

공간자료를 활용한 멸종위기종 저어새(*Platalea minor*)의 적합 번식지 분석 연구*

정진우¹⁾ · 김선령²⁾ · 윤영준¹⁾ · 도재화³⁾ · 한영덕²⁾ · 장래하¹⁾

¹⁾국립생태원 멸종위기종복원센터 선임연구원 · ²⁾국립생태원 멸종위기종복원센터 전임연구원 ·

³⁾국립생태원 멸종위기종복원센터 팀장

Analysis of Suitable Breeding Sites for Endangered species Black-faced Spoonbill(*Platalea minor*) using spatial data*

Jung, Jin-Woo¹⁾ · Kim, Sunryoung²⁾ · Yoon, Young-Jun¹⁾ · Tho, Jae-Hwa³⁾ ·

Han, Yeong-Deok²⁾ and Jang, Rae-Ha¹⁾

¹⁾Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, Senior Researcher,
²⁾Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, Associate Researcher,
³⁾Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, Team Manager.

ABSTRACT

This study analyzed potential breeding sites for black-faced spoonbills on 70 non-breeding, uninhabited islands in Incheon, Korea, in order to suggest potential breeding sites for black-faced spoonbills, whose breeding population has recently been increasing. By comparing the environmental characteristics of breeding and non-breeding areas identified through a literature search, we developed a discriminant to identify potential breeding areas for black-faced spoonbills. Among a total of eight environmental variables(Island area, distance from land, distance to mudflat, distance to rice field, distance to sea route, depth of water, mudflat area, rice field area), the variables that influenced the selection of breeding sites for black-faced spoonbills were average water depth, tidal flat area, and paddy field area. As a result of discriminant analysis of breeding islands using these variables, the accuracy was found to be quite high at 80%. As a result of applying the developed discriminant to non-breeding islands located in the Incheon region, a total of 9 islands(Yongrondo, Goseokdo, Beolyeom,

*본 연구는 환경부의 재원으로 국립생태원의 지원을 받아 수행하였습니다(NIE-B-2023-34).

First author : Jung, Jin-Woo, Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, 23, Gowol-gil, Yeongyang-gun, Gyeongsangbuk-do, 36531, Korea,
Tel : +82-54-680-7343, **E-mail** : jwjung@nie.re.kr

Corresponding author : Jang, Rae-Ha, Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology, 23, Gowol-gil, Yeongyang-gun, Gyeongsangbuk-do, 36531, Korea,
Tel : +82-54-680-7344, **E-mail** : ecorhj86@nie.re.kr

Received : 26 October, 2023. **Revised** : 20 December, 2023. **Accepted** : 15 December, 2023

Joreumseom, Goeriseom, Hambakdo, Moido, Bigajido, Ahyeom) were identified as potential breeding grounds for spoonbills. The research results can be used as basic data for future management of black-faced spoonbill breeding sites and selection of alternative habitats.

Key Words: *Endangered Species, Black-faced Spoonbill, Platalea minor, Suitable Habitat Analysis*

I. 서론

저어새(*Platalea minor*)는 황새목(Ciconiiformes) 저어새과(Threskiornithidae)에 속하는 중대형 섭금류로 전체 개체 수가 많지 않아(Yu and Wong, 2007), 세계자연보전연맹 적색목록(IUCN Red List) 위기 등급으로 지정되어 있다. 이 종은 전세계적으로 아시아 동부 해안지역에서 서식하며(Yu and Wong, 2007), 국내에서는 서해안과 남해안 그리고 제주도에 분포한다(NIE, 2023a). 1990년대 초반에 동아시아 지역에서 저어새가 300마리 미만의 심각한 멸종위기 수준으로 기록된(Kennerley, 1990) 이후 일부 지역의 자연적 개체 증가와 국제적 보전 노력으로 2022년에는 6,162마리까지 개체 수가 증가하였다(Yu et al., 2022). 대한민국은 일부 저어새의 월동지이며 전 세계 저어새의 93%가 번식하는 핵심번식지역(Kwon, 2017; Yu et al., 2022)으로, 국내에서도 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」 상 멸종위기 야생생물 I급, 「문화재보호법」 상 천연기념물 및 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」 상 해양보호생물로 지정(NIE, 2023a)하여 저어새를 보전하기 위해 노력하고 있다.

최근 인공위성, 드론, 카메라의 해상도 및 GIS 분야의 발전으로 종의 분포자료와 환경특성을 이용하여 적합 서식지를 분석하고 잠재 서식지 확인을 통해 신규 서식지를 발견하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 적합서식지를 분석하기 위해서 통계적 분석 방법과 GIS를 이용한 도면 중첩법 그리고 이 두 방법이 융합된 복합적 분석방법 등이 이용된다(Cho, 2010). 1960년대 말의 생태적 적지분석론(Ecological land suitability)은

다양한 환경 변수의 도면을 중첩하여 적합한 장소를 분석하는 방법으로, 생태적 환경계획 분야에 적용된다(Kim, 1996). 미국에서는 1980년대부터 서식환경평가에 환경요소의 정량화를 통한 생물 종 별 예측모형을 이용하고 있다(U.S. Fish and Wildlife Service, 1980). 이러한 방법은 연구 대상지의 정량적인 환경변수 파악을 통해 적합 서식지를 평가하고 예측할 수 있고(Lee et al., 2017), 주관적 판단을 배제한 객관적인 평가를 가능하게 한다(Gibson et al., 2004).

인천광역시에는 다수의 무인도서가 산포하는 철새들의 주요 번식지이자 경유지로, 인천광역시에 분포하는 멸종위기 야생생물 66종 중 조류의 비율은 73%를 차지한다(NIE, 2023b). 또한 가장 많은 저어새가 번식하는 장소로 높은 생태적 가치를 지니고 있지만, 과밀한 인구에 따른 경계개발압력으로 많은 서식지가 훼손되고 있다(Cho, 2010). 최근 보호 활동 등으로 저어새의 번식개체군이 증가하고 있지만, 국내에서도 번식장소가 한정되어 번식지의 과밀화가 우려된다(NIBR, 2018). 또한 연안에 분포하는 번식지의 경우, 협소한 공간에 높은 밀도로 번식하여 종 내 경쟁이 치열하다(You, 2023). 이러한 이유로 무인도서를 이용한 저어새 번식장소의 확장이 필요하지만, 번식지 대부분이 인천지역에 위치하는 무인도서이고, 접경지역 및 군사지역에 속해있어 연구자들의 조사가 매우 어렵다(CHA, 2004). 따라서 개체 수 증가에 따른 보전 대책과 서식지 확보 방안 등 번식지 차원에서의 자료가 매우 부족하다(Kim, 2006). 이에 본 연구는 저어새가 번식하는 21개의 도서지역과 주요 번식지인 인천지역의 비번식 무인도서 70개의 환경특성을 밝히

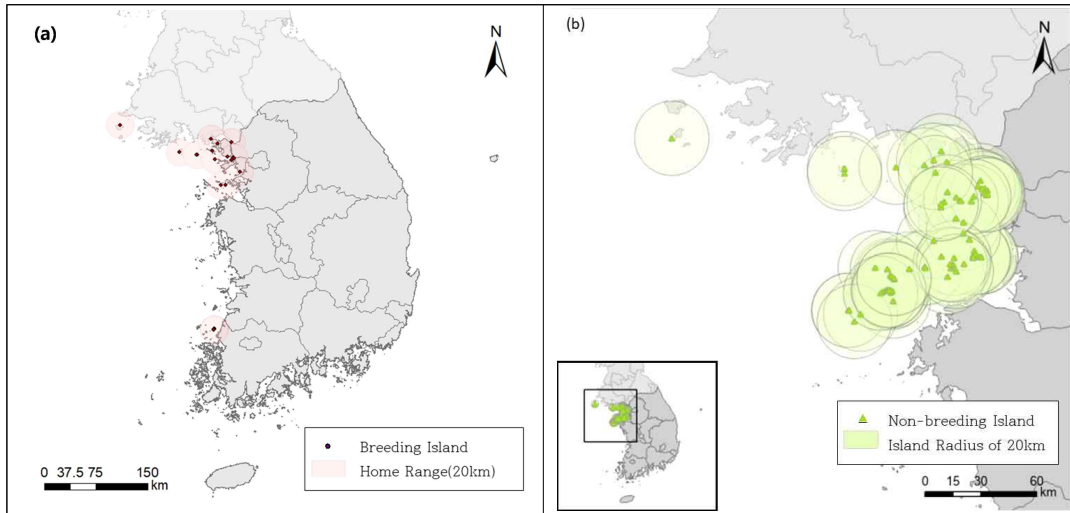


Figure 1. Black-faced spoonbill's Breeding Island in Korea(a), Non-breeding uninhabited Island in incheon, Korea(b).

고, 번식도서와 비번식도서간의 차이를 규명하여 잠재번식지 도출을 위한 기초자료를 제공하고자 수행되었다. 연구결과는 저어새의 대체번식지 조성, 서식지 개선 및 서식지 복원을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상지

멸종위기 야생생물 전국 분포조사, 전국자연환경조사 및 문헌조사를 통해 저어새 번식도서 21개 지점의 좌표를 수집하였다(Figure 1a). 이 결과, 저어새의 번식지는 16개의 번식 도서가 인천광역시에 위치하였으며, 전라남도 영광군에 위치한 칠산도 중 총 5개(육산도, 사산도, 삼산도, 이산도, 일산도)의 번식 도서가 확인되었다. 영광군에 위치한 번식도서의 등지 수는 103개로, 인천광역시에 위치한 번식도서의 등지 수인 1,055개와 비교하면 큰 차이가 있었다(Kwon 2017). 저어새 번식지와 비번식지의 차이를 분석하고, 비번식지 중 잠재번식지 후보지를 도출하기 위하여 저어새의 번식도서와 등지 수가 가장 많은 인천지역의 비번식 무인도서 70개의 좌표

를 수집하였다(Figure 1b). 무인도서는 해양수산부에서 제공하는 무인도서종합정보제공 웹사이트(<http://uii.mof.go.kr>)에서 검색된 인천지역의 모든 무인도서를 대상으로 하였다. 이렇게 수집된 91개의 도서를 대상으로 저어새 행동반경인 20km 이내 지역(Kim, 2006)을 연구대상지로 선정하였다(Table 1).

저어새의 번식지가 가장 많은 인천지역(백령도, 강화도, 인천)의 기상청(www.wather.go.kr) 자료를 확인한 결과, 2022년 연 평균기온은 11.93℃로 12월(-2.23℃)에 가장 온도가 낮았으며, 7월(25.13℃)에 가장 높았다(Figure 2a). 연간 총 강수량은 1,401.13mm로 8월(359.63mm)에 강수량이 가장 많았으며, 2월(3.6mm)에 가장 적었다(Figure 2b).

2. 연구기간

본 연구는 2019년 8월부터 2020년 12월까지 수행되었다. 2019년에는 문헌조사를 통해 저어새 번식지의 생태적 특성에 대한 문헌자료의 수집과 번식좌표를 수집하였으며, 2020년에는 각 기관에 산포한 주제도 수집, 공간자료 분석 및 통계분석을 통해 저어새의 잠재서식지를 도출하였다.

Table 1. Overview of research sites

No.	Island name	coordinate	area(m ²)	Note	No.	Island name	coordinate	area(m ²)	Note
1	Baengnyeongdo	37°59' N, 124°41' E	4,538million	breeding	47	Siodo	37°31' N, 126°25' E	9,322	non-breeding
2	Gujido	37°38' N, 125°40' E	96,082	breeding	48	Malkkeut	37°32' N, 126°23' E	9,917	non-breeding
3	Bido	37°36' N, 125°58' E	17,256	breeding	49	Joreumseom	37°25' N, 126°23' E	10,195	non-breeding
4	Seokdo	37°36' N, 125°57' E	1,190	breeding	50	Goeriseom	37°42' N, 126°15' E	11,008	non-breeding
5	Suribong	37°39' N, 126°13' E	5,157	breeding	51	Daeryeongdo	36°58' N, 125°45' E	11,405	non-breeding
6	Yodo	37°49' N, 126°11' E	7,824	breeding	52	Dokbawi	37°14' N, 126°18' E	11,702	non-breeding
7	Yudo	37°46' N, 126°32' E	224,048	breeding	53	Halmiji	37°11' N, 126°6' E	12,287	non-breeding
8	SuhMando	37°33' N, 126°15' E	91,835	breeding	54	Maedorang	37°24' N, 126°26' E	12,632	non-breeding
9	Gaksiam	37°35' N, 126°28' E	1,170	breeding	55	Donggeurang seom	37°35' N, 126°31' E	12,793	non-breeding
10	Sangyeobawi	37°45' N, 126°18' E	1,299	breeding	56	Manam	37°33' N, 126°20' E	12,832	non-breeding
11	Suha-am	37°32' N, 126°32' E	920	breeding	57	Jeongdo	37°32' N, 126°34' E	12,893	non-breeding
12	Seodo Apseom	37°34' N, 126°34' E	10,915	breeding	58	Namseodo	37°12' N, 126°22' E	13,824	non-breeding
13	Maedo	37°34' N, 126°35' E	513	breeding	59	Budo	37°8' N, 126°20' E	13,885	non-breeding
14	Namdong Reservoir	37°23' N, 126°40' E	629	breeding	60	Gwando	37°5' N, 125°59' E	15,074	non-breeding
15	Gapjukdo	37°12' N, 126°26' E	1,091	breeding	61	Daedamuldo	37°33' N, 126°34' E	15,273	non-breeding
16	Hwangseodo	37°13' N, 126°22' E	36,298	breeding	62	Junguldo	37°1' N, 126°1' E	15,372	non-breeding
17	Yuksando	35°19' N, 126°16' E	41,355	breeding	63	Sangbeolseom	37°4' N, 125°59' E	15,768	non-breeding
18	Sasando	35°19' N, 126°16' E	26,392	breeding	64	Gombawiseom	37°8' N, 126°0' E	15,780	non-breeding
19	Samsando	35°19' N, 126°16' E	8,052	breeding	65	Napseom	37°4' N, 126°0' E	15,868	non-breeding
20	leesando	35°19' N, 126°16' E	10,066	breeding	66	Beolan	37°11' N, 126°12' E	17,454	non-breeding
21	Ilsando	35°18' N, 126°16' E	253,303	breeding	67	Sonangakheuldo	37°8' N, 126°1' E	19,041	non-breeding
22	Suhcho	37°11' N, 126°22' E	167	non-breeding	68	Hambakdo	37°40' N, 126°1' E	19,971	non-breeding
23	Bukchangjanyeo	37°19' N, 126°28' E	200	non-breeding	69	Moido	37°38' N, 125°42' E	20,330	non-breeding
24	Sogado	37°9' N, 126°0' E	694	non-breeding	70	Dongchojido	37°19' N, 126°15' E	20,430	non-breeding
25	Pido	37°15' N, 126°30' E	694	non-breeding	71	Norangseom	37°30' N, 126°29' E	20,727	non-breeding
26	Kyeomseom	37°34' N, 126°34' E	793	non-breeding	72	Seonyeom	37°31' N, 126°25' E	21,322	non-breeding
27	Kkotseom	37°16' N, 126°30' E	1,091	non-breeding	73	Sojido	37°4' N, 126°0' E	22,116	non-breeding
28	Donggeulseom	37°14' N, 126°32' E	1,188	non-breeding	74	Haenyeo	37°21' N, 126°26' E	22,116	non-breeding
29	Namhwangsando	37°36' N, 126°32' E	1,201	non-breeding	75	Gadeokdo	36°57' N, 125°49' E	23,108	non-breeding
30	Sodamuldo	37°33' N, 126°33' E	1,785	non-breeding	76	Hodo	37°32' N, 126°35' E	23,702	non-breeding
31	Dongbaekdo	37°11' N, 126°12' E	1,983	non-breeding	77	Janggodo	37°32' N, 126°30' E	24,790	non-breeding
32	Ttandungori	37°15' N, 126°30' E	1,983	non-breeding	78	Seomeopbeol	37°14' N, 126°23' E	25,785	non-breeding
33	Jinaeseom	37°34' N, 126°33' E	2,281	non-breeding	79	Soguleopdo	37°10' N, 125°58' E	25,785	non-breeding
34	Dorangdo	37°4' N, 125°57' E	3,273	non-breeding	80	Habeolseom	37°4' N, 125°59' E	28,066	non-breeding
35	Dolseom	37°42' N, 126°20' E	4,247	non-breeding	81	Jaamdo	37°12' N, 126°22' E	29,653	non-breeding
36	Yongrando	37°41' N, 126°12' E	4,247	non-breeding	82	Mokdeokdo	36°55' N, 125°47' E	32,231	non-breeding
37	Susuttegi	37°30' N, 126°28' E	4,350	non-breeding	83	Hwangseodo	37°12' N, 126°21' E	36,298	non-breeding
38	Judo	37°14' N, 126°32' E	4,661	non-breeding	84	Eunryeom	37°39' N, 126°16' E	37,091	non-breeding
39	Seokseom	37°14' N, 126°30' E	4,934	non-breeding	85	Gapjukam	37°47' N, 124°39' E	1,091	non-breeding
40	Soryeongdo	36°58' N, 125°45' E	5,752	non-breeding	86	Bigajido	37°30' N, 126°19' E	37,785	non-breeding
41	Odo	37°11' N, 125°54' E	6,065	non-breeding	87	Odo	37°4' N, 125°56' E	38,479	non-breeding
42	Seokseom	37°14' N, 126°29' E	7,034	non-breeding	88	Changseodo	37°10' N, 126°23' E	39,281	non-breeding
43	Gwangdo	37°14' N, 126°33' E	7,636	non-breeding	89	Beolseom	37°4' N, 125°59' E	44,231	non-breeding
44	Goseokdo	37°29' N, 126°18' E	7,929	non-breeding	90	Nanggakheuldo	37°8' N, 126°1' E	44,727	non-breeding
45	Gyedo	37°4' N, 125°58' E	8,231	non-breeding	91	Ayeom	37°30' N, 126°18' E	49,488	non-breeding
46	Beolyeom	37°40' N, 125°42' E	8,881	non-breeding	-	-	-	-	-

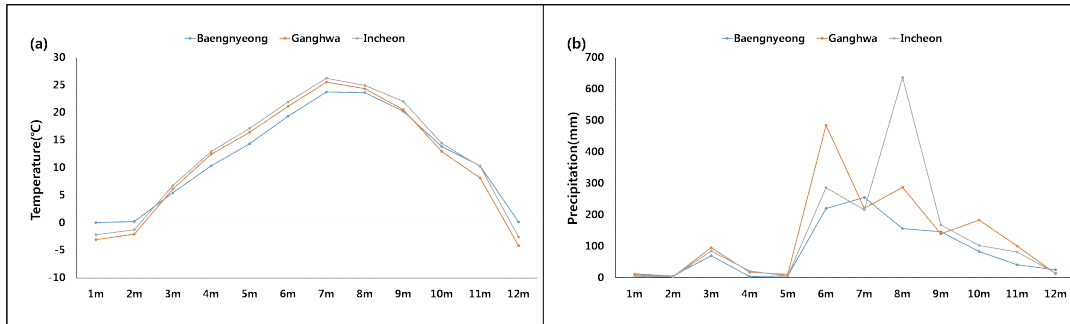


Figure 2. Temperature(a) and precipitation(b) in Incheon area(Baengnyeong, Ganghwa, Incheon) in 2022

Table 2. Selection of black-faced spoonbill habitat variables

Variable	Variable Description	Reference
Island area	Nest selection and nest material-related variables	Kwon et al., 2015
Distance from land	Variables related to the acquisition of nesting materials	Cho, 2010
Distance to mudflat	Variables related to feeding sites	CHA, 2004; Kim, 2006; NIBR, 2018
Distance to rice field	Variables related to feeding sites	CHA, 2004; Kim, 2006; Cho, 2010
Distance to sea route	Variable indicating the intensity of human interference	NRICH, 2008; Cho, 2010
Depth of water (radius of 20km)	Potential intertidal area in the surrounding vicinity, variables that may encompass factors such as waves	Cho, 2010
Mudflat area (radius of 20km)	Area that can potentially be utilized as a foraging site	CHA, 2004; Kim, 2006; Cho, 2010; NIBR, 2018
Rice field area (radius of 20km)	Area that can potentially be utilized as a foraging site	CHA, 2004; Kim, 2006; Cho, 2010

3. 서식변수 선정

저어새는 섬에서 번식하지만, 시기에 따라서 다양한 습지에서 먹이활동을 한다. 섬 면적이 충분할 경우 절벽이나 바위 등 돌로 이루어진 지면 보다는 흙으로 이루어진 지면을 선호하며(Kwon et al., 2015), 잠수하지 않고 습지를 걸어다니며 부리를 저어가며 먹이활동을 한다. 저어새의 주요 섭식지로 갯벌, 무논 및 얕은 해안 등을 이용하는데(CHA, 2004; Kim, 2006; Cho, 2010; NIBR, 2018), 수심이 깊거나 초지가 많은 경우 저어새가 먹이활동을 하기 어렵기 때문이다. 저어새 번식개체 수는 육지 및 유인도와와의 거리가 가까울수록 많았다(Cho, 2010). 저어새는 집단으로 번식하며, 대부분의 무인도서에는 식물이 적

기 때문에 등지재료를 얻기 위한 경쟁도 심하다. 오랜시기 번식한 섬의 경우 새의 배설물로 인해 식물이 자라기 어려워지기도 한다. 이런 이유로 섬이 육지에서 너무 멀리 떨어진 경우 등지재료를 구하는데 어려울 수 있다. 저어새 개체 수는 어로와의 거리가 멀수록 많았으며(Cho, 2010), 수시로 다니는 모터보트와 인간의 간섭은 주요 위협요인으로 확인되었다(Kim et al., 1998; Choi, 2004; NRICH, 2008).

이러한 결과를 바탕으로 저어새 번식 및 서식에 영향을 주는 8개의 서식변수 선정하였다(Table 2). 섬 면적, 육지와와의 거리, 갯벌까지의 거리, 논까지의 거리, 항로와의 거리는 번식도서와 비번식도서의 경계로부터 가장 가까운 육지,

Table 3. Geospatial data list and sources by variables

No.	Institute	Geospatial Data	Variable	Reference
1	Ministry of Environment	Land Use Map	Rice field area, Distance to rice field	Environmental Geographic Information Service, EGIS
2	General Bathymetric Chart of the Oceans	GEBCO_2020 Grid	Depth of water	GEBCO
3	-	-	Distance to sea route	Daum map
4	Ministry of Oceans and Fisheries	Uninhabitable islands statistics	Island area, Distance from land	Statistics Service for uninhabitable islands
		Marine Environmental Information Map	Mudflat area, Distance to mudflat	Marine Environment Information Portal
5	National Institute of Ecology	National Survey of Endangered Wildlife	Endangered wildlife distribution data	National Institute of Ecology
		National natural environment survey	Wildlife Distribution Data	

갯벌, 논, 항로까지의 거리를 조사하였으며, 수심, 갯벌 면적, 논 면적은 저어새의 행동권(반경 20km) 내 평균을 이용하였다.

연구대상지의 특성을 분석하기 위하여 4개 기관에서 보유하고 있는 공간자료를 수집하여 총 10항목에 대한 주제도를 수집하였으며, 항로와의 거리는 다음지도의 항로도를 이용하여 섬과의 최단거리를 계측하였다(Table 3). 공간자료의 분석은 ArcGIS Desktop(10.8)를 이용하였다.

4. 통계분석

저어새 번식도서와 비번식도서 간에 차이를 알아보기 위하여 정규성 검증(Kolmogorov-Smirnov test)을 실시 후 정규분포를 따르지 않아 비모수 통계분석(Mann-Whitney U-Test)를 이용하였다. 또한, 저어새 번식도서에 영향을 미치는 주요서식변수를 분석하기 위해 로지스틱 회귀분석 중 일반화선형모형(GLM, generalized linear model)을 수행하였고, 후진제거법(Backward elimination)을 이용하여 유의하지 않은 변수를 하나씩 제거하였다. 이렇게 도출된 주요서식변수를 대상으로 판별분석을 통해 저어새의 잠재번식지를 도출하였다. 연구대상지 중 백령도는 유일하게 유인도이며 다른 섬에 상대적

으로 월등히 크기가 커서 판별분석 시 섬 면적을 제외하고 비모수 통계분석에만 이용하였다. 정규성검증과 평균비교는 SPSS Statistics 18을 이용하여 분석하였고, 로지스틱 회귀분석은 R 버전 4.2.1에서 분석하였다.

III. 연구결과

1. 번식도서와 비번식도서 사이의 환경특성 비교

번식도서와 비번식도서의 평균 섬 면적은 번식도서 $41,769.75 \pm 73101.75 \text{m}^2$, 비번식도서 $14868.89 \pm 12195.93 \text{m}^2$ 였으며, 육지와와의 거리는 번식도서 $9.89 \pm 7.02 \text{km}$, 비번식도서 $14.30 \pm 19.38 \text{km}$ 로 나타났다. 갯벌까지의 거리는 번식도서 $0.72 \pm 1.07 \text{km}$, 비번식도서 $1.60 \pm 4.47 \text{km}$ 였으며, 논까지의 거리는 번식도서 $4.95 \pm 4.66 \text{km}$, 비번식도서 $8.22 \pm 10.63 \text{km}$ 로 나타났다. 항로와의 거리는 번식도서 $3.98 \pm 1.81 \text{km}$, 비번식도서 $3.23 \pm 3.48 \text{km}$ 였으며, 수심은 번식도서 $-7.63 \pm 2.99 \text{m}$, 비번식도서 $-14.94 \pm 9.11 \text{m}$ 였으며, 갯벌 면적은 번식도서 $310.96 \pm 132.20 \text{km}^2$, 비번식도서 $295.17 \pm 215.12 \text{km}^2$ 으로 나타났다. 논 면적은 번식도서 $85.93 \pm 64.29 \text{km}^2$, 비번식도서 $78.48 \pm 107.61 \text{km}^2$ 으로 나타났다. 섬 면적, 육지와와의 거리, 갯벌까지의 거리, 논까지의 거리는 번식 도서와 비번식

Table 4. Results of Comparison of average variables between breeding and non-breeding islands. independent sample Mann-Whitney U-Test(*: $p < 0.01$)

Variable	Classification	Average	p	Unit
Island area	breeding($n=20$)	41,769.75±73,101.75	0.831	m ²
	non-breeding($n=70$)	14,868.89±12,195.93		
Distance from land	breeding($n=20$)	9.89±7.02	0.614	km
	non-breeding($n=70$)	14.30±19.38		
Distance to mudflat	breeding($n=20$)	0.72±1.07	0.712	km
	non-breeding($n=70$)	1.60±4.47		
Distance to rice field	breeding($n=20$)	4.95±4.66	0.786	km
	non-breeding($n=70$)	8.22±10.63		
Distance to sea route	breeding($n=20$)	3.98±1.81	0.055	km
	non-breeding($n=70$)	3.23±3.48		
Depth of water (radius of 20km)	breeding($n=20$)	-7.63±2.99	0.001*	m
	non-breeding($n=70$)	-15.20±9.11		
Mudflat area (radius of 20km)	breeding($n=20$)	310.96±132.20	0.560	km ²
	non-breeding($n=70$)	295.17±215.12		
Rice field area (radius of 20km)	breeding($n=20$)	85.93±64.29	0.095	km ²
	non-breeding($n=70$)	78.48±107.61		

Table 5. Variables affecting spoonbill breeding site selection (GLM)

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z)
(Intercept)	6.014576	1.758594	3.42	0.000626***
Depth of water	0.41285	0.108247	3.814	0.000137***
Mudflat area	-0.005872	0.002505	-2.344	0.019072*
Rice field area	-0.010817	0.004457	-2.427	0.015231*

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

도서 간 평균치에 차이가 있었지만, 통계적 유의성을 보이지 않았다. 평균치를 이용한 비모수 통계분석 결과 8개의 서식변수 중 평균수심($p < 0.01$)만 차이가 있었다(Table 4).

2. 공간데이터를 활용한 번식지 분석 모델 개발

각각의 변수별로 평균치를 비교한 결과 수심 이외에 유의한 결과를 나타내지 않았다. 이에 일반화 선형모형을 이용하여 번식도서와 비번식도

서의 차이를 확인한 결과 수심($p < 0.001$)이 가장 큰 차이를 보이는 것으로 확인되었으며, 논 면적($p < 0.05$)과 갯벌 면적($p < 0.05$) 순으로 통계적 차이가 나타났다(Table 5).

일반화 선형모형을 통해 확인된 3가지 환경변수를 독립변수로 이용하여 저어새 번식가능 여부 판단을 위한 판별분석을 수행하였다. 이 결과, 저어새의 번식지는 수심이 얕을수록 적합한 것으로 확인되었으며, 갯벌 면적 그리고 논 면적과

Table 6. Discriminant and accuracy for Black-faced spoonbill breeding islands

Discriminant Analysis	Accuracy
$0.223 \times SI1 - 0.005 \times SI2 - 0.007 \times SI3 + 5.107$ [0.4315] SI1= Depth of water(m) SI2= Mudflat area(km ²) SI3= Rice field area(km ²)	80%

Table 7. Results of applying the discriminant to the current breeding island of the Black-faced Spoonbill

No.	Island name	Depth of water	Mudflat area	Rice field area	Value	Discriminant result
1	Gujido	-10.68	6.68	0.76	2.69	suitable
2	Bido	-6.51	146.26	0.41	2.92	suitable
3	Seokdo	-6.6	146.39	0.36	2.90	suitable
4	Suribong	-5.36	411.17	85.69	1.26	suitable
5	Yodo	-4.59	158.79	68.84	2.81	suitable
6	Yudo	-4.48	178.41	225.83	1.64	suitable
7	SuhMando	-6.95	594.15	48.79	0.24	unsuitable
8	Gaksiam	-6.25	460.62	152.78	0.34	unsuitable
9	Sangyeobawi	-4.78	305.11	130.31	1.60	suitable
10	Suha-am	-6.29	393.78	130.57	0.82	suitable
11	Seeodo Apseom	-6.14	351.1	177.75	0.74	suitable
12	Maedo	-6.19	348.49	169.84	0.80	suitable
13	Namdong Reservoir	-7.63	450.87	59.92	0.73	suitable
14	Gapjukdo	-14.14	330.7	19.37	0.16	unsuitable
15	Hwangseodo	-16.23	291.46	6.28	-0.01	unsuitable
16	Yuksando	-7.88	327.69	90.11	1.08	suitable
17	Sasando	-7.96	328.03	88.49	1.07	suitable
18	Samsando	-8	328.64	86.63	1.07	suitable
19	leesando	-8.01	330.43	86.13	1.07	suitable
20	Ilsando	-7.83	330.43	89.69	1.08	suitable

는 음의 상관관계가 있었다. 변수 별 기여도는 수심 0.223, 갯벌 면적 0.005, 논 면적 0.007였으며, 판별점수는 0.4315로 나타났다(Table 6). 판별점수는 판별식의 결과값이 판별점수 이상일 경우 저어새의 번식지로 적합한 것을 의미한다.

개발된 판별식의 정확도 검증을 위하여 저어새가 번식하고 있는 무인 도서를 대상으로 번식

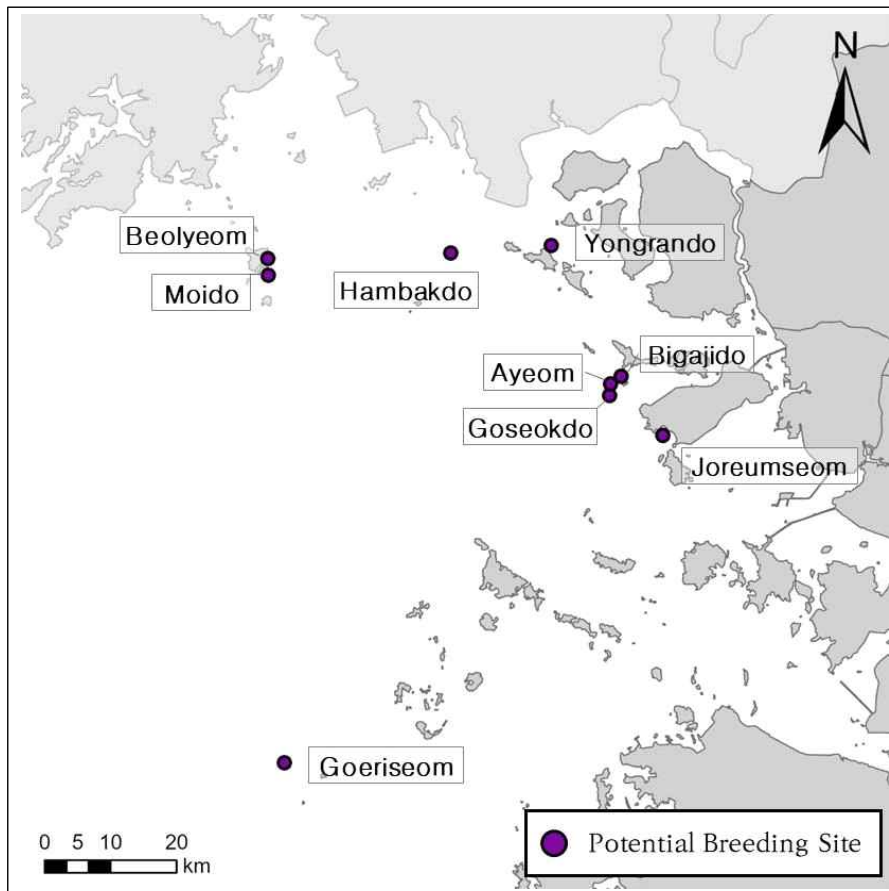
가능성을 확인한 결과, 20개의 도서 중 16개의 도서가 적합하다고 판정되어 80%의 정확도를 보였다(Table 7).

3. 잠재 번식지 분석

개발된 판별식을 이용하여 인천지역 저어새 비번식 도서 70개의 번식 가능성을 확인한 결과,

Table 8. Results of analysis of potential breeding sites for black-faced spoonbills using discriminant for non-breeding uninhabited Islands

No.	Island name	Depth of water	Mudflat area	Rice field area	Value	Discriminant result
1	Yongrando	-5.15	404.51	152.58	0.87	inhabit
2	Goseokdo	-8.07	504.64	36.43	0.53	inhabit
3	Beolyeom	-9.51	72.67	1.18	2.61	inhabit
4	Joreumseom	-8.96	469.46	24.86	0.59	inhabit
5	Goeriseom	-5.15	397.52	218.92	0.44	inhabit
6	Hambakdo	-5.73	193.21	13.28	2.77	inhabit
7	Moido	-9.69	72.67	1.18	2.58	inhabit
8	Bigajido	-7.20	501.74	65.47	0.53	inhabit
9	Ayeom	-7.54	500.43	52.63	0.55	inhabit

**Figure 3.** Status of potential breeding site.

총 9개(용란도, 고석도, 벌염, 조름섬, 괴리섬, 함박도, 모이도, 비가지도, 아염)의 도서가 잠재적 번식지로 확인되었다(Table 8, Figure 3).

IV. 고찰

본 연구는 최근 번식 개체 수가 증가하고 있는 저어새의 향후 번식 가능성이 있는 잠재 번식섬을 분석하기 위해 실시되었다. 저어새 번식섬 21개와 비번식섬 70개의 환경변수 비교결과 수심에서만 유의한 차이를 나타내었다. 총 8개의 환경변수 중에서 저어새의 번식섬으로 선정되는데 영향을 미치는 변수는 수심과 갯벌면적, 논면적으로 나타났다. 이 세 변수를 활용한 번식섬과 비번식섬의 판별분석 결과 정확도는 80%로 상당히 높은 수준으로 번식섬을 선택할 수 있었다. 총 70개소의 비번식섬 중에서 상여바위, 용란도, 고석도, 벌염, 조름섬, 함박도, 모이도, 비가지도, 아염 등 9개섬이 저어새의 번식지로 선정될 가능성이 높은 것으로 분석되었다.

조류가 번식지로 선택하는 기준은 서식지에 따라 매우 다양한데, 둥지의 고도, 먹이원까지의 거리, 경사, 지형, 해안에서의 거리, 둥지장소의 물리적 특성 등 다양한 요인에 영향을 받는다 (Austin 1976; Burger and Gochfeld 1981; Birkhead et al., 1985; Goutner et al. 2000). 인간의 접근으로 인한 번식지의 훼손은 저어새의 번식지에 대한 위협요인 중 하나이며, 저어새의 번식장소 선정 기준으로는 인간의 훼손이 발생하지 않는 지역이 더 유리할 것이라는 연구 결과가 있다 (Cho, 2010). 하지만 본 연구결과 항로와의 거리는 번식도서 선정에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 오히려 비번식도서가 번식도서보다 항로와의 거리가 멀게($p=0.051$) 나타났다. 인천의 남동유수지는 인공호수로 제방에서 번식섬까지 약 200m 남짓한 거리로 매우 가깝지만, 섬이기 때문에 사람의 접근은 쉽지 않아 매년 많은 수의 저어새가 번식지로 이용하고 있으며, 시흥시의 제방에서 약 600m 가량 떨어진 옥귀도에서도 최근 번식개체군이 증가하고 있다 (You, 2023). 이러한 섬들은 인간의 생활권과 가깝지

만, 사람이 접근하기 어려운 지역으로 번식지의 선택기준에서 사람의 간섭 거리는 접근하지 않는 수준만 되어도 저어새의 번식지로 선택될 가능성이 있다는 의미로도 판단할 수 있다.

갯벌까지의 거리의 경우 평균에서는 번식도서가 비번식도서에 비해 두 배 이상 가까운 수치를 나타내었으나, 비번식도서는 육지와 가까운 섬과 먼 섬이 모두 포함되어 표준편차로 인해 통계적으로는 유의하지 않게 나타났다. 논까지의 거리 또한 마찬가지로 번식도서는 비번식도서보다 평균에서는 가깝게 나타났으나, 비번식도서의 표준편차가 매우 커서 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 갯벌면적의 경우에는 번식도서와 비번식도서 사이에 평균 차이가 작았다. 이는 수심이 낮은 서해안의 특성상 갯벌이 매우 넓게 분포하여 (Kellermann and Koh, 1999), 인천지역에 주변에 충분한 갯벌이 분포하기 때문으로 판단된다. 논 면적도 마찬가지로 차이가 없었는데, 인천지역 주변은 논이 분포가 특정 지역으로 한정되어 있고, 저어새 정도의 큰 새에게는 비행으로 이동하기에 번식지와 가까운 논까지의 거리의 차이는 큰 의미가 없을 수 있다. 같은 속의 노랑부리저어새 (*P. leucorodia*)는 육추기간에 새끼에게 먹이를 급이하기 위해 먹이량이 많은 곳으로 섭식지를 옮겨간다는 연구결과 (van Wetten and Wintermans, 1986)를 고려할 때, 갯벌, 논 등이 종합적으로 포함된 전체 먹이터에 대한 분석이 필요할 수 있다. 육지와 거리의 평균은 번식도서가 비번식도서보다 가깝게 나타났으나, 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 이는 백령도, 대청도와 같이 면적이 넓은 섬이나 무인도서 중 일부는 둥지재료로 이용할 식물이 분포하기 때문으로 판단되며, 육지까지의 거리보다는 식물 분포에 영향을 끼치는 변수에 대한 고려가 필요할 것으로 판단된다.

번식지를 선택하는데 수심이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 번식기에 조류는 새끼에게 먹이를 급이하기 위하여 잦은 먹이활동이

필요하지만(You et al., 2019), 물에 떠서 잠수하거나, 물 가장자리에서 먹이를 구할 수 있는 조류와는 다르게 선 상태로 부리를 저어 먹이활동을 하는 저어새가 선택할 수 있는 먹이터는 한정적일 수밖에 없다. 이런 이유로 우리나라의 서해안이 저어새의 가장 좋은 번식지로 선택되었을 가능성이 크다.

판별분석 결과 현재 번식섬 중에서 부적합으로 나타난 섬은 서만도와 각시암, 갑죽도와 황서도 등 4개 섬이다. 이중 서만도와 각시암은 수심이 낮은 편이나, 갯벌면적 값이 매우 넓어 부적합으로 판단된 경우이다. 갯벌면적의 경우 섬에 따라 차이가 매우 큰 상황인데, 갯벌면적이 대단히 높은 경우에는 오히려 간조때 빨리 육지가 드러날 수 있어 분석에는 불리하게 작용할 수 있다고 판단된다. 갑죽도와 황서도의 경우에는 수심이 다른 모든 번식섬에 비해 큰 차이로 깊게 나타나 부적합으로 판단되었다. 갑죽도와 황서도는 내륙에서 가장 멀리 떨어져 있는 섬들로 상대적으로 수심이 깊을 수밖에 없다. 현재 저어새들이 번식하고 있는 섬들이 내륙에서 비교적 가까운 섬인 점에 비춰볼 때, 수심이 낮은 지역 위주로 저어새들이 번식지로 선택한 후 번식장소가 부족해지면 점차 외해로 퍼져나갈 수 있다. 만약, 수심이 깊은 지역에서 번식하는 저어새의 번식 성공률이 떨어지거나 번식장소에 비해 적은 수가 번식하는 경우, 향후 저어새의 개체 수 증가를 위해 수심이 낮은 지역 위주로 번식지를 인공적으로 조성해줄 필요가 있을 것이다.

현재 비번식섬 70개 중 용란도, 고석도, 벌염, 조름섬, 괴리섬, 함박도, 모이도, 비가지도, 아염의 경우에는 향후 저어새의 번식섬으로 선택될 가능성이 큰 것으로 나타났다. 현재 저어새의 전 세계 개체 수(2022-23)는 6,633마리(Yu et al., 2023)로 저어새 모니터링을 시작한 이래로 최고 개체 수로 기록되었다. 한국에서 번식하는 저어새의 등지 수는 2016년 1,009개에서 2021년 1,845개로 꾸준히 증가해왔다(You, 2023). 지금

과 같은 추세로 개체 수가 증가할 경우 조만간 현재 번식지들은 모두 포화상태에 이를 것이다. 향후 저어새들은 새로운 번식지로의 확산이 필요한데, 본 연구에서 제시된 9개 섬에 대한 우선적인 모니터링이 필요할 것이다. 그리고, 모니터링 결과 번식이 확인되거나 향후 잠재서식지를 조성할 때, 이 섬들에 대한 우선적인 관리 및 조성을 통해 저어새의 번식지로 선택을 유도할 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구는 최근 번식 개체 수가 증가하고 있는 저어새의 잠재 번식지를 제시하고자 2019년 8월부터 2020년 12월까지 인천지역에 위치한 70개의 비번식 무인도서를 대상으로 저어새의 번식 가능성을 확인하였다. 이를 위하여 멸종위기 야생생물 전국 분포조사, 전국자연환경조사 및 문헌조사를 통해 저어새의 번식지를 확인하고, 비번식도서와의 환경특성을 비교하여 저어새 잠재 번식지 확인을 위한 판별식을 개발하였다. 이를 위해, 저어새 번식에 영향을 줄것이라 판단되는 총 8가지(섬 면적, 육지와와의 거리, 갯벌까지의 거리, 논까지의 거리, 향로와의 거리, 수심, 갯벌면적, 논 면적)의 환경변수를 수집하였다. 저어새 번식지 판별에 이용된 서식변수는 평균수심, 갯벌 면적 그리고 논 면적으로 기존 번식 도서와 비교해본 결과 정확도는 80%로 나타났다. 이렇게 개발된 판별식을 인천광역시에 위치한 비번식 무인 도서에 적용해본 결과 총 9개의 도서가 저어새의 잠재 번식지로 확인되었다.

본 연구는 멸종위기종인 저어새의 서식지에 대한 기초생태정보와 인천지역의 잠재적 번식지를 제시하고 있다. 이를 통해 현재 번식지가 과밀화 되고 있는 저어새의 대체서식지 선정을 위한 기초자료로 이용 가능하며, 저어새 잠재번식지로 나타난 용란도, 고석도, 벌염, 조름섬, 괴리섬, 함박도, 모이도, 비가지도, 아염은 번식환경

조성 등을 통해 저어새 번식을 유도할 수 있을 것이다. 하지만 수집된 공간자료의 해상도에 대한 한계로 전문가를 동반한 번식도서와 비번식 도서에 대한 직접조사가 이루어져야 할 것이며, 인천지역의 무인도서만을 대상으로 분석이 되었기에 다른 지역까지 확대 적용을 위해서는 추가적인 연구가 필요할 것이다.

References

- Austin G.T. 1976. Behavioral adaptations of the Verdin to the desert. *Auk*. 93(2):245-262.
- Birkhead T.R, Greene E., Biggins J.D. and Nettleship D.N.. 1985. Breeding site characteristics and breeding success in Thick-billed Murres. *Canadian Journal of Zoology*. 63:1880-1884.
- Burger J. and Gochfeld M. 1981. Nest site selection by Kelp Gulls in southern Africa. *Condor*.83:243-251.
- Cho. 2010. Development of mitigated habitat model for conservation of black-faced spoonbill(*Platalea minor*) during breeding season in Korea. M.D. Dissertation. Seoul University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- Choi C.Y. 2004. Wintering Ecology and Management of Black-faced spoonbill (*Platalea minor*) in Seongsanpo, Jeju Province, Korea. M.D. Dissertation. Seoul University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- Cultural Heritage Administration(CHA). 2004. Natural Monument Bird Habitat Monitoring Result Report(2003 Priority Management). Cultural Heritage Administration report. (in Korean)
- Gibson L.A. Wilson B.A. Cahill D.M. and J. Hill. 2004. Modelling habitat suitability of the swamp antechinus (*Antechinus minimus maritimus*) in the coastal heathlands of southern Victoria, Australia. *Biological Conservation*. 117(2): 143-150.
- Goutner V., Portolou D., Papakonstantinou K., Tsiakiris R., Pavlidis A., Zogaris S., Kominos T., Galanaki A. and Oro D. 2000. Nest site characteristics of Audouin's Gull in the eastern Mediterranean. *Waterbirds*. 23:74-83.
- Kellermann A. and Koh C.H. 1999. Korean Tidal Flats: The West Pacific Mirror of the European Wadden Sea, *Wadden Sea News Letter* 1999-1, 7-8.
- Kennerley P. 1990. A review of the status of the Black-faced Spoonbill. *Hong Kong Bird Report* 1989:116-125.
- Kim I.C. 2006. Breeding status and feeding ecology of black-faced spoonbill(*Platalea minor*) during its breeding season in South Korea. M.D. Dissertation. Korea National University of Education, Cheongju, Korea. (in Korean with English summary)
- Kim W.B., Oh H.S. and Park H.S. 1998. Population Status and Protection of the Black-faced Spoonbill on Cheju Island, Korea. *Korean Journal of Ornithology*. 5(1): 27-33. (in Korean with English summary)
- Kim Y.S. 1996. A Study on the Suitable Area Analysis of Urban Natural Park. M.D. Dissertation. Kyung Hee University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- Kwon I.K. 2017. Breeding and Conservation Biology of the Black-faced spoonbill *Platalea minor* in Korea. Ph D. Dissertation. Kyung Hee University, Seoul, Korea.
- Kwon I.K., Kang J.H., Lee K.S., Lee J.Y., Kim

- I.K. and Yoo J.C. 2015. Breeding status and nest site characteristics of Black-faced Spoonbills *Platalea minor* on Chilsando Islands, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology. 29(5): 703-709. (in Korean with English summary)
- Lee B.E. Kim J.W. Kim N.I. and J.G. Kim. 2017. Evaluation on Replacement Habitat of Two Endangered Species, *Aster altaicus* var. *uchiyamae* and *Polygonatum stenophyllum* Using Habitat Suitability Index. Journal of Wetlands Research. 19(4): 433-442.
- National Institute of Biological Resources(NIBR). 2018. Endangered Wildlife at a glance. Seoul: Korea League of the Disabled Voters. (in Korean)
- National Institute of Ecology(NIE). 2023a. Endangered Wildlife at a glance. Seoul: Desgin Play with Dreams. (in Korean)
- National Institute of Ecology(NIE). 2023b. Endangered Wildlife Statistics Data Book. Seoul: Desgin Play with Dreams. (in Korean)
- National Research Institute of Cultural Heritage(NRICH). 2008. 2008 Natural Monuments (Animals, Habitat) Monitoring Report. National Research Institute of Cultural Heritage report. (in Korean)
- U.S. Fish and Wildlife Service, 1980, Habitat as a Basis for Environmental Assessment. Ecological Services Manual, Division of Ecological Services, US Fish and Wildlife Service, Department of the Interior, Washington, DC Unnumbered : 101.
- van Wetten J.C. and Wintermans G.J.M. (1986) The food ecology of the Spoonbill-*Platalea leucorodia*. Verslagen en Technische Gegevens 49(1): 1-59.
- You S.Y. 2023. Management for the conservation of Black-faced Spoonbill *Platalea minor* in coastal breeding sites of Incheon, South Korea. Ph D. Dissertation. Kyung Hee University, Seoul, Korea. (in Korean with English summary)
- You S.Y., Kwon I.K. and You J.C. 2019. Feeding Behavior of Black-faced Spoonbills *Platalea minor* on Rice Paddy in Gangwha Island, Korea. Korean Journal of Environment and Ecology. 33(2): 168-177. (in Korean with English summary)
- Yu, Y.T. and Wong, C.C. 2007. International Black-faced Spoonbill Census: 19-21 January 2007. The Hong Kong Bird Watching Society. Hong Kong.
- Yu, Y.T., Li, C.H., Kong, P.Y., Chung, C.T., Tse, Y.L., Moulin, A.L. 2023. International Black-faced Spoonbill Census 2023. The Hong Kong Bird Watching Society report.
- Yu, Y.T., Yip, K.Y., Li, C.H., Kong, P.Y., Chung, C.T., Moulin, A.L. 2022. International Black-faced Spoonbill Census 2022. Black-faced Spoonbill Research Group, The Hong Kong Bird Watching Society. Hong Kong.

Appendix 1. Results of spatial data analysis of the research site

No.	Island name	area(m ²)	Distance from land (km)	Distance to mudflat (km)	Distance to rice field(km)	Distance to sea route	Depth of water	Mudflat area	Rice field area
1	Baengnyeongdo	4,538 million	13.87	0.38	0.44	1.37	-35.2	3.18	9.67
2	Gujido	96,082	14.87	0.05	1.95	4.82	-10.68	6.68	0.76
3	Bido	17,256	19.38	0.06	16.41	4.84	-6.51	146.26	0.41
4	Seokdo	1,190	19.90	0.00	16.89	4.84	-6.6	146.39	0.36
5	Suribong	5,157	9.74	0.44	0.42	4.84	-5.36	411.17	85.69
6	Yodo	7,824	3.24	0.00	2.85	5.05	-4.59	158.79	68.84
7	Yudo	224,048	1.03	0.06	0.51	4.15	-4.48	178.41	225.83
8	SuhMando	91,835	22.83	0.05	5.01	4.83	-6.95	594.15	48.79
9	Gaksiam	1,170	7.70	0.01	1.04	5.05	-6.25	460.62	152.78
10	Sangyeobawi	1,299	9.79	0.02	1.06	4.84	-4.78	305.11	130.31
11	Suha-am	920	6.41	0.00	2.33	5.05	-6.29	393.78	130.57
12	Seeodo Apseom	10,915	1.52	0.42	2.21	4.85	-6.14	351.10	177.75
13	Maedo	513	1.76	0.00	2.14	4.85	-6.19	348.49	169.84
14	Namdong Reservoir	629	0.32	0.77	4.42	1.25	-7.63	450.87	59.92
15	Gapjukdo	1,091	17.53	0.00	1.83	4.83	-14.14	330.70	19.37
16	Hwangseodo	36,298	20.51	0.20	4.99	4.83	-16.23	291.46	6.28
17	Yuksando	41,355	8.60	2.50	6.84	4.96	-7.88	327.69	90.11
18	Sasando	26,392	8.52	2.59	7.09	4.96	-7.96	328.03	88.49
19	Samsando	8,052	8.58	2.74	7.31	0.23	-8.00	328.64	86.63
20	leesando	10,066	8.21	2.68	7.33	0.23	-8.01	330.43	86.13
21	Ilsando	253,303	7.39	1.82	6.47	0.23	-7.83	330.43	89.69
22	Suhcho	167	7.3	1.58	5.17	2.95	-16.49	311.63	16.03
23	Bukchangjanyeo	200	20.7	3.18	5.57	0.67	-9.35	492.15	28.96
24	Sogado	694	12.5	2.73	12.32	2.54	-24.19	41.51	1.27
25	Pido	694	0.2	0.01	1.16	0.18	-11.41	549.17	55.47
26	Kyeomseom	793	10.6	0.44	2.20	2.66	-6.14	351.10	336.56
27	Kkotseom	1,091	0.9	0.01	1.22	0.72	-10.71	547.67	54.74
28	Donggeulseom	1,188	27	0.00	1.26	3.86	-11.36	575.00	82.53
29	Namhwangsando	1,201	0.6	0.02	0.46	7.58	-5.92	363.34	381.98
30	Sodamuldo	1,785	8.6	0.02	3.70	1.51	-6.12	412.48	300.91
31	Dongbaekdo	1,983	1.0	0.80	3.39	0.68	-20.97	125.04	2.30
32	Ttandungori	1,983	0.2	0.01	0.47	0.77	-11.09	546.23	60.49
33	Jinaeseom	2,281	11.0	0.00	3.07	3.55	-6.09	415.20	331.59
34	Dorangdo	3,273	73.1	0.19	21.70	1.32	-26.18	15.58	0.00
35	Dolseom	4,247	33.9	0.01	0.51	2.90	-5.37	351.77	296.68
36	Yongrando	4,247	33.9	0.02	0.76	2.47	-5.15	404.51	152.58
37	Susuttegi	4,350	11.5	0.02	1.07	8.73	-6.92	446.34	129.69
38	Judo	4,661	27.1	0.01	1.03	3.27	-11.37	576.90	79.73
39	Seokseom	4,934	1.2	0.00	1.51	0.68	-11.86	552.58	57.40
40	Soryeongdo	5,752	20.4	20.09	41.52	1.26	-28.78	0.00	0.00
41	Odo	6,065	2.7	4.49	17.46	0.82	-20.86	21.09	0.70
42	Seokseom	7,034	1.2	0.03	1.66	0.53	-11.87	552.93	54.98
43	Gwangdo	7,636	27	0.03	0.99	4.13	-11.36	575.00	82.91
44	Goseokdo	7,929	4.6	0.08	5.55	6.06	-8.07	504.64	36.43
45	Gyedo	8,231	0.7	0.67	20.20	1.83	-26.06	19.04	0.00
46	Beolyeom	8,881	0.3	0.00	0.44	1.33	-9.51	72.67	1.18

Appendix 1. Continued

No.	Island name	Area(m ²)	Distance from land (km)	Distance to mudflat (km)	Distance to rice field(km)	Distance to sea route(km)	Depth of water(m)	Mudflat area (km ²)	Rice field area(km ²)
47	Siodo	8,881	0.4	0.06	0.64	11.43	-6.79	466.54	126.25
48	Malkkeut	9,322	1.1	0.05	1.14	12.45	-6.62	466.01	132.72
49	Joreumseom	9,917	0.4	0.03	1.00	1.63	-8.96	469.46	24.86
50	Goeriseom	10,195	39.6	0.08	1.45	0.84	-5.15	397.52	218.92
51	Daeryeongdo	11,008	20.0	19.79	41.26	1.46	-28.65	0.04	0.00
52	Dokbawi	11,405	0.2	0.03	0.41	0.73	-16.19	409.33	7.93
53	Halmiji	11,702	0.3	0.29	3.90	0.24	-22.54	57.15	2.22
54	Maedorang	12,287	16.6	0.02	2.84	0.19	-8.82	630.70	19.25
55	Donggeurang seom	12,632	13.4	0.04	0.79	6.22	-6.04	415.48	326.10
56	Manam	12,793	27.4	0.02	1.16	8.79	-6.53	510.06	145.65
57	Jeongdo	12,832	7.1	0.04	2.44	0.28	-6.14	424.69	284.37
58	Nameseodo	12,893	5.7	0.06	5.83	2.24	-15.97	298.41	16.69
59	Budo	13,824	42.2	2.19	2.81	4.32	-18.17	335.16	37.06
60	Gwando	13,885	1.6	0.29	19.19	1.50	-26.02	19.30	0.74
61	Daedamuldo	15,074	8.3	0.04	3.37	1.16	-6.13	412.48	296.81
62	Junguldo	15,273	71.8	0.01	23.24	1.18	-28.49	16.05	0.00
63	Sangbeolseom	15,372	69.4	0.08	18.67	1.69	-26.14	20.24	0.74
64	Gombawiseom	15,768	4.9	3.45	12.24	3.71	-24.48	41.65	1.27
65	Napseom	15,780	3.8	0.06	19.73	0.36	-26.66	19.33	0.51
66	Beolan	15,868	47.1	0.19	4.04	1.32	-21.04	146.77	2.30
67	Sonanggakheuldo	17,454	11.5	2.16	12.46	2.48	-24.88	42.28	1.27
68	Hambakdo	19,041	11.1	1.76	8.84	16.18	-5.73	193.21	13.28
69	Moido	19,971	2	0.04	2.08	0.75	-9.69	72.67	1.18
70	Dongchojido	20,330	5.9	0.04	7.54	1.13	-14.40	368.91	8.08
71	Norangseom	20,430	0.5	0.07	0.94	8.89	-6.77	445.66	146.75
72	Seonyeom	20,727	0.3	0.06	0.54	11.08	-6.80	464.90	126.69
73	Sojido	21,322	4.4	0.02	18.60	1.00	-26.39	26.10	0.87
74	Haenyeo	22,116	20.1	0.11	1.77	0.01	-9.48	519.76	27.34
75	Gadeokdo	22,116	16.4	15.74	38.44	6.60	-27.30	5.15	0.00
76	Hodo	23,108	1.6	0.08	1.68	0.50	-6.14	424.64	287.21
77	Janggodo	23,702	10.8	0.02	2.34	6.90	-6.35	421.69	211.45
78	Seomeopbeol	24,790	3.6	0.05	4.22	1.20	-14.79	458.84	18.07
79	Soguleopdo	25,785	0.1	0.06	11.64	0.63	-22.92	28.51	1.27
80	Habeolseom	25,785	70.2	0.04	19.30	1.83	-26.15	19.30	0.74
81	Jaamdo	28,066	5.3	0.14	5.61	2.85	-15.86	354.30	17.31
82	Mokdeokdo	29,653	20.8	20.57	43.57	7.99	-28.42	0.00	0.00
83	Hwangseodo	32,231	6.6	0.24	4.92	1.16	-16.24	297.75	11.35
84	Eunryeom	36,298	1.0	0.09	1.72	0.37	-5.63	419.27	210.18
85	Gapijukam	37,091	1.7	2.45	5.04	5.28	-47.26	3.16	9.37
86	Bigajido	1,091	1.1	0.06	2.14	9.18	-7.20	501.74	65.47
87	Odo	37,785	0.4	0.94	22.94	0.98	-26.26	14.60	0.00
88	Changseodo	38,479	7.4	3.75	7.10	2.19	-16.32	382.40	45.10
89	Beolseom	39,281	69.4	0.10	19.12	1.90	-26.21	19.30	0.74
90	Nanggakheuldo	44,231	11.3	2.52	12.20	2.86	-24.78	42.26	1.27
91	Ayeom	44,727	3.0	0.12	3.97	7.89	-7.54	500.43	52.63