

낙동강하류 교량간격에 따른 큰고니(*Cygnus cygnus*) 월동개체수 차이 연구¹

홍석환^{2*}

Relationship between Population of Wintering Whopper Swan (*Cygnus cygnus*) and Bridge Spacing in the Lower Nakdong River, Korea¹

Suk-Hwan Hong^{2*}

요약

본 연구는 천연기념물로 지정하여 보호하고 있는 큰고니의 국내 최대 월동지인 낙동강하구일대 중 낙동강하류부를 대상으로 교량구간별 큰고니 월동개체의 서식처 선호도 차이를 살펴보고자 진행하였다. 2018~2019년 월동기 동안 6개 시계열로 구분하여 조사를 진행하여 분석한 결과 낙동강하류에서 최대 500여 마리의 큰고니가 월동하고 있었다. 하천을 가로지르는 교량을 기준으로 총 7개 구간을 설정하여 조사한 결과 큰고니는 교량과 교량사이가 2km 이내로 협소한 5개 구간에서는 거의 관찰되지 않았고 4km이상의 2개 구간에서만 안정적 개체군이 관찰되었다. 이러한 특징은 인위적 간섭이 상대적으로 적어 큰고니의 주 서식지가 되고 있는 낙동강 하구로부터의 거리와는 관련이 없었다. 멸종위기종인 큰고니 월동에 있어 안정적 경계공간 확보는 중요한 요소로 판단되었다. 이에 멸종위기종인 큰고니 서식을 위해서는 교량과 교량 사이가 최소 4km 이상 이격되어야만 하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 향후 교량건설과 같은 하천생태계의 단절로 직결되는 개발 또는 복원에 있어 하나의 참고가 될 것이다.

주요어: 낙동강하구, 월동지, 월동개체, 시계열분석, 하천생태계

ABSTRACT

The purpose of this was to examine the differences of large whopper swan (*Cygnus cygnus*) in wintering habitat preference among bridge sections of the lower Nakdong River of the Nakdong River Estuary, the largest whopper swan's wintering habitat in Korea. This species is designated and protected as Natural Monument in Korea. The survey was conducted in six time-series during the 2018~2019 wintering season, and it found up to 500 whopper swans were wintering in the lower Nakdong River. For the survey, a seven sections were set up based on the bridges across the river. Whopper swans were rarely observed in five narrow sections where the distance between bridges was less than 2 km. The stable population of the whopper swan was observed only in two broader sections where the distance between bridges was is over 4 km. As these sections were relatively little affected by artificial interference, the distance from the mouth of the Nakdong River was not a factor. Securing a stable space is considered as one of the most important factors for wintering of whopper swans, which are an endangered species. The survey results indicate that the distance between bridges should be at least 4 km

1 접수 2020년 3월 27일, 수정 (1차: 2020년 5월 10일), 게재확정 2020년 5월 18일

Received 27 March 2020; Revised (1st: 10 May 2020); Accepted 18 May 2020

2 부산대학교 조경학과 교수 Dept. of Landscape Architecture, Pusan National Univ., Miryang, 50463, Korea

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-55-350-5406, Fax: +82-55-350-5400, E-mail: hong@pusan.ac.kr

to secure the whopper swan's stable habitat. These results are expected to be a reference to the development or restoration of the river ecosystems, especially bridge construction.

KEY WORDS: NAKDONG RIVER ESTUARY, WINTERING HABITAT, WINTERING POPULATION, TIME SERIES ANALYSIS, STREAM ECOSYSTEM

서론

기러기목의 큰고니는 국내 천연기념물 조류 중 중 가장 많은 개체수가 관찰되는 종인데, 우리나라 최대 월동지는 경상남도 낙동강일대로, 낙동강하구와 주남저수지에 대규모 월동개체가 도래한다(Kang et al., 2008). 이 일대는 매년 약 2,000여 개체의 큰고니가 월동하는 것으로 조사되고 있다(Hong and Ahn, 2016). 국내 큰고니의 월동은 일정기간 동안 꾸준히 증가한 것으로 나타나는데, Kang et al.(2008)은 1999년부터 2007년까지 기록을 확인한 결과, 이 기간 동안 큰고니 국내 월동개체수가 급격히 증가했음을 밝힌 바 있다. 위 연구에 따르면 1999년 국내 관찰개체가 2,265개체에서 2003년부터는 4,000개체가 넘게 증가하여 당시까지만 해도 우리나라 전역, 특히 낙동강하구 일대가 큰고니 서식처기능이 안정적으로 유지되고 있었다고 판단할 수 있었다.

Hahm and Kim(2001)의 1989년부터 1999년까지 낙동강하구와 인접하면서 국내 두 번째 큰고니 월동지로 알려진 주남저수지를 대상으로 한 고니류 월동현황 분석결과, 1997년 이후 주남저수지에 월동하는 고니류 개체수가 감소하는 경향을 보였는데, 그 원인을 주남저수지 서식처 파괴로 고니류가 낙동강지역으로 이동한 것으로 추정된 바 있다. 즉, 주남저수지와 낙동강하구 일대는 대규모 큰고니 개체군이 서식지 여건에 따라 이동하는 동일한 월동권역으로 볼 수 있어, 고니류 월동지 중 특정 지역에 일시적 문제가 생길 경우 인접한 다른 지역으로 이동하여 월동하는 것으로 판단된다. 그러나 최근 낙동강하구 뿐만 아니라 주남저수지 주변도 각종 개발로 인해 야생조류 월동지로서의 역할이 위협받고 있는 상황으로 낙동강하구와 주남저수지 전체에 도래하는 큰고니 개체수가 급격히 줄어들고 있어 이 일대의 서식처 기능을 정밀하게 분석하여 보호할 필요성이 대두되고 있다.

Hong(2009)은 2005년 12월과 2006년 1월에 낙동강 하구 독 남쪽지역을 대상으로 5개 권역으로 구분하여 조사를 진행한 결과 큰고니 2,300개체 이상을 관찰했는데 1/2가까이가 대마등 일대에서 관찰되었으며 약 40%가 을숙도, 을숙도남단 일대에서 관찰되었음을 보고한 바 있다. 반면 백합등과 도요등 일대, 장자도와 신자도 일대에서는 거의 출현하지 않았다. 낙동강하구 일대에서 월동하는 큰고니의 국지적 분포특성은 2003~2004년 겨울기간 동안 진행된 연구(Hong, 2004)에서도 유사

하게 나타나고 있어 큰고니가 선호하는 서식처는 낙동강하구라는 국지적 공간에서도 크게 달라지는, 즉 선호하는 서식처가 뚜렷함을 유추할 수 있었다. 특히, Hong(2004)이 낙동강 하구 권역을 세분하여 진행한 연구결과에 따르면 낙동강하구둑을 기준으로 하구둑 북쪽 서낙동강교까지는 맥도강을 포함해서도 단 한 개체의 고니류도 관찰되지 않아 서식처를 극도로 가리는 것으로 판단할 수 있었다. 이러한 극단적 분포특성은 낙동강하구의 넓은 갯벌과 대규모 새섬매자기군락의 분포로 채식지와 휴식지 기능이 양호한 낙동강하구둑 이남이 다른 지역에 비해 상대적으로 월동에 유리한 데에서 기인한다 할 수 있다(Hong, 2004).

큰고니를 포함한 고니류는 주로 물 위에서 목을 수면 아래로 뺀어 먹이활동을 하는 업-엔딩(up-ending)을 통해 취식활동을 하는데, 업-엔딩을 통한 취식활동을 할 경우 최대 100cm 깊이에 있는 먹이까지 먹을 수 있다(Cramp and Simmons, 1977). 그러나 업-엔딩은 눈을 포함한 머리 전체가 수면 아래로 잠기게 되어 경계에 취약할 뿐만 아니라 수심이 깊어질수록 먹이활동을 위한 에너지 소비가 급증하여 효율성이 떨어지게 되므로 가능한 부리나 머리까지만 수면 아래에 잠기는 얇은 수심에서의 취식활동을 선호한다(Cramp and Simmons, 1977; Chisholm and Spray, 2002; Choi et al., 2010). 큰고니가 비록 얇은 수심에서 먹이활동을 한다 하더라도 먹이활동을 위해 눈이 수면 아래로 잠기게 되면 짧은 시간이지만 포식의 위험에 노출되게 된다. 따라서 항시 경계행동과 먹이활동의 절충이 이루어져야 하므로(Pöysä 1987) 위험요소로부터 떨어져 먹이활동을 하게 된다. 비록 물속이지만 고니류가 위험요소들로부터 떨어지려는 경향은 사람들의 활동과도 밀접한 관련이 있는 것으로 확인되고 있다. Hong and Ahn(2016)은 주남저수지를 대상으로 고니류의 분포특성을 조사한 결과 저수지 방문객이 적은 평일에는 주로 수심이 낮은 수초사이에 분산되어 활동하는 경향을 보이지만 방문객이 집중하는 휴일에는 방문객이 많은 제방에서 멀리 떨어진, 수심이 깊은 저수지 중앙에 밀집하는 경향을 보여 평일과 휴일에 뚜렷한 차이를 보인다고 하여, 비록 소극적 관찰행위 또한 수면성 야생조류 활동에 부정적 영향을 뚜렷하게 미침을 확인한 바 있다.

이러한 큰고니의 국지적 서식처 선호특성을 살펴봤을 때, 월동지 내에 인위적 시설, 특히 사람이나 차량의 이동이 빈번한 교량 건설은 큰고니의 월동에 많은 영향을 미칠 것으로 판단되

었다. 이에 본 연구는 국내 최대 큰고니 월동지인 낙동강하류부 일대를 대상으로 교량의 분포위치와 큰고니의 월동개체수간 관계성을 살펴보고, 교량이 큰고니 월동지 선택에 미치는 영향을 확인하고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상지

큰고니는 천연기념물 제201-2호로 지정하여 보호하고 있으며, IUCN 관심대상종(Least Concern)으로 국제적 보호종으로 국내 최대 월동지는 낙동강하구 일대이다. 본 지역은 큰고니 외 다수의 멸종위기야생조류가 대규모로 월동하는 국내 최대 야생조류 월동지 중 하나로 중요성이 인정되어 1966년에 이 지역 자체를 천연기념물 제179호로 지정하여 보호하고 있다. 이러한 중요성과 법률적 보호노력에도 불구하고 1983년 하구둑 건설을 시작으로 최근까지 계속되는 개발로 인해 멸종위기종 서식환경은 급격히 악화되고 있다. 특히 하천을 가로지르며 조류 비행에 영향을 줄 수 있는 교량 건설이 촘촘하게 이어지고 있어 사회적 갈등으로 이어지고 있다.

낙동강 하구 본류구간에서 부산시계 내에 조성되어 있는 교량은 지하철과 경전철교량을 포함하여 총 10개이다. 남측 바다와 접하는 곳에 2009년 완공된 을숙도대교를 시작으로 북쪽으로 올라가면서 낙동강하구둑, 남해고속도로제2지선 낙동대교, 부산김해경전철교량, 중앙고속도로 강서낙동강교, 구포대교, 지하철3호선교량, 구포낙동강교, 대동화명대교, 낙동강대교 순으로 이어진다. 본 지역은 하천 양안 경계가 도로로 조성되어 하천 외부와 경계를 형성하고 있고 둔치로는 갈대가 우점하는 퇴적둔치의 식생특성을 보이는 지역이다. 비록 해수와 담수가 만나는 지역으로 공간별 수환경 차이는 크게 일어나는 곳이나 식생 및 주변 물리적 구조 측면에서 월동 야생조류의 서식조건은 강 하구의 동질한 특성을 보인다고 할 수 있다. 특히 2009년부터 2011년까지 진행된 4대강 사업은 강 전역에서 준설과 둔치정비가 동시에 이루어져 전체적 하상구조는 큰 차이가 없는 것으로 판단되었다.

본 연구는 교량과 교량 사이구간의 고니류 월동특성을 살펴보기 위해 을숙도대교부터 대동화명대교까지의 17km에 이르는 낙동강 본류구간을 대상으로 하였다. 낙동강대교 구간은 부산시계 최북단의 일부가 포함되긴 하나, 낙동강하구로부터의 거리가 20km이상 떨어져 있으며, 하천둔치 대부분 면적이 김해시에 포함되어 제외하였다.

2. 조사분석방법

낙동강하구를 가로지르는 9개 교량의 개발 역사를 살펴보면, 1970년대에는 1973년 개통한 구포낙동강교가 유일한 교량이었다. 이후 1981년 개통한 남해고속도로 제2지선상의 낙동대교가 두 번째로 낙동강 하구를 가로지르게 되었는데, 본 교량은 을숙도 하단에서 8km이상 상류에 위치하고 있어 하구 조류월동에 미치는 영향은 상대적으로 크지는 않았을 것으로 추정할 수 있다. 본격적으로 하구 월동지에 영향을 미친 공사는 1983년 착공한 낙동강하구둑인데, 본 본 건설공사는 1981년 환경영향평가제도가 도입된 이후 최초로 적용되었다는 점에서 특히 중요하게 바라볼 필요성이 있다. 본 교량건설공사가 환경영향평가제도의 첫 시작이었음에도 불구하고 국내 최대 멸종위기야생조류 월동지를 가로지름과 동시에, 기수역 교란을 유발하는 하구 단절공사를 강행함으로써 이 일대 개발은 급격히 확산되는 계기를 맞았다. 본 교량은 철새월동에 핵심이 되는 기수역 삼각지인 을숙도 중앙부를 관통하여 조성되었다. 이후 구포대교(1996년), 강서낙동강교(1999년), 부산지하철3호선(2005년), 을숙도대교(2009년), 부산김해경전철(2011년), 대동화명대교(2012년)가 차례로 개통되어 낙동강 하류부 교량과 교량사이구간이 평균 2km에 불과해졌다.

교량과 교량 사이의 큰고니 월동특성을 살펴보기 위해 교량 구간을 각각의 조사지로 세분하였다. 단, 교량사이 구간이 80m 정도로 짧아 구간경계의 구분이 유의미하지 않은 구포대교와 지하철3호선교량 사이구간은 별도의 조사지로 구분하지 않아 총 7개 구간으로 구분하여 조사를 진행하였다(Figure 1).

큰고니는 월동 초기에는 먹이활동이 용이한 곳에 집단으로 도래하여 안착하였다가, 시간이 지나면서 먹이가 줄어들게 되면 인접지역으로 분산하는 것으로 추정된다(Hong, 2004). 이에 대규모 월동지인 낙동강하구 큰고니 군집도 초겨울부터 봄까지 월동개체수의 변화가 발생하는 것이 일반적 경향이다. 따라서 겨울철 1회 또는 2회의 조사결과로 낙동강하구의 월동지 기능을 평가하기에는 한계가 있을 수 있다. 이에 월동기간동안 시계열에 따른 개체군 활동범위 변동가능성을 고려하여 월동기간 전체를 시기별로 세분하여 조사한 후 낙동강하류부 큰고니 군집의 월동특성을 미시적으로 살펴보고자 하였다. 본포조사는 2018년 12월부터 2019년 2월까지 실시하였다. 조사는 보름간격으로 6개 시계열로 구분하여 실시하였다. 구분은 12월 초, 12월 말, 1월 초, 1월 말, 2월 초, 2월 말로 설정하였다. 본 조사구간의 길이는 17km로 길어 짧은 시간에 모든 지역을 조사하기에는 무리가 있어 단일시계열기간(15일간격) 동안 구간을 나누어 모든 구간을 조사하였다. 둔치부의 경우 셋강을 포함한 지형 굴곡 및 초목류에 의한 사각지대가 분포하여 교량 및 제방상부를 조사지점으로 하는 정점조사에서는 개체확인이 어려운 관계로 개체수 조사는 낙동강 본류 수면부를 대상으로 하였다.

Table 1. Survey date of each time series

Time series	Early Dec. 2018	Late Dec. 2018	Early Jan. 2019	Late Jan. 2019	Early Feb. 2019	Late Feb. 2019
Nakdong River	9/12	15/30	12/13	19/24	4/10	16/24
N. R. Estuary		15/16		19/20		15/16
Other near area*		15/16		19/20		15/16

*West Nakdong River, Macdo River and Joman River area

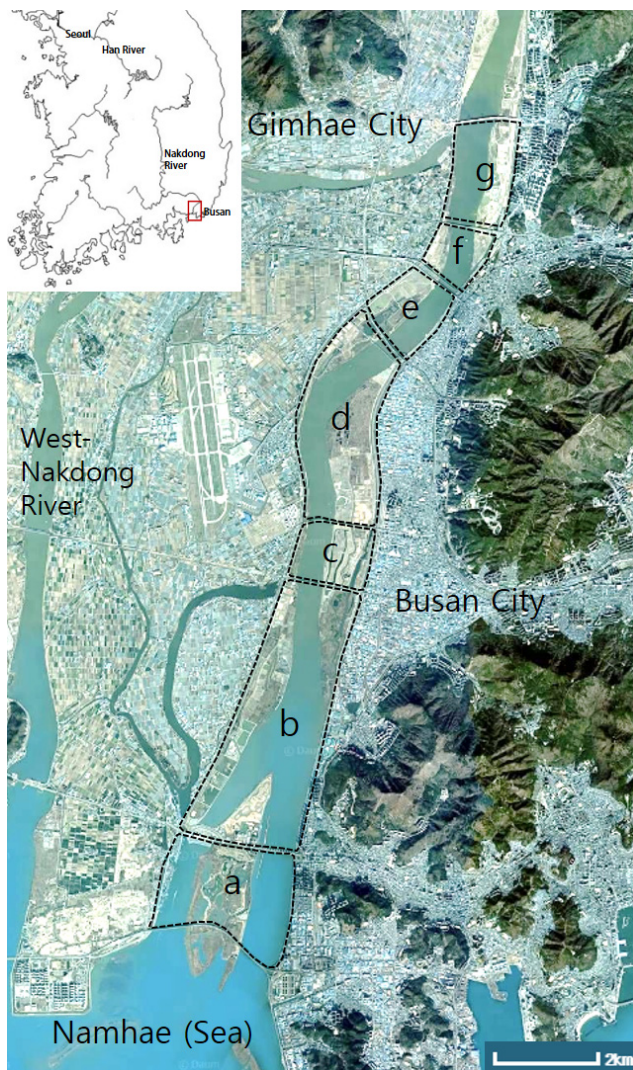


Figure 1. Survey section of the study.

(a: Eulsookdo Bridge to Haguduk B., b: H. to Nakdong B., c: N. to Tram B., d: T. to Gangseonakdonggang B., e: G. to Gupo B., f: G. to 2Nakdong B., g: 2N. to Hwamyung B.)

교량구간 내 개체수와 을숙도대교 외부 낙동강하구일대와 기타 주변지역(서낙동강, 맥도강, 조만강일대) 개체수의 변화

및 관계성을 비교하여 살펴보고자 을숙도대교 남단일대와 기타 주변지역을 구분하여 함께 조사를 진행한 후 이 일대 전체 크고니 개체수와 비교고찰을 진행하였다. 을숙도대교 남단 조사는 하루부 개체수와외의 객관적 비교가 가능하도록 월별 중반기(매월 15~20일)에 조사를 진행하여 총 3회 진행하였다. 전체 조사 면적은 낙동강 하류부 약 26km², 낙동강하구 약 35km², 기타지역 약 17km²이다.

현장조사는 교량구간 전체를 확인할 수 있는 조사지점을 각 구간별로 1~4개소씩 현장에서 판단하여 정점조사로 조사를 진행하였다. 조사팀은 2인 1조를 기본으로 하였으며 크고니 개체수 확인을 위해 쌍안경과 필드스코프를 병행 이용하였다.

교량구간 조사는 시계열별로 2일씩 조사를 진행하였다. 낙동강 하구 및 기타지역 조사는 월별 1회를 기준으로 2일을 연속하여 조사를 진행하였다. 조사팀 구성은 낙동강 하구를 대상으로 한 야생조류 정기 모니터링에 최소 10년 이상 참여하고, 국립생물자원관 겨울철 야생조류 동시센서스 조사원으로 활동하고 있는 조사자를 팀별 최소 1인 이상 배치하여 조사의 신뢰성을 높이고자 하였다.

결과 및 고찰

1. 조사구간별 크고니 출현현황

2018~2019년 크고니 월동시기를 월동 초기부터 후기까지 보름 간격으로 총 6개 시계열로 구분하여 조사를 진행하여 획득한 각 교량구간별 크고니 개체수를 기록한 것이 Table 2이다. 크고니는 특정 지역에서 월동기 전체를 보내지는 않으며 월동기 동안에도 월동지를 이동하는 경향을 보이는데(Jeon and Cho, 2006) 본 조사에서도 이러한 특성이 나타나고 있었다. 크고니 출현 개체수는 동일 구간에서 월동기간 동안에도 시계열별로 큰 차이를 보이고 있었으며, 조사구간 전체에 출현하는 총 개체수도 시기별로 많은 차이를 보이고 있었다.

세부 구간별로 시계열별 출현 개체수를 살펴보면 총 7개 구간 중 4개 구간에서는 월동기 내내 크고니가 관찰되지 않았고, 낙동대교~경전철교량구간(section c)에서는 월동 초기인 12월

Table 2. Whopper swan population of each study section in Nakdong river.

Population of whooper swan	a	b	c	d	e	f	g	Sum	Nakdong River Estuary	Other near area*
Early Dec. 2018	0	24	0	183	0	0	0	207	539	392
Late Dec. 2018	0	82	2	313	0	0	0	397		
Early Jan. 2019	0	43	0	214	0	0	0	257	856	188
Late Jan. 2019	0	192	0	256	0	0	0	448		
Early Feb. 2019	0	163	0	321	0	0	0	484	571	218
Late Feb. 2019	0	313	0	2	0	0	0	315		
Average	0	136	0	215	0	0	0	351	655	266

(a: Eulsookdo Bridge to Haguduk B., b: H. to Nakdong B., c: N. to Tram B., d: T. to Gangseonakdonggang B., e: G. to Gupo B., f: G. to 2Nakdong B., g: 2N. to Hwamyung B.)

*West Nakdong River, Macdo River and Joman River area

하반기에 두 마리가 관찰된 것이 유일하였다. 이에 해당 지역들은 이미 큰고니의 안정적 서식처로서의 기능을 하지는 못하는 지역으로 판단할 수 있었다. 큰고니가 군집을 형성하며 출현한 구간은 7개 구간 중 단 2개 구간에 불과하였는데, 경전철교량~강서낙동강대교구간(section d)은 본 조사구간에서 유일하게 월동초기부터 월동후기까지 큰고니 개체군이 안정적인 규모로 관찰된 구간이었다. 이 구간에서는 월동 초기인 12월 초에 183개체가 관찰된 것을 시작으로 12월 말에 313개체가 관찰된 이후 이듬해 2월 초에 321개체로 가장 많은 개체가 관찰될 때까지 꾸준히 200개체 이상 관찰되었다. 다만, 2월 말 월동을 마치고 번식지로 돌아가기 직전에는 2개체만이 관찰된 바 있다.

큰고니 개체군이 월동기 내내 관찰된 다른 구간인 하구둑교량~낙동대교구간(section b)의 경우 월동초기인 12월 전반기에 24개체가 관찰되던 것이 꾸준히 늘어나는 경향을 보이며 1월 후반기에 192개체, 2월 전반기에 163개체가 관찰되었고 마지막 조사시기인 2월 후반기에는 313개체가 관찰되어 시간이 지나면서 개체수가 증가하는 경향을 보이고 있었다. 전체적으로 낙동강하류부의 큰고니 월동주기는 월동초기에서 후기로 갈수록 증가하는 경향을 보였다. 이상의 일정한 패턴을 먹이와 관련지어 생각할 경우 월동초기에는 낙동강하구와 서낙동강 주변지역을 좀 더 선호하는 경향을 보였으며, 후기로 가면서 낙동강하류부로 일부 이동하는 것으로 볼 수 있었다.

낙동강하구와 주변지역을 함께 비교하여 살펴보면, 전체 낙동강 하구 일대 1,300여 개체 정도가 월동하는 것으로 확인된다. 10여 년 전까지 낙동강하구일대 큰고니 월동개체수가 2,000개체를 넘으며 국내 최대 큰고니 월동지(Yu et al., 2010)였으나 최근 정부 동시센서스조사(NIBR, 2018)에서 큰고니 개체수는 낙동강하구보다 주남저수지에 집중하는 경향을 확인할 수 있었다. 이러한 큰고니 월동지 변화경향으로 판단할 때, 낙동강 하

구의 큰고니 월동지 기능이 주남저수지에 비해 상대적으로 더 나빠졌다고 볼 수 있었다. 다만, 주남저수지 또한 인접지역의 개발이 지속적으로 일어나고 있는 만큼 멸종위기 야생조류의 월동지 선택요인이 단순히 개발 요인이라고 단정하기에는 무리가 있어 이에 대한 추가적인 연구가 필요한 것으로 판단되었다.

낙동강하류부와 낙동강 하구, 서낙동강 및 주변지역의 큰고니 분포를 시계열별로 비교하여 살펴보면, 월동 초기인 12월에는 3개 지역에 비교적 고르게 분포하는 것을 볼 수 있었는데 겨울이 깊어지는 1월에는 상대적으로 낙동강하구를 이용하는 개체가 늘어나고 서낙동강주변 개체가 크게 줄어드는 경향을 보였다. 이러한 특성은 월동후기까지 이어지고 있어 서낙동강 주변의 경우 초기 큰고니 월동개체가 월동 전기간 생활하기에는 어려운 서식지로 판단할 수 있었다. 낙동강하류부의 경우 국지적 측면에서 개체이동이 있으나 전체 개체수의 변화는 상대적으로 많지 않은 것을 확인할 수 있었다.

큰고니가 안정적으로 출현하고 있는 2개 구간과 출현하지 않는 5개 구간의 물리적 특성을 살펴보면, 가장 뚜렷한 차이는 교량 사이의 길이이다. 안정적 출현구간 2개소는 교량사이 구간이 4km를 넘어 비교적 긴 구간이었으나, 반대로 큰고니 출현이 없는 5개 구간은 모두 교량사이 구간길이가 2km이하의 짧은 구간이었다. 길이에 따라 변하게 되는 제외지의 면적 또한 관계가 깊다고 판단할 수 있었으나 면적이 큰 차이를 보이지 않는 a와 d구간의 개체수 차이가 현저하게 나타나는 점에 비추어 제외지 면적보다는 교량사이 간격이 더 크게 작용한다고 볼 수 있었다.

큰고니의 취식 및 휴식이 수면에서 주로 일어나고 있는 만큼 제외지 수면의 비율이 영향을 미치는가를 살펴보았는데 안정적으로 출현하는 지역의 수면비율은 52.8%(Section b), 39.5%(Section d)로 두 지역의 비율차가 크게 나타나고 있었고 미출

Table 3. Distance and area of each study section in Nakdong river.

Section	a	b	c	d	e	f	g	Sum	Nakdong River Estuary	Other near area*
Distance of Section (km)	2.1	5.2	1.2	4.1	1.5	1.2	2.1	17.4	-	-
Area of S. (km ²)	4.7	9.2	1.6	5.6	1.7	1.1	2.2	26.1	35km ²	17km ²
Ratio of Water area (%)	54.0	52.8	36.9	39.5	42.9	50.9	59.5	-	-	-

(a: Eulsookdo Bridge to Haguduk B., b: H. to Nakdong B., c: N. to Tram B., d: T. to Gangseonakdonggang B., e: G. to Gupo B., f: G. to 2Nakdong B., g: 2N. to Hwamyung B.)

*West Nakdong River, Macdo River and Joman River area

현지역 5개소 또한 편차가 크게 나타나고 있어 제외지에서 수면이 차지하는 비율이나 둔치비율이 큰고니의 월동에 영향을 주지는 않는 것으로 확인되었다. 아울러 낙동강 하구로부터의 이격거리와도 연관성은 없는 것으로 판단된다.

낙동강은 2009년부터 진행된 4대강사업에 의해 부산시계 내 낙동강 둔치 대부분에 수변공원을 조성하여 시민들이 이용하고 있는 만큼 구간별 둔치의 이용특성 또한 대동소이하여 둔치이용의 차이로 인한 월동지 선택의 가능성은 미미한 것으로 판단된다. 아울러 동 사업의 일환으로 진행된 하상굴취작업으로 수면 내부환경 또한 큰 차이는 없는 것으로 판단할 수 있었다. 이에, 구간별 큰고니의 월동개체수 차이는 교량의 영향이 크게 작용한다고 판단되었다. 다만, 하상굴취사업 이후 하천 흐름에 의해 수심변화 및 수변식생 분포변화 등의 큰고니 서식환경 변화가 일어났을 가능성을 배제할 수는 없어 이에 대한 연구는 추가적으로 진행될 필요성이 있었다.

월동초기 정착과정에서 큰고니가 집단으로 월동하는 지역은 상대적으로 먹이가 풍부하면서 외부로부터 안전한 서식처로 판단할 수 있다. 본 조사결과 낙동강 하류부에서 큰고니의 안전한 월동 먹이터는 경전철교량~강서낙동강대교구간이 해당되며, 본 구간의 먹이가 적어지게 되는 월동 중반기 이후부터는 본 구간과 하구둑~낙동대교 구간을 함께 이용하며 월동하는 것으로 볼 수 있었다. 따라서 낙동강하류부에서 큰고니가 가장 안정적으로 월동할 수 있는 구간은 경전철교량~강서낙동강대교구간으로 판단된다.

큰고니의 핵심서식처인 을숙도 일대 을숙도대교~낙동강하구둑 일대에서 큰고니 관찰이 없는 것은 교량사이의 간격이 협소하게 형성되어 하천 수면에 큰고니가 월동하기에는 부적합한 것이 가장 큰 원인으로 판단된다. 이는 큰고니가 출현하지 않는 구간이 낙동강 하류의 여타 물리적 특성이 유사한 데 반해 교량과 교량사이의 구간이 매우 짧다는(1~2km) 공통점을 보이기 때문이다. 반면 큰고니 개체군이 관찰된 구간은 교량과 교량 사이가 4km를 넘는 비교적 긴 구간이라는 공통점이 있었다.

2. 결론 및 제언

낙동강하구 일대는 야생조류 서식처로서의 가치가 인정되어 강력한 보호지역으로 지정하여 관리하고 있음에도 불구하고 주변의 각종 개발과, 내부의 교량건설 등으로 인해 큰고니를 포함한 멸종위기 야생조류의 서식처 기능이 지속적으로 악화되고 있다. 낙동강 하구에서 월동하는 대표적 보호종인 큰고니 또한 월동개체가 지속적으로 줄어들고 본 지역보다 주남저수지가 더 많아지는 상황에까지 이르렀다. 낙동강 하류를 대상으로 교량구간별 큰고니의 월동특성을 살펴봤을 때, 큰고니 월동지 기능 측면에서 교량이 부정적인 역할을 하는 것으로 판단되었다. 특히 교량과 교량 사이가 2km 정도로 짧은 지역의 경우 큰고니 월동개체가 거의 관찰되지 않아 큰고니 월동지로서의 역할은 기대하기 어려운 것으로 판단되었다. 이러한 특징은 큰고니의 먹이활동 특성상 안전거리의 확보가 중요하며(Pöysä 1987), 비상상황에서 빠르게 비상할 수 있는 물리적 거리 또한 중요한 상황에서, 하늘을 가로지르는 교량 자체뿐만 아니라 교량을 지나는 차량움직임 및 소음 등이 큰고니에 위협요소가 되는 것으로 보인다. 다만, 교량이 조성되기 이전 본 지역의 큰고니 월동개체수가 면밀히 조사된 자료가 없어 객관적 비교는 가능하지 않아, 큰고니 월동개체가 관찰되지 않은 것이 전적으로 교량조성에 따른 영향으로 단언할 수는 없었다. 아울러, 본 연구가 1회의 월동기간에 조사된 결과로 당해년도의 먹이구조 및 환경여건의 특수성을 반영하지 못할 수도 있어 중장기적 모니터링과 하상 및 둔치의 큰고니 먹이원의 차이 등의 연구가 필요한 것으로 판단되었다.

본 조사대상지의 대부분 지역은 멸종위기 월동 야생조류의 보호를 위해 1966년 문화재보호구역으로 지정하여 관리하고 있는 지역임에도 멸종위기종의 서식환경에 대한 국지적 변화 모니터링은 진행되지 않고 있어 향후 멸종위기종의 서식처 유지를 위한 연구가 보다 정밀하게 진행될 필요성이 있었다.

감사의 글

본 연구를 위한 조사와 자료정리에 힘써주신 습지와새들의 친구 김시환님, 천성광님, 김경철님, 김영숙님, 정민욱님, 이찬우님, 김정태님, 권미경님, 그리고 박중록님과 낙동강일대 자연생태계 및 야생조류 보호에 꾸준히 헌신하고 계시는 습지와새들의친구 회원 및 활동가 모든 분들께 깊은 감사를 드립니다.

REFERENCES

- Chisholm, H. and C. Spray(2002) Habitat usage and field choice by mute and whooper swans in the tweed valley, Scotland. Proceedings of the 4th International Swan Symposium, Waterbirds: The International Journal of Waterbird Biology, USA, Waterbirds 25(Special Publication 1): 177-182.
- Choi, J.H., Y.M. Moon, J.Y. Shin and J.C. Yoo(2010) Relationship between foraging area availability according to water level and wintering waterfowl. The Korean Journal of Ornithology 17(4): 303-316. (in Korean with English abstract)
- Cramp, S. and K. E. L. Simmons(1977) Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa: The birds of the Western Palearctic. Vol. 1: Ostrich to ducks. Oxford University Press. Oxford. 722pp.
- Hahm, K.H. and J.H. Kang(1997) Nine year records of waterbirds in the West-Nakdong River, 1988-1996. Bulletin of Korea Institute of Ornithology 6(1): 35-45. (in Korean with English abstract)
- Hahm, K.H. and T.J. Kim(2001) Population fluctuations of *Cygnus cygnus* and *C. columbianus* during 11 years, on Junam reservoir of Kyungsangnam-do (1989-1999). The Korean Journal of Ornithology 8(1): 47-53. (in Korean with English abstract)
- Hong, S.B.(2004) Regional characteristics of bird community in Nakdong river basin. Korean Journal of Ecology 27(5): 269-281. (in Korean with English abstract)
- Hong, S.B.(2009) Regional characteristics of bini in Nakdong Estuary. The Korean Journal of Ornithology 16(1): 11-27. (in Korean with English abstract)
- Hong, S.H. and M.Y. Ahn(2016) Relationship between the behavior pattern of Wintering cygnus and distribution of *Nelumbo nucifera*. Korean Journal of Environment and Ecology 30(5): 848-856. (in Korean with English abstract)
- Jeon, K.H. and S.R. Cho(2006) A studies on the wintering distribution of the whooper swan (*Cygnus cygnus*) within the Seo-san area, Korea. The Korean Journal of Ornithology 13(2): 97-104. (in Korean with English abstract)
- Kang, J.H., I.K. Kim, S.H. Yoo, T.H. Kang and W.K. Paek(2008) Current status and distribution of the Natural Monument Bird species in Korea. The Ornithological Society of Korea 15(1): 73-84. (in Korean with English abstract)
- NIBR(2018). 2017-2018 Winter waterbird census of Korea. National Institute of Biological Resources, Incheon. 294pp. (in Korean with English abstract)
- Pöysä, H.(1987) Feeding-vigilance trade-off in the teal (*Anas crecca*): Effects of feeding method and predation risk. Behaviour 103: 108-122.
- Yu, J.P., J.H. Kang, S.D. Jin, I.H. Paik, K.H. Hahm and W.K. Paek(2010) Distribution status of National Monument Birds in Nakdong River estuary. Mun Hwan Jae 43(1): 86-99. (in Korean with English abstract)