

博士學位論文

제주도에 서식하는 흑로 *Egretta sacra*의
번식생태와 관리방안

濟州大學校大學院

生物學科

1952

金完柄

2010年 2月

제주도에 서식하는 흑로 *Egretta sacra*의
번식생태와 관리방안

지도교수 김원택·이선령

이 論文을 理學博士學位 論文으로 提出함

2010年 2月

金完柄의 理學博士學位 論文을 認准함

審査委員長 오 홍 식 ㉠

委員 이 두 표 ㉠

委員 유 정 칠 ㉠

委員 김 원 택 ㉠

委員 이 선 령 ㉠

濟州大學校 大學院

2010年 2月

The Breeding Ecology and Management of
Pacific Reef Herons *Egretta sacra* on Jeju Island

Wan-Byung Kim

(Supervised by professor Won-Taek Kim and Sun-Ryung Lee)

A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement for the degree of
Doctor of Philosophy

2010. 2.

This thesis has been examined and approved.

Hong Shik Oh

Thesis director, Hong-Shik Oh, Prof. of Science Education

Doo Pyo Lee

Jeong Chil Yoo

Won Taik Kim

Sun Ryung Lee

(Name and signature)

Nov. 2009

Date

Department of Biology
GRADUATE SCHOOL
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

제 1장 서론	1
제 2장 조사지 개황	5
I. 제주도 우도면 조알리	6
II. 제주도 애월읍 신엄리	6
III. 제주도 한경면 고산리	6
IV. 서귀포시 남원읍 남원리	7
제 3장 흑로의 번식지 환경과 영소 습성	8
I. 서론	8
II. 조사방법	8
III. 결과	9
1. 번식 현황	9
2. 둥지의 재이용률	11
3. 둥지의 크기	12
4. 둥지의 재료	13
IV. 고찰	15
1. 번식지 환경	15
2. 둥지의 재이용률	16
3. 둥지의 크기	17
4. 둥지의 재료	19
V. 요약	20

제 4장 흑로의 산란수, 알의 크기 및 번식 경과	21
I. 서론	21
II. 조사방법	22
III. 결과	22
1. 산란수와 산란 간격	22
2. 알의 크기	23
3. 번식 경과	24
4. 포란, 육추, 이소 및 새끼의 성장 과정	25
IV. 고찰	28
1. 산란수와 산란 간격	28
2. 알의 크기	28
3. 번식 경과	30
4. 포란, 육추, 이소 및 새끼의 성장 과정	32
V. 요약	33
제 5장 흑로의 번식 성공률과 실패 요인	34
I. 서론	34
II. 조사방법	34
III. 결과	35
1. 번식 성공률	35
2. 번식 실패 요인	35
IV. 고찰	38
1. 번식 성공률	38
2. 부화 실패	38
3. 이소 실패	40
4. 번식 실패 요인	40
V. 요약	43

제 6장 흑로의 식이물과 취식 영역	44
I. 서론	44
II. 조사방법	45
III. 결과	45
1. 식이물	45
2. 취식 영역	46
IV. 고찰	48
V. 요약	50
제 7장 흑로의 개체군 보전을 위한 관리방안	51
I. 보호관리의 필요성	51
II. 제주도 주변 해역의 효율적 관리	52
III. 해안조간대의 취식지 유지 관리	56
IV. 번식지 주변의 개발 최소화	58
V. 번식지내의 출입 제한	60
VI. 정기적인 모니터링	61
VII. 보호조류 또는 보호구역 지정	62
VIII. 천적과 기상 조건의 극복	65
IX. 요약	67
적요	68
참고문헌	71

List of tables

Table 1. General habitat characteristics of survey breeding sites for Pacific Reef Herons on Jeju island in 2004	10
Table 2. Reused rate of old nests by Pacific Reef Herons in Aewol-eup population, in 2004 and 2005	12
Table 3. Nest characteristics of Pacific Reef Herons in the Aewol-eup breeding site	14
Table 4. Clutch size of Pacific Reef Herons	23
Table 5. Egg size of Pacific Reef Herons	23
Table 6. Eggshell thickness of Pacific Reef Herons	24
Table 7. Incubation and fledgling period of Pacific Reef Herons	25
Table 8. Comparison of egg size reported for other egrets	29
Table 9. Hatching, fledgling and reproductive success rates of Pacific Reef Herons	36
Table 10. Factors affecting hatching and fledgling failure of Pacific Reef Herons	37
Table 11. Comparison of hatching, fledgling and reproductive success rates reported for other egrets	38
Table 12. Food sizes of Pacific Reef Herons on Jeju island	46
Table 13. The major foraging sites around the Aewol-up breeding site on Jeju island	47
Table 14. Disturbance factors affecting the breeding failure of Pacific Reef Herons on Jeju island	53

List of figures

Fig. 1. The survey breeding sites of Pacific Reef Herons on Jeju island	5
Fig. 2. Nest height of Pacific Reef Herons in the Aewol-eup breeding site	12
Fig. 3. Photographs of the breeding steps of Pacific Reef Herons	27
Fig. 4 Breeding chronology of Pacific Reef Herons on Jeju island	31
Fig. 5. Distance of the major foraging sites(F1~F7) from the Aewol-up breeding site(B)	48
Fig. 6. Schematic diagram for management and conservation of Pacific Reef Herons and their habitat on Jeju island	54
Fig. 7. Proposal of legal protection site(Sineom-ri Aewol-eup) for Pacific Reef Herons on Jeju island	65

Summary

This study was based on an investigation of the breeding sites, nidification habits, breeding ecology, breeding failure, and food of Pacific Reef Herons during breeding seasons from 2003 to 2005.

1. Breeding sites and nidification habits

The nests were built on the ledges of cliffs in order to avoid predator attack. The found nests included a total of 31 places: 13 in Sineom-ri, Aewol-eup, 7 of Namwon-ri, Namwon-eup, 6 in Joil-ri, Udo-myeon, and 5 in Gosan-ri, Hangyeong-myeon. It turned out that the reuse rate of the nests was 61.5% in 2004, and 83% in 2005. The average reuse rate of nests was 72.0%. The mean height of the nest was 10.5 ± 1.4 m above sea level. The selection of nest location was determined by the location and structure of the available ledges or grooves. The mean length of the nest was 77.8 ± 3.1 cm, and the breadth was 56.2 ± 3.8 cm. The nests of Pacific Reef Herons were larger than those of other egret species such as Black-crowned Night Herons, Cattle Egrets, Little Egrets, Great Egrets, the depth of the nests was relatively low. The nests were built up only with *Peucedanum japonicum*.

2. Clutch, egg size and breeding cycle

The clutch size of Pacific Reef Herons was 3.24 ± 0.2 , and the eggs were laid at dawn or night at one to three-day intervals. The egg dimensions were: 46.73 ± 0.31 mm for length, 34.06 ± 0.13 mm for breadth, 27.67 ± 0.50 g for weight, and 0.26 ± 0.01 mm in thickness. In regard to the breeding cycles of Pacific Reef Herons, nesting or nest repair was conducted from February to the end of April each year, egg laying from the beginning of March to the

beginning of May, hatching from the beginning of April to the middle of May, and nest departure from the middle of May to the end of July. The supplement brood began from May to June when the first brood had failed. The incubation period was 28.17 ± 1.7 days, and the fledgling period was 40.00 ± 3.1 days. As compared with other egret species, the egg laying period of Pacific Reef Herons was earlier than that of the Black-crowned Night Herons, Little Egrets, and Great Egrets, but later than that of Grey Herons, in Korea.

3. The breeding success and breeding failure factors

The hatching rate was 56.6%, the nest leaving rate of the hatched birds was 56.7%, and the breeding success rate was 32.1%. The breeding failure factors detected herein were as follows: eggs or chicks were eaten by predators (32.4%), the eggs or chicks fell out of their nests (29.7%), the incubation of eggs or the fledgling of chicks was abandoned (21.6%), and infertile eggs (16.2%).

4. The food resources and foraging sites

The food resources of Pacific Reef Herons were identified as comprising 21 individuals of 5 species, and these identifications were verified as follows: 38.1% of *Tridentoger obscurus*, 19.0% of *Ennedpterygius etheostomus*, and 14.3% of *Engraulis japonica*. The sizes of the food resources were measured as follows: total 58.29 ± 5.17 mm, *T. obscurus* was 67.49 ± 4.91 mm, *E. etheostomus* was 43.98 ± 3.50 mm, and *E. japonica* was 22.77 ± 1.17 mm. The semi-digested foods were identified as *Paralichthys olivaceus* and *Sebastes inermis*. The primary foraging sites were 7.4 km (Oedocheon) east, to 6.6 km (Geumseongcheon) west of the Aewol breeding site.

5. Management for the conservation of Pacific Reef Herons

We support a management plan targeted toward the prevention of the loss of the littoral zone of Jeju island for the foraging sites of Pacific Reef Herons. In particular, 7 sites in the littoral zones within 10km around the breeding site of Sineum-ri Aewol-eup must be preserved and protected because they are the principal foraging sites of Pacific Reef Herons. An administrative system must be established to carve out a zone of protection from development around Jeju's cliff areas, including Joil-ri Udo-myeon, Sineom-ri Aewol-eup, Gosan-ri Hangyeong-myeon, and Namwon-ri Namwon-eup. A cliff walk should be located more than 5m from the cliffs that Pacific Reef Herons used as breeding sites, and walking should be prohibited near breeding sites in the season from March to July. In particular, the cliff around Sineum-ri, which is approximately 150 meters long, must be preserved. Monitoring must be carried out to evaluate the breeding and wintering population and habitat behavior of Pacific Reef Herons on Jeju island and its attached islets. The Pacific Reef Heron must also be designated as an endangered species or as a natural monument due to its limited breeding sites.

제 1장 서론

백로과(Ardeidae) 조류는 17속 62종이 서식하고 있으며, 남극 지방을 제외한 세계 곳곳에 분포하고 있다(Clements, 2002; Kushlan and Hancock, 2005). 백로류의 몸 크기는 27~140cm로 다양하고, 집단적으로 번식하는 습성이 있으며, 종에 따라 다른 백로류와 혼성 번식하기도 한다(del Hoyo *et al.*, 2000). 우리나라에서는 모두 17종이 보고되어 있으며, 이중 집단을 이루어 번식하는 종은 해오라기 *Nycticorax nycticorax*, 노랑부리백로 *Egretta eulophotes*, 흑로 *Egretta sacra*, 쇠백로 *Egretta garzetta*, 중백로 *Egretta intermedia*, 중대백로 *Ardea alba*, 왜가리 *Ardea cinerea* 등 7종이며, 중대백로의 번식개체군이 가장 큰 편이다(박과 원, 1993; 박, 2002).

흑로 Pacific Reef Herons는 황새목 Ciconiiformes 백로과 Ardeidae에 속하며, 한국, 일본, 중국, 동남아시아와 오세아니아주의 해안가에 서식한다(Hancock and Elliott, 1978; del Hoyo *et al.*, 1992; Clements, 2000; Kushlan and Hancock, 2005). 또한 한국에서는 제주도를 포함하여 우리나라의 남해안 도서 지방에서 번식하는 텃새로 알려져 있다(원, 1981; Kushlan and Hafner, 2000).

흑로는 몸 크기가 58~62cm 정도이며, 수컷이 암컷보다 큰 편이다. 암수 모두 몸 전체가 석판 검은색으로 가슴, 배, 아래꼬리 덮깃이 다소 옅은 검은색을 띤다. 번식기에 나타나는 머리, 목, 등의 장식깃도 검은색을 띤다. 개체에 따라 백색형과 흑색형이 있다. 백색형은 부리, 다리, 눈을 제외하고 온 몸이 백색이고, 흑색형과 백색형의 중간형도 분포하며, 흑색형 중에는 턱밑과 목이 흰색인 개체도 있다(원, 1981; MacKinnon and Philipps, 2000; Kushlan and Hancock, 2005). 다리는 흑색형과 백색형 모두 노란색을 띠며 부리는 흑색형의 경우 노란빛이 도는 어두운 갈색을 띠며 백색형의 경우는 노란색을 띤다. 눈은 노란색을 띠며, 눈앞에 나출된 부위도 노란색을 띠지만 개체에 따라 조금씩 차이가 있다(Kushlan and Hancock, 2005).

흑로는 2개의 아종이 서식하고 있는 것으로 알려져 있는데, 일반적으로 *E. s.*

*sacra*는 한국, 일본, 중국동남부, 필리핀, 대만, 베트남, 말레이반도, 싱가포르, 인도네시아, 폴리네시아, 호주와 뉴질랜드 등에 분포하며, *E. s. albolineata*는 New Caledonia와 Loyalty Islands에 제한적으로 서식한다(Clements, 2000). 지리적 분포에 따라 아종 간에 몸 크기와 깃털 색에 차이가 있으며, *E. s. albolineata*이 날개 길이가 더 길고 부리색이 약간 검다(Itoh, 1991). 호주에서는 백색형이 흑색형보다 더 많으며 흑색형과 백색형 사이에 번식이 이루어질 뿐만 아니라, 경우에 따라서는 흑색형 단일 집단을 이루기도 한다(Kikkawa, 1970; Ewins *et al.*, 1990). 일본에서는 홋카이도, 혼슈, 시코쿠, 큐슈, 쓰시마, 류큐열도 및 그 주변 도서 등에서 서식하며, 주로 암초지에서 생활한다(Eguchi *et al.*, 2000). 중국에서는 Hainan, Hong Kong, Taiwan, Penghu 섬에서 번식하고 번식기 이후에는 내륙의 해안가로 이동하기도 한다(MacKinnon and Phillipps, 2000).

Oliver(1948)는 흑로가 제주도에서 흔히 관찰되는 종이라고 보고한 바 있다. 박 등(1985)은 제주도의 조류 개관 연구에서 나그네새로, 고와 박(1990)은 제주도 황새목 분포에 관한 연구를 통하여 텃새로, Jürgen(1993)은 북한의 평안남도의 대동강과 남포에서 드물게 관찰하는 나그네새로 각각 보고하였다. 원(1993)은 남해 연안의 무인도서나 암초에서 볼 수 있으나 번식은 확인하지 못하였다고 하였으며, 박(2002)은 남해안과 도서지역을 중심으로 국지적으로 분포하는 텃새라고 하였다.

백로류에 대해서는 다른 분류군에 비해 비교적 활발히 연구되고 있으나, 흑로는 번식지가 해안절벽으로 매우 제한적이고 접근이 어려운 점이 있어 단편적인 연구만 이루어진 실정이다. 흑로의 번식생태에 관한 연구사례는 영역방어 행동(Recher, 1972), 취식 행동(Recher and Recher, 1972), 흑색형과 백색형에 관한 연구(Holyoak, 1973), 분포와 번식(Hancock and Elliot, 1978), 흑로의 집단 번식 연구(Ewins *et al.*, 1990), 번식생태(MacKilligan, 2002) 등이 있으나, 우리나라에서 아직까지 흑로의 번식지 연구는 이루어진 바 없으며 주로 분포지 조사만이 부분적으로 보고되어 있다.

제주도의 흑로에 대해서는 Iizuka *et al.*,(1914), Momiyama(1926)에 의해 제주도에서 채집된 표본을 발표하였으며, 이후 여러 학자에 의해 흑로가 관찰되어 왔다. 제주도에서 관찰된 기록을 보면, 원(1970)은 추자군도의 하추자도와 청도에서

각각 1개체, 박(1976)은 서귀포시 문도에서 3개체, 박과 김(1981)은 성산읍 성산포만에서 3개체, 박과 김(1983)은 서귀포시 돈내코 계곡에서 1개체, 윤 등(1985)은 상추자도와 사수도에서 각각 1개체, 윤과 박(1986)은 서귀포시 강정천에서 1~4개체, 양과 박(1988)은 조천읍 신흥리에서 1~7개체, 박(1990)은 제주도 주변 무인도인 삼도, 호도, 형제도, 지귀도, 차귀도에서 1~5개씩, 고와 박(1990) 하도리에서 1~4개체 그리고 한경면 용수 저수지 1개체, 박(1990)과 박과 김(1996)은 제주도 주변 무인도 호도, 삼도, 형제도, 차귀도, 지귀도에서 1~5개체, 박과 오(1991)는 주변 유인도인 비양도, 우도, 마라도, 가파도에서 1~7개체, Kang *et al.*(1995)은 하도리에서 1개체, 박과 김(1997)은 한경면 금등리와 조천읍 신흥리에서 각각 1개체, 하도리에서 1개체, 성산포만에서 2개체, 오 등(1999)은 하도리와 성산포만에서 각각 1~2개체, Lee *et al.*(2002) 사수도에서 1~8개체, 오(2003)는 차귀도에서 1~6개체, 오(2004)는 다려도에서 3개체를 각각 관찰하였다. 박(2002)은 제주도 해안절벽에서 여러 개의 둥지가 발견되었다고 보고한 바 있으며, 김 등(2005)은 제주도에서 해안절벽에서 번식 사실을 발표한 바 있다.

백로류들은 주로 내륙과 해안 습지를 중심으로 생활하고 있어서 습지의 환경 변화에 따라 종의 출현이나 개체수 증감이 나타난다. 따라서 습지의 감소와 환경 저해요인의 증가는 백로류의 먹이자원을 제한하는 요인이 되기 때문에 백로류의 개체수가 감소하는 결과를 초래한다. 백로류의 개체수 감소는 기후적 조건에 따라서도 발생하지만, 인위적 요인에 따라 매우 심각한 위협에 놓일 수 있다.

제주도의 해안선은 화산활동에 따른 용암분출로 인하여 암반조건대를 이루고 있다. 주로 해안용천수가 솟아나오는 해안조건대와 접한 구역에 해안습지가 소규모로 분포하고 있다. 이러한 곳에는 각종 물고기와 조개, 게, 파래, 갯지렁이 등 물새들의 먹이자원이 풍부하며 특히 흑로의 적합한 취식지가 되고 있다. 그러나 제주도의 해안조건대가 해안도로나 항만개발로 인하여 매립이 늘어나는 추세에 있다. 또한 그들의 번식터인 해안절벽 주변은 유원지로 변하면서 자연적인 천적 이외에 낚시꾼, 들고양이 *Felis catus*, 까치 *Pica pica*와 같은 인간 활동에 영향을 받은 천적들이 늘어나고 있다. 그리고 갯바위 낚시꾼이 버리는 낚싯바늘과 낚싯줄에 얽혀 희생되기도 한다. 그러다 보니 제주의 텃새임에도 불구하고 흑로의 생존에 위협을 주고 있다. 앞으로 흑로의 서식지를 위협하는 개발과 새들의 생명

을 고려하지 않는 사람들의 부주의가 계속 된다면, 근시일내에 흑로는 제주에서 사라질 위기에 놓여 있다.

본 연구는 제주도에서 번식하는 흑로의 번식지 환경, 번식생태, 번식실패요인, 성장과정, 먹이자원 등을 밝혀 흑로의 번식지 관리방안을 제안하는 것을 주 목적으로 하고 있다. 조사지역은 흑로가 관찰되는 제주도 전역을 기초로 하여, 주요 번식지 환경 특성을 제시하고자 한다. 번식생태는 애월읍 신엄리 절벽을 중심으로 조사하였으며 그 외 해안절벽, 해안조간대, 유무인도서는 흑로의 관찰지역에 포함시켰다. 세부적인 연구 목적은 다음과 같다.

첫째, 제주도 주요 해안절벽으로 대상으로 흑로의 번식지 현황과 특성을 조사하고, 흑로의 영소습성을 파악하기 위해 등지 재이용, 각 등지의 장경과 단경 및 높이, 등지의 천정높이와 회피거리, 등지재료 등을 알아보하고자 한다.

둘째, 각 등지의 산란수, 산란간격, 알의 크기, 무게, 두께, 부화와 이소 시기 등을 조사하여 흑로의 번식경과를 알아보하고자 한다.

셋째, 흑로의 산란기에서부터 이소기까지의 알과 새끼의 상태를 점검하여 부화 성공률, 이소 성공률, 번식 성공률 그리고 방해요인을 밝히고자 한다.

넷째, 흑로의 번식지를 중심으로 먹이자원과 주요 취식지를 알아보하고자 한다.

다섯째, 위의 조사결과를 바탕으로 흑로의 번식지 환경을 어떻게 효율적으로 보호하기 위한 관리방안을 제안하고자 한다.

제 2장 조사지 개황

조사기간은 2003년 1월부터 2005년 8월까지이며, 산란기에서부터 이시기까지는 3~5일 간격으로 조사하였다. 흑로의 번식지로 추정되는 제주도내 주요 유무인도의 해안절벽을 조사하였으며, 주 번식지는 제주시 우도면 조일리, 제주시 애월읍 신엄리, 제주시 한경면 고산리, 서귀포시 남원읍 남원리 등 4곳이다(Fig. 1).

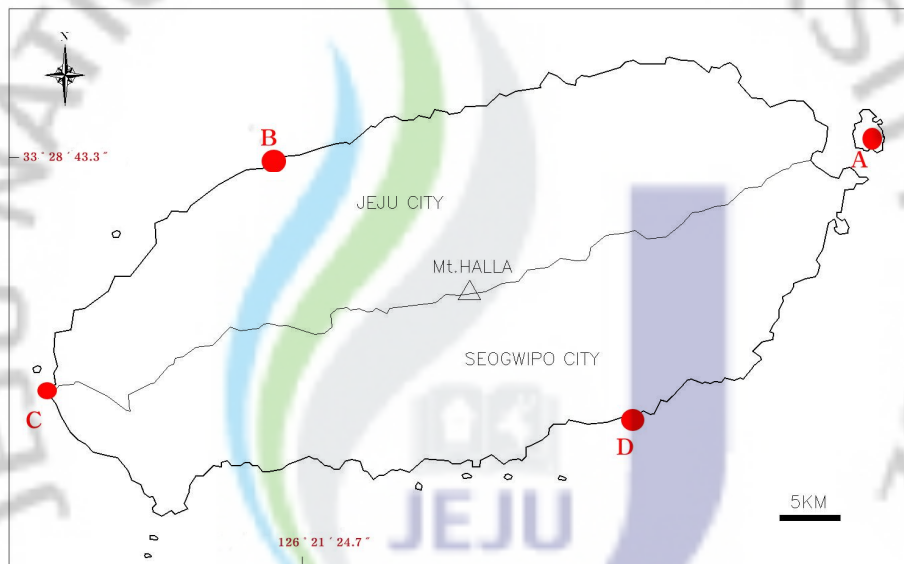


Fig. 1. The survey breeding sites of Pacific Reef Herons on Jeju island. These sites consist of basalt cliff and rocky shelves which is utilized by the birds as a breeding position of Pacific Reef Herons(A: Joil-ri Udo-myeon, B: Sineom-ri Aewol-eup, C: Gosan-ri Hangyeong-myeon, D: Namwon-ri Namwon-eup).

I. 제주시 우도면 조일리

이곳은 속칭 우도봉 ‘검멀레’ 해안절벽으로 북위 33°30′41″, 동경 126°16′27″에 위치한다. 우도는 유인도이며 제주의 부속도서 중 가장 크고 섬 전체 면적은 6.03km²이다. 우도봉(132.5m) 일대를 제외하고는 평탄한 지형을 이루고 있으며 섬 중앙부는 농경지로 이용되고 있다. 해안선은 비교적 단조롭지만 우도봉을 끼고 있는 남동해안(속칭 검멀레)은 퇴적층이 파식을 받아 단애를 이루고 있다. 우도봉 일대는 잔디와 참억새 등이 우점군락을 이루며 부분적으로 곰솔군락이 분포한다. 우도는 홍조단괴 해수욕장을 비롯하여 경관자원이 많아서 사람들의 출입이 많은 곳이다. 특히 잠수함이나 보트를 이용해 검멀레 절벽 부근까지 접근하여 해상관광을 즐기며 낚시도 이 일대에서 행해지고 있다.

II. 제주시 애월읍 신엄리

이곳은 속칭 ‘남또리개’라는 곳으로 북위 33°28′43″, 동경 126°21′25″에 위치한다. 현무암 해식단애가 급경사로 형성되어 있으며 용암선반이 잘 발달되어 있다. 주요 식물로는 절벽 위 육상에는 곰솔 *Pinus thunbergii*과 사초과 식물이 우점하며 갯기름나물 *Peucedanum japonicum* 등이 절벽 등에 분포한다. 절벽 아래는 사람들의 출입이 어렵지만 최대 간조시에는 낚시꾼과 해초류를 채취하는 사람들의 출입이 많고 절벽 위는 해안도로가 나있고 민박형 건물이 들어서 있다. 또한 곰솔숲에는 행락객들의 이용 빈도가 높은 곳이다.

III. 제주시 한경면 고산리

이곳은 북위 33°18′28″, 동경 126°08′43″에 위치하며, 차귀도, 죽도, 와도 3개 섬으로 구성되어 있고 면적은 각각 105,145m², 2,281m², 5,058m²이다. 차귀도는 섬 전체가 완만한 경사를 이루고 있으며 남서쪽은 급경사를 이룬 해식단애가 발

달되어 있다. 주요 식물로는 조림식수인 곰솔을 비롯하여 보리밥나무 *Elaeagnus macrophylla*, 찔레꽃 *Rosa multiflora*, 순비기나무 *Vitex rotundifolia*, 사철나무 등의 목본류와 참억새 *Miscanthus sinensis*, 밀사초 *Carex boottiana*, 갯기름나물, 해녀콩 *Canavalia lineata* 등이 분포한다. 와도와 죽도는 키가 큰 목본류나 빈약하며 대신 키가 작은 관목류 일부와 초본류가 섬을 덮고 있다.

죽도는 차귀도 남쪽에 있는 떨어져 있는 섬으로 높이 30m 정도의 삼각형 봉우리를 형성하고 있다. 북서쪽으로는 45도 각도의 완만한 경사를 이루고 있는 반면, 남동쪽은 급경사로 이루어진 곳으로 해식애가 발달되어 있다.

와도는 본섬과 차귀도 사이에 있으며(북위 33°18' 45", 동경 126°09' 65"), 자구내 포구에서 300m지점에 위치하고 있다. 북쪽, 북동쪽, 북서쪽은 경사면이 완만하고 바람과 파도에 바로 노출되어 있기 때문에 물새들이 휴식처나 번식처로 이용하기 어렵다. 반면, 남쪽과 남서쪽은 수직경사를 이룬 절벽이 발달되어 있고 움푹 패인 단애 공간이 많아서 매 *Falco peregrinus*와 흑로가 번식지 또는 휴식지로 이용되고 있다.

IV. 서귀포시 남원읍 남원리

이곳은 속칭 '큰엉'이라는 곳으로 북위 33°15' 00", 동경 126°42' 30"에 위치한다. 현무암 해식단애가 급경사로 형성되어 있으며 절벽사이로 파식대가 형성되어 있어서 흑로들의 둥지터로 이용가능한 곳이 많은 편이다. 흑로의 둥지방향이 남쪽으로 노출되어 있으며 둥지 입구는 초본류나 양치류에 의해 은폐되어 있다.

주요 식물로는 절벽 위 육상에는 곰솔과 우묵사스레피나무 *Eurya emarginata*, 사철나무 *Euonymus japonica*, 동백나무 *Camellia japonica* 등의 목본류와 사초과 식물이 우점하며 갯기름나물, 고비 *Osmunda japonica* 등이 절벽 등에 분포한다. 절벽 아래는 사람들의 접근이 어렵지만 낚시꾼들의 출입이 많으며, 지역주민들이 해초류와 어패류를 채취하는 경우도 많다. 이 일대는 남원 큰엉관광지구로 지정되어 곳으로 민박형 콘도, 체육공원, 신영박물관 등이 들어서 있으며 절벽 바로 위로는 산책로가 마련되어 있기 때문에 관광객들이 많이 찾는 관광명소이다.

제 3장 흑로의 번식지 환경과 영소 습성

I. 서론

백로과의 백로속 조류들은 다른 종들과 함께 군집을 이루어 혼성 번식하는 습성이 강하다(Erwin, 1983; 김 등, 1998). 백로류의 번식장소의 선택인자로는 영소목 수종, 천적방어, 둥지재료확보, 먹이획득, 잠재적인 먹이장소의 분포, 서식지 환경, 기상요인의 극복 등을 들 수 있다(Maddock and Baxter, 1991; Baxter, 1994; Gibbs and Kinkel, 1997; Blus *et al.*, 1997; Baxter and Fairweather, 1998; Grull and Ranner, 1998; 정, 1998; 권, 2007; Choi, 2008; 강 등 2009).

흑로는 단독 또는 집단을 이루어 번식을 하며, 둥지는 사람의 접근이 어려운 무인도의 암초나 나무 위 또는 암벽 선반 위에 틀며 알은 2~3개정도 낳는다(Kikkawa, 1970; McKilligan, 2002). 먹이는 주로 어류와 게류이며 단독 또는 암수가 함께 먹이활동을 한다. 간만조에 따라 취식활동을 하며 일정한 먹이 영역권을 가지는 경향이 있다(del Hoyo *et al.*, 1992).

본 연구는 제주도내의 주요 번식지에 대한 환경적 특징과 영소 습성을 조사하여 향후 흑로의 번식지를 보호하는데 필요한 자료를 제공하고자 이루어졌다.

II. 조사방법

주 번식지 대상지는 제주시 우도면 조일리, 제주시 애월읍 신엄리, 제주시 한경면 고산리, 서귀포시 남원읍 남원리 등 4곳이며, 흑로의 영소 습성은 애월읍 신엄리 번식지를 대상으로 조사하였다. 집단번식지에서의 조사자의 출입은 번식 성공률과 직결되기 때문에(Tremblay and Ellison, 1979), 조사자의 접근성과 안전성 그리고 흑로의 번식에 미치는 장애를 최소화하였다. 특히 부화 직전과 직후에 둥지를 출입할 경우 둥지에 머무는 시간을 최대한 줄였다.

조류확인용 쌍안경(10X, Nikon)과 망원경(40X, Nikon)을 이용하였으며, 등지의 측정은 줄자(5.5m×25mm, Komelon)를 사용하였으며, 조석표는 국립해양조사원에서 제공하는 조석예보자료를 이용하였다. 번식지의 환경 특성은 섬의 위치, 지형적 특징, 육안으로 확인된 등지개소, 혹은 관찰개수, 주요 동식물상, 이용현황 등을 조사하였다.

후로의 영소습성을 파악하기 위해 등지 재사용 여부, 등지 밀도, 각 등지의 장경, 단경 및 높이, 등지의 천정높이와 회피거리, 등지재료 등을 조사하였다. 등지의 재사용률은 전년도에 이용한 등지를 미리 파악한 후, 등지 앞에 표식을 한 후 이듬해에 등지 이용 여부를 확인하였다.

III. 결과

1. 번식 현황

번식지 4곳에서 확인된 등지(옛 등지 포함)는 최소 31개소였으며, 사람의 접근이 어려운 수직 해안절벽을 택하였다. 지역별로는 애월읍 신엄리가 13개소로 가장 많았으며, 다음으로 한경면 고산리(와도) 6개소, 남원읍 남원리 7개소, 우도면 조일리(우도) 5개소 순이었다(Table 2). 번식지의 방향은 애월읍 신엄리에서는 북쪽으로, 남원읍 남원리에서는 남쪽으로, 한경면 고산리에서는 남서쪽으로, 우도면 조일리는 동쪽으로 향하고 있었다. 등지높이는 5~30m사이였으며, 우도의 경우는 천정 절벽에 튼 경우도 있었다. 번식장소에 따라 등지 방향, 절벽 높이에 다소 차이가 있었고, 등지는 모두 바다와 접한 곳에 위치해 있어 조사자가 접근하면 어린 새끼는 선반 안쪽으로 회피할 수 있는 곳이었다. 또한 등지위치는 절벽 선반으로 천적의 접근을 최소화하고 그 높이와 방향은 각 번식지에서 암벽선반의 발달 정도에 따라 결정되었다.

각 지역별로 새끼를 제외한 1회 최대 관찰 개체수는 애월리 18개체, 고산리 12개체, 남원리 9개체, 조일리 7개체 순이었다(Table 1).

Table 1. General habitat characteristics of survey breeding sites for Pacific Reef Herons on Jeju island in 2004

Breeding Location ¹⁾	Nest Number	Maximum number of Individuals
B1	6	7
B2	13	18
B3	5	12
B4	7	9

¹⁾ B1: Joil-ri Udo-myeon(Udo), Jeju city, B2: Sineom-ri Aewol-eup, Jeju city, B3: Gosan-ri Hangyeong-myeon(Wado), Jeju city, B4: Namwon-ri Namwon-eup, Seogwipo city

번식지 4곳에서 관찰된 조류를 보면, 그리고 우도면 조일리 일대의 해안절벽에 서는 흑로, 가마우지 *Phalacrocorax pelagicus*, 매, 바다직박구리 *Monticola solitarius*, 칼새 *Apus pacificus* 등이 번식하고 있는 것이 확인되었다.

애월읍 신엄리에서 번식하는 조류는 흑로와 바다직박구리 2종뿐이었다. 흑로와 공동생활을 하는 좋은 둥지터인 경우 가마우지, 바다직박구리, 재갈매기 *Larus vegae*, 팽이갈매기 *Larus crassirostris* 그리고 먹이터에서는 쇠백로, 중백로, 중대백로, 왜가리, 물총새 *Alcedo atthis*, 중부리도요 *Numenius phaeopus*, 노랑발도요 *Heteroscelus brevipes* 등이었다. 흑로의 번식에 직접적인 장애를 주는 좋은 매, 황조롱이 *Falco tinnunculus*였으며, 큰부리까마귀 *Corvus macrorhynchos* 와 까치는 알과 새끼를 공격하는 직접적인 것은 확인되지 않았지만 까치들이 절벽 상부 위를 비행하거나 절벽 위 곰솔군락에 둥지를 틀고 있었다. 팽이갈매기와 재갈매기는 해상에서 비행하는 것이 자주 목격되었으나, 흑로의 번식기에는 관찰되지 않았다. 그 외 주변 육상에서는 방울새 *Carduelis sinica*, 제주회파람새 *Cettia diphone cantans*, 직박구리 *Hypsipetes amaurotis*, 박새 *Parus major*, 어치 *Garrulus glandarius*, 멧비둘기 *Streptopelia orientalis*, 참새 *Passer montanus* 등이 관찰되었다. 또한 들고양이, 제주족제비 *Mustela sibirica quelpartis*, 집쥐 *Rattus norvegicus*, 누룩뱀 *Elaphe dione* 등도 확인되었는데, 흑로의 알과 새끼를 직접 공격하는 장면은 관찰되지 않았다.

한경면 고산리에서는 흑로, 바다직박구리, 물총새, 백할미새 *Motacilla lugens*, 흰뺨검둥오리 *Anas poecilorhynchas*, 청둥오리 *Anas platyrhynchos*, 홍머리오리 *Anas penelope*, 재갈매기, 팽이갈매기, 가마우지, 매, 황조롱이, 꿩 *Phasianus colchicus*, 박새, 노랑턱멧새 *Emberiza elegans*, 제비 *Hirundo rustica*, 딱새 *Phoenicurus ayroreus*, 진박새 *Parus ater*, 개똥지빠귀 *Turdus naumanni*, 발총다리 *Anthus rubescens*, 메추라기 *Coturnix japonica* 등이 확인되었다. 가마우지는 주로 이 일대에서 먹이를 구하거나 휴식을 취하며 야간이나 파도가 심할 경우에는 차귀도 동쪽에는 있는 당산봉 절벽으로 이동한다. 이 밖에 차귀도에서 누룩뱀, 도마뱀 *Scincella laterale*, 집토끼 *Oryctolagus cuniculus domesticus* 등이 확인되었다.

남원읍 남원리 일대에서 번식하는 조류는 흑로, 매, 바다직박구리가 확인되었으며 절벽 아래의 해안가에서는 청호반새 *Halcyon pileata*, 물총새, 쇠백로, 왜가리, 팽이갈매기, 재갈매기 등이 관찰되었고 육상에서는 까치, 방울새, 박새, 참새, 제주회파랍새, 멧비둘기 등이 관찰되었다. 포유류로는 들고양이, 제주족제비가 확인되었다.

2. 등지의 재이용률

육안이나 쌍안경을 이용해 확인된 등지는 2004년 13개소, 2005년 12개소였으며, 영소위치는 암벽 선반이었다. 2004년도 번식에 이용한 13개소 중 5개소는 새로 틀었으며 옛 등지터를 재이용한 등지는 8개였으며, 2005년에는 12개소 중 10개소는 재이용, 나머지 2개소는 새로 틀었다. 과거에 이용했던 흔적 등지는 4개소 중 2개소는 2년 연속(2004~2005년) 틀지 않았으며 2004년에 등지터였던 2개소는 2005년에는 재이용하지 않았다. 등지 재이용률은 2004년 61.5%, 2005년 83.3%로 2년 평균 72.0%로 나타나(Table 2), 많은 흑로들이 매년 같은 장소를 번식터로 이용하는 것으로 나타났다. 2004년에도 새로 등지를 튼 5개소로 전체 38.5%, 2005년에는 2개소로 전체 16.7%로 나타났다. 새로 등지를 튼 경우, 2004년의 경우 1개소는 등지재료를 모아 등지를 튼 것이 아니라 암벽 선반 위에 바로 산란한 경우였으며, 2005년의 1개소는 절벽 아래의 큰 바위 밑에 등지를 틀었다.

Table 2. Reused rate of the old nests by Pacific Reef Herons in Aewol-eup population in 2004 and 2005

	2004(%)	2005(%)	Total(%)
Number of reused nests	8(61.5)	10(83.3)	18(72.0)
Number of new nests	5(38.5)	2(16.7)	7(28.0)
Total	13(100)	12(100)	25(100)

3. 둥지의 크기

2004년도의 이용 둥지를 기준으로, 둥지의 높이는 최대 만조시 해수면에서 평균 $10.5 \pm 1.4\text{m}$ ($n=13$) 지점에 위치하고 있었으며, 가장 낮은 위치에 튼 둥지는 4.8m(N11), 가장 높은 위치에 튼 둥지는 25.5m(N8)였다(Fig. 2).

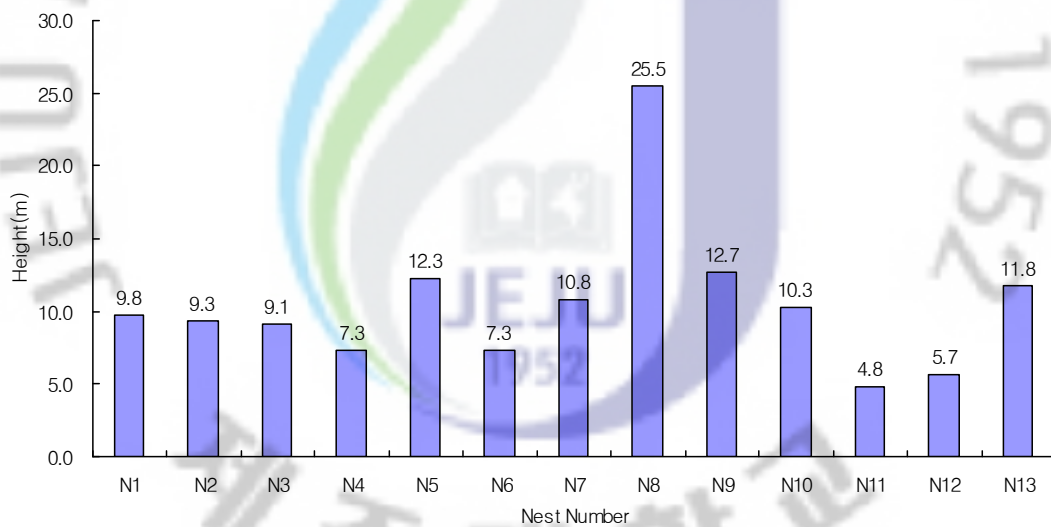


Fig. 2. Nest height of Pacific Reef Herons in the Aewol-eup breeding site.

둥지의 장경은 평균 $77.8 \pm 3.1 \text{cm}$ ($n=11$)이었으며, 가장 큰 둥지는 98.0cm (N9), 가장 작은 둥지는 63.5cm (N4)였다(Table 3). 둥지의 단경은 평균 $56.2 \pm 3.8 \text{cm}$ ($n=11$)이었으며 가장 큰 둥지는 74.6cm (N10), 가장 작은 둥지는 35.6cm (N4)이었다. 둥지의 장경과 단경 간의 상관관계는 높게 나타나($r=0.844$), 장경이 클수록 단경도 커지는 경향을 보였다. 둥지의 두께는 평균 $10.4 \pm 0.9 \text{cm}$ ($n=11$)이었으며 가장 두꺼운 둥지는 15.5cm (N12), 가장 얇은 둥지는 6.5cm (N1)이었다. 산좌의 깊이(둥지 가운데 산좌에서 바깥쪽의 높이까지의 수직높이)는 평균 $2.3 \pm 0.2 \text{cm}$ ($n=11$)이었으며, 범위는 1.6cm (N3) ~ 3.8cm (N9)이었다. 천정 높이(둥지 가운데 산좌에서 둥지 위의 암벽천정까지 높이)는 평균 $48.3 \pm 3.6 \text{cm}$ ($n=11$)이었으며, 범위는 26.5cm (N7) ~ 72.5cm (N10)이었다. 회피거리(새끼가 둥지를 벗어나 안쪽 구멍으로 숨을 수 있는 거리)는 평균 $72.5 \pm 14.4 \text{cm}$ ($n=11$)이었으며, 범위는 14.7cm (N4) ~ 163.7cm (N10)이었다. 둥지입구의 폭은 평균 $111.5 \pm 12.3 \text{cm}$ ($n=11$)이었으며 가장 넓은 둥지는 181.7cm (N11), 가장 좁은 둥지는 14.7cm (N6)이었다.

4. 둥지의 재료

둥지는 마른 갯기름나물을 쌓아올려 만들었다. 암벽 선반 위에 바로 산란 경우에도 가장자리에 갯기름나물 가지를 4개 정도가 영성하게 놓여 있는 경우도 있었다. 산좌는 둥지 재료를 별도의 다른 재료를 이용하지 않고 갯기름나물을 다져서 평평하게 만들었고 가운데만 약간 오목하게 하였다. 갯기름나물은 높이 60~100cm까지 자라는 다년초로, 꽃은 6~8월에 피고 바닷가에서 흔하게 자라며(김, 1992), 번식지의 절벽과 절벽 위 상단에도 넓게 분포하고 있었다. 둥지는 산란, 포란, 육추 과정을 거치는 동안 원형이 심하게 훼손되어 다음 번식기에는 둥지재료를 모두 교체할 정도였으며 번식에 실패한 일부 둥지는 보수가 가능하다고 판단되었다.

Table 3. Nest Characteristics of Pacific Reef Herons in the Aewol-eup breeding site

Nest Position	Length (cm)	Breadth	Thickness (cm)	Depth ¹⁾ (cm)	Height ²⁾ (cm)	Distance ³⁾ (cm)	Width ⁴⁾ (cm)
N1	81.4	68.5	6.5	2.0	47.4	37.2	147.8
N2	77.5	66.5	8.8	1.7	53.0	62.3	112.5
N3	74.0	61.5	11.5	1.6	36.5	58.5	107.5
N4	63.5	35.6	8.8	2.3	53.5	14.7	91.2
N5	75.5	52.4	10.5	2.8	43.5	156.5	120.4
N6	66.5	43.2	7.5	1.7	43.5	55.6	40.7
N7	79.5	49.5	11.0	2.7	26.5	64.5	162.4
N8	83.2	63.6	7.5	2.8	59.5	26.5	97.4
N9	98.0	74.6	15.3	3.8	43.5	81.4	98.2
N10	67.3	41.2	11.5	1.7	72.5	163.7	66.5
N11	89.6	61.4	15.5	2.1	51.5	76.4	181.7
Mean±SE	77.8±3.1	56.2±3.9	10.4±0.9	2.3±0.2	48.3±3.6	72.5±14.4	111.5±12.3

¹⁾Vertical Depth from nest outer to nest center

²⁾Height from nest center to rock zenith

³⁾Distance from nest to there which chicks is escapable to leave nest against enemy

⁴⁾Width between left and right rock wall of a nest

IV. 고찰

1. 번식지 환경

일반적으로 흑로는 무인도의 암초나 나무 위 또는 암벽 선반 위에 접시모양의 등지를 틀며(강, 1962; 원, 1981), 호주에서는 도서지역의 나무 위, 땅 위, 덩불림에서도 틈다(del Hoyo *et al.*, 1992; McKilligan, 2002). 본 연구에서는 모두 수직으로 발달된 해안절벽의 암반에 틀었으며 방향은 모두 바다를 향하고 있었다. 백로과의 백로속 조류들은 다른 종들과 함께 군집을 이루어 혼성 번식하는 습성이 강하며(Erwin, 1983; 김 등, 1998), 흑로는 대개 다른 종과 혼성하지 않은 채 단독, 20~70쌍 정도의 적은 군집, 호주에서는 200~300마리가 무리를 이루어 번식하기도 하며, 아주 드물게 다른 종과 혼성하는 경우도 있다(del Hoyo *et al.*, 1992; McKilligan, 2002). 아직까지 우리나라에서는 제주도를 제외하고는 집단 번식하는 곳은 없으며, 이번 조사에는 확인된 등지수는 애월읍 신엄리 13개소, 남원읍 남원리 7개소, 우도면 조일리 6개소, 한경면 고산리 5개소가 관찰되었다. 이외에 2005년 5월 마라도 서북쪽 해안절벽에서 1개소, 2005년 9월 서귀포시 새섬에서 3개소가 각각 확인되었다.

이번에 확인된 4개의 번식지는 급경사의 해안절벽을 택하고 있었으나, 고산리(와도)를 제외하고는 3개소는 모두 사람들의 출입이 빈번하여 향후 번식지 이용에 한계를 드러낼 우려를 안고 있다. 일반적으로 나무 위에 트는 백로과의 조류들의 등지 방향은 시야의 확보, 취식지의 방향, 기상요인의 극복, 이용가능한 번식수종의 간벌에 의해 영향을 받는 경향이 있으며(김 등, 1998), 호주에서 조사된 흑로의 경우도 바다 방향과 번식 수종에 의한 등지온폐성을 우선적으로 고려하고 있다(McKilligan, 2002). 또한 백로과의 조류는 등지를 선택함에 있어서 먹이 자원을 확보하기 위하여 일정한 취식지역의 질적 환경을 고려하는데(김 등, 1998; Kelly *et al.*, 1993), 먹이를 구하는 장소는 바다가 아니라 대부분 내륙 습지의 경우이다.

흑로는 주로 바닷가에서 먹이를 취식하기 때문에 다른 백로류에 비해 먹이 자원이 비교적 풍부하다고 볼 수 있다. 따라서 흑로가 제주에서 등지를 선택하는

것은 먹이자원 분포보다는 해안절벽의 발달정도와 등지장소로 이용가능할 만 암벽 선반의 유무가 우선적인 결정요인이 되고 있다고 판단된다. 조사대상지 4곳 모두 흑로를 공격할 수 있는 천적인 매와 황조롱이 그리고 간접적인 스트레스를 줄 수 있는 사람들의 출입이 빈번한 것도 이를 대변해주는 요인이 된다. 한편 등지 방향은 모두 바다를 향하고 있지만, 각 등지의 방향은 비, 바람, 추위, 천적과 같은 번식장애를 극복하기 위하여 조금씩 다르게 나 있었다. 각 번식지별로 등지 개소의 차이가 있는 것은 절벽의 발달정도와 이용가능한 선반의 유무, 등지재료의 분포 등에 따라 나타난 결과로, 이는 비번식지 기간에 잠자리 이용과도 연관이 있다고 볼 수 있다. 따라서 앞으로 기존의 해안절벽이 발달한 곳들이 자연적 또는 인위적 요소에 의해 파괴될 경우 흑로의 번식밀도에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

2. 등지의 재이용률

흑로의 영소 위치는 바다 쪽으로 돌출된 암벽 선반 위에 오목하게 패인 곳(n=14)이 많았으며, 가운데 노출된 상태로 움푹 파인 곳은(n=1)은 마른 갯기름나물을 쌓아서 수평으로 다져서 만들었다. 나무에 트는 백로과의 등지는 취식지와 거리, 영소수종, 영소수종의 고사 또는 간별로 인하여 번식지를 선택적으로 바꾸지만(정과 원, 1999; 김 등, 1998), 매년 같은 장소를 번식지로 택하는 경향이 있다. 김(2002)은 백로과 조류의 등지 재이용률에서 왜가리는 93.3%, 해오라기는 15.1%, 그리고 왜가리는 쇠백로와 해오라기의 등지를 보수하여 등지를 튼다고 보고하였다.

본 조사지역인 애월읍 신엄리에서 등지의 재이용률이 72.0%로 나타났는데, 남원읍 남원리, 한경면 와도, 우도 검멀레의 경우도 매년 같은 장소를 번식터로 이용하고 있었다. 특히 제주도의 경우, 해안절벽은 시야확보, 안전성, 먹이확보 등의 번식조건을 고려하면, 흑로의 등지 위치는 당해연도 번식기에 재이용될 확률이 높을 수밖에 없을 것으로 판단된다. 따라서 흑로는 다른 백로류와는 달리 해안절벽을 그들의 번식터로 매년 같은 장소를 이용할 수밖에 없을 것으로 보인다.

해오라기와 왜가리의 경우, 등지의 안전성과 포식자로부터의 안전성, 중간 경쟁을 피하기 위하여 번식지의 영소수종에 많은 영향을 받으며(Kelly *et al.*, 1993;

김 등, 1998; 정과 원, 1999), 흑로도 영소수종으로 *Pisonia grandis*를 선호한다는 것으로 알려져 있다(McKilligan, 2002). 그러나 본 연구에서는 영소 위치가 모두 해안절벽으로 나무에 트는 경우는 없었는데, 이는 이용 가능한 영소수종의 부재, 기상 조건의 극복이나 천적의 노출과 연관성이 있는 것으로 보인다. 한편 해오라기, 황로 *Bubulcus ibis*, 쇠백로, 중대백로, 왜가리의 둥지 위치는 지역과 혼성번식유무, 영소수목의 높이에 따라 영소높이에 차이가 있으며(Yu and Hahm, 1997; 김 등, 1998; 정과 원, 1999), 본 연구에서 흑로의 평균 둥지 높이는 $10.5 \pm 1.4\text{m}$ 로 지상에서 수목에 트는 종보다 높게 나타났다. 흑로는 바다환경에 접해 있기 때문에 둥지가 파도에 쓸려나가지 않을 높이에 트는 경향이 강하며, 실제로 비교적 낮은 위치에 있는 둥지 N11과 N12는 포란 도중에 둥지재료가 쓸려나갔지만, 나머지 둥지는 양호하게 유지되었다.

혼성 번식하는 백로과 조류는 제한된 번식지에서 도래시기에 따라 둥지위치를 달리하여 종간 경쟁을 피하는 경향이 있다(김 등, 1998). 또한 비슷한 영소환경을 갖는 백로과 조류들은 종간의 서식지 분할을 통하여 종간 경쟁을 피하며(Yukio and Atsushi, 1972), 번식초기에는 영소위치와 영소재료를 두고 치열한 경쟁을 벌이기도 한다(정과 원, 1999). 본 연구 결과, 흑로는 같은 과의 조류나 비슷한 크기의 조류와 혼성 번식하는 경우는 없었고 단일 군집을 이루어 번식하고 있었다. 그러나 흑로를 공격할 수 있는 매가 해안절벽에 둥지를 트는 경우가 있었는데, 와도, 우도, 남원리에서 각각 1쌍씩 확인되었다. 애월읍 번식지에서 흑로의 번식 집단은 다른 종과의 번식경쟁이나 종간 둥지쟁탈전은 관찰되지 않았다. 또한 흑로의 각 둥지별 간격은 최소 1.64m 정도 떨어져 있는 점, 다른 쌍의 둥지에 산란하지 않고 암벽선반에 바로 산란하는 점 등으로 보아, 번식기에 둥지 위치에 대한 종내 경쟁은 아주 미미한 것으로 판단된다. 그러나 흑로의 번식지가 제한적이고 둥지 재이용률이 높은 점을 감안하면, 흑로의 개체수가 증가하거나 이용 가능한 번식터가 감소할 경우, 영소위치를 차지하기 위한 종내 경쟁이 나타날 수 있을 것으로 예상된다.

3. 둥지의 크기

둥지의 크기는 영소위치의 여유 공간에 따라 약간 차이가 있었으며, 암벽 선반

위에 그대로 산란한 경우도 있었다. 둥지의 정교함이나 암벽에 그대로 산란하는 경우는 어미새의 성 성숙정도에 따라 다르게 나타난 결과로 판단된다. 해오라기의 경우 어미새의 나이에 따라 포란이나 육추 행동에 차이가 있는데(Custer and Davis, 1982), 흑로의 경우도 미성숙한 쌍이 둥지가 영성하게 만들거나 적당한 곳에 둥지를 틀지 않고 그대로 산란한 경우라 생각한다. 흑로의 둥지의 크기를 보면, 장경은 $77.8 \pm 3.1\text{cm}$ 로 정(1998)이 보고한 해오라기 $43.2 \pm 5.8\text{cm}$, 황로 $52.7 \pm 8.5\text{cm}$, 중대백로 $68.5 \pm 5.0\text{cm}$, 쇠백로 $44.9 \pm 7.8\text{cm}$ 그리고 김(2006)이 보고한 노랑부리백로 $35.1 \pm 5.0\text{cm}$ (신도), 34.9 ± 1.9 (칠산도) 보다 크게 나타났는데, 이는 나무에 둥지를 트는 백로류는 둥지 크기에 따른 지탱성이 고려되지만 흑로는 상대적으로 무게보다는 이용 가능한 암벽공간이 둥지 크기를 결정하는 것으로 판단된다.

하지만 둥지의 두께와 산좌 깊이는 각각 $10.4 \pm 0.9\text{cm}$, $2.3 \pm 0.2\text{cm}$ 로 다른 백로류에 비해 각각 2.2~3.2배, 2.75~4.80배 낮았다. 이는 영소위치와 종별 크기와 습성에 따른 차이로, 나무에 트는 둥지를 트는 백로류는 둥지가 바람이나 번식조류의 무게에 지탱하기 위해서는 보다 단단하게 둥지를 틀어야 하지만, 상대적으로 다른 백로류와 번식경쟁을 하지 않는 흑로는 영소위치를 암벽 홈이나 선반을 택함으로써 체중에 따른 둥지파손보다는 새끼를 안전하게 키울 수 있는 여건을 우선적으로 고려하고 있다. 나무에 둥지를 트는 백로류의 새끼는 둥지를 떠날 때까지 둥지 내에서 생활해야 하지만, 흑로는 새끼들이 외부의 번식장애 요인을 극복할 수 있는 회피거리, 천정높이, 둥지입구의 너비가 번식성공에 기여한다고 볼 수 있다. 회피처는 선반 돌출방향과 반대쪽으로 깊숙이 들어간 곳으로 성장단계에서 새끼들이 천적을 피해 회피할 수 있는 장점을 가지고 있으며 둥지와 천정까지의 높이와 둥지 입구의 너비는 어미새의 자유로운 출입, 천적에 대한 방어 및 경계, 비와 바람에 의한 피해 최소화 등과 밀접한 관계가 있다. 한편, 일부 둥지의 입구가 갯기름나물이나 고사리과(Hypolepidaceae) 식물로 은폐되어 있어서 천적으로부터 둥지를 보호받을 수 있었으나, 이 경우에 조사자를 비롯하여 외부의 침입자에 대해 반응이 늦은 것으로 보였다. 실제로 조사자가 둥지로 출입할 때 둥지 앞에 은폐물이 없을 때가 식물로 은폐되어 있을 때보다 일찍 회피비행을 하였다. 또한 둥지는 모두 햇빛이 들어갈 수 있는 위치에 있으며 둥지를 기준으로 안쪽(회피처)과 바깥쪽(선반 돌출부)의 체감온도에 차이가 있는 것으로 보

아, 포란과 육추 단계에서 온도의 변화가 번식에 중요한 조절인자가 되는 것으로 판단된다.

4. 등지의 재료

번식지 주변의 식물상 분포는 등지재료의 선택과 다른 조류의 유인성 등에 영향을 미치기 때문에, 번식장소를 선택하는 요인이 될 수 있다. 백로과에 속하는 헤오라기, 황로, 쇠백로, 중대백로 등 4종의 등지재료를 보면, 모두 소나무류(Pinaceae), 벚나무속(*Prunus*), 개나리 *Forsythia koreana*, 진달래 *Rhododendron mucronulatum*를 선호하는 경향이 있으며(함과 김, 1988; 정과 원, 1999; 김 등, 1998), 흑로의 경우는 국내에서는 보고된 바 없다. 호주에서는 흑로가 *Pisonia grandis*와 *Scaevola sericea*를 등지수종으로 선택하여 작은 가지를 이용하여 등지를 튼다(McKilligan, 2002).

본 연구에서는 절벽위에 곰솔이 분포하고 있어도 곰솔가지를 이용하지 않는 것으로 나타났다. 이는 흑로의 등지가 다른 백로류처럼 나뭇가지에 틀지 않고 암벽선반이나 흠에 틀기 때문에 등지재료가 가공하기 쉬워야 한다. 곰솔가지는 견고하기 때문에 흠을 메우는데 어려움이 있다. 그러나 갯기름나물은 부드러워서 구부리기 쉽고 무게가 가볍기 때문에 등지를 빠른 시일 내에 지을 수 있고 주변에서 흔하게 구할 수 있다. 중대백로는 나뭇가지를 이용하여 등지를 틀고, 산좌에는 솔잎이나 나뭇잎을 깔지만(원, 1981), 흑로는 산좌재료를 사용하지 않았다. 이는 등지재료가 곰솔가지인 경우, 수피가 거칠어서, 부드러운 재료로 알자리를 만들지 않으면 알과 새끼들이 다칠 우려가 있다. 그러나 갯기름나물의 경우는 재료 자체가 표면이 매끄러운 섬유질이어서 몇 번 다지기만 하면 별도의 산좌재료가 없어도 포란과 육추에 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

V. 요약

번식지 4곳에서 확인된 둥지(옛둥지 포함)는 최소 31개소였으며, 사람의 접근이 어려운 수직 해안절벽을 택하였다. 지역별로는 애월읍 신엄리가 13개소로 가장 많았으며, 다음으로 한경면 고산리(와도) 6개소, 남원읍 남원리 7개소, 우도면 조일리(우도) 5개소 순이었다. 각 지역별로 새끼를 제외한 1회 최대 관찰 개체수는 애월리 18개체, 고산리 12개체, 남원리 9개체, 조일리 7개체 순이었다.

제주도 애월읍 번식지에서 확인된 둥지는 2004년 13개소, 2005년 12개소였으며, 영소위치는 암벽 선반이었다. 둥지 재이용률은 2004년 61.5%, 2005년 83.3%로 2년 평균 72.0%로 나타나, 매년 같은 장소를 번식터로 이용하는 것으로 나타났다. 2004년에도 새로 둥지를 튼 5개소로 전체 38.5%, 2005년에는 2개소로 전체 16.7%로 나타났다.

2004년도의 이용 둥지를 기준으로, 둥지의 높이는 최대 만조시 해수면에서 평균 $10.5 \pm 1.4\text{m}$ ($n=13$)지점에 위치하고 있었으며, 가장 낮은 위치에 튼 둥지는 4.8m (N4), 가장 높은 위치에 튼 둥지는 25.5m (N3)였다. 둥지의 장경은 평균 $77.8 \pm 3.1\text{cm}$ ($n=11$)였으며 가장 큰 둥지는 98.0cm (N9), 가장 작은 둥지는 63.5cm (N4)였다. 둥지의 단경은 평균 $56.2 \pm 3.8\text{cm}$ ($n=11$)이었으며, 가장 큰 둥지는 74.6cm (N10), 가장 작은 둥지는 35.6cm (N4)였다. 둥지의 두께는 평균 $10.4 \pm 0.9\text{cm}$ ($n=11$)이었으며 가장 두꺼운 둥지는 15.5cm (N12), 가장 얇은 둥지는 6.5cm (N1)이었다. 산좌의 깊이(둥지 가운데 산좌에서 바깥쪽의 높이까지의 수직높이)는 평균 $2.3 \pm 0.2\text{cm}$ ($n=11$)이었으며, 범위는 1.6cm (N3) ~ 3.8cm (N9)이었다. 천정 높이(둥지 가운데 산좌에서 둥지 위의 암벽천정까지 높이)는 평균 $48.3 \pm 3.6\text{cm}$ ($n=11$)이었으며, 범위는 26.5cm (N7) ~ 72.5cm (N10)이었다. 회피거리(새끼가 둥지를 벗어나 안쪽 구멍으로 숨을 수 있는 거리)는 평균 $72.5 \pm 14.4\text{cm}$ ($n=11$)이었으며, 범위는 14.7cm (N4) ~ 163.7cm (N10)이었다. 둥지입구의 폭은 평균 $111.5 \pm 12.3\text{cm}$ ($n=11$)이었으며 가장 넓은 둥지는 181.7cm (N11), 가장 좁은 둥지는 14.7cm (N6)이었다.

둥지 재료는 마른 갯기름나물을 쌓아올려 만들었으며, 산좌는 둥지 재료를 별도의 다른 재료를 이용하지 않고 갯기름나물을 다져서 평평하게 만들었다.

제 4장 흑로의 산란수, 알의 크기 및 번식 경과

I. 서론

우리나라에서 번식하고 있는 백로과(Ardeidae) 백로속(*Egretta*)의 조류는 흑로를 제외하고는 모두 여름철새이며 매년 같은 장소에서 번식하는 습성을 가지고 있으며, 최근 해오라기, 쇠백로, 왜가리는 일부 지역에서 텃새화되어 가고 있다(한 등, 2001).

백로류의 산란수는 종과 번식환경에 따라 조금 차이가 있으며(Pratt and Winkler, 1985; Frederick *et al.*, 1992), 같은 번식지내에서 늦게 번식하는 쌍 또는 재번식하는 쌍의 한배란수가 적은 경향이 있다(Custer *et al.*, 1983). 그리고 Frederick *et al.*(1992)은 일부 백로류에서 한배란수가 담수 환경보다는 해수 환경에 노출될수록 감소하는 경향이 있다고 보고한 바 있다.

백로류의 포란과 육추 기간의 차이는 위도와 지역, 암수의 포란 참여, 한배란수, 먹이량, 기상조건, 포식자, 일일 포란 시간, 어미연령에 따라 달라질 수 있다(Custer *et al.*, 1983; del Hoyo *et al.*, 1992; 김 등, 1998; 정과 원, 1999; 한 등, 2001).

백로류의 부화는 비동시성으로, 해오라기의 경우 첫 번째 부화한 개체가 나중에 부화한 개체보다 성장률이 높으나, 부화후 21일을 전후하여 체중이 비슷해진다(Parsons and Burger, 1981). 황로는 3~5번째 부화한 새끼들일수록 생존율이 낮으며 나중에 부화한 개체는 굶주림이나 형제살인(Siblicide)에 의해 희생되는 경향이 있다(Fujioka, 1984; 정, 2004). 또한 백로류의 성장속도는 종간 차이가 있으며, 특히 부리, 날개, 부척보다는 체중의 변화가 크게 나타난다고 보고된 있다(Custer and Peterson, 1991).

아직까지 우리나라에서는 흑로의 번식생태에 대한 연구는 이루어진 바 없다. 본 연구는 제주도에서 번식하는 흑로의 산란수, 알의 크기, 번식경과 등을 밝혀, 향후 흑로 종과 번식지 보호에 필요한 자료를 제공하고자 이루어졌다.

II. 조사방법

흑로의 영소 습성은 애월읍 신엄리 번식지를 대상으로 조사하였다. 각 등지의 산란수, 산란간격, 알의 장단경, 무게, 두께 등을 조사하였으며, 번식과정은 산란기에서부터 이소 직전까지 알과 새끼의 상태를 점검하였다. 알의 측정은 어미새의 산란과 포란에 스트레스를 최소화기 위하여 최종 산란일로부터 3~5일째쯤에 각 등지별로 측정하였으며, 알의 두께는 부화 후 등지 또는 주변에서 떨어진 것과 포란 포기 또는 포란 중 떨어진 알을 수거하여 각 깨진 알의 중앙부를 중심으로 서로 다른 3곳을 측정하여 평균값을 사용하였다.

새끼의 성장과정을 알아보기 위해 각 등지별로 포란과 육추 기간을 확인하였으며, 알의 측정은 디지털캘리퍼스(H500-15), 전자저울(KC-400g) 그리고 촬영도구로는 Canon Digital Camera(EOS 300D)를 이용하였다.

III. 결과

1. 산란수와 산란 간격

2004년과 2005년에 확인된 흑로의 한배란수는 각각 3.0 ± 0.2 개($n=11$), 3.7 ± 0.2 개($n=6$)였으며 평균은 3.2 ± 0.2 개($n=17$, 범위 2~4개)였다(Table 4). 조사한 17개의 등지 중 한배란수가 2개의 경우 17.65%($n=3$), 3개와 4개의 경우는 각각 41.18%($n=7$)였다. 알은 1일 1개, 밤에 산란하였다. 예비조사기간인 2003년 6월 15일부터 19일까지 3개의 알, 2005년 4월 8일부터 4월 14일까지 4개의 알, 4월 8일부터 12일까지 3개의 알을 낳은 것으로 볼 때, 알은 새벽이나 밤에 1~3일 간격으로 산란하는 것으로 추정된다.

Table 4. Clutch size of Pacific Reef Herons

	2004(n=11)	2005(n=6)	Total(n=17)
Range	2~4	3~4	2~4
Mean±SE	3.0±0.2	3.7±0.2	3.2±0.2

n=number of nests

2. 알의 크기

알은 아주 얇은 푸른빛을 띠고 있는 타원형으로 반점이 없었다. 알의 크기 (n=39)는 장경 평균 46.73±0.31mm, 단경 평균 34.06±0.13mm, 평균 무게 27.67±0.50g 이었으며(Table 6), 크기에 있어 연도별 유의한 차이는 없었다(ANOVA, p>0.05).

Table 5. Egg size of Pacific Reef Herons

Egg Size Clutch size	Length (mm)	Breadth (mm)	Weight (g)
	3(n=9)	47.21±0.23	34.13±0.37
4(n=12)	46.79±0.80	33.99±0.23	29.32±1.07
2004 Mean±SE (n=21)	46.97±0.47	34.05±0.20	27.88±0.85
3(n=6)	46.14±0.69	34.08±0.30	27.73±1.02
4(n=12)	46.12±0.46	34.07±0.22	27.27±0.49
2005 Mean±SE (n=18)	46.46±0.38	34.08±0.17	27.42±0.46
3(n=15)	46.78±0.35	34.11±0.25	26.67±0.81
4(n=24)	46.70±0.45	34.03±0.16	28.29±0.61
Total Mean±SE (n=39)	46.73±0.31	34.06±0.13	27.67±0.50

n=number of eggs

한배란수가 3개인 경우(n=15), 알의 장경, 단경, 무게는 각각 $46.78 \pm 0.35\text{mm}$, $34.11 \pm 0.25\text{mm}$, $26.67 \pm 0.81\text{g}$, 4개인 경우(n=24)는 각각 $46.70 \pm 0.45\text{mm}$, $34.03 \pm 0.16\text{mm}$, $28.29 \pm 0.61\text{g}$ 으로 나타났으며, 두 그룹 간에 유의한 차이는 없었다(ANOVA, $p > 0.05$). 연도별로 보면, 2004년(n=21)의 경우 장경, 단경, 무게가 각각 $46.97 \pm 0.47\text{mm}$, $34.05 \pm 0.20\text{mm}$, $27.88 \pm 0.85\text{g}$ 이었으며, 한배란수가 3개인 경우(n=9)는 각각 $47.21 \pm 0.33\text{mm}$, $34.13 \pm 0.37\text{mm}$, $25.96 \pm 1.15\text{g}$, 4개인 경우(n=12)는 각각 $46.79 \pm 0.80\text{mm}$, $33.99 \pm 0.23\text{mm}$, $27.88 \pm 1.07\text{g}$ 으로 나타났다. 2005년(n=18)의 경우, 각각 $46.46 \pm 0.38\text{mm}$, $34.08 \pm 0.17\text{mm}$, $27.42 \pm 0.46\text{g}$ 이었으며, 한배란수가 3개인 경우(n=6)는 각각 $46.14 \pm 0.69\text{mm}$, $34.08 \pm 0.30\text{mm}$, $27.73 \pm 1.02\text{g}$, 4개인 경우(n=12)는 각각 $46.62 \pm 0.46\text{mm}$, $34.07 \pm 0.22\text{mm}$, $27.27 \pm 0.49\text{g}$ 으로 나타났다.

알의 평균 두께는 $0.26 \pm 0.01\text{mm}$ (n=22)였으며, 2004년에는 $0.25 \pm 0.01\text{mm}$ (n=14), 2005년에는 $0.28 \pm 0.01\text{mm}$ (n=8)였다(Table 6).

Table 6. Eggshell thickness of Pacific Reef Herons

	2004	2005	Total
Mean±SE	$0.25 \pm 0.01\text{mm}$ (n=14)	$0.28 \pm 0.01\text{mm}$ (n=8)	$0.26 \pm 0.01\text{mm}$ (n=22)

n=number of eggs

3. 번식 경과

2004년의 둥지 13개소 중에 4월초에 포란 중인 둥지는 5개소, 부화 직후 1개소, 육추 1개소였으며, 이중 포란 중인 1개소는 5월말, 육추 중인 1개소는 5월 중순에 각각 이소하였다. 5월초에 포란 중인 둥지는 1개소, 옛 둥지를 보수하는 둥지는 1개소, 5월 중순에 포란 중인 둥지는 1개소, 6월 초순에 포란 중인 둥지는 1개소, 6월 중순에 산란한 둥지는 1개소, 그리고 포란 중인 둥지는 1개소였다. 2005년의 둥지 12개소 중에 4월 초·중순에 포란 중인 둥지는 5개소, 이중 5월 중순에 부화한 2개소는 6월말에 이소하였고, 1개소는 5월초에 알이 깨진 이후에

5월 중순에 2차 산란에 들어갔다. 4월 중순에 둥지를 짓는 곳은 2개소로, 이중 1개소는 5월 초순에 산란하였다. 5월 초순에 둥지를 짓는 곳은 2개소로, 5월 중순에 모두 포란하고 있었다. 5월 하순에 둥지에 출입한 흔적이 있지만 번식하지 않은 것으로 추정되는 1개소, 6월 중순에 부화한 것으로 추정되는 둥지가 1개소가 있었다. 5월 하순에 포란 중인 1개소는 7월말에 이소하였다.

4. 포란, 육추, 이소 및 새끼의 성장 과정

포란은 첫 번째 알을 낳기 시작할 때부터 진행하였으며, 첫 번째 산란일로부터 첫 새끼가 부화할 때까지 평균 포란기간은 28.2 ± 1.7 일($n=6$)이었다(Table 7).

Table 7. Incubation and fledgling period of Pacific Reef Herons

Nest number	Number of eggs	Egg laying period (days)	Incubation number	Incubation period (days)	Hatching number	Fledgling period (days)	Left individuals
N1	3	ND*	3	ND	3	46	3
N2	4	ND	4	25	4	ND	0
N3	2	ND	2	ND	2	42	2
N4	4	ND	4	35	1	ND	0
N5	3	ND	3	25	3	ND	0
N6	3	ND	3	25	3	ND	0
N7	4	6	4	28	4	48	4
N8	4	6	4	31	4	33	4
N9	4	ND	4	0	2	34	2
Mean±SE				28.2 ± 1.7		40.0 ± 3.1	

* ND : No Data

산란한 알 중에 부화되지 않는 경우도 있었는데, 이것은 발육이 진행되지 않은 무정란임이 확인되었다.

한배란수에 따른 포란 기간을 보면, 산란수가 3개인 경우(N5, N6)는 25일, 4개인 경우(N2, N4, N7, N8)는 28~35일로 나타나, 한배란수가 많을수록 포란 기간이 긴 것으로 추정된다.

부화는 1~3일 간격으로 비동시적으로 일어났다. 한 개의 알씩 부화하였으며 첫 번째 알과 두 번째 알이 거의 동시에 부화하는 경우도 있었으나 세 번째 알은 두 번째 부화일로부터 최소 2일이 경과한 이후에 부화하였다. 육추는 첫 번째 새끼가 부화하자마자 시작하였으며 동시에 나머지 알도 포란하였다. 육추기간은 첫 부화일로부터 새끼들이 동지를 떠날 때까지 평균 40.0 ± 3.1 일($n=5$)이었다 (Table 7).

갓 부화한 새끼는 석판색의 솜털로 덮여 있었으며 동지 속에 남겨진 새끼들은 처음 부화 후 3~5일 동안은 동지 속에 웅크려 있지만, 10일부터는 동지 위를 걸어 다니거나 동지 밖으로 나오기도 한다(Fig. 3). 20일이 지나면 동지를 벗어나 조사자가 접근하면 동지 안쪽으로 난 구멍으로 회피하였다. 부화 후 30일이 지나면, 새끼들은 동지를 벗어나 빠른 걸음걸이를 하였다. 각 동지는 새끼들이 회피할 수 있는 공간이 발달되어 있기 때문에 새끼들은 본능적으로 동지 안쪽으로 발달한 흠으로 들어가 버린다. 또한 동지 속에 있거나 동지 밖으로 회피하는 새끼들은 놀라서 먹이를 토해내기도 하였다.



Fig. 3. Photographs of the breeding steps of Pacific Reef Herons(A: Eggs, B-C: asynchronous hatching, D: Chicks 8 days after hatch, E : Chicks 15 days after hatch, F: Chicks 20 days after hatch).

IV. 고찰

1. 산란수와 산란 간격

일반적으로 백로과 백로속의 조류는 2~3일 간격으로 산란하는데(Fujioka, 1984; del Hoyo *et al.*, 1992), 알을 낳는 시간대는 저녁 무렵에서 이튿날 새벽사이이며, 드물게 낮에 산란하기도 한다(McKilligan, 2002). McKilligan(2002)은 호주 Heron Island에서 흑로가 두 번째 알을 첫 번째 알을 낳은 지 47과 71시간에 낳는다고 보고한 바 있는데, 이번 조사에서는 5일 만에 3개의 알을 낳은 것으로 보아, 제주도에서는 1~2일 또는 적어도 2~3일에 1개의 알을 산란하였으며, 산란시간은 일몰 후에서 일출 전까지 시간대인 것으로 추정된다.

흑로의 한배란수는 3.2 ± 0.2 개로 나타났으며, 황로 4.34개(Fujioka, 1984), 4.5 ± 0.9 개(정, 1998), 쇠백로 3.48 ± 0.93 개(Kim *et al.*, 2006), 노랑부리백로 3.4개(김, 2006), 황로 3.73 ± 0.07 개, 쇠백로 4.21 ± 0.07 개, 중백로 3.53 ± 0.08 개(권, 2007)보다는 작았지만, 한국의 광주에서 보고한 해오라기 3.25 ± 0.57 과 비슷하게 나타났다(김, 2000).

제주도의 흑로 번식지가 매우 제한적이고 해안조간대의 서식지 환경이 인위적인 요인에 의해 악화되는 경향이 있기 때문에, 흑로의 한배란수는 번식지와 취식지 환경 변화에 따라 다소 차이가 있을 것으로 판단된다. 그리고 흑로의 산란수와 알의 크기가 번식 성공도에 미치는 영향을 밝히기 위해서는 보다 꾸준한 조사가 필요하다고 생각된다.

2. 알의 크기

흑로의 알 색깔은 육안으로 보아 해오라기, 황로, 쇠백로 등의 알과 구별하기 어렵다(정과 원, 1999). 흑로 알 장경은 46.73 ± 0.31 mm, 단경은 34.06 ± 0.13 mm로, McKilligan(2002)이 보고한 장경 46.13 ± 1.21 mm, 단경 34.03 ± 0.67 mm보다 작았으나, Hancock and Elliott(1978)가 보고한 흑로 알의 장경 43-44.8mm, 단경 33.3-35mm보다 조금 큰 것으로 나타났다. 그리고 광주광역시와 경기도 평택(김 등, 1998)에서 조사한 해오라기의 알 장경과 단경 각각 46.78 ± 3.28 mm, 33.74 ± 1.35 mm,

46.33±2.81mm, 34.15±1.18mm 그리고 정(1998)이 보고한 해오라기 46.8±3.4mm, 32.3±1.4mm, 황로 46.8±1.6mm, 34.9±0.9mm, 쇠백로 44.9±1.7mm, 32.7±1.0mm 등과 조금 차이가 있었다. 흑로의 장경과 단경 비율은 0.73으로 해오라기 0.72(김, 2002), 쇠백로 0.70(한 등, 2001), 노랑부리백로 0.72(Swennen and Won, 1993)와 0.71(김, 2006)보다는 크고, Mckilligan(2002)이 보고한 흑로 0.74 그리고 해오라기 0.74(한 등, 2001), 황로 0.75(정, 1998), 노랑부리백로 0.75(Hancock and Elliot, 1978)보다 적었지만, 정(1998)이 보고한 쇠백로 0.73와 같았다(Table 8).

Table 8. Comparison of egg size reported for other egrets.

Species	Weight(g)	Major axis(mm)	Minor axis(mm)	Axis ratio ¹⁾	Reference
<i>Egretta sacra</i>	27.67±0.50	46.73±0.31	34.06±0.13	0.73	This Study
	-	46.13±1.21	34.03±0.67	0.74	Mckilligan (2002)
	-	43-44.8	33.3-35	0.77-0.78	Kushlan & Hancock(2005)
<i>E. europotes</i>	25.1±2.4	44.7	33.7	0.75	Hancock & Elliott(1978)
	-	46.75±2.29	33.65±0.75	0.72	Swennen & Won(1993)
	25.2±1.4	45.9±1.9	32.8±0.8	0.71	Kim(2006)
<i>E. garzetta</i>	25.1±2.4	44.9±1.7	32.7±1.0	0.73	Jeong(1998)
	-	51.2±3.2	35.8±2.7	0.70	Han <i>et al.</i> (2001)
<i>Bubulcus ibis</i>	27.6±3.0	46.8±1.6	34.9±0.9	0.75	Jeong(1998)
<i>Nycticorax nycticorax</i>	-	45.9±2.6	33.9±1.8	0.74	Han <i>et al.</i> (2001)
	29.00±1.95	46.78±3.28	33.74±1.35	0.72	Kim(2002)

¹⁾ Minor axis / Major axis

흑로 알의 평균 무게는 $27.67 \pm 0.50\text{g}$ 로, 정(1998)이 보고한 황로 $27.6 \pm 3.0\text{g}$ 과 아주 유사하였으며, 해오라기 $28.0 \pm 3.7\text{g}$, 쇠백로 $25.1 \pm 2.4\text{g}$ 그리고 김(2002)이 광주광역시와 경기도 평택에서 조사한 해오라기 광주 $29.00 \pm 1.95\text{g}$, 평택 $28.91 \pm 1.57\text{g}$ 과는 차이가 있었다.

알의 무게를 보면, 2004년에는 산란수가 4개인 경우가 3개인 경우보다 3.36g 무거웠지만, 2005년도에는 반대로 0.46g 가볍게 나타났다. 중대백로의 경우, 산란수가 3개인 경우가 4개, 5개인 알보다 더 무거운 것은 산란에 따른 어미의 영양분 손실이 적기 때문이며(함과 김, 1988), 해오라기의 경우도 지역에 따라 차이가 있었지만, 산란수가 3개인 경우가 4개인 경우보다 무거웠다(김 등, 1998).

조류의 산란수는 먹이량, 포식자와의 관계, 기후 조건 등에 따라 다양하며(Yoo, 1994), 한배의 크기와 알의 크기의 상관관계는 아직까지 명확하지 않다(Wetly and Baptista, 1988). 따라서 흑로의 알 크기와 체중 차이는 번식지 위도, 어미 연령, 한배란수, 먹이자원, 기후조건 등을 고려하여 보다 세밀하게 조사할 필요가 있다.

3. 번식 경과

연구 결과를 토대로 흑로의 번식경과는 다음과 같이 추정할 수 있다(Fig. 4). 흑로의 둥지 보수나 짓기(Nesting)는 매년 2월부터 시작해서 늦게는 4월말까지 이루어지고 있었다. 산란기(Egg Laying)는 3월초부터 늦게는 5월 초순까지, 집중적인 산란기는 3월말부터 4월초 사이였으며, 포란은 첫 번째 알을 낳으면서 시작하였다. 부화는 2004년에는 4월 5일 이전에 부화한 둥지가 확인되었으며 4월 25일에 부화한 경우도 있었다. 2005년에는 5월 8일을 전후로 부화하였다. 새끼들이 둥지를 떠난 시기는 2004년에는 5월 15일, 5월 30일 그리고 2005년에는 6월 24일, 7월 25일경에 각각 이소한 경우가 있었다. 이로 보아 집중 부화기(Incubation)는 4월 초순에서부터 5월 중순까지, 육추기(Fledgling)는 부화한 시점에서 둥지를 떠나기까지로 4월 초순에서 7월말까지로 나타났으며, 둥지를 떠난 시점은 5월 중순부터 7월말이었다. 한편 대체 산란은 1차 번식과정 중 포란과 육추 실패시점인 5~6월에 바로 들어가는 것으로 추정된다.

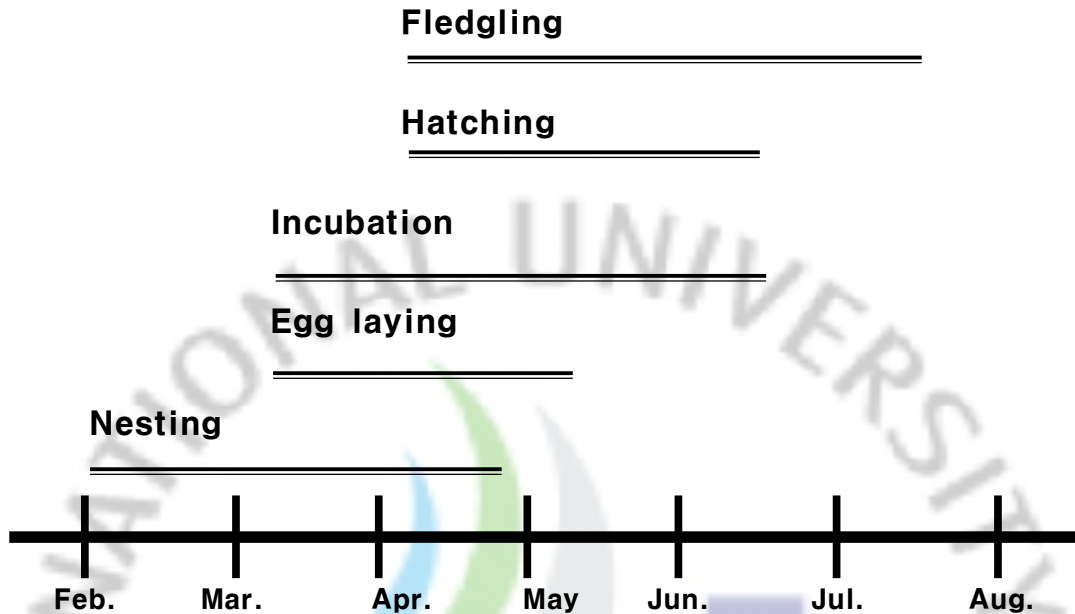


Fig. 4. Breeding chronology of Pacific Reef Herons on Jeju island.

우리나라에서 번식하는 백로류와 비교해보면(함과 김, 1988; 김 등, 1998), 흑로의 산란기는 3월말부터 4월초사이로 해오라기와 쇠백로 4월 중순경, 중대백로 4월 중순경보다는 빠르고, 왜가리 3월 초중순경보다는 늦은 것으로 나타났다.

번식 시기는 지역에 따라 다르게 나타나는데, 인도, 말레이시아에서는 5~7월, 뉴질랜드에서는 9~12월, 호주에서는 연중 번식하며, 9월~1월이 주 번식기이다(del Hoyo *et al.*, 1992; Kushlan and Hancock, 2005). 본 연구에서는 3~7월로 나타나 다른 지역보다 이른 시기에 번식에 들어간다고 볼 수 있다.

보통 백로류는 2차 번식기를 가지지 않는데, 일부 종에서는 2, 3차 번식기를 가진다(del Hoyo *et al.*, 1992; Blus *et al.*, 1997). 호주에서는 1차 번식 성공률이 낮을 경우 2차 번식을 하는 경향이 있다는 보고((McKilligan, 2002)가 있으나, 본 연구 결과에서는 5~6월경에 산란하는 것이 확인되었는데, 이는 번식 실패에 따른 산란으로 판단된다.

백로과의 일부 종의 번식시기의 결정은 먹이 풍부도와 기상조건(특히 온도, 홍

수 등)에 따라 결정되는 경향이 있다(del Hoyo *et al.*, 1992; Custer *et al.*, 1996; 한과 함, 2000). 본 연구결과, 부화시기가 2004년에는 빠르게는 4월 5일 늦게는 5월 5일경에, 2005년에는 5월 8일경에 각각 부화하기 시작하여 약간 차이가 있는데, 2004년과 2005년 번식시기인 3월에서 7월까지 평균 기온은 각각 20.1℃와 20.0℃로 나타나 온도 조건보다는 다른 요인이 작용한 것으로 판단되어 이에 대한 보다 세밀한 조사가 필요할 것이다.

4. 포란, 육추, 이소 및 새끼의 성장 과정

연구를 통해 확인된 흑로의 포란기간은 등지 4(N4)와 등지 8(N8)을 제외하면 25~28일로 나타나, Kushlan and Hancock(2005)이 보고한 25~28일 정도와 유사하였다. 다른 백로류와 비교하면, 한 등(2001)이 보고한 쇠백로 22.1±1.9일, 해오라기 21.4±0.8일 그리고 김(2002)이 광주광역시와 경기도 평택에서 조사한 해오라기 광주 22.7±1.3일, 평택 23.5±1.1일 그리고 del Hoyo *et al.*(1992)가 보고한 중대백로 25~26일, 중백로 21~27일, 쇠백로 21~25일, 황로 22~26일보다 긴 편이었으며 노랑부리백로 30~35일보다는 짧거나 비슷하였다. Custer *et al.*(1992)은 해오라기 22.8±0.2일, 중대백로 27.3±0.4일, Snowy Egret 23.7±0.2일이었으며 첫 번째의 알이 나머지 알보다 포란기간이 길었다고 보고하였다.

백로류의 육추기간은 중대백로 42~63일, 중백로 35일, 쇠백로 40~45일, 노랑부리백로 36~40일, 황로 30일이며 흑로는 35~42일로 알려져 있다(del Hoyo *et al.*, 1992). 흑로의 육추기간은 40.0±3.1일로 최소 33일 이상 소요되었고, 대체로 쇠백로와 노랑부리백로와 비슷한 기간으로 나타났으며, del Hoyo *et al.*(1992)이 보고한 흑로의 육추기간과 거의 일치한다고 볼 수 있다.

일반적으로 백로류는 비동시성 부화 습성을 지니고 있는데(Parsons and Burger, 1981). 본 연구에서도 흑로의 비동시성 부화가 확인되었다. 백로류의 새끼 생존률은 부화순서에 따라 영향을 받으며 먼저 태어난 새끼가 먹이 차지가 유리한데(Ploger and Mock, 1986; Erwin *et al.*, 1996; 정, 2004), 흑로의 번식 성공도 이와 비슷한 경향을 보였다. 초기의 성장과정에서는 부화가 빠른 개체일수록 부위별 성장속도가 빠른 경향을 보였지만, 이소 직전에는 몸 크기와 체중이 비슷해졌다.

V. 요약

2004년과 2005년에 확인된 흑로의 한배란수는 각각 3.00 ± 0.23 개($n=11$), 3.67 ± 0.21 개($n=6$)였으며 평균은 3.2 ± 0.2 개($n=17$, 범위 2~4개)였다. 조사한 17개의 둥지 중 한배란수가 2개의 경우 17.65%($n=3$), 3개와 4개의 경우는 각각 41.18%($n=7$)였다. 알은 1일 1개, 밤에 산란하였다. 예비조사기간인 2003년 6월 15일부터 19일까지 3개의 알, 2005년 4월 8일부터 4월 14일까지 4개의 알, 4월 8일부터 12일까지 3개의 알을 낳은 것으로 볼 때, 알은 새벽이나 밤에 1~3일 간격으로 산란하는 것으로 추정된다.

알은 아주 얇은 푸른빛을 띠고 있는 타원형으로 반점이 없었다. 알의 크기($n=39$)는 장경 평균 46.73 ± 0.31 mm, 단경 평균 34.06 ± 0.13 mm, 평균 무게 27.67 ± 0.50 g 이었다. 측정된 알의 평균 두께는 0.26 ± 0.01 mm($n=22$)였으며, 2004년에는 0.25 ± 0.01 mm($n=14$), 2005년에는 0.28 ± 0.01 mm($n=8$)였다.

연구결과, 흑로의 둥지 보수나 짓기는 매년 2월부터 시작해서 늦게는 4월말까지 이루어지고 있었다. 산란기는 3월초부터 늦게는 5월 초순까지, 집중적인 산란기는 3월말부터 4월초 사이였으며, 포란은 첫 번째 알을 낳으면서 시작하였다. 부화는 2004년에는 4월 5일 이전에 부화한 둥지가 확인되었으며 4월 25일에 부화한 경우도 있었다. 2005년에는 5월 8일을 전후로 부화하였다. 새끼들이 둥지를 떠난 시기는 2004년에는 5월 15일, 5월 30일 그리고 2005년에는 6월 24일, 7월 25일경에 각각 이소한 경우가 있었다. 이로 보아 집중 부화기는 4월 초순에서부터 5월 중순까지, 육추기는 부화한 시점에서 둥지를 떠나기까지로 4월 초순에서 7월말까지로 나타났으며, 둥지를 떠난 시점은 5월 중순부터 7월말이었다.

포란은 첫 번째 알을 낳기 시작할 때부터 진행하였으며, 첫 번째 산란일로부터 첫 새끼가 부화할 때까지 평균 포란기간은 28.2 ± 1.7 일($n=6$)이었다. 부화는 1~3일 간격으로 비동시적으로 일어났다. 육추기간은 첫 부화일로부터 새끼들이 둥지를 떠날 때까지 평균 40.0 ± 3.1 일($n=5$)였다.

제 5장 흑로의 번식 성공률과 실패 요인

1. 서론

백로류의 번식에 영향을 미치는 요인으로는 조사자 출입(Tremblay and Ellison, 1979), 환경오염물질의 함유(Custer *et al.*, 1983), 번식과정에서의 체력소모(Min *et al.*, 1984), 굶주림(Fujioka, 1984; Pratt and Winkler, 1985), 조류, 파충류, 포유류와 같은 포식자(Frederick and Collopy, 1989a; Blus *et al.*, 1997; 김 등, 1998; 폭우나 가뭄에 의한 먹이 자원의 감소(Frederick and Collopy, 1989b; Grall and Ranner, 1998), 서식지의 물 환경(Frederick *et al.*, 1992); 질병이나 염분스트레스(Frederick and Spalding, 1994), 강풍이나 폭우에 의한 등지 파손(Kim *et al.*, 2006), 도로공사에 의한 번식지 이동(차 등, 2008) 등이 있으며, 대부분 포란과 육추 단계에서 발생하고 있다. 한국에서는 아직까지 흑로의 번식생태에 대한 연구는 이루어진 바 없지만, 김 등(2005, 2007)에 의해 제주도 해안절벽에서 번식한다는 것이 밝혀진 바 있다.

본 연구는 제주도에서 번식하는 흑로의 부화 성공률, 이소 성공률, 번식 성공률 그리고 번식 실패에 미치는 방해 요인을 밝히고자 이루어졌다.

II. 조사방법

흑로의 영소 습성은 애월읍 신엄리 번식지를 대상으로 조사하였다. 번식 성공률을 알아내기 위해 산란기에서부터 이소 직전까지 알과 새끼의 상태를 점검하였다. 부화 성공률, 이소 성공률, 번식 성공률을 파악하기 위해 각 등지별로 다음과 같은 공식을 이용하였다(김 등, 1998).

가. 부화 성공률 : 부화한 알 수 / 전체 알 수 \times 100(%)

나. 이소 성공률 : 이소에 성공한 새끼 수 / 부화한 새끼 수 \times 100(%)

다. 번식 성공률 : 이소에 성공한 새끼 수/ 전체 알 수 × 100(%)

번식장애요인은 번식지내에서 일어나는 사람들의 출입(조사자, 낚시, 해산물채취 등), 천적들의 출현(맹금류, 고양이, 까치, 뱀 등), 기후적 조건(태풍, 비 등), 그리고 희생요인(추락사 등)을 조사하였다.

Ⅲ. 결과

1. 번식 성공률

2004년과 2005년에 확인한 둥지 24개소 중 16개소 53개의 알을 대상으로 조사한 부화율은 56.6%(n=30), 부화한 새끼의 이소율은 56.7%(n=17)이었으며, 번식 성공률은 32.1%(n=17)이었다(Table 9). 연도별로 부화율, 이소율, 번식 성공률을 보면, 2004년(n=31)은 각각 58.1%(n=18), 27.8%(n=5), 16.1%(n=5), 2005년(n=22)은 각각 54.6%(n=12), 100%(n=12), 54.6%(n=12)이었다.

부화율은 한배란수가 2개(n=4)일 때가 100%(n=4)로 가장 높았고, 4개(n=28)일 때 57.1%(n=16), 3개(n=10)일 때 47.6%(n=10)의 순으로 나타났다. 이소율은 한배란수가 4개일 때가 68.8%(n=11)로 가장 높았고, 2개일 때 50.0%(n=2), 3개일 때 40.0%(n=4) 순으로 나타났다. 한배란수가 4개일 경우, 2004년에는 3개 둥지에서 모두 이소에 실패한 반면, 2005년에는 부화한 알 모두 이소하였다. 번식 성공률은 한배란수가 2개일 때가 50.0%로 가장 높았고, 4개일 때 39.3%(n=11), 3개일 때 19.1%(n=4)의 순으로 나타났다.

2. 번식 실패 요인

번식도중 완전 실패 또는 부분 실패한 번식 둥지 2004년 8개소, 2005년 4개소에서 부화에 실패한 경우가 24개의 알, 이소에 실패한 경우가 13개체였다(Table 10). 전체적인 번식 실패요인을 보면, 알이나 새끼가 포식당한 경우가 32.4%(알 2개, 새끼 12개체), 알이나 새끼가 둥지 밖으로 떨어진 경우가 29.7%(알 10개, 새끼 1개체), 포란이나 육추를 포기한 경우가 21.6%(알 6개, 새끼 2개체), 무정란

16.2%(알 6개)의 순으로 나타났다(Table 10).

Table 9. Hatching, fledgling and reproductive success rates of Pacific Reef Herons

Clutch size	Year	Number of eggs	Hatching success(%)	Fledgling success(%)	Reproductive success(%)
2	2004	4	4(100)	2(50.0)	2(50.0)
	2005	-	-	-	-
	Sub total	4	4(100)	2(50.0)	2(50.0)
3	2004	15	9(60.0)	3(33.3)	3(20.0)
	2005	6	1(16.7)	1(100)	1(16.7)
	Sub total	21	10(47.6)	4(40.0)	4(19.1)
4	2004	12	5(41.7)	0	0
	2005	16	11(68.8)	11(100)	11(68.8)
	Sub total	28	16(57.1)	11(68.8)	11(39.3)
Total	2004	31	18(58.1)	5(27.8)	5(16.1)
	2005	22	12(54.6)	12(100)	12(54.6)
	Total	53	30(56.6)	17(56.7)	17(32.1)

부화에 실패한 알 중에서 6개의 알(25.0%)은 모두 무정란으로 같은 둥지에서 일부 개체는 부화한 상태였다. 부화하지 못한 알은 새끼들의 배설물에 의해 더러워졌으며, 나중에 알을 수거해서 해부할 결과 모두 부패한 상태였다. 알이 둥지에서 떨어져 깨진 경우는 41.7%로 알 내용물이 모두 노출되어 있었다. 포식으로 추정되는 경우가 8.3%로 1개의 알은 둥지에서 사라지고, 1개의 알은 천적에 의해 알이 쪼인 흔적이 있었다. 포란을 포기한 경우가 25.0%로, 2004년에는 성조 1개체가 둥지 앞에서 황조롱이에게 포식당했으며, 2005년에는 포란을 포기한 지 15일 지난 후에는 알이 쪼인 흔적이 있었다. 부화되지 않은 알은 자연적으로 부패가 진행된 상태였다.

이소에 실패한 새끼 13개체 중 10개체(76.9%)는 포식자에 의해 희생당한 것으로 추정되었고, 2개체(15.4%)는 육추를 포기한 것으로 굶주려 죽었으며, 1개체(7.7%)는 둥지에서 떨어져 희생되었다.

Table 10. Factors affecting hatching and fledgling failure of Pacific Reef Herons

	Hatching failure(%)			Fledgling failure(%)			Breeding failure(%) Total (n=37)
	2004 (n=13)	2005 (n=11)	Subtotal (n=24)	2004 (n=13)	2005 (n=13)	Subtotal (n=13)	
Unfertilized eggs	2 (15.4)	4 (36.4)	6 (25.0)	-	-	-	6 (16.2)
Fall out	6 (46.2)	4 (36.4)	10 (41.7)	1(7.7)	-	1(7.7)	11 (29.7)
Predation	2 (15.4)	-	2 (8.3)	10 (76.9)	-	10 (76.9)	12 (32.4)
Abandonment	3 (23.1)	3 (27.3)	6 (25.0)	2 (15.4)	-	2 (15.4)	8 (21.6)

n=number of eggs or chicks

IV. 고찰

1. 번식 성공률

흑로의 흑로 번식 성공률은 32.1%로, 해오라기 50.7~61.8%(Jeong, 1998; Kim, 2002, Han *et al.*, 2001), 황로 71.4%(Jeong, 1998), 쇠백로 62.7~77.8%(Jeong, 1998; Han *et al.*, 2001) 그리고 노랑부리백로 40%(Zhang *et al.*, 1994)에 비해 낮게 나타났다(Table 11). 또한 부화율과 이소율도 상대적으로 낮게 나타났는데, 이는 흑로가 제한된 해안절벽에 둥지를 틀면서 다른 백로류에 비해 천적과 혹독한 기상 요인에 의해 영향을 많이 받는 것으로 판단된다.

Table 11. Comparison of hatching, fledgling and reproductive success rates reported for other egrets.

Species	Hatching success(%)	Fledgling success(%)	Reproductive success(%)	Reference
<i>Egretta sacra</i>	56.6	56.7	32.1	This Study
<i>E. garzetta</i>	92.6	84.0	77.8	Jeong(1998)
	94.0	66.7	62.7	Han et al.(2001)
<i>E. euphototes</i>	-	-	40	Zhang <i>et al.</i> (1994)
	84	-	-	Kushlan & Hancock(2005)
	90.9	-	-	Kim(2006)
<i>Bubulcus ibis</i>	85.7	83.3	71.4	Jeong(1998)
	58.0	67.7	57.5	Jeong(1998)
<i>Nycticorax nycticorax</i>	93.3	54.3	50.7	Han <i>et al.</i> (2001)
	91.2	67.7	61.8	Kim(2002)

2. 부화 실패

이번 조사에서 부화에 실패한 경우, 알이 둥지 밖으로 떨어져 부화에 실패한 경우가 41.7%로, 직접적인 원인은 천적이나 태풍에 의해 것으로 추정된다. 2개소

에서 떨어진 알은 아마도 사람들의 출입이나 천적의 출현에 놀라 어미가 둥지를 떠나면서 떨어진 것으로 추측되며, 조사자 출입에 의해 떨어진 경우는 없었다. 일부 깊숙한 암벽 선반에 둥지가 위치한 경우, 조사자를 비롯한 외부 출입자에 늦게 반응하여 갑작스런 회피 비행으로 알이나 새끼가 둥지에서 떨어질 확률이 높을 것으로 판단된다. 또 다른 2개소에서 떨어진 알 6개는 모두 제7호 태풍 디엔무가 지나갈 때 떨어진 경우이다. 하나는 해발 4.8m에 둥지를 트는 경우로 알과 둥지가 모두 파도에 쓸려나간 경우였으며 또 다른 하나는 암벽 선반에 바로 산란한 경우로 바람이나 파도에 의해 떨어진 것으로 생각된다. 그리고 알이 포식자에 의해 희생된 것으로 추정되는 알은 전체 24개알 중에 2개였는데, 이 경우 다른 둥지에 비해 포식자에게 노출될 위험이 높은 것과 관련성이 있을 것이라 생각한다. 매와 황조롱이보다는 까치의 소행으로 추정되나 정확한 원인은 알 수가 없었다. 포란 포기로 부화가 실패된 경우는 어미새의 포란 포기 또는 희생에 의한 것으로 추정된다. 2개소에서 다른 알은 정상적으로 부화하였으나 각각 1개의 알이 부화하지 않아 부패한 경우로, 무정란으로 판단된다. 3개의 알이 모두 부화하지 못한 경우도 있었는데, 이는 어미새의 희생에 따른 포란을 포기한 것이었다. 특이한 것은 이 경우에 둥지 속에 알을 36일 동안 방치하였는데도 알이 사라지지 않았다. 조사 기간 중 번식지 주변에서 집쥐, 들고양이, 누룩뱀, 까치, 큰부리까마귀, 매, 황조롱이 등이 확인되어, 포식자에 의한 흑로의 알 희생에 대해서는 보다 정밀한 조사가 필요하다고 판단된다. 번식 중에 까치, 미국까마귀 *Corvus brachyrhynchos*에 의해 백로류의 알이 포식당하기도 한다(Bancroft *et al.*, 1991; 김 등, 1998).

또한 본 연구에서 흑로는 포란 단계에서 포식자보다는 기상요인이나 외부 침입자에 따른 어미의 회피 비행 행동으로 알이 둥지에서 떨어져 부화에 실패할 확률도 높은 것으로 나타났다. 나무에 둥지를 트는 백로류는 둥지 산좌를 오목하게 깊이 만들기 때문에 알이 둥지 밖으로 떨어지는 경우가 희박하지만, 흑로의 둥지는 산좌깊이가 불과 $2.3 \pm 0.7 \text{cm}$ ($n=11$) 정도이기 때문에 어미새의 행동(갑작스러운 대피행동)이나 강한 바람에 의해 떨어질 확률이 높을 것이라 생각한다. 백로류의 산좌의 깊이를 보면, 중대백로는 $11.0 \pm 1.4 \text{cm}$, 해오라기는 $6.8 \pm 2.4 \text{cm}$, 황로는 $6.3 \pm 1.5 \text{cm}$, 쇠백로는 $8.4 \pm 2.6 \text{cm}$ (정, 1999)로, 흑로에 비해 높은 편이며, 해오라

기는 알이 둥지 아래로 떨어지는 예는 없다 하였다(김 등, 1998).

3. 이소 실패

이소에 실패한 새끼는 모두 13개체로 포식자에 의해 포식당한 경우가 76.9%(10개체)로 주로 매와 황조롱이에 의한 것으로 추정된다. 둥지 앞에서 황조롱이 깃털이 있는 경우는 흑로 어미와 싸운 것으로 보이며, 이 밖에 들고양이나 제주족제비에 의한 소행일 수도 있으나 직접 관찰되지는 않았다. 새끼들이 외상에 의해 희생되지 않고 둥지 주변에서 죽은 채 확인된 경우는 굶주림에 의한 것으로 생각된다. 이는 어미가 포식자에 의해 희생되었거나 포식자에 출현에 의한 육추 포기로 판단된다. 또한 외부 침입자에 의해 어미가 둥지를 떠날 때 발에 채여 새끼가 둥지 밖으로 떨어져 희생된 것으로 추정되는 경우도 있었다. 우리나라의 백로류의 집단 번식지에서 둥지에서 떨어진 새끼를 족제비, 들고양이, 까치, 개 *Canis familiaris*, 너구리 *Nyctereutes procyonoides* 등에 의해 포식당하는 경우도 있다(김 등, 1998; 최 등, 2004).

섬 지역에서의 들고양이에 의한 조류 포식은 해조류(Sea birds)에게는 치명적일 수가 있으며(Kawakami and Fujita, 2004), 제주도 본토를 비롯하여 우도와 마라도의 번식지의 경우 들고양이에 의한 흑로의 희생이 발생할 수 있는 취약성을 가지고 있다.

한편, 일반적으로 백로류는 같은 배의 형제자매를 죽이는 형제살인(Siblicide)을 보이기도 하는데(Fujioka, 1984; Ploger and Mock, 1986; Mock *et al.*, 1987), 흑로의 경우는 아직까지 확인된 바 없다. 이번 조사 중 4개소에서 부화한 새끼가 모두 이소에 성공하였으며, 특히 2개소는 각각 새끼 4마리가 모두 무사한 것으로 나타나, 흑로의 형제살인(Siblicide)는 다른 백로류에 비해 상대적으로 낮은 것으로 판단된다.

4. 번식 실패 요인

이상의 결과를 종합해보면, 흑로의 번식 실패에 미치는 방해요인은 혹독한 기상조건, 천적의 출현, 인간의 간섭 등으로 요약할 수 있다. 혹독한 기상 조건은 백로류의 집단 크기를 좌우하는 요인이기 때문에(Elkins, 1995), 번식지에서의 태

풍은 등지, 알, 새끼들의 추락사고로 이어지고 또한 기온 하강과 어미의 회피를 유발하며, 온도 스트레스에 의한 부화와 육추 실패, 먹이급여 실패로 인한 새끼들의 굶주림으로 이어진 것으로 판단된다.

천적의 출현은 흑로의 알과 새끼 그리고 성조를 직접 공격하게 되며, 간혹 포란 또는 육추 중인 성조의 방어력 증가로 인한 에너지 소실과 회피 비행을 유발하여 어미의 먹이활동 제한과 육추 포기로 새끼들의 성장을 저해할 것이다. 알, 새끼, 성조가 포식자에게 포식당할 위험에 놓일 경우, 등지 위치, 노출수준, 어미새의 방어력 등이 번식성공에 영향을 미칠 것으로 판단되기 때문에 향후 이러한 요인에 대해서는 보다 면밀한 조사가 필요하다고 생각한다. 상대적으로 높은 위치의 등지는 천적(특히 맹금류)에게 들킬 위험이 높아, 포식자에 대한 방어력이 떨어질 것으로 판단된다. 즉, 높은 위치는 까치, 큰부리까마귀, 들고양이, 제주족제비와 같은 포식자들이 드나들기 쉽지만, 낮은 위치는 맹금류가 포식하기 위한 저공비행이 어렵거나 해수 영향을 비롯해 천적들이 출입하기에 부적절한 것으로 생각된다. 조사를 통해 들고양이와 까치는 흑로의 번식지 절벽 위를 배회하는 것이 관찰되었고, 이들이 흑로의 알과 새끼를 공격할 수 있기 때문에 흑로의 번식성공도를 높이기 위해서는 포획하는 것이 바람직하다고 생각한다.

보통 흰색의 깃털을 가진 백로류는 천적에게 노출되는 위험이 크지만(Pratt and Winkler, 1985), 흑로는 현무암과 같은 검은색을 띠고 있기 때문에 암벽번식지가 오히려 보호색 역할을 해준다고 말할 수 있다. 그러나 번식지 및 취식지로 이용가능한 공간이 제한적이기 때문에 등지 밖에서의 활동은 상대적으로 천적에게 노출될 위험이 높을 수도 있다. Frederick *et al.*(1993)은 일부 백로류의 경우, 내륙의 담수 습지에서 번식하는 집단이 해안 습지에서 번식하는 집단에 비해 번식성공도가 높다고 보고한 바 있다. 제주도에서는 흑로가 내륙에서 번식하는 경우는 없지만, 번식지와 떨어진 해안조건대나 담수가 바다로 이어지는 하천 하류에서 먹이활동을 하는 습성과 흑로의 느린 비행은 맹금류에 의해 포식될 가능성이 높을 것으로 여겨진다.

집단번식지에서 조사자의 출입은 부화 직전과 부화 직후에 새끼들에게 치명적이라 해오라기의 번식 성공률에 미치는 영향이 크기 때문에(Tremblay and Ellison, 1979), 본 연구에서는 특히 이점을 고려하여 가능한 산란기 이후부터 번

식지를 출입하였다. 그러나 번식 등지로의 조사자 출입은 번식조류의 포란과 육추 포기 또는 새끼들의 구토 발생과 체중 조절의 변화, 천적의 유도를 초래하는 원인이 되기 때문에(Frederick and Spalding, 1994; 김 등, 1998), 조사자에 의한 번식지 조사는 신중을 기하여야 한다. 또한 낚시꾼이나 해초류 채취자 그리고 행락객들의 번식지내로의 출입은 등지를 떠난 어미로 하여금 번식 스트레스로 이어질 수 있다. 사람에 의한 번식지 출입은 포란과 육추 중인 알과 새끼들에게 온도 스트레스와 공포 제공 그리고 먹이활동 제한을 가져온다(Parson and Burgur, 1981).

제주시 애월읍 번식지 주변은 최근 해안도로 개설, 민박집 증가, 차량증가, 야간행락 행위 증가, 야간 조명 등으로 흑로가 번식지를 이용하는 데 영향을 미치고 있다. 특히 이곳에서의 행락객 증가는 음식물 쓰레기 증가로 이어지고 이는 다시 들고양이, 제주족제비, 집쥐, 까치, 큰부리까마귀 등 흑로의 포식자가 될 수 있는 천적들의 집중화를 유발할 것이다. 또한 행락객들의 고성방가는 흑로에게 소음 스트레스를 제공함으로써 번식행동에 지장을 주고 있다. 이러한 연쇄적인 흑로의 번식지 주변 환경은 앞으로 흑로의 번식 성공률과 직결되어 악영향을 끼칠 것이라 생각한다. 그리고 흑로의 번식지가 해안절벽으로 매우 제한적이어서 조사자의 접근이 어렵기 때문에, 다른 백로류에 비해 흑로에 대한 번식생태 연구가 상대적으로 이루어지지 않은 편이다. 그러다 보니, 흑로의 번식지에 대한 정보가 미흡하여 흑로의 번식 성공률을 낮추는 결과를 초래할 것으로 판단된다. 이러한 점을 고려하여 흑로의 번식지 보호방안이 조속한 시일 내에 마련되어야 할 것이다.

V. 요약

2004년과 2005년에 확인한 등지 24개소 중 16개소 53개의 알을 대상으로 조사한 부화율은 56.6%(n=30), 부화한 새끼의 이소율은 56.7%(n=17)이었으며, 번식 성공률은 32.1%(n=17)이었다. 연도별로 부화율, 이소율, 번식 성공률을 보면, 2004년(n=31)은 각각 58.1%(n=18), 27.8%(n=5), 16.1%(n=5), 2005년(n=22)은 각각 54.6%(n=12), 100%(n=12), 54.6%(n=12)이었다.

번식도중 완전 실패 또는 부분 실패한 번식 등지 2004년 8개소, 2005년 4개소에서 부화에 실패한 경우가 24개의 알, 이소에 실패한 경우가 13개체였다. 전체적인 번식 실패요인을 보면, 알이나 새끼가 포식당한 경우가 32.4%(알 2개, 새끼 12개체), 알이나 새끼가 등지 밖으로 떨어진 경우가 29.7%(알 10개, 새끼 1개체), 포란이나 육추를 포기한 경우가 21.6%(알 6개, 새끼 2개체), 무정란 16.2%(알 6개)의 순으로 나타났다.

제 6장 흑로의 먹이물과 취식 영역

I. 서론

백로과의 조류는 생태학적으로 먹이자원이 비슷하기 때문에 각 종들은 먹이종류와 크기, 먹이습성이나 취식방법, 취식시간 등을 달리하여 같은 서식지내에서 먹이자원에 대해 독립된 생태적 지위를 형성한다(Smith, 1977). 또한 백로류는 번식지내에서 다양한 먹이공간을 이용하면서 다른 종들과 혼성하는 경향이 있으며(Erwin, 1983), 집단번식지에서의 공동생활은 좋은 취식지 정보를 확보하기 위한 행동이다(Bayer, 1982; Kersten *et al.*, 1991).

백로류의 주 먹이는 어류, 양서류, 파충류, 갑각류, 곤충류 등이며(Siegfried, 1972; del Hoyo *et al.*, 1992; Choi, 2008), 번식기에는 새끼에게 물고기를 급여하는 경향이 높다(Smith, 1997). 또한 백로류의 몸 크기에 따라 먹이의 크기가 다르게 나타나거나(Moser, 1985; Dimalexis *et al.*, 1997), 나이와 체중에 따라 먹이 소비량이 다르다(Siegfried, 1972). 해오라기는 붕어 *Carassius auratus*, 미꾸라지 *Misgurnus mizolepis*, 치리 *Hemiculter eigenmanni*, 가물치 *Channa argus* 등의 어류와 황소개구리 *Rana catesbeiana*, 참개구리 *Rana nigromaculata*, 땅강아지 *Gryllotalpa orientalis*도 선택하였으며(김 등, 1998), 쇠백로는 붕어, 미꾸라지 *Misgurnus anguillicaudatus*, 미꾸라지, 치리, 메기 *Silurus asotus*, 피라미 *Zacco platypus* 등을 잡아먹는다(한 등, 2001; 김, 2004). 왜가리는 새끼들에게 태어난 지 10일이내의 오리새끼를 급여하기도 한다(Marquiss and Leitch, 1990). 흑로는 25mm 미만의 어류인 망둑어류(Mudskippers), 배도라치류(Blennies), 자리돔류(Damsel-fishes) 그리고 게류(Crabs), 연체동물(Molluscs), 곤충(Insects), 도마뱀류(Lizards), 소형 조류(Small birds) 등을 선호한다(Recher and Recher, 1972).

백로류의 취식지 선택과 방향, 거리는 취식지의 수위 높이, 먹이자원의 분포와 풍부도, 물고기의 활동시간대, 종의 집단크기 경향, 취식 경험, 안전성, 기상조건 등 여러 요인에 따라 다르다(Yamagishi *et al.*, 1980; Haneda and Iwasaki, 1982;

Erwin, 1983; Min and Satoshi, 1984; Demachi *et al.*, 1991; Kersten *et al.*, 1991; Frederick and McGehee, 1994; Igarashi, 1996; 김, 2004; Choi, 2008).

본 연구는 제주도에서 번식하는 흑로의 식이물과 취식 영역을 분석하여, 향후 흑로의 먹이자원과 취식지를 효율적으로 보호·관리하는데 필요한 자료를 제공하고자 이루어졌다.

II. 조사방법

흑로의 영소 습성은 애월읍 신엄리 번식지를 대상으로 조사하였다. 식이물은 조사자가 등지를 출입하면서 새끼가 토해낸 것 그리고 어미가 새끼에게 먹이려고 등지 안과 밖에 토해낸 것을 모두 모아 측정하였다. 흑로의 취식영역은 조사기간 동안에 번식지를 포함하여 이동하여 먹이 활동을 하는 지점을 표시하였다. 취식지 지점은 휴대용 GPS(GARMIN 60CSx)를 이용하여 위치를 기록하였으며, 지도는 인터넷 다음지도(<http://local.daum.net/map/index.jsp>)를 인용하였다.

III. 결과

1. 식이물

수거한 식이물은 모두 5종 21개체였으며, 이중 검정망둑 *Tridentoger obscurus*이 38.1%(n=8)로 가장 많았고, 다음이 가막베도라치 *Ennedpterygius theostomus*가 19.0%(n=4), 멸치 *Engraulis japonica*가 14.3%(n=3) 순이었으며, 쥐노래미과(Hexagrammidae)의 어류도 확인되었다(Table 12).

반쯤 소화된 먹이를 제외한 식이물의 크기는 평균 58.29±5.17mm(n=19)였으며, 검정망둑 67.49±4.91mm(n=8), 가막베도라치 43.98±3.50mm(n=4), 멸치 22.77±1.17mm(n=3), 반쯤 소화된 상태의 넙치 *Paralichthys olivaceus*와 볼락 *Sebastes intermis*도 확인되었다.

식이물은 새끼가 등지 안에 토해내거나 어미가 새끼에게 먹여주기 위해 등지

또는 등지 앞 바위에 놓여 있었다. 또한 식물 중에는 넙치 1개체와 불락은 반쯤 소화한 상태였으며, 넙치는 머리와 몸통을 먹은 상태였고, 불락은 머리부분이 잘려 나간 상태였다. 식이물의 크기가 어느 정도 크면 어미가 머리 부위를 잘라내고 먹이는 것으로 나타났다.

Table 12. Food sizes of Pacific Reef Herons on Jeju island

Species Name	Number of individuals	Size(mm, Mean±SE)
<i>Tridentoger obscurus</i>	8	67.49±4.91
<i>Ennedpterygius theostomus</i>	4	43.98±3.50
<i>Engraulis japonica</i>	3	22.77±1.17
Other(Hexagrammidae)	4	80.79±5.35
Subtotal	19	58.29±5.17
<i>Paralichthys olivaceus</i>	1	ND(semi-digested)
<i>Sebastes intermis</i>	1	ND(semi-digested)

ND: No Data

2. 취식 영역

떡이를 취식하는 장소는 등지 바로 아래의 조간대를 비롯하여 인근 해안조간대까지 이동하였으며, 주로 용천수가 용출하는 해수와 담수가 혼합되는 지역을 선호하는 것으로 나타났다. 주요 취식 위치는 Table 13에 제시한 바와 같다. 흑로는 단독 또는 집단을 이루어 번식하며, 등지는 사람의 접근이 어려운 무인도의 암초나 나무 위 또는 암벽 선반 위에 틀며 알은 2~4개정도 낳는다(Kikkawa, 1970; McKilligan, 2002; 김 등, 2005; 김 등, 2007). 번식지를 기점으로 동쪽으로는 2.3km 지점에 바다로 이어지는 원내천에서 간조시에 흑로를 비롯하여 쇠백로, 중대백로, 왜가리, 중부리도요, 노랑발도요 등이 이곳에서 떡이를 잡아먹고 있었다. 또한 동쪽으로 3.9km 지점의 고성천 하류 지점의 조간대 그리고 5.9km 지점의

하귀리 관전동 해안 조간대, 7.4km 지점의 외도천 하류, 그리고 서쪽으로는 0.8km 지점인 애월읍 신엄리 용천포구, 2.7km 지점의 애월항 주변 조간대, 6.6km정도 떨어진 애월읍 금성천 하류에서 각각 흑로의 먹이활동이 확인되었다(Fig. 2). 먹이 포획은 다리가 반쯤 잠기는 조간대와 바닷물과 경계를 이루는 갯바위를 걸으면서 부리를 앞으로 빠르게 내밀어 낚아채었다. 기수역이 형성되어 있는 자갈밭에서는 비교적 느린 동작으로 먹이를 포획하였다.

Table 13. The major foraging sites around the Aewol-up breeding site on Jeju island

Foraging site	Local Name	Latitude	Longitude
F1	Geumseongcheon, Geumseong-ri Aewol-eup, Jeju city	N33°26'48.9"	E126°17'53.3"
F2	Aewol-ri harbor, Aewol-ri Aewol-eup, Jeju city	N33°28'04.4"	E126°19'46.3"
F3	Sineom-ri harbor, Sineom-ri Aewol-eup, Jeju city	N33°28'22.9"	E126°21'01.0"
F4	Wonnaecheon, Gueom-ri Aewol-eup, Jeju city	N33°29'06.1"	E126°22'54.2"
F5	Goseoncheon, Hagwi-ri Aewol-eup, Jeju city	N33°29'01.6"	E126°24'18.2"
F6	Gwanjeon-dong, Hagwi-ri Aewol-eup, Jeju city	N33°29'19.5"	E126°25'05.2"
F7	Oedocheon, Oedodong Jeju city	N33°29'41.5"	E126°26'07.8"



Fig. 5. Distance of the major foraging sites(F1~F7) from the Aewol-up breeding site(B). B-F1: 6.6km, B-F2: 2.7km, B-F3: 0.8km, B-F4: 2.3km, B-F5: 3.9km, B-F6: 5.9km, B-F7: 7.4km.

IV. 고찰

흑로와 다른 백로류의 먹이종류가 다르게 나타난 것은 흑로를 제외한 다른 백로과의 조류는 강, 저수지, 논습지 등이 가까운 내륙에서 번식하지만 흑로는 바다와 접해있는 무인도서나 해안절벽에서 번식하기 때문에, 번식지 선택에 따라 먹이선호도가 다르게 나타난 결과라 할 수 있다. 흑로가 가장 선호하는 검정망둑은 기수역의 자갈이 많은 곳에서 그리고 가막베도라치, 멸치, 노래미, 불락은 바위와 해조류가 많은 연안에서 각각 서식하며, 특히 검정망둑은 도내 기수역에 비교적 우점적으로 분포한다(조, 1980). 결과적으로 흑로가 먹이를 찾는 공간이 수심이 깊지 않은 해안조건대로 그 곳에 서식하는 물고기는 수심이 깊은 곳에 서식하는 물고기보다는 상대적으로 몸 크기가 작고 종류도 제한적일 수밖에 없다. Recher and Recher(1972)는 흑로의 주 먹이가 25mm 미만의 작은 물고기라 보고

한 바 있는데, 본 연구에서는 $58.29 \pm 5.17 \text{mm}$ 로 2배 이상 차이를 보였으며, 주 먹이는 검정망둑으로 나타났다. 하지만, 비번식기에는 송어 *Mugil cephalus*, 어랭늘래기 *Duymaeria flagellifera*와 같은 어류도 포식하는 것이 확인되었다.

흑로는 번식지와 취식지 사이의 거리가 최소 8km에 이른다(Erwin, 1983). 쇠백로는 취식 공간이 번식둥지로부터 7~27km 범위, 황로는 25.6km, 해오라기는 13km 범위내에서 취식한다(Yamagishi *et al.*, 1980; Haneda and Iwasaki, 1982; Demachi *et al.*, 1991). 또한 쇠백로의 경우 번식지에서 5km 이내에서 집중적으로 먹이를 구한다(Yamagishi *et al.*, 1980).

연구 결과, 흑로의 취식지는 번식 둥지로부터 서쪽으로 6.6km, 동쪽으로 7.4km 까지 이동하는 것으로 확인된 바, 집중적인 취식지가 많지 않은 점을 감안한다면, 먹이분포의 풍부도에 따라 취식지를 더 넓힐 것으로 판단된다. 취식지의 수심은 백로류의 먹이활동을 제한하는 요인이 되며(Frederich and McGehee, 1994), 가뭄이나 홍수에 의한 습지의 수심 증감은 먹이자원의 감소를 초래하여 번식 성공에 치명적인 영향을 미친다(Grull and Ranner, 1998; Custer *et al.*, 1996). 흑로는 조석에 따라 취식 시간이 다르며, 만조시에는 먹이 활동에 제한을 받는다(McKilligan, 2002). 따라서 애월읍 번식지 주변의 취식지는 간조시에 일정하게 수심이 유지되는 곳으로 흑로에게는 최적의 먹이공급처라 판단된다.

한편, 이동성이 강한 백로류는 번식기 이후에는 번식지를 떠나는 경향이 있고, 그 차이는 중간 또는 이용 가능한 서식지의 질에 따라 다르며(Erwin *et al.*, 1996), 이동거리는 연령에 따라서도 차이가 있다(McKilligan, 2002). 흑로는 한 지역에 머물러 생활하는 텃새이기 때문에 이동거리는 크지 않을 것으로 예측되지만, 향후 흑로의 취식영역을 밝히기 위해서는 번식지를 기준으로 그 이동 범위와 흑로의 연령, 먹이 풍부도에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

그리고 번식기와 비번식기에 흑로들의 취식 행동, 다른 백로류와의 먹이경쟁, 가락지부착과 무선추적(Radio telemetry)을 통한 이동경로 등 보다 세부적인 연구가 진행되어야 할 것이다.

V. 요약

수거한 식이물은 모두 5종 21개체였으며, 이중 검정망둑 *Tridentoger obscurus*이 38.1%(n=8)로 가장 많았고, 다음이 가막베도라치 *Ennedpterygius theostomus*가 19.0%(n=4), 멸치 *Engraulis japonica*가 14.3%(n=3) 순이었으며, 쥐노래미과(Hexagrammidae)의 어류도 확인되었다. 식이물은 새끼가 둥지 안에 토해내거나 어미가 새끼에게 먹여주기 위해 둥지 또는 둥지 앞 바위에 놓여 있었다. 또한 식이물 중에는 넙치 1개체와 불락은 반쯤 소화한 상태였으며, 넙치는 머리와 몸통을 먹은 상태였고, 불락은 머리부분이 잘려 나간 상태였다. 식이물의 크기가 어느 정도 크면 어미가 머리 부위를 잘라내고 먹이는 것으로 나타났다.

먹이를 취식하는 장소는 둥지 바로 아래의 조간대를 비롯하여 인근 해안조간대까지 이동하였으며, 주로 용천수가 용출하는 해수와 담수가 혼합되는 지역을 선호하는 것으로 나타났다. 번식지를 기점으로 동쪽으로는 2.3km 지점에 바다로 이어지는 원내천에서 간조시에 흑로를 비롯하여 쇠백로, 중대백로, 왜가리, 중부리도요, 노랑발도요 등이 이곳에서 먹이를 잡아먹고 있었다. 또한 동쪽으로 3.9km 지점의 고성천 하류 지점의 조간대 그리고 5.9km 지점의 하귀리 관전동 해안 조간대, 7.4km 지점의 외도천 하류, 그리고 서쪽으로는 0.8km 지점인 애월읍 신엄리 용천포구, 2.7km 지점의 애월항 주변 조간대, 6.6km정도 떨어진 애월읍 금성천 하류에서 각각 흑로의 먹이활동이 확인되었다.

제 7장 흑로의 개체군 보전을 위한 관리 방안

I. 보호관리의 필요성

저어새 *Platalea minor*와 같은 단일 종을 보호하기 위해서는 생물학적 종수준에서부터 서식지 관리, 법적 보호지역의 설정, 행정적 지원이 따라야 한다(최, 2004). 일반적으로 백로류는 인간생활과 밀접하게 관련되어 있기 때문에, 일부 백로류의 경우, 인간 활동에 의해 종 자체 또는 번식 집단이 사라질 위험에 놓여 있다(Kushlan and Hancock, 2005). 백로류의 보전을 위해서는 종의 분포, 집단크기, 생태학적 정보, 생물학적 정보 등이 필요하며, 서식지, 번식지, 취식지, 월동지 등에 대한 분포와 이용 현황을 파악해야 한다(Kushlan and Hafner, 2000). 또한 백로류는 전 세계적으로 고루 분포하기 때문에, 특정 지역에 대한 정보도 중요하다. 따라서 제주도에서 흑로의 번식지 유지와 서식 환경을 보호하기 위해서는 여러 방해요인에 대한 대책과 관리방안을 수립해야 할 시점이다.

조사기간 중 흑로번식에 방해로 주는 여러 요인들이 나타났다. 종합해보면, 흑로의 번식 실패에 미치는 방해요인은 번식지의 제한적 분포, 행락객 증가, 조사자 등지 출입, 해안도로개설과 민박집의 증가, 낚시행위와 해초류 채취, 흑독한 기상조건, 천적 출현 등으로 요약할 수 있다(Table 14). 이러한 방해요인은 여러 단계를 거쳐 흑로의 번식성공에 영향을 미치기 때문에, 흑로의 번식지를 보호하기 위해서는 인위적인 요인을 우선 해결해야 할 것이라 생각한다. 흑로를 보전하기 위해서는 서식지 및 종 수준에서는 여러 프로그램을 진행하여야 할 것이다(Fig. 6). 서식지 수준에서 보면, 제주도 전역의 해안조간대가 흑로의 취식지이기 때문에 특정 해안 지역에 국한하지 않고 제주도 해안선을 따라 발달한 해안조간대의 손실을 방지하고, 특히 흑로의 취식지 해안조간대와 번식지로 이용되는 해안절벽을 보전해야 할 것이다. 또한 종 수준에서는 흑로에 대한 생물학적 정보를 축적하거나 개체수 모니터링 실시, 희귀 조류의 지정과 보호 구역 지정, 천적과 기상 조건의 극복 등에 대한 여러 요인을 해결하여야 할 것이다.

II. 제주도 주변 해역의 효율적 관리

조류는 먹이사슬 단계에서 상위 단계에 속하기 때문에 흑로의 분포와 번식성공은 먹이자원의 안정적인 공급이 필요하다. 이는 흑로가 왜 우리나라의 서해안과 동해안 그리고 남해안 일대의 다른 도서에 비해 특히 제주도 주변 해역에서의 서식 밀도가 높게 나타나고 있는지를 결정해주는 지표가 된다.

제주도는 섬 전체가 신생대 제4기의 신선한 화산암류로 구성되어 있으며 장축인 북동동~남서서 방향성을 보이는 반타원형의 화산도이다. 제주도의 연근해는 화산섬으로 인하여 한반도 다른 해안보다 해안 지형과 기질이 해조류가 부착하기에 알맞은 조건을 갖추고 있으며(오, 2004), 이들 부착미세조류는 저서생물을 비롯하여 치패류 및 치자어의 초기 먹이생물이 될 수 있다(좌, 2003). 따라서 어류를 주식으로 하는 흑로의 먹이공급원으로서 중요한 생태적 지위를 차지하고 있다고 볼 수 있다. 또한 제주도 주변 해역은 동중국해, 황해, 우리나라 남해와 접하고 있고 해저지향도 경사가 완만하고 저질(低質)도 거의 펄 또는 사니질(沙泥質)로 되어 있는 대륙붕 해역이다. 그리고 양자강, 황하와 같은 대하천이 있고 우리나라 남서해에도 크고 작은 하천 그리고 제주도내의 지표수와 용출수가 유지되는 하천이 분포하고 있어 영양염류가 풍부한 육수가 다량으로 유입되고 있으며 조류(潮流)에 의한 교란이나 동계 표층수의 냉각에 의한 대륙혼합이 촉진되기 때문에 높은 생산율이 유지되고 각종 어류의 월동장, 산란장, 생육장 및 회유경로의 길목이 되고 있다(좌, 1991; 노, 2002).

Table 14. Disturbance factors affecting the breeding failure of Pacific Reef Herons on Jeju island.

Factors	Causes of the breeding failure	Results of the breeding failure
Restriction of nest sites	<ul style="list-style-type: none"> - Nest exposure by scene development - Breeding competition against other birds - Competition among Pacific Reef Herons 	<ul style="list-style-type: none"> - Abandonment of nest selection
Picnicker	<ul style="list-style-type: none"> - Occurrence of food garbage and noise - Appearance of wildcats, weasels, house rats, magpies, large-billed crows - Stress increase by large noise 	<ul style="list-style-type: none"> - Victim of eggs, chicks, and parents by people action
Researcher	<ul style="list-style-type: none"> - Escape flight of parents - Nest exposure increasement to enemy - Offering fear to chicks - Bad condition by vomiting of chicks 	<ul style="list-style-type: none"> - Falling out of eggs and chicks from their nest - Predation to enemy - Abandonment of incubation and fledgling
Marin roads	<ul style="list-style-type: none"> - Decrease of foraging sites - Difficulty in finding foods - Noise increase by vehicles traffic and people - Increase of night-light around breeding site - Increase of people and lodging facilities 	<ul style="list-style-type: none"> - Starvation of chicks - Abandonment of incubation and fledgling
Fishing and picking seaweeds	<ul style="list-style-type: none"> - Concentration of fishing and picking seaweeds in the breeding season - Difficulty in finding foods - Escape flight of parents in breeding - Energy waste by the unnecessary action 	<ul style="list-style-type: none"> - Delay and failure of incubation, hatching, fledgling
Natural enemy	<ul style="list-style-type: none"> - Offering fear to parents and chicks - Predation of eggs, chicks, and parents - Restriction of the feeding action 	<ul style="list-style-type: none"> - Starvation of chicks - Abandonment of incubation and fledgling
Heavy weather	<ul style="list-style-type: none"> - Frequency occurrence of typhoon and rainfall - Increase of high wave and damage of nests - Restriction of foraging action and lack of chicks' foods 	<ul style="list-style-type: none"> - Falling out eggs, chicks from their nests - Abandonment of incubation and fledgling

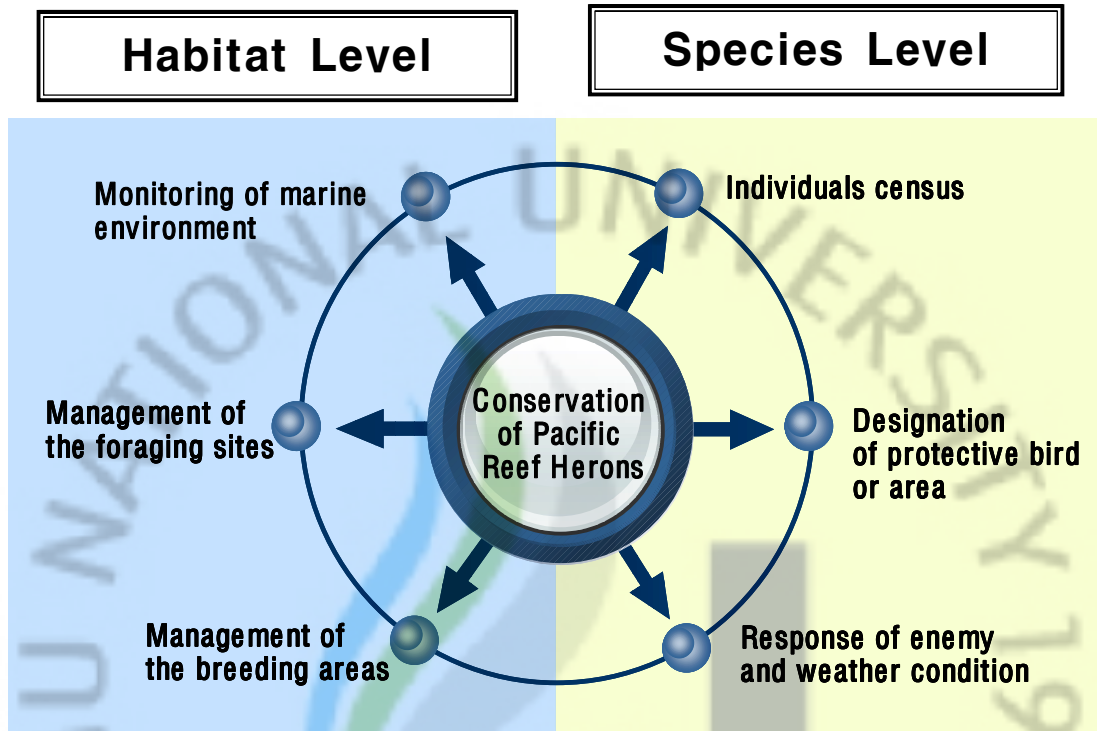


Fig. 6. Schematic diagram for management and conservation of Pacific Reef Herons and their habitats on Jeju Island.

이러한 제주의 주변의 특징으로 인하여 제주의 연근해는 미세한 식물플랑크톤에서부터 고차의 동물에 이르기까지 단계적 먹이사슬 생태계가 이루어지고 있기 때문에 가장 높은 단계에 있는 조류의 중요한 취식공간이 된다. 제주도 해안의 부착 미세 조류의 군집구조는 해역별, 계절별 그리고 수온과 바람과 같은 환경요인에 따라 다르게 나타나는 특징이 있기 때문에(좌, 2003), 향후 이와 관련하여 흑로의 번식과정에 영향을 줄 것이라 판단된다. 특히 흑로는 간조시에 암반조간대가 드러나는 곳에서 주로 어류, 게류 등을 취식하고 있어서 암반조간대의 생육 환경이 흑로의 서식에 결정적인 요인이 될 수 있다. 최근 발생빈도가 높아지고

있는 갯녹음 현상은 장기적으로 연근해에 서식하는 어류들의 산란장이나 성육장을 감소시킬 우려가 있기 때문에(좌, 2003), 흑로의 취식공간이 사라짐과 동시에 흑로들의 이동이 불가피할 것으로 예상된다. 향후 제주도 연근해역을 대상으로 환경요인, 미세조류의 생물생태학적 특성과 고차 생물인 어류, 조류의 서식밀도와의 상관관계를 장기간 모니터링 할 필요가 있다. 또한 육상의 감귤과수원, 골프장, 축산폐수, 양식장 배출수 등에서 내려오는 환경저해물질들이 하천이나 용출수를 통하여 해안조건대로 유입될 가능성이 높기 때문에, 먹이사슬을 통하여 이 곳에서 주로 먹이활동을 하는 흑로의 체내에 중금속이 축적될 가능성이 있다. 최근 오(2004)는 제주도 연안의 해조류의 변화가 해안을 따라 축조되는 각종 양식관련 시설과 방파제 공사에 따른 수중환경에 대한 교란 그리고 농업용 및 생활 오폐수 등이 해안으로 유입되는 것과 관련성이 있다고 보고한 있다.

흑로와 같은 백로류는 생태계 먹이사슬에서 높은 지위에 있기 때문에 낮은 영양단계에서 나타나는 환경변화를 반영하고 있으며(Ankley *et al.*, 1993), 이러한 결과는 백로과의 여러 조류에서 중금속이 축적된다(Min *et al.*, 1984; Honda *et al.*, 1985; Burget and Gochfeld, 1993; 정과 원, 1999; 김 등, 1999). 흑로는 이미 환경오염물질이 발생하는 곳에서 먹이자원을 구하고 있기 때문에 중금속에 노출되어 있을 가능성이 높다. 또한 연쇄적인 먹이사슬단계에 따라 흑로와 같은 중소형 조류를 포식하는 맹금류에게 치명적인 영향을 줄 수 있을 것이라 판단된다. 일반적으로 군집을 이루어 번식하는 백로류는 생물학적 지표종(Bioindicator species)으로서 번식지내의 생물 생산성과 환경의 질에 따라 먹이영양단계를 평가받고 있기 때문에(Kushlan, 1993; Frederick and Spalding, 1994; Erwin *et al.*, 1996), 흑로의 먹이자원을 보호하기 위해서는 제주도 전역의 해역을 중심으로 환경변화를 지속적으로 모니터링 하는 것이 필요하다고 판단된다.

Ⅲ. 해안조간대의 취식지 유지관리

일반적으로 백로류는 수심이 얇고 먹이인 물고기가 풍부하면 먹이 취식에 유리하게 작용하는데(김, 2008), 제주의 해안조간대는 흑로를 비롯하여 백로류 조류에 좋은 취식 환경을 제공해준다. 특히 흑로가 선호하는 검정망둑은 기수역에서 우점적으로 분포하는데 제주 지역의 해안조간대는 용천수가 흘러나와 바닷물과 합쳐지면서 검정망둑의 좋은 서식처가 되고 있다. 애월읍 신엄리에서 번식하는 흑로들이 이용하는 취식지인 애월읍 동귀리와 외도천 하류에는 검정망둑을 비롯하여 멸치, 송어, 은어 *Plecoglossus altivelis*, 꼭저구 등이 분포하고 있다(조, 1980)

백로과의 조류는 얇은 물가에서 천천히 걸어 다니면서 먹이를 낚아채는데, 그 속도와 취식 유형은 종에 따라 조금씩 다르다(del Hoyo *et al.*, 1992; Kushlan and Hancock, 2005; Choi, 2008). 내륙 습지에서 먹이를 구하는 백로류에 비해 흑로는 연안에서 먹이를 구하기 때문에 일일 간만조의 차이에 따른 먹이터의 수심에 따른 비교적 빠른 동작으로 먹이를 낚아채었다. 흑로와 쇠백로는 대부분 단독으로 먹이를 찾는 경향이 있었으나, 흑로가 쇠백로보다 더 빨리 걸어 다니면서 먹이를 구하는 것이 관찰되었다. 이러한 굵이 행동의 차이는 쇠백로의 경우 해안조간대뿐만 아니라 저수지, 논밭, 연못 습지 등에서 먹이를 찾지만, 흑로는 제한된 공간과 시간대에 먹이활동을 해야 하기 때문일 것이다. 또한 주요 먹이감이 되는 어류가 분포한 곳의 수심, 파고, 식이물의 분포영역과 움직임, 개체 크기 등이 먹이선택에 영향을 미치고 있고, 특히 번식기에는 새끼의 양육을 위해 더 많은 먹이를 확보하기 위해서라도 제주에서는 번식하지 않는 다른 백로속의 조류보다 취식 행동이 빠를 수밖에 없을 것으로 추측된다. 그리고 흑로는 다른 백로류에 비해 수면에 노출된 바위에서 기다리면서 먹이를 낚아채는 경향이 높는데, 이는 흑로의 취식지가 해안조간대에 제한되어 있기 때문에 해수의 간만조에 따라 수심이 조절되기 때문이다.

황로는 무리를 짓고 먹이를 구하는 과정에서 확보된 먹이를 서로 빼앗은 종내 경쟁을 하지만(Garrido *et al.*, 2001), 흑로는 보통 단독 또는 2~3마리가 무리를

지어 먹이활동을 하기 때문에 종내경쟁은 찾아볼 수가 없었다. 또한 번식지내에서 쇠백로, 중대백로, 왜가리 등 다른 백로류와 함께 먹이를 구하고 있었지만 직접적인 종간 싸움은 없었다. 하지만 월동기에는 무리를 짓지 않았지만 같은 장소에서 먹이를 찾다가 간혹 중대백로와 1:1로 쟁탈전을 벌이는 등 종간 경쟁을 하기도 하였다. 백로과의 조류는 생태학적으로 먹이자원이 비슷하기 때문에 각 종들은 먹이종류와 크기, 먹이습성이나 취식방법, 취식시간 등을 달리하여 같은 서식지내에서 먹이자원에 대해 독립된 생태적 지위를 형성한다(Smith, 1977). 또한 백로류는 번식지내에서 다양한 먹이공간을 이용하면서 다른 종들과 혼성하지만 종내, 종간 경쟁은 아주 적게 나타났다(Erwin, 1983). 그리고 집단번식지에서의 공동생활은 좋은 취식지 정보를 확보하기 위한 행동으로(Bayer, 1982), 흑로의 번식지를 보호하는 것은 먹이자원의 탐색을 안정적으로 지속시켜 주는 효과를 가져 올 수 있다.

한편, 흑로는 다른 백로류에 비해 산란수가 적지만, 보통 1마리 정도가 이소에 성공하는 경향이 있는데, 이는 암초지에서만 먹이를 구해야 단점을 지니고 있기 때문이라는 보고가 있다(McKilligan, 2002). 백로류 중 흑로를 비롯하여 Green-backed Heron, Yellow-crowned Night Heron은 담수 습지보다는 조석과 파도의 영향을 받는 해안가에서 먹이자원을 획득하는데 어려움이 있다(Kushlan and Hafner, 2000). 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 한배란수가 3, 4개일 때도 모두 이소에 성공한 것으로 나타나 먹이를 확보하는 데에는 어려움이 없는 것으로 판단된다.

하지만, 번식지 주변에 분포한 해안조간대는 흑로의 좋은 취식 공간이기 때문에, 조간대의 매립이나 항포구의 확장 공사로 인하여 서식지가 훼손되는 것을 최소화해야 한다. 백로류의 번식지 분포는 인근의 먹이자원의 풍부도 결정되며, 먹이공급은 백로류의 번식 집단 크기를 조절하는 요인이 된다(Kelly *et al.*, 1993; Baxter and Fairweather, 1998). 따라서 흑로가 이용하는 취식지에서의 잠재적 먹이 자원을 분석하고, 흑로의 선호도가 높은 취식지를 집중적으로 관리할 필요가 있다. 특히 애월읍 신엄리의 번식지로부터 동서 10km 이내에서 흑로가 주 취식지로 이용되고 있는 7곳(Fig. 6)의 해안조간대는 안정적으로 유지될 수 있도록 관리되어야 할 것이다.

IV. 번식지 주변의 개발 최소화

제주도는 화산섬으로 제주 해안변이 완만한 용암대지로 발달되어 있는 곳이 많은 편이며, 수직으로 발달한 해안절벽은 제한적으로 분포되어 있다. 그 분포 범위를 보면, 송악산, 수월봉, 당산봉, 일출봉, 별도봉, 우도봉 등의 응회구와 응회환 그리고 지삿개 주상절리, 신엄, 남원, 서귀포시 도순동 등 수직으로 발달한 현무암층이 대표적이다. 이러한 곳은 사람들의 출입이 적기 때문에 번식조류의 안전한 번식터로 이용되고 있다. 흑로를 비롯하여 매, 바다직박구리, 칼새, 가마우지들이 주로 번식하는 곳으로 이들 종과 번식터를 공동으로 이용해야 한다. 가마우지와 잠자리와 휴식처로서 공동생활을 하고 있어서 자리영역확보에 신경전을 벌일 것으로 생각되었으나, 본 연구에서는 두 종간의 직접적인 경쟁이나 싸움은 확인되지 않았다. 조사기간 중 우도 검멀레의 번식지는 흑로, 가마우지, 매가 함께 번식하고 있었으며, 한경면 와도와 남원읍 남원리에서는 매가 함께 번식하고 있었다. 애월읍의 경우, 4월 중순까지 가마우지가 휴식지로 이용하고 있는 것이 확인되었다. 아직까지 이곳에서 가마우지의 번식이 확인되지 않았으나 제주도 내에서 번식하는 가마우지의 개체수가 증가하면 이곳이 가마우지의 번식공간으로 이용될 수도 있다. 꿩이갈매기의 번식이 늘어나면서 노랑부리백로의 번식공간이 줄어들어 가는 것처럼(김, 2004), 다른 종과 공동으로 번식지를 이용할 경우 번식공간 확보에 따른 스트레스가 증가하거나 자칫 번식지 이동으로 이어질 수도 있다.

맹금류에 의한 포식이 번식 성공률을 좌우되는 번식지에서는 새끼들의 피난처가 포식압을 낮추는데 중요한 역할을 하는데(Burger and Gochfeld, 1985; Cody, 1985), 암벽 틈새가 발달한 해안절벽은 흑로 번식지로 선택하는 결정적인 인자로 작용한다. 흑로는 등지를 선택함에 있어서 알과 새끼를 보호하기 위하여 선반이 수평보다는 약간 위쪽으로 나 있거나 움푹 패인 곳을 택하여 등지재료를 모아 큰 사발형의 등지를 만들며, 등지 안쪽으로는 새끼들이 외부 침입자로부터 회피할 수 있는 여유 공간이 확보된 곳을 우선적으로 선택한다. 이러한 조건을 충족시킬 수 있는 곳이 제주도내 해안절벽 중에서 많지 않은 것도 흑로의 번식을 제

한하는 요인이 되고 있으며, 차후에는 흑로간의 번식지를 선택하기 위한 쟁탈이 생길 수 있다. 그리고 번식지 주변에 갯기름나물을 비롯하여 식물성 마른 재료가 부족한 곳이나 반대로 등지재료가 비교적 많더라도 비바람이나 천적으로부터 노출 정도가 심각하거나 해안절벽의 범위와 선반 발달정도가 미흡한 곳은 흑로의 번식지로는 적합하지 않다.

제주도에서 해안절벽이 발달한 곳은 모두 해안경관지로 지정되어 있어서 사람들의 출입이 많은 곳이다. 사람들의 출입이 많다보니, 자연히 번식조류에 치명적인 영향을 초래하고 있다고 볼 수 있다. 애월읍과 남원읍의 경우 해안도로와 산책로가 절벽 바로 위까지 놓여 있으며 차량이 급증하고 각종 행사로 인한 사람들의 출입이 쉬운 곳이다. 사람들의 출입으로 인한 흑로의 불필요한 비행이나 경계 행동을 줄이기 위해서는 절벽 위의 산책로를 절벽에서 내륙 쪽으로 5m 이상 이격되도록 조정하고, 번식기인 3~7월에는 산책로 출입을 제한하는 조치도 바람직하다.

주말이나 휴가철에는 인근 숙박시설(민박, 콘도, 펜션 등)이나 지역주민들이 해안절벽의 곰솔 군락이나 공터에 놓고 난 후 음식물을 버리는 경우가 발생하면서 부터 집쥐, 들고양이, 제주족제비, 까치들의 출현이 높아지면서 흑로의 번식에 영향을 끼칠 수 있다. 애월읍의 경우는 인근 전경 초소에서 오리와 닭을 사육하고 있는데 남은 음식물을 처리하는 과정에서 까치들이 그곳에서 취식 활동을 하고 있었고, 주변에서 들고양이와 제주족제비도 관찰되었다. 들고양이는 참새목 조류를 공격하여 심각한 문제를 야기 시키거나 해조류의 번식에도 악영향을 미친다 (Kawakami and Higuchi, 2002; Kawakami and Massaki, 2004). 최근 우리나라의 백로류의 집단 번식지내에서 족제비, 들고양이, 까치에 의한 포식 가능성을 제기한 바 있다(최 등, 2004). 이번 조사에서 확인된 들고양이와 까치는 흑로의 번식지 절벽 위를 배회하는 것이 관찰되었고, 이들이 흑로의 알과 새끼를 공격하기 때문에 흑로의 번식성공도를 높이기 위해서는 포획하는 것이 바람직하다.

또한 애월읍 신엄리 번식지 일대가 숙박시설이 급증하면서 콘도와 가로등 그리고 등지 앞 해상에서 이루어지는 선박불빛으로 인하여 전체적인 조도가 밝아지고 있기 때문에 흑로의 번식생태에 영향을 끼칠 것으로 예상된다. 백로류의 이소 및 귀소 시간을 결정짓는 요인은 여름철 해뜨는 시각이라는 연구 결과

(Siebert, 1951; Ueda, 1992)도 있으며, 한과 함(2000)은 왜가리에서, Itoh(1984)는 쇠백로에서 각각 조도에 의해 이소와 귀소기간이 결정된다고 보고한 바 있다. 일몰 후에도 해상에서 비행중인 흑로들이 관찰되는 것으로 보아 밝기에 민감한 것으로 판단된다.

향후 도로변의 가로등, 광고판, 차량, 숙박시설의 밝기와 지속시간을 흑로를 비롯하여 다른 야행성 조류들의 활동에 지장을 주지 않는 적정범위를 유지하는 것이 필요하다. 특히 집단적으로 번식하는 물새의 번식성공도는 사람의 의한 영향이 절대적이기 때문에(Kushlan, 1993), 흑로 번식지 주변의 개발을 최소화하기 위한 행정적 제도 장치 마련과 함께 번식지에 대한 감시, 평가, 관리 프로그램도 마련되어야 할 것이다.

V. 번식지내의 출입 제한

흑로의 번식지가 해안절벽임을 감안하여 번식기간 동안이라도 번식지 주변 100m 이내에서 해초류 채취, 낚시행위, 사진촬영 등을 엄격히 제한해야 한다. 또한 백로류 번식지내에서의 조사자의 활동은 포란과 육추에 스트레스를 주거나 다른 천적을 유도할 가능성이 높기 때문에(Frederick and Spalding, 1994), 조사자에 의한 번식지 조사도 신중을 기하여야 한다. 실제로, 1990년대 초에 한국의 신도에서 노랑부리백로 번식지가 크게 위협받은 적이 있다(BirdLife International, 2000).

애월읍 신엄리와 남원읍 남원리 번식지는 접근이 용이하기 때문에 낚시꾼이나 해산물을 채취하려 사람들이 몰리기도 한다. 특히 간조시에는 지역주민을 비롯하여 관광객들이 번식지 주변 갯바위이나 해안조간대에서 낚시와 해산물 채취 행위가 급증하는 바람에 흑로들의 먹이활동이나 둥지 지키기(포란, 육추)에 큰 제약이 주고 있다. 또한 해안도로가 개설되고 양식장이 늘어나면서 먹이자원을 확보할 수 있는 공간이 줄어들어 결국 흑로들이 지역주민들이 공동으로 해산물을 채취하는 곳에서 먹이를 찾는 경우가 늘어나고 있다. 이는 장기적으로 흑로들이

먹이확보에 따른 스트레스를 증가시켜 번식성공에 악영향을 미칠 수도 있다. 한편, 낚시꾼들이 버리거나 낚시 도중에 끊겨버린 낚시 바늘이나 낚시줄에 의해 흑로가 희생되는 경우도 나타났다. 2003년 6월, 우도에서 어미새 한 마리가 낚시줄에 발이 꿰뚫어져서 희생된 채 발견되었다. 시기적으로 번식기이기 때문에 알을 품거나 새끼에게 먹이를 공급해야 할 처지에서 희생된 것이다. 나아가서는 번식기에 받은 스트레스가 비번식기로 이어질 가능성도 배제하지 않을 수 없다. 쇠백로는 비번식기에 잠자리에 들기 전에 취식장소에 모이면서 사람이나 천적 그리고 추위에 민감한 반응을 보인다(Itoh, 1984). 따라서 흑로의 번식지 해안절벽은 천적이나 추위를 피해 안전한 잠자리로 이용할 수 있도록 적절한 조치가 필요하며, 번식지를 중심으로 번식기간인 3~7월 중에는 사람들의 출입을 제한하는 방안을 적극적으로 도입해야 할 것이다.

해상에서 이루어지는 생업활동에 의한 선박출입보다는 낚시꾼이나 조사자들에 의한 출입으로 인하여 흑로들이 둥지를 떠나는 경우가 많이 나타난 것으로 보아, 둥지지로의 직접적인 사람 출입을 자제하여야 할 것이다. 소형 보트의 과속으로 인한 굉음으로 인하여 흑로가 둥지를 떠난 경우도 있기 때문에, 이번 조사에서 밝혀진 4곳의 흑로 번식지 일대에서 급증하게 될 보트나 선박을 이용한 선상낚시의 포인트를 번식지로부터 100m이상 이격하거나 번식기간인 3~7월에는 번식지 주변에서 낚시 행위를 제한하여야 할 것이다.

조사지역중 애월읍 신엄리 번식지는 가장 번식밀도 높은 지역이지만, 사람들의 출입이 가장 많은 지역으로 나타났다. 따라서 흑로의 번식지가 안정적으로 유지되기 위해서는 근시일내에 흑로에 대한 보호 안내판을 설치하는 등 제도적 장치가 마련되어야 할 것이다.

VI. 정기적인 모니터링

흑로는 동아시아, 호주 등 해안을 따라 제한적으로 분포하고 있으며, 번식지는 많지 않으나 서식영역은 광범위하여 전체적으로 개체군을 파악하기 어렵다. 흑로

개체군의 뚜렷한 변동이 감지되고 앓고 있다가, 최근 호주 남부, 뉴질랜드, 태즈매니아 일대의 개체군이 감소 추세에 있고 중국의 번식지가 위협받고 있는 실정이다(Kushlan and Hafner, 2000). 생물종 정보에 대한 부족은 흑로의 종 자체 및 서식지를 위협할 수 있는 요인이 될 수 있기 때문에, 흑로의 개체군을 파악하기 위하여 지역별 또는 국가별 동시 조사가 필요하다. 동아시아에 국한하여 분포하는 황새목(Ciconiiformes) 조류 중에서 국제간 개체수 조사를 통해 종 정보가 파악된 예가 있다. 노랑부리백로와 저어새처럼 국제간 연구를 통해 현황 파악을 한 후에, 국제자연보전연맹 적색 목록(Red data)에서 멸종위기 단계를 정하는 것이 필요하다고 판단된다.

흑로의 동시 조사는 새로운 번식지뿐만 아니라 이동경로, 지역별 개체군 크기, 서식지 위험 수준 등을 밝혀줌으로써, 국가간, 연구자간, 지역 주민 간에 협력 체계와 정보 공유를 유발하여, 장기적으로 흑로의 번식지를 보호할 수 있는 최소한의 장치가 될 수 있다. 흑로의 동시 조사는 제주도와 부속 도서를 대상으로 특정 조사일을 정하여 번식 및 월동 개체수를 조사할 필요가 있으며, 특히 번식기 이후의 이동하는 무리의 크기, 다른 백로류와의 혼성 행동 등도 조사할 필요가 있다. 또한 흑로의 번식지로 이용 가능할만한 우리나라의 남해안 일대의 도서지역에 대한 번식지 확인도 필요하다고 판단된다.

Ⅷ. 보호조류 또는 보호구역 지정

우리나라에서는 특정 조류를 보호하기 위해 종 자체를 천연기념물 또는 멸종위기종으로 지정하고 있으며, 번식지나 서식지를 보호구역으로 지정하고 있다. 관련 법규로는 문화재보호법, 야생동식물보호법, 제주특별자치도 설치 및 국제자유도시 조성을 위한 특별법 등이 시행되고 있다. 문화재보호법에 따르면, 문화재청장은 학술적 가치가 크다고 판단되는 특정 동물도 천연기념물로 지정하거나 해당 번식지를 보호구역으로 지정할 수 있도록 명시하고 있다. 또한 이 법에서는 국가지정문화재로 지정되지 아니한 문화재 중 보존가치가 있다고 인정되는 것을

시·도지정문화재로 지정할 수 있으며, 이 경우 시·도지정문화재와 문화재자료의 지정 및 해제절차, 관리, 보호·육성, 공개 등에 필요한 사항은 해당 지방자치단체의 조례로 정한다. 현재 천연기념물 조류는 노랑부리백로(361호)를 비롯하여 종 자체 61종, 그리고 노랑부리백로, 저어새를 비롯하여 특정 조류의 번식지인 14곳이 각각 천연기념물로 지정되어 있으며, 2곳의 백로류의 번식지가 시도기념물로 지정되어 있다.

야생동식물보호법에서는 자연적 또는 인위적 위협요인으로 개체수가 현저하게 감소되어 멸종위기에 처한 야생동·식물을 대상으로 멸종위기야생 동·식물 I, II급으로 지정보호하고 있다. 또한 환경부장관은 멸종위기 야생 동·식물의 보호 및 번식을 위하여 특별히 보전할 필요가 있는 지역에 대하여 야생 동·식물특별보호구역으로 지정하여 필요한 경우 특별보호구역의 전부 또는 일부 지역에 대하여 일정한 기간을 정하여 그 지역의 출입을 제한하거나 금지할 수 있다. 현재 야생동물의 경우 멸종위기 야생조류 I 급이 13종, II급이 48종이며, 이중 백로류는 노랑부리백로(I 급), 붉은해오라기 *Gorsachius goisagi* (II급), 큰덤불해오라기 *Ixobrychus eurhythmus* (II급) 등 3종이 지정되어 있다.

제주특별자치도 설치 및 국제자유도시 조성을 위한 특별법에서는 특정 지역에서의 야생동물의 서식지 또는 도래지를 절대보전지역 또는 상대보전지역으로 지정할 수 있도록 하고 있으며, 필요한 경우 제주특별자치도에서 서식하는 희귀 동물을 보존 자원으로 지정할 수 있다. 현재 한라산, 계곡, 해안변, 제주도 주변 무인도서 등을 비롯하여 본 조사지역인 애월읍 신엄리 남뜨리개 해안변이 절대보전지역으로 지정되어 있다.

천연기념물 지정조류 또는 멸종위기 야생조류는 자연 서식지의 감소 추세로 보호조류 지정이 점차 늘어날 것으로 예상된다. 제주도에 서식하는 조류는 각종 개발에 따른 서식지 단편화, 주요 경관지 관광개발로 인한 번식지 방해, 밀렵이나 교통사고, 혹독한 기상조건 등과 같은 요인에 의해 영향을 받고 있다(김, 2006d). 최근 전 세계적으로 희귀 조류를 보호하기 위하여 서식지 관리, 지역주민에 대한 경제적 인센티브 제공, 수렵 조절, 농업 방식 및 생태관광의 개선 등과 프로그램을 시행하고 있어(del Hoyo *et al.*, 1994) 인위적인 보존 노력이 절실히 요구되고 있다.

흑로의 경우, 우리나라에서는 제주도 해안절벽이 가장 좋은 번식지이고 번식밀도가 가장 높은 것으로 평가되고 있다. 그와 동시에 제주도의 해안절벽의 번식지가 위협 요인에 노출되어 있을 뿐만 아니라 남해안 일대에 국한하여 서식하기 때문에 종 자체를 천연기념물 또는 멸종위기 야생동물로 지정할만하다고 판단된다.

또한 특정 조류를 보호하기 위해서는 서식지 파괴를 최소화하는 것이 필요하며, 종 자체보다는 서식지 보호 중심의 야생동물 정책을 펼치는 것이 바람직하다(김, 1998). Kushlan and Hancock(2005)는 흑로를 보호하기 위한 가장 중요한 조치는 보호지역을 설정하는 것이라고 보고한 바 있다. 현행 제도하의 천연보호구역을 비롯하여 야생동식물보호법의 특별보호구역 지정을 검토할 수 있으나, 지역주민의 생업활동을 우선적으로 보장하면서 번식지 출입을 최소화하는 설득 과정이 요구된다. 지역주민, 행정, 학계 공동으로 흑로의 종 정보에 대한 인식을 공유하고, 흑로 번식지 보전에 대한 관심을 높여야 한다.

본 연구를 통해 흑로의 번식지 중 애월읍 신엄리 일대는 번식 동지가 13개소로 가장 높은 번식 밀도를 차지하고 있었으며, 우리나라에서 흑로의 번식생태를 지속적으로 연구를 진행할 수 있는 최적지라 판단된다. 그러나 흑로의 번식에 대한 학술적 정보가 없고, 번식지 출입에 대한 무분별한 출입으로 인하여 흑로의 번식 생태에 악영향을 미칠 수 있다. 따라서 흑로의 번식지로 이용되고 있는 애월읍 신엄리의 해안절벽 150m 구간을 보호구역으로 지정해야 하며(Fig. 7), 번식기간인 3월에서 7월까지의 집중적인 관리가 필요하다.

흑로의 종 자체의 보호조류 또는 서식지 보호구역 지정은 대국민 홍보를 위한 가장 효과적인 방법이라 판단되며, 지역주민과의 인식 공유를 위한 프로그램이 무엇보다도 필요하다.

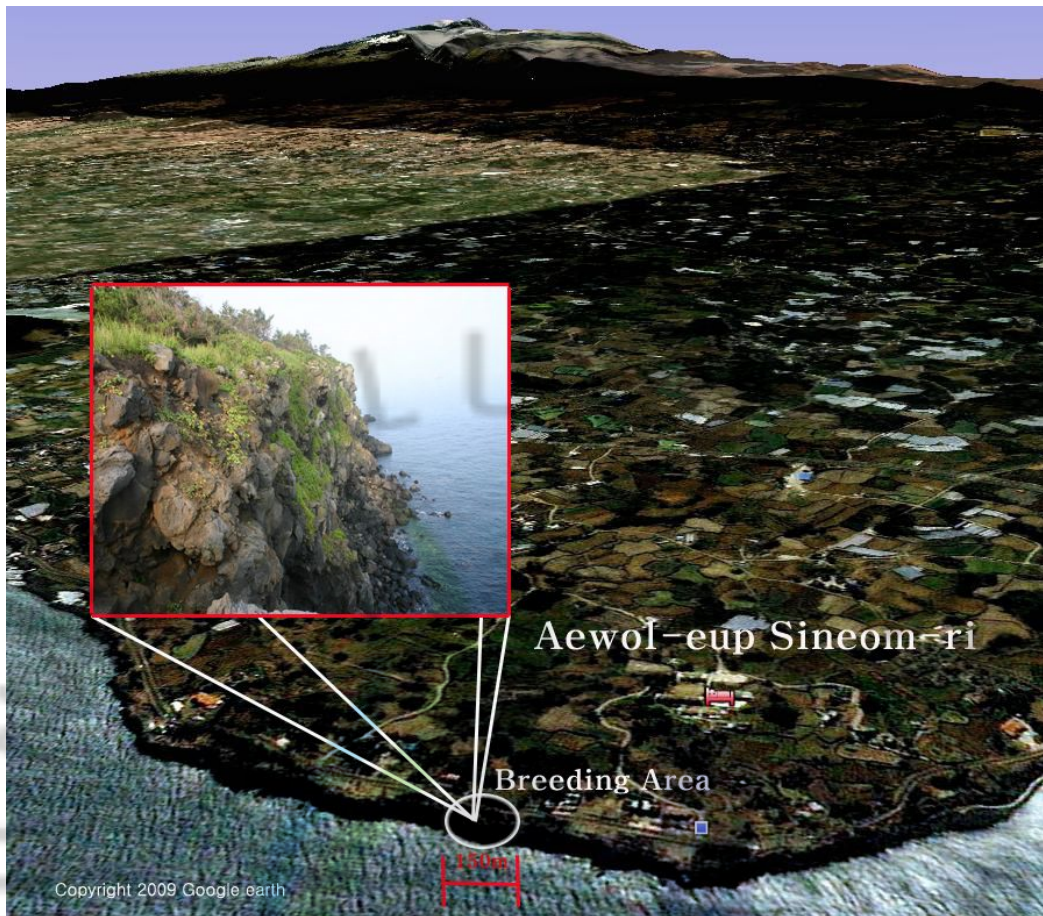


Fig. 7. Proposal of legal protection site(Sineom-ri Aewol-eup) for Pacific Reef Herons on Jeju island.

VIII. 천적과 기상 조건의 극복

흑로는 다른 조류에 비해 상대적으로 먹이사슬 단계에 있어서 맹금류와 같은 천적의 습격을 받을 확률이 많다. 특히 번식기에는 맹금류로부터 알과 새끼를 보호하기 위해 둥지에 머무는 시간이 많아서 먹이활동을 제한받아 어린 새끼들이 굶주려 죽거나 천적에게 포식당하는 경우도 생긴다. 우리나라에서 번식하는 조류가 매와 황조롱이에 의해 포식당하는 사례가 많다(김, 2007). 이번 조사에서도 번식중인 흑로가 매에 의해 습격당하는 바람에 산란된 알이 부화하지 못했거나 부화한지 12일이 지난 새끼들이 황조롱이에 의해 포식당하기도 하였다. 천적의 출현

은 포란중이거나 육추중인 어미새가 천적(사람 포함)의 접근으로 인하여 급히 둥지를 벗어날 때, 알이나 새끼가 어미새의 발에 채여 둥지 밖으로 떨어지는 경우도 발생한다. 조사기간 중 둥지 밖에서 깨진 알과 새끼는 이러한 경우에 해당된다고 생각된다. 한편 둥지 밖에서 희생된 새끼가 아무런 외상이 없는 것으로 보아 어미새의 희생으로 인한 먹이부족과 외부 침입자에 의한 어미의 육추포기로 보인다. 또한 둥지 주변에서 누룩뱀 1개체가 관찰되었는데, 누룩뱀은 제주도 전역에서 걸쳐 비교적 저지대에 분포하며 조류의 알과 새끼를 공격한다. 특히 해안 절벽에서 서식하는 누룩뱀은 흑로와 바다직박구리의 알과 새끼를 공격할 수 있다.

그리고 흑로의 번식지로 이용되는 해안절벽은 경관성이 뛰어나 사람들의 출입이 많은 곳으로, 흑로의 천적이 될 수 있는 들고양이, 까치, 큰부리까마귀, 집쥐 등의 출현을 야기할 있다. 이로 인하여 흑로의 알과 새끼를 포식당할 우려가 있으므로 인위적인 방해요인을 최소화할 필요가 있다.

한편, 해안가에서 번식하는 조류는 주변 식생이 포식자 및 극한의 기상조건으로부터 둥지를 보호하는 기능을 역할을 하며(Partridge, 1978; Wray and Whitmore, 1979; Burger and Gochfeld, 1986), 식생에 의한 둥지 은폐도가 포식자로부터 보다 안전하다(Pampush and Anthony, 1993). 흑로 번식지 둥지 주변에는 고비, 갯기름나물, 사초과 식물들이 절벽 틈새와 둥지터 앞에 자생하기 때문에, 이러한 식생을 사람들이 무분별하게 채취하는 행위를 차단하는 것이 천적에 의한 흑로의 번식실패를 줄일 수 있는 요인으로 작용할 수 있다.

흑로의 번식터가 해안절벽이다 보니까 기상조건에 따라 번식성공도에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 연구기간 중에 제5호 태풍 디엔무가 통과할 때, 2004년 6월 초순에 산란한 알 6개가 비바람에 떨어지기도 하였다. 번식기간 중에 태풍이나 비로 인하여 어미새들의 먹이활동이 제한받기 때문에 새끼들에게 먹이를 공급하는데 영향을 준다. 흑로의 산란기는 3월초부터 들어가며, 육추기가 5~7월인 점을 감안하면 태풍이나 장마기간과 중복되어 기상조건을 극복하는 것이 번식성공에 미치는 영향이 크다고 볼 수 있다. 따라서 흑로가 천적과 기상조건을 극복하는데 방해가 되는 여러 요인을 감시할 수 있는 프로그램을 진행하여 흑로의 번식성공도를 높일 필요가 있다.

IX. 요약

제주도에서 흑로의 번식지 유지와 서식 환경을 보호하기 위해서는 여러 방해 요인에 대한 대책과 관리방안을 수립해야 할 시점이다. 흑로의 개체군 보전을 위해서 서식지 및 종 수준에서는 여러 프로그램을 진행하여야 할 것이다.

첫째, 제주도 전역의 해안은 흑로의 취식지로 이용되는 곳이기 때문에, 해안조간대의 서식지가 손실되지 않도록 효율적인 관리방안이 필요하다.

둘째, 제주시 애월읍 신엄리의 번식지 일대의 동서 10km 이내의 해안조간대 7 곳은 흑로의 주요 취식지로 이용되고 있기 때문에 안정적으로 유지되도록 특별 관리되어야 할 것이다.

셋째, 우도면 조일리, 애월읍 신엄리, 한경면 고산리, 남원읍 남원리 등의 해안 절벽은 흑로의 주요 번식지로 이용되고 있으므로, 번식지 주변의 개발을 최소화 하기 위한 행정적 제도 장치를 마련하여야 할 것이다. 번식지로 이용되는 해안절벽의 산책로는 절벽에서 내륙 쪽으로 5m 이상 이격되게 조정하고 번식기인 3~7 월중에는 산책로 출입을 제한할 필요가 있다. 특히 애월읍 신엄리 일대의 해안절벽 150m 구간을 보호구역으로 지정할 필요가 있다.

넷째, 흑로의 종 보전을 위해서 제주도와 부속도서를 대상으로 번식하거나 월동하는 개체수를 모니터링 하여 개체군과 서식지 정보를 파악하여야 할 것이다.

다섯째, 흑로가 해안절벽이 발달된 곳에 국한하여 번식하기 때문에 종 자체를 천연기념물 또는 멸종위기 야생 동물로 지정할 필요가 있다.

여섯째, 흑로의 번식 성공률을 높이기 위해서는 번식지 주변의 인위적인 방해 요인을 최소화하여 천적의 출현을 줄이고, 혹독한 기상조건을 극복할 수 있도록 번식지 관리가 필요하다.

적요

본 연구는 2003년 1월부터 2005년 8월까지 제주도에서 흑로의 번식지 환경과 영소 습성, 번식생태, 번식 성공률과 실패요인, 식이물과 취식영역 등을 조사하였으며, 조사결과를 바탕으로 흑로의 번식지 환경을 보호하기 위한 관리방안을 제안하였다. 연구된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 흑로의 번식지와 영소습성

번식지 4곳에서 확인된 둥지는 모두 31개소였으며, 천적의 접근이 어려운 수직 해안절벽을 택하였다. 지역별로는 애월읍 신엄리가 13개소로 가장 많았으며, 다음으로 남원읍 남원리 7개소, 한경면 고산리 6개소, 우도면 조일리 5개소 순이었다. 제주도 애월읍 번식지에서 확인된 둥지는 2004년 13개소, 2005년 12개소였으며, 둥지 재이용률은 2004년 61.5%, 2005년 83.3%로 2개년 평균 72.0%로 나타났다. 둥지의 높이는 평균 $10.5 \pm 1.4\text{m}$ ($n=13$)로 이용가능한 선반이나 흠의 발달 정도가 둥지 위치의 선택요인으로 작용하는 것으로 판단된다. 둥지의 장경은 평균 $77.8 \pm 3.1\text{cm}$ ($n=11$), 단경은 평균 $56.2 \pm 3.8\text{cm}$ 로, 둥지의 장단경은 해오라기, 황로, 쇠백로, 중대백로와 같은 백로류에 비해 컸으나, 둥지의 두께는 상대적으로 낮았다. 둥지 재료는 마른 갯기름나물을 쌓아올려 만들었다.

2. 흑로의 산란수, 알의 크기 및 번식경과

애월읍 신엄리에서 흑로의 번식과정을 조사한 결과, 한배란수는 3.2 ± 0.2 개($n=17$, 범위 2~4개)였으며, 알은 새벽이나 밤에 1~3일 간격으로 산란하였다. 알($n=39$)의 크기는 장경 $46.73 \pm 0.31\text{mm}$, 단경 $34.06 \pm 0.13\text{mm}$, 무게 $27.67 \pm 0.50\text{g}$, 두께 $0.26 \pm 0.01\text{mm}$ 였다. 흑로의 둥지 보수나 짓기는 매년 2월부터 시작해서 늦게는 4월 말까지, 산란기는 3월초부터 늦게는 5월 초순까지였고, 부화기는 4월 초순에서 5월 중순까지, 이소기는 5월 초순부터 7월말까지였다. 포란 기간은 28.2 ± 1.7 일($n=6$)이었으며, 육추 기간은 40.0 ± 3.1 일($n=5$)이었다. 우리나라에서 번식하는 백로

과 조류의 산란시기를 비교해보면, 흑로는 왜가리보다는 느렸으나, 해오라기, 쇠백로, 중대백로는 보다는 빨랐다.

3. 흑로의 번식 성공률과 실패요인

흑로의 부화율은 56.6%, 부화한 새끼의 이소율은 56.7%, 번식 성공률은 32.1% 이었다. 번식 실패요인은 알이나 새끼가 포식당한 경우가 32.4%, 알이나 새끼가 등지 밖으로 떨어진 경우가 29.7%, 포란이나 육추를 포기한 경우가 21.6%, 무정란이 16.2% 순으로 나타났다.

4. 흑로의 식이물과 취식영역

수거한 식이물은 모두 5종 21개체였으며. 이중 검정망둑 *Tridentoger obscurus*이 38.1%(n=8)로 가장 많았고, 다음이 가막베도라치 *Ennedpterygius theostomus*가 19.0%(n=4), 멸치 *Engraulis japonica*가 14.3%(n=3) 순이었다. 식이물의 크기는 평균 $58.29 \pm 5.17\text{mm}$ (n=19)였으며, 검정망둑 $67.49 \pm 4.91\text{mm}$ (n=8), 가막베도라치 $43.98 \pm 3.50\text{mm}$ (n=4), 멸치 $22.77 \pm 1.17\text{mm}$ (n=3), 반쯤 소화된 상태의 넙치 *Paralichthys olivaceus*와 볼락 *Sebastes inermis*도 확인되었다. 먹이활동이 이루어지는 취식영역은 번식지를 기점으로 동쪽으로는 7.4km 지점의 외도천 하류까지, 서쪽으로는 6.6km 지점의 애월읍 금성천까지로 나타났다.

5. 흑로의 개체군 보전을 위한 관리방안

첫째, 제주도 전역의 해안은 흑로의 취식지로 이용되는 곳이기 때문에, 해안조간대의 서식지가 손실되지 않도록 효율적인 관리방안이 필요하다.

둘째, 제주시 애월읍 신엄리의 번식지 일대의 동서 10km 이내의 해안조간대의 7곳은 흑로의 주요 취식지로 이용되고 있기 때문에 안정적으로 유지되도록 특별 관리되어야 할 것이다.

셋째, 우도면 조일리, 애월읍 신엄리, 한경면 고산리, 남원읍 남원리 등의 해안 절벽은 흑로의 주요 번식지로 이용되고 있으므로, 번식지 주변의 개발을 최소화하기 위한 행정적 제도 장치를 마련하여야 할 것이다. 번식지로 이용되는 해안절

벽의 산책로는 절벽에서 내륙 쪽으로 5m 이상 이격되게 조정하고 번식기인 3~7 월중에는 산책로 출입을 제한할 필요가 있다. 특히 애월읍 신엄리 일대의 해안절벽 150m 구간을 보호구역으로 지정할 필요가 있다.

넷째, 흑로의 종 보전을 위해서 제주도와 부속도서를 대상으로 번식 및 월동 개체수를 모니터링하여 개체군과 서식지 정보를 파악하여야 할 것이다.

다섯째, 흑로가 해안절벽이 발달된 곳에 국한하여 번식하기 때문에 종 자체를 천연기념물 또는 멸종위기 야생 동물로 지정할 필요가 있다



참고문헌

- Ankley, G. T., G. J. Niemi, K. B. Logde, H. J. Harris, D. L. Beaver, D. E. Tillit, T. R. Schwarz, J. P. Giesy, P. D. Jones and C. Hagley. 1983. Uptake of planar polychlorinated biphenyls and 2, 3, 7, 8-substituted polychlorinated dibenzofurans and dobenzo-p-dioxins by birds nesting in the Lower River and Green Bay, Wisconsin, USA. Arch. Environ. Cotam. and Toxi. 24: 324-344.
- Baxter, G. S. 1994. The Influence Synchronous Breeding, Natal Tree Position and Rainfall on Egret Nesting Success. Colonial Waterbirds 17(2): 120-129.
- Baxter, G. S. and P. G. Fairweather. 1998. Does available foraging area, location or colony character control the size of multispecies egret colonies?. Wildlife Research 25: 23-32.
- Bayer, R. D. 1982. How Important are Bird Colonies as Information Centers? Auk 99: 31-40.
- BirdLife International. 2000. Threatened birds of the world. Barcelona and Cambridge, UK: Lynx Edicions and BirdLife International.
- Blus, L. J., B. A. Rattner, M. J. Melancon and C. J. Henny. 1997. Reproduction of Black-crowned Night-Herons Related to Predation and Contaminant in Oregon and Washington, USA. Colonial Waterbirds 20(2): 185-197.
- Burger, J. and M. Gochfeld. 1985. Early postnatal lead exposure: Behavioral effects in common tern chicks(*Strena hirundo*). J. Toxicol. Environ. Health 16: 869-886.
- Burger, J. and M. Gochfeld. 1986. Nest site selection in Sooty Terns(*Strena fuscata*) in Puerto Rico and Hawaii. Colon. Waterbirds 9: 31-45.
- Burget, J. and M. Gochfeld. 1993. Heavy Metal and Selenium Levels in

- Feathers of Young Egrets and Herons from Honh Kong and Szechuan, China. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 25: 322-327.
- Choi, Y. S. 2008. Foraging Ecology and Habitat Preference of Nest-nesting Ardeidae in Korea. Ph.D. dissertation. Kyung-Hee University. 164pp.
- Clements, J. F. 2000. Birds of the World: A Checklist. p. 19. IBIS PUBLISHING COMPANY.
- Cody, M. L. 1985. An introduction to habitat selection in birds. In: Habitat selection in birds(M. L. Cody, ed). Academic Press, Toronto. pp. 3-56.
- Custer, T. W. and D. W. Peterson. 1991. Growth Rates of Great Egret, Snowy Egret and Black-crowned Night-Heron Chicks. Colonial Waterbirds 14(1): 46-50.
- Custer, T. W. and W. E. Davis. 1982. Nesting by One-year-old Black-crowned Night Herons on Hope Island, Rhode Island. Auk 99: 784-786.
- Custer, T. W., G. L. Henesler and T. E. Kaiser. 1983. Clutch Size, Reproductive Success, and Organochlorine Contaminants in Atlantic Coast Black-crowned Night-Herons. Auk 100: 699-710.
- Custer, T. W., G. W. Pendleton and R. W. Roach. 1992. Determination of Hatching Date for Eggs of Black-crowned Night-Heron, Snowy Egrets and Great Egrets. J. Field Ornithol., 63(2): 145-154.
- Custer, T. W., R. K Randy and C. M. Custer. 1996. Nest Initiation and Clutch Size of Great Blue Herons on the Mississippi River in Relation to the 1993 Flood. Condor 98(2) : 181-188.
- del Hoyo, J., A. Elliott and J. Sargatal. 1992. Handbook of the world Vol. 1. Ostrich to Ducks. Lynx Edicions, Barcelona.
- Demachi, G., M. Sakuyama, and Y. Sawara. 1991. Report on the Foraging Ecology of the Night Heron, *Nycticorax nycticorax*, in its Reproductive Season. Sci. Rep. Hirosaki Univ. 38: 129-135(In Japanese with English Abstract).

- Dimalaxis, A., M. Pyrovetsi and S. Sgardelis. 1997. Foraging Ecology of the Grey Heron(*Ardea cinerea*), Great Egret(*Ardea alba*) and Little Egret(*Egretta garzetta*) in Response to Habitat, at 2 Greek Wetlands. *Colonial Waterbirds* 20(2): 261-272.
- Draula, D. and J. van Vessem. 1985. Age-related Difference in the Use of Time and Space by Radio-tagged Grey Herons(*Ardea cinerea*) in Winter. *Journal of Animal Ecology* 54: 771-780.
- Eguchi, K., Y. Fujimaki, K. Ishida, N. Kawagi, N. Kuroda, H. Morioka, K. nakamura, N. Nakamura, E. Urano, Y. Watanuki and N. Yanagisawa. 2000. Check-List of Japanese Birds Sixth Revised Edition. Ornithological Society of Japan.
- Elkins, N. 1995. Weather and Bird. Academic Press. pp. 181-182.
- Erwin, R. M. 1983. Feeding Habitats of Nesting Wading Birds: Spatial Use and Social Influences. *Auk* 100: 960-970.
- Erwin, R. M., J. G. Haig, D. B. Stotts and J. S. Hatfield. 1996. Reproductive Success, Growth and Survival of Black-crowned Night-heron(*Nycticorax nycticorax*) and Snowy Egret(*Egretta thula*) Chicks in Coastal Virginia. *Auk* 113(1): 119-130.
- Erwin, R. M., J. G. Haig, D. B. Stotts, and J. S. Hatfield. 1996. Dispersal and Habitat use by Post-fledgling Juvenile Snowy Egrets and Black-crowned Night-herons. *Wilson Bull.* 108(2): 342-356.
- Erwins, P. J., D. R. Bazely and H. F. Recher. 1990. Communal Roosting of Eastern Reef Egrets *Egretta sacra*. *Corella* 14(1): 29.
- Frederick, P. C. and M. G. Spalding. 1994. Factors Affecting Reproductive Success of Wading Birds (Ciconiiformes) in the Everglades Ecosystem. Lucie Press. *The Ecosystem and Its restoration*(Part 26): 659-691.
- Frederick, P. C. and M. W. Collopy. 1989a. Nesting Success of Five Ciconiiform Species in Relation to water Conditions in the Florida Everglades. *Auk* 106: 625-634.

- Frederick, P. C. and M. W. Collopy. 1989b. The Role of Predation in Determining Reproductive Success of Colonially Nesting Wading Birds in the Florida Everglades. *Condor* 91: 860-867.
- Frederick, P. C. and McGehee. 1994. Wading Bird Use of Wastewater Treatment Wetlands in Central Florida, USA. *Colonial Waterbirds* 17(1): 50-59.
- Frederick, P. C., M. G. Spalding and G. V. N. Powell. 1993. Evaluating Methods to Measure Nestling Survival in Tricolored Herons. *J. Wildl. Manage.* 57(1): 33-41.
- Frederick, P. C., R. Bjork, G. T. Bancroft and G. V. N. Powell. 1992. Reproductive Success of Three Species of Herons Relative to Habitat in Southern Florida. *Colonial Waterbirds* 15(2): 192-201.
- Fujioka, M. 1984. Asynchronous Hatching, Growth and Survival of Chicks of the Cattle Egret *Bulbulcus ibis*. *Tori* 33: 1-12.
- Garrido, R. J., G. Cristina, F. C. Manuel. 2001. Intraspecific Kleptoparasitism in the Cattle Egret. *Journal of Field Ornithology* 73(2): 185-190.
- Gibbs, J. P. and L. Kinkel. 1997. Determination of Size and Location of Great Blue Heron Colonies. *Colonial Waterbirds* 20(1): 1-7.
- Gibson-Hill, C. A. 1949. Notes on the nesting habits of seven representative tropical sea birds. *J. Bombay Nat. Hist. Soc.* 48: 214-235.
- Grull, A and A. Ranner. 1998. Population of the Great Egret and Purple Heron in Relation to Ecological Factors in the Reed Belt of the Neusiedler See. *Colonial Waterbirds* 21(3): 328-334.
- Hancock, J. and H. Elliot. 1978. The Herons of the World: Eastern Reef Heron. pp 208-211. Harper and Row, Publishers. New York, USA.
- Haneda, K. and A. Iwasaki. 1982. Population Fluctuation and Spatial Distribution of Little Egrets *Egretta garzetta* in the Zenkoji Plain. *Tori* 2(3): 1088-1103(In Japanese with English Abstract).
- Holyoak, D. T. 1973. Significance of colour dimorphism in polynesian

- population of "*Egretta sacra*". *Ibis* 115(3): 419-420.
- Honda, K., B. Y. Min and R. Tatsukawa. 1985. Heavy Metal Distribution on Organs and Tissues of the Eastern Great White Egret *Egretta alba modesta*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 35: 781-789.
- Ichida, N. 1999. Conservation and research of Black-faced Spoonbill and their habitats: The conservation of the Black-faced Spoonbill. Wild Bird Society of Japan, Tokyo, Japan.
- Igarashi, H. 1996. Communal Roosting of the Night Heron *Nycticorax nycticorax*. *Strix* 14: 81-94(In Japanese with English Abstract).
- Iizuka, A., N. Kuroda, T. Mori and T. Momiyama. 1914. A Hand-List of the Birds Corea. *Zool. Mag. Jap.* 26: 157-180(In Japanese with English Abstract)
- Itoh, S. 1984. The Effect of Weather on the Roosting Behavior of the Little Egret *Egretta garzetta* in Winter. *Tori* 33: 51-65(In Japanese with English Abstract).
- Itoh, S. 1991. Geographical variation of the plumage polymorphism in the Eastern Reef Heron(*Egretta sacra*). *Condor* 93: 383-389.
- Jürgen, F. 1993. Dreijährige ornithologische Studien in Nordkorea(Three Years of Ornithological in North Korea). *Mitt. Zool. Mus. Berl.* 69(17): 93- 146.
- Kang, H. C., W. B. Kim and H. S. Park. 1995. A Study on the Community Structure of Wintering Birds: A Case Study of two Fishculture Grounds on Cheu Island. *The Korean Journal of Ornithology* Vol. 2(1): 23-38.
- Kawakami, K. and F. Massaki. 2004. Feral Cat Predation on Seabirds on Hahajima, the Bonin Islands, Southern Japan. *Ornithological Science* 3: 155-158.
- Kawakami, K. and H. H. Higuchi. 2002. Bird predation by domestic cats on Hahajima Island, Bonin Islands, Japan. *The Ornithological Society of Japan. Ornithol. Sci* 1(2): 143-144.
- Kelly, J. P., H. M. Pratt and P. L. Greene. 1993. The Distribution, Reproductive Success, and Habitat Characteristics of Heron and Egret

- Breeding Colonies in the San Francisco Bay Area. *Colonial Waterbirds* 16(10) : 18-27.
- Kersten. M, R. H. Britton, O. J. Dugan, and O. H. Hafner. 1991. Flock Feeding and Food intake in Little Egrets: The Effects of Prey Distribution and Behaviour. *Journal of Animal Ecology* 60: 241-252.
- Kikkawa, J. 1970. Birds recorded on Heron Island. *Sunbird* 1: 34-48.
- Kim, J. S., T. H. Koo, H. S. Oh and T. Mori. 2006. Clutch size, reproductive success, and growth rate of the Little Egrets *Egretta garzetta*. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.* 51(1): 135-138.
- Kushlan J. A. and J. A. Hancock. 2005. *The Herons*. Oxford. 433pp.
- Kushlan, J. A. 1993. Colonial Waterbirds as Bioindicators of Environments Change. *Colonial Waterbirds* 16(2): 223-251.
- Kushlan, J. A. and H. Hafner. 2000. *Heron Conservation*. Academic Press. 480pp.
- Lee, K. G., K. B. Nam, K. S. Lee, J. W. Lee and J. C. Yoo. 2002. The avifauna of Sasudo Island, a main colonial breeding site of Streaked Shearwaters(*Calonectris leccomelas*). *Kor. J. Orni.* 9(1): 13-22.
- Maccarone, A. D. and K. C. Parsons. 1994. Factors Affecting the Use of a Freshwater and an Estuarine Foraging Site Egrets and Ibises During the Breeding Season in New York City. *Colonial Waterbirds* 17(1): 60-68.
- MacKinnon, J. and K. Philipps. 2000. *A Field Guide to the Birds of China*. Oxford.
- Maddock, M. and G. S. Baxter. 1991. Breeding Success of Egrets Related to Rainfall: a Six-year Australian Study. *Colonial Waterbirds* 14(2): 133-139.
- Marquiss, M. and A. F. Leitch. 1990. The diet of Grey Herons *Ardea cinerea* breeding at Loch Leaven, Scotland, and the importance of their predation on ducklings. *IBIS* 132: 535-549.
- Mckilligan, N. 2002. Aspects of the Breeding Biology of the Reef Egret *Egretta sacra*. *Corella* 26(1): 13-18.

- McNeil, R., R. Benoit and J.-L. Desgranges. 1993. Daytime and nighttime activity at a breeding colony of Great Blue Herons in a nontidal environment. *Can. J. Zool.* 71: 1075-1078.
- Min B. Y., T. Shinsuke, T. Ryo and S. Satoshi. 1984. Organochlorine Compound Residues in Some Insectivorous Birds and a Piscivorous Bird, the Eastern Great White, *Egretta alba modesta*, in Korea. *Sci. Bull. Fac. Agr., Kyushu Univ.* 39(2-3): 69-75(In Japanese with English Abstract).
- Min, B. Y., S. Satoshi and T. A. Uchida. 1984. Breeding Ecology of the Eastern Great White, *Egretta alba modesta*, in Korea: III. Egg-laying, Incubation, Brooding, and Growth of the Chicks. *Sci. Bull. Agr., Kyushu Univ.* 39(2-3): 99-106(in Japanese with English Abstract).
- Mock, D. W., T. C. Lamey and B. J. Ploger. 1987. Proximate and Ultimate Roles of Food amount in Regulating Egret Sibling Aggression. *Ecology* 68(6) : 1760-1772.
- Momiyama, T. 1926. Birds collected from Quelpart Island, south of Korea. *Tori* 5(22): 101-126(In Japanese).
- Moser, M. E. 1985. Prey Profitability for adult Grey Herons *Ardea cinerea* and the Constraints on Prey Size when Feeding Young Nestlings. *IBIS* 128: 392-405.
- Nota, Yu. 2003. Effects of Body Size and Sex on Foraging Territoriality of the Little Egret(*Egretta garzeta*) in Japan. *Auk* 120(3): 791-798.
- Oliver, L. A. 1948. *The Birds of Korea*. Cambridge, Mass, U.S.A. 42pp.
- Pampush, G. J. and R. G. Anthony. 1993. Nest Success, habitat utilization and nest-site selection of Long-billed Curlews in the Columbia Basin, Oregon. *Condor* 95: 957-967.
- Parsons, K. C. and J. Burger. 1981. Nesting Growth in Early- and Late-Nesting Black-Crowned Night Herons. *Colonial Waterbirds* 4: 120-125.
- Partridge, L. 1978. Habitat selection. In: *Behavioural ecology: an evolutionary approach*(J. R. Krebs and N. B. Davies, eds). Sinauer, Sunderland,

- Massachusetts. pp. 351-376.
- Ploger B. J. and D. W. Mock. 1986. Role of Sibling Aggression in Food Distribution to Nestling Cattle Egrets(*Bulbulcus ibis*). Auk 103: 768-776.
- Pratt, H. M. and D. W. Winkler. 1985. Clutch Size, Timing of Laying, and Reproductive Success in a Colony of Great Blue Herons and Great Egrets. Auk 102: 49-63.
- Recher, H. F. 1972. Territorial and agonistic behaviour of the Reef Heron. Emu 72(4): 126-130.
- Recher, H. F. and J. A. Recher. 1972. The foraging behaviour of Reef Heron. Emu 72(3): 85-90.
- Shimada, T., K. Kuwabara, Y. Minowa, H. Kaneda, and Y. Suzuki. 1994. Seasonal Fluctuation of heron populations at the mouth of the Tama River in Tokyo and Kanagawa Prefecture. Strix 13: 85-92(In Japanese with English Abstract).
- Siebert, H. C. 1951. Light intensity and the roosting flight of herons in New Jersey. Auk. 68: 63-74.
- Siegfried, W. R. 1972. Aspects of the Feeding Ecology of Cattle Egrets(*Ardeola Ibis*) in South Africa. J. of Anim. Ecol. 41: 71-78.
- Smith, J. P. 1997. Nesting Season Food habits of 4 Species of Herons and Egret at Lake Okeechobee, Florida. Colonial Waterbirds 20(2): 198-220.
- Swennen, C. and P. O. Won. 1993. Study of Chinese Egrets in the Shin Islet Colony, Korea. Bulletin of the Institute of Ornithology, Kyung-Hee Univ. Vol. 4: 106-111.
- Tremblay, J. and L. N. Ellison. 1979. Effects of Human Distribution on Breeding of Black-Crowned Night Herons. Auk 96: 364-369.
- Ueda, K. 1992. The Population of Egrets at a Breeding Colony of Inba-gun, Chia Prefecture. Strix 11: 189-209(In Japanese with English Abstract).
- Welty, J. C. and L. Baptista. 1988. The Life of Birds. harcourt College Publishers.

- Won, B. O. 1970. Birds of Chuja Islands. *Tori* 20: 18-23(In Japanese with English Abstract).
- Wray T., and R. C. Whitmore. 1979. Effects of vegetation on nesting success of vesper sparrows. *Auk* 96: 802-805.
- Yamagishi, S., I. Yoshikazy and K. Shigemoto. 1980. Distribution of Colonies and Roosts and Feeding Dispersal of the Little and Cattle Egrets (*Egretta gazetta* and *Bulbulcus ibis*) in Nara Basin, Japan. *Tori* 29: 69-85(In Japanese with English Abstract).
- Yoo, J. C. 1994. Clutch-size in birds: a window of evolution? *Kor. J. Orni.*1: 105-113.
- Yu, J. P. and K. H. Hahm. 1997. Breeding ecology of the Black-crowned Night Heron in Korea. *Acta zool. cracov.* 40(2): 269-278.
- Yukio, H. and K. Atsushi. 1972. On the breeding habits of the Eastern Grey Heron in Sabaru Island. *Tori* 21: 20-27.
- Zhang, L., Liu, Z., and Zhang, F. 1994. Breeding ecology and biology of four species of egret and heron. *Acta Ecologica Sinica* 14: 80-83.
- 강정훈, 이상기, 최병진, 오홍식, 김남춘. 2009. 천연기념물 백로와 왜가리 번식지의 실태 및 관리방안. *한국조류학회지* 16(1): 37-46.
- 고상범, 박행신. 1990. 제주도 황새목 분포에 관한 연구. *제주대학교과학교육* 7: 7-22.
- 권인기. 2007. 백로류의 둥지장소 선택. *경희대학교석사학위논문*. 59pp.
- 김문홍. 1992. 제주식물도감(증보판). 제주도. 714pp.
- 김성진. 2004. 쇠백로(*Egretta garzetta*) Foraging 행동과 에너지 섭취. *동아대학교석사학위논문*. 33pp.
- 김성현. 2006. 칠산도 일대에 도래하는 멸종위기종 노랑부리백로(*Egretta eulophotes*)의 번식생태에 관한 연구. *호남대학교석사학위논문*. 37pp.
- 김완병, 오홍식, 김원택. 2007. 제주도에서 번식하는 *Egretta sacra*의 산란수, 알의 크기, 번식주기. *한국환경생태학회지* 21(1): 93-100.
- 김완병, 오홍식, 김은미, 김병수, 김원택. 2005. 제주도에서의 흑로 *Egretta sacra*

- 의 번식지와 영소습성. 한국조류학회지 12(2): 49-59.
- 김인규. 2008. 도시 하천의 야생조류 서식지 모델 개발에 관한 연구. 충남대학교 대학원박사학위논문. 143pp.
- 김정수, 2000. 해오라기 *Nycticorax nycticorax*의 생태와 體內 重金屬 蓄積에 관한 研究. 경희대학교박사학위논문. 175pp.
- 김정수, 이두표, 구태희. 1998. 해오라기 *Nycticorax nycticorax* 번식생태에 관한 연구. 한국조류학회지 5(1): 35-46.
- 김정수, 이두표, 구태희. 1999. 해오라기 *Nycticorax nycticorax* 새끼의 성장 단계에 따른 체내 중금속 축적 변동. 한국조류학회지 6(2): 111-117.
- 김정훈. 2008. 한국의 간월호에서 서식하는 쇠제비갈매기 *Sterna albifrons*의 번식 생태에 관한 연구. 경희대학교대학원박사학위논문. 184pp.
- 노홍길. 2002. 제주도 주변 해역의 해양환경 특성. 환경교육 6: 11-20.
- 박진영. 2002. 韓國의 鳥類 現況과 分布에 관한 研究. 경희대학교박사학위논문. 530pp.
- 박진영, 원병오. 1993. 백로 및 왜가리류(Ardeidae) 번식지의 실태조사. 경희대학교 한국조류연구소 연구보고 Vol. 4: 95-100.
- 박행신, 김완병. 1996. 서귀포시 3개 무인도의 하계 조류상. 제주대학교 과학교육 연구 13: 163-175.
- 박행신, 김완병. 1997. 제주도에 도래하는 수조류에 관한 연구. 한국조류연구소 연구보고 6(1) : 11-20.
- 박행신, 김원택. 1981. 성산포 양어장내의 동계조류조사. 제주대학교논문집 5: 55-61.
- 박행신, 김원택. 1983. 제주도 조류의 지역별 분포. 제주대학교논문집 16: 175-186.
- 박행신, 오홍식. 1991. 제주도 4개 유인도의 조류조사(제주유인도 학술조사보고서). 제주문화방송주식회사·제주도. pp. 104-131.
- 박행신, 원병오, 소대진. 1985. 제주도의 조류 개관(한라산천연보호구역 학술조사 보고서). 제주도. pp. 56-81.
- 박행신. 1976. 제주도의 하계조류조사. 제대교양논집 5: 205-217.

- 박행신. 1990. 제주도 주변 무인도의 조류상. 제주문화방송주식회사. 제주무인도 학술조사보고서: 83-110.
- 양정희, 박행신. 1988. 제주도 해조류 군집구조에 관한 연구. 제주대학교과학교육 5: 135-160.
- 오윤식. 2004. 우리나라 연안의 해조상. 자연보존 128: 2-36.
- 오홍식, 김완병, 박행신. 1999. 제주도에 도래하는 월동 조류의 현황. 한국조류학회지 6(1): 35-45.
- 오홍식. 2003. 차귀도의 조류상. 제주대학교 기초과학연구소논문집 16(2): 63-68.
- 오홍식. 2004. 제주도에 도래하는 물새류 현황과 철새도래지 보호관리에 관한 연구. 한국조류학회지 11(1): 11-32.
- 원병오. 1981. 한국동식물도감 제25권 동물편(조류생태). 문교부. pp. 392-393.
- 윤무부, 김상욱, 박행신. 1985. 추자군도의 조류조사(자연실태종합보고서 제5집). 자연보호중앙협의회·문화방송. pp. 123-142.
- 윤원석, 박행신. 1986. 한라산 남사면의 조류 군집 구조에 관한 연구. 제주대학교 과학교육연구소과학교육 3: 37-66.
- 정명숙. 1998. 고속도로 건설지역에 있어서의 농촌산림조류의 생태와 보호. 경희대학교박사학위논문. 89pp.
- 정훈. 2004. 백로류의 번식전략과 사회행동. 경희대학교박사학위논문. 128pp.
- 조재운. 1980. 濟州島의 淡水魚類相에 關하여. 제주대학해양자원연구보고 4: 7-14.
- 좌중현. 2004. 제주도 연안역 부존 및 부착 미세조류의 생태학적 연구. 제주대학교대학원박사학위논문. 146pp.
- 차재석, 김재웅, 박희천. 2008. 도로공사가 백로류 번식에 미치는 영향. 한국환경생태학회지 22(2): 152-158.
- 최순학. 1991. 제주도와 OAHU도의 지질구조 및 수자원의 특성. 제주도연구회제7 차전국학술대회: 7-40.
- 최유성, 권인기, 강석하, 유정칠. 2004. 백로·왜가리류(Ardeidae) 번식지 현황과 관리: 충청남도 일대의 번식지를 중심으로. 한국자연보존연구지 2(3-4): 29-42.
- 최창용. 2004. 제주도 성산포에 도래하는 저어새(*Platalea minor*)의 월동생태 및 관리방안. 서울대학교대학원석사학위논문. 103pp.

- 한상희, 남동하, 구태희. 2001. 쇠백로 *Egretta garzetta*와 해오라기 *Nycticorax nycticorax*의 번식생태 비교. 한국조류학회지 8(1): 35-45.
- 한성우, 함규황. 2000. 왜가리(*Ardea cinerea*)의 월동생태에 관한 연구. 한국조류학회지 7(2): 93-99.
- 함규황, 김상만. 1988. 중대백로 *Egretta alba modesta*의 번식기를 중심으로 한 생활사 연구. 경남대논문집 15: 75-94.



감사의 글

공부하는 동안 많은 분들로부터 신세를 졌습니다. 도움을 주신 모든 분들의 기대에 어긋나지 않게 살아갈 것을 명심하고 또 명심하면서, 모든 지인들께 고마움을 전하고자 합니다.

먼저 이 논문이 완성되기까지 여러모로 부족했던 부분에 대해 따뜻한 격려와 근엄한 지도로 채워주시고, 특히 사람의 본분과 학문의 길을 올바르게 인도해주신 김원택 교수님께 머리 숙여 깊은 감사를 드립니다. 또한 공동 지도교수님으로서 논문의 구성을 알차게 지도해주신 이선령 교수님께도 감사드립니다. 심사위원장으로서 백로류의 국내외 연구 동향에 관한 여러 논문들을 직접 챙겨주시고, 데이터 하나하나를 꼼꼼히 분석해주신 오홍식 교수님께도 진심으로 감사드립니다. 그리고 제자 양성과 학문 연구로 바쁘신 와중에 보다 좋은 논문이 될 수 있도록 자료 제공과 세심하게 심사해주신 경희대학교 유정철 교수님과 호남대학교 이두표 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

학창시절부터 저를 지켜봐 주시고 학문적 지도를 해주신 제주대학교 생물학과 오덕철 교수님, 김문홍 교수님, 고석찬 교수님, 이화자 교수님 그리고 과학교육과 정충덕 교수님, 강동식 교수님, 강영봉 교수님, 이상철 교수님께도 감사드립니다. 20여년 동안 동고동락하면서 물심양면으로 도움을 주신 정세호 박사님께도 각별히 감사를 드립니다. 논문에 필요한 백로류 문헌 자료를 챙겨주신 김정수 박사님, 흑로의 논문을 보내주신 호주의 Southern Queensland 대학교 N. Mckilligan 교수님 그리고 현장조사를 같이 고생해주신 제주야생동물연구센터의 강창완님, 김은미님, 신성여고 김병수 선생님, 영산강유역환경청 김영호 연구원님 그리고 논문발표와 통계 분석을 도와주신 동물생태학 실험실의 고영민님, 고상범님, 장민호님, 강택중님, 김태욱님, 박수곤님께도 감사드립니다. 제주대학교 과학교육과 선후배님과 동기생 그리고 곤충생태학 실험실의 백조일 선배님을 비롯한 고영욱님, 김대호님, 김영은님, 고용관님, 김승범님, 강효식님, 김승언님, 오승길님, 정상배님, 김상범 박사님, 양경식님, 전형식님, 김성윤님, 이가은님께도 감사드립니다.

수년 동안 한라산학술탐사를 하면서 용기와 정을 듬뿍 주신 한라일보 강만생 사장님을 비롯한 강문규 논설실장님, 국립산림과학원 난대산림연구소 김찬수 박사님과 강영제 박사님, 제주대학교 정광중 교수님, 박찬식 박사님, 제주관광대학 신영대 교수님, 강만익 선생님, 산악연맹 임시영 부회장님과 오운호님, 한라산등

산학교 오문필님, 한라산생태문화연구소 유철인 소장님과 이사님들, 제주학연구
자모임 강창화 대표와 회원님들, 제주생태사진연구회 서재철 회장님을 비롯한,
이경서님, 박훈규님, 신용만님, 서현열님, 김봉찬님, 김동만님 그리고 제주도박물
관협회장님이신 한중훈 아프리카박물관장님이신 한중훈 제주도박물관협회장님,
자연제주 이석창 사장님, 한라동물병원 안민찬 원장님, 환경자원연구원 김철수
박사님, 오장근 박사님, 양영환 박사님, 제주외국어고 송시대 박사님, 제주지질연
구소 강순석 박사님, 제주생태교육연구소 현원학 박사님, 제주문화유산연구원 고
재원 연구실장님께도 감사드립니다.

한국조류학회 회장님이신 서울대학교 이우신 교수님을 비롯한 학회 이사님들,
공주대학교 조삼래 교수님, 국립생물자원관 한상훈 박사님, 국립중앙과학관 백운
기 박사님과 이상명 박사님, 한국환경생태연구소 이한수 박사님과 김인규 박사
님, 대전조류연구소 오동세 소장님께도 감사드립니다.

그리고 고향 고산리 선후배님과 벗들, 오현 벗들 그리고 늘 따스한 마음과 각
별한 관심으로 격려해주신 독수리 오형제들(김창우님, 고정균님, 강시영님, 강경
민님) 그리고 야외 현장에서 사진자료와 조류 관찰 정보를 제공해주신 김기삼님
을 비롯한 정이근님, 강석태님, 강정효님, 지남준님, 강희만님, 김호천님, 조성익
님, 김영학님, 김영하님, 강명철님, 이승철님, 김명선님께도 감사드립니다.

직장에서 학문의 길을 걸어갈 수 있도록 배려해주신 박철수 문화진흥본부장님
을 비롯한 김완택 박물관운영부장님, 김대회 문예진흥부장님, 민속자연사박물관
홍남표 관장님과 양상훈 연구관님, 해녀박물관 김동섭 관장님과 좌혜경 박사님,
돌문화공원 김성연 소장님과 안웅산 박사님, 항일기념관 문하성 관장님, 제주현
대미술관 김창우 관장님, 4·3지원사업소 강인택 팀장님 그리고 여러 동료 직원
과 해설사님들, 자원봉사 활동 중인 김순덕 박사님께도 고마움을 전합니다.

오로지 자식의 앞날을 걱정해주시고 사랑을 아끼지 않으신 부모님과 장모님,
일가 친족들께 감사드리며, 그리고 누구보다도 고생이 많았던 사랑하는 아내
경희, 두 딸 정아, 은아와 함께 이 기쁨을 나누고 싶습니다. 마지막으로 학창시절
저에게 새를 사랑하는 방법을 가르쳐주시고, 첫 사회생활을 시작할 때에 큰 가르
침을 주신 고 박행신 교수님께 무한한 감사의 마음을 전합니다.

2009년 12월

김완병 올림