



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](#)

碩士學位論文

해상풍력단지 건설예정지 주변의
물새류 분포현황 및 서식환경 조사



濟州大學校 教育大學院

生物教育專攻

金 소 리 나

2007年 8月

해상풍력단지 건설예정지 주변의 물새류 분포현황 및 서식환경 조사

指導教授 吳 弘 埴

金 소 리 나

이 論文을 教育學 碩士學位 論文으로 提出함

2007年 8月

金소리나의 教育學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ 印

委 員 _____ 印

委 員 _____ 印

濟州大學校 教育大學院

2007年 8月

Research on the Distribution and Habitat of
Waterfowl around Areas Reserved for an
Offshore Wind Farm

So-Ri-Na Kim

(Supervise by professor Hong-Shik Oh)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the de-
gree of Master of Education

2007. 8.

This thesis has been examined and approved.

Department of Biology Education
GRADUATE SCHOOL OF EDUCATION
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

<국문 초록>

해상풍력단지 건설예정지 주변의 물새류 분포현황 및 서식환경 조사

김소리나

제주대학교 교육대학원 생물교육전공

지도교수 오홍식

본 연구는 해상풍력단지 건설이 물새류의 서식에 미칠 수 있는 영향을 예측하기 위하여 해상풍력단지 건설예정지인 구좌읍 해안일대에 서식하는 물새류의 분포현황과 서식환경 요인을 2006년 3월부터 2007년 2월까지 조사하였다. 관찰된 조류는 총 59종 16,790개체였으며, 종 다양도는 1.737이었다. 우점종은 재갈매기 *Larus argentatus*, 팽이갈매기 *Larus crassirostris*, 가마우지 *Phalacrocorax carbo*, 민물도요 *Calidris alpina*, 습새 *Calonectris leucomelas* 등으로 나타났다. 지역별로는 김녕리 34종 1,676개체, 월정리 31종 528개체, 행원리 37종 8,826개체, 한동리 45종 3,502개체, 평대리 30종 2,258개체였다. 대부분의 물새류들은 해안 가까이에 분포하고 있어 해상풍력기기로부터의 방해요인은 적을 것이라 판단되나, 습새는 조사지역에서 2km이상 떨어진 해상에서 먹이활동을 하기 때문에 다소 방해요인이 있을 것이 예상되었다. 물새류를 보호하고, 자유로운 이동을 위해 풍력기기 간 충분한 거리확보가 요구되며, 시야확보가 어려운 야간에는 풍력기기로부터 나오는 빛이 조류를 유인하는 요인이 될 수 있으므로 빛의 양을 조절하고, 월동하는 개체가 많은 겨울철에는 공사를 제한하여 물새류의 서식에 주는 영향을 최소화해야 할 것이라 판단된다.

차 례

I. 서론	1
II. 조사지역	3
1. 조사지역	3
III. 조사기간 및 방법	5
1. 조사기간 및 방법	5
IV. 결과	6
1. 월별 조류현황	6
2. 조사 지역별 조류현황	11
3. 계절별 조류현황	18
V. 고찰	22
1. 주요 물새류 및 조사지역 관련 영향예측	22
2. 조사지역과 인근 하도리, 성산포 철새도래지의 월동조류 현황비교	26
3. 해외사례를 통해서 본 해상풍력단지에 의한 물새류의 행동방식 예측	27
4. 해상풍력단지 건설이 철새의 이동경로 상에 미칠 수 있는 영향예측	28
5. 해상풍력단지가 물새류의 주간, 야간이동에 미칠 수 있는 영향예측	34
6. 풍력기기의 크기와 바람세기가 물새류 비행에 미칠 수 있는 영향예측	35
7. 풍력기기의 소음이 물새류 서식에 미칠 수 있는 영향예측	36
8. 영향예측 종합	38
참고문헌	41
Summary	45

표 차 례

Table 1. Section of the survey site	4
Table 2. The number of species and individuals observed in the survey area from March 2006 to February 2007	6
Table 3. The number of birds observed in the survey area from March 2006 to February 2007	11
Table 4. The seasonal numbers of species and individuals observed in survey area	18
Table 5. The number of species and individuals observed in each country from 1993 to 2002	30
Table 6. Threshold levels of noise for bird disturbance	36
Table 7. The number of species and individuals in the Orders Ciconiiformes and Charadriiformes in the survey area	37

그림 차례

Figure 1. Map of the survey site	3
Figure 2. The fluctuation of species and individuals of waterbirds	8
Figure 3. Relative dominances(%) of five main species observed in the survey areas	8
Figure 4. The fluctuation of individuals of five main species	9
Figure 5. Foraging of <i>Calonectris leucomelas</i>	10
Figure 6. The number of species and individual observed in the survey area	13
Figure 7. The species diversity between the survey areas	13
Figure 8. The fluctuation of seasonal number of species and individuals in survey area	19
Figure 9. Migration of Laridae	29
Figure 10. Migration of Birds from 1993 to 2006	32
Figure 11. <i>Calonectris leucomelas</i> 's activity area	39

I. 서론

제주특별자치도는 생활하는데 필요한 에너지의 대부분을 육지에서 공급받아 운용되는 취약한 에너지 공급구조를 가지고 있으며, 에너지 사용량이 날로 증가하고 있으나 석유, 가스, 전력 등 주 에너지공급시설 확충에는 입지적, 환경문제로 많은 어려움이 예상되고 있다.

1997년 12월 교토에서 체결된 의정서에 의해, 지구 온난화의 주범인 온실가스에 대한 배출규제가 구체화 되어 선진국 38개국이 2008년부터 5년 동안 온실가스량을 1990년 대비 평균 5.2%(유럽 8%, 미국 7%, 일본 6%)를 감축하기로 하여 선진국에서는 풍력발전기의 보급에 박차를 가하고 있는 상황이다(김, 2005). 우리나라는 현재 개도국으로 분류되어 이산화탄소의 감축의무 부담국에 포함되지 않았지만 세계 11위의 이산화탄소 배출국으로(신과 김, 2006) 친환경적 에너지 개발이 요구된다. 이에 부응하여 제주특별자치도는 대형 부지 확보가 용이하고, 장애물이 없으며 파고가 낮아 좋은 품질의 풍력자원을 기대할 수 있는 해상풍력단지(경, 2006)를 건설 할 예정이다.

그러나 신 재생에너지의 꽃으로 부상되고 있는 풍력발전이라 할지라도 모두 좋은 인식만 갖고 있는 것은 아니다. 풍력기기로부터 발생하는 소음, 저주파 피해, 조류에 대한 영향, 경관파괴, 진입로 건설로 인한 자연훼손에 대한 우려와 풍력기기로부터의 간헐적 그림자, 빛 산란의 문제 그리고 해상풍력의 경우 어업피해 등의 문제들이 제기되고 있다. 특히 본 연구에서 주안점을 두고 있는 조류에 대한 영향에 관해서는 스웨덴의 Yttre Stengrund(Pettersson, 2005), 독일(Huppopp *et al.*, 2006)의 해상풍력단지 등에서 풍력기기와 조류의 충돌사례가 보고된 바 있고, 덴마크의 Horns Rev(Petersen *et al.*, 2004)와 Nysted(Kahlert *et al.*, 2004) 해상풍력단지에서는 풍력단지 건설 전후를 비교 하였을 때, 풍력기기가 있는 부근의 조류이동이 감소되고 있는 것으로 보아 풍력기기로부터 조류의 행동방식에 영향을 받고 있음이 보고된 바 있다.

해상풍력단지조성 예정지인 제주시 구좌읍 해안은 하도리 철새도래지와 가까

운 곳이고, 물새류들의 휴식과 먹이활동 및 이동경로 상에 위치하고 있으며, 겨울철새들의 월동지로서의 역할을 하는 곳이라 해상풍력단지의 건설이 이들 물새류의 활동에 방해요인으로 작용할 수 있을 것으로 보인다.

따라서 본 연구는 해상풍력단지 조성 예정지 주변 해안의 물새류의 분포현황을 조사하고, 해상풍력단지 조성 후 물새류의 서식상황 변화와 물새류의 휴식과 이동, 먹이활동 및 피해에 대한 영향을 예측하여 물새류의 서식환경을 보존하는데 필요한 자료를 제공하고자 이루어졌다.



II. 조사지역

1. 조사지역

조사지역은 해상풍력단지 건설 예정지인 제주도 구좌읍 행원리를 중심으로 5개의 해안지역이다(Figure 1).

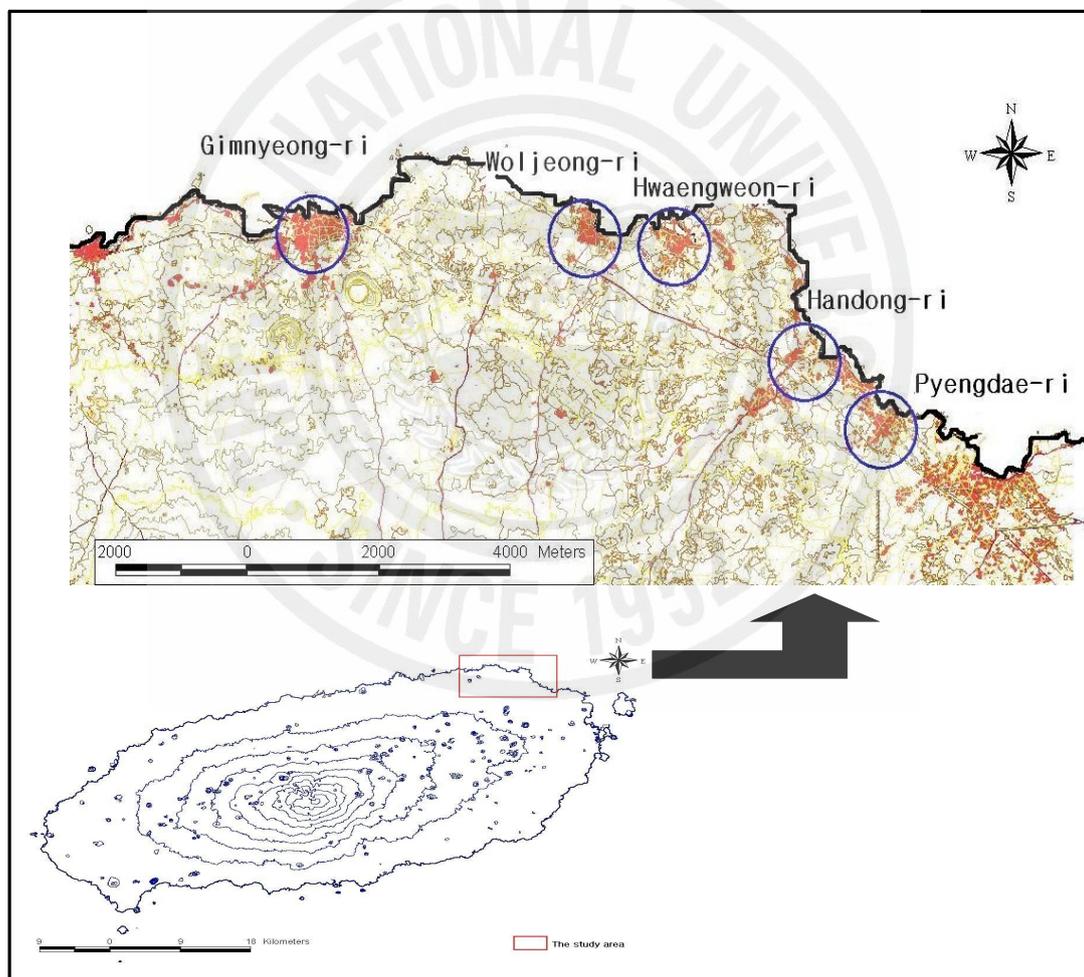


Figure 1. Map of the survey site.

각 조사지역은 김녕리, 월정리, 행원리, 한동리 및 평대리로 행정단위 "리"단위

로 구분하였으며, 조사지역의 총 거리는 약 14km정도이다(Table 1).

Table 1. Section of the survey site

Section	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5
Administrative district	Gimyeong-ri	Woljeong-ri	Hwaengweon-ri	Handong-ri	Pyengdae-ri
Distance(km)	3.7	1.9	3.3	2.9	2.2

조사지역별 특징을 살펴보면, 김녕리는 김녕해수욕장을 포함하는 지역으로 해수욕장의 모래해안과 모래사장 주변의 작은 초지를 제외한 지역은 주로 해안암반지대로 이루어져 있다. 모래사장을 이루는 구역은 도요·물떼새류가 먹이 활동을 하기에 적합하고, 해안암반지대는 갈매기류, 가마우지류, 백로류 등의 휴식공간으로 이용하기에 좋은 조건을 갖추고 있다.

월정리는 대부분이 해안암반지대를 이루고 있어 물새류의 먹이활동보다는 주로 휴식을 취하기에 적합한 곳이다.

행원리는 해상풍력단지 건설 예정지로서 모래해안(요트장)과 이를 제외한 대부분이 해안암반지대로 이루어져 있고, 군데군데 소규모의 모래사장이 분포해있다. 그리고 양어장에서 물이 배출되는 2차침전조가 있는데 여기에서 방류되는 물에는 양분이 있기 때문에 물새들의 먹이원이 되는 물고기들이 많다.

한동리와 평대리는 대부분 해안암반지대여서 물새들의 휴식장소로 이용되며 얕은 물에 소규모의 모래사장이 있다.

Ⅲ. 조사기간 및 방법

1. 조사기간 및 방법

조사는 선조사법(Line Road Census Method)과 정점조사법(Point Counts Method)을 병행하여 2006년 3월부터 2007년 2월까지 이루어졌다. 조사도구로는 쌍안경(8×40, Nikon)과 망원경(25-60×80, Nikon)을 이용하였다. 각 종에 대한 월별 개체수는 조사 횟수에 관계없이 1회에 관찰된 최대 개체수로, 지역별 개체수는 각 종의 월별 최대 개체수로 산정하였다. 결과의 분석에는 다음의 식을 이용하였다(Simpson, 1949; MacArthur and MacArthur, 1961).

1) 종 다양도(Species diversity)

$$\overline{H} = -\sum P_i \ln P_i$$

(P_i : n_i/N , 종 i 에 대한 균집 전체 개체수에 대한 비)

2) 우점도(Dominance)

$$\text{Dom.(\%)} = \text{종의 개체수/전체종의 개체수} \times 100$$

IV. 결 과

1. 월별 조류 현황

조사결과, 총 59종 16,790개체가 관찰되었으며, 종 다양도는 1.737로 나타났다(Table 2, Figure 2). 월별 종 다양도는 4월에 2.489로 가장 높고, 5월과 10월에 각각 2.359, 2.037로 비교적 높게 나타났으며, 9월에 0.970으로 가장 낮게 산출되었다.

Table 2. The number of species and individuals observed in the survey area from March 2006 to February 2007

NO.	Korean name	Scientific name	2006										2007	Total	
			Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nob.	Dec.			Jan.
1	아비	<i>Gavia stellata</i>											1		1
2	회색머리아비	<i>Gavia pacifica</i>		3											3
3	논병아리	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	2										1		5
4	검은목논병아리	<i>Podiceps nigricollis</i>		1											1
5	귀빨논병아리	<i>Podiceps auritus</i>	3												3
6	빨논병아리	<i>Podiceps cristatus</i>	11	1											12
7	습새	<i>Calonectris leucomelas</i>					140	143	330	15					628
8	가마우지	<i>Phalacrocorax carbo</i>	161	75				2		4	93	196	247	151	929
9	쇠가마우지	<i>Phalacrocorax pelagicus</i>	10	5								11	16	5	47
10	왜가리	<i>Ardea cinerea</i>	15	10	2	3	2	14	6	18	24	24	19	14	151
11	붉은왜가리	<i>Ardea purpurea</i>									1				1
12	중대백로	<i>Egretta alba</i>	4	9	7	1		1	1	3	1	2	1		30
13	중백로	<i>Egretta intermedia</i>		1	11	2				1			1		16
14	쇠백로	<i>Egretta garzetta</i>	18	20	37	23	18	10	22	5	3	9	9	2	176
15	노랑부리백로	<i>Egretta eulophotes</i>	1	1	2										4
16	흑로	<i>Egretta sacra</i>	5	4	6	1	3		2	3	5	3	2		34
17	황로	<i>Bubulcus ibis</i>					1								1
18	검은맹기해오라기	<i>Butorides striatus</i>			1										1
19	흑부리오리	<i>Tadorna tadorna</i>	3												3
20	원앙	<i>Aix galericulata</i>	2												2
21	홍머리오리	<i>Anas penelope</i>	50	6								62	130	95	343

Table 2. Continued

NO.	Korean name	Scientific name	2006										2007		Total Ind.	
			Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nob.	Dec.	Jan.	Feb.		
22	알락오리	<i>Anas strepera</i>	6										41	40	87	
23	청둥오리	<i>Anas platyrhynchos</i>	88	14						2	51	79	96	47	377	
24	흰뺨검둥오리	<i>Anas poecilorhyncha</i>	55	47						26		84	86	39	337	
25	넓적부리오리	<i>Anas querquedula</i>											10		10	
26	흰줄박이오리	<i>Histrionicus histrionicus</i>	3	5	6										14	
27	바다비오리	<i>Mergus serrator</i>		2								2	7	4	15	
28	비오리	<i>Mergus meehanser</i>	2									5	9		16	
29	물수리	<i>Pandion haliaetus</i>							1	1			1		3	
30	황조롱이	<i>Falco tinnunculus</i>	1	1											2	
31	검은가슴물떼새	<i>Pluvialis fulva</i>			4					1					5	
32	개펄	<i>Pluvialis squatarola</i>		1											1	
33	흰죽지꼬마물떼새	<i>Charadrius giaticula</i>			1										1	
34	흰목물떼새	<i>Charadrius placidus</i>		1	4										5	
35	꼬마물떼새	<i>Charadrius dubius</i>			1										1	
36	흰물떼새	<i>Charadrius alexandrinus</i>	9	36	39		4	4			20	2	6	13	12	145
37	왕눈물떼새	<i>Charadrius mongolus</i>		3	12										15	
38	중부리도요	<i>Numenius phaeopus</i>		56	17						1				74	
39	붉은발도요	<i>Tringa totanus</i>										1			1	
40	청다리도요	<i>Tringa nebularia</i>										1	1		2	
41	알락도요	<i>Tringa glareola</i>		1	20	1	1	2	8	3					36	
42	뒷부리도요	<i>Xenus cinereus</i>		8	7					1					16	
43	잡작도요	<i>Actitis hypoleucos</i>	2	19	6	1	6	10	5	3		2	6	1	61	
44	노랑발도요	<i>Heteroscelus brevipes</i>		1	14	1	9	2	8	1					36	
45	꼬까도요	<i>Arenaria interpres</i>		7	6		1								14	
46	작도요	<i>Gallinago gallinago</i>								1	1				2	
47	붉은어깨도요	<i>Calidris tenuirostris</i>		5											5	
48	좁도요	<i>Calidris ruficollis</i>		3				6	13						22	
49	메추라기도요	<i>Calidris acuminata</i>			1		1								2	
50	민물도요	<i>Calidris alpina</i>	77	147	108							97	26	169	124	748
51	쟁이갈매기	<i>Larus crassirostris</i>	110	31			5	3	8	25	168	93	1,159	2,023	3,625	
52	재갈매기	<i>Larus argentatus</i>	669	178							151	215	304	1,697	5,408	8,622
53	줄무늬노랑발갈매기	<i>Larus heuglini</i>		4							0	0	0	0	4	
54	큰재갈매기	<i>Larus schistisagus</i>		3							0	0	30	5	38	
55	흰갈매기	<i>Larus hyperboreus</i>		1							0	0	0	0	1	
56	바다쇠오리	<i>Synthliboramphus antiquus</i>		1							0	0	0	0	1	
57	물총새	<i>Alcedo atthis</i>		1	2			2	5	1	0	0	0	0	11	
58	백할미새	<i>Motacilla lugens</i>		1							1	0	5	2	9	
59	바다직박구리	<i>Monticola solitarius</i>	5	2	1			6	1	4	1	10	3	2	35	
The number of Species			27	37	24	8	12	13	17	23	12	19	25	16	59	
The number of Individuals			1,314	713	315	33	191	205	414	291	661	925	3,756	7,972	16,790	
Species Diversity(H')			1.822	2.489	2.359	1.169	1.102	1.281	0.970	1.155	1.698	2.037	1.586	0.926	1.737	

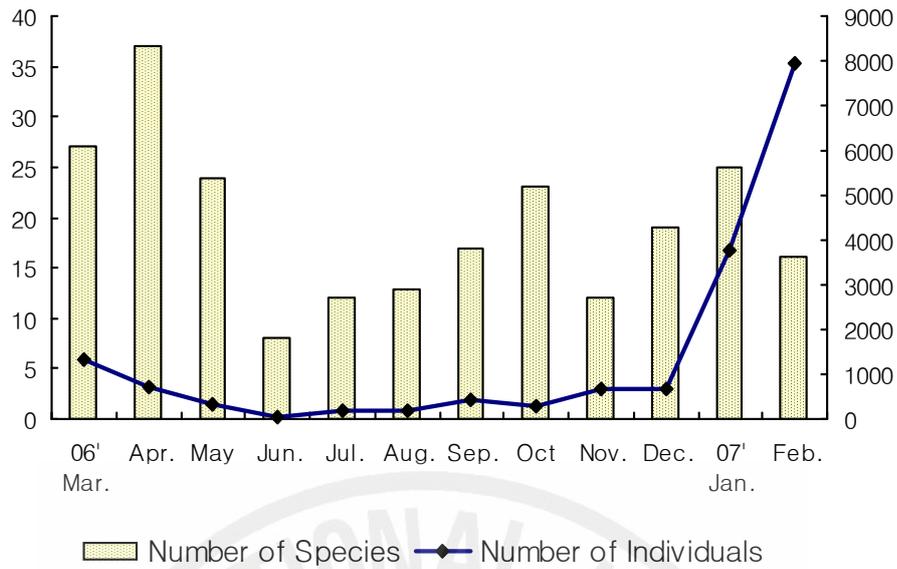


Figure 2. The fluctuation of species and individuals of waterbirds.

우점종은 재갈매기 *Larus argentatus*(51.35%), 팽이갈매기 *Larus crassirostris* (21.59%), 가마우지 *Phalacrocorax carbo*(5.53%), 민물도요 *Calidris alpina*(4.46%), 습새 *Calonectris leucomelas*(3.74%) 등이었다(Figure 3).

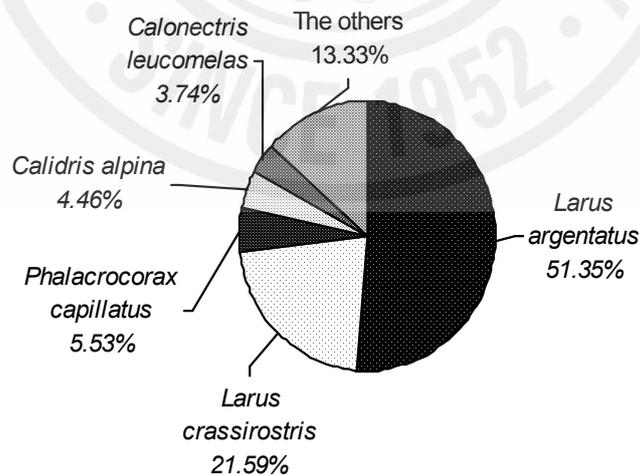


Figure 3. Relative dominances(%) of five main species observed in the survey areas.

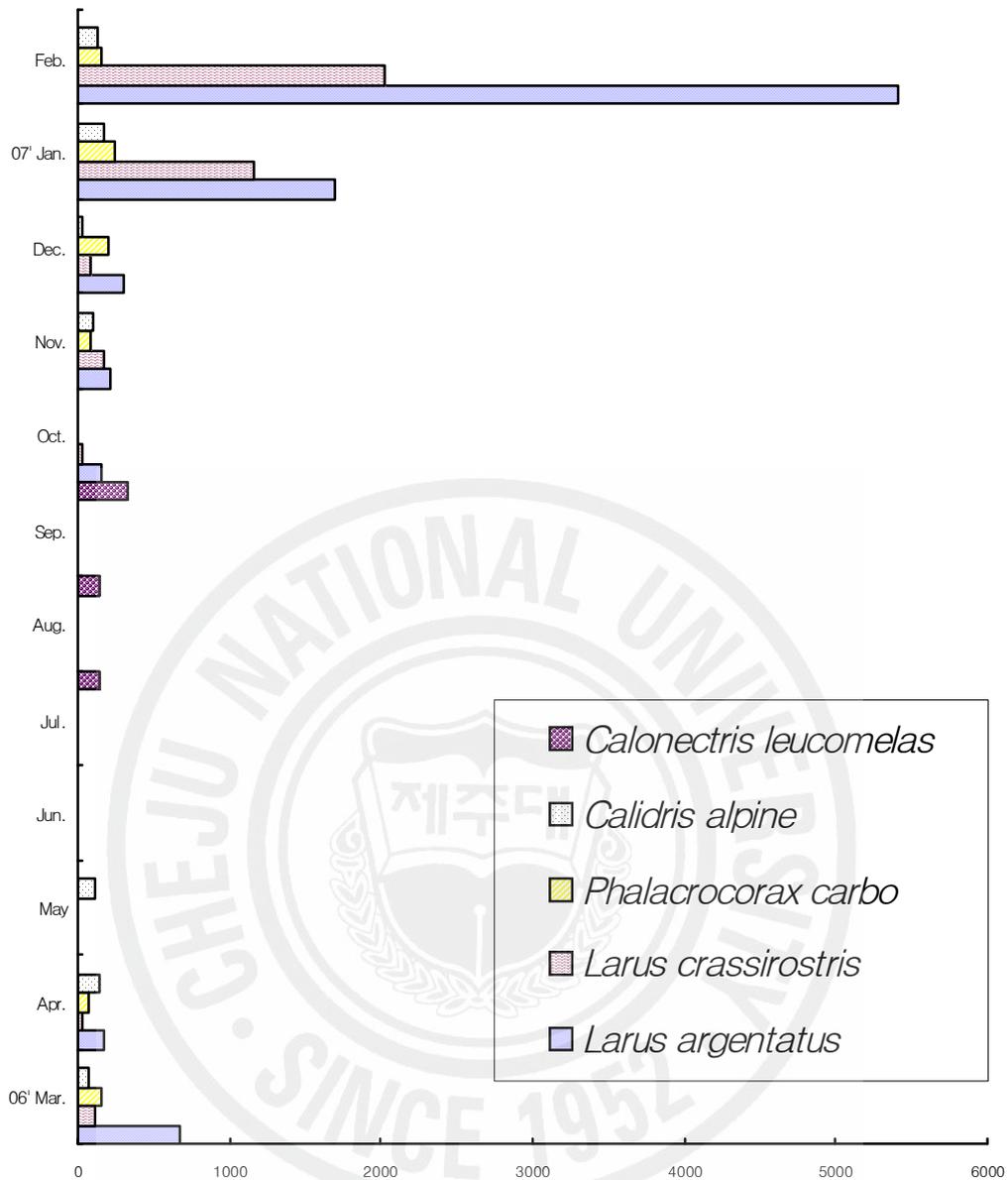


Figure 4. The fluctuation of individuals of five main species.

재갈매기는 조사기간 중 2007년 1, 2월에 각각 1,697개체, 5,408개체로 많이 관찰되었고, 4월에는 번식지로의 이동이 활발해지면서 178개체로 감소하였다. 5월이 되면서 재갈매기의 번식지로 이동이 끝남에 따라 9월까지 거의 관찰이 되지 않다가 10월부터 월동하기 위해 도래하는 개체가 증가하기 시작하여 겨울철에 가장 많은 개체가 관찰되었다(Figure 4).

괭이갈매기는 2007년 1, 2월에 각각 1,159개체, 2,023개체로 많은 개체수가 관찰되었고, 4월에 번식지로의 이동이 활발해지면서 31개체로 개체수가 확연히 줄어들었다. 5월이 되어 괭이갈매기의 번식지로 이동이 끝남에 따라 관찰되지 않다가 7월부터 소수 개체가 관찰되어 2006년 11월 이후 많은 월동개체가 관찰되었다(Figure 4).

가마우지는 2006년 3월과 4월에 각각 161개체, 75개체가 8월에는 2개체가 관찰되었다. 월동지로 이동하는 11월이 되면서 4개체가 관찰되었고 2007년 1월에 247개체로 최대 개체수가 관찰되었다(Figure 4).

민물도요는 번식지로 이동하는 시기인 3월부터 77개체가 관찰되었고, 4월에 147개체로 최대 개체수를 이루다가 5월이 되면서 민물도요의 번식지로 이동이 끝나가면서 개체수가 줄어들어, 이후 6월부터 10월까지 관찰되지 않았다. 11월이 되면서 다시 관찰되었고, 2007년 1, 2월에 각각 169개체, 124개체로 많은 개체수가 관찰되었다(Figure 4).

슴새는 여름철새로 7월부터 조사지역의 해상에서 먹이 활동하는 140개체가 관찰되기 시작하여 9월에 330개체로 가장 많은 수가 관찰되었다가 10월부터는 소수의 개체가 관찰되었고, 11월이 되면서 월동지로 이동함에 따라 관찰되지 않았다(Figure 4, 5).



Figure 5. Foraging of *Calonecris leucomelas*.

2. 조사 지역별 조류 현황

Table 3. The number of birds observed in the survey area from March 2006 to February 2007

NO.	Korean name	Scientific name	The survey area					Dom.(%)	Remark	
			Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5			Total
1	아비	<i>Gavia stellata</i>		1				1	<1.00	
2	회색머리아비	<i>Gavia pacifica</i>			3			3	<1.00	
3	논병아리	<i>Tachybaptus ruficollis</i>		1	4			5	<1.00	
4	검은목논병아리	<i>Podiceps nigricollis</i>						1	<1.00	
5	귀뿔논병아리	<i>Podiceps auritus</i>		3				3	<1.00	
6	뿔논병아리	<i>Podiceps cristatus</i>	1	2	5	2	2	12	<1.00	
7	습새	<i>Calonectris leucomelas</i>	115	120	263	20	110	628	3.74	
8	가마우지	<i>Phalacrocorax carbo</i>	53	22	551	202	101	929	5.53	
9	쇠가마우지	<i>Phalacrocorax pelagicus</i>			44	3		47	<1.00	
10	왜가리	<i>Ardea cinerea</i>	25	20	62	25	19	151	<1.00	
11	붉은왜가리	<i>Ardea purpurea</i>		1				1	<1.00	
12	증대백로	<i>Egretta alba</i>	8	2	3	12	5	30	<1.00	
13	증백로	<i>Egretta intermedia</i>	3		3	5	5	16	<1.00	
14	쇠백로	<i>Egretta garzetta</i>	29	5	40	69	33	176	1.05	
15	노랑부리백로	<i>Egretta eulophotes</i>	3			1		4	<1.00	IUCN Red List EN C1
16	흑로	<i>Egretta sacra</i>	9	11	5	5	4	34	<1.00	
17	황로	<i>Bubulcus ibis</i>				1		1	<1.00	
18	검은댕기헤오라기	<i>Butorides striatus</i>				1		1	<1.00	
19	흑부리오리	<i>Tadorna tadorna</i>		3				3	<1.00	
20	원앙	<i>Aix galericulata</i>	1	1				2	<1.00	IUCN Red List LR/nt
21	홍머리오리	<i>Anas penelope</i>	43	14	76	163	47	343	2.04	
22	알락오리	<i>Anas strepera</i>		12	62	13		87	<1.00	
23	청둥오리	<i>Anas platyrhynchos</i>	168	68	138	2	1	377	2.25	
24	흰뺨검둥오리	<i>Anas poecilorhyncha</i>	2	56	148	72	59	337	2.01	
25	넓적부리오리	<i>Anas querquedula</i>			10			10	<1.00	
26	흰줄박이오리	<i>Histrionicus histrionicus</i>				7	7	14	<1.00	
27	바다비오리	<i>Mergus serrator</i>	1	6	3	3	2	15	<1.00	
28	비오리	<i>Mergus meerhanser</i>	5	2	6	1	2	16	<1.00	
29	물수리	<i>Pandion haliaetus</i>	1		2			3	<1.00	CITES II
30	황조롱이	<i>Falco tinnunculus</i>				2		2	<1.00	CITES II
31	검은가슴물떼새	<i>Pluvialis fulva</i>	1			4		5	<1.00	
32	개평	<i>Pluvialis squatarola</i>			1			1	<1.00	

Table 3. Continued

NO.	Korean name	Scientific name	The survey area					Dom.(%)	Remark	
			Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5			Total
33	흰죽지꼬마물떼새	<i>Charadrius giaticula</i>				1		1	<1.00	
34	흰목물떼새	<i>Charadrius placidus</i>	1		1	3		5	<1.00	IUCN Red List LR/nt
35	꼬마물떼새	<i>Charadrius dubius</i>				1		1	<1.00	
36	흰물떼새	<i>Charadrius alexandrinus</i>	53	13	21	26	32	145	<1.00	
37	왕눈물떼새	<i>Charadrius mongolus</i>	1		1	13		15	<1.00	
38	중부리도요	<i>Numenius phaeopus</i>	1	8	21	35	9	74	<1.00	
39	붉은발도요	<i>Tringa totanus</i>				1		1	<1.00	
40	청다리도요	<i>Tringa nebularia</i>				2		2	<1.00	
41	알락도요	<i>Tringa glareola</i>	2	5	7	17	5	36	<1.00	
42	뿔부리도요	<i>Xenus cinereus</i>	3	2		4	7	16	<1.00	
43	갯작도요	<i>Actitis hypoleucos</i>	14	2	22	15	8	61	<1.00	
44	노랑발도요	<i>Heteroscelus brevipes</i>			11	22	3	36	<1.00	
45	꼬까도요	<i>Arenaria interpres</i>	2		1	2	9	14	<1.00	
46	깍도요	<i>Gallinago gallinago</i>				2		2	<1.00	
47	붉은어깨도요	<i>Calidris tenuirostris</i>	5					5	<1.00	
48	좁도요	<i>Calidris ruficollis</i>			1	19	2	22	<1.00	
49	메추라기도요	<i>Calidris acuminata</i>				2		2	<1.00	
50	민물도요	<i>Calidris alpine</i>	207	1	173	299	68	748	4.46	
51	팽이갈매기	<i>Larus crassirostris</i>	190	27	1,935	1,020	453	3,625	21.59	
52	제갈매기	<i>Larus argentatus</i>	703	112	5,184	1,376	1,247	8,622	51.35	
53	줄무늬노랑발갈매기	<i>Larus heuglini</i>	1		1	2		4	<1.00	
54	큰제갈매기	<i>Larus schistisagus</i>	8		5	20	5	38	<1.00	
55	흰갈매기	<i>Larus hyperboreus</i>			1			1	<1.00	
56	바다쇠오리	<i>Synthliboramphus antiquus</i>		1				1	<1.00	
57	물총새	<i>Alcedo atthis</i>	3	1	2	3	2	11	<1.00	
58	백할미새	<i>Motacilla lugens</i>	3	2		1	3	9	<1.00	
59	바다직박구리	<i>Monticola solitarius</i>	11	4	10	3	7	35	<1.00	
The number of Species			34	31	37	45	30	59		
The number of Individuals			1,676	528	8,826	3,502	2,258	16,790		
Species Diversity(H')			2.037	2.438	1.411	1.878	1.619	1.737		

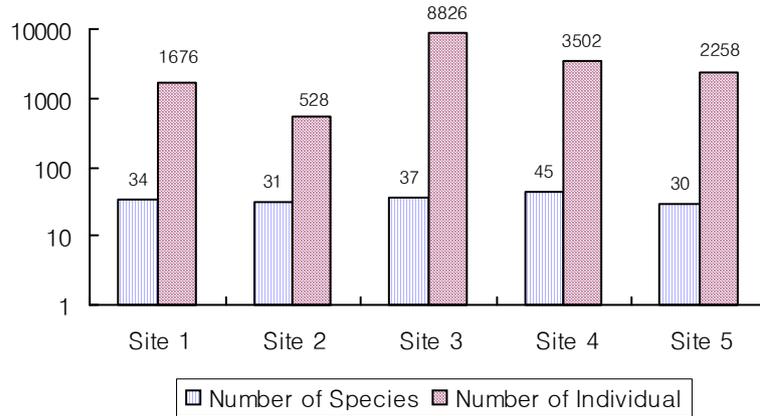


Figure 6. The number of species and individual observed in the survey area.

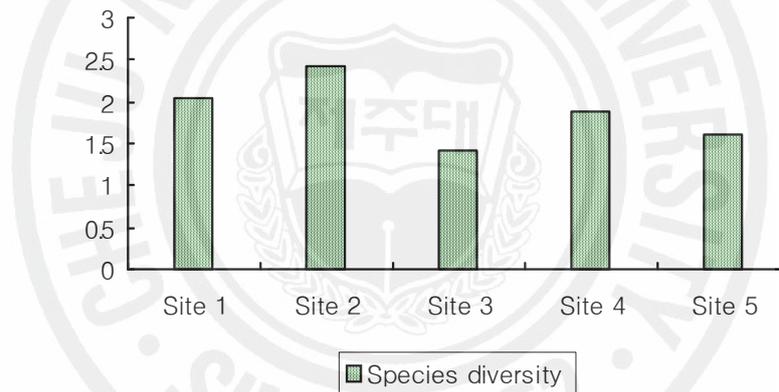


Figure 7. The species diversity between the survey areas.

1) 김녕리(Gimyeong-ri)

총 34종 1,676개체가 관찰되었고, 종 다양도는 2.037로 나타났다(Table 3, Figure 6, 7). 우점종은 재갈매기 703개체(41.95%), 민물도요 207개체(12.35%), 팽이갈매기 190개체(11.34%), 청둥오리 *Anas platyrhynchos* 168개체(10.02%), 습새 115개체(6.86%) 등으로 나타났다.

특이할만한 점으로는 이 곳의 모래사장 주변 초지에서 포란 중인 흰물떼새와 먹이활동 하는 노랑부리백로 *Egretta eulophotes*(환경부지정 멸종위기 1급) 3개

체, 원앙 *Aix galericulata*(천연기념물 327호) 1개체, 물수리 *Pandion haliaetus* (환경부지정 멸종위기 2급) 1개체, 흰목물떼새 *Charadrius placidus*(환경부지정 멸종위기 2급) 1개체가 관찰되었다. 우점을 이루고 있는 재갈매기와 팽이갈매기는 해안암반지대에서 주로 휴식을 취하고, 민물도요는 무리를 지어 날아다니며 해안암반지대에서 휴식을 취하거나 모래사장이 있는 부근에서 먹이활동을 하는 것이 관찰되었다. 청둥오리 또한 물에 떠다니면서 먹이활동을 하였고, 습새는 해안에서 약 2km 떨어진 해상에서 무리를 지어 먹이 활동을 하는 등 대부분의 조류가 이 곳을 먹이활동 및 휴식공간으로 취하고 있었다.

3월(12종 220개체)에는 갈매기류, 오리류, 가마우지류 등의 월동조류와 번식지로 이동을 시작하는 백로류, 도요·물떼새류가 관찰되었고, 4월에는 아직 번식지로 이동하지 않은 월동조류와 번식지로 이동중인 백로류와 도요·물떼새류가 다수 관찰되었기 때문에 3월에 비해 종수는 20종으로 증가하였지만 3월에 주를 이루고 있었던 월동조류의 감소로 전체적으로 4월의 개체수는 감소하여 159개체가 관찰되었다. 5월에는 월동조류의 번식지로의 이동이 끝남에 따라 종과 개체수가 많이 줄었고, 번식지로 이동하지 않은 백로류와 도요·물떼새류가 소수 관찰되어 8종 41개체가 관찰되었다. 6, 7월에는 백로류와 도요·물떼새류의 이동이 끝나면서 종과 개체수가 현저히 감소되었고, 6월에는 왜가리 1종 1개체만이 관찰되었으며, 7월에는 물새류가 전혀 관찰되지 않았다. 8, 9월에는 번식을 마치고 겨울을 나기위해 남쪽으로 이동하는 백로류와 도요·물떼새류의 이동이 시작되면서 다시 관찰되었고, 9월(9종 118개체)에는 먼 바다에서 먹이 활동을 하는 많은 수의 습새 무리가 관찰되었다. 10월(10종 144개체)에는 월동조류가 관찰되기 시작하면서 2007년 2월까지 그 수의 지속적인 증가로 10종 432개체가 관찰되었다.

2) 월정리(Woljeong-ri)

총 31종 528개체로 조사지역 중 가장 적은 종과 개체수가 관찰되었고, 종 다양도는 2.438로 조사지역 중 가장 높게 나왔는데 이는 적은 개체수에 비해 종수는 비교적 다양하게 관찰되었기 때문이다(Table 3, Figure 6, 7). 우점종은 습새 120개체(22.73%), 재갈매기 112개체(21.21%), 청둥오리 68개체(12.88%), 흰뺨검둥오리 *Anas poecilorhyncha* 56개체(10.61%), 팽이갈매기 27개체(5.11%) 등

으로 나타났다.

특이할만한 점으로는 휴식하는 원앙(천연기념물 327호) 1개체가 관찰되었다. 3월(13종 82개체)에는 갈매기류와 오리류 등의 월동조류와 백로류, 도요·물떼새류가 관찰되었다. 4, 5월에는 백로류와 도요·물떼새류가 소수 관찰되었고, 3월에 주를 이루고 있던 월동조류의 감소로 전체적으로 개체수가 감소하였다. 5월에는 월동조류의 번식지로의 이동이 끝남에 따라 종과 개체수가 감소되어 6종 25개체가 관찰되었다. 6, 7월에는 백로류와 도요·물떼새류의 이동 또한 끝나면서 종과 개체수가 많이 감소되어 6월에는 물새류가 관찰되지 않았고, 7월에는 흰물떼새 1종 4개체를 관찰하였다. 8월에는 쇠백로 1종 1개체, 9월에는 먼 바다에서 먹이 활동을 하는 습새 1종 120개체만이 관찰되었다. 10월(8종 35개체)이 되면서 월동조류가 관찰되기 시작하였고, 11월부터 2007년 2월까지 소수의 월동조류와 백로류가 관찰되었다.

이 지역은 도요·물떼새들이 먹이 활동하기에 알맞은 모래사장이나 갯벌이 형성되지 않은 곳이라 다른 지역에 비해 적은 개체가 관찰되었고, 해안암반지대가 있음에도 불구하고 휴식하는 백로류와 갈매기류의 적은 개체가 관찰되었다.

3) 행원리(Hwaengweon-ri)

총 37종 8,826개체로 조사지역 중 가장 많은 개체가 관찰되었지만 종 다양도는 1.411로 가장 낮게 나타났다(Table 3, Figure 6, 7). 우점종은 재갈매기 5,378개체(58.53%), 팽이갈매기 2,009개체(21.86%), 가마우지 636개체(6.92%), 습새 263개체(2.86%), 민물도요 173개체(1.88%) 등으로 나타났다.

특이할만한 점으로는 물수리(멸종위기 2급) 2개체, 흰목물떼새(멸종위기 2급) 1개체를 관찰하였다. 3월에는 갈매기류, 오리류, 가마우지류 등의 월동조류와 백로류, 도요·물떼새류가 총 14종 412개체가 관찰되었고, 4월(17종 252개체)에는 3월에 비해 종수는 증가하지만 월동조류의 감소로 전체적으로 4월의 개체수는 감소하였다. 5월에는 월동조류의 번식지로의 이동이 끝남에 따라 종과 개체수가 많이 줄어 10종 70개체가 관찰되었고, 일부 백로류와 도요·물떼새류가 소수 관찰되었다. 6월에는 종과 개체수가 현저히 감소되어 총 4종 4개체만 관찰되었다. 7, 8, 9월에는 도요·물떼새류가 다시 관찰되었고, 7, 8월에는 먼 바다에서 먹이 활

등을 하는 습새 무리를 관찰하였다. 10월(10종 51개체)부터 월동조류의 관찰이 시작되어 2007년 2월(12종 6,382개체)에는 최대 개체수를 보였고, 민물도요의 경우 무리를 지어 월동하는 다수의 개체들을 관찰하였다.

4) 한동리(Handong-ri)

총 45종 3,502개체로 조사지역 중 가장 많은 종을 관찰하였고, 종 다양도는 1.878로 나타났다(Table 3, Figure 6, 7). 우점종은 재갈매기 1,376개체(39.29%), 팽이갈매기 1,020개체(29.13%), 민물도요 299개체(8.54%), 가마우지 202개체(5.77%), 홍머리오리 163개체(4.65%) 등으로 나타났다.

특이할만한 점으로는 먹이활동 하는 노랑부리백로(환경부지정 멸종위기 1급) 1개체, 황조롱이 *Falco tinnunculus*(천연기념물 323호) 2개체, 흰목물떼새(환경부지정 멸종위기 2급) 3개체를 관찰하였다. 3월(12종 450개체)에는 월동조류인 갈매기류, 오리류, 가마우지류 등이 주로 관찰되었고, 백로류와 도요·물떼새류는 거의 관찰되지 않았다. 4월에는 번식지로 이동중인 백로류와 도요·물떼새류가 관찰되기 시작하였고, 아직 번식지로 이동하지 않은 월동조류도 관찰되기 때문에 18종으로 3월에 비해 종수는 증가하지만 3월에 주를 이루고 있던 월동조류의 감소로 155개체가 관찰되었다. 5월에는 20종 141개체가 관찰되어 개체수는 감소한 반면, 백로류와 도요·물떼새류가 많이 관찰됨에 따라 종수는 증가하였다. 6월에는 백로류와 도요·물떼새류의 이동이 끝나면서 종과 개체수가 많이 감소하여 3종 24개체가 관찰되었다. 7, 8, 9, 10월에는 번식을 마치고 겨울을 나기위해 남쪽으로 이동하는 도요·물떼새류의 이동이 시작되면서 다시 관찰되었고, 8월에는 먼 바다에서 먹이 활동을 하는 습새 무리가 관찰되었다. 그리고 10월(11종 20개체)부터 월동조류가 관찰되기 시작하여 2007년 1, 2월에 많은 수가 관찰되었고, 무리를 지어 먹이활동과 휴식을 취하는 민물도요들이 다수 관찰되었다.

5) 평대리(Pyengdae-ri)

총 30종 2,258개체를 관찰하였고, 종 다양도는 1.619로 나타났다(Table 3, Figure 6, 7). 우점종은 재갈매기 1,247개체(55.23%), 팽이갈매기 453개체(20.06%), 습새 110개체(4.87%), 가마우지 101개체(4.47%), 민물도요 68개체

(3.01%) 등으로 나타났다.

3월(7종 150개체)에는 월동조류인 갈매기류, 오리류, 가마우지류가 주로 관찰되었고, 백로류와 도요·물떼새류는 관찰되지 않았다. 4월에는 번식지로 이동중인 백로류, 도요·물떼새류, 월동조류가 소수 관찰되기 때문에 3월에 비해 종수는 증가하였고 개체수는 감소하여 18종 90개체가 관찰되었다. 5월에는 11종 38개체가 관찰되어 종수와 개체수가 감소하였고, 6월에는 백로류와 도요·물떼새류의 이동이 끝나면서 3종 4개체만이 관찰되었다. 7월에는 팽이갈매기 1종 5개체, 8월과 9월은 도요·물떼새류와 습새가 관찰되었다. 10월(7종 41개체)에는 월동지로 이동하는 흰물떼새와 월동조류가 관찰되었고, 이후 월동조류의 증가로 2007년 1, 2월에 각각 12종 1,210개체, 7종 413개체로 많은 개체수가 관찰되었다.



3. 계절별 조류 현황

계절에 따른 조류의 현황을 보면 봄철(Mar.~May) 50종 2,342개체, 여름철(Jun.~Aug.) 18종 429개체, 가을철(Sep.~Nov.) 28종 1,366개체, 겨울철(Dec.~Feb.) 25종 12,653개체로 나타났다(Table 4, Figure 8).

Table 4. The seasonal numbers of species and individuals observed in survey area

NO.	Korean name	Scientific name	The number of individuals in seasons								Total
			Spring		Summer		Autumn		Winter		
			Ind.	Dom. (%)	Ind.	Dom. (%)	Ind.	Dom. (%)	Ind.	Dom. (%)	
1	아비	<i>Gavia stellata</i>	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	1	<1.00	1
2	회색머리아비	<i>Gavia pacifica</i>	3	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	3
3	논병아리	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	2	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	3	<1.00	5
4	검은목논병아리	<i>Podiceps nigricollis</i>	1	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	1
5	귀뿔논병아리	<i>Podiceps auritus</i>	3	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	3
6	뿔논병아리	<i>Podiceps cristatus</i>	12	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	12
7	습새	<i>Colonectris leucomelas</i>	0	<1.00	283	65.97	345	25.26	0	<1.00	628
8	가마우지	<i>Phalacrocorax carbo</i>	236	10.08	2	<1.00	97	7.10	594	4.69	929
9	쇠가마우지	<i>Phalacrocorax pelagicus</i>	15	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	32	<1.00	47
10	왜가리	<i>Ardea cinerea</i>	27	1.15	19	4.43	48	3.51	57	<1.00	151
11	붉은왜가리	<i>Ardea purpurea</i>	0	<1.00	0	<1.00	1	<1.00	0	<1.00	1
12	중대백로	<i>Egretta alba</i>	20	<1.00	2	<1.00	5	<1.00	3	<1.00	30
13	중백로	<i>Egretta intermedia</i>	12	<1.00	2	<1.00	1	<1.00	1	<1.00	16
14	쇠백로	<i>Egretta garzetta</i>	75	3.20	51	11.89	30	2.20	20	<1.00	176
15	노랑부리백로	<i>Egretta eulophotes</i>	4	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	4
16	흑로	<i>Egretta sacra</i>	15	<1.00	4	<1.00	10	<1.00	5	<1.00	34
17	황로	<i>Bubulcus ibis</i>	0	<1.00	1	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	1
18	검은댕기해오라기	<i>Butorides striatus</i>	1	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	1
19	흑부리오리	<i>Tadorna tadorna</i>	3	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	3
20	원앙	<i>Aix galericulata</i>	2	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	2
21	홍머리오리	<i>Anas penelope</i>	56	2.39	0	<1.00	0	<1.00	287	2.27	343
22	알락오리	<i>Anas strepera</i>	6	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	81	<1.00	87
23	청둥오리	<i>Anas platyrhynchos</i>	102	4.36	0	<1.00	53	3.88	222	1.75	377
24	흰뺨검둥오리	<i>Anas poecilorhyncha</i>	102	4.36	0	<1.00	26	1.90	209	1.65	337
25	넓적부리오리	<i>Anas querquedula</i>	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	10	<1.00	10
26	흰줄박이오리	<i>Histrionicus histrionicus</i>	14	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	14
27	바다비오리	<i>Mergus serrator</i>	2	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	13	<1.00	15
28	비오리	<i>Mergus meehanseri</i>	2	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	14	<1.00	16
29	물수리	<i>Pandion haliaetus</i>	0	<1.00	0	<1.00	2	<1.00	1	<1.00	3
30	황조롱이	<i>Falco tinnunculus</i>	2	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	2
31	검은가슴물떼새	<i>Pluvialis fulva</i>	4	<1.00	0	<1.00	1	<1.00	0	<1.00	5
32	개펄	<i>Pluvialis squatarola</i>	1	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	1
33	흰죽지꼬마물떼새	<i>Charadrius giaticula</i>	1	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	1

Table 4. Continued

NO.	Korean name	Scientific name	The number of individuals in seasons								Total
			Spring		Summer		Autumn		Winter		
			Ind.	Dom. (%)	Ind.	Dom. (%)	Ind.	Dom. (%)	Ind.	Dom. (%)	
34	흰목물떼새	<i>Charadrius placidus</i>	5	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	5
35	꼬마물떼새	<i>Charadrius dubius</i>	1	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	1
36	흰물떼새	<i>Charadrius alexandrinus</i>	84	3.59	8	1.86	22	1.61	31	<1.00	145
37	왕눈물떼새	<i>Charadrius mongolus</i>	15	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	15
38	중부리도요	<i>Numenius phaeopus</i>	73	3.12	0	<1.00	1	<1.00	0	<1.00	74
39	붉은발도요	<i>Tringa totanus</i>	0	<1.00	0	<1.00	1	<1.00	0	<1.00	1
40	청다리도요	<i>Tringa nebularia</i>	0	<1.00	0	<1.00	2	<1.00	0	<1.00	2
41	알락도요	<i>Tringa glareola</i>	21	<1.00	4	<1.00	11	<1.00	0	<1.00	36
42	윗부리도요	<i>Xenus cinereus</i>	15	<1.00	0	<1.00	1	<1.00	0	<1.00	16
43	깜작도요	<i>Actitis hypoleucos</i>	27	1.15	17	3.96	8	<1.00	9	<1.00	61
44	노랑발도요	<i>Heteroscelus brevipes</i>	15	<1.00	12	2.80	9	<1.00	0	<1.00	36
45	옌까도요	<i>Arenaria interpres</i>	13	<1.00	1	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	14
46	깍도요	<i>Gallinago gallinago</i>	0	<1.00	0	<1.00	2	<1.00	0	<1.00	2
47	붉은어깨도요	<i>Calidris tenuirostris</i>	5	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	5
48	좁도요	<i>Calidris ruficollis</i>	3	<1.00	6	1.40	13	<1.00	0	<1.00	22
49	메추라기도요	<i>Calidris acuminata</i>	1	<1.00	1	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	2
50	민물도요	<i>Calidris alpina</i>	332	14.18	0	<1.00	97	7.10	319	2.52	748
51	랭이갈매기	<i>Larus crassirostris</i>	141	6.02	8	1.86	201	14.71	3275	25.88	3625
52	재갈매기	<i>Larus argentatus</i>	847	36.17	0	<1.00	366	26.79	7409	58.56	8622
53	줄무늬노랑발갈매기	<i>Larus heuglini</i>	4	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	4
54	큰재갈매기	<i>Larus schistisagus</i>	3	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	35	<1.00	38
55	흰갈매기	<i>Larus hyperboreus</i>	1	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	1
56	바다쇠오리	<i>Synthliboramphus antiquus</i>	1	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	0	<1.00	1
57	물총새	<i>Alcedo atthis</i>	3	<1.00	2	<1.00	6	<1.00	0	<1.00	11
58	백할미새	<i>Motacilla lugens</i>	1	<1.00	0	<1.00	1	<1.00	7	<1.00	9
59	바다직박구리	<i>Monticola solitarius</i>	8	<1.00	6	1.40	6	<1.00	15	<1.00	35
The number of Species			50		18		28		25		59
The number of Individuals			2,342		429		1,366		12,653		16,790
Species Diversity(H')			2.411		1.391		2.144		1.284		1.737

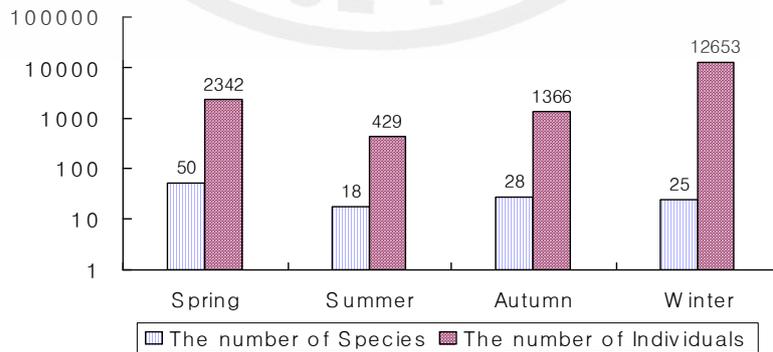


Figure 8. The fluctuation of seasonal number of species and individuals in survey area.

1) 봄철

2006년 3월부터 5월까지 봄철에 관찰된 조류는 총 50종 2,342개체로 사계절 중 가장 많은 종을 관찰하였고, 종 다양도는 2.411로 가장 높게 나타났다(Table 4, Figure 8). 3월에는 갈매기류, 오리류, 가마우지류 등의 겨울철새의 월동기이면서 백로류와 도요·물떼새류는 번식지로의 이동을 시작한다. 4, 5월이 되면서 겨울철새들은 번식지로의 이동이 끝나가고, 도요·물떼새류는 번식지로의 이동을 위해 조사지역을 중간기착지로 이용하는 종이 증가하면서 다수의 종이 관찰되었다. 봄철에는 재갈매기(36.17%), 민물도요 (14.18%), 가마우지(10.08%), 꿩이갈매기(6.02%), 청둥오리와 흰뺨검둥오리(4.36%) 순으로 우점을 이루고 있었다.

2) 여름철

2006년 6월부터 8월까지 여름철에 관찰된 조류는 총 18종 429개체로 사계절 중 가장 적은 종과 개체가 관찰되었고, 종 다양도는 1.391로 낮게 나타났다(Table 4, Figure 8). 6월에는 갈매기류, 오리류, 가마우지류 등의 겨울철새와 백로류와 도요·물떼새류의 번식지로의 이동이 끝남에 따라 가장 적은 종과 개체수가 관찰되었고, 7월에는 번식을 마치고 겨울을 나기위해 남쪽으로 이동하는 백로류와 도요·물떼새류의 이동의 시작으로 6월에 비해 종수와 개체수가 증가하는 추세를 보이고 있었다. 8월에는 백로류와 도요·물떼새류 중 번식에 참여하지 않는 개체들과 이미 번식을 끝낸 개체들이 겨울을 나기위해 남쪽으로 이동하기 때문에 개체수가 증가하였다. 7, 8월에는 해안에서 비교적 멀리 떨어진 해상에서 먹이활동 하는 다수의 습새 무리가 관찰되었다. 여름철에는 습새(65.97%), 쇠백로 *Egretta garzetta* (11.89%), 왜가리 *Ardea cinerea*(4.43%), 갯도요 *Actitis hypoleucos*(3.96%), 노랑발도요 *Heteroscelus brevipes*(2.80%) 순으로 우점을 이루고 있었다.

3) 가을철

2006년 9월부터 11월까지 가을철에 관찰된 조류는 총 28종 1,366개체가 관찰되었고, 종 다양도는 2.144였다(Table 4, Figure 8). 9월에는 7, 8월에 이어 번식을 마치고 겨울을 나기위해 남쪽으로 이동하는 백로류, 도요·물떼새류가 많

왔고, 해상에서 먹이활동을 하는 습새 무리가 8월에 비해 2배 이상 관찰되었다. 10, 11월에는 갈매기류, 오리류, 가마우지류 등의 겨울철새들이 월동을 위한 이동이 시작되면서 개체수가 증가하였고, 일부 백로류와 소수의 도요·물떼새류가 관찰되었으며, 9월에 비해 습새는 소수 관찰되었다. 가을철에는 재갈매기(26.79%), 습새(25.26%), 팽이갈매기(14.71%), 가마우지(7.10%), 민물도요(7.10%), 청둥오리(3.88%) 순으로 우점을 이루고 있었다.

4) 겨울철

2006년 12월부터 2007년 2월까지 겨울철에 관찰된 조류는 총 25종 12,653 개체로 가장 많은 개체가 관찰되었고, 종 다양도는 1.284로 가장 낮았다(Table 4, Figure 8). 2006년 12월, 2007년 1, 2월은 갈매기류, 오리류, 가마우지류 등의 겨울철새와 텃새화된 백로류, 일부 도요·물떼새류의 월동기로 많은 개체수가 관찰되었다. 겨울철에는 재갈매기(58.56%), 팽이갈매기(25.88%), 가마우지(4.69%), 민물도요(2.52%), 홍머리오리(2.27%) 순으로 우점을 이루고 있었다.

VII. 고 찰

1. 주요 물새류 및 조사지역 관련 영향예측

앞서 제시한 바와 같이 본 연구를 통해 서식이 확인된 물새류는 모두 59종이었으며 이 중 재갈매기, 팽이갈매기, 가마우지, 민물도요, 습새는 관찰된 조류의 86.67%를 차지하고 있어 다른 물새류에 비해 해상풍력단지 건설 시 생활영역에 방해요인으로 작용할 수 있을 것이 예상되어 이들 물새류를 중심으로 다음과 같이 종별로 영향을 예측하고자 한다.

먼저 재갈매기는 관찰된 조류의 51.35%를 차지하는 종으로, 해상풍력단지 건설 예정지인 행원리와 한동리에서 많은 분포를 보였고, 월정리에서 가장 적게 관찰되었다(Table 2, 3). 재갈매기는 조사지역의 해안암반지대에서 휴식을 취하고 먹이활동도 해안 가까이에서 이루어지고 있어서 재갈매기의 먹이활동과 휴식을 위한 생활영역은 해안으로부터 약 1km이내에 분포하였다. 따라서 해상풍력단지 건설 시 재갈매기의 먹이활동과 휴식활동에 미칠 수 있는 영향은 적을 것이라 생각되며, 이동시 해상풍력단지를 피하여 이동할 것으로 판단된다.

팽이갈매기는 관찰된 조류의 21.59%를 차지하는 종으로 해상풍력단지 건설 예정지인 행원리에서는 1,935개체로 최대로 관찰되었으며(Table 2, 3), 팽이갈매기는 먹이활동과 휴식활동에 있어 재갈매기와 유사한 패턴을 보였다. 따라서 해상풍력단지 건설 시 재갈매기의 먹이활동과 휴식활동에 미칠 수 있는 영향은 적을 것이라 판단된다.

가마우지는 관찰된 조류의 5.53%를 차지하는 종으로(Table 2, 3) 해상풍력단지 건설 예정지인 행원리에서 가장 많은 수가 관찰되었으며, 특히 이곳의 2차 침전조에서 갈매기류와 같이 활발한 먹이활동을 하고, 해안암반지대의 암벽에서 주로 휴식을 취하기 때문에 가마우지의 먹이활동과 휴식을 위한 생활영역은 해안으로부터 약 1km이내에 분포하는 것으로 판단된다. 가마우지는 경우 주로 새

벽과 저녁에 이동을 하기 때문에 휴식지와 채식지에서 비교적 멀리 떨어져 있는 잠자리를 왕래하는 경우에는 완전한 시야 확보가 어려워 해상풍력기기에 충돌할 가능성에 어느 정도 노출되어 있다. 하지만 조사지역에서의 가마우지의 일주이동은 대부분 해안가나 인근 육지를 가로지르면서 이동하며, 조사지역은 가마우지가 휴식하기에 적합한 해안절벽이 없고, 실제로 관찰된 개체수가 적어 해상풍력단지 건설 시 가마우지의 먹이활동과 휴식활동에 미치는 영향은 미미할 것이라 판단된다.

민물도요는 관찰된 조류의 4.46%를 차지하는 종으로(Table 2, 3) 겨울철에도 지속적으로 관찰된 것으로 보아 제주도에서 월동하는 것으로 판단된다. 제주지역의 경우 도요·물떼새와 같은 나그네새는 봄철 이동시기에 계절적으로 온화한 환경이기 때문에 중간 기착지 또는 채식지에 머무는 시간이 길며, 가을철 이동시기에는 체온이 떨어지는 계절이기 때문에 머무는 시간을 적게 하여 이동시간에 더 많은 투자를 할 것이고 또한 가을철에는 겨울철새들이 도래하기 시작하는 시기로 주요 습지 내에서 다른 물새류와의 서식지 중복 이용을 피하는 쪽으로 선택한다(김 등, 1999). 실제로 제주도의 연안은 먹이자원이 한정되어 있고, 강한 바람에 노출되어 있어 새의 체온을 감소시킬 뿐만 아니라 먹이가 주는 신호를 인식하는데 방해요인으로 작용한다(Durgan *et al.*, 1981). 이러한 이유로 인하여 제주도에 도래하는 도요류는 가을보다는 봄철 이동기인 3 ~ 5월에 더 많이 관찰되며(김 등, 1999), 철새들의 이동경로 조사(1993 ~ 2006년)에서도 봄·가을에 통과철새인 도요·물떼새류의 서해안 주요 도래지 10개소에서 조사한 모니터링을 결과, 2006년 봄에는 증가(213,000 → 269,000여 개체), 가을에는 감소(102,000 → 95,000여 개체)한다고 보고된 바 있다(국립환경과학원, 2003, 2007). 실제 본 연구에서도 도요·물떼새류의 봄철 이동은 총 616개체, 가을철 이동은 168개체로 봄철 이동이 3배 이상 더 활발한 것으로 보아 봄철에 조사지역에서 활발한 먹이활동을 함을 알 수 있었다. 따라서 이 시기에 해상풍력단지 건설 시 민물도요와 같은 도요·물떼새류의 먹이활동을 하는데 방해요인으로 작용할 수 있다고 할 수 있다. 하지만 민물도요는 수십 ~ 수백 개체씩의 비교적 큰 무리를 지어 조간대를 따라 이동하면서 휴식과 채식활동을 하기 때문에 민물도요의 먹이활동과 휴식을 위한 생활영역은 해안에서 약 200m이내의 분포를 보였다. 지역별로 보면 김녕리, 행원리, 한동리에서

많은 분포를 보였고, 평대리에서는 다소 적은 분포를 보였으며, 월정리에서는 민물도요가 먹이활동하기에 적합한 습지나 모래사장이 없어 관찰되지 않았다. 따라서 민물도요의 먹이활동과 휴식활동은 재갈매기와 팽이갈매기보다도 보다 해안과 가까이에서 활동이 이루어지고 있기 때문에 해상풍력단지 건설로 인한 영향은 거의 없을 것이라 사료된다.

습새는 관찰된 조류의 3.74%를 차지하는 종으로(Table 2, 3), 북태평양의 한국, 일본 및 중국 등지의 해안과 도서에서 번식하고 주요 월동지는 말레이시아, 뉴우기니, 오스트레일리아 해안 등지로 알려져 있는 해양성 조류로 알려져 있다(Marchant and Higgins, 1990). 무인도서에 굴을 파거나 바위틈을 둥지로 이용하는 종으로, 주간에 바다에서 채식을 하고 저녁에 둥지로 돌아오는 습성을 가지고 있다(Warham, 1990). 우리나라에서는 제주특별자치도 제주시 추자면에 속하는 사수도에 많은 개체의 습새가 집단번식을 하는데, 이 등(2002)의 연구에 의하면 사수도에는 약 7,500여 쌍 이상의 습새가 번식하는 것으로 보고되었고, 최근에는 번식지 환경의 파괴로 인해 번식개체군이 급격히 감소하여 서식하는 개체는 약 5,500마리로 보고한 바 있다(오, 2006). 사수도의 습새들은 인근에 형성된 멸치어장을 따라 취식여행을 떠나는데(이, 2000; 이 등, 2002), 사수도에서 번식을 하는 습새들은 100km이상 이동하며 먹이활동을 하며 멸치어장의 형성에 따라 제주도 연안까지 먹이를 찾아 활동한다(오, 2006). 조사지역의 연안에서 관찰되는 습새들은 조사 지역 해안에서부터 약 2km 떨어진 해상에서 무리를 지어 먹이활동을 하기 때문에, 사수도에서부터 조사지역의 해안에서 2km 떨어진 해상까지의 넓은 범위가 생활권에 해당한다. 조사지역마다 관찰된 습새는 차이가 있었지만 이는 먹이원의 분포여부에 따라 달라지기 때문에 별 다른 의미를 부여하기는 어렵다고 생각된다. 습새의 주 먹이원인 멸치 *Engraulis japonica*는 우리나라의 모든 해역에 분포하고 주로 남해 일대에 주어장이 형성되며(장 등, 1980; 손 등, 1984; 박과 이, 1991; 백과 이, 2000), 산란 시기는 3~11월, 주 산란기는 5~7월이다(임과 옥, 1977; 최와 김, 1988; 국립수산진흥원, 1998). 2005년과 2006년 7, 8, 9월 제주해역의 멸치의 위관량은 모슬포 지역에서 가장 많았고 성산, 추자, 서귀포 지역 순으로 나타나는 것(수산은행, 2005, 2006)으로 보아 모슬포지역 해상에서 멸치어장의 형성 규모가 크다고 판단되었다. 이(2004)의

연구에서 제주해협 및 그 주변해역에서의 멸치의 산란상황 및 자치어들의 이동 경로를 추측해 보면 주로 여름철 남해안측 연안역이나 섬 주 변에서 산란되어 부화한 멸치 자치어들은 일정 기간동안 산란장내에서 색이활동을 하며 머무르다가 성장하면서 차츰 산란장 외해측으로 이동하여 이곳을 성육장소로 활용하고 있다고 추정되었고 자치어는 제주해협의 북쪽해상에 많이 분포하는 것으로 조사된 것으로 보아 조사지역 해상보다는 제주해협의 북쪽해상이나 모슬포, 성산의 해상에서 습새들의 먹이 활동이 많을 것으로 생각된다. 그리고 본 조사에서 습새는 9월에 330개체로 많은 수가 관찰되었는데 사수도에 번식하는 개체들 중 5% 정도에 해당하는 개체로 나머지 대부분의 습새들은 주로 다른 해상에서 먹이 활동을 하는 것으로 나타났고, 바람을 이용하여 유연하게 날아다니는 습성이 있기 때문에 해상풍력단지 건설로 인해 습새의 서식환경에 미치는 영향은 우려한 것보다는 크지 않을 것이라 판단되나 구체적인 영향을 파악하기 위해서는 지속적인 연구조사를 통하여 보완되어야 할 것이라 사료된다.

우점을 이루는 5종을 제외한 나머지 54종은 논병아리류, 백로류, 오리류 및 도요물떼새류들이며, 논병아리류와 오리류는 월동조류로 주로 겨울동안 일정한 지역에 머물면서 조간대에서 채식활동과 휴식을 취하기 때문에 해상풍력단지의 건설이 방해요인으로 작용할 가능성은 크지 않을 것으로 생각되나 이들 겨울철새의 월동지로 이동 중에는 영향을 받을 수 있다고 생각된다. 따라서 월동조류의 이동기에는 공사를 피하는 등의 주의가 요구된다. 그 이외의 종들 또한 해안조간대에서 먹이활동을 하거나 휴식을 취하기 때문에 해상풍력단지에 의한 먹이활동과 휴식의 방해요인은 크지 않을 것으로 판단된다. 아비류의 경우 하루 종일 바다에서 생활하며 해안조간대에서도 채식 및 휴식을 취하고, 육지와 0.5 ~ 2km 떨어진 해양에서도 관찰이 되기 때문에 어느 정도 영향을 받을 것으로 생각되지만 아비류는 비행보다는 대부분의 시간을 물 위에 떠서 생활하기 때문에 비행에 의한 충돌의 위험은 적을 것이라 판단된다.

2. 조사지역과 인근 하도리, 성산포 철새도래지의 월동조류 현황비교

조사지역은 주요 철새도래지인 구좌읍 하도리와 성산읍 오조리 인근으로 물새류의 활동에 있어 연관성이 있을 것으로 생각되어 본 조사지역과 인근 철새도래지의 서식지, 월동조류 현황 등을 비교함으로써 조사지역에서의 물새류의 활동의 증감을 예측해 보고자 한다.

오 등(1999)은 1993년에서 1998년까지 10월부터 2월까지 6년간 구좌읍 하도리 창흥동과 성산읍 오조리 철새도래지의 월동조류의 현황을 연구하여 보고한 바 있는 데 하도리와 성산포는 물새류의 먹이활동을 하기에 적합하며, 갈대숲이나 곰솔 *Pinus thunbergii* Pari이 군락을 이루고 있어 은신처 및 번식지로서의 역할을 한다 하였다. 반면 본 연구의 조사지역은 주로 해안 암반지대와 모래해안으로 이루어져 있어 주로 휴식지 역할을 하며, 일부 도요·물떼새류의 중간기착지 역할을 하고 있는 것으로 나타났다. 하도리에서는 66종, 23,066개체가, 성산포에서는 48종 14,236개체가 관찰되었으며, 종 다양도는 각각 2.375, 2.316이다. 본 연구에서는 2006년 10월부터 2007년 2월까지 33종 13,605개체가 관찰되었고, 종 다양도는 1.356으로 하도리와 성산포에 비해 낮게 산출되었다. 하도리와 성산포의 우점종은 홍머리오리(26.59%), 알락오리(21.36%), 흰뺨검둥오리(19.56%), 청둥오리(10.47%), 재갈매기(5.84%)의 순으로 이들 지역에서는 주로 오리류가 우점을 이루는 반면 본 연구에서는 재갈매기(57.15%), 팽이갈매기(25.49%), 가마우지 (5.08%), 민물도요(3.06%), 홍머리오리(2.11%)의 순으로 주로 갈매기류가 우점을 이루었다. 본 연구에서 관찰된 습새와 붉은왜가리 *Ardea purpurea* 등의 몇몇 종을 제외한 27종은 하도리와 성산포에서 관찰된 공통종이다. 하도리 43.94%, 성산포 50%에 해당하는 공통종들이 본 조사 지역에서 휴식 및 먹이활동을 하고 있었다. 따라서 본 조사지역의 대부분의 물새류는 인근 철새도래지에서 은신하며 구좌읍 해안까지 날아와 먹이활동과 휴식활동을 하는 것으로 판단된다.

오 등(1999), 강 등(2000)과 오(2004)의 연구결과에서 제주특별자치도의 철새도래지의 종 다양도는 증가 추세에 있으며, 본 조사지역에는 종 다양도가 다소

낮게나왔지만 인근 철새도래지의 월동조류의 증감은 본 조사지역의 월동조류의 종 다양도와 개체수 증감에도 영향을 줄 수 있다. 그리고 월동조류의 개체수 증감에 대해서는 도래지의 환경요인이나 먹이 풍부도, 도래지의 안전성 등과 밀접한 관계가 있다(Gray and Hair, 1984; 구, 1994; 조, 1994; 원과 김, 1994; 최와 정, 1995). 오(2004)의 연구에서도 인위적인 간섭에 따라 월동조류들이 하도리에서 성산포로 이동하는 것으로 조사된 바 있고, 11월에 최대 월동조류가 관찰되나 점차 감소하는 것은 서식면적의 협소와 이에 따른 먹이부족으로 인해 안정적으로 월동할 수 있는 곳으로 분산하였기 때문으로 보고 있다. 따라서 본 조사지역에 까지 월동조류의 활동이 분산되어지는 것으로 판단되어 지기 때문에 본 조사지역에서의 먹이활동과 휴식활동을 위한 배려가 선행되어야 하므로 해상풍력단지 건설 시 조사지역의 물새류의 방해요인을 최소화 하여 제주도에 도래하는 월동조류의 군집구조를 안정화 시켜야 할 것이라 판단된다.

3. 해외사례를 통해서 본 해상풍력단지에 의한 물새류의 행동방식 예측

Pettersson(2005)의 연구결과와 본 연구에서 관찰된 공통종은 10종으로 Diver(아비 *Gavia stellata*), Grebe(빨논병아리 *Podiceps cristatus*), Cormorant(가마우지), Dabbling Duck(홍머리오리, 알락오리 *Anas strepera*, 청둥오리, 넓적부리오리 *Anas clypeata*), Mergus(바다비오리 *Mergus serrator*), Wader(왜가리, 민물도요)로 6그룹으로 나뉘고 이들 중 가마우지, 홍머리오리, 바다비오리가 우점을 이루었다. 이곳 해상풍력단지의 물새류 봄철 이동에서는 주로 가마우지, 홍머리오리, 바다비오리, 섭금류들이 관찰되었고, 가을철 이동시에는 주로 Dabbling Duck, Cormorant, Merganser, Diver가 관찰되었으며 해상풍력단지 건설 이전에 비해 개체수가 감소하였다. 그리고 총 조사기간 중에 가을에 Ytre Stengrund 해상풍력단지에서 슴털오리 떼 중 4마리가 풍력기기와의 한 차례 충돌이 일어나 이 들 개체 중 한 마리만 죽었으며, 물새들은 보통 날씨와 주야 상관없이 풍력단지로부터 1 ~ 2km 부근에서부터 회피적인 행동을 보인다

고 보고하였다.

Horns Rev 해상풍력단지의 경우 divers, Northern Gannets, 검둥오리 *Sula bassana* 등은 풍력기기 건설 이후 풍력단지 지역부근을 제외하여 개체수가 증가한 반면, 재갈매기는 개체수가 감소하였고, 검은등갈매기 *Larus marinus*, 작은갈매기 *Larus minutus*, 제비갈매기 *Sterna paradisea*의 분포의 변동을 보였다 (Petersen *et al.*, 2004).

Nysted 해상풍력단지는 건설 후 바다펭 *Clangula gyemalis*, 솜털오리 *Somateria mollissima*의 개체수가 감소하였고, 재갈매기는 다소 증가하였다 (Kahlert *et al.*, 2004).

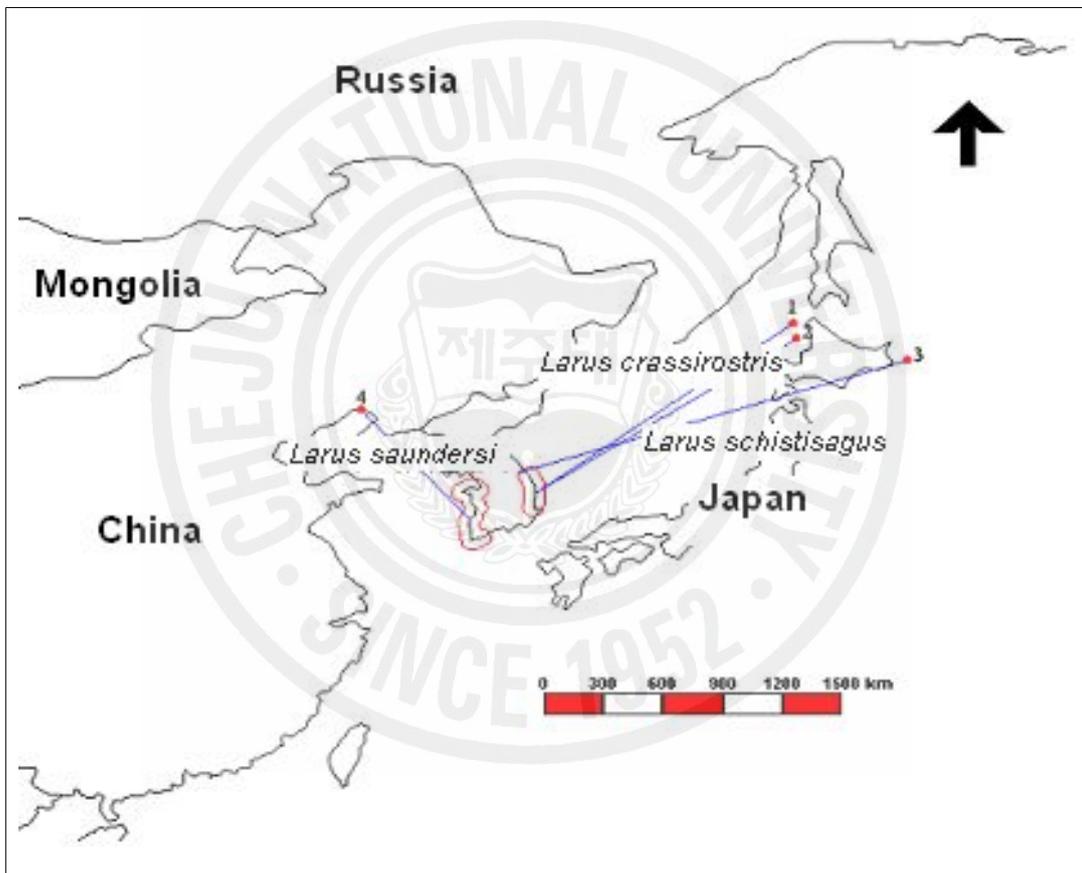
풍력단지 건설이전과 비교 하였을 때 풍력기기가 있는 부근의 조류이동 대부분 감소하고 있었고, 풍력기기를 피하여 이동경로를 바꾸고 있었다. 따라서 위에서 언급한 공통종들은 해상풍력단지 건설 시 풍력기기를 피해서 이동경로를 바꾸는 행동방식을 보일 것이 예상된다.

4. 해상풍력단지 건설이 철새의 이동경로 상에 미칠 수 있는 영향예측

제주지역의 연안과 습지는 지리적으로 동북아시아의 시베리아와 중국의 동북부 등지에서 번식하여 남서쪽으로 이동하는 겨울철새들의 주요 월동지 또는 중간기착지의 역할을 하고 있다(박과 김, 1997; 오 등, 1999). 제주도의 해안 조간대와 철새도래지에는 번식을 끝낸 겨울철새들이 10월경부터 월동을 하기 위하여 찾아오며, 이들 철새들은 제주해협을 통과해야 하는데 이때 해상풍력발전단지가 철새들의 이동경로 상에 있을 수 있기 때문에 철새들의 이동경로의 파악이 중요하다.

국립환경과학원에서는 국가간 이동하는 철새의 이동경로를 파악하여 철새에 대한 보호 방안을 수립하고자 1993년부터 철새 표지방사 사업을 수행해 왔는데, 2002년까지 총 31종의 철새에 대한 이동경로를 규명하였으며 국가별로 이동이 밝혀진 철새는 호주 13종, 러시아 8종, 일본 7종 등으로 이들 국가가 한국에 도래하는 철새의

주요 번식지 및 월동지 임을 확인하였다. 또한 검은머리갈매기 *Larus saundersi*, 팽이갈매기, 큰재갈매기 *Larus schistisagus* 등 갈매기류 3종과 노랑발도요 등 4종의 이동경로가 새롭게 밝혀졌고 이들 중 갈매기는 월동기에 중국과 일본에서 한국으로 이동하는 것으로 조사되었다(Figure 9). 장거리 이동성 조류인 노랑발도요는 호주 북서부 지역에서 유색가락지를 부착하여 방사한 개체가 전라북도 만경강 하구에서 관찰되어 다른 많은 도요새류와 같이 호주에서 월동하는 것으로 확인되었다(Table 5).



출처 : National institute of Environmental Research, 2007

Figure 9. Migration of Laridae (1: Rishiri Island, 2: Teuri Island, 3: Chitomori Island, 4: Shangtai Hekou).

Table 5. The number of species and individuals observed in each country from 1993 to 2002

No.	Korean name	Scientific name	The number of species in each country					Year
			Japan	China	Taiwan	Russia	Mongolia	
1	아비	<i>Gavia stellata</i>						'00
2	저어새	<i>Platalea minor</i>			1			'00-'02
3	큰고니	<i>Cygnus cygnus</i>				2		'01-'02
4	큰기러기	<i>Anser fabalis</i>				13		'94-'00
5	쇠기러기	<i>Anser albifrons</i>				7		'94-'00
6	독수리	<i>Aegypius monachus</i>				1	2	'99-'02
7	두루미	<i>Grus japonensis</i>				1		'93
8	재두루미	<i>Grus vipio</i>	15			4		'94-'02
9	장다리물떼새	<i>Himantopus himantopus</i>			1			'01
10	개펄	<i>Pluvialis squatarola</i>						'00
11	왕눈물떼새	<i>Charadrius monglous</i>	1					'00
12	흑꼬리도요	<i>Limosa limosa</i>						'94-'02
13	큰뺨부리도요	<i>Limosa lapponica</i>						'94-'02
14	알락꼬리마도요	<i>Numenius madagascariensis</i>						'96-'00
15	뺨부리도요	<i>Xenus cinereus</i>			3	1		'97-'01
16	노랑발도요	<i>Heteroscelus brecipes</i>						'02
17	꼬까도요	<i>Arenaria interpres</i>			4			'97-'02
18	붉은가슴도요	<i>Calidris canutus</i>						'97-'02
19	붉은어깨도요	<i>Calidris tenuirostris</i>						'94-'02
20	세가락도요	<i>Calidris alba</i>						'99-'02
21	좁도요	<i>Calidris ruficollis</i>	4		4			'97-'02
22	메추라기도요	<i>Calidris acuminata</i>						'00
23	민물도요	<i>Calidris alpina</i>			9			'99-'02
24	송곳부리도요	<i>Limicola falcinellus</i>						'97
25	팽이갈매기	<i>Larus crassirostris</i>	13					'02
26	큰재갈매기	<i>Larus schistisagus</i>	2					'02
27	고대갈매기	<i>Larus relictus</i>			3			'92
28	검은머리갈매기	<i>Larus saundersi</i>		3				'02
29	쇠제비갈매기	<i>Sterna albifrons</i>						'99
30	노랑턱멧새	<i>Emberiza elegans</i>	1					'00
31	검은머리쭈새	<i>Emberiza schoeniclus</i>	2					'93
The number of Species			7	1	6	8	1	
The number of Individual			38	3	22	32	2	

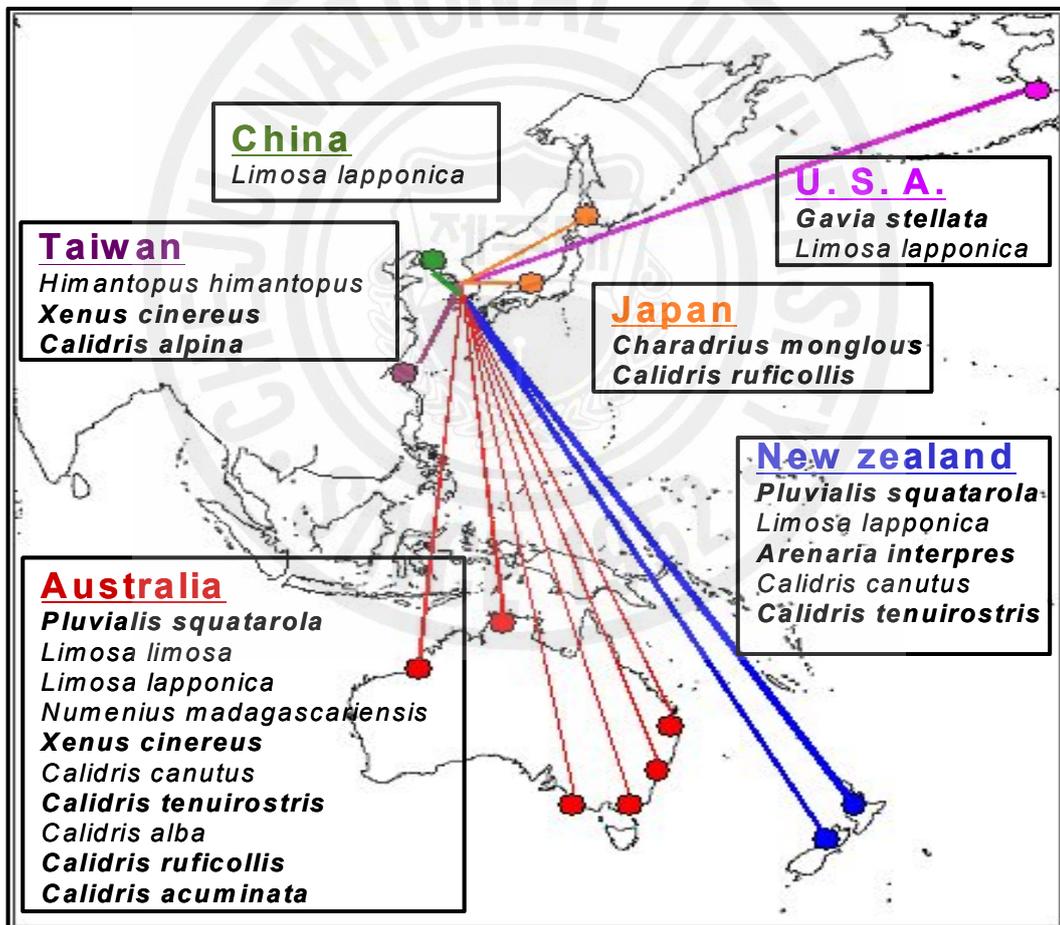
출처 : National institute of Environmental Research, 2003

Table 5. Continued

No.	Korean name	Scientific name	The number of time in country respectively				Total	Year
			Philippines	New zealand	Australia	U. S. A. (Alaska)		
1	아비	<i>Gavia stellata</i>				1	1	'00
2	저어새	<i>Platalea minor</i>					7	'00-'02
3	큰고니	<i>Cygnus cygnus</i>					13	'01-'02
4	큰기러기	<i>Anser fabalis</i>					2	'94-'00
5	쇠기러기	<i>Anser albifrons</i>					3	'94-'00
6	독수리	<i>Aegypius monachus</i>					1	'99-'02
7	두루미	<i>Grus japonensis</i>					19	'93
8	재두루미	<i>Grus vipio</i>					1	'94-'02
9	장다리물떼새	<i>Himantopus himantopus</i>					1	'01
10	개펄	<i>Pluvialis squatarola</i>			1		9	'00
11	왕눈물떼새	<i>Charadrius mongolus</i>					15	'00
12	흑꼬리도요	<i>Limosa limosa</i>			12		2	'94-'02
13	큰뒷부리도요	<i>Limosa lapponica</i>		11	146		9	'94-'02
14	알락꼬리마도요	<i>Numenius madagascariensis</i>			11		8	'96-'00
15	뿔부리도요	<i>Xenus cinereus</i>			14		115	'97-'01
16	노랑발도요	<i>Heteroscelus brecipes</i>			1		6	'02
17	꼬까도요	<i>Arenaria interpres</i>		2	3		1	'97-'02
18	붉은가슴도요	<i>Calidris canutus</i>		5	3		1	'97-'02
19	붉은어깨도요	<i>Calidris tenuirostris</i>			115		18	'94-'02
20	세가락도요	<i>Calidris alba</i>			6		12	'99-'02
21	좁도요	<i>Calidris ruficollis</i>			7		157	'97-'02
22	매추라기도요	<i>Calidris acuminata</i>			2		11	'00
23	민물도요	<i>Calidris alpina</i>					1	'99-'02
24	송곳부리도요	<i>Limicola falcinellus</i>			1		2	'97
25	괭이갈매기	<i>Larus crassirostris</i>					13	'02
26	큰재갈매기	<i>Larus schistisagus</i>					3	'02
27	고대갈매기	<i>Larus relictus</i>					3	'92
28	검은머리갈매기	<i>Larus saundersi</i>					1	'02
29	쇠제비갈매기	<i>Sterna albifrons</i>	1				1	'99
30	노랑턱멧새	<i>Emberiza elegans</i>					2	'00
31	검은머리쭈새	<i>Emberiza schoeniclus</i>					31	'93
The number of Species			1	1	13	1	31	
The number of Individual			1	18	322	1	439	

출처 : National institute of Environmental Research, 2003

또한 국립환경과학원에서는 2002년 이후에도 지속적으로 철새방사사업을 추진하였고, 최근 2006년까지 가락지와 전파발신기로 철새들의 이동을 추적한 결과 철새 37종의 이동경로가 밝혀졌다. 도요·물떼새는 봄철에 월동지인 호주 및 뉴질랜드에서 우리나라의 서해안을 경유하여 번식지인 러시아의 시베리아로 이동하였고, 일부는 중국, 대만, 미국의 알래스카(큰뒷부리도요) 등으로 이동하는 것이 확인되었다. 그리고 겨울철새인 갈매기류는 2002 조사결과와 마찬가지로 일본으로 이동하는 것으로 나타났고, 아비는 인공위성 추적용 발신기를 부착하여 이동경로를 추적한 결과 번식지인 미국의 알래스카에서 월동지인 남해안으로 이동이 확인되었다 (Figure 10).



출처 : National institute of Environmental Research, 2007

Figure 10. Migration of Birds from 1993 to 2006.

국립환경과학원에서 밝혀진 철새의 이동경로에서 본 연구에서 관찰된 종은 아비, 개펄 *Pluvialis squatarola*, 왕눈물떼새, 뒷부리도요 *Xenus cinereus*, 노랑발도요, 꼬까도요 *Arenaria interpres*, 붉은어깨도요 *Calidris tenuirostris*, 줌도요 *Calidris ruficollis*, 메추라기도요 *Calidris acuminata*, 민물도요, 팽이갈매기, 큰재갈매기로 12종이다. 이들 조류는 우리나라와 러시아나 호주 및 뉴질랜드, 대만 등의 국가 간 이동시 제주해협을 경유할 수 있다. 따라서 이들의 비행경로 상에 해상풍력단지가 건설 된다면 풍력기로부터 영향을 받을 수 있다. 평균적으로 조류의 비행속도는 약 50 ~ 70km/h(Karlsson, 1976; Kahlert *et al.*, 2002)로, Pettersson (2005)의 연구에서 해상풍력단지 부근 비행 시 조류는 목적지까지의 총 비행거리에서 0.2 ~ 0.4%의 비행거리와 2 ~ 4분의 비행시간이 증가된다. 이는 곧 에너지 소비의 증가를 가져오며, 번식지에서 월동지로의 이동과 같은 장거리를 비행한 조류의 경우 이러한 근소한 차이가 굶주림이나 기력약화로 죽음에 이를 수도 있다. 따라서 철새들과 나그네새들은 장거리 비행을 위해서 에너지의 손실을 줄이는 방향으로 비행을 하게 되며(Bellrose, 1967; Bruderer and Liechti, 1995), 이때 비행거리, 새들의 경험과 같은 다양한 매개변수가 영향을 미친다(Alerstam, 1979). 조류는 비행 시에 에너지 손실을 줄이기 위해서 공기의 기류를 타려고 하기 때문에 대부분의 새들은 수 천 미터이상으로 높은 고도에서 비행을 하므로 이들의 비행높이는 풍력기기의 높이(덴마크 베스타스 제품의 경우 높이 80m, 날개지름 90m)보다 훨씬 높다. 따라서 해상풍력단지로부터 물새류의 장거리비행 시 직접적인 영향은 없을 것으로 판단된다.

하지만 장거리 이동이 아닌 먹이활동을 위한 이동이나 보금자리에서 먹이활동 지로의 이동과 같은 짧은 거리의 이동은 대부분의 물새류와 바다새류(seabirds)는 해수면으로부터 100m이하에서 비행하며 심지어 50m이하에서 비행하는 종도 있다. 특히 황새목과 도요목이 속하는 섭금류는 장거리비행 시 높은 고도에서 비행하지만 먹이활동 시에는 보통 100m 이하에서 비행한다(Dirksen *et al.*, 1996; Dirksen *et al.*, 1998; Winden *et al.*, 1999; Kruger and Garthe, 2001; Huppopp *et al.*, 2004)는 보고가 있다. 조사지역은 조사기간 동안 황새목 414개체(2.47%), 도요목 13,483개체(80.30%)로 많은 개체수가 관찰되므로 이와 같은 짧은 거리 이동시 해상풍력기기와 충돌할 수 있다. 하지만 대부분의 물새류들은

해안가 가까이에서 먹이활동을 하며, 조사지역의 대부분의 물새들은 조사지역 인근의 습지(구좌읍 하도리 창흥동 양어장 및 종달리 해안, 성산읍 성산포구 일대 등)로 이동하여 은신하는 것으로 알려져 있어 보금자리에서 먹이활동지로의 이동 시 해상풍력단지 건설 예정지의 해상으로 이동하기 보다는 해안선을 따라 이동하거나 육지를 경유하여 이동한다고 판단되므로 해상풍력단지가 물새류의 짧은 거리 이동에 미치는 영향은 크지 않을 것으로 생각된다.

5. 해상풍력단지가 물새류의 주간, 야간이동에 미칠 수 있는 영향예측

해외 사례를 살펴보면 네덜란드의 Lake ijsselmeer의 레이더 연구결과 풍력기 사이로 배행하는 오리류를 관찰하였으며, 환경이 악조건일 때에 해상풍력단지를 우회하여 비행하는 것이 관찰됨으로써, 실제로 물새류들이 풍력기로부터의 비행방향을 조절할 수 있음을 제안한 바 있다(Spaans *et al.*, 1998). 스웨덴의 Kalmar Sound의 해상풍력단지의 연구에서는 대부분의 물새들 풍력단지로부터 1 ~ 2km 전부터 회피적인 비행을 보이는 것으로 조사되었으며, 안개와 부슬비와 같은 날씨의 악조건에서도 물새들이 풍력단지를 피해 커브를 돌며 이동하는 것을 관찰하였고, 그리고 야간 이동에서도 풍력단지로부터 500 ~ 1,000m 전의 거리에서 반응하여 회피하는 것으로 보아 물새류들은 날씨조건이나 낮과 밤에 상관없이 풍력기기 피할 수 있다고 보고된 바 있다.

하지만 달빛이 없는 밤이나, 안개, 비, 강한 바람이 부는 야간과 같이 날씨가 악조건일 때는 물새류의 시야 확보가 어렵고, 비행고도를 낮추는 경향이 있어 (Huppop *et al.*, 2006) 회전자 가까이에서 비행할 확률이 높기 때문에 많은 충돌위험이 존재할 수 있다. 또한 대부분의 물새류는 낮보다 밤에 회전자 가까이에서 비행하기 때문에 낮보다 밤에 충돌위험이 더 높게 나타났다는 보고도 있다 (Winkelman, 1990).

2003년 10월부터 2004년 12월까지 독일의 Helgoland, Sylt, Wangerooge 지역의 해상풍력단지의 조사결과, 자연사한 개체를 포함하여 322마리의 죽은 개체

를 관찰하였으며, 조사한 245개체가 부리나 두개골에 타박상을 입는 등 외관상 상해를 입은 것으로 나타났다. 이러한 충돌은 50%이상 밤에 일어났으며 야간비행 시 새들이 비행방향을 잃어서 불빛이 있는 Platform으로 몰려들어 충돌위험이 증가하는 것으로 보고된 바 있다(Huppopp *et al.*, 2006). 따라서 야간에 풍력기에서 나오는 빛이 조류를 유인할 경우 그 충돌위험이 증가하므로, 안개나 이슬비가 오는 시야확보가 어려운 날씨조건에서는 지속적으로 빛을 비추는 것이 아니라 간헐적인 빛의 양 조절로 빛으로부터의 물새류의 유인을 감소시킴으로서 풍력기와의 충돌위험을 최소화 하여야 한다.

6. 풍력기기의 크기와 바람세기가 물새류 비행에 미칠 수 있는 영향예측

현재 행원육상풍력단지 내에 있는 풍력기기는 회전자 직경이 42m, 타워높이가 45m의 규모이고, 스웨덴의 해상풍력기기의 경우에는 회전자 반경이 70m, 타워높이가 65m에 달하는 육상풍력기기에 비해 큰 규모이다. 모든 생물은 자신보다 큰 물체로부터 위협을 느끼는데 거대한 풍력기기로 인해 물새들이 위화감을 느낄 수도 있다. 하지만 조사기간 동안 행원육상풍력단지를 관찰한 결과 물새류들은 풍력기기주변을 일부러 기피하는 현상은 두드러지지 않았다. 특히 갈매기류들은 풍력기기 주변에서 별 문제없이 날아다니고 있었고, 비행에 방해요인이 되지 않는 것에 비추어 조류의 생활에 풍력기기가 위화감을 조성하는 큰 요인으로 작용하지는 않는 것으로 보인다.

행원리에 설치된 육상풍력기기의 회전자 회전속도는 28.5 ~ 32rpm정도이고, 운전풍속범위는 4 ~ 25m/s 정도인데, 해안가와 육상풍력기기 주변을 비행하는 갈매기류의 비행을 비교해 보았을 때 날개 짓의 차이를 보였다. 갈매기류의 경우 먹이활동 시 날개 짓을 빠르게 하여 공중의 한 점에서 움직이지 않고 정지 비행을 하는 반면 풍력기기주변에서 비행하는 갈매기류들은 끊임없이 날개 짓을 하면서 비행을 조절하고 있었다. 이는 풍력기기로부터 발생하는 바람이 물새류의 비행에 영향을 줄 수도 있음을 추측할 수 있다. 강한 바람은 새의 체온을 감소시

킬 뿐만 아니라 먹이가 주는 신호를 인식하는데 방해요인으로 작용한다고 보고된 바 있는데(Durgan *et al.*, 1981) 풍력기기에 의한 바람이 이에 영향을 줄 수도 있다. 그러나 철새들은 최대 1년에 2만 5000km를 이동하며, 이는 지구 둘레의 60%가 넘는 거리이다. 동아시아권에서 볼 수 있는 도요·물떼새류의 이동경로는 뉴질랜드, 오스트레일리아, 인도네시아를 출발해서 파푸아뉴기니, 필리핀, 한국, 일본, 중국을 거쳐 러시아 알래스카의 습지에 도착한다. 각 종에 따른 계절별 이동경로가 정확하게 밝혀지지는 않았으나, 이들의 이동거리는 편도 13,000km에 달한다(김 등, 1999). 이처럼 해상풍력단지 건설 규모 정도에서의 풍력기기들로부터 나오는 바람의 세기정도는 장거리 비행과 높은 고도에서 비행하는 물새류들에게 미치는 영향은 적을 것이라 판단된다.

7. 풍력기기의 소음이 물새류 서식에 미칠 수 있는 영향예측

소음은 조류의 생활에 영향을 미치는데 조류의 영역 권에 시끄러운 철로가 들어서게 된 후에 조류의 생활영역이 변화되어 시끄러운 철로에서 벗어난 곳으로 생활영역이 변화되었고 개체수가 감소하였다는 보고가 있다(Elly *et al.*, 2004).

Table 6. Threshold levels of noise for bird disturbance

Species	Threshold levels
Garganey	49 dB(A)
Blac-tailed godwit	45 dB(A)(range 30-57)
Skylark	42 dB(A)
All meadow birds	44 dB(A)
All waders	45 dB(A)

출처 : Elly *et al.*, 2004

그 연구 결과에 따르면 섭금류에 속하는 황새목, 두루미목, 도요목의 경우 소음에 대한 역치 값이 조용한 주택가 도로에서 나는 소음 정도인 45dB정도로 섭금류 중 황새목과 도요목은 물새류로서 주의를 기우일 필요가 있다(Table 6).

본 연구에서는 황새목 414개체(2.47%), 도요목 13,483개체(80.30%)가 관찰되었는데(Table 2), 이는 조사지역에서 관찰된 물새류가 도요목이 대부분을 차지하기 때문에 소음의 영향을 받을 수 있다고 예측할 수 있다. 조사지역은 물새류들의 먹이활동과 휴식이 이루어지는 곳으로 소음에 관한 영향은 서식지에 비해 적을 것으로 생각되나, 이 곳은 도로교통의 소음(80dB)에 노출이 되고 있으며, 인근 주민의 파래채취 작업이나 어업활동, 낚시, 관광 등의 활동이 많은 지역이기 때문에 소음이 적다고 볼 수 없다. 한동리, 평대리는 해안도로 공사로 인한 소음(90dB~100dB이상)이 끊이지 않았던 곳인데 한동리에서는 황새목 119개체(3.40%), 도요목 468(13.36%)개체가 평대리에서는 황새목 66개체(2.92%), 도요목 143개체(6.33%)로 비교적 많은 섭금류가 관찰되었다(Table 7). 이처럼 높은 소음에 노출 되어도 주변 지역에 비해 황새목, 도요목의 관찰이 저조하지 않은 것으로 보아 45dB이상이 되는 소음이 먹이활동이나 휴식에 영향을 덜 미치는 것으로 생각되며, 조사지역에서의 물새류에 관한 선행조사가 없었기 때문에 물새류의 전년도에 비해 증감 여부를 판단할 수 있는 자료가 미흡하다고 판단되어 추후 연구조사를 통해 보완되어야 할 것이다.

Table 7. The number of species and individuals in the Orders Cicomiiformes and Charadriiformes in the survey area

Order Cicomiiformes				Order Charadriiformes			
Site	The number of Species.	The number of Individuals.	Dom.(%)	Site	The number of Species.	The number of Individuals.	Dom.(%)
Site 1	6	77	4.59	Site 1	15	1192	72.12
Site 2	5	39	7.39	Site 2	9	170	32.20
site 3	5	113	1.28	site 3	16	7386	83.68
site 4	8	119	3.40	site 4	22	2886	65.28
site 5	5	66	2.92	site 5	12	1848	81.84

풍력기로부터의 소음이 조류가 음향을 인지하는데 방해하고 있다는 연구보고도 있다(Exo *et al.*, 2003). 풍력발전기에서 발생하는 소음은 대형 풍력발전기의 최대풍속에서 103dB정도의 소음이 발생하며, 이 소음은 500m거리에서 45dB로 감소한다. 따라서 풍력발전기로부터 500m 거리 확보 시 소음은 미미하

다고 판단되어지지만, 건설과정 동안에 증가하는 사람들의 활동과 공사에 따른 소음으로 인하여 방해받을 수 있다. 봄철과 가을철에는 도요·물떼새류와 월동 조류의 이동과 먹이활동이 활발하고, 특히 겨울에는 월동하는 조류들이 많기 때문에 이 시기를 피해 여름철에 공사를 진행한다면 방해요인을 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

8. 영향예측 종합

앞에서 언급한 풍력기기가 물새류에게 미칠 수 있는 영향 요인들을 종합 해볼 때 해상풍력단지 건설 시 물새류의 생활영역과 이동영역이 되도록 중복되지 않아야 할 것이다. 철새와 나그네새 등의 번식지 또는 월동지로의 이동과 같은 장거리 이동시 에너지 손실을 줄이는 방향으로 높은 고도에서 비행을 하게 되므로 해상풍력기기와의 충돌은 적을 것이라 판단되어지나 먹이활동을 위한 이동과 보금자리에서 먹이활동지로의 이동과 같은 짧은 거리의 이동은 대부분의 물새류와 바다새류(Seabirds)는 해수면으로부터 100m이하의 낮은 고도에서 비행하므로 주의가 요구된다. 하지만 대부분의 물새들이 조사지역 인근의 습지인 구좌읍 하도리 창흥동 양어장 및 종달리 해안, 성산읍 성산포구 일대 등으로 이동하여 은신하는 것으로 알려져 있어 먹이 활동지와 보금자리와의 이동시 풍력단지가 건설될 해상으로 이동하기 보다는 해안을 따라서 이동하거나 육지를 가로질러 이동하므로 해상풍력단지에 의한 영향은 크지 않을 것이라 판단된다.

조사지역에서는 습새를 제외한 대부분의 물새류들은 해안가를 따라 이동하거나 먹이활동을 하고, 해안으로부터 대략 1km이내에서 활동이 이루어지므로 실제로 해상에 풍력단지가 들어설 경우 물새류의 먹이활동과 휴식과 같은 생활영역에 미칠 수 있는 영향은 적을 것으로 보인다. 반면 7, 8, 9월 조사지역의 해안에서 2km 정도 떨어진 부근에서 먹이활동을 하는 습새는 해양성 조류로 해상풍력기기와의 충돌이 우려되므로 해상풍력단지 건설 시 고려해야 한다고 본다. 그러나 습새는 먹이활동을 위해 100Km이상 이동하며 멸치어장이 많이 형성되는 제

주해협을 북쪽해상, 모슬포, 성산포 해상에서의 습새들의 먹이 활동이 많을 것이라 판단된다(Figure 11). 또한 본 조사에서 관찰된 습새는 사수도에 번식하는 전체 개체수 중 5%정도에 해당하는 개체로 나머지 대부분의 습새들은 다른 해상에서 먹이 활동을 하는 것으로 나타났기 때문에 해상풍력단지의 건설로 인한 습새의 서식환경에 미치는 영향은 우려한 것보다는 크지 않을 것으로 판단되며, 지속적인 연구 조사를 통해 보완되어야 할 것이다.

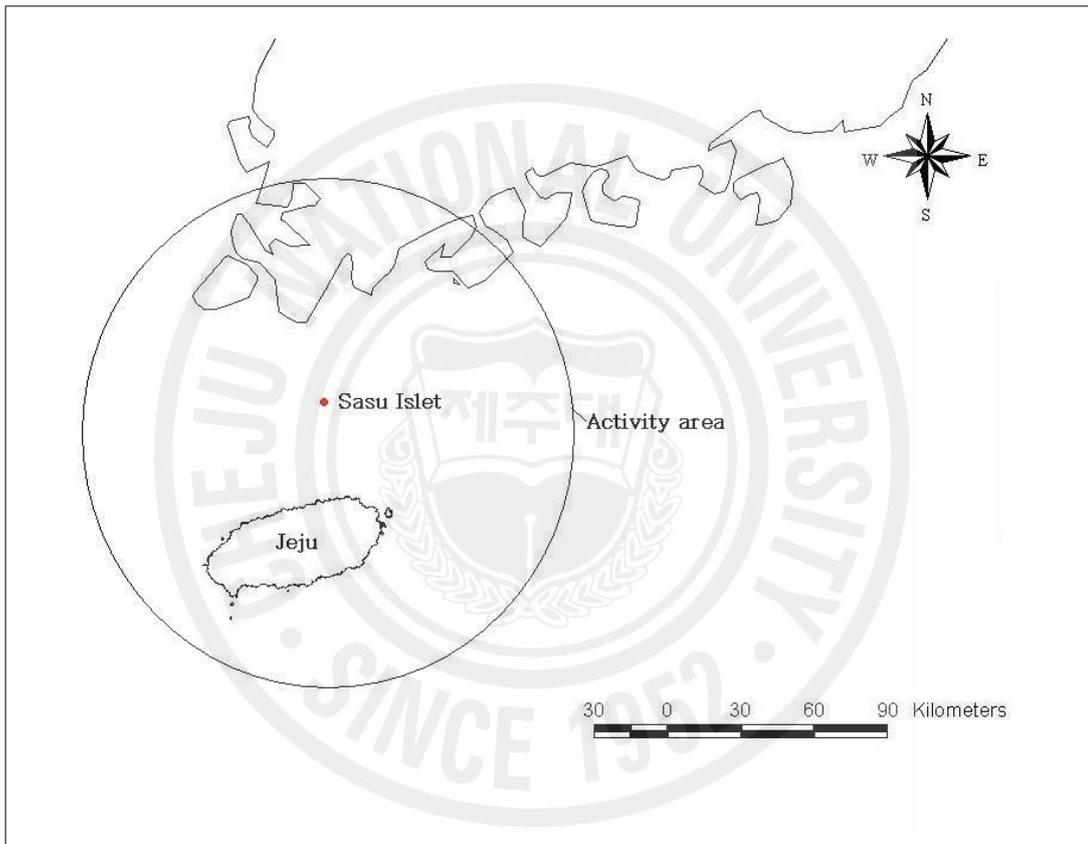


Figure 11. *Calonectris leucomelas*'s activity area.

해상풍력단지의 풍력기기만이 조류에게 영향을 주는 것이 아니다. 해상에 풍력 단지를 건설하는 과정에 있어서도 주의가 필요하다. 해상에 거대한 풍력기기와 해상의 풍력기기로부터 생성된 전기를 육지로 수송하는 케이블선로, 모니터링 하우스 등을 설치하기 위해서 건설기간 동안 무수히 많은 사람들이 왕래할 것이다. 이로 인한 소음 증가와 사람들이 활동이 많아지므로 이 때에는 조사지역의 물새

류들의 먹이활동을 방해할 수 있다. 따라서 많은 조류의 이동이 있는 봄철과 가을철 그리고 월동하는 개체가 많은 겨울철 공사를 피하고 또한 먹이활동 밀집 부근은 피하여 공사하는 것이 물새류의 피해를 최소화 할 수 있을 것이다.

물새류의 자유로운 이동을 위해 특히 해상풍력기기와 충돌이 가장 우려되는 습새의 이동통로를 확보하기 위해서 풍력기기 간 간격과 배열이 중요하다. 스페인의 경우 풍력기기간의 거리를 800m로 제한하고 있는데, 풍력기기간 거리를 충분히 두어 물새류의 이용통로를 넓게 하고, 풍력발전기에서 발생하는 소음의 영향을 최소화해야 한다. 그리고 풍력기기의 배열은 물새들의 주요 이동방향과 평행해야 충돌위험을 줄일 수 있다.

그리고 해외사례에서 보았듯이 조류들은 풍력기기에 대해 반응하여 비행방향을 조절함을 알 수 있었다. 그러나 안개 등의 날씨가 안 좋아 시야확보가 어려운 야간이나 물새의 이동이 활발한 시기의 야간에는 풍력기기의 작동을 최소화함으로써 충돌위험을 줄일 수 있다. 그리고 시야확보가 어려운 야간의 경우 풍력기기로부터 나오는 빛이 조류를 유인하는 요인이 될 수 있으므로 지속적이고 강한 빛은 삼가 하여 간헐적으로 빛의 양을 조절해야 한다고 판단된다.

오(2004)의 연구에서 인위적인 간섭에 따라 월동조류가 하도리에서 성산포로 이동하며, 11월에 최대 월동조류가 관찰되나 점차 감소하는 것은 서식면적의 협소와 이에 따른 먹이부족으로 인해 안정적으로 월동할 수 있는 곳으로 분산하였기 때문으로 보고된 바 있어 본 조사지역에 까지 월동조류의 먹이활동과 휴식활동이 분산되어지는 것으로 판단되었다. 따라서 본 조사지역에서의 물새류의 활동이 보호되어야 하므로 해상풍력단지 건설 시 조사지역의 물새류 서식의 방해요인을 최소화하여 제주도에 도래하는 월동조류의 군집구조의 안정화를 노력해야 할 것이라 판단된다.

앞으로도 지속적으로 물새류의 현황과 활동영역을 파악하고 해상풍력단지 건설에 따른 물새류의 영향요인을 분석하여 물새류의 서식환경을 보존하기 위한 자료를 구축하여 친환경적이고 지속가능한 에너지 개발에 기여할 수 있어야 하겠다.

V. 참고문헌

- 강경미, 오홍식, 정충덕, 박행신. 2000. 제주도내 주요 습지에 도래하는 수조류에 관한 연구. 제주대학교과학교육연구소논문집, 17: 177-196.
- 김건훈. 2005. 풍력발전 기술의 현황 및 전망. 한국에너지기술연구원.
- 김완병, 오홍식, 박행신, 임인추. 1999. 제주도의 주요 습지에 도래하는 도요·물떼새류의 현황. 제주생명과학연구, 2(2): 83-98.
- 구대회. 1994. 서낙동강의 조류. 한국조류학회지, 1: 73-81.
- 국립수산진흥원. 1998. 연근해 주요 어종의 생태와 어장.
- 국립환경과학원 동물생태과. 2003. 철새 4종의 이동경로 새로이 확인.
- 국립환경과학원 생태복원과. 2007. 가락지, 전파발신기로 철새 37종 이동경로 밝혀져.
- 경남호. 2006. 풍력발전의 현황 및 향후전망(III) - 해상풍력 발전기술. 한국에너지기술연구원.
- 박종화, 이주희. 1991. 멸치 기선권현망의 어장형성과 어황변동에 관하여. 한국어업기술학회지, 27(4): 238-246.
- 박행신, 김완병. 1997. 제주도에 도래하는 수조류에 관한 연구. 한국조류학회지, 6: 11-20.
- 백철인, 이동우. 2000. 남해안 주요 어업자원. 국립수산진흥원 수산탐구, 4: 6-11.
- 손태준, 이병기, 장호영. 1984. 멸치 자망 어획량의 계절변동 및 어장형성. 한수지, 17(2): 92-100.
- 신백신, 김동용. 2006. 신재생에너지 연구개발 현황과 활성화 방안 연구. 한국풍력에너지학회.
- 이경규. 2000. 사수도 습새의 번식밀도, 취식여행과 급이형태. 경희대학교대학원 석사학위논문.
- 이경규, 남기백, 이기섭, 이진원, 유정철. 2002. 사수도의 조류상. 한국조류학회지, 9: 13-22.

- 이승중. 2004. 한국 남해 멸치의 난자치어 분포 특성과 생산량 및 환경과의 관계. 제주대학교대학원 박사학위논문.
- 임주열, 옥인숙. 1977. 한국근해에 있어서 멸치란 치자어의 출현분포에 관한 연구. 수진연구보고, 16: 73-80.
- 오홍식, 김완병, 박행신. 1999. 제주도에 도래하는 월동조류의 현황. 한국조류학회지, 6: 35-45.
- 오홍식. 2004. 제주도에 도래하는 물새류 현황과 철새도래지 보호관리에 관한 연구. 한국조류학회지, 11: 11-32
- 오홍식. 2006. 제주시 무인 도서에서의 생물자원의 체계적 연구와 보전관리 방안. 제주지역환경기술개발센터 연구보고.
- 원병오, 김화정. 1994. 낙동강 하류에 도래하는 수조류의 생태. 한국조류학회지, 1: 57-71.
- 장선덕, 홍성윤, 박청길, 진평, 이병기, 이택열, 강용주, 공영. 1980. 멸치자원의 회유에 관한 연구. 부산수대 해연보, 12: 1-38.
- 제주수산은행. 2005, 2006. 제주도 주요수산물 위판 현황.
- 조삼래. 1994. 서산 A지구와 B지구 간척사업이 월동조류의 생태에 미치는 영향. 한국조류학회지, 1: 83-94.
- 최영민, 김진영. 1988. 한국 남해안산 멸치, *Engraulis japonica*(Houttuyn)의 재생산력. 수진연구보고, 41: 27-34.
- 최영복, 정숙희. 1995. 중부 이남 서해안에 도래하는 십금류에 관한 현황. 한국조류학회지, 2: 58-73.
- Alerstam, T. 1979. Wind as selective agent in bird migration. *Ornis. Scand*, 10: 76-93.
- Bellrose, F. C. 1967. The distribution of nocturnal migrants in the air space. *Auk*, 88: 397-424.
- Bruderer, B. and F. Liechti. 1995. Variation in density and geight distribution of nocturnal migration in the south of Israel. *Israel J Zool*, 41: 447-487.
- Dirksen, S., Spaans, A. L. and J. van der Winden. 1996. Nachtelijke trek en

- vlieghoogtes van steltlopers in het voorjaar over de noordelijke havendam van Ijmuiden. *Sula*, 10: 129-142.
- Dirksen, S., Spaans, A. L., van der Winden, J. and L. M. J. van den Bergh. 1998. Nachtelijke vliegpatronen en vlieghoogtes van duikeenden in het IJsselmeergebied. *Limosa*, 71: 57-68.
- Durgan, P. J., Evans, P. R., Goodyer L. R. and N. C. Davidson. 1981. Winter fat reserves in shorebirds : distribution of regulated levels by severe weather condition. *Ibis*, 123: 359-363.
- Elly, W., Ingrid, T., Rien, R., Karen, K. and B. Cajo ter. 2004. Noise disturbance of meadow birds by railway noise.
- EXo, K. M., Huppop, O. and S. Garthe. 2003. Birds and offshore wind farms: a hot topic in marine ecology. *Wader Study Group Bull.*, 100: 50-53.
- Gray, R. H. and J. D. Hair. 1984. Dominance wintering Waterfowl(anatini) : Effects on distribution of sexes. *Condor*, 86: 251-257.
- Huppop, O., Dierschke, J., Exo, K. M., Fredrich, E. and R. Hill. 2006. Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis*, 148: 90-109.
- Huppop, O., Dierschke, J. and H. Wendeln. 2004. Zugvogel und Offshore-Windkraftanlagen: Konflikte und Losungen. *Ber. Vogelschutz*, 41: 127-218.
- Kahlert, J., Desholm, M., Petersen, K. and I. Clausager, 2002. Base-line investigations of birds in relation to an offshore wind farm at Rødsand: Results and conclusions, 2001, NERI Report 2002.
- Kahlert, J., Petersen, I. K., Fox, A.D., Desholm, M. and I. Clausager. 2004. Investigations of birds during construction and operation of Nysted offshore wind farm at Rødsand. Annual status report 2003. National Environmental Research Institute.
- Karlsson, J. 1976. Flyghojden hos ejder *Somateria mollissima* under varfl

- yttningen over sydligaste Skane . bestamning med hjälp av radar.
Fauna Flora, 71: 151-157.
- Kruger, T. and S. Garthe. 2001. Flight altitudes of coastal birds in relation to wind direction and speed. *Atlantic Seabirds*, 3: 203-216.
- Marchant, S. and P. J. Higgins. 1990. Handbook of Australian, New Zealand & Antarctic birds: Vol. 1. Ratites to ducks, Oxford University Press. Melbourne.
- MacArthur, R. H. and J. W. MacArthur. 1961. On birds species diversity. *Ecology*, 42: 594-598.
- Petersen, I. K., Clausager, I. and T. K. Christensen. 2004. Bird numbers and distribution in the Horns Rev offshore wind farm area. Annual status report 2003. National Environmental Research Institute.
- Pettersson, J. 2005. The impact of offshore wind farms on bird life in Southern Kalmar sound, Sweden.
- Simpson, E. H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.
- Spaans, A. L., J. van der Winden, L. M. J. van den Bergh and S. Dirksen. 1998. Vogelhinder door windturbines. Landelijk onderzoekprogramma, deel 4: nachtelijke vliegbewegingen en vlieghoogtes van vogels langs de Afsluitdijk. *Bureau Waardenburg report* 98.015, Culemborg.
- Warham, J. 1990. Their ecology and breeding systems. London. Academic Press.
- Winden, J. van der, Spaans, A. and S. Dirksen. 1999. Nocturnal collision risk of local wintering birds with wind turbines in wetlands. *Bremer Beitrage Naturk. Natursch*, 4: 33-38.
- Winkelman, J. E. 1990. Verstoring van vogels door des Sep-proefwindcentrale te Oosterbierum Fr nstitut voor Natuurbeheer, *RIN-rapport*, 9/157, Arnhem.

<Summary>

Research on the Distribution and Habitat of Waterfowl around Areas Reserved for an Offshore Wind Farm

So-Ri-Na Kim

(Supervised by professor Hong-Shik Oh)

This study was conducted from March 2006 to February 2007 in Gujwaeup, Jeju City to determine the distribution and habitat of waterfowl in order to predict the potential effects of an offshore wind farm on these populations. A total of 16,790 individuals of 59 species were recorded. The species diversity was 1.737. The dominant species were *Larus argentatus*, *Larus crassirostris*, *Phalacrocorax capillatus*, *Calidris alpina* and *Calonectris leucomelas*. By research area, 1,676 individuals of 34 species were observed at Gimnyeong-ri, 528 individuals of 31 species were observed at Woljeng-ri, 8,826 individuals of 37 species were observed at Hwaengweon-ri, 3,502 individuals of 45 species were observed at Handong-ri and 2,258 individuals of 30 species were observed at Pyengdae-ri. Most waterfowl were distributed near the coastline, which suggests that waterfowl are unlikely to be disturbed by wind farm turbines. However, *alonectris leucomelas* forages more than 2 km offshore, so *alonectris leucomelas* may be adversely affected by wind farm turbines.

Our proposals for reducing adverse effects on waterfowl are as follows. There must be sufficient spacing between turbines ("turbine corridors") in order to protect waterfowl and ensure the uninhibited migration of waterfowl. Illuminated turbines must also be controlled because they can attract waterfowl at night during times of poor visibility. In addition, wind farm construction should be restricted during the winter migration season to minimize negative effects on waterfowl.



감사의 글

2년 반이라는 짧지 않은 시간동안의 대학원 생활과 그 결실인 논문을 쓰면서 맘 졸였던 시간들이 한 편의 영화처럼 스쳐 지나갑니다. 힘들었던 순간들도 시간이 지나고 보니 뿌듯함으로 남기도 하고, 아쉬운 것도 행복한 것도 많았던 잊을 수 없는 그 시간을 마무리하자니 참 감회가 새롭습니다. 이 순간까지 저에게 도움 주시고 힘을 주신 분들께 감사의 말씀을 드립니다.

먼저 제 꿈과 제 의지를 믿어주시고, 한결같은 사랑으로 응원해주시고, 뒷바라지 하시느라 고생하시는 사랑하는 부모님께 먼저 너무 감사드리고 사랑한다는 말을 전하고 싶습니다. 그리고 나의 친구이자 힘이 되는 동생 새로나와 우리별에게도 너무 고맙다는 말 전합니다.

조류에 대해 아무것도 모르는 저에게 스스로 배움을 일깨워 주시고 아버지의 마음으로 언제나 환한 미소로 다독거리 주셨던 오홍식 교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 좋은 말씀 끝은 말씀 해주셨던 정충덕 교수님, 수업을 통해 발표에 자신감을 갖도록 지도해주셨던 임평옥 교수님, 힘들었던 대학원 생활에 있어서 조언 해 주시고 아껴주셨던 이순동 교수님께 감사드립니다.

대학원 생활에 있어 많은 경험의 말씀과 조언을 해 주신 김병수 선생님, 장민호 선생님, 송국만 선생님, 경식오빠 그리고 대학원 선배님이신 김영호 선생님, 홍창의 선생님, 최진석 선생님께도 아껴주신 그 마음에 깊이 감사드립니다.

같이 울고 웃었던, 너무나 그리울 생태방 식구들 동민오빠, 원휘오빠, 성한이, 재영이, 주연이, 태욱이, 정화, 수진이, 영심이, 윤숙이, 보은이, 보성이, 승지, 동진이, 지연이, 호준이에게 고마운 마음 전합니다.

오늘도 변함없이 그 자리에서 아낌없는 마음으로 언제나 내게 힘이 되는 소중한 사람들 상혁오빠, 연주, 혜란이, 선미, 으네, 수연이, 재연이, 정균이, 은영언니, 숙영이, 윤정이, 지희에게 고맙고 벅찬 마음 전합니다. 그리고 서로 바빠 자주 함께하지 못했던 친구들과 선배님들, 후배들에게도 고마운 마음 전합니다.

저게 많은 도움과 가르침, 격려해 주신 모든 분들께 다시 한 번 감사드리며, 그 고마움에 누가되지 않도록 언제 어디서든지 최선을 다하는 사람이 되겠습니다.