특성을 보이지 않은 종은 제외하였다.

우점종과 기후변화지표종의 분류군과 계절성 및 전국적 조류 분포의 중요도를 고려하여 중복성을 배제하고 최대한 다양한 종을 선정한 결과 기후변화지표종이며 낙동강하구를 대표하는 종인 고니류(큰고니와 고니), 낙동강하구가 최대 번식조류인 쇠제비갈매기, 나그네새를 대표하는 민물도요, 최대 우점종인 청둥오리, 잠수성 조류인 물닭 그리고 경작지를 주 먹이터로 삼으며 기후변화 지표종인 큰기러기 6종을 대상으로 낙동강하구 분포현황을 살펴보았다(Fig. 3).

분포현황 분석결과 고니류, 쇠제비갈매기, 민물도요는 특정지역에만 주로 분포하는 경향을 보였으나, 청둥오리, 물닭, 큰기러기는 상대적으로 넓은 분포지역에서 서식하는 것으로 나타났다 (Fig. 3). 고니류의 경우 새섬매자기 군락이 발달한 명지갯벌(45.3%), 맹금머리등(30.9%), 백합등(12.2%) 등 세 개 조사지역에 88.3%가 분포하였으며 쇠제비갈매기는 백합·도요등(78.4%)과 신자·장자도(9.2%)에 주로 분포하는 양상을 보였다. 민물도요는 명지갯벌(36.3%), 백합·도요등(23.7%), 신자·장자도(18.2%)에 주로 분포하였으며 서낙동강(16.5%)도 많이 관찰되었으나 그 밖에 지역은 4% 미만으로 거의 관찰되지 않았다.

큰기러기 역시 명지갯벌(41.2%)에서 가장 많이 관찰되었지만 경작지가 많았던 삼락둔치(16.3%), 대저수문(14.6%)도 많이 출현하는 지역이다. 물닭의 경우 해수·기수지역보다 담수지역에서 주로 분포하였는데 서낙동강(30.9%)에서 가장 많이 관찰되었으며, 일용도 (19.8%),

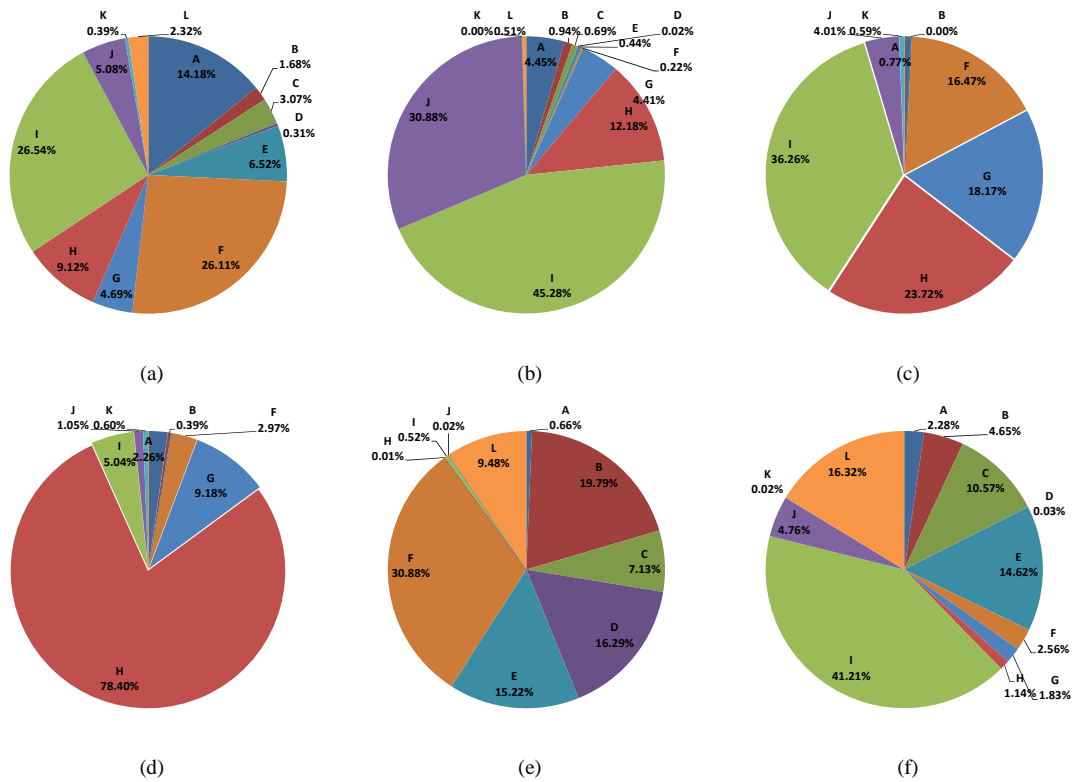


Fig. 3. Distribution properties of important bird species at Nakdong River estuary (a) *Anas platyrhynchos* (b) *Cygnus* spp. (c) *Calidris alpina* (d) *Sterna albifrons* (e) *Fulica atra* and (f) *Anser fabalis*. A:Eulsukdo, B:Ilungdo, C:Yeomak, D:Maekdo River, E:Daejeo, F:West Nakdong River, G:Sinja-Jangiado, H:Baekhap-Doyodeung, I:Myungi, J:Mangeummurideung, K:Jinwoodo, L:Samrak.






대저수문(15.2%)에서도 일부 관찰되었다. 청둥오리는 명지갯벌(26.5%), 서낙동강(26.1%), 을숙도(14.2%)에서 주로 발견되었지만 낙동강 하구에서 최우점종이다 보니 모든 지역에서 600여 개체 이상 관찰되어 대부분의 청둥오리 서식지가 다른 5종의 조류 서식지와 중복되고 있음 밝혀졌다. 따라서 보편적인 분포특성을 보이는 청둥오리는 낙동강하구 지역별 특성을 고려한 서식지관리에는 적합하지 않은 종이라는 의미로 판단되며, 향후 더 많은 자료가 축적이 되면 낙동강하구 전체의 서식환경 지표로서 적용가능 한 종인지에 대한 분석이 필요하다고 사료된다.

위 분석을 통해, 최종적으로 청둥오리를 제외한 큰고니, 큰기러기, 물닭, 쇠제비갈매기, 민물도요 등 5종을 낙동강 하구 생태계 관리를 위한 조류종으로 선정하였다.

고니류를 큰고니와 고니로 구분하지 않고 개체수를 합하여 하나의 종처럼 선정한 이유는 짧은 조사시간 동안 두 종의 구분이 쉽지 않기 때문이다. 선정된 조류종을 생물계절성으로 구분하면 겨울철새 2종, 여름철새 1종, 나그네새 1종, 텃새 1종이며 분류군별로는 오리·기러기류 2종, 갈매기류 1종, 도요·물떼새류 1종, 잠수성 조류 1종으로 나누어진다. 선정된 5종의 조류가 선호하는 서식지의 유형에 대한 구분이 가능하며, 또한 하구의 중요 지역을 포함하고 있어 선정된 조류종과 이들의 서식지 유형별로 하구 관리방안을 수립하는 것이 유용할 것으로 판단된다(Table 3).

조류종의 서식환경 위협요인으로는 갯벌, 새섬매자기 균락지역 및 경작지 감소 등 대부분 서식지 훼손과 관련이 깊은 것으로 알려졌다. 기후변화로 인한 해수면 상승은

Table 3. Habit type, major threats and management strategy of selected bird species

Bird	Average Number	Habitat type			Major threats	Management strategy
		Feeding	Resting	Breeding		
 <p><i>Cygnus</i> spp.</p>	500-3,000	<i>Scirpus planiculmis</i>	Tidal flat	-	Decreased food resources Decreased tidal flat	Conservation of <i>Scirpus planiculmis</i> Restrain of landfill, Construction of replacement habitat
 <p><i>Anser fabalis</i></p>	1,500-3,000	Farmland, Tidal flat	Farmland, Tidal flat	-	Human interference Decreased food resources Decreased tidal flat	Minimizing interference by setting core protected, buffer and transition area Conservation of <i>Scirpus planiculmis</i> and farmland Restrain of landfill, Construction of replacement habitat
 <p><i>Calidris alpina</i></p>	1,500-3,000	Tidal flat	Tidal flat, Sand bar	-	Human interference Decreased tidal flat	Minimizing interference by setting core protected, buffer and transition area Restrain of landfill, Construction of replacement habitat
 <p><i>Sterna albifrons</i></p>	3,000-6,000	Salt and brackish water	Sand bar	Sand bar	Climate change Invasion of terrestrial plant and predator	Construction of replacement habitat, Ecological control of estuary dam discharge Control of terrestrial plants and predator
 <p><i>Fulica atra</i></p>	2,000-3,500	Waterway, Freshwater	Waterway, Farmland	Waterway	Waterfront development Human interference	Restrain of river development, Conservation of riparian vegetation and wetland plants Minimizing interference by setting core protected, buffer and transition area

조간대 물새 서식지의 손실을 초래할 수 있다(Galbraith et al., 2002). 특히, 사주지역에서 번식하는 쇠제비갈매기의 경우 해수면 상승으로 번식지역이 해수에 침수되는 직접적인 영향과 사주지형의 변화로 용이해진 침입종의 증가로 인한 피해가 예상된다. 물닭은 과거 겨울철새로 알려졌으나 현재 낙동강하구에서는 많은 수가 번식하는 텃새로 기후변화에 대한 긍정적인 영향이 있으나 수생식물의 분포에도 영향을 받는다고 알려져 있어(Kawatsu et al., 2015), 주 서식지인 수로의 직강화와 수생식물의 감소가 서식여건을 악화시킬 수 있다. 장거리 이동을 하는 민물도요는 국내외의 서식지 감소뿐만 아니라 수질오염

과 기후변화 등으로 인한 먹이생물의 감소가 우려된다. 서식지 감소와 인위적 간섭에 의한 위협은 광범위한 토지이용변화와 개발압력에 노출되어 있는 도시 내 하구 생태계의 공통적인 현상이라 할 수 있으나 특히 낙동강 하구와 그 배후 지역은 신항만지역, 명지지역, 지사지역, 두동지역, 웅동지역, 에코델타시티 등 많은 지역이 개발 중이거나 개발 완료되어 녹지와 경작지 등 자연형 토지 이용이 지속적으로 감소하고 있으며, 인구증가로 인한 수질오염원도 증가하고 있는 실정이며, 특히 낙동강 하구둑의 연간 방류량 변동 폭도 큰 것으로 나타나 하구생태계의 위협요인이 될 수 있다(BDI, 2015; BMC,

2011). 따라서 조류종 별 위협요인을 파악하고 핵심보전 지역을 설정하여 개발을 억제할 수 있도록 노력하고 인위적인 간섭을 최소화하여야 할 것이다. 특히, 장거리 이동을 하는 민물도요의 서식지로서 갯벌은 생존을 위해 반드시 필요한 지역으로 국제적인 협력도 필요할 것으로 판단된다(Choi et al., 2014). 큰고니와 큰기러기는 유사한 서식지 위협요인을 나타내어 동일한 관리방안을 제시하였으나 각각의 종에 대한 낙동강하구 이외의 서식지역과 연계한 관리방안 수립 등 추가적 관리방안 연구가 뒤따라야 될 것으로 본다. 쇠제비갈매기는 5월에서 7월까지 짧은 번식시기 동안만 서식지를 이용하므로 이 시기에 집중적인 관리가 있어야 하며 기후변화에 대비한 서식지 보전을 위하여 장기적 연구도 필요하다고 판단된다. 물닭은 주거지역 인근의 수로에 서식하므로 인위적 간섭의 위협요인에 쉽게 노출되지만 인위적인 간섭에 적응하는 경향도 있음이 관찰되었다. 추가적인 장기 모니터링을 통하여 인위적인 간섭에 적응하는 서식지 관리방안 수립도 필요할 것으로 사료된다. 낙동강 하굿둑은 방류량에 따라 하굿둑 아래 지역의 염분과 수위변화에 큰 영향을 준다. 기후변화로 인하여 강우나 온도의 변동 폭이 점차 증가하는 상황에서 갈수기간의 확대로 인한 하굿둑 방류량의 감소는 하구서식지의 염분농도를 높여 새섬매자기와 같은 먹이식물의 성장에 영향을 줄 수 있으며(Yi et al., 2011), 강우강도의 증가로 인한 하굿둑 방류량의 급격한 증가는 주요 서식지역의 침식과 퇴적은 물론 사주지역의 범람으로 이루어져 번식기의 조류에 영향을 줄 수 있다. 하굿둑 방류량과 시기를 인간 중심에서 하구의 중요 조류서식지를 고려하여 생태적으로 관리할 필요가 있다. 또한 기후변화가 계속될 것으로 예측되는바 궁극적으로는 인위적인 조절이 아닌 하굿둑 개방을 통하여 생태계의 자기건전성 확보를 통한 낙동강 하구생태계가 기후변화의 적응성을 높이는 것이 필요하다.

4. 결론

본 연구에서는 고니류, 큰기러기, 물닭, 쇠제비갈매기, 민물도요 등 5종의 조류를 낙동강 하구생태계 관리를 위한 조류종으로 선정하였는데 이를 생물 계절성으로 구분하면 겨울철새 2종, 여름철새 1종, 나그네새 1종, 텃새 1종이며 분류군별로는 오리·기러기류 2종, 갈매기류 1종,

도요·물떼새류 1종, 잠수성 조류 1종이다.

조류종의 서식지 분포현황을 분석한 결과 각각의 종이 선호하는 서식지의 유형 구분이 가능하였고 이에 따라 낙동강하구 생태계 관리에 있어서 조류종과 이들이 주로 서식하는 서식지의 유형별로 관리방안을 수립하는 것이 유용할 것으로 판단된다. 본 연구에서 선정된 조류종이 주로 이용하는 서식지를 분석한 결과, 조류 서식환경 위협요인으로는 갯벌, 새섬매자기 군락지역 및 경작지 감소 등 대부분 채식지와 휴식지 등 서식지 훼손과 관련이 깊은 것으로 판단되며, 특히 낙동강하구에서 번식하는 종인 쇠제비갈매기의 경우, 기후변화에 의한 영향을 받을 것으로 예상 되고, 침입종의 증가로 인한 번식기의 피해도 증가할 수 있어 이에 대한 대책이 시급하다.

감사의 글

이 논문은 부경대학교 자율창의기술연구(2015년)와 부산광역시에서 시행한 낙동강 하구 생태계모니터링 연구의 일환으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Busan Development Institute (BDI), 2015, Study on conservation planning of Nakdong estuary.
- Busan Metropolitan City (BMC), 2002, Nakdong river estuary ecosystem monitoring.
- Busan Metropolitan City (BMC), 2004, Nakdong river estuary ecosystem monitoring.
- Busan Metropolitan City (BMC), 2005, Nakdong river estuary ecosystem monitoring.
- Busan Metropolitan City (BMC), 2006, Nakdong river estuary ecosystem monitoring.
- Busan Metropolitan City (BMC), 2007, Nakdong river estuary ecosystem monitoring.
- Busan Metropolitan City (BMC), 2008, Nakdong river estuary ecosystem monitoring.
- Busan Metropolitan City (BMC), 2009, Nakdong river estuary ecosystem monitoring.
- Busan Metropolitan City (BMC), 2011, Nakdong river estuary ecosystem monitoring.
- Canterbury, G. E., Martin, T. E., Petit, D. R., Petit, L. J., Bradford, D. F., 2000, Bird communities and habitat as ecological indicators of forest condition in

- regional monitoring, *Conservation Biology*, 14(2), 544-558.
- Choi, C., Gan, X., Hua, N., Wang, Y., 2014, The Habitat use and home range analysis of Dulin (*Calidris alpina*) in Chongming Dongtan, China and their conservation implication, *Wetlands*, 34, 255-266.
- Galbraith, H., Jones, R., Park, R., Clough, J., Herrod-Julius, S., Harrington, B., Page, G., 2002, Global climate change and sea level rise: Potential losses of intertidal habitat for shorebirds, *Waterbirds*, 25(2), 173-182.
- Hong, S., 2004, Properties of bird community by regions in the Nakdong River estuary, *Korean Journal of Ecology*, 27(5), 269-281.
- Jeong, S., 2001, Study on habitat restoration for birds in reclaimed tideland: Focus on the habitat infrastructure for waterfowls in Taeho reclaimed tideland, Master thesis, Seoul National University.
- Kawatsu, M., Morimoto, G., Kagami, M., 2015, Seasonal changes in the water bird community in lake Inba: Influence of floating-leaved macrophytes on habitat selection, *Aquatic Botany*, 126, 32-37.
- Kennish, M., 2002, Environmental threats and environmental future of estuaries, *Environmental Conservation*, 1, 78-107.
- Kim, B., Yeo, U., Oh, D., Sung, K., 2015a, Effects of landscape ecological characteristics on bird appearance: Focused on the Nakdong river estuary, *J. Environ. Impact Assess.*, 24(3), 287-299.
- Kim, B., Yeo, U., Oh, D., Sung, K., 2015b, Status of birds in the Nakdong river estuary bird sanctuary before the four major rivers project, *Journal of Wetlands Research*, 17(3), 264-271.
- Lee, W., Goo, T., Park, J., 2005, A Field Guide to the Birds of Korea.
- MacMillan, D., Marshall, K., 2006, The Delphi process - an expert-based approach to ecological modelling in data-poor environments, *Animal Conservation*, 9, 11-19.
- Mardle, S., Pascoe, S., Herrero, I., 2004, Management objective importance in fisheries: An Evaluation using the analytic hierarchy process, *Environmental Management*, 33, 1-11.
- Ministry of Environment (MOE), 2009, Simultaneous National Bird Census in Winter.
- Ministry of Environment (MOE), 2010, Simultaneous National Bird Census in Winter.
- Ministry of Land, Infrastructure and transport (MOLIT), 2014, Scheme of execution of waterfront space construction at Eco-delta city in Busan.
- National Institute of Biological Resources (NIBR), 2010, Management of biological organisms and biological resources against climate change in Korea.
- Park, M., Lee, J., Ahn, J., Shu, Y., Han, I., Kim, H., 2012, Study on the Climate Change and the Urbanization Effect in Busan, *Journal of the Environmental Sciences*, 21(4), 401-409.
- Yi, Y., Yeo, U., Oh, D., Sung, K., 2011, Annual changes in *Scirpus planiculmis* and environmental characteristics of the Nakdong river estuary, *Journal of Wetland Research*, 13(3), 567-579.