



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2012년 8월  
박사학위 논문

고흥만에서 월동하는 노랑부리저어새  
(*Platalea leucorodia*)의 행동 생태에  
관한 연구

조선대학교 대학원

생물학과

송재겸

고흥만에서 월동하는 노랑부리저어새  
(*Platalea leucorodia*)의 행동생태에  
관한 연구

A Study of Behavioral Ecology of Eurasian  
Spoonbills(*Platalea Leucorodia*) Wintering in Goheung  
Bay, Jeollanam-do, Korea

2012년 8월 24일

조선대학교 대학원

생물학과

송재겸

고흥만에서 월동하는 노랑부리저어새  
(*Platalea leucorodia*)의 행동 생태에  
관한 연구

지도교수 최영복

이 논문을 동물학 박사학위신청 논문으로 제출함

2012년 4월

조선대학교 대학원

생물학과

송재겸

## 송재겸의 박사학위논문을 인준함

위원장 호남대학교 교수 이 두 표 (인)

위 원 국립중앙과학관 연구관 백 운 기 (인)

위 원 한국환경생태연구소 대표 이 한 수 (인)

위 원 전남대학교 교수 성 하 철 (인)

위 원 조선대학교 교수 최 영 복 (인)

2012년 6월

조선대학교 대학원

# 목 차

ABSTRACT.....	xi x
I. 서론 .....	1
II. 연구사 .....	3
1. 국내연구 .....	3
2. 국외연구 .....	4
III. 연구지역 .....	6
IV. 개체군의 도래 현황 .....	8
제1절 서론 .....	8
제2절 연구방법 .....	8
제3절 연구결과 .....	9
1. 개체수의 변동 .....	9
2. 도래경향 분석 .....	10
3. 월동시기별 분석 .....	11

4. 연령조성 .....	12
제4절 논의 .....	13
V. 일주행동의 분석 .....	16
제1절 서론 .....	16
제2절 연구방법 .....	16
제3절 연구결과 .....	18
1. 전체 일주행동 비율(Activity-budgets) .....	18
2. 월동시기별 일주행동 .....	20
3. 시간대별 일주행동 .....	20
4. 연령별 성별 일주행동(Time-budgets) .....	23
제4절 논의 .....	26
VI. 섭식행동의 분석 .....	29
제1절 서론 .....	29
제2절 연구방법 .....	30

제3절 연구결과 .....	34
1. 미소섭식지의 선택 .....	34
2. 섭식기술 .....	37
3. 먹이자원과 먹이처리 .....	40
4. 섭식효율 .....	46
5. 섭식무리 크기의 효과 .....	56
제4절 논의 .....	60
VII. 유지행동의 분석 .....	69
제1절 서론 .....	69
제2절 연구방법 .....	69
1. 유지행동의 형태와 구분 .....	70
제3절 연구결과 .....	73
1. 일주행동 중 시간비율에 의한 유지행동의 배분 .....	73

2. 깃털다듬기(Preening) .....	74
3. 스트레칭(Stretching) .....	81
4. 목욕하기(Bathing) .....	84
5. 도포하기(Preen waxes) .....	87
제4절 논의 .....	90
VIII. 사회적 행동의 분석 .....	96
제1절 서론 .....	96
제2절 연구방법 .....	97
제3절 연구결과 .....	98
1. Allopreening .....	98
2. 공격행동 .....	106
제4절 논의 .....	110
IX. 결론 .....	115
참고문헌 .....	119

# List of Table

Table 1. Summary of information on the Eurasian Spoonbills (Hellquist 2011) .....	9
Table 2. Monthly mean numbers of Eurasian Spoonbill observed at artificial wetland in Goheung bay .....	10
Table 3. Category of Eurasian Spoonbill's activities .....	17
Table 4. The numbers of observation and cumulative number of birds observed by time of day for winter periods in 2006-2010 .....	18
Table 5. The cumulative numbers of birds observed and rate of diurnal behaviors during the wintering periods in 2006-2010 .....	19
Table 6. Comparison of average number of birds and % by diurnal behaviors among wintering periods and result of one-way ANOVA test .....	20
Table 7. A result of ANOVA test for feeding techniques(searching and chasing prey) by age .....	38
Table 8. A result of correlation between feeding efficiency and measurements of meteorological parameters .....	55
Table 9. A type of Eurasian Spoonbill's maintenance behaviors .....	70
Table 10. A correlation between behaviors of bathing and measurements of meteorological parameters .....	86

Table 11. A result of ANOVA test for the effects of preening area on several anointing body parts preen waxes method and anointing .....	89
Table 12. A result of correlation between the frequency of preen waxes and measurements of meteorological parameters .....	90
Table 13. The comparison of the preening area between previous studies and this research .....	92
Table 14. A comparison of winning rate in aggression encounters by age and sex .....	109

## List of Figure

Fig. 1. Map showing the study area .....	7
Fig. 2. The average temperature, highest and lowest temperature in Goheung (1981-2010) .....	7
Fig. 3. Numbers of Eurasian Spoonbills with dates of observation at artificial wetland during the winters of 2006-07, 2007-08, 2008-09, 2009-10 .	11
Fig. 4. Changes in the numbers of spoonbills at 3 different stages of wintering periods in 2008-10. ....	12
Fig. 5. The number of juveniles and adults observed in Goheung bay during the wintering periods in 2008-2010 .....	13
Fig. 6. The average temperature during wintering periods in Goheung (2006-2010) .....	14
Fig. 7. Percentage of diurnal behaviors by time of day .....	19
Fig. 8. Percentage of diurnal behaviors by time of day in early-wintering period .....	21
Fig. 9. Percentage of diurnal behaviors by time of day in middle-wintering period .....	22
Fig. 10. Percentage of diurnal behaviors by time of day in later-wintering period .....	23

Fig. 11. Percentage of diurnal behaviors by time of day focal sampling in all-wintering periods .....	24
Fig. 12. Percentage of diurnal behaviors by age-focal sampling in all wintering periods .....	25
Fig. 13. Percentage of diurnal behaviors by sex-focal sampling .....	25
Fig. 14. A comparison of feeding behaviors by age according to daily time zone .....	27
Fig. 15. A comparison of resting behaviors by age according to daily time zone .....	27
Fig. 16. A comparison of micro-habitats for foraging by age .....	34
Fig. 17. The selection of micro-habitats for foraging among wintering periods .....	35
Fig. 18. The selection of feeding depth by age .....	36
Fig. 19. The selection of feeding depth among wintering periods .....	36
Fig. 20. A comparison of feeding techniques by age .....	37
Fig. 21. A comparison of feeding techniques among wintering periods .....	39
Fig. 22. A comparison of feeding techniques among three micro-habitats ....	40

Fig. 23. Percentage of food items according to age .....	41
Fig. 24. Percentage of food items according to wintering periods .....	42
Fig. 25. A comparison of the captured prey size by age .....	43
Fig. 26. A comparison of the captured prey size among wintering periods .	43
Fig. 27. A comparison of the handling time(Mean±SE) according to prey size .....	45
Fig. 28. A comparison of the handling time according to age-prey size .....	45
Fig. 29. A comparison of the feeding efficiency by age .....	47
Fig. 30. A comparison of the feeding efficiency between sex .....	47
Fig. 31. A comparison of the feeding efficiency(Mean±SE) among wintering periods .....	48
Fig. 32. A comparison of the captured numbers of prey/min(Mean±SE) among wintering periods .....	49
Fig. 33. Changes of the feeding efficiency(Mean±SE) by daily time zone ...	50
Fig. 34. A comparison of the captured numbers of prey/min(Mean±SE) by daily time zone .....	50

Fig. 35. A comparison of the feeding efficiency(Mean±SE) by micro-habitat .....	51
Fig. 36. A comparison of the captured numbers of prey/min(Mean±SE) by micro-habitat .....	52
Fig. 37. A comparison of the feeding efficiency(Mean±SE) by feeding depth .....	53
Fig. 38. A comparison of the captured numbers of prey/min(Mean±SE) by feeding depth .....	53
Fig. 39. A comparison of the feeding efficiency(Mean±SE) by feeding techniques .....	54
Fig. 40. A comparison of the captured numbers of prey/min by feeding techniques .....	55
Fig. 41. The temperature and wind speed factors that affect feeding efficiency .....	56
Fig. 42. The water level and hours of sunshine factors that affect feeding efficiency .....	56
Fig. 43. A comparison of feeding flock members(Mean±SE) among wintering periods .....	57
Fig. 44. Changes of the size of feeding flock members(Mean±SE) by daily time zone .....	58

Fig. 45. Changes of feeding efficiency(Mean±SE) by the size of flock members .....	59
Fig. 46. A comparison of the captured numbers of prey/min(Mean±SE) by the size of flock members .....	59
Fig. 47. A comparison of choice feeding area among wintering periods ....	61
Fig. 48. Changes of feeding efficiency among wintering periods .....	64
Fig. 49. Changes of the flock size by daily time zone .....	65
Fig. 50. Changes of the step numbers/min by daily time zone .....	65
Fig. 51. Emerged flat and reduced surface of the water by controlled management of water depth .....	66
Fig. 52. A comparison of alert time(Mean±SE) according to the flock size ...	67
Fig. 53. A comparison of time-budgets of maintenance behaviors by age .	73
Fig. 54. A comparison of time-budgets of maintenance behaviors among wintering periods .....	74
Fig. 55. Percentage of Eurasian Spoonbill's preening by body parts .....	75
Fig. 56. A comparison of time-budgets of preening area by age .....	76
Fig. 57. A comparison of time-budgets of preening area among wintering	

periods .....	76
Fig. 58. A comparison of time-budgets of preening area among before behaviors .....	78
Fig. 59. A comparison of time-budgets of short bouts by age .....	79
Fig. 60. A comparison of time-budgets of short bouts among wintering periods .....	80
Fig. 61. A comparison of short bouts among before behaviors .....	81
Fig. 62. Percentage of types of stretching .....	82
Fig. 63. A comparison of time-budgets of stretching by age .....	82
Fig. 64. A comparison of time-budgets of stretching between sex .....	83
Fig. 65. A comparison of time-budgets of stretching among wintering periods .....	83
Fig. 66. A comparison of time-budgets of stretching according to previous behaviors .....	84
Fig. 67. Percentage of process in bathing .....	85
Fig. 68. A comparison of time-budgets of process in bathing behavior by age .....	85

Fig. 69. A comparison of time-budgets of process in bating behaviors among wintering periods .....	86
Fig. 70. A comparison of preening area on several anointing body parts by age .....	88
Fig. 71. A comparison of preening area on several anointing body parts among wintering periods .....	88
Fig. 72. A comparison of time-budgets on anointing body parts among wintering periods: 1-Male, 2-Female .....	94
Fig. 73. Percentage of age components between donator and reciprocator .....	99
Fig. 74. Percentage of donator's age .....	100
Fig. 75. Percentage of reciprocator's age .....	100
Fig. 76. Percentage of donator's sex .....	100
Fig. 77. Percentage of reciprocator's sex .....	100
Fig. 78. A comparison of time-budgets(Mean±SE) among 4 allopreening participants .....	101
Fig. 79. A comparison of time-budgets of donated allopreening and receipted allopreening among donator's age .....	102

Fig. 80. A comparison of time-budgets of donated allopreening between sex .....	103
Fig. 81. A comparison of time-budgets of receipted allopreening between sex .....	103
Fig. 82. A comparison of time-budgets of donated allopreening and receipted allopreening among wintering periods .....	104
Fig. 83. A comparison of causes of allopreening termination among six age combinations .....	105
Fig. 84. A comparison of causes of allopreening termination among three sex combinations .....	105
Fig. 85. The comparison of initiator's age; adult, subadult, juvenile among wintering periods .....	106
Fig. 86. The comparison of reactor's age; adult, subadult, juvenile among wintering periods .....	106
Fig. 87. The comparison of initiator's sex; male, female among wintering periods .....	107
Fig. 88. The comparison of reactor's sex; male, female among wintering periods .....	107
Fig. 89. The comparison of causes of aggression among wintering periods .....	108

Fig. 90. The comparison of aggression levels; fighting, chasing, attack, a threat among wintering periods .....	109
Fig. 91. The comparison donated frequency of donator's age; adult, subadult, juvenile among wintering periods .....	111
Fig. 92. The comparison donated frequency of donator's sex; male, female among wintering periods .....	111
Fig. 93. The frequency of winner and losers by age and sex of spoonbills .....	112
Fig. 94. The relationship of the size of the flock members and the attack time .....	113
Fig. 95. The relationship of the size of the flock members and the attack frequency .....	113

# ABSTRACT

## A Study of Behavioral Ecology of Eurasian Spoonbill(*Platalea leucorodia*) Wintering in Goheung Bay, Jeollanam-do, Korea

Song, Jae-Gyeom

Advisor : Prof. Choi, Young-Bok, Ph.D.

Department of Biology

Graduate School of Chosun University

This study had been done to investigate the ecology of wintering Eurasian Spoonbills(*Platalea leucorodia*) Korea. It would help to protect the wintering spoonbills and to develop management plans for their habitats. I had studied five major wintering behavior and ecology of birds; wintering status and ecology, diurnal behaviors, feeding behaviors, maintenance behaviors and social behaviors in the artificial wetland located in Goheung bay, which is reclaimed land along Goheung-gun, Goheung-eub and Dowon-myeon from Dec. 2008 to April. 2010 in this study area. I observed and recorded their behaviors with scan sampling, continuous recording and focal sampling methods.

Spoonbills started migrating to Goheung bay from early October and stayed until late April the following year before going back. The average population was about 19.2 individuals from December to late February the following year. The place had a good for spoonbills to live in, but nowadays it is under pressure from developing new facilities or making rice fields.

Their diurnal behaviors were comprised of feeding(43.8%) and resting(41.6%) so they accounted for 85% of all activities. As time went by, feeding and

comfort behaviors increased, while resting behaviors decreased. The most active behaviors were often shown in early and the late winter period, while resting behaviors were dominantly appeared in mid winter period that helped to reduce the energy needed and the loss of heat.

Spoonbills chose the micro-habitat area depending on prey availability and its surroundings conditions. They mainly used sweeping mode (86%), probing mode (8%) and mixed mode according to the prey's shape and the depth of water. What type of feeding modes to use was varied with their ages and the winter period. During winter period, they captured prey on average 5.56 prey/min, feeding efficiency 0.10. The feeding behaviors peaked at 11 a.m. of the day, usually in the early winter. They groups to increase their feeding efficiency. The optimum size for grouping comprised 10~12 individuals. Most of them caught prey below 5cm size, which saved. The time of prey processing and reduced plunder under competition for catching prey.

Maintenance behaviors usually were watched during the day time (14.4%). They were divided into the long and short maintenance behaviors. Long maintenance behaviors were preening their feathers (91.4%), bathing behavior, and preen waxes. Stretching was a short maintenance behavior. When preening the bird's feathers, spoonbills focused on their wings more than their head and necks as compared with other species. Because they receipted intraspecific allopreening. Low temperature of mid winter led to reduced preening actions and bathing. Preen waxes were increased in the late winter. They spent much more time preening their feathers which may reduce cost to make easier courtship displays.

Social behaviors of spoonbills were seen as a type of allopreening called reciprocal altruism of which 81% was started by adult birds. They spent similar time donating and receipting their preening and did it immediately. I could make two inferences from the allopreening activities. One was due to hygienic needs to remove external parasites which could cause infection, and the other was due to secondary viewpoint to reinforce fraternal bonds with each other. The analysis results showed that there were priority groups divided by age, rates of

donating and receipting by sex, and the main of conclusion allopreening.

An aggressive activity by expressing threat was watched under competition for prey. The order of priority of the aggressive activity was determined with body size, age, and rates of winning by sex. The cause of aggressive activity changed from prey problems to space problems and the aggressive level had changed from physical attacks to threatening by the winter stage.

It seemed to reduce using their energies and avoid the chance to be injured before leaving for their breeding grounds. The allopreening and intraspecies attacking, called social communication, were probably the ways chosen to strengthen the social bonds between individuals and to enlarge the opportunities to survive.

Goheung bay showed an proper environments for spoonbills to stay in winter compared with other places in Korea. However it has been increased human disturbance and it is now under developing pressure. National support is urgently needed for supporting the population of this species and building a worldwide network to preserve them from Southeast Asia to Northeast Asia. A scientific study of this species in these regions needs to be continued.

# I. 서 론

노랑부리저어새는 황새목 저어새과에 속하는 종으로 전 세계적으로 출현하는 지역은 624만km<sup>2</sup>로서 대략 개체군 크기는 65,000~142,250 마리에 달한다(Wetlands International 2006). 이 종은 유럽으로부터 중국, 인도, 홍해와 북서아프리카에 이르는 광범위한 번식 범위를 가짐으로써 구북구 분포가 세밀하게 분포되었다는 것이 확인되었다(Cramp & Simmons 1977; Hancock. *et al.* 1992). 세계적으로 3개 아종 (*P. l. leucorodia*, *P. l. balsaci*, *P. l. archeri*)이 있고 우리나라에 도래하는 아종은 *leucorodia*로 남부아시아 및 중국, 일본, 타이완 등지에 서식한다(del Hoyo *et al.* 1992). 2007년 중국에서 12개 서식지에 총 12,437 개체가 보고된 바 있어 아시아의 개체군의 크기는 15,000~20,000 마리 정도로 추정된다(Wetlands International 2007). 현재 ICUN(국제자연보존연맹) 적색목록의 관심 필요종(Least Concern)으로 등재되어 있다.

우리나라의 개체군은 몽골, 아무르 강, 우수리 강, 중앙아시아의 습지에서 번식을 하고 겨울에 우리나라를 찾아오는 겨울철새이다. 전남 고흥만 간척호수, 충남 천수만 간척호수, 경남 주남저수지, 제주도 하도리 해안 등지에서 소수의 무리가 규칙적으로 월동하고 있으며(원병오 1992; 송재겸 등 2011), 국가에서는 천연기념물 제 205-2호 및 멸종위기종 II급으로 지정하여 보호하고 있다. 노랑부리저어새는 몸길이 60~70cm, 몸무게 1,800~2,400g이며(AEWA 2008) 습지, 얕은 호수나 늪지, 큰 하천, 하구의 진흙, 암석과 모래로 덮인 섬 등지에서 살며, 부리를 땅 위나 물 위에 대고, 목을 좌우로 흔들며 앞으로 나아가면서, 먹이를 찾는다. 먹이는 작은 민물고기, 개구리, 올챙이, 조개류, 연체동물, 곤충 따위의 동물성 먹이와 습지식물 및 열매를 먹는다(원병오 1992).

우리나라에서 노랑부리저어새에 관한 연구는 저어새에 비하여 상대적으로 연구가 부진한 실정이며, 조와 박(2000), 조(2005)가 각각 천수만과 주남저수지에서 월동행동을, 송 등(2011), 최 등(2011)에 의한 고흥만 간척호에서 개체군의 월 변동, 일주행동 등이 있을 뿐이다. 수조류의 월동 성공률과 매년 생존률은 겨울철 그들의 상대적인 몸의 내적 외적 상태에 의해서 영향을 받으며(Haramis *et al.* 1986; Hepp *et al.* 1986), 이는 겨울철의 여러 여건이 수조류 개체수의 증감에 밀접하게 관련되

어 있음을 의미한다. 또한, 겨울철 여건은 환경요인(기온, 바람, 비, 서식지 식생 등), 사회적 지위(연령, 성별), 종 특유의 성향 등과 함께 다양한 월동행동들의 시간 분배에 크게 영향을 미친다(Frederick and Klaas 1982; Paulus 1984; Miller 1985).

동물의 행동은 인간의 간섭에 따른 영향을 이해하는 중요한 수단으로써 서로 다른 서식지 유형에서 나타나는 행동 자료의 분석은 종들의 서식지 선택을 파악하는데 유리하게 이용될 수 있다(최창용 2004). 노랑부리저어새의 중요한 역사적 위협요인은 섭식과 번식을 위한 서식지의 상실이다. 그들의 서식지는 수년 동안 집약적인 농경지 혹은 양어장을 위해 배수되어 말라붙고, 규제되고 간척되어 서식지의 소실 혹은 외래종의 침입으로 유기되었으며, 휴양행위를 위해 활용되었다(Triplet *et al.* 2008). 몇몇 지역에서는 물고기의 남획과 수질오염 또한 커다란 문제로 제기되고 있다. 이런 위협들을 생각해보면 수조류의 관리와 보존을 위한 국제적인 전략의 발달을 향한 첫걸음으로 수조류 종들의 생태와 생물학적 영향을 기초로 하는 현장 연구를 하는 것이 긴급한 것으로 보인다(Coulter and Rodgers 1987).

본 연구는 2004년 이후 노랑부리저어새의 월동지로서 주목받고 있는 고흥만 간척호에서 월동 개체군의 도래현황, 일주행동을 기초로 한 섭식행동과 유지행동 그리고 사회적 행동에 대한 시간분배를 연령별, 성별, 월동시기별로 비교하여 노랑부리저어새의 보호 관리를 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

## II. 연구사

### 1. 국내연구

국내에 도래하는 조류의 월동생태에 대한 연구는 지속적으로 이루어져 왔으며 대표적인 연구에는 고니류의 월동행동과 채식물에 관한 연구(1981 권기정), 대구지방의 흑두루미의 월동생태(조삼래 1991), 주남저수지의 큰기러기와 쇠기러기의 월동생태(박진영 1993), 제주도의 청둥오리(김완병 1996), 월동서식지에 따른 청둥오리의 월동 실태 및 행동 연구(김현대 1997), 금강의 검은머리갈매기(김학진 1998), 광주와 평택에서의 해오라기(김정수 1998), 제주도에서 원앙의 월동생태(김병수 2001), 한강하구에 도래하는 재두루미의 월동실태 및 행동연구(이화수 2009), 강화도와 철원에서 월동하는 두루미의 주간행동(김종우 2011) 등 주로 겨울철새의 월동생태 및 일주행동, 서식지 선택과 이용, 이동 및 이주실태 등에 관한 연구들이 있다.

노랑부리저어새와 유사한 저어새에 대한 국내의 연구는 한국 제주도에서 저어새의 겨울나기(김완병 2003), 제주도 성산포에 도래하는 저어새의 월동생태 및 관리방안(최창용 2004), 한국에서 저어새의 번식현황과 섭식생태에 관한 연구(김인철 2006), 강화군 일대의 저어새 서식실태에 관한 연구(백인환 등 2003), 한국의 번식기 저어새 보전을 위한 대체서식지 모형개발(조항수 2010) 등이 있으며 번식생태와 월동생태 그리고 에너지 효율 및 물질 대사 그리고 중 보전에 관련된 사항 등 폭넓게 연구되었다.

이에 반하여 노랑부리저어새에 관한 국내 연구로는 한국에서의 노랑부리저어새의 월동행동(조삼래와 박성환 2000), 주남저수지에 도래하는 노랑부리저어새의 월동행동에 관한 연구(조해진 2005), 고흥만간척지 내의 인공습지에 월동하는 노랑부리저어새 개체군의 월 변동(송재겸 등 2011), 고흥만 인공습지에서 월동하는 노랑부리저어새의 일주행동(최영복 등 2011)이 있을 뿐이며, 주로 개체군의 월 변동, 서식지 이용, 일주행동의 비율 등에 국한되었고 에너지 효율과 물질대사, 섭식행동과 유지행동, 중 보전과 관리 등에 대한 깊이 있는 연구는 부족한 실정이다. 2004년 국립환경연구원의 겨울철새 월동 현황조사에서 공식적으로 도래상황이 처음으로

기록된 이후 매년 증가되었던 고흥만의 노랑부리저어새 도래는 2010년 고흥만간척지 완공 이후 영농지역의 확대 및 농업용수 확보 등으로 관리수위가 높아져 월동지로서의 역할이 점차 감소되고 있으며 도래개체수도 급감되고 있다.

따라서 이 지역이 노랑부리저어새의 월동지로서 매우 중요한 생태적 요충지이며 멸종위기종의 보전, 개체수 관리를 통한 생물종 자원의 보전 관리가 시급하다고 생각한다. 앞으로 이 지역의 생물 다양성을 보전하고 체계적이고 과학적인 관리를 위하여 더 많은 월동행동과 서식지 환경개선에 관한 폭넓은 연구가 필요한 실정이다.

## 2. 국외연구

노랑부리저어새의 월동 행동 및 생태에 관한 국외 연구는 1996년 아프리카-유럽 물새협정(AEWA) 수립 이후 서부유럽과 북서아프리카의 이주 개체군 아종(*leucorodia*), 중앙 및 남동 유럽, 지중해에서 중동지방과 사하라 아프리카에 이르는 개체군 아종(*leucorodia*), 서부 아시아와 남아시아 그리고 남아시아 에 이르는 개체군 아종(*leucorodia*), 동아시아와 동남아시아, 동북아시아 개체군 아종(*leucorodia*), 홍해와 소말리아 개체군 아종(*archeri*), 서부아프리카 연안의 모리타니아 개체군 아종(*balsaci*) 등 3개 아종 6개 개체군에 대한 이주현황, 번식생태, 개체군의 변화, 위협요인 등에 대하여 체계적 그리고 조직적으로 파악되고 있는 아종은 유럽, 아프리카에 분포하는 아종이나 중국을 비롯한 동북아시아 및 동남아시아에 대한 개체군에 대해서는 정확한 개체군의 크기 이동, 번식 및 월동생태 등에 대하여 구체적으로 알려진 것이 거의 없다.

아프리카-유럽 개체군의 크기, 분포 및 이동에 관한 연구는 유럽뿐만 아니라 아프리카의 튀니지아, 모리타니아, 세네갈, 이집트 등에서 이루어졌으며 세네갈 삼각주에서의 개체수 분석(Triplet *et al.* 2004), 아프리카에서의 노랑부리저어새의 분포(Smart and Azafzaf 2007)가 있고 유럽에서의 연구에는 노랑부리저어새의 분산과 이동(De le Court and Aguilera 1997), 유럽에서의 노랑부리저어새 개체수 현황(Overdijk and Zwart 2003) 등이 있다. 번식 행동과 생태에 대한 연구로는 노랑부리저어새의 새끼-섭식리듬과 암수차이에 의한 둥지돌보기(Aguilera 1990), 노랑부리저

어새의 양육역할(Aguilera 1993), 스페인에서 노랑부리저어새의 번식(García *et al.* 1983) 등이 있으며 섭식행동과 서식지 생태에 대한 연구로는 남서부 스페인에서의 노랑부리저어새의 먹이와 섭식영역에 대한 연구(Aguilera *et al.* 1996), 노랑부리저어새와 섬금류의 이주에 대한 에너지 요구(Kersten 1995), 노랑부리저어새의 먹이 선택, 섭식 기술과 연령, 서식지와와의 관계(Boileau and Plichon 2003), 세르비아 잉어양어장에서 노랑부리저어새의 집단서식지 보호(Tucakov and Žuljević 2005) 등이 있다.

이와 같이 지난 30년 동안 유럽에서 종들에 대한 연구들은 집단서식지에서의 번식 쌍들에 대한 모니터링과 섭식 행동에 대한 연구들이 대부분이었으며 행동에 대한 간섭과 방해의 역할을 평가하는데 주력하였고(Triplet *et al.* 2008) 또한 이런 연구들이 번식 영역에서 주로 수행되었다. 1996년 이후부터 수행된 프랑스에서의 섭식행동에 대한 연구들은 번식 이주 이전과 이후 서로 다른 서식지에서의 결과들을 종합하여 섭식생태의 전반에 걸쳐서 조사되었다. 특히 노랑부리저어새의 섭식행동에 영향을 주는 변수로는 개방된 서식지, 갑각류와 어류의 풍부한 생물량, 그리고 간섭의 결여이며 나아가 종의 보존과 관리에 있어서 적절한 수위(10~30cm)를 유지하는 것이 중요하다고 연구되었다(Hérmery *et al.* 2008). 네덜란드에서는 흡입관 방식의 어도(the siphon fish ladder)에 의해서 간척지에 도래하는 노랑부리저어새의 먹이여건을 개선시킨 연구(Kemper 1995)가 있었으며 Eurosite 내 Spoonbill network의 회보를 통해 많은 유럽 국가들의 개체수 보전과 종 관리에 대한 연구내용을 활발하게 게재하고 공유하고 있다.

### Ⅲ. 연구지역

조사장소는 전라남도 고흥군 고흥읍, 풍양면, 도덕면, 두원면 일대로 북위 34° 38', 동경 127° 13' 에 위치하며 1991년 착공되어 4개 지역 31km<sup>2</sup>의 바다가 매립되었고 1998년 2월 준공된 인공습지는 면적이 280ha이고 고흥호(745ha)의 수위조절과 농경지 배출 용수의 수질 정화 및 개선을 목적으로 조성되었다. 북서쪽은 담수호와 경계를 이루는 제방과 수문이 있으며 남서쪽과 남쪽 그리고 남동쪽으로는 넓은 갈대밭(84ha)이 형성되어 있으며 북서쪽을 제외하고는 농경지로 둘러 싸여있다. 인공습지의 관리수위는 해수면 기준 -2.0m이나 2008년 이전에는 인공습지 내 목교설치 및 수질정화 목적의 수생식물 식재로 인하여 해수면 기준 -2.5 m 이하를 유지하였고, 2008년 이후 여름 기준 -1.5m 겨울 기준 -2.2m를 유지하였다. -2.5m 수위 유지 시 0.3m 이하의 수심 면적은 전체 인공습지의 50% 이상을 차지하여 노랑부리저어새의 취식조건으로서 이상적인 수심(Hémercy *et al.* 2008)을 유지하였다.

고흥지역의 기후적인 특성은 내륙지방보다는 해양의 영향을 많이 받아 기온의 일교차가 적으며 겨울에도 눈 오는 날보다 비가 오는 날이 많고 연간 적설일수는 6~7일에 불과하다. 조사지역으로부터 4.05km 떨어진 고흥기상관측소에서 측정한 연평균 기온은 13.5℃, 강수량은 1,452.5mm이다(기상청 2011). 인근에 위치한 목포, 완도, 여수 등의 해안지방에 비해서는 내륙적 기후특색을 나타내지만 혹한기인 12월~1월의 평균 기온이 영하로 떨어지지 않고 전국평균 이상의 강우량을 보이는 것은 해양성 기후의 영향을 강하게 받고 있기 때문이다(환경부 2004). 조사지역의 기온이 가장 낮은 1월 평균 기온은 1.2℃이며(Fig. 2), 1998년 고흥만방조제 축조 이후 기온과 강수량은 큰 변화를 보이지 않았으나 평균 풍속은 1.3m/sec에서 1.7 m/sec로 안개일수는 19.0일에서 22.9일 변화하였다(한국농어촌공사 2004).

인공습지 내에는 갈대(*Phragmites communis*) 부들(*Typha orientalis*), 줄(*Zizania latifolia*), 세섬매자기(*Scripus planiculmis*) 등의 정수식물과 수련(*Nymphaea tetragona*), 연(*Nelumbo nucifera*), 마름(*Trapa japonica*), 애기마름(*Trapa incisa*) 등의 부엽식물, 나자스말(*Najas graminea*), 검정말(*Hydrilla verticillata*), 물수세미(*Myriophyllum verticillatum*), 민나자스말(*Najas marina*), 말즘(*Potamogeton crispus*) 등의 침수식물들이 넓게 분포하고 있다(고흥군 2004).

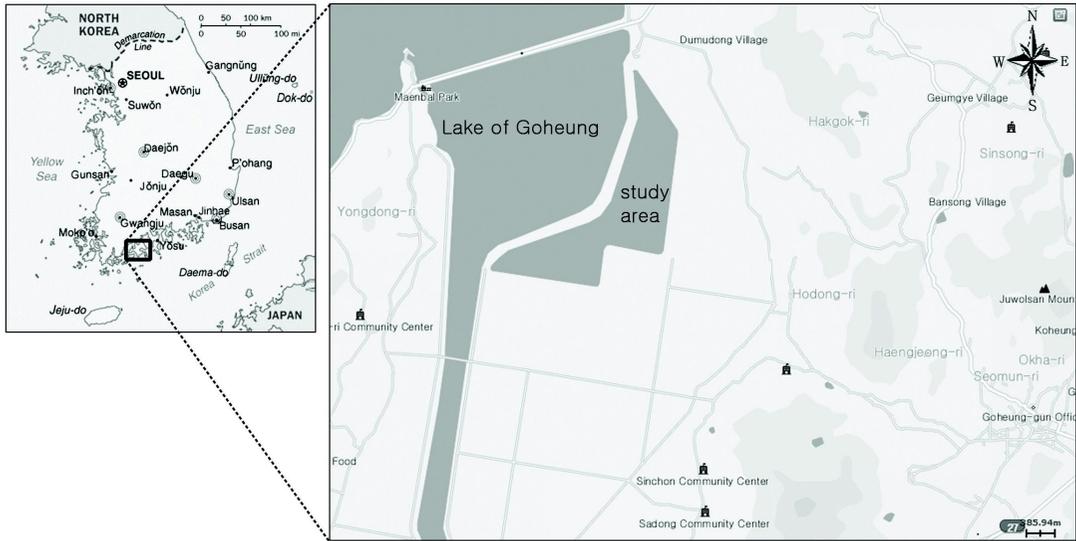


Fig. 1. Map showing the study area

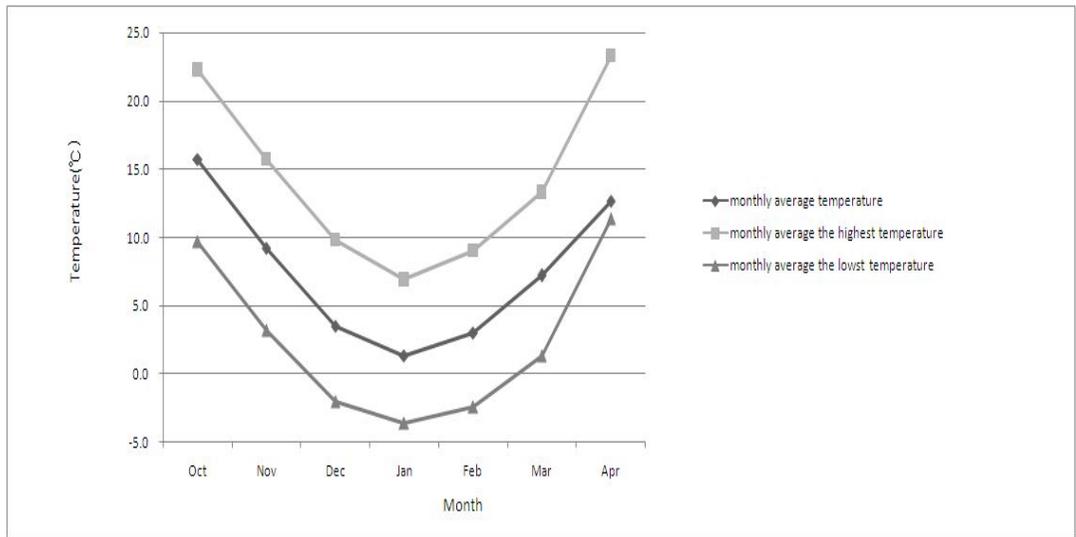


Fig. 2. The average temperature, highest and lowest temperature during the wintering periods in Goheung(1981~2010)

## IV. 개체군의 도래 현황

### 제1절 서론

겨울철조류동시센서스 조사결과에 의하면(국립환경과학원 2004; 2005; 2006; 2007; 국립생물자원관 2008; 2009; 2010) 노랑부리저어새의 개체수 및 관찰지역은 2004년 이후 점차 증가하고 있으며 특히, 새롭게 고흥만 간척호수를 비롯하여 서남해안 간척호수, 순천만, 낙동강 하구에서도 관찰되기 시작하여 이후 매년 보고되고 있다. 그러나 월동지역에서의 도래현황과 개체수 변동에 대한 상세한 조사연구가 부족하여 보호대책을 수립하는데 어려움을 겪고 있다.

이 연구는 2004년 이후부터 노랑부리저어새의 월동 개체수가 급격하게 증가한 고흥만 간척호에서 2006년부터 2010년까지 4년간 센서스를 실시하고 도래현황 및 월동실태를 파악하여 이 지역의 생태적 중요성을 강조하고 보호 관리를 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

### 제2절 연구방법

노랑부리저어새의 센서스는 2006년 12월부터 2010년 4월까지 4년간 정점조사법(point census methods: Bibby *et al.* 2000)을 이용하여 실시하였다. 최소한 월 3회 이상 조사하는 것을 원칙으로 하였고 14개의 정점(조사지역의 40% 면적 관찰)을 선정하여 조사지역의 반경 300m 이내의 관찰된 개체수를 3 회 반복 기록하였으며 한 정점에서 30분 정도를 기준으로 하였다. 대상조류가 날아갔을 경우 최소 15분간을 대기하였다. 2006~2007년 월동기는 12월~3월 동안 11회, 2007~2008년은 12월~4월까지 30회, 2008~2009년과 2009~2010년은 각각 56회, 53회를 조사하여 총 150회를 실시하였다. 조사 시의 장비는 쌍안경(8×42 Swift), 망원경(20x-60x Carl Zeiss)을 사용하였다. 2007년도 월동기 부터 2008년도까지는 유조와 성조를 구별하여 기록하였고 성조와 유조의 연령별 특징은 박제 표본으로 제작된 개체(경성대 조류관 소장)의 부리와 날개에 대한 형태적인 정보를 이용하여 성조와 구별하였다.

부리가 적갈색이며 윗부리표면에 주름이 없고 날개깃의 끝부분에 갈색점이 나타나는 경우에는 유조(Juvenile)로 간주하였고, 부리의 노란점이 선명하고 주름이 뚜렷하며 날개깃 끝에 점이 없는 경우를 성조(Adult)로 구분하였다. 2009년 시즌에서는 번식시즌에 태어난 개체는 유조(Juvenile), 2~3년생의 경우는 아성조(Subadult), 최소한 4년 이상의 개체를 성조(Adult)로 구분하여(Overdijk *et al.* 2001) 기록하였고 연령대별 몸의 특징은 Hellquist(2011)의 기준에 의하였다.

Table 1. Summary of information on the Eurasian Spoonbills(Hellquist 2011)

	Plume	Breast band	Bill	Leg colour	Iris colour	Wing pattern
1st autumn	No	No	Flesh colour	(Pinkish) grey	Brownish red	Extensive black
2nd spring	Sometimes a white tuft	No	Extensive yellow tip, grey base	Grey	(Brownish) red	Extensive black
3rd spring	Usually short and white	No (rarely faint)	Generally more yellow than in 4th year	Dark grey	Intensively red	Usually little black
4th spring	Long yellow	Yes	Varies, but limited yellow tip	Black	Intensively red	No black (4th year may show some)

## 제3절 연구결과

### 1. 개체수의 변동

센서스 결과를 정리하여 연도별로 월별 평균과 연도별 최대 관찰 개체수를 Table 2에 나타내었다. 4년의 월동 기간 중 고흥만에 도래한 노랑부리저어새의 월별 연평균 도래 개체수는 10월 12.5, 11월 28.0, 12월 39.8, 1월 26.0, 2월 19.0, 3월 9.8, 4월 6.0 개체로 월별로 차이가 많았으며 12월이 가장 많은 것으로 나타났다. 그러나 인공습지 조성공사(한국농어촌공사, 2004)로 수위가 낮게 유지되고 일반인의 출입이 금지되어 많은 개체가 도래하였던 2006-07년과 2007-08년 이후에는 11월에 가장 많은 개체가 도래하는 것으로 나타나 11월~12월이 노랑부리저어새 월동기 센서스의 최적기임을 시사한다. 연도별 최대 개체수는 2006-07년 50개체,

2007-08년 73개체, 2008-09년 64개체, 2009-10년 35개체로 2007년 12월 31일 가장 많았으며 이후 감소 추세를 보였다. 연도별 최초 도착일은 2008. 10. 11일(8 개체), 2009. 10. 09일(6 개체)이며 최후 이동일은 2007. 03. 30(7 개체), 2008. 04. 12(2 개체), 2009. 04. 26(2 개체), 2010. 04. 29(1 개체)로 10월 초 도착하여 이듬해 4월 하순 출발하였다.

Table 2. Monthly mean numbers of Eurasian Spoonbills observed at artificial wetland in Goheung bay. N; the number of census.

Year	Month	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb	Mar.	Apr.	Mean	Max
										(Dec-Feb)
2006-07	M±SD(N)	-	-	47(1)	42±19.5(4)	25±6.5(4)	16(2)	0	38.0	50
	Range				33-50	24-31	7-24			
2007-08	M±SD(N)	-	-	67±23.7(5)	28±5.9(10)	15±23.3(7)	9±21.7(6)	4(2)	36.7	73
	Range			59-73	9-36	8-23	4-12	2-5		
2008-09	M±SD(N)	20±5.8(6)	30±13.0(8)	25±10.9(8)	16±9.6(13)	17±9.4(8)	4±11.7(6)	5±12.1(7)	19.3	64
	Range	8-43	18-41	11-23	4-29	4-64	2-7	(1-10)		
2009-10	M±SD(N)	5±7.4(5)	26±2.5(7)	20±12.5(8)	18±10.6(7)	19±9.9(10)	10±9.2(8)	9±9.2(8)	19.0	38
	Range	3-6	11-34	12-35	9-30	3-28	3-17	1-16		
	Mean	12.5	28.0	39.8	26.0	19.0	9.8	6.0	28.3	

## 2. 도래경향 분석

연도별 센서스 결과(150회)를 날짜별로 Fig. 3에 나타내었다. 날짜는 10월 1일을 첫째 날로 하여 이후 연속적으로 날짜를 환산하여 2010년 4월 30일을 212일로 하였다. 2006-07년과 2007-08년의 날짜별 도래경향은 서로 상이한 결과를 보였을 뿐만 아니라 서로 유사한 경향을 보인 2008-09년과 2009-10년의 경향과도 많은 차이를 보였다. 특히, 2006-07년과 2007-08년의 개체수는 2008-09년과 2009-10년보다 월등하게 많았다. 이는 2006년 12월부터 2008년 4월까지의 고흥담수호 수질개선사업(한국농어촌공사 2004)중 인공습지 조성 공사의 일환으로 수생식물 식재가 이루어졌으며, 관리수위를 해수면 기준 -2.7m 이하로 낮게 유지하여 먹이활동에 다소 유리하게 작용하였기 때문인 것으로 분석된다. 이 기간 중에는 공사로 인해 출입이 통제되어 10월과 11월의 조사가 이루어지지 않았다. 이에 따라 연구지역의 도래경

항의 분석은 공사가 완료되어 관리수위가 해수면 기준 -2.5m에서 -2.0m까지 안정적으로 유지된 2008년 10월부터 2010년 4월까지 2개년을 대상으로 날짜별 평균개체수를 산출하여 실시하였다.

분석결과 도래경향은 뚜렷하게 3단계로 구분되었다(Fig. 4). 즉, 개체수가 점차 증가하는 경향을 보이는 10월 초순부터 11월 말까지를 월동초기(도래기), 개체수가 비교적 안정된 경향을 보이는 12월 초순부터 2월 하순까지를 월동중기(안정적인 월동기), 그리고 개체수가 점차 감소하는 경향을 보이는 3월 초순부터 4월 말까지를 월동후기(이동기)로 구분되었다.

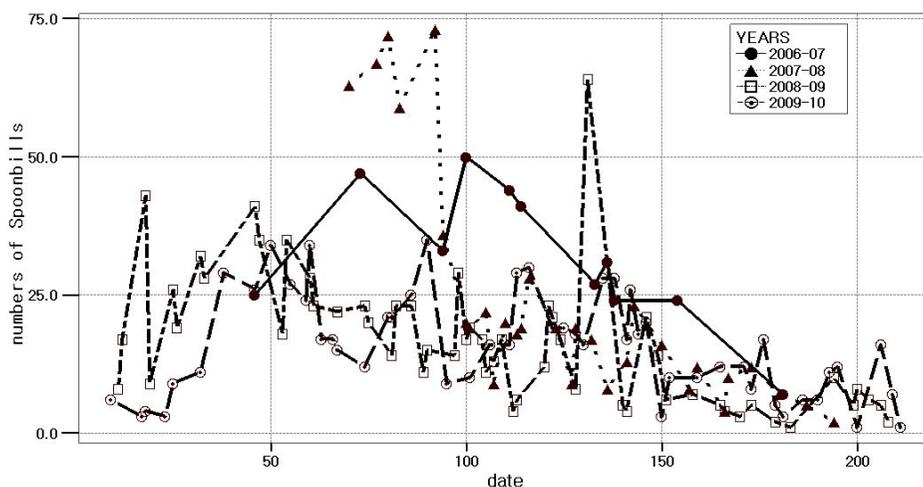


Fig. 3. Number of Eurasian Spoonbills with dates of observation at artificial wetland during the winters of 2006-07, 2007-08, 2008-09, 2009-10. Dates were converted to day number starting from 1 October.

### 3. 월동시기별 분석

월동초기인 10월 초부터 도래가 시작되어 11월 중순까지 개체수가 급격하게 증가하여 34~41개체로 절정을 이루었다가 이후 약간 감소하여 11월 하순까지 25개체 수준을 유지하였다. 월동중기인 12월 초에는 20개체 이하로 감소하여 2월 하순

까지 평균 19.2(19.0~19.3)개체로 안정적인 수준을 유지하였다. 이 시기의 평균 개체수는 2008-09년 19.3개체, 2009-10년 19.0 개체로 각각 도래 최성기인 11월 평균 개체수의 64.3%, 73.1%에 해당하는 것으로 나타났다(Table 2). 이러한 결과는 월동 초기 이 지역에 도래한 개체 중의 약 30% 정도가 주변지역으로 흩어지거나 보다 남쪽의 월동지로 이동하였음을 의미하며, 또한 이 지역이 일부 중간기착지로 이용되고 있음을 시사한다. 월동후기인 3월 초에는 10개체 이하로 시작하여 약간의 변동을 보이며 4월 하순까지 감소하는 경향을 나타내었다.

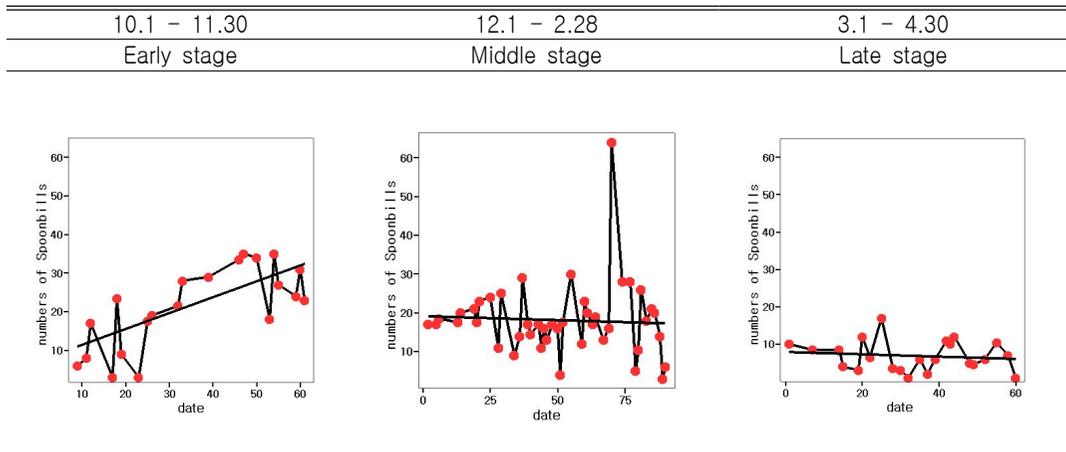


Fig. 4. Changes in the number of Eurasian Spoonbills at 3 different stages of wintering periods in 2008-10. A solid line is regression line.

#### 4. 연령 조성

조사기간 동안의 성조와 유조의 평균 개체수를 월별로 Fig. 5에 나타내었다. 연도별로 전체 개체수에 대한 유조의 비율은 2007년 시즌 36.4%, 2008년 시즌 30.7%, 2009년 시즌 34.3%로 30%대를 유지하는 것으로 나타났다. 연도별 유조비율의 증감은 향후 전체 개체군의 증감을 예측할 수 있는 단서가 되므로 월동집단에서 유조의 비율을 파악하는 일은 매우 중요하다고 할 수 있다.

월별 유조의 비율은 월동중기인 12월 이후 성조의 이동에 따라 지속적으로 증가

하는 경향을 보이고 있어 성조에 비해 상대적으로 유조의 잔류성향이 높은 것으로 나타났다. 특히, 이러한 경향은 3, 4월 월동후기의 이동시기에 더욱 뚜렷하였으며, 성조가 모두 번식지로 떠난 후에도 유조와 아성조는 늦게까지 남아 있는 것으로 조사되었다.

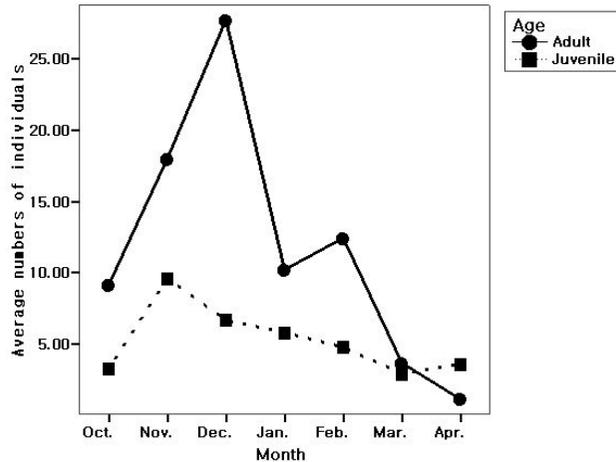


Fig. 5. The number of juveniles and adults observed in Goheung bay during the wintering periods in 2008-2010

## 제4절 논의

년도별 개체수 도래를 살펴보면 노랑부리저어새의 간섭요인으로부터 배제되었고 내부 공사로 인하여 섭식 수심이 적합했던 2006년 12월-2008년 4월까지 도래개체수가 많았다. 월동 초기 이 지역에 유입된 개체의 30%가 주변지역으로 흩어지며 월동후기 초반에 인근의 월동지에서 합류하는 중간 기착지의 역할을 하고 있기 때문에 월동초기와 후기에 개체수의 변동이 큰 폭으로 나타났다. 또한 철새의 도착과 출발 시기는 매년 도착일이 앞당겨지고 있는 경향을 보이고 있으며 철새의 도착 및 출발 시기는 일반적으로 기온과 밀접한 관계를 보이며, 지구온난화와 관련하여 최근 철새의 도착시기가 빨라지고 있는 경향은 유럽, 독일, 북미, 일본 등 세계 도

처에서 보고되고 있다(Rubolini *et al.* 2008; Hüppop and Hüppop 2008; Price and Root 2000; Takeshita and Kurechi 2000).

고흥만에서 10월 평균 기온이 낮은 해(Fig. 6)에는 도착 일자가 빨라졌다(2008년 ~2009년). 그러나 출발일이 매년 늦어지는 것은 이 지역의 먹이 여건이 월동 중기에 비하여 개선되고 있기 때문에 아성조와 유조의 잔류경향이 높다고 추측된다.

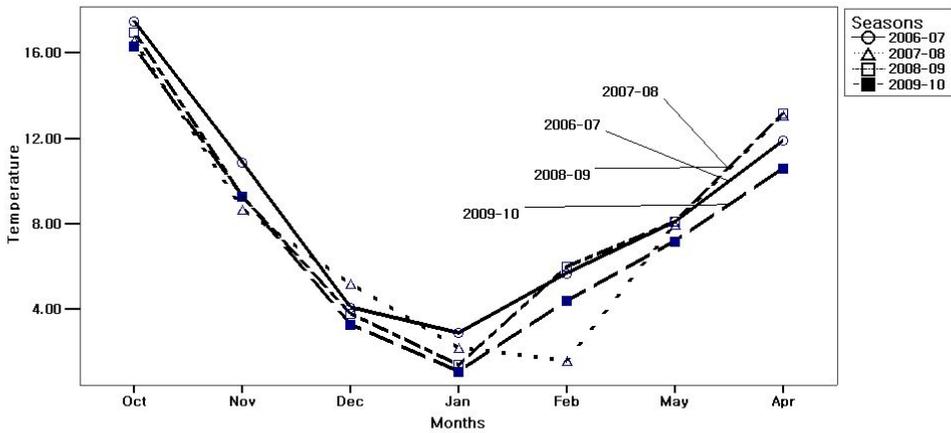


Fig. 6. The average temperature during the wintering periods in Goheung(2006-2010)

월별 유조의 개체수 변화를 살펴보면 12월 이후 지속적으로 증가하는 경향을 보였으며 유조의 잔류성향이 높은 이유는 3, 4월에 붕어들이 산란시기를 맞아 수심이 얕은 갈대밭으로 올라오는 것이 확인되었고, 성조에 비해 상대적으로 먹이활동이 서툰 유조와 아성조로 이루어진 잔존 개체군은 성조와의 경쟁 없이 손쉽게 붕어들을 포획하여 섭취함으로써 다량의 에너지를 비축할 수 있기 때문에 늦게까지 남아 있는 것이 생존에 유리할 것으로 생각된다.

2004년 이후 이곳에 노랑부리저어새의 월동개체수가 증가하는 이유로서는 첫째, 간척지 내에 농업용수의 정화와 수질개선, 그리고 담수호의 수위를 조절하기 위해 축조된 인공습지는 과거 갯벌지역으로 완만하고 낮은 수심과 부드러운 바닥의 갯벌로 인해 노랑부리저어새에게는 먹이 섭식지로서 매우 적합하다는 점과 둘째, 연평균 기온 13.5 °C, 1월 평균 기온 1.2 °C로서 여타의 도래지보다 겨울평균 기온이

높다는 점이며 셋째, 은신처와 바람을 막아주는 갈대와 부들 등의 정수식물과 다양한 침수식물로 인하여 잠재먹이 자원이 증가할 수 있는 좋은 여건을 가지고 있기 때문이라고 생각된다.

세계적으로 대부분의 저어새류 개체군은 먹이활동에 적합한 습지의 소실이 심각한 위협이 되고 있다(Rose and Scott 1997). 본 인공습지와 인접한 간척지 일대는 우주항공관련 산업단지로 개발이 예정되어있어 이에 따른 보존대책이 시급한 실정이다. 또한 2010년 간척공사완료를 시점으로 경작지가 증가함에 따라 농업용수의 확보를 위하여 인공습지의 관리 수위를 해수면 기준 -1.5m 이상으로 관리하였으며, 불어난 수위로 인해 도래 개체수가 급감함으로써 노랑부리저어새의 월동지로서의 역할을 못하고 있어서 이에 대한 서식지 보전대책이 요구된다.

## V. 일주행동의 분석

### 제1절 서론

겨울철의 여건은 조류의 개체수의 증감에 밀접하게 관련되어 있으며 환경요인(기온, 바람, 비, 서식지 식생 등), 사회적 지위(연령, 성별), 종 특유의 성향 등과 함께 다양한 월동행동들의 시간분배에 크게 영향을 미친다(Frederick and Klaas 1982; Paulus 1984; Miller 1985). Paulus(1988)의 연구에 의하면, 조류의 행동간 시간분배(Time-activity budget)는 개체들이 시간을 각각의 행동에 얼마씩 분배하는지를 정량화 하는 것이며, 이를 통해 새들이 선호하는 서식지를 찾아내고, 서식지 손실과 먹이 환경의 변화에 반응하는 행동을 모니터함으로써 서식지 관리에 유용한 정보를 제공한다. 따라서 이를 통해 센서스, 탐조, 수렵 등의 적합한 시기를 결정하는데 활용될 수 있다.

본 연구는 2004년 이후 노랑부리저어새의 월동지로서 주목받고 있는 고흥만 간척호에서 월동 개체군의 일주행동에 대한 행동비율과 시간비율을 월동시기별, 연령별로 비교하여 노랑부리저어새의 보호 관리를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

### 제2절 연구방법

노랑부리저어새의 일주행동 조사는 2006년부터 2010년 사이의 월동기간 동안 매월 3회 이상 실시하였으며 노랑부리저어새의 위치와 분포, 기상에 따라 행동의 식별이 가능한 일출 전 30분부터 일몰 후 30분까지 실시하였다. 조사는 방해를 최소화하기 위하여 200m 이상 떨어진 곳이나 차량 안에서 실시하였고 조사장비는 쌍안경(8×42 Swift), 망원경(20x-60x Carl Zeiss)을 사용하였다. 행동의 유형은 취식(Feeding), 휴식(Resting), 안락(Comfort), 경계(Alert), 이동(Locomotion), 비행(Flying) 등으로 구분하여 Table 3에 나타내었다(조삼래와 박성환 2000, Xue and Wang 1996, 최창용 2004).

Table 3. Category of Eurasian Spoonbill's activities

Category	Activities
Feeding	behavior associated with food search(sweeping or probing), capture and handling, swallow
Resting	inactive birds with head position low on chest, bill setting on breast or sleeping with bill tucked into scapular feathers and standing or sitting
Alert	bird vigilant, head held off shoulders but not performing any other activity, scanning their surroundings actively.
Comfort	behavior associated with body maintenance(preening, fluffing, preen waxes, stretching, yawning, bill-wiping , bill-dipping)
Locomotion	walking and running but not flying
Flying	the time spent by birds in flight,

조사방법은 Instantaneous scan sampling(Altmann 1974)을 이용하여 10분 간격으로 1시간 동안 조사지역 내에 있는 노랑부리저어새 무리를 좌에서 우로 훑으면서 관찰하고, 관찰순간 행동별 개체수를 기록하였으며, 주간에만 실시하였고 상황에 따라 사진(Nikon D300, 600mm) 및 동영상(Sony HDR-12)을 촬영하여 보완하였다. 그 결과 총 674시간 동안 4,044회의 관찰이 이루어졌고, 총 누적 관찰 표본수는 45,159개체로 1회에 평균 11.2개체의 행동이 기록되었다(Table 4). 조사된 자료는 종합하여 일일 시간대와 월동경과시기 별로 비교 분석하였고 월동 경과 시기는 월동 초기(10월부터 11월까지), 월동 중기(12월부터 2월까지), 월동 후기(3월부터 4월까지)로 구분하였다(송재겸 등 2011). 자료의 통계처리는 분산분석(ANOVA)과 T-test를 실시하여 유의성을 검정하였다.

또한 노랑부리저어새의 연령별 Time-budgets을 파악하기 위하여 2008년 10월부터 2010년 4월까지 연령별 특정개체를 매시간 10분 동안 추적하여 나타나는 모든 행동을 연속적으로 기록하는 Focal sampling(Altmann 1974)을 이용하였다. 이는 시간대와 연령별, 성별 행동의 빈도와 지속시간 등의 정보를 얻을 수 있어 직접적이고 유용하였고(McDowell 1973; Paul and Batson 1993; Damerose and Hopkins 2002), Instantaneous scan sampling에 비하여 사회적 행동을 추가하여 조사하였다.

사회적 행동의 범주로는 두 개체가 서로 깃을 다듬어 주는 행동(Allopreening), 또는 종내 혹은 종간의 위협이나 공격, 갈대 혹은 물속의 수생식물을 이용한 놀이 행동이 확인 될 경우를 포함하였다(Metcalf *et al.* 1986; 최창용 2004). 관찰결과

관찰일수 93일 총 1,158개체(Adult 449, Subadult 372, Juvenile 337), 총 관찰시간 11,571.7분 1일 평균 12.5개체의 행동을 기록하였다. 연령대별 몸의 특징은 도래현황 분석에 제시된 Hellquist(2011)의 기준에 의하였다. 성별 분석을 위하여 부리의 길이(180~235 mm)를 비교하여 그 길이가 긴 것 혹은 동일 수면에서 부척의 길이가 긴 것, 몸의 크기가 확실하게 큰 것은 수컷, 작은 것은 암컷으로 구분하였고(Aguilera 1990) 한 개체만 있거나 두 개체의 크기가 비슷한 경우에는 제외하였다. 결과 총 1,003개체(수컷 456개체, 암컷 547개체), 관찰시간 10,021.5분의 행동을 기록하였다.

Table 4. The number of observation and cumulative number of birds observed by time of day for winter periods in 2006-2010

n=674	Early-wintering		Mid-wintering		Late-wintering		Total	
	observation	birds	observation	birds	observation	birds	observation	birds
06:01-07:00	-	-	-	-	4	159	4	159
07:01-08:00	9	501	30	2856	13	514	52	3871
08:01-09:00	11	836	31	3061	13	510	55	4407
09:01-10:00	12	936	32	3231	13	534	57	4701
10:01-11:00	12	982	35	2960	13	527	60	4469
11:01-12:00	12	1021	37	2889	14	484	63	4394
12:01-13:00	11	931	44	2685	17	473	72	4089
13:01-14:00	14	822	46	3109	17	574	77	4505
14:01-15:00	15	950	42	3302	16	574	73	4826
15:01-16:00	11	753	38	2909	16	518	65	4180
16:01-17:00	11	917	31	2743	15	475	57	4135
17:01-18:00	5	199	7	580	19	462	31	1241
18:01-19:00	-	-	-	-	8	218	6	218
Total	123	8,848	373	30,325	178	6,022	674	45,159

### 제3절 연구결과

#### 1. 전체 일주행동 비율(Activity-budgets)

노랑부리저어새의 일주행동 조사는 4년의 월동기간 동안 총 674시간, 4,044회의

Scan sampling이 이루어졌고, 그 결과를 행동유형별로 종합하여 Table 5에, 그리고 하루의 시간대별로 종합하여 Fig. 7에 나타내었다. 행동유형별로 보면, 취식행동(43.8%)과 휴식행동(41.6%)이 전체의 85.4%로 대부분을 차지하였고 다음으로 안락행동이 12.0%를 차지하였으며, 기타 이동행동이 1.0%, 경계행동이 0.9%, 비행행동이 0.7%로 모두 1% 이하를 나타냈다. 시간대별로는 오후로 갈수록 취식행동과 안락행동이 증가하는 반면 휴식행동은 감소하는 경향을 보였다. 특히, 취식행동 비율은 11시 이전(평균 27.0%)에 비해 11시 이후(평균 53.8%)에 크게 증가하였으며, 휴식행동은 11시 이전(평균 61.1%)보다 11시 이후(평균 28.0%)에 크게 감소하였다.

Table 5. The cumulative number of birds observed and rate of diurnal behaviors during the wintering periods in 2006-2010

n=674	Feeding		Resting		Alert		Comfort		Locomotion		Flying		Total	
	birds	%	birds	%	birds	%	birds	%	birds	%	birds	%	birds	%
SUM	19,766	43.73	18,814	41.63	407	0.90	5,427	11.60	468	1.04	302	0.67	45,195	100

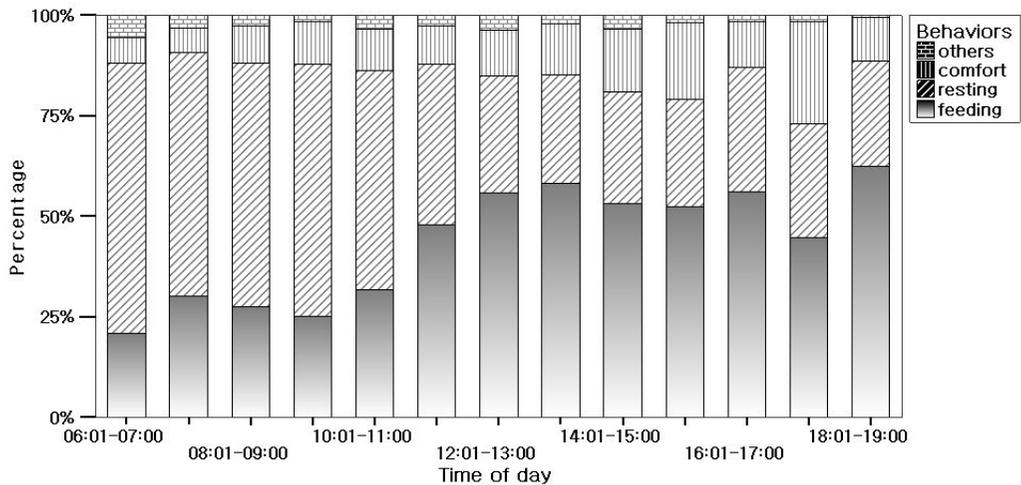


Fig. 7. Percentage of diurnal behaviors by time of day

## 2. 월동시기별 일주행동

월동시기별 일주행동의 평균 개체수와 그에 대한 행동비율을 Table 6에 나타내었다. 취식과 안락 행동 개체수의 비율은 월동초기에 가장 높고 월동중기에 감소하였다가 월동후기에 다시 증가하였다. 휴식, 경계, 이동 행동의 개체수의 비율은 월동중기에 가장 높게 나타났고 비행행동은 행동비율이 월동 초기에 높았다가 월동후기로 갈수록 감소하는 경향을 보였다. 취식( $F_{2, 671}=19.99, P<0.001$ ), 휴식( $F=28.18, P<0.001$ ), 경계( $F=6.54, P<0.01$ ), 안락( $F=6.35, P<0.01$ ), 이동( $F=3.65, P<0.05$ ), 비행( $F=3.95, P<0.05$ ) 등 모든 일주행동의 평균 개체수는 월동기간 동안 유의차를 보였다.

Table 6. Comparison of average number of birds and % by diurnal behaviors among wintering periods and result of one-way ANOVA test. <sup>a,b</sup> The value with different letter in the same low is different( $P<0.005$ ).

Behaviors	Wintering stage						F value	P value
	Early-winter(n=123)		Mid-winter(n=373)		Late-winter(n=178)			
	Average numbers	%	Average numbers	%	Average numbers	%		
Feeding	39.5 <sup>b</sup>	55.0	32.5 <sup>b</sup>	40.0	15.6 <sup>a</sup>	46.1	19.99	0.000
Resting	22.1 <sup>a</sup>	30.7	36.7 <sup>b</sup>	45.1	13.6 <sup>a</sup>	40.1	28.18	0.000
Alert	0.5 <sup>a,b</sup>	0.7	0.8 <sup>b</sup>	1.0	0.2 <sup>a</sup>	0.6	6.54	0.002
Comfort	8.9 <sup>b</sup>	12.3	9.7 <sup>b</sup>	11.9	4.1 <sup>a</sup>	12.2	6.35	0.002
Locomotion	0.4 <sup>a</sup>	0.6	1.0 <sup>a</sup>	1.2	0.3 <sup>a</sup>	0.8	3.65	0.027
Flight	0.6 <sup>b</sup>	0.8	0.6 <sup>a,b</sup>	0.7	0.1 <sup>a</sup>	0.3	3.95	0.020
SUM	71.9 <sup>b</sup>	100	81.3 <sup>b</sup>	100	33.8 <sup>a</sup>	100	51.55	0.000

## 3. 시간대별 일주행동

### 가. 월동초기

월동초기의 시간대별 일주행동의 비율을 Fig. 8에 제시하였다. 취식행동은 대부분의 시간대에서 50% 이상을 차지하였으며, 특히 08:01-09:00, 11:01-12:00, 17:01-18:00에는 60%를 상회하였다(Fig. 8). 휴식행동은 대부분의 시간대에서 30%

수준을 유지하면서 취식행동이 감소하는 09:01-11:00에 가장 높은 경향을 보였다. 안락행동은 일출과 정오 그리고 일몰 전후에 가장 높았다. 비행과 이동 행동은 일출 전후에 가장 높았다.

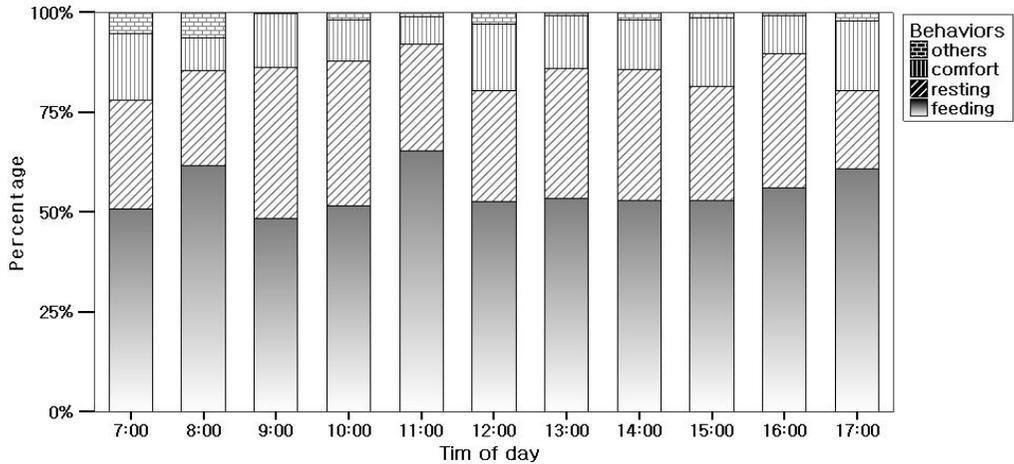


Fig. 8. Percentage of diurnal behaviors by time of day in early-wintering period

## 나. 월동중기

월동중기의 시간대별 일주행동은 취식과 휴식 행동에서 유의차를 보였다(Fig. 9). 취식행동의 경우 오전 11시까지 25% 이하의 낮은 비율을 나타냈으며 12시 이후 50% 이상 높게 유지되다가 오후 5시 이후 크게 감소하는 경향을 보였다. 휴식 행동의 경우에는 취식과는 반대로 오전 11시까지 60~75%의 높은 비율을 보였으며 12시 이후 30% 이하로 감소하다 일몰전후에 약간 증가하였다. 안락행동의 경우 오전 7시 4.5%에서 시간이 지날수록 점차 증가하는 경향을 보였으며 오후 5시에는 36%까지 증가하였다. 경계는 한낮에 높았으며 전 주간시간대 걸쳐 이동이 많아졌다.

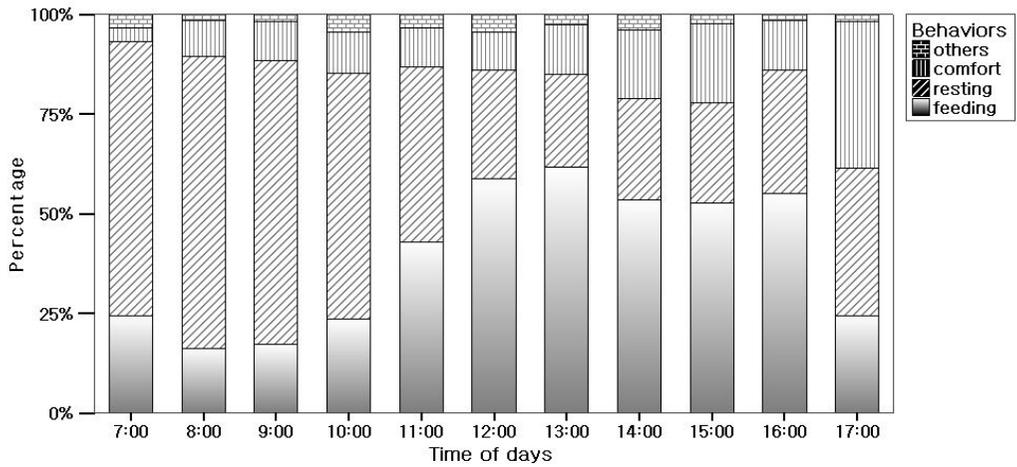


Fig. 9. Percentage of diurnal behaviors by time of day in middle-wintering period

#### 다. 월동후기

월동후기의 취식행동은 아침 7~8시(일출전후)에 20%정도의 가장 낮은 비율을 나타냈고 이후 40%이상 급격하게 증가되었으며, 4시 이후에는 66%이상 높은 비율을 유지하였다(Fig. 10). 휴식행동은 일출전후 70%로 가장 높았다가 이후 50%로 감소하였으며 4시 이후에는 27% 수준으로 낮게 유지되었다. 안락행동은 일출전후 7%로 가장 낮았고 오후 3~4시에 가장 높았다. 일출 전후에 경계 행동이 많았으며 오후보다는 오전 시간대에 이동 행동이 많았다.

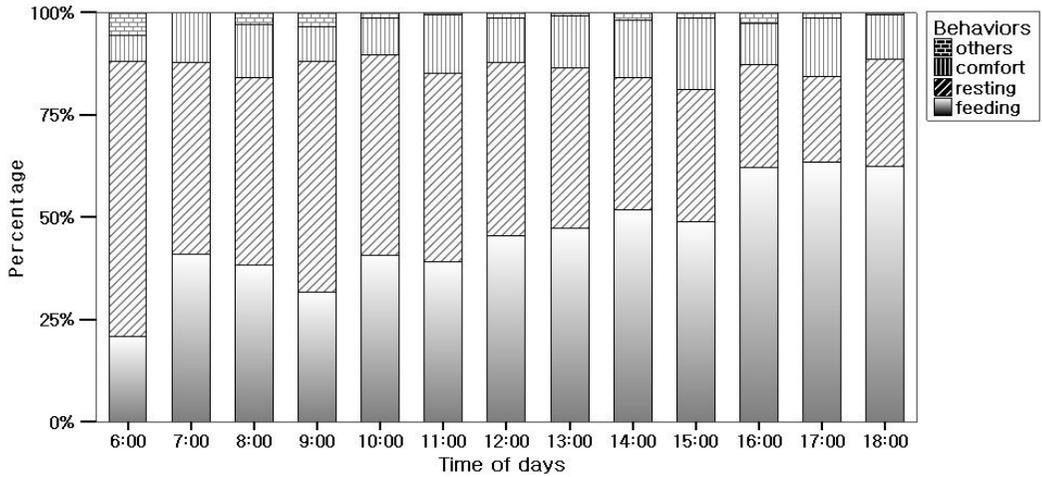


Fig. 10. Percentage of diurnal behaviors by time of day in later-wintering period

#### 4. 연령별, 성별 일주행동 시간비율(Time-budgets)

연령별 Focal sampling에 의한 월동기간동안 일주행동의 시간비율을 Fig. 11에 제시하였다. 시간대별 행동은 취식 53.5%, 휴식 24.6%, 안락 14.4%, 경계 3.7%, 이동 1.6%, 사회적 행동 1.4%, 비행 0.8%였으며 Scanning sampling의 순위와 차이가 없었다. 오후로 갈수록 취식행동과 안락행동은 높아지고 휴식행동이 낮아지는 양상은 Scan sampling과 유사하였으나 일몰 후 깃털을 정리하는 안락행동이 크게 증가하였고 휴식처로 돌아오는 비행과 이동 행동이 증가하였다.

연령이 확인된 1,158개체의 일주행동 분석 결과(Fig. 12) 취식행동은 아성조 55.0%, 유조 53.1%, 성조 52.6%로 아성조가 가장 높았으며( $F_{2, 1155}=0.26, P>0.05$ ), 휴식행동은 유조가 28.1%, 아성조 25.6%, 성조 21.1%( $F=3.80, P<0.05$ ) 순이었고 안락의 비율은 아성조 20.1%, 성조 17.1%, 유조 12.8%로 유조가 가장 낮았다( $F=4.76, P<0.01$ ). 또한 경계 행동은 성조가 4.7%로 가장 높았고 아성조 3.3%, 그리고 유조는 2.7%였다( $F=7.38, P<0.001$ ). 연령별 분석 결과 휴식, 안락, 경계행동에서만 유의차

가 있었다.

성별이 확인된 1,003 개체의 분석결과(Fig. 13) 취식행동에서는 수컷이 49.8%, 암컷은 55.0%였으며( $F_{1, 1,002}=3.24, P>0.05$ ) 휴식행동에서는 수컷 25.8%과 암컷 24.8%였고( $F=0.15, P>0.05$ ), 안락행동은 수컷 15.5%, 암컷 13.4%( $F=2.01, P>0.05$ ), 경계행동은 수컷 4.6%, 암컷 3.8%였다( $F=8.03, P<0.01$ ). 이동행동 수컷 1.8%, 암컷 1.6%( $F=0.50, P>0.05$ ), 사회적 행동에서 수컷 1.8%, 암컷 1.2%( $F=0.80, P>0.05$ )였으며 경계행동에서만 유의차가 있었다.

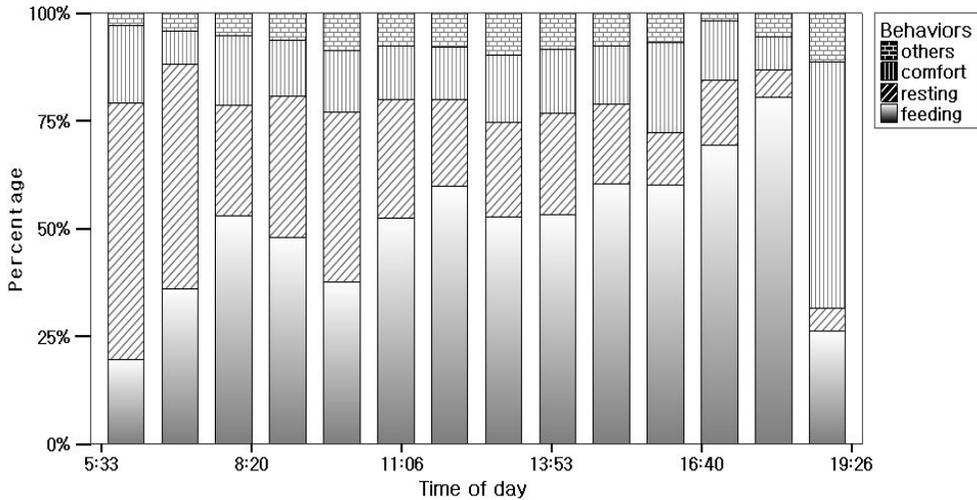


Fig. 11. Percentage of diurnal behaviors by time of day focal sampling in all-wintering periods

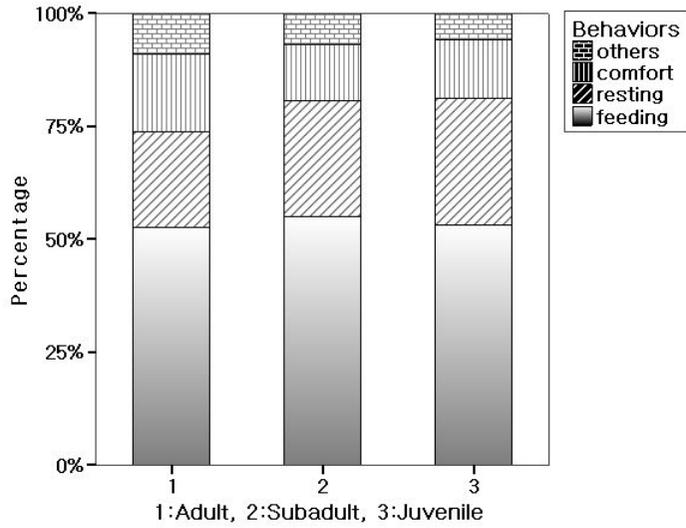


Fig. 12. Percentage of diurnal behaviors by age-focal sampling in all wintering periods

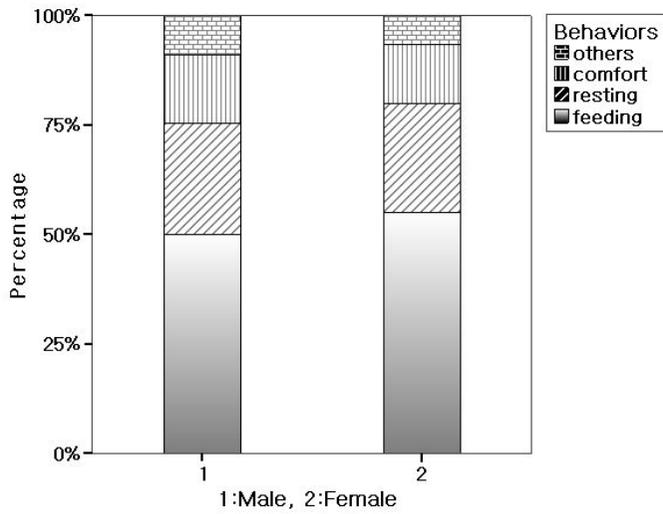


Fig. 13. Percentage of diurnal behaviors by sex-focal sampling in all wintering periods

## 제4절 논의

고흥만에서 월동하는 노랑부리저어새는 낮 시간 동안 대부분 취식(43.73%) 또는 휴식(41.63%)을 취하였고, 안락행동은 11.60%, 그 외 이동, 경계, 비행행동은 모두 1% 이하를 나타냈다. 이와 관련하여 조와 박(2000)은 1997년 서산간척지에서 취식 14.61%, 휴식 59.45%, 안락 4.5%로 보고하였고, 조(2005)는 2004년 주남저수지에서 취식 36.88%, 휴식 41.59%, 안락 16.19%로 보고하였다. 두 지역에서는 본 연구결과와는 달리 휴식행동이 월동기간 동안 가장 높은 비율을 차지하였다. 이와 같이 조사지역에 따른 일주행동의 차이는 조사 기간과 시기, 먹이 조건, 섭식 모드, 간섭과 방해의 수준, 서식지의 물리적인 특징과 관련이 있을 수 있다(William and David 1990). 일반적으로 수조류가 월동 시 취식활동에 보내는 시간은 기온이 낮을수록 적어지며 강한 바람과 비는 취식행동을 감소시킨다(Paulus 1988).

본 연구지역은 온화한 겨울 기온과 과거 갯벌지역으로 평탄하고 낮은 수심과 부드러운 바닥의 기질, 잠재먹이원의 서식처가 되는 광범위한 침수식물과 정수식물의 분포 등 물리적, 환경적 요인이 다른 지역에 비해 취식활동에 유리한 조건을 갖추고 있다. 시간대별로 보면 취식행동은 오후로 갈수록 증가하는 반면 휴식 행동은 오후로 갈수록 감소되었다. 이와 같이 취식행동과 휴식행동의 상반되는 상호관계는 다른 여러 수조류에서 보여 지고 있다(Palus 1988). 또한 안락 행동은 오후로 갈수록 서서히 증가하는 경향을 보였으며 이는 취식행동의 증가에 따라 깃털의 유지관리에 필요한 시간이 그만큼 더 요구되는 것으로 생각된다.

월동시기에 따른 일주행동의 차이는 월동 중기에서 취식, 휴식, 안락 행동에서만 시간대에 따라 유의한 차이를 보였다. 활동성이 높은 취식행동과 안락행동은 도래 직후 월동초기와 번식지로의 이동 직전 월동후기에 가장 높았으며 평균기온이 가장 낮은 월동 중기에는 휴식행동이 가장 높았고 활동적인 취식행동과 안락행동의 감소만큼 휴식행동이 증가 하였다. 이는 월동 중기의 낮은 기온에서의 열손실과 불필요한 에너지 소모를 최소화하기 위해 활동적 행동을 줄인다는 저어새에 대한 연구(최창용 2004)와 유사한 결과이다.

또한 연령별 성별 일주행동을 분석한 결과 휴식행동은 유조, 아성조, 성조의 순으로 유의차가 있었으며 성조의 경우 취식행동이 낮은 반면 경계의 비율이 가장 높았고 유조는 휴식의 비율이 가장 높은 반면 안락의 비율은 가장 낮았다. 일출 30

분 전부터 일몰 30분 후의 취식행동의 비교에서 성조의 경우 일출 전 다른 연령대에 비하여 취식활동이 활발하며(Fig. 14) 또한 일몰시에도 지속적으로 취식비율이 증가하였으며 일출시와 일몰시 휴식 비율이 다른 연령대에 비하여 매우 낮은 것(Fig. 15)으로 보아 야간섭식이 이루어지는 것으로 추측된다.

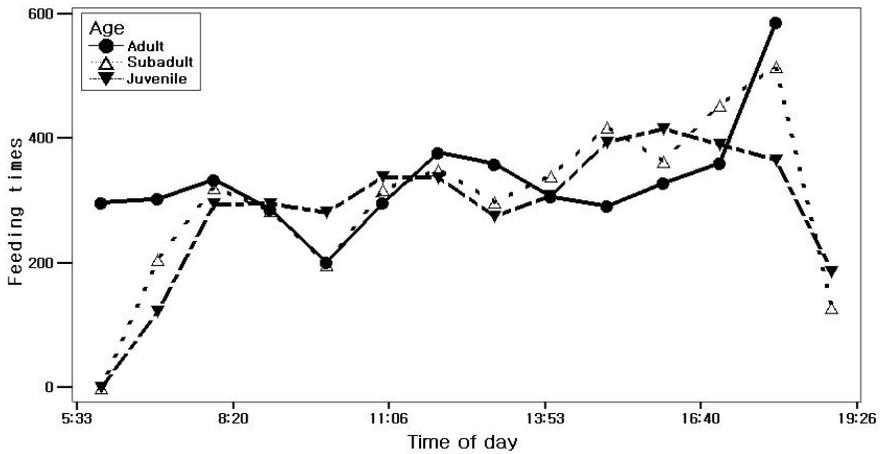


Fig. 14. A comparison of feeding behaviors by age according to daily time zone

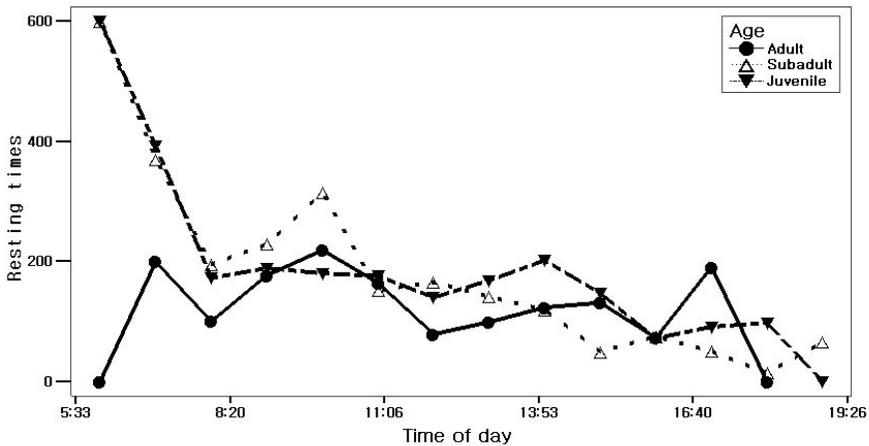


Fig. 15. A comparison of resting behaviors by age according to daily time zone

이러한 결과는 노랑부리저어새가 부분적인 야행성 조류일 가능성이 있음을 시사한다. Aguilera(1990)는 스페인 남부에서 노랑부리저어새가 주간뿐만 아니라 야간에도 취식활동을 한다고 보고하였다. 한편, 많은 주행성 종들이 저녁에도 취식하였다는 기록들도 있다. 이는 한랭한 겨울의 온도조건과 짧은 일조시간 하에서의 높은 에너지 요구량 때문이며(Engelmoer *et al.* 1984; McNeil and Rompre 1995) 지금까지 알려진 야간섭식을 하는 대형 수조류에는 Night Heron *Nycticorax* spp. (Watmough 1978), Great Blue Heron *Ardea herodias* (Willard 1975; Bayer 1978; Pratt 1980; Black and Collopy 1982; Powell 1987), Black-necked Stork *Ephippiorhynchus asiaticus* (Whitting and Guinea 1999), Wood Stork *Mycteria Americana* (del Hoyo *et al.* 1992) 등이 있다.

노랑부리저어새의 성별 일주행동 분석 결과 경계행동에서 수컷의 경계시간이 암컷보다 더 많은 시간을 분배한다는 유의차가 있었고 그 외의 일주행동에서는 유의차가 없었다. 향후, 노랑부리저어새의 보호를 위해 이들의 야간행동에 관한 추가적인 연구가 요구되며, 이를 통해 주야간 각 행동양식에 배분된 시간의 양과 비율을 파악하여 이들이 월동기간 동안 다양한 환경적인 변화들을 어떻게 극복하는지 그리고 변화하는 에너지요구량에 어떻게 대처하는지에 대하여 이해할 필요가 있다.

## VI. 섭식행동의 분석

### 제1절 서론

섭식행동은 동물 종들의 가장 중요한 행동적 특징들의 하나이다. 섭식행위는 새들의 생명에 근본적인 영향을 주며 그들의 생존과 번식을 위한 필수적인 존재이다(Perrins and Birkhead 1983). 그들의 먹이 선택과 섭식기술들은 특히 부리의 모양과 크기, 특징적인 먹이 포획, 다리와 목의 길이 즉, 새들이 작동 가능한 신체의 범위와 물의 깊이 등과 관련되었다(Kushlan and Hancock 2005). 포식자와 먹이 그리고 서식지와의 상호관계는 행동생태학에서 지속되는 흥미 있는 분야로서 지금까지 많은 황새목(ciconiforms)의 섭식행동이 상당히 알려져 있고 주로 herons(Kushlan 1976)과 storks(Kahl 1966)에 대한 문헌들이 있다.

노랑부리저어새에 관한 섭식생태는 서유럽 개체군을 제외하고 잘 알려져 있지 않다. 그들의 섭식지는 담수로 된 광범위한 얕은 물 지역으로 기수성 혹은 바닷물 지역을 포함하나 암갈바다, 두텁고 우거진 식물상, 빠른 흐름은 회피한다(Hancock *et al.* 1992). 먹이로는 작은 물고기, 양서류, 파충류, 갑각류, 연체류, 벌레, 거머리 그리고 식물성 재료 등으로 이루어진다(Cramp and Simons 1977). Spoonbills의 부리는 가운데보다 아래쪽이 더 넓고 끝이 구부러져 있으며 등과 배 쪽으로는 극단적으로 편평하기 때문에 대부분의 새들의 부리와는 특징적인 차이가 있다. 따라서 물의 여기저기를 측면에서 측면으로 그들의 부리를 젓는 동안 섭식하는 촉각섭식자로 알려져 왔다(Kushlan 1978; Hancock *et al.* 1992). 또한 부리를 통하여 먹이를 섭취하는 것은 포획 그리고 던지는 동작(catch-and-throw actions)을 통해서 수행되어 진다(Swennen and Yu 2005). 이 장에서는 섭식행동에 영향을 줄 수 있는 미소섭식지(micro-habitat)의 선택, 섭식기술, 먹이자원과 처리, 섭식효율, 무리크기의 효과 등을 통해 월동시기에 따른 노랑부리저어새의 섭식전략을 분석하고자 한다.

## 제2절 연구방법

### 1. 미소섭식지의 선택

노랑부리저어새의 섭식지 조사는 2008년 10월부터 2010년 4월 사이의 월동기간 동안 매월 4회 이상 노랑부리저어새의 위치와 분포, 기상에 따라 행동의 식별이 가능한 일출 전 30분부터 일몰 후 30분까지 실시하였다. 조사는 방해를 최소화하기 위하여 200m 이상 떨어진 곳이나 차량 안에서 하였고 조사장비는 쌍안경(8×42 Swift), 망원경(20x-60x Carl Zeiss)을 사용하였다. 미소섭식지(micro-habitat)의 형태는 3가지로 구별하였다(Grigorios *et al.* 2005)

가. 개활수면(Open waters): Spoonbill이 장애물이 없는 수면이나 혹은 침수수중 식물의 속으로 걸거나 서있을 수 있는 지역

나. 초목 혹은 갈대숲의 가장자리(Edges of dense vegetation): 새들이 초목이나 갈대줄기를 이용하거나 의지하는 지역으로 도섭하기 어려운 지역의 가장자리

다. 수로 기슭이나 제방(Canals or bank): 낮은 밀도의 초목이 있는 제방이나 수로로 구분하였고

섭식깊이는 부리가 잠기는 깊이를 기준으로 1) Tip of the bill, 2) Half length of the bill, 3) Whole bill, 4) Bill and head로 구분하여(Boileau 2003) 기록하였고 월동시기에 따라 달라지는 먹이행동권은 500×500m의 격자에 표시하여 변화하는 양상을 분석하였다.

조사방법은 Sampling all occurrences of selected behavior(Altmann 1974)을 이용하여 섭식행동을 나타내는 노랑부리저어새의 섭식지를 기록하였으며, 주간에만 실시하였고 상황에 따라 사진(Nikon D300, 600mm) 및 동영상(Sony HDR-12)을 촬영하여 보완하였다. 그 결과 총 70.5시간 동안 연령이 확인된 총 2,848개체의 섭식 행동 관찰이 이루어졌다. 조사된 자료는 종합하여 일일 시간대와 월동시기별로 그리고 연령 조성별로 비교 분석하였고 연구지역으로부터 4.05km 떨어진 고흥기상 관측소의 기상요소와 비교하여 분석하였다. 월동 경과 시기는 월동 초기(10월부터 11월까지), 월동 중기(12월부터 2월까지), 월동 후기(3월부터 4월까지)로 구분하였다(송재겸 등 2011). 자료의 통계처리는 교차분석을 실시하여 유의성을 검정하였다.

## 2. 섭식 기술

### 가. 섭식기술의 형태

- (1) Sweeping: 걷는 동안 부리를 약간 열어 옆에서 옆으로 저으면서 섭식하는 방법(Kushlan 1977)
- (2) Probing: 침전물의 밑이나 식물 뿌리 아래로 부리를 약간 열고 삼입을 하여 섭식하는 방법(Kushlan 1977)
- (3) Multiple(Sweeping + Probing): Sweeping과 Probing의 혼합 방법(Kushlan 1977)

### 나. 먹이를 추적하는 기술

- (1) Running chase: 특정한 먹이의 뒤를 빠르게 움직이거나 혹은 이곳에서 저 곳으로 먹이를 혼란시키기 위하여 달릴 때 갑작스런 정지 혹은 방향전환이 이어진다(Jenni 1969).
- (2) Flapping wings chase: 급히 추적하는 동안 몸의 균형을 잡기 위해 날개를 퍼덕거리면서 추적하는 경우(David 1977).
- (3) Hopping chase: 공중으로 점프하거나 가능한 먹이가 있는 쪽으로 짧은 거리를 비행하며 착륙과 동시에 Sweeping 하거나 먹이를 포획하는 방법(Meyerriecks 1960).

섭식기술의 조사는 섭식지 조사와 동시에 섭식행동을 나타내는 노랑부리저어새의 빈도를 측정하여 기록하였으며 추적기술의 조사는 일주행동조사 시의 연령별 성별 Focal sampling을 통해 10분간 개체별로 추적하여 먹이 추적의 방법과 지속되는 시간을 기록 하였다. 오전 6시부터 오후 7시까지의 주간에만 실시하였고 상황에 따라 사진(Nikon D300, 600mm) 및 동영상(Sony HDR-12)을 촬영하여 보완하였다. 그 결과 총 126.8시간 동안 761개체의 섭식 행동 관찰이 이루어졌고 조사된 자료는 종합하여 일일 시간대와 월동경과 시기별, 그리고 연령 조성별로 분석하였고 고흥기상관측소의 기상요소와 비교하였다.

자료의 통계처리는 교차분석을 통해 섭식기술의 유의성 검정을, 분산분석을 통해

Time-budget의 평균에 대한 유의성을 검정하였고 결과가 통계적으로 유의한 경우 그룹 간 Tukey 사후검증(Tukey's post hoc test)을 실시하였다.

### 3. 먹이자원과 먹이처리

먹이를 섭식하는 노랑부리저어새의 직접관찰을 통해서 먹이를 분석하는 경우 관찰자와의 거리가 100m 이상일 경우, 먹이의 종류와 크기를 정확히 구분하기 어려웠다. 따라서 비디오로 녹화된 화면과 사진을 통해서 먹이자원의 크기와 빈도, 행동 등을 분석하였다. 먹이 분석용으로 촬영된 영상은 2008년 10월부터 2009년 4월까지의 망원렌즈에 의한 사진(Nikon D300, 600mm)과 2009년 10월부터 2010년 4월까지의 초당 40매 연사, 초당 1000프레임의 동영상을 기록하는 고속촬영카메라(Casio EX-FH20)로 녹화하여 분석하였다. 사진촬영을 통해 198회의 먹이 식별이 가능하였고 동영상은 130분으로 36회, 조사기간 동안 총 234회의 먹이를 식별할 수 있었다. 또한 부리 길이 2/5 이상의 먹이를 포획한 후 삼키는데 까지 걸린 시간(Handling time)을 측정하였고, 노랑부리저어새가 포획한 먹이는 부리의 길이 180~238 mm(小林 1979)와 비교하여 추정하는 방법을 사용하였으며 먹이 자원의 크기는 각각 부리길이의 1/5 이하, 부리길이의 2/5, 부리길이의 1/2, 부리길이의 3/5, 부리길이의 4/5이상으로 구분하여 기록하였다. 월동시기 경과별, 연령별로 비교하였고 통계처리는 빈도 검정은 교차분석을 하였으며 기대빈도가 5개 미만의 셀이 20% 이상이면 Fisher's exact test를 실시하였다. 먹이처리시간의 유의성 검정은 분산분석을 사용하였고 결과가 통계적으로 유의한 경우 그룹 간 Tukey 사후검증(Tukey's post hoc test)을 실시하였다.

### 4. 섭식효율

섭식효율은 분당 포획수(Captured numbers of prey/min, CN), 분당 발걸음수(Ste

p numbers/min, SN)를 측정하여 섭식효율(feeding efficiency= CN/SN)을 계산하였다(Erwin and Hafner 1985). 오전 6시부터 오후 7시까지의 주간에만 실시하였고 상황에 따라 사진(Nikon D300, 600mm) 및 동영상(Sony HDR-12)을 촬영하여 보완하였다. 그 결과 총 70.5시간 동안 연령이 확인된 2,848개체의 섭식 행동의 관찰이 이루어졌으며 이것을 종합하여 일일 시간대와 월동시기별, 연령 조성별로 분석하였고 기상요인과의 관계는 고흥기상관측소의 기상요소와 비교하여 분석하였다. 자료의 통계처리는 분산분석을 실시하여 유의성을 검정하였고 결과가 통계적으로 유의한 경우 그룹 간 Tukey 사후검증(Tukey's post hoc test)을 실시하였다. 섭식 효율과 기상요인과의 관계는 해당 자료를 상관검증(Pearson's correlation analysis)으로 분석하였다.

## 5. 섭식 무리 크기의 효과

20 Body-length(직경 12~14m) 이내에 같은 행동을 하고 있는 동종을 무리라고 정의하였고 무리크기 효과를 검증하기 위하여 혼자 있는 개체도 무리로 간주하였다(Phil *et al.* 2003). 측정은 무리 속에서 섭식하고 있는 개체의 분당 먹이포획수(Captured numbers of prey/min), 분당 발걸음수, 섭식효율 등을 수집하였다. 무리크기는 각각 단독개체, 2개체, 3개체, 4~6개체, 7~9개체, 10~12개체, 13~15개체, 16~20개체, 21개체 이상으로 구분하여 오전 6시부터 오후 7시까지의 주간에만 실시하였고 상황에 따라 사진(Nikon D300, 600mm) 및 동영상(Sony HDR-12)을 촬영하여 보완하였다. 조사된 자료는 종합하여 일일 시간대와 월동경과시기 별, 그리고 연령 조성별로 고흥기상관측소의 기상요소와 비교하여 분석하였다. 자료의 통계처리는 무리크기의 효과 분석을 위하여 분산분석을 실시하여 유의성을 검정하였고 결과가 통계적으로 유의한 경우 그룹 간 Tukey 사후검증(Tukey's post hoc test)을 실시하였다.

### 제3절 연구결과

#### 1. 미소섭식지의 선택

노랑부리저어새의 연령별 섭식지의 선택을 Fig. 15에 제시하였다. 유조와 아성조의 경우에 월동기간 동안 70%이상 개활수면을 활용하고 25% 정도를 갈대밭 가장 자리를 이용하여 서로 비슷한 비율을 보였다. 반면에 성조의 경우는 개활수면의 이용이 다른 연령대보다 줄어들었고 갈대밭 가장자리와 수로 제방 등에서 더욱 다양하게 섭식하였다. 따라서 이는 연령조성에 따라 섭식지의 선택이 유의한 연관이 있음을 나타냈다( $n=2,848$ ,  $\chi^2= 50.12$ ,  $P<0.001$ ).

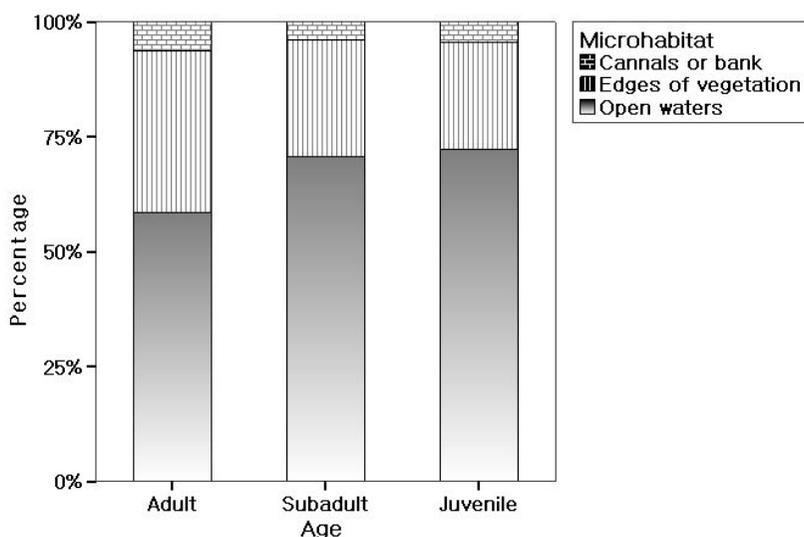


Fig. 16. A comparison of micro-habitats for foraging by age

월동시기 동안의 2,848개체의 섭식지 선택은 Fig. 17에 제시하였다. 63.4%는 주로 개활수면에서 먹이활동을 하였으며 31.1%는 갈대밭의 가장자리, 그리고 5.5%는 수로나 제방부근의 수면에서 섭식하였다. 월동초기의 섭식지로는 개활수면 76.5%, 갈대밭 가장자리에서 21.3%, 수로나 제방이 2.2%로 가장 낮게 활용되었다. 월동 중기

에는 개활수면의 이용은 38.5%로 급격하게 감소하였고 갈대밭 가장자리는 50.7%로 급격하게 증가하였으며 제방이나 수로 등에서의 섭식지 이용이 10.8%로 많아졌다. 월동 후기 들어 기온이 상승하면서 개활수면의 이용이 84.8%로 크게 증가하였고 갈대밭 가장자리와 제방, 수로 등의 이용은 감소하였다. 따라서 월동시기에 따라 노랑부리저어새의 섭식지 선택은 유의한 관련이 있었다( $n=2,848$ ,  $\chi^2= 525.36$ ,  $P<0.001$ ).

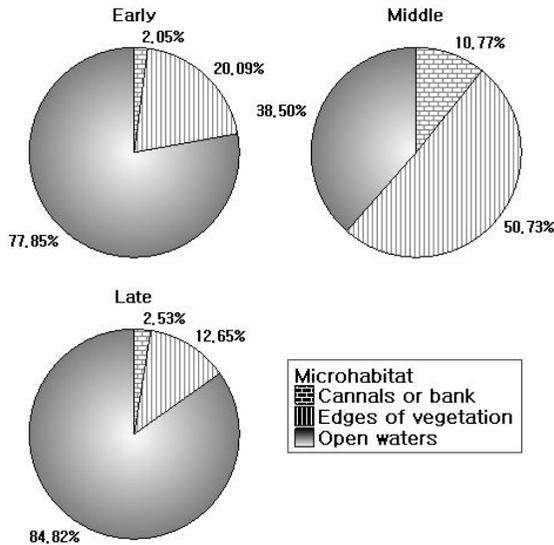


Fig. 17. The selection of micro-habitats for foraging among wintering periods

연령별이 확인된 2,848개체의 섭식 깊이는 Fig. 18에, 월동기간 동안의 섭식깊이는 Fig. 19에 제시하였다. 유조와 아성조의 경우 가장 낮은 부리깊이와 전체부리의 깊이 또는 부리와 머리를 완전히 물속에 집어넣어 섭식하는 비율이 성조보다 높은 반면 성조는 부리 절반의 깊이와 부리 깊이에서 섭식하는 비율이 다른 연령들에 비해서 높았으며 연령에 따라 섭식 깊이는 연관성이 있다고 분석되었다( $n=2,848$ ,  $\chi^2= 38.00$ ,  $P<0.001$ ).

월동기간 동안 전체 노랑부리저어새의 섭식 깊이는 부리의 절반 깊이에서 섭식이 70%, 부리 깊이에서 23% 섭식하였으며 그보다 높거나 낮은 깊이에서의 섭식은 비교적 낮은 비율로 이루어 졌다. 월동 초기와 중기에는 섭식 깊이에 큰 변화 없이

부리의 절반 깊이와 부리깊이에서 96%의 섭식이 이루어졌으나 월동후기에 들어서 머리와 부리를 모두 집어넣는 깊이에서의 섭식이 21%로 10배 이상 증가하였다. 따라서 월동시기에 따른 섭식깊이의 변화는 유의한 연관이 있었다( $n=2,848$ ,  $\chi^2=330.56$ ,  $P<0.001$ ).

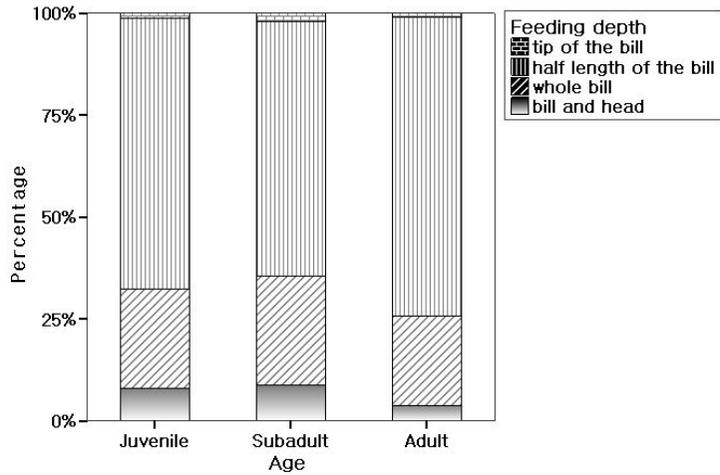


Fig. 18. The selection of feeding depth by age

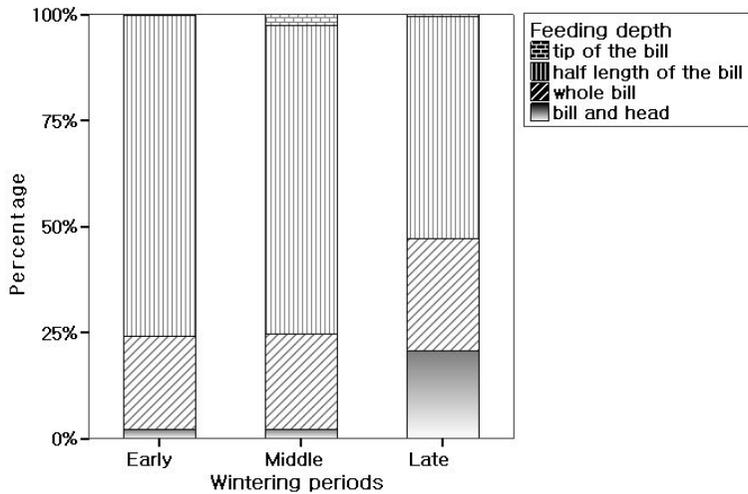


Fig. 19. The selection of feeding depth among wintering periods

## 2. 섭식기술

### 가. 연령별 섭식기술의 차이(먹이탐색과 추적)

연령이 확인된 노랑부리저어새 2,848 개체의 먹이 탐색은 Fig. 20에 제시하였다. 86% 이상이 Sweeping 방식이었으며 부분적으로 탐침방식 7.8%과 혼합방식 5.9%에 의해서 먹이를 탐색하였다. 연령별 섭식 기술의 차이를 비교한 결과 탐침방식은 성조에서 8.7%로 다른 연령대보다 높았으며, Sweeping 방식은 유조에서, 혼합방식은 아성조가 높았다. 연령별과 섭식기술은 서로 연관관계가 있는 것으로 나타났다( $n=2,848$ ,  $\chi^2=11.86$ ,  $P<0.001$ ). 이와는 별도로 수집된 Focal sampling에 의한 연령별 먹이추적기술의 비교(Table 7)에서 총 759회의 사례 중 먹이를 달리면서 추적하는 방식(Run chasing)이 성조가 가장 높았으며 유의차가 있었고( $F_{2, 755}=5.96$ ,  $P<0.05$ ) 사후분석의 결과 성조와 아성조는 유의차가 없었으나 유조와는 유의차가 있었다(Turkey test,  $P<0.05$ ). 그 외의 Wing-flap chasing, Leaf-frog chasing에는 연령별 유의차가 없었다.

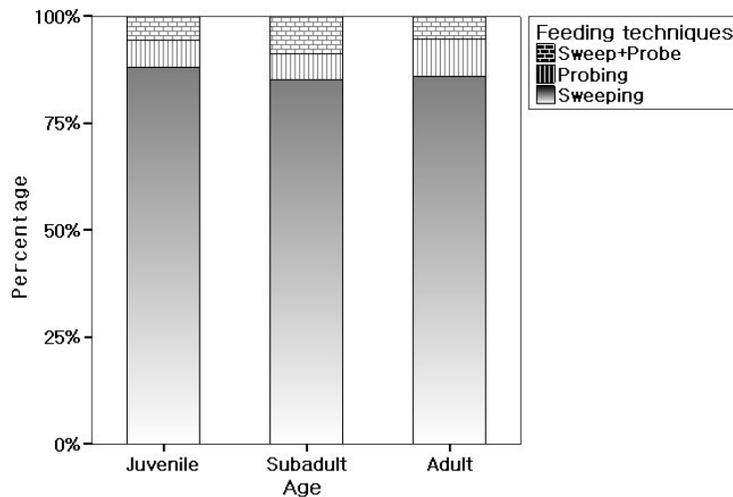


Fig. 20. A comparison of feeding techniques by age

Table 7. A result of ANOVA test for feeding techniques(searching and chasing prey) by age. <sup>a, b</sup> is result of Turkey test

Chasing	Age	N	Mean	SD	F	P
Run-chasing (loping chases)	Adult	298	3.37 <sup>b</sup>	11.93	5.988	0.003
	Sub-adult	248	2.61 <sup>b</sup>	8.74		
	Juvenile	212	0.59 <sup>a</sup>	2.03		
Wing-flap chasing	Adult	298	0.59	2.66	0.363	0.696
	Sub-adult	248	0.45	2.54		
	Juvenile	211	0.41	2.37		
Leap-frog feeding (hopping)	Adult	297	0.14	1.04	0.348	0.707
	Sub-adult	248	0.15	1.12		
	Juvenile	211	0.08	0.57		

## 나. 월동시기별 섭식기술의 차이

월동 기간 동안 노랑부리저어새의 섭식기술은 Fig. 21에 제시하였다. 86.3%가 Sweeping 방식으로 가장 많았으며 7.8%의 Probing(탐침) 방식, 그리고 5.9%가 혼합방식이었다. 월동 초기와 중기에는 탐침 방식이 10.7%를 차지하였으나 월동 후기에는 3.1%로 감소하였고 월동중기에 12.1%로 증가되었던 혼합방식이 월동후기에는 다시 1.6%로 감소하였다. 월동후기에는 Sweeping 방식이 95.3%로 전 월동기간 동안에 비하여 가장 높은 섭식방식이었다. 월동시기에 따라 섭식기술은 연관성을 갖는다고 분석되었다( $n=2,848$ ,  $\chi^2= 160.83$ ,  $P<0.001$ ).

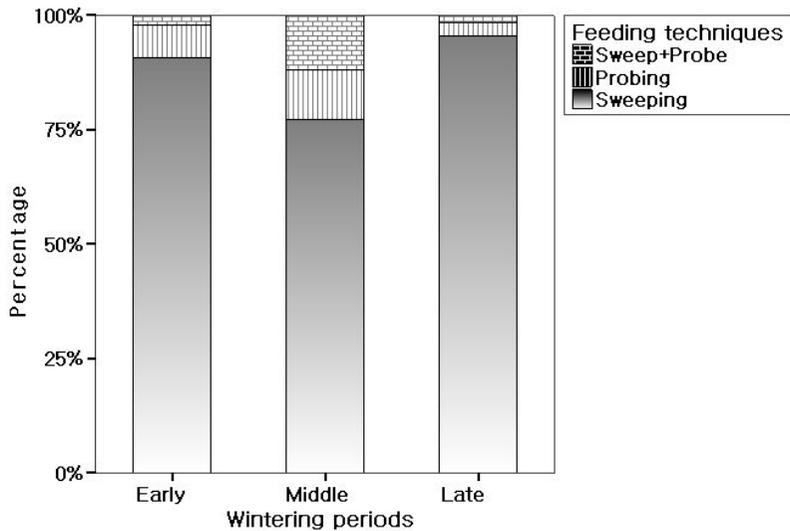


Fig. 21. A comparison of feeding techniques among wintering periods

#### 다. 섭식지에 따른 섭식 기술의 차이

노랑부리저어새의 섭식지에 따른 섭식 기술의 비교는 Fig. 22에 제시하였다. 전체 섭식의 86.3%를 Sweeping 방식에 의해서 섭식하였지만 갈대숲 가장자리에서는 탐침형이 16.5%, 혼합형 11.3%로 다른 섭식지에 비하여 더 많이 이용하였으며, 제방이나 수로에서는 대부분 Sweeping 방식으로 섭식하였다. 섭식지 유형에 따른 노랑부리저어새의 섭식 기술은 유의한 연관성이 있었다( $n=2,848$ ,  $\chi^2= 221.32$ ,  $P<0.001$ ).

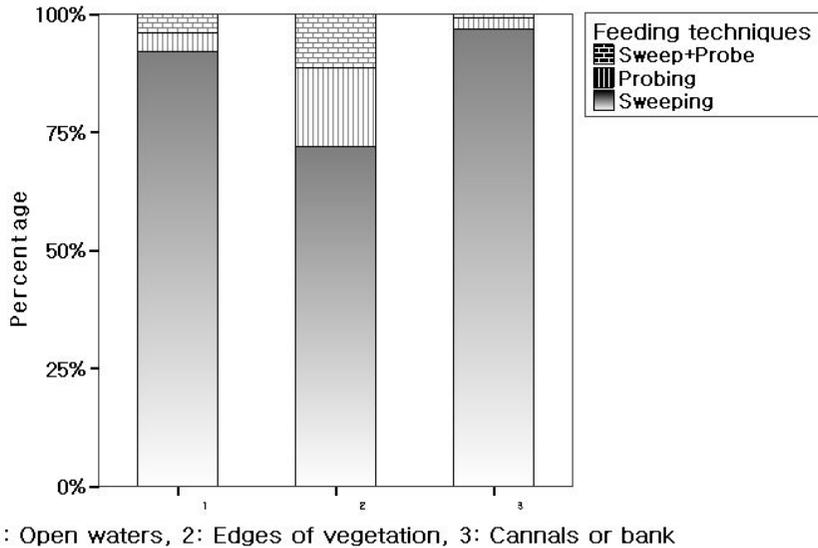


Fig. 22. A comparison of feeding techniques among three feeding micro-habitats

### 3. 먹이자원과 먹이처리

#### 가. 연령별 섭식한 먹이자원의 유형

연령별 섭식한 먹이자원의 유형을 Fig. 23에 제시하였다. 기동성이 있는 먹이 자원인 어류는 아성조의 전체 먹이자원의 87%를, 성조의 74%를 차지하는 반면 유조는 59%로 낮은 비율로 섭식되었다. 유조의 경우 어류포획의 비율은 성조와 아성조에 비하여 상대적으로 낮은 반면 새우나 연체류, 곤충, 식물성 먹이 등 다양한 먹이를 섭식하였다. 연령에 따른 먹이 자원의 유형은 서로 유의한 연관성이 있었다 ( $n=234$ ,  $\chi^2= 18.02$ ,  $P<0.05$ ).

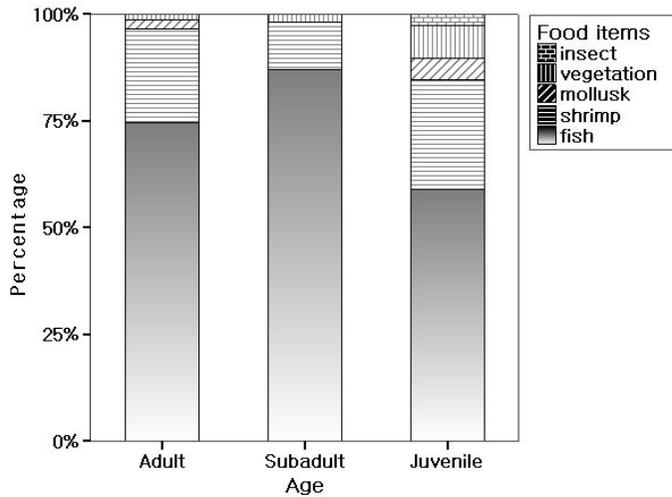


Fig. 23. Percentage of food items according to age

#### 나. 월동시기별 섭식한 먹이자원의 유형

월동시기별 섭식한 먹이자원의 유형은 Fig. 24에 제시하였다. 노랑부리저어새가 포획한 먹이 중 크기가 5cm이하인 경우는 총 22,593회 중 22,082회 99.6%로 거의 대부분 작은 크기의 먹이를 섭취하였으며, 치어 혹은 새우를 먹는 것으로 나타났다. 월동 기간 동안 카메라와 비디오 관독으로 식별할 수 있었던 먹이 자원은 총 234회로서 주요 먹이는 어류 75%, 새우 20%를 섭식하였다. 기온이 낮은 월동 중기에는 새우의 섭식이 전체의 30%로 증가 하였다. 월동 후기에는 붕어의 산란기를 맞이하여 얇은 곳으로 올라오는 붕어를 집중적으로 섭식함으로써 어류의 소비가 85.5%로 증가하였다. 월동시기에 따른 노랑부리저어새의 먹이 자원의 유형은 유의한 연관성이 있었다( $n=234$ ,  $\chi^2 = 18.35$ ,  $P<0.01$ ).

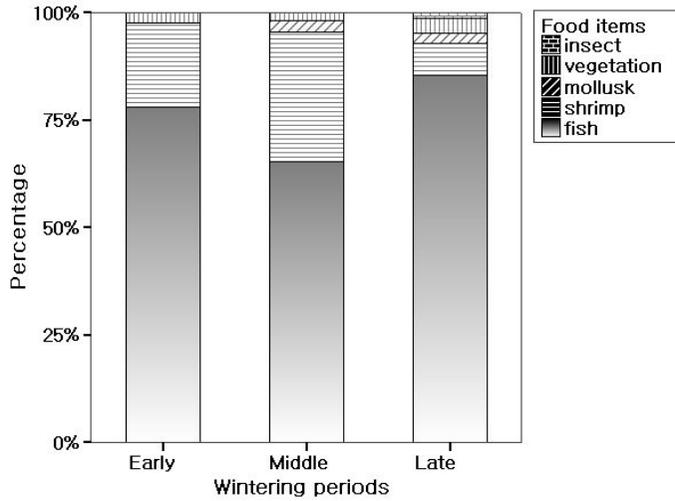


Fig. 24. Percentage of food items according to wintering periods

#### 다. 연령별 월동 시기별 포획된 대형먹이 섭식

연령별 포획된 부리갈이 2/5 이상의 대형먹이의 섭식 빈도는 Fig. 25에, 그리고 월동시기별 포획 빈도는 Fig. 26에 제시하였다. 전 월동기간 중 노랑부리저어새가 부리갈이의 2/5 이상 크기의 먹이를 섭취한 경우는 총 22,593회 중 145회(0.6%)로서 매우 적었으며 이 중 성조에 의해서 53.8%, 아성조에 의해서 22.8%가 섭취되었고 유조는 19.3%만을 섭식하였다.

월동 시기별로는 월동 초기에는 2.8%로 가장 적었고, 월동 중기에 22.8%, 그리고 월동 후기에 74.4%로 가장 많이 섭식하였다. 교차분석의 Fisher's exact test 결과 월동시기에 따른 각각의 먹이크기의 포획빈도와와의 관계는 부리갈이의 2/5(n=88, value=116.31, P<0.001), 부리갈이의 1/2(n=33, value=51.18, P<0.001), 부리갈이의 3/5(n=17, value=31.00, P<0.001), 부리갈이의 4/5 이상(n=7, value=8.27, P<0.01)으로 월동 시기에 따라 유의한 연관성이 있었으며 연령별로는 부리갈이 4/5 이상의 먹이 크기(n=7, value=7.34, P<0.05)에서만 유의한 관련이 있었다.

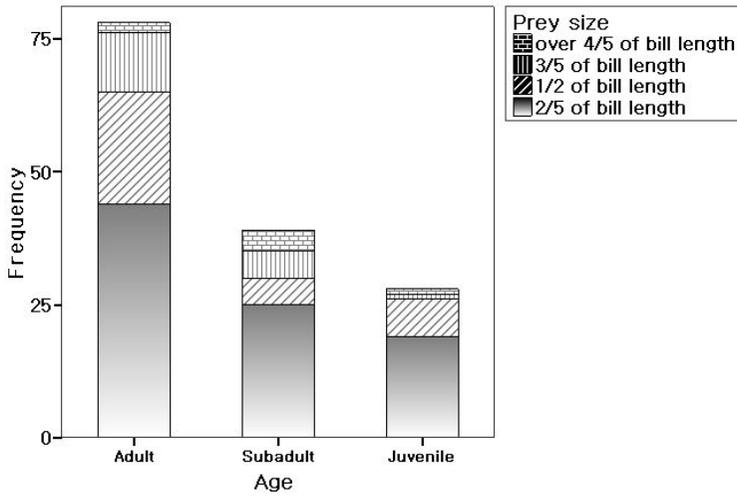


Fig. 25. A comparison of the captured prey size by age

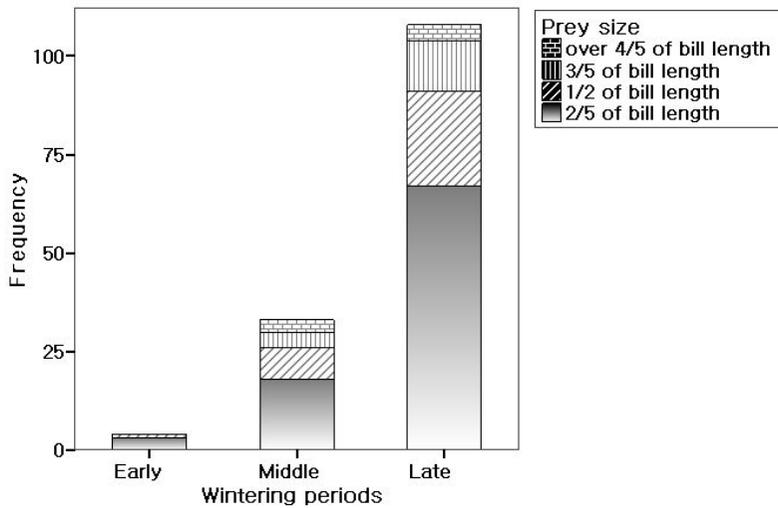


Fig. 26. A comparison of the captured prey size among wintering periods

## 라. 대형 먹이자원의 처리시간

대형먹이 자원의 평균 처리시간과 연령별 처리 시간을 각각 Fig. 27과 Fig. 28에 제시하였다. 부리길이 1/5이하 크기의 새우 혹은 치어를 섭식하는 경우 Catch and throw actions(Swennen and Yu 2005)방식으로 1sec 이내에 수행됨으로써 먹이를 처리하는 시간은 매우 짧았다. 먹이처리 시간을 측정한 총 118회를 분석한 결과 부리길이의 2/5의 크기에는 평균 4.9sec±2.52, 부리길이의 1/2 크기의 먹이는 평균 8.1sec±4.20, 부리길이의 3/5의 크기는 평균 19.2sec±11.90였으며 그 크기가 커질수록 처리하는 시간도 급격하게 증가되었다. 부리길이의 4/5가 넘는 경우에는 평균 122.5sec±170.78가 소요되었고, 조사기간 중 먹이자원이 커서 삼키지 못하는 경우 4회, 포획과 동시에 스스로 놓아버리는 경우 3회, 종내 경쟁으로 인한 분실 경우가 1회 관찰되었다. 또한 연령별로 먹이크기에 따른 처리 시간(Fig. 28)은 먹이크기가 부리길이의 2/5크기의 먹이는 성조 4.59sec±2.38, 아성조 4.87sec±3.11, 유조 5.44sec±2.55로 차이가 없었으나 부리길이의 4/5 이상의 먹이처리 시간은 성조 29.8sec±4.88, 아성조 165.7sec±223.73, 유조 136.0sec±0로 차이가 크게 나타났으며 성조의 처리시간이 가장 빨랐다. 이에 대한 분산분석의 결과 연령별 처리시간( $F_{11, 106}=5.37, P<0.01$ )과 먹이 크기에 따른 처리시간( $F=12.46, P<0.001$ ) 그리고 연령과 먹이크기의 상호작용( $F=2.80, P<0.05$ )에 의한 처리시간은 유의차가 있었다.

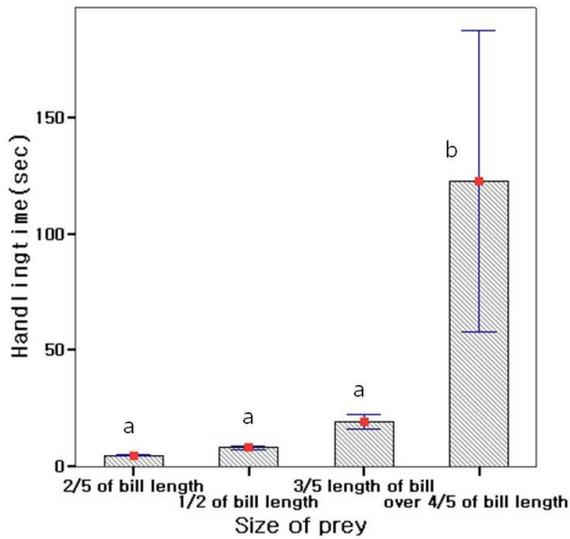


Fig. 27. A comparison of the handling time(Mean±SE) according to prey size. a, b is result of Turkey test

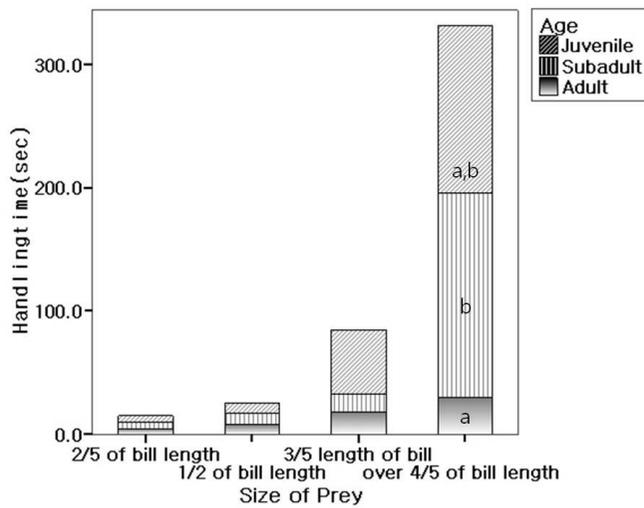


Fig. 28. A comparison of the handling time according to age-prey size a, b is result of Turkey test

## 4. 섭식효율

### 가. 연령대별 성별 섭식효율의 비교

노랑부리저어새의 연령대별 섭식효율과 성별 섭식효율을 각각 Fig. 29와 Fig. 30에 제시하였다. 월동 전 기간 동안 연령이 확인된 총 2,848개체(성조 1,790, 아성조 411, 유조 647개체)의 연령별 섭식효율의 차이는 아성조의 섭식효율이 0.11로서 가장 높았으며 성조 0.11, 유조 0.10의 순이었다. 월동초기에는 성조의 섭식효율이 0.15로 유조 0.11과 아성조 0.12보다 높았으며 월동 중기와 후기로 가면서 점차 낮아졌다. 아성조는 월동초기와 중기 모두 0.12를 유지하다 후기에 0.08로 감소하였다. 유조의 경우에는 월동초기 0.11, 월동중기 0.07로 감소하였다가 월동 후기에 0.11로 월동초기와 같은 높은 섭식효율을 보였다. 연령별 유의차는 없었으나( $F_{2, 2845}=2.38, P>0.05$ ), 월동시기와 연령별의 상호작용에 의한 섭식효율의 차이는 유의차가 있었다( $F=13.73, P<0.001$ ).

성별에 의한 차이를 살펴보면 성별이 확인된 총 1,149개체의 섭식효율 분석결과 월동 전 기간에 걸쳐 암컷의 섭식효율이 0.10으로 수컷의 0.09보다 높았으며 월동 초기부터 후기에 이르기까지 암컷의 섭식효율이 수컷보다 높았다. 이에 대한 통계 분석의 결과 성별에 따른 섭식효율( $F_{1, 1147}=4.40, P<0.05$ )은 유의차를 보였으나 성별과 월동기간과의 상호작용에 의한 섭식효율( $F=0.16, P>0.05$ )은 유의한 차이를 보이지 않았다.

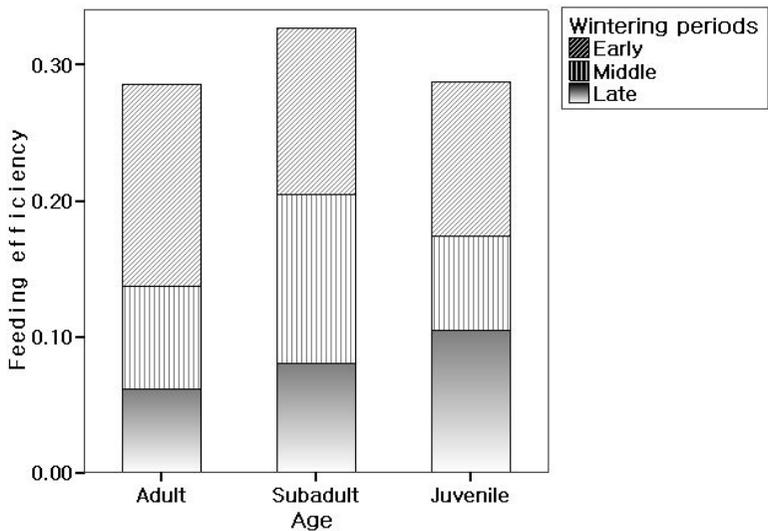


Fig. 29. A comparison of the feeding efficiency by age

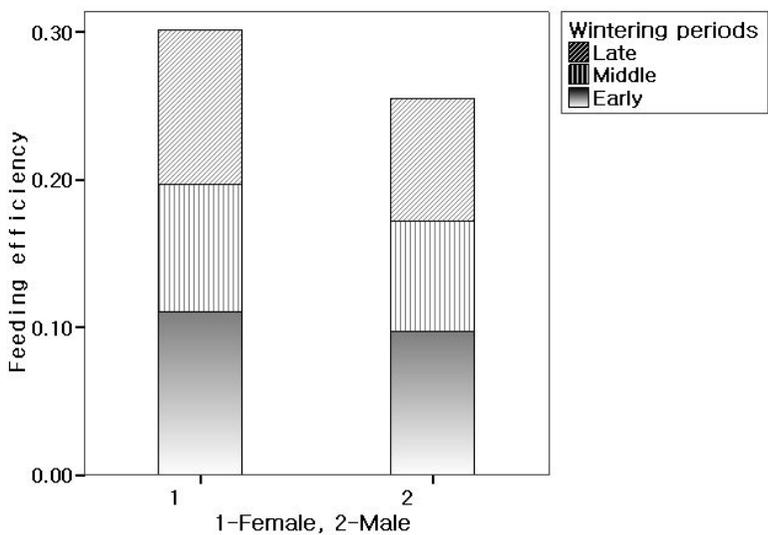


Fig. 30. A comparison of the feeding efficiency between sex

## 나. 월동시기 경과에 따른 섭식효율의 비교

전 월동기간 동안의 평균 섭식효율과 분당취식횟수는 Fig. 31과 Fig. 32에 제시하였다. 평균적인 섭식효율은 0.10, 분당취식횟수는 5.59회였다. 월동초기에는 평균 섭식효율 0.14였고 분당취식횟수 7.27회 월동중기에는 평균섭식효율 0.08이었으며 분당취식횟수 4.15회 월동 후기 들어 평균 섭식효율 0.08, 분당취식횟수 4.59회로 월동 중기와 비슷한 정도였다. 분산분석의 결과 월동시기에 따른 섭식효율( $F_{2, 2,845}=89.52, P<0.001$ )과 분당취식횟수( $F=168.53, P<0.001$ )는 유의한 차이를 보였다.

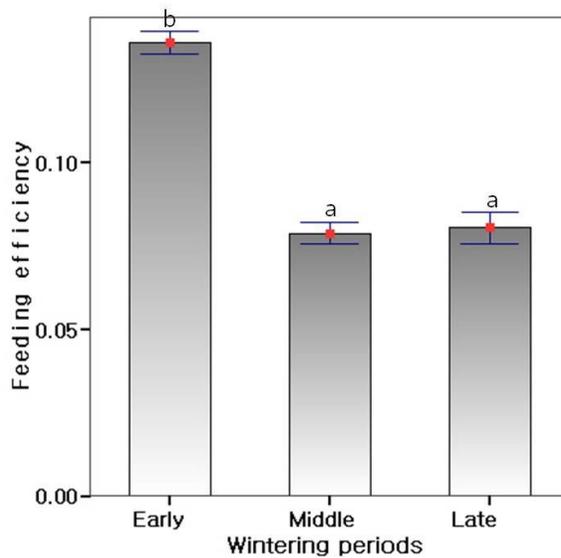


Fig. 31. A comparison of the feeding efficiency(Mean±SE) among wintering periods

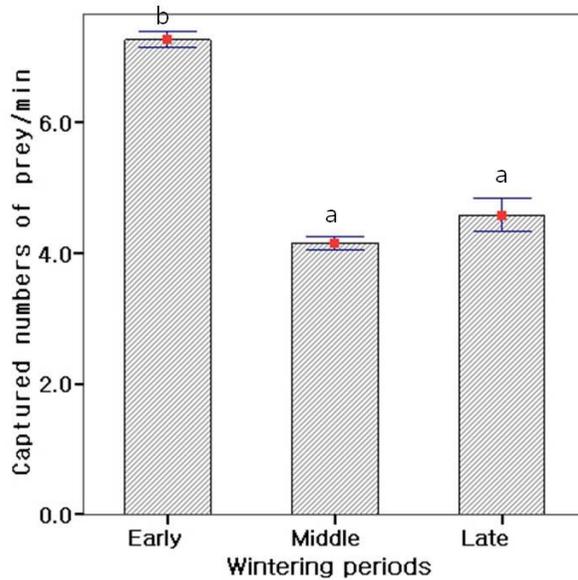


Fig. 32. A comparison of the captured numbers of prey/min(Mean±SE) among wintering periods

#### 다. 일일시간대에 따른 섭식효율의 비교

일일 시간대에 따른 섭식효율은 Fig. 33에 제시하였고 분당취식횟수는 Fig. 34에 제시하였다. 섭식효율은 오전8시 이후 상승하여 11시에 0.14로 최대효율을 나타냈으며 오후 시간동안 평균 0.10으로 일정하게 유지하다 16시 이후 감소하였다. 일일시간대에 따른 섭식효율의 변량분석 결과 유의한 차이가 있었다( $F_{13, 2,834}=8.56, P<0.001$ ). 일일시간대에 따른 분당취식횟수는 오전 8시 이후 5.76회로 크게 상승하여 11시경 6.89회로 정점을 이루었고 이후 평균 5.3회 감소하여 일정하다 오후4시경 6.64회로 오후 중 정점에 도달 하였고 이후 감소하였다( $F=12.58, P<0.001$ ). 일일시간대에 따른 섭식효율과 분당취식횟수는 유의차가 있었다.

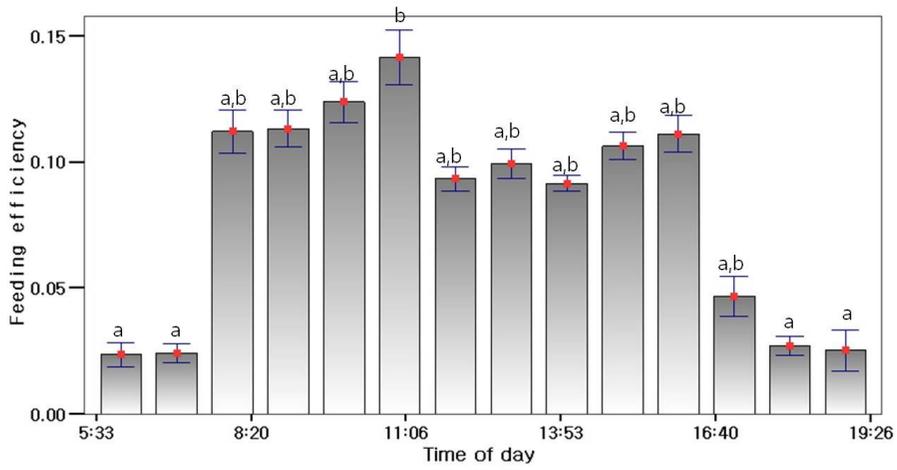


Fig. 33. Changes of the feeding efficiency(Mean±SE) by daily time zone

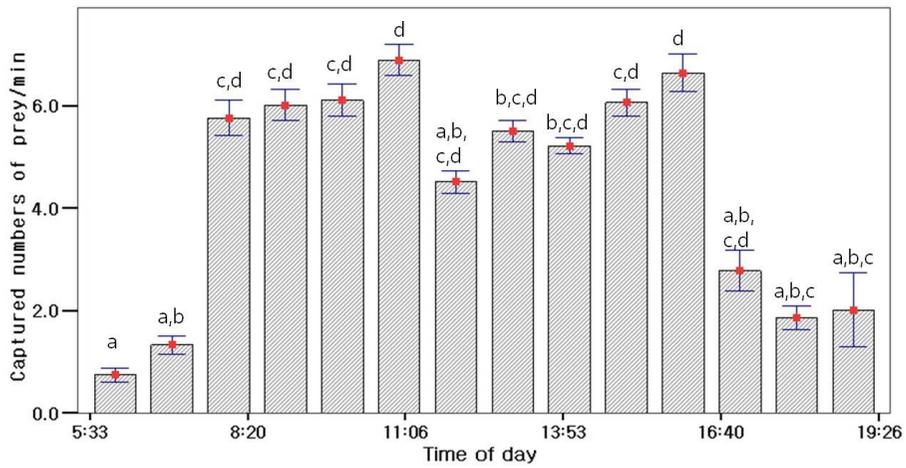


Fig. 34. A comparison of the captured numbers of prey/min(Mean±SE) by daily time zone

## 라. 섭식지별 섭식효율의 비교

섭식지에 따른 섭식효율과 분당취식횟수는 Fig. 35와 Fig. 36에 제시하였다. 섭식효율은 전체 월동기간 동안 개활수면과 갈대밭 가장자리에서는 섭식효율이 0.11로 비슷하였고 제방근처의 0.08보다는 높았다. 이는 통계적으로 유의하였으며( $F_{2, 2845}=4.52$ ,  $P<0.05$ ), 섭식지별 분당취식횟수의 비교에서도 개활수면 5.86회, 갈대밭가장자리 5.29회로 비슷하였으며 제방근처의 4.14회보다는 높았고 통계적으로 유의하였다( $F_{2, 2845}=4.52$ ,  $P<0.001$ ).

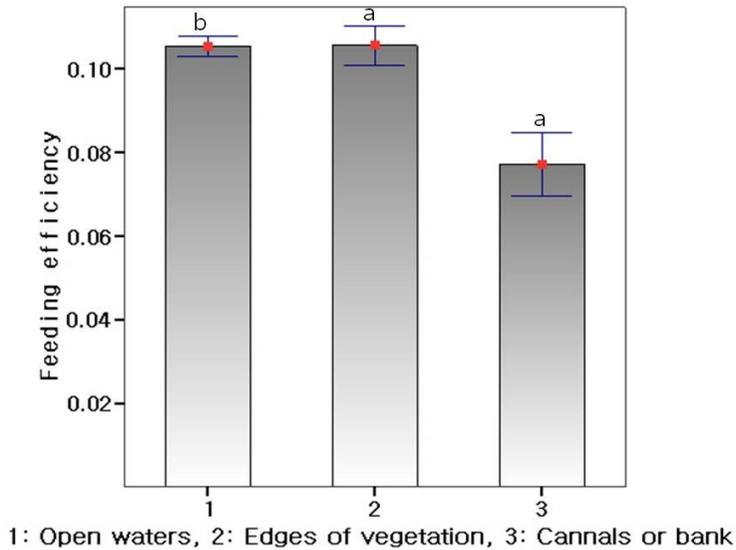
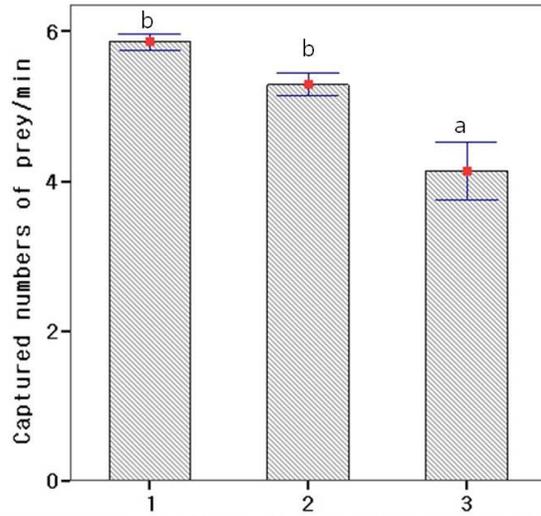


Fig. 35. A comparison of the feeding efficiency(Mean±SE) by micro-habitat



1: Open waters, 2: Edges of vegetation, 3: Cannals or bank

Fig. 36. A comparison of the captured numbers of prey/min(Mean±SE) by micro-habitat

#### 마. 섭식 깊이별 섭식효율의 비교

노랑부리저어새의 섭식깊이별 섭식효율과 분당취식횟수를 Fig. 37과 Fig. 38에 제시하였다. 전체 섭식의 70%는 부리의 절반 깊이에서 수행되었고 23%는 부리 깊이에서 섭식하였다. 섭식깊이에 따른 섭식효율을 조사한 결과에서 부리깊이의 깊이와 부리 절반 깊이에서 0.11로 가장 높았으며 이보다 낮거나 깊어지는 수심에서는 섭식효율이 낮아졌다( $F_{3, 2844}=10.84, P<0.001$ ). 분당취식횟수에 대한 분석 결과 부리 절반 깊이에서 5.80으로 가장 많았고 부리 깊이에서는 5.65이었다. 이보다 깊거나 낮을 때에는 분당취식횟수가 적었고 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $F=20.02, P<0.001$ ).

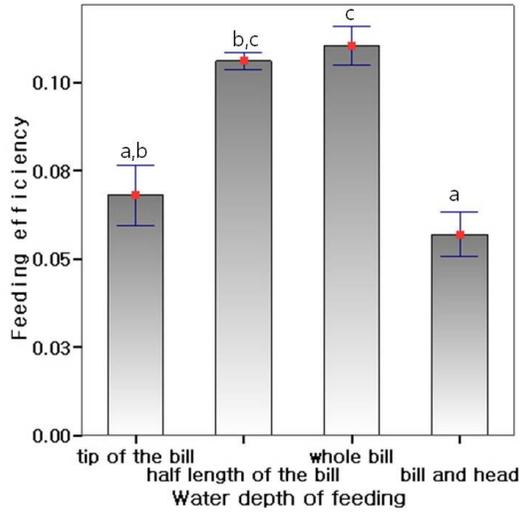


Fig. 37. A comparison of the feeding efficiency(Mean±SE) among four feeding depths

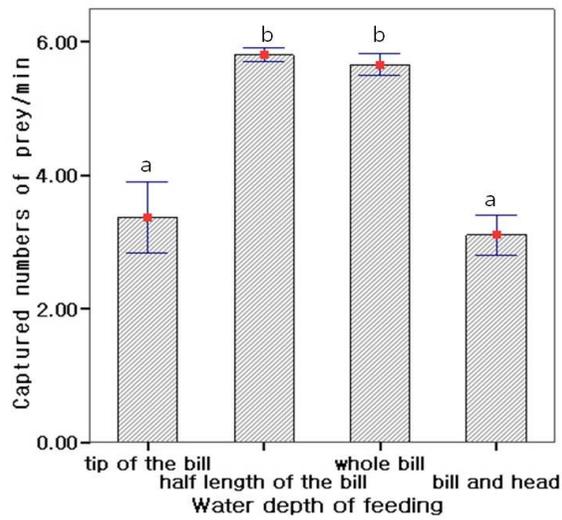


Fig. 38. A comparison of the captured numbers of prey/min(Mean±SE) among four feeding depths

## 바. 섭식기술에 의한 섭식효율의 비교

월동하는 노랑부리저어새의 섭식기술에 따른 섭식효율과 분당취식횟수는 Fig. 39와 Fig. 40에 제시하였다. 84% 이상 대부분의 섭식이 Sweeping에 의해서 수행되었다. 섭식기술별 섭식효율의 비교에서 탐침하는 섭식기술이 0.12로 가장 효율이 높았으며 Sweeping 방식은 0.10, 혼합방식은 0.08로 가장 낮았고( $F_{2, 2,845}=5.37, P<0.01$ ), 분당취식횟수의 비교에서 Sweeping 방식이 5.77회로 가장 높았으며, 혼합방식이 4.45회 그리고 탐침방식이 4.40회으로 분석되어 가장 낮았으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $F=14.92, P<0.001$ ).

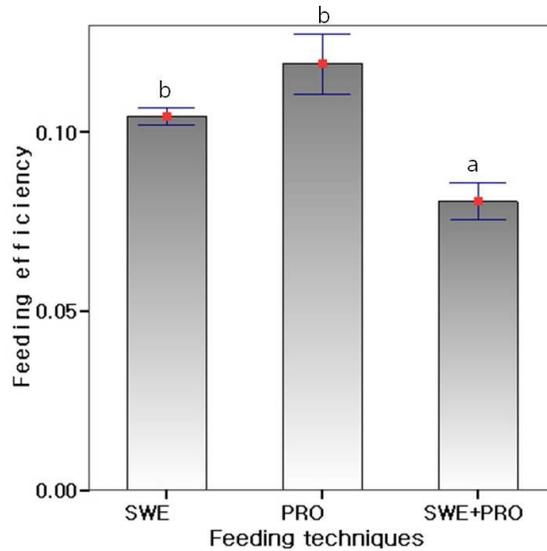


Fig. 39. A comparison of the feeding efficiency(Mean±SE) by feeding techniques

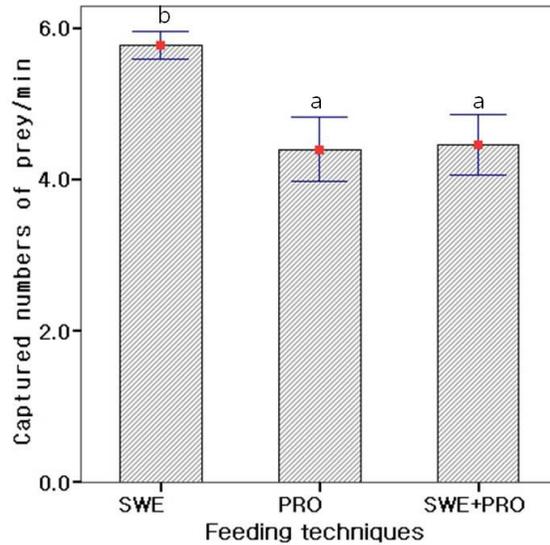


Fig. 40. A comparison of the captured numbers of prey/min(Mean±SE) by feeding techniques

### 사. 섭식효율에 영향을 주는 환경요인

섭식효율에 영향을 주는 환경요인을 살펴보기 위하여 기온, 풍향, 풍속, 일조시간, 강수량, 관리수위 등의 기상환경과 섭식효율과의 상관관계를 조사하여 Table 8에 제시하였고, 그 관계를 Fig. 41과 Fig. 42의 그래프로 제시하였다. 그 결과 기온 (Pearson's  $r=0.10$ ,  $P<0.001$ ), 일조시간( $r=0.09$ ,  $P<0.001$ )은 섭식효율과 정의 상관관계를 나타냈고 풍속( $R=-0.15$ ,  $p<0.001$ )과 수위( $r=-0.189$ ,  $P<0.001$ )는 부의 상관관계를 나타냈으며 유의한 상관이 있었다.

Table 8. A result of correlation between feeding efficiency and measurements of meteorological parameters

Feeding efficiency n=2,848	Temperature	Wind speed	Hours of sunshine	Rainfall	Water level
Pearson's correlation coefficient	0.101	-0.150	0.094	-0.094	-0.191
P value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

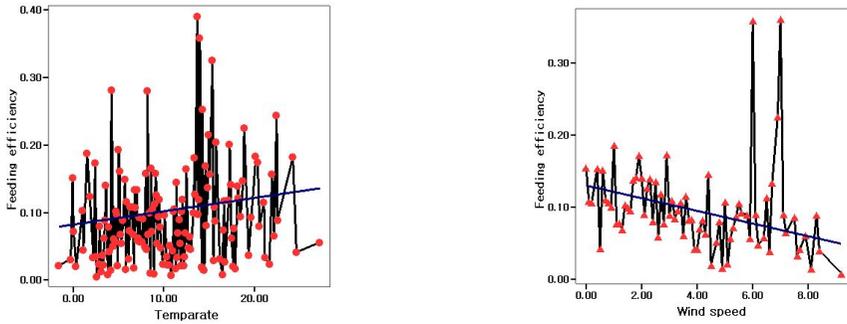


Fig. 41. The temperature and wind speed factors that affect feeding efficiency  
A solid line is regression line.

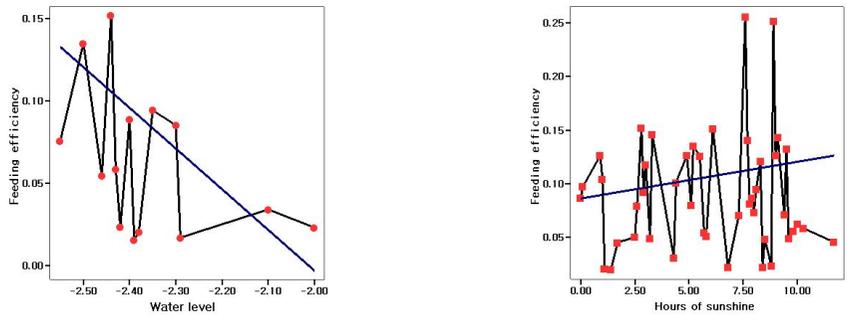


Fig. 42. The water level and hours of sunshine factors that affect feeding efficiency. A solid line is regression line.

## 5. 섭식무리 크기의 효과

### 가. 월동시기와 일일 시간대에 따른 섭식무리 크기의 변화

노랑부리저어새의 월동시기와 일일시간대에 따른 섭식무리 크기의 변화를 Fig. 43과 Fig. 44에 제시하였다. 월동 초기 섭식 무리의 크기는 평균 5.03개체로 월동기간 중 가장 컸으며 최대 25개체의 섭식무리까지 형성되었다. 월동 중기에서는 평균 3.15개체로 최대 16개체의 크기까지 형성되었으며 월동 후기에 들어 번식지로 이동

하는 개체수의 증가에 따라 평균 2.58개체 최대 10개체 크기로 월동시간이 경과함에 따라 월동개체수의 감소로 무리의 크기도 감소하였다. 분산분석에 의하여 월동 시기에 따른 무리크기의 변화는 유의한 차이가 있었다( $F_{2, 2,845}=185.73, P<0.001$ ). 일일시간대에 의한 섭식 무리 크기의 변화는 오전 8시경 정점을 이루었으며 15시 이후에는 감소하여 작은 무리를 형성하여 섭식하는 것으로 나타났고 시간대별 유의한 차이를 보였다( $F=12.60 P<0.001$ ).

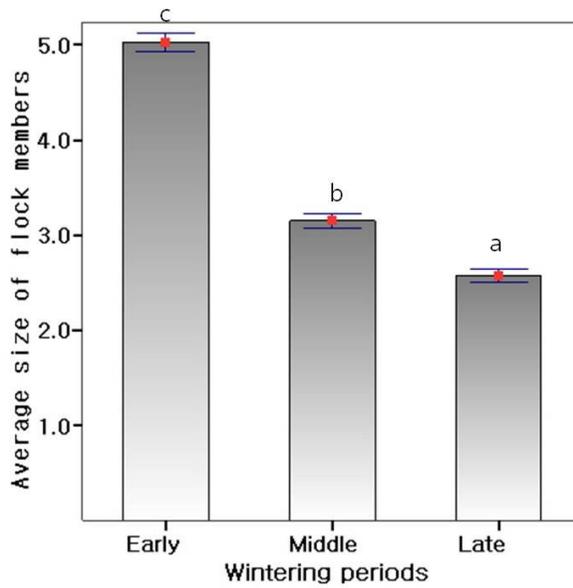


Fig. 43. A comparison of feeding flock members(Mean±SE) among wintering periods

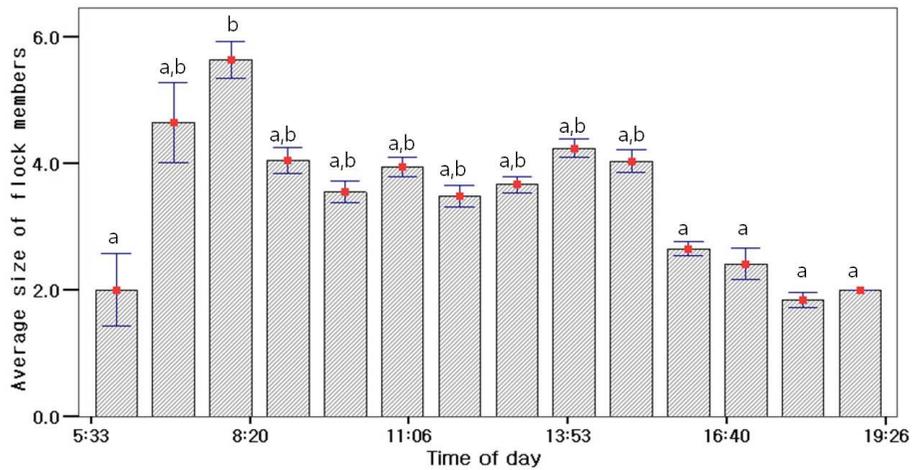


Fig. 44. Changes of the size of feeding flock members(Mean±SE) by daily time zone

#### 나. 섭식무리의 크기에 따른 섭식효율과 분당 취식횟수와의 변화

섭식 무리의 크기에 의한 섭식효율의 분석을 Fig. 45에서, 분당취식횟수를 Fig. 46에 제시하였다. 단독개체일 때 0.11, 쌍으로 섭식할 때는 0.90, 이후 무리의 크기가 커질수록 섭식효율이 증가하였으며 10~12개체의 무리 크기에서 0.13으로 섭식효율이 정점을 이루었고 이후 무리의 크기가 커질수록 감소하였다. 4~6 개체로 구성된 무리에서는 단독개체의 섭식효율과 비슷하였고 16개체 이상의 무리에서는 오히려 감소하였다( $F_{7, 2,840}=2.86, P<0.01$ ). 섭식 무리의 크기에 의한 분당 먹이취식횟수는 10~12개체로 구성되는 무리까지는 증가하여 정점을 이루었고 이후에는 감소하였다( $F=9.51, P<0.001$ ). 섭식 무리의 크기에 따른 섭식효율과 분당취식횟수는 통계분석의 결과 유의한 차이를 나타냈다.

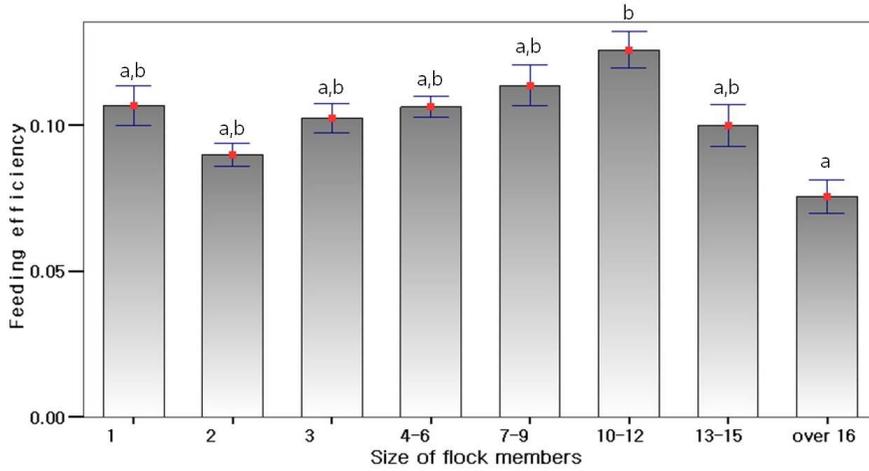


Fig. 45. Changes of feeding efficiency(Mean±SE) by the size of flock members

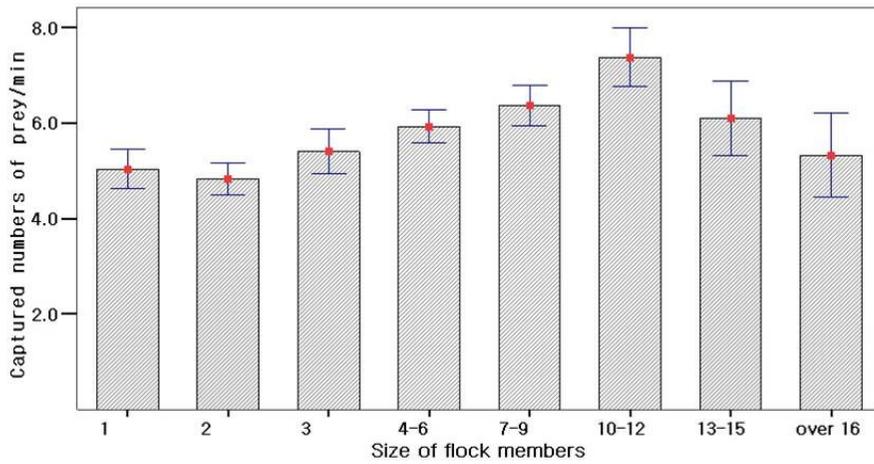


Fig. 46. A comparison of the captured numbers of prey/min(Mean±SE) by the size of flock members

## 제4절 논의

수조류의 섭식행동은 그들이 섭식하는 미소섭식영역에 의해서 영향을 받을 수 있다(Kersten *et al.* 1991). 이는 서식지 구조에서(Dimalexis *et al.* 1997) 또는 먹이유흥성(Richner 1986; Maccarone and Parsons 1994; Campos and Lekuona 2001)에서 기인될 수 있다. 게다가 수심과 식생구조와 같은 서식지 특징들이 먹이 유흥성에 영향을 미치며 궁극적으로 수조류가 섭식하는 장소와 질이 수조류의 개체군에 어떤 영향을 미칠 수 있는지를 파악할 수 있는 요인이 되기 때문이다(Grigorios *et al.* 2005). 월동기간동안 노랑부리저어새는 개활수면에서 가장 많은 섭식을 하였다. 노랑부리저어새처럼 긴 다리를 가지며 옆으로 부리를 젓는 수조류가 개활수면을 선호하는 이유는 침수성의 수중식물의 결여가 더욱 효율적으로 먹이를 찾을 수 있기 때문이라고 연구되었다(Lantz *et al.* 2010). 그러나 기온이 낮은 월동중기에는 갈대밭 가장자리와 작은 수로가 있는 제방 근처에서 섭식이 증가하였다. 이는 가장 기온이 낮은 월동 중기에 제방이나 수로지역에서 섭식하는 것은 체온조절에 필요한 에너지적 요구에 가장 유리하였고 특히 북서풍을 막을 수 있는 지역인 F1, G2, H2, G4 지역에서의 섭식이 증가 하였다. 이전의 연구에서 몇몇 물고기 종들은 찬 날씨(8~11℃)보다는 따뜻한 날씨(19~23℃)에서 더 활성도가 높은 것으로 조사되었으며 온도가 낮아져 추워지면 식물상 속으로 숨는다고 조사되었다(Fredrick and Loftus 1993). 월동시기별 섭식지역과 섭식 개체수를 500×500m의 격자에 표시하여 보면 Fig. 47과 같다.

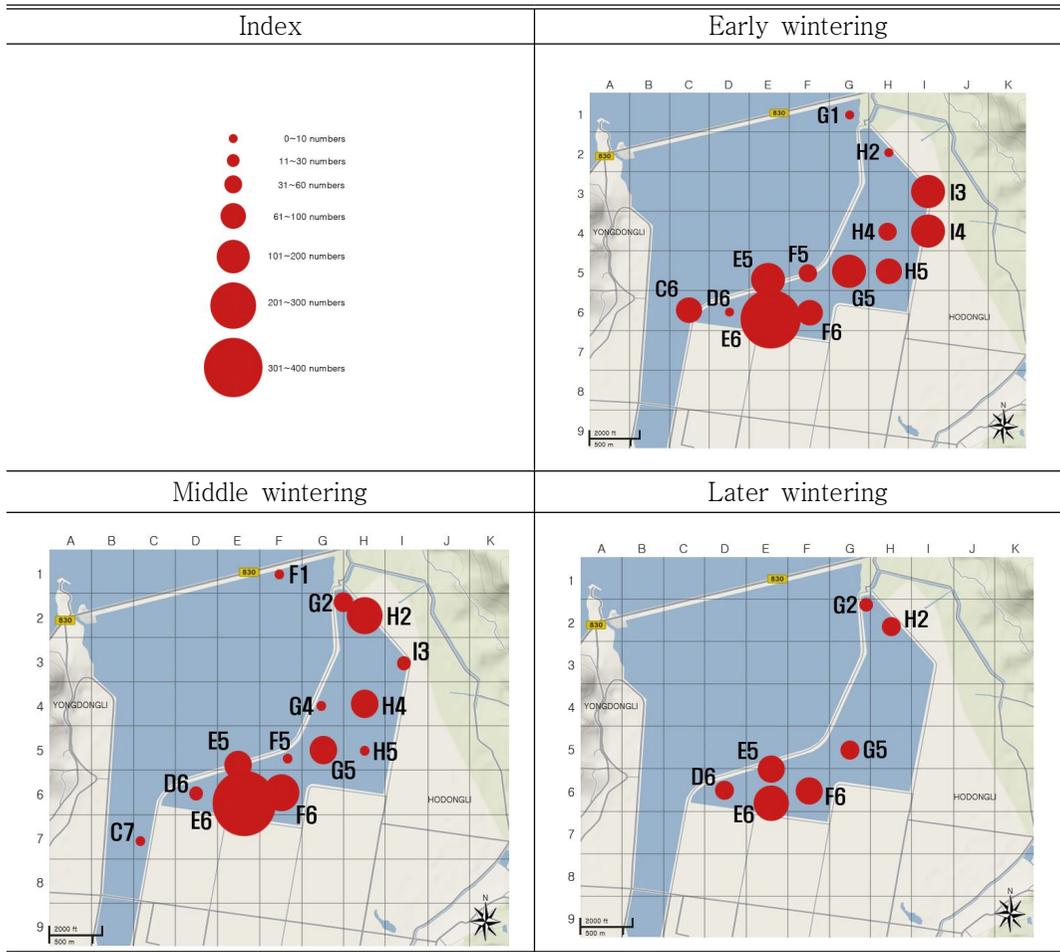


Fig. 47. A comparison of choice feeding area among wintering periods

월동기간 동안 노랑부리저어새의 섭식깊이는 부리절반 깊이와 부리깊이에서 93% 이상 이루어졌다. 그러나 월동 후기에는 겨울 동안의 강수량에 의해서 수위가 상승하는 이유도 있지만 붕어들의 산란기를 맞이하여 얕은 곳으로 올라오는 큰 물고기를 섭식하기 위하여 머리와 부리 전체가 들어가는 깊이에서도 섭식하는 것으로 나타났다. 프랑스의 Moeze-Oléron에서 조사한 노랑부리저어새의 가장 선호하는 수심은 15~20cm(평균 17.8cm), Somme 하구에서는 6~14cm(최대 20cm) 그리고 Seine 하구에서는 0~50cm의 깊이에서 섭식하였다고 조사되었다(Barachon 2003).

노랑부리저어새의 섭식 기술은 86% 이상을 Sweeping에 의해서 섭식을 하며 8%를 탐침 방식, 그리고 나머지 6%를 혼합 방식으로 섭식하였다. 연령별 빈도분석에

서는 성조의 경우 Sweeping 방식이 대부분이나 발걸음이 비교적 적은 탐침방식이 유조나 아성조에 비하여 높았으며 아성조는 혼합방식이 성조나 유조에 비하여 높았고 유조는 비교적 Sweeping 방식에 가장 의존적이었다. 백로류의 유조와 성조의 섭식기술을 비교한 연구에서 유조들은 성조들에 비해 덜 숙련되었고 이는 감각운동성의 결여 때문이라고 제안되었다(Grigorios *et al.* 2005).

먹이를 추적하는 방식의 Time-budgets에 의한 비교에서는 성조는 달리면서 기동성이 높은 먹이를 추적하는 Run-chasing(running with bill) 방식이 가장 높았다. 수조류에서 이러한 달리면서 먹이를 추적하는 기술은 탈출을 시도하는 물고기를 추월하기 위한 것으로 보여지며 매우 성공적인 섭식기술로 조사되었다(Phil *et al.* 2003). 또한 월동시기별 분석에서 월동초기와 중기의 11%에 달하는 탐침 방식은 주로 수생식물들 속에 은신하고 있는 새우나 치어들에 대한 섭식으로 추정되며 기온이 낮은 월동 중기에 들어서 에너지 소모가 높은 Sweeping 방식은 감소하였고 혼합방식이 증가되었으며 월동 후기에 들어서 기온상승과 함께 먹이들의 활성도가 높아지면서 유영하는 먹이를 포획하는 Sweeping 방식의 섭식기술이 증가하였다고 추정된다. 프랑스의 Moeze-Oléron에서 조사한 노랑부리저어새의 섭식생태에서 Sweeping은 78%(n=243), 탐침방식은 4%, 혼합된 기술이 18%라고 조사되었다(Boileau and Plichon 2002). 이때의 주요 먹이는 White Shrimp(*Palaemonetes varians*)였다. 반면 2003년 Seine 하구에서는 탐침방식이 76%, 혼합형이 15%, Sweeping이 9%였으며 이때의 주요 먹이는 물고기였었다고 보고되었고(Barachon 2003), 같은 지역에서 2007년에는 Sweeping 85%, 혼합형 15%로 전환되기도 하였다(Boileau and Plichon 2002). 이는 노랑부리저어새의 섭식기술이 포획된 먹이 타입을 암시해 주는데 유용할 뿐 아니라 먹이의 형태에 따라 섭식기술이 결정된다고 제안하였으며 새우가 섭식장소에서 유용한 생물량의 주요한 부분을 차지할 때 섭식 방법은 Sweeping 방식이 우세하였다고 조사하였다(Hémercy *et al.* 2008).

노랑부리저어새의 섭식깊이에 따른 섭식 기술의 조사에서 부리의 끝부분이 잠기는 낮은 깊이에서는 탐침방식과 혼합방식이, 부리의 절반이 잠기는 깊이와 부리전체가 잠기는 깊이에서는 Sweeping 방식이 주로 이용되었고 섭식지역에 따른 섭식 기술조사 결과 개활수면에서는 90%정도가 Sweeping 방식이었으며 갈대밭 가장자리에서 탐침 방식과 혼합방식이 주로 이용되었다. 이전의 연구에서 Sweeping 방식으로 먹이를 탐색하는 노랑부리저어새는 부리를 물속에 있는 발로부터 멀리 떨어져서 유지시킴으로써 발로 먹이를 혼란시키고 놀람에 의해서 도망하는 먹이를 부

리로 포획한다고 하였다(Swennen and Yu 2008).

노랑부리저어새의 먹이자원의 분석 결과 유형별로는 어류가 78%로 전 월동기간 동안 가장 많이 취식하였고 새우는 20%로 월동 중기에 취식비율이 높았다. 따라서 고흥만에서의 노랑부리저어새의 월동 주요 먹이는 어류와 새우로서 전체 먹이의 98%를 차지하였다. 그러나 사진과 비디오 분석을 통해 관찰한 결과이기 때문에 식별이 쉬운 물고기가 과대평가되었을 가능성도 있다. 또한 Kersten(1995)의 연구에 의하면 노랑부리저어새의 하루 먹이 섭취량은 평균 555g을 섭취한다고 조사되었다.

남부 스페인 Odiel 하구에서 수행된 토사물과 위 내용물 분석을 통한 노랑부리저어새의 먹이자원은 71%가 어류, 19%가 새우였으며 그 외 연체류, 수서곤충 등이었다. 평균 물고기의 길이는 49.96mm(SD=10.9, range=15~85mm, n=187) 새우들의 평균 길이는 28.23mm(SD=4.65, range=24~40mm, n=17)로 5cm 이하의 크기를 갖는 먹이를 취식하는 것으로 조사되었다(Aguilera *et al.* 1996).

연령대별 먹이 섭식의 경향은 기동성 있는 어류는 성조와 아성조에 의해서 높은 비율로 섭식되는 반면 유조들은 어류 취식비율은 다른 연령대에 비해 낮은 반면 새우나 기타 다양한 먹거리를 섭취하는 것으로 분석되었다. 월동시기의 경과에 따라 연령대별 포획된 먹이의 크기는 총 22,593회 중 99.4%가 부리길이의 1/5 이하의 먹이를 섭취하였고 부리길이의 2/5 이상 크기의 먹이자원은 모두 어류로서 총 145회 0.6%로 극히 적었으며 대부분 월동 후기에 집중되었고 성조와 아성조에 의해서 포획되는 빈도가 높았다. 포획된 먹이를 섭취하는 방법은 부리길이 1/5 이하의 먹이는 포획-그리고-던지는(Catch and throw movement) 방식으로 섭식하였고 그 이상의 큰 물고기들은 포획-삼키기 쉽도록 먹이 머리를 목구멍 쪽으로 돌리기-삼키기의 과정을 거쳐야만 하였다. 처리 시간은 먹이의 크기가 클수록 기하급수적으로 증가하였으며 처리 시간동안 약탈에 대한 경계도 포함되었다. 또한 부리크기의 4/5 이상 크기의 먹이를 스스로 포기하거나 약탈로 인한 분실의 경우도 있었다. Kushlan(1977)은 White Ibis의 연구에서 먹이의 처리시간은 궁극적으로 먹이크기를 제한하였고 주어진 처리시간의 압박을 큰 먹이보다는 작은 먹이를 섭취하는 것으로 섭식전략을 전환한다고 제안하였다. 따라서 노랑부리저어새의 월동기 섭식전략은 월동초기와 중기에는 처리시간이 짧고 먹이탈출가능성이 낮은 작은 먹이를 포획하여 섭취함으로써 먹이의 순에너지값을 증가시키고 후기에는 이동에 앞서 다량의 에너지를 비축하기 위하여 큰 먹이를 선택적으로 섭취하는 것으로 보여 진다.

노랑부리저어새의 섭식효율에 대한 조사 결과 전 월동기간 동안의 평균 섭식효

율은 0.10(최대 2.22), 분당취식횟수는 5.56 회(최대 41.05 회)이었다. 월동초기의 평균 분당취식횟수(7.11 회)와 평균 섭식효율(0.13)이 가장 높았으며 월동중기에 들어 기온이 낮아짐에 따라 평균 분당취식횟수는 4.15 회로 감소하였고 월동후기에 들어 4.59 회로 상승하였지만 평균 섭식효율은 0.08로 큰 차이가 없었다. 유럽에서 연구된 노랑부리저어새의 봄 이주동안의 평균 분당취식횟수는 최대 11.8 회, 평균 3.34 회였으며 3월에는 2.0 회로 낮았고 4월과 5월에는 5 회로 증가하였다고 조사되었다(Barachon 2003). 특히 고흥만에서 월동하는 노랑부리저어새의 섭식효율의 변화를 월동 시기별로 분석(Fig. 48)하면 월동 초기, 도래 직후부터 지속적으로 상승하였으며 먹이 자원의 불균등과 낮은 기온이 유지되는 월동 중기에도 섭식효율이 크게 저하되지 않았고 월동 후기에서 이동 직전까지 계속적으로 섭식효율이 상승하는 특성을 가지고 있다. Kushlan(1976)은 먹이자원의 생산성에 대한 계절적인 변화를 감안하고라도 섭식행동과 효율은 먹이자원의 유용성과 관계가 깊다고 하였다. 따라서 이 지역에서의 월동기간이 다른 지역보다 길고 섭식효율이 월동초기와 후기에 지속적으로 증가하는 것은 먹이 자원의 유용성이 매우 높다는 것으로 해석할 수 있었다.

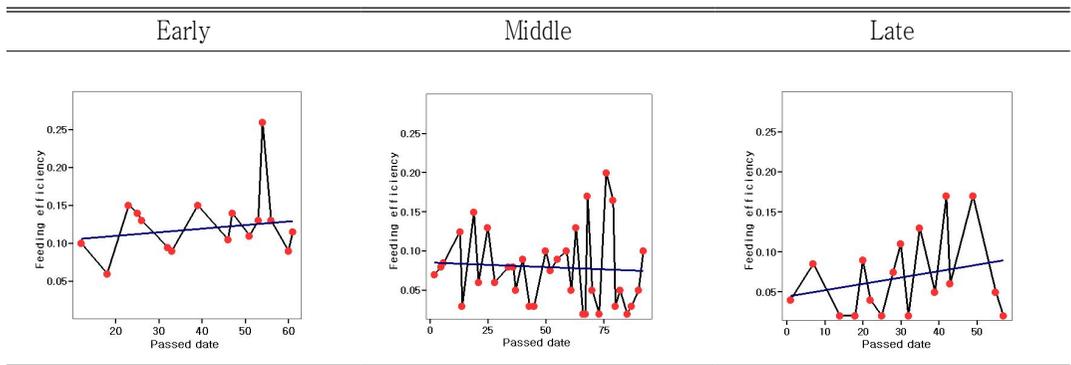


Fig. 48. Changes of feeding efficiency among wintering periods  
The solid line is regression line.

또한 월동시기에 따른 연령대별 섭식효율의 비교에서는 월동초기에는 성조들의 섭식비율이 높았으나 월동 중기와 후기 동안 아성조와 유조의 섭식효율이 높았다. 이는 월동 중기 이후 성조들이 조기에 번식지로 이주함에 따라 아성조와 유조들의 잔류비율이 높음으로써(송재겸 등 2011) 아성조와 유조들의 섭식은 성조와의 경쟁 없이 섭식하여 효율이 높은 것으로 추측된다. 프랑스에서 조사된 연구에 의하면 경험이 있는 새들이 그렇지 않는 새들보다 더 효율적이었으며(Boileau and Plichon

1999) Moeze-Oléron에서도 가을 이주동안에는 성조가 더 높았지만 봄 이주동안에는 큰 차이가 없는 것으로 분석되었다(Barachon 2003). 또한 성별 섭식효율의 비교에서 암컷이 수컷보다 높은 섭식효율을 나타냈었다. 이는 번식기의 산란에 대비하여 암컷은 수컷보다 더 많은 에너지의 비축이 필요할 것이라고 생각 된다.

일일 시간대에 따른 섭식효율의 변화는 오전 8시부터 급격히 증가하여 11시에 피크를 이루었으며 16시 이후에는 감소하였다. 이는 먹이의 활성도가 낮은 오전 동안 무리섭식에 의해서 섭식효율이 증가하였고 오후 들어 먹이자원의 활성도가 높고 지면 무리 크기는 감소하였으며(Fig. 49) 개체별 분당 걸음수는 증가하여(Fig. 50) 전체적으로 오후 동안의 섭식효율은 오전보다 감소하였다. 따라서 노랑부리저어새의 일일시간대별 섭식효율은 무리섭식에 영향을 받았을 것이라고 추측된다. 이와 관련하여 Kersten 등(1991)은 Little Egrets의 연구에서 이른 아침 시간 동안 개활수면 섭식지에서 밀집한 집단 형태를 형성하는 경향이 있다고 보고하였다.

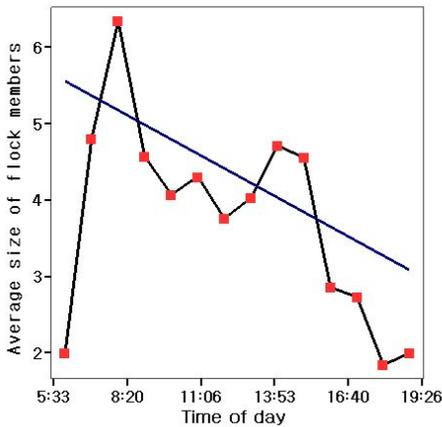


Fig. 49. Changes of the flock size by daily time zone  
The solid line is regression line.

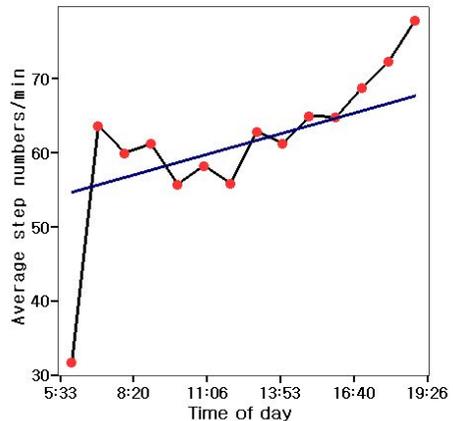


Fig. 50. Changes of the step numbers /min by daily time zone  
The solid line is regression line.

섭식지에 따른 섭식효율의 비교에서는 월동 전체기간 중에는 개활수면과 갈대밭 가장자리의 섭식효율이 비슷하였고 수로나 제방보다는 높았으며 수심에 따른 섭식효율은 부리의 절반 깊이와 부리의 깊이에서 월동기간 전체 섭식의 93%가 이루어지고 있고 가장 섭식효과와 분당취식횟수가 높았다. 이로써 고흥만에서 월동하는 노랑부리저어새의 최적 수심은 부리길이의 1/2과 부리길이인 9.0~23.8cm이라는 것

을 시사한다.

수조류 특히 황새목의 경우 다양한 환경적 특징들이 먹이 취약성에 영향을 줄 수 있으며 그 중 수심은 수조류의 섭식서식지를 선택하는데 가장 강한 영향을 줄 수 있다(Smith *et al.* 1995; Strong *et al.* 1997; Arengo and Baldassare 1999; Ntiamoa-Baidu *et al.* 1998; Gawlik 2002; Master *et al.* 2005; Gawik and Crozier 2007). 수조류의 다리의 길이는 그들의 서식지 안정을 제한 할 수 있다고 하였다. 섭식효율에 영향을 주는 환경요인들과의 상관관계에서 수위(Fig. 48)는 Pearson's  $r=-0.19$ ,  $P<0.001$ 로 비교적 유의한 상관관계가 있으며 해수면을 기준으로  $-2.50\text{m}$  이하일수록 섭식효율이 높으며 기준수위가 높아질수록 섭식효율이 낮은 것으로 나타났다(섭식효율=  $-0.246 * \text{수위} - 0.496$ ). 이는 해수면 기준 수위가 낮아질수록 먹이를 좁은 수면에 밀집시키는 효과가 있을 뿐만 아니라 습지와 제방과의 완충지역이 생겨남으로써 간접요인으로부터 상당부분을 회피할 수 있는 장점이 있을 것이라고 추측된다(Fig. 51).

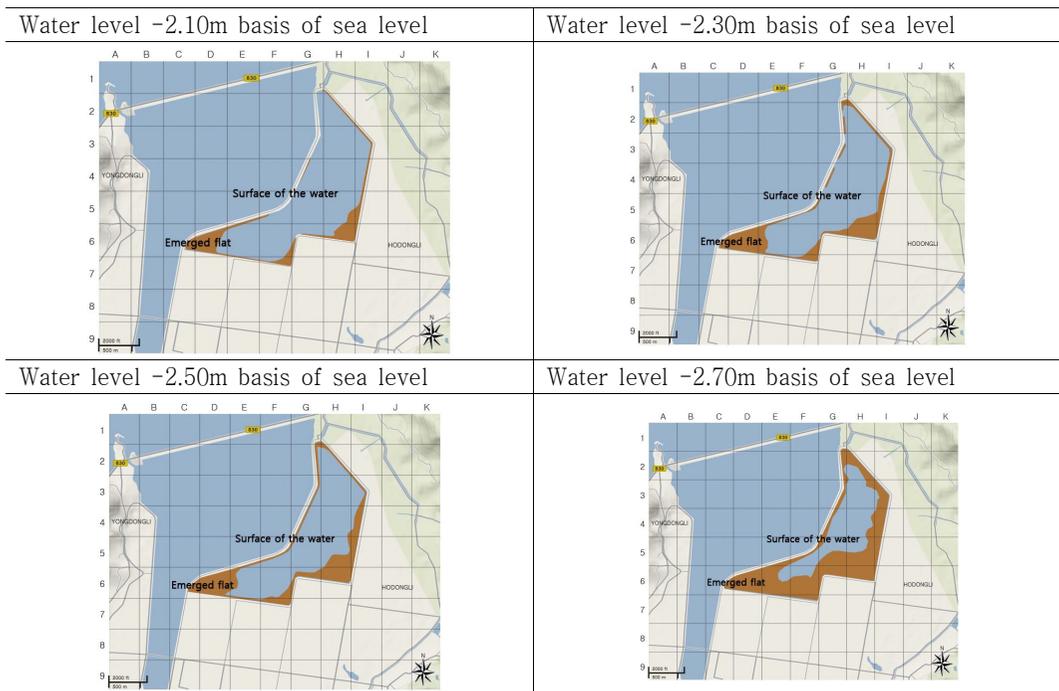


Fig. 51. Emerged flat and reduced surface of the water by controlled management of water depth

무리의 크기를 알아보기 위한 조사에서 월동초기의 섭식무리의 크기는 평균 5.79

개체(최대 25개체)로 월동기간 중 가장 컸으며 월동 중기에 들어 월동개체수가 안정되면서 평균 3.40개체(최대 16개체)로 감소하였으며 월동 후기 번식지로 이동하는 개체수가 증가함에 따라 평균 2.78개체(최대 10개체)로 감소하였다. 일일시간대에 의한 무리 크기의 변화는 오전 8시경 평균 6.34개체로 가장 섭식무리 크기가 컸으며 이후15시까지 평균 4.3개체를 유지하다 15시 이후에 감소하였다. 이는 오전 중 먹이들의 활성도가 낮을수록 무리를 형성함으로써 먹이를 혼란시키고 먹이의 무리들을 더욱 작게 취약한 집단으로 분쇄시키는 효과가 있는 것으로 연구되었다(Götmark *et al.* 1986). 무리의 크기가 커짐에 따라 구성원들의 섭식시간 내의 경계에 지출하는 시간을 측정 한 결과(Fig. 52) 경계의 시간은 유의하게 감소하여 집단 섭식의 이득을 얻을 수 있었다( $F_{7, 2,840}=11.50, P<0.001$ ).

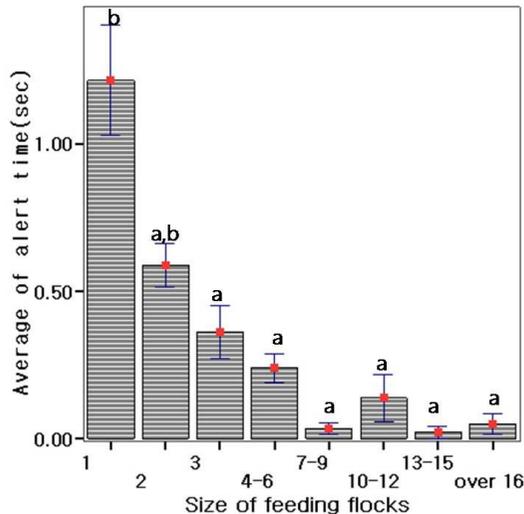


Fig. 52. A comparison of alert time(Mean±SE) according to the flock size

무리개체수의 증가에 따라 섭식효율과 분당취식횟수는 10~12개체까지는 증가하였으나 그 이상의 무리에서는 오히려 섭식효율과 분당취식횟수가 감소하였다. 이는 무리의 크기가 증가됨에 따라 섭식 성공률을 개선시키지만(Kerbs 1974; Abramson 1979; Barnard 1979; Caraco 1979) 경쟁의 시간과 경계의 시간에 대한 비용으로 섭식 이득이 감소할 것이라고 하였다(Krebs and Barnard 1980). 고흥만에서 월동하는 노랑부리저어새의 섭식 무리는 그 크기가 커질수록 경계에 소비되는 시간이 감

소되었다. 따라서 경계에 소비되는 시간을 최소화하고 섭식시간을 최대화하기 위해 섭식무리를 형성한다고 할 수 있다. 이전의 연구에서 높은 밀도의 섭식집단은 herons와 egrets에서 논증되었으며(Kushlan 1981) 제안된 이득들은 안정된 장소에서의 섭식 가능성 증대, 먹이를 섭취하지 못하였을 때의 손해의 감소와 먹이 탐색 시간의 감소를 포함하기 때문에 단독섭식보다 더 많은 먹이유용성을 갖는다고 하였다(Alonso *et al.* 1987)). 따라서 노랑부리저어새의 최적의 섭식무리의 크기는 섭식효율이 가장 높고 개체별 경계의 시간이 가장 감소하는 10~12개체가 최적의 섭식무리 크기라고 생각된다.

비시각적인 섭식방법을 주로 하는 노랑부리저어새의 월동 섭식책략은 일차적으로 월동시기에 따라 섭식지 선택, 섭식방법의 변화, 먹이소비에 대한 패턴을 작은 먹이를 우선하여 높은 포획빈도를 통해서 효율성을 높였으며 하루 중 먹이자원이 불활성한 오전 시간대에는 무리섭식을 통해서 먹이자원의 개발과 효율을 높이는 섭식책략을 구사하였다고 생각된다.

## VII. 유지행동의 분석

### 제1절 서론

새들은 땅위와 공중에서 그들의 고유한 기능을 하기 위해 자주 예방적인 유지행동이 요구된다. 유지행동은 새의 외부에 직접 행하여지거나 내부 상태와 관련이 되며 환경요인에 직접적으로 반응한다(권기정외 2000). 그래서 깃털다듬기, 굵기, 목욕, 먼지 털기, 일광욕, 그리고 깃털의 파동운동을 포함하는 유지행동에 중요한 시간의 양을 쏟고 있다(Simmons 1964; 1985; Walther 1977; Moyer *et al.* 2003). 유지행동에 쏟는 시간과 에너지는 섭식, 경계 혹은 다른 행동을 하는데 전환할 수는 없을 것이다(Redpath 1988). 따라서 대부분 조류들의 유지행동은 주간행동의 시간분배 중 평균 9.2%를 소비하고 있다(Cotgreave and Clayton 1994). 노랑부리저어새는 깃털다듬기, 목욕하기, 도포하기 등의 긴 유지행동들과 스트레칭, 머리 흔들기, 부리-적시기, 깃털 부풀리기 들과 같은 짧은 유지행동들로 구분할 수 있었다. 이장에서 유지행동들의 유형과 시간분배가 월동시기와 환경요인, 연령별, 성별에 따라 어떻게 변화되는지를 살펴보고자 한다.

### 제2절 연구방법

조사방법은 전체 일주행동 중 유지행동이 차지하는 시간비율을 알기 위해 일주행동 분석 1,158개체의 깃털다듬기, 목욕행동, 도포하기, 스트레칭, 짧은 유지행동, 물마시기, 배변 등을 계측하여 전체 유지시간이 차지하는 비율을 조사하였으며 각각의 유지행동이 일어날 때마다 Sampling all occurrences of selected behavior (Altmann 1974)을 이용하여 관찰되는 노랑부리저어새의 유지행동을 비디오로 촬영하여 반복되는 세부행동들(Table 8)의 시간분배와 빈도를 기록하였다. 오전 6시부터 오후 7시까지의 주간 동안 실시하였고 상황에 따라 사진(Nikon D300, 600mm)을 촬영하여 보완하였다. 그 결과 연령이 확인된 624개체의 깃털다듬기 총 1,509분

의 Time-budgets를 조사하였고, 624개체 34.4분의 Stretching행동을, 48개체 103.3분의 목욕행동을, 115개체(성별 확인 89개체)의 도포행동 147.5분의 관찰이 이루어졌다. 조사된 자료는 종합하여 일일 시간대와 월동시기별로 이전행동과 이후행동, 그리고 연령 조성별로 비교 분석하였고 고흥기상관측소의 기상요소와 비교하여 분석하였다. 월동 경과 시기는 월동 초기(10월부터 11월까지), 월동 중기(12월부터 2월까지), 월동 후기(3월부터 4월까지)로 구분하였다(송재겸 등 2011).

자료의 통계처리는 분산분석을 실시하여 유의성을 검정하였고 결과가 통계적으로 유의한 경우 집단 간 Tukey 사후검증(Tukey's post hoc test)을 실시하였다. 기상과의 관계는 기상요인과의 관계는 해당 자료를 상관검증(Pearson's correlation analysis)으로 분석하였다.

Table 9. A type of Eurasian Spoonbill's maintenance behaviors

Long time bouts			Short time bouts
Preening	Bathing	Preen waxes	
-Area 1)Wing 2)Head and neck 3)Side and frank 4)Breast and abdomen 5)Back and shoulder 6)Rump and tail region 7)Feet and legs	-Process 1)Head dipping 2)Washing a.by Mandible b.by Head c.Wing-thrashing (wing-beat) 3)Drying a.Wing-flapping b.Fluffing plumage (ruffling plumage) c.Head flicking d.Tail flicking	-Waxing from uropygial gland 1)By mandible 2)By mandible and chin 3)By mandible and head -Waxing by mandible 1)Wing 2)Head and neck 3)Breast and abdomen 4)Back and shoulder 5)Rump and tail region 6)Feet and legs -Waxing by head 1)Head rubbing	-Stretching 1)Wing up stretching 2)Wing-leg stretching 3)Neck wring 4)Neck tilting 5)Yawning -Short bouts of preening 1)Fluffing plumage 2)Tail flicking 3)Head flicking 4)Bill dipping 5)Bill wiping (head shaking)

## 1. 유지행동의 형태와 구분

### 가. 깃털다듬기(Preening)

노랑부리저어새는 취식 중, 취식 후, 휴식 중, 휴식 후, 목욕 후에 깃털을 다듬었으며 일반적으로 보풀이 일거나 솟아있는 것들을 진정시킬 때 수행하였다. 깃털을 다듬는 방법은 부리로 다듬기, 발가락으로 긁기, 머리로 문지르기 등이 있고 부리로 깃털을 다듬는 행위는 가볍게 혹은 깊게 씹기, 부리사이에 넣고 훑기, 부리로 쓰다듬기, 곡선을 그리며 문지르기, 부리로 두드리기 등이 있었다. 깃털다듬기의 영역은 발가락에 의한 머리와 목부(Head and Neck), 부리에 의한 날개부위(Wing), 가슴과 복부(Breast and Abdomen), 옆구리(Side and Frank), 등과 어깨(Back and Shoulder), 엉덩이와 꼬리(Rump and Tail), 발과 다리(Feet and Legs)로 구분되었고 머리에 의해 깃털을 다듬는 부분은 등과 어깨(Back and Shoulder) 영역으로 구분하였다(Elen 1963).

## 나. 목욕하기(Bathing)

목욕하기는 머리와 몸의 일부를 물속에 담그는 과정, 부리와 머리를 이용하여 훑거나 문질러서 세척하는 과정 그리고 날개를 물에서 치는 행동을 통한 습윤 과정 그리고 머리와 꼬리깃을 털거나 도약하여 날개를 펼럭거리어서 건조시키는 과정으로 구분할 수 있다(David 1966).

- (1) Head-dipping(머리 담그기): 서있거나, 쭈그리고 앉거나(squatting), 혹은 물에 떠있는 동안 동작한다. 물속에 부리와 머리를 담그는 것으로서 부리를 아래로 목을 위쪽으로 늘리는 스트레칭이 이어 진다(Van Rhijn 1977).
- (2) Wing-thrashing(wing-beat, 날개-타작질): 원기왕성하게 물에 날개를 두드리며 파동을 일으키는 깃털 위로 물이 튀기게 된다(McKinney 1965).
- (3) Wing-flapping(날개-펼럭이기): 날개들의 위아래 흔들기와 함께 꼬리 흔들기(tail-shaking)가 조합되었다(David 1966).
- (4) Fluffing plumage(깃털 부풀리기): 깃털다듬기, 혹은 스크래칭 후, 목욕 후, 다른 유지행동 중에 깃털이 부풀려졌다(Morris 1956)

## 다. 도포하기(Preen waxes)

- (1) 미지선에서 부리와 머리로 왁스를 옮겨가는 과정은 3가지로 구분하였다. 아랫부리로 찍어서 바르기, 아랫부리와 뺨을 미지선에 밀어서 바르기, 그리고 아랫부리를 밀어서 머리 전체를 꼬리깃에 굴려서 바르기로 구분하였다.
- (2) 몸에 도포하는 영역은 깃털다듬기의 영역과 같이 구분하였고 부리에 의한 도포, 머리에 의한 도포(head rubbing)로 구분하였다.

## 라. 짧은 유지행동(short bouts)

- (1) Stretching: 스트레칭은 깃털다듬기와 함께 발생하거나, 장시간 휴식 후 또는 취식활동 이후에 발생하였다(George and Putnam 1968).
  - (가) Wing up stretching: 양날개를 등 위에서 함께 스트레칭하면서 목을 앞쪽으로 늘려서 스트레칭(David 1966))
  - (나) Wing and leg stretching: 분리된 스트레칭으로 날개는 옆쪽 아래로 다리를 뒤쪽으로 뺏으면서 한쪽 날개와 다리를 스트레칭(David 1966)
  - (다) Neck wring: 목을 옆쪽으로 비트는 스트레칭
  - (라) Neck tilting: 부리를 지면과 수평하게 하여 목을 위쪽으로 들어 올리는 스트레칭
  - (마) Yawning: 하품하기 또는 턱 근육 스트레칭(David 1966; Sauer & Sauer 1967; George and Putnam 1968)
- (2) Bill wiping(head shaking): 깃털다듬기 동안에 머리와 부리를 좌우로 힘차게 흔드는 행동(Walther 2003)
- (3) Bill dipping: 깃털다듬기 동안 부리를 물에 적시는 행동

### 제3절 연구결과

#### 1. 일주행동 중 시간비율에 의한 유지행동의 배분

월동기간의 일주 행동 중 유지행동이 차지하는 시간비율을 살펴보면 깃털다듬기 91.2%, 목욕행동 3.9%, 짧은 유지행동 3.1%, 스트레칭 1.3%, 물마시기 0.25%, 도포하기 0.15%, 배변 0.05% 순으로 깃털다듬기가 가장 많았다. 전체 유지시간의 연령별 차이와 월동시기별 차이는 Fig. 53과 Fig. 55에 제시하였다. 연령별로는 전체 유지시간이 성조 평균 102.7sec±158.77로 가장 길었으며 유조 77.2sec± 136.60, 아성조 74.5sec±131.82 순이었고 유의차가 있었다( $F_{2, 1,155}=4.80, P<0.01$ ). 유지행동 중 깃털다듬기는 성조 평균 92.9sec±143.45, 유조 70.4sec±123.08, 아성조 69.1sec±124.67 순이었고 유의차가 있었다( $F=4.26, P<0.05$ ). 그 외의 행동들에서는 유의차가 없었다.

전체 유지행동의 월동시기별 분석은 월동초기 평균 99.8sec±166.02로 가장 길었고, 월동중기 83.3sec±138.60와 월동후기 81.2sec±137.69 순이었으나 유의차는 없었다. 유지행동에서 짧은 유지행위는 월동초기 평균 4.1sec±15.40로 가장 길었고, 월동후기 2.83sec±7.89, 월동중기 1.97sec±6.60의 순이었으며 유의차가 있었다( $F=4.34, P<0.05$ ). 그 외의 행동에서는 유의한 차이가 없었다.

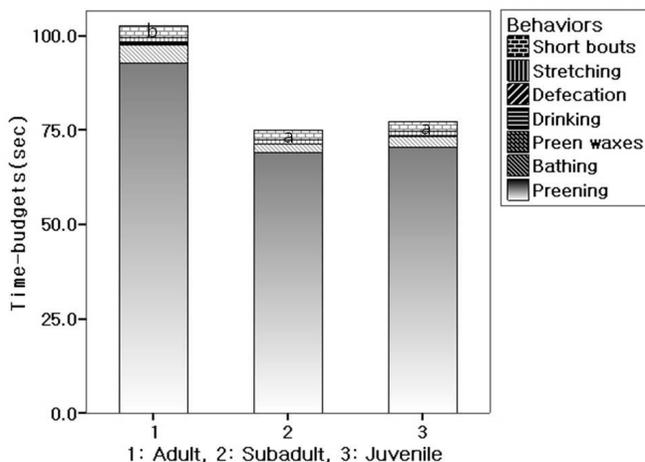


Fig. 53. A comparison of time-budgets of maintenance behavior by age

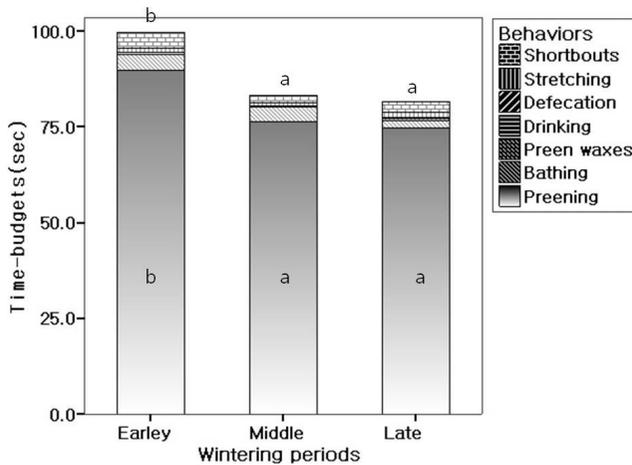


Fig. 54. A comparison of time-budgets of maintenance behavioral times among wintering periods

## 2. 깃털다듬기(Preening)

### 가. 연령대별, 월동시기에 따른 깃털다듬기의 비교

깃털다듬기는 전체 유지 행동 중에서 가장 많은 시간분배를 가지고 있는 행동이다. 노랑부리저어새의 깃털다듬기는 부리에 의해 다듬는 영역이 가장 넓었으며 방식은 찢기와 문지르기, 길이단위로 빗질하기와 두드리기였다. 발가락에 의해 머리와 목의 영역은 긁기에 의해서 수행되었고 머리에 의해 등과 어깨부분은 문지르기를 통해 수행되었다.

깃털다듬기의 영역별 비율은 Fig. 55에 제시하였다. 가장 많은 비율을 차지하고 있는 부분은 날개부분으로 55.0%를 차지하였으며 가슴과 복부 17.7%, 부리에 의한 등과 꼬리부분이 8.8%, 옆구리 8.3%, 궁둥이 4.0%, 머리에 의한 등과 어깨 3.3%, 발가락에 의한 머리와 목 2.5% 순이었고 부리에 의한 다리와 발의 치장이 0.3%로

가장 적었다.

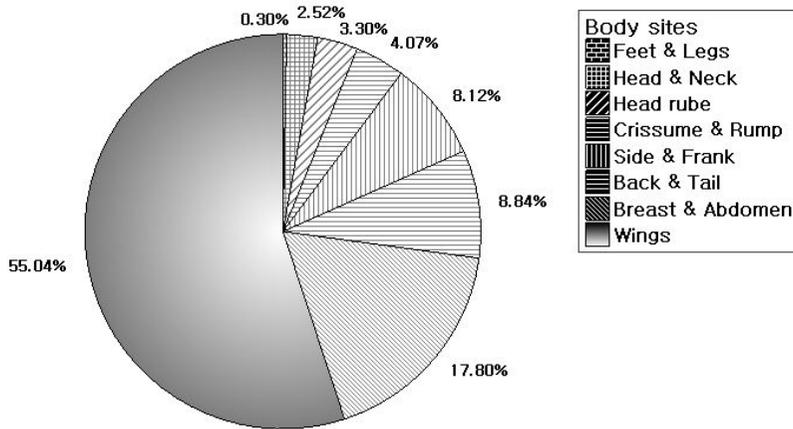


Fig. 55. Percentage of Eurasian Spoonbill's preening by body parts

노랑부리저어새의 깃털다듬기 영역별 시간분배의 연령별 그리고 월동시기별 분석 결과는 Fig. 56과 Fig. 57에 제시하였다. 연령이 확인된 624개체의 분석결과 성조 평균 121.4sec±140.24, 아성조 118.3sec±132.02, 유조 92.8sec±100.95의 순으로 유의차가 있었다( $F_{2, 621}=3.11, P<0.05$ ). 몸의 영역별로는 날개영역 깃털다듬기 시간이 성조가 70.0sec±101.59로 가장 많았으며, 아성조 59.4sec±89.45, 유조 49.4sec±65.04로 유의차가 있었다( $F=3.14, P<0.05$ ). 가슴과 복부 영역 깃털다듬기 시간은 아성조 22.8sec±27.61로 가장 많았으며, 성조 21.6sec± 27.80, 유조 15.4sec±18.38로 유의차가 있었다( $F=4.44, P<0.05$ ).

월동시기별로 살펴보면 월동초기에 깃털다듬기 시간이 163.4sec±159.18로 가장 많았고 월동후기 106.3sec±123.39, 월동중기 96.1sec±112.69순이었으며 유의차가 있었다( $F_{2, 621}=13.38, P<0.001$ ). 영역별로 비교한 결과 날개영역은 월동초기 106.9sec±130.89로 가장 길었으며, 월동후기 52.3sec±76.81, 월동중기 49.4sec±69.98순으로 유의차가 있었다( $F=21.27, P<0.001$ ). 가슴과 복부영역은 월동초기 25.4sec±30.34, 월동후기 20.7sec±28.38, 월동중기 17.7sec±21.53로 유의한 차이를 보였다

( $F=4.46$ ,  $P<0.05$ ). 다리와 발의 영역은 월동초기  $0.64\text{sec}\pm 2.01$ , 월동중기  $0.32\text{sec}\pm 1.78$ , 월동후기  $0.13\text{sec}\pm 0.057$ 의 순이었으며 유의차가 있었다( $F=3.40$ ,  $P<0.05$ ). 그 외의 영역에서는 월동시기에 따라 유의한 차이가 없었으며 성별에서도 유의차가 없었다.

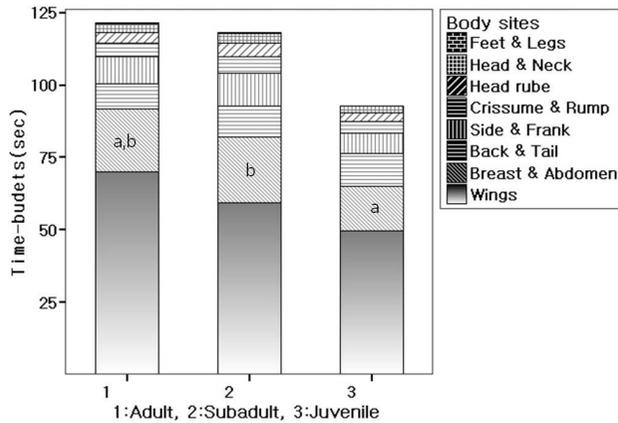


Fig. 56. A comparison of time-budgets of preening area by age

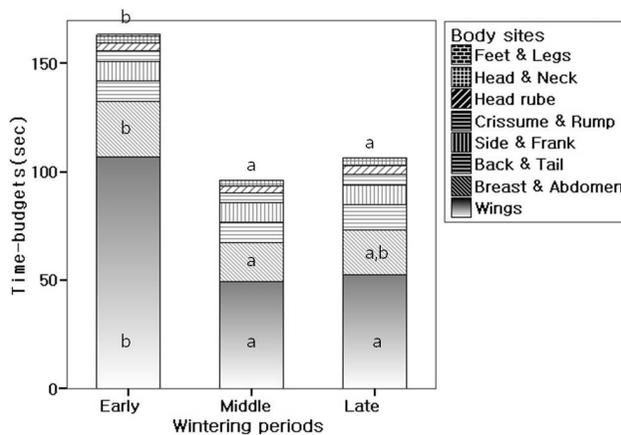


Fig. 57. A comparison of time-budgets of preening area among wintering period

## 나. 이전 행동에 따른 깃털다듬기 영역별 비교

깃털다듬기 이전의 행동에 따라 깃털을 다듬는 영역에 차이가 있을 것이라는 가정에 따라 취식행동(Feeding), 휴식행동(Resting), 목욕행동(Bathing)으로 구분하고 각 행동 이후에 깃털다듬기 영역의 변화가 있었는지를 비교하여 Fig. 58에 제시하였다. 목욕후 깃털다듬기 시간이  $282.3\text{sec}\pm 188.80$ 로 가장 길었고 취식후  $108.5\text{sec}\pm 134.56$ , 휴식후  $98.6\text{sec}\pm 103.71$  순이었으며 유의차가 있었다( $F_{2, 621}=37.97$ ,  $P<0.001$ ).

날개영역은 목욕후  $184.9\text{sec}\pm 156.14$ 로 가장 길었고, 취식후  $56.6\text{sec}\pm 96.76$ , 휴식후  $53.6\text{sec}\pm 65.07$  순이었으며 유의차가 있었다( $F=41.73$ ,  $P<0.001$ ). 옆구리영역은 목욕후  $16.9\text{sec}\pm 113.94$ , 취식후  $9.5\text{sec}\pm 14.24$ , 휴식후  $8.1\text{sec}\pm 20.48$  순이었으며 유의차가 있었다( $F=3.17$ ,  $P=0.043$ ). 등과 꼬리영역은 목욕후  $16.6\text{sec}\pm 18.20$ , 휴식후  $9.7\text{sec}\pm 15.08$ , 취식후  $9.3\text{sec}\pm 13.59$  순이었으며 유의차가 있었다 ( $F=3.73$ ,  $P<0.05$ ). 머리에 의한 등의 마찰은 목욕후  $12.4\text{sec}\pm 14.54$ , 취식후  $4.1\text{sec}\pm 8.01$ , 휴식후  $2.6\text{sec}\pm 5.84$  순이었고 유의차가 있었다( $F=26.09$ ,  $P<0.001$ ). 발가락에 의한 머리와 목의 영역은 목욕후  $10.6\text{sec}\pm 18.44$ , 취식후  $2.7\text{sec}\pm 6.65$ , 휴식후  $2.2\text{sec}\pm 6.03$  순이었고 유의차가 있었다 ( $F=18.75$ ,  $P<0.001$ ). 부리에 의한 다리와 발의 영역은 목욕후  $1.0\text{sec}\pm 3.47$ , 취식후  $0.4\text{sec}\pm 1.48$ , 휴식후  $0.2\text{sec}\pm 1.44$  순이었고 유의차가 있었다( $F=4.03$ ,  $P<0.05$ ). 이전 행동과 깃털다듬기의 영역별 시간분배는 가슴과 복부의 영역을 제외하고 모든 영역에서 유의차가 있었다.

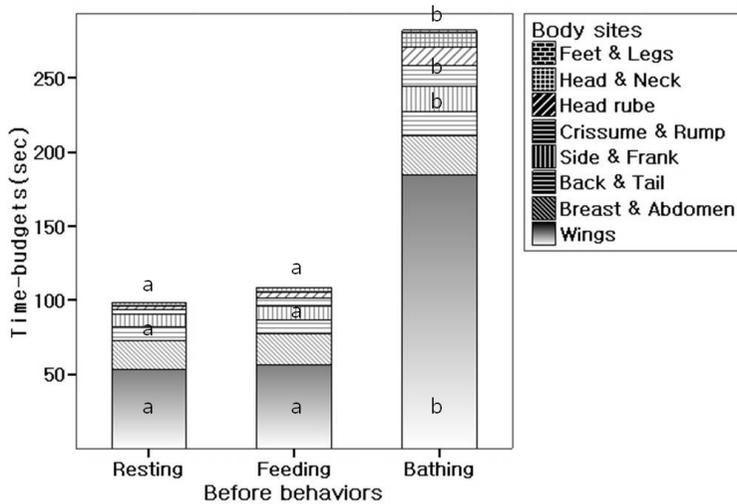


Fig. 58. A comparison of time-budgets of preening area among before behaviors

#### 다. 깃털다듬기의 short bouts에 대한 비교

깃털다듬기의 과정 중에 이루어지는 짧은 동작들을 연령별로 분석한 결과는 Fig. 59에 그리고 월동시기별로는 Fig. 60에 제시하였다. 성조 평균 10.00sec±16.70, 아성조 7.56sec±10.28, 유조 6.54sec±10.42 순이었고, 유의차가 있었다( $F_{2, 621}=3.86$ ,  $P<0.05$ ). 부리-흔들기(Bill-wiping)가 가장 많았으며 성조 평균 5.70sec±11.05, 아성조 4.62sec±6.85, 유조 4.62sec±6.38 순이었으며 유의차가 있었다( $F=3.22$ ,  $P<0.05$ ). 다음으로 부리-적시기(Bill-dipping)는 성조 평균 2.70sec±5.70, 아성조 1.42sec±2.75, 유조 1.37sec±3.26로 연령대별 유의한 차이가 있었다( $F=6.29$ ,  $p<0.01$ ).

월동시기별 비교에서는 월동초기 11.05sec±15.27, 월동후기 9.15sec± 13.18, 월동중기 7.33sec±13.79 순이었고 유의차가 있었다( $F_{2, 621}=3.48$ ,  $P<0.05$ ). 가장 많이 이루어지는 동작은 부리-흔들기(Bill-wiping)로 평균 5.04sec±9.15이며 월동초기 6.33sec±9.49, 월동후기 5.51sec±8.85, 월동중기 4.33sec±9.11 순이었고 유의차가 있

었다(F=2.88, P>0.05).

부리-적시기(Bill-dipping) 평균 2.05sec±4.64로 월동초기 3.39sec±5.78, 월동후기 2.39sec±5.02, 월동중기 1.41sec±3.81 순이었고 유의차가 있었으며(F=2.88, P<0.001), 깃털을 다듬기 직전 또는 깃털을 다듬는 영역이 바뀌는 시점에서 발생하였다. 깃털-부풀리기(Fluffing plumage)는 평균 0.87sec±2.51로 월동초기와 월동중기에 많이 발생하였으나 유의차는 없었다. 머리-털기(Head-flicking)는 평균 0.27sec±0.75로 월동후기 0.31sec±0.91, 월동중기 0.31sec±0.79, 월동초기 0.09sec±0.27 순이었으며 유의차가 있었다(F=4.18, P<0.05). 꼬리깃-털기(Tail-flicking)는 평균 0.32sec±0.83로 월동후기 0.41sec±0.73, 월동중기 0.34sec±0.97와 월동초기 0.15sec±0.40로 유의차가 있었으며(F=3.74, P<0.05) 기온이 낮은 월동중기와 수위가 높아지는 월동 후기에 빈번하게 발생하는 동작들이었다.

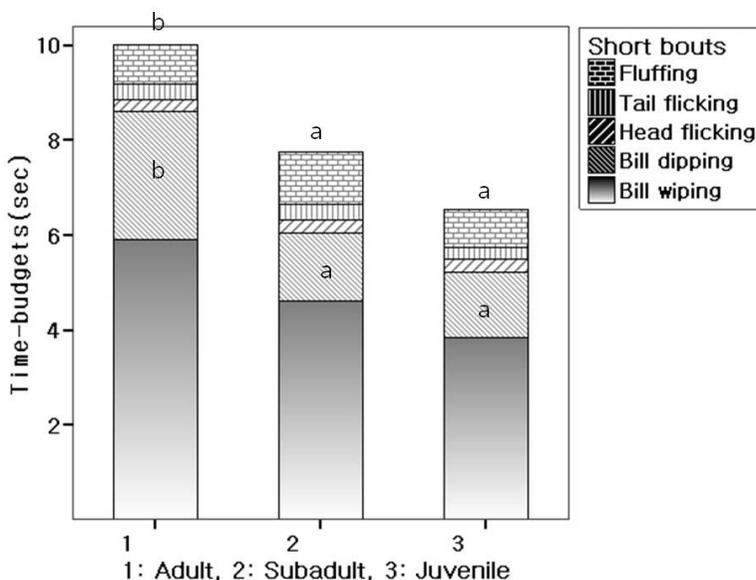


Fig. 59. A comparison of time-budgets of short bouts by age

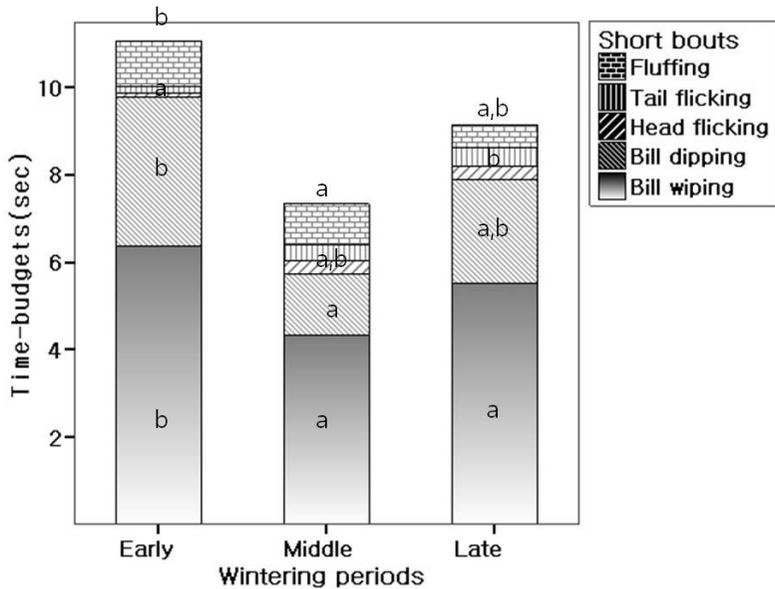


Fig. 60. A comparison of time-budgets short bouts among wintering periods

깃털다듬기의 짧은 유지행동과 이전 행동과의 관련성을 분석한 결과는 Fig. 61에 제시하였다. 전체 짧은 유지행동의 시간분배는 목욕후 평균 24.91sec±18.42, 취식후 12.22sec ±13.58, 휴식후 4.40sec±11.85 순이었고 유의차를 보였다( $F_{2, 621}=53.85$ ,  $P<0.001$ ).

세부행동으로 깃털-부풀리기는 목욕후 7.72sec±5.99, 취식후 0.67sec±1.82, 휴식후 0.35sec±0.98 순이었고 유의차가 있었다( $F=224.63$ ,  $P<0.001$ ). 꼬리깃-털기는 목욕후 2.05sec±2.36, 휴식후 0.23sec±0.50, 취식후 0.21sec±0.71 순이었고 유의차가 있었다 ( $F=100.54$ ,  $P<0.001$ ). 머리-털기는 목욕후 0.59sec±1.41, 휴식후 0.27sec±0.69, 취식 후 0.22sec±0.71의 순으로 유의차가 있었으며( $F=3.55$ ,  $P<0.05$ ), 취식행동 이후에 자주 나타나는 동작은 부리-적시기로 취식후 3.63sec±5.71, 목욕후 2.50sec±3.66, 휴식 후 0.91sec±3.40 순이었고 유의차가 있었다( $F=26.93$ ,  $P<0.001$ ). 부리-흔들기는 목욕 후 12.0sec±12.56, 취식후 7.48sec±8.84, 휴식후 2.67sec±8.17였으며 유의차가 있었다 ( $F=33.18$ ,  $P<0.001$ ). 깃털다듬기의 짧은 동작들은 이전의 행동에 따라 유의한 차이를 나타냈다.

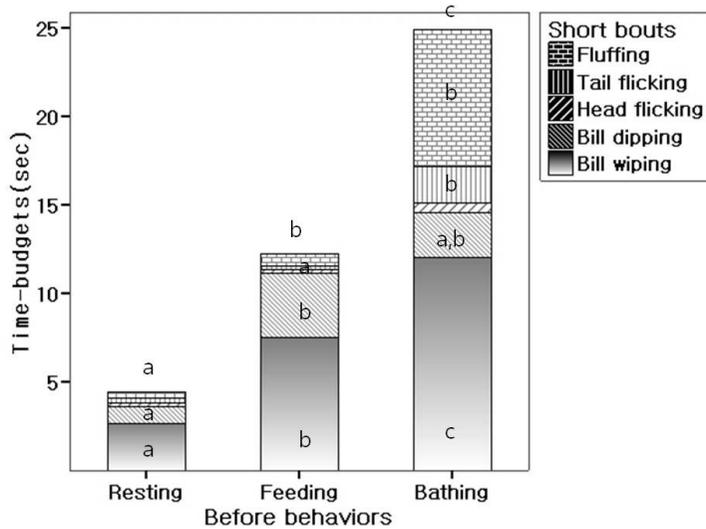


Fig. 61. A comparison of time-budgets short bouts among before behaviors

### 3. 스트레칭 (Stretching)

월동 기간 동안 총 2,050s, 624개체의 스트레칭의 비율을 Fig. 62에 그리고 연령별로는 Fig. 63, 성별로는 Fig. 64, 월동시기별로는 Fig. 65에, 이전행동과는 Fig. 66에 제시하였다. 전체 스트레칭 중 하품하기(Yawning) 74.4%였으며 날개-다리(Wing-leg) 스트레칭 14.8%, 머리-들어올리기(Neck-tilting) 5.4%, 양 날개-올리기(Wings-up) 3.4%, 목-비틀기(Neck-wring) 1.8% 순이었다.

연령별로는 유조 평균 3.64sec±6.39, 아성조 평균 3.21s±4.16, 성조 평균 3.11sec±6.90 순이었고, 성별로는 유의한 차이는 없었으나 암컷의 스트레칭 평균 4.19sec±8.72로 수컷의 평균 3.91sec±5.53 보다 더 많았다.

월동시기별로는 월동초기 평균 3.35sec±5.07, 월동중기 2.97sec±6.56, 월동후기 3.94sec±6.60로 월동후기에 가장 높았으나 분산분석 결과 모두 유의한 차이는 없었다. 그러나 이전행동으로 분석한 결과 스트레칭 시간은 목욕후에 평균 7.41sec±11.40로 가장 많이 나타났으며 취식후 평균 3.29sec±6.48, 휴식후 평균

2.89sec±5.31 순이었고 유의차가 있었다( $F_{2, 621}=7.93, P<0.001$ ). 날개-다리 스트레칭은 휴식후 0.72sec±2.36, 취식후 0.22sec±1.29, 목욕후 0.00sec의 순으로 유의차가 있었으며( $F=5.84, P<0.01$ ), 휴식 중 또는 휴식 후에 관련된 동작이었다. 하품하기는 목욕후 7.31sec±11.42, 취식후 2.94sec±6.39, 휴식후 1.64sec±3.62의 순으로 유의차가 있었으며( $F=17.73, P<0.001$ ), 목욕 또는 취식 등의 활동적인 행동 이후에 나타나는 동작으로 분석되었다.

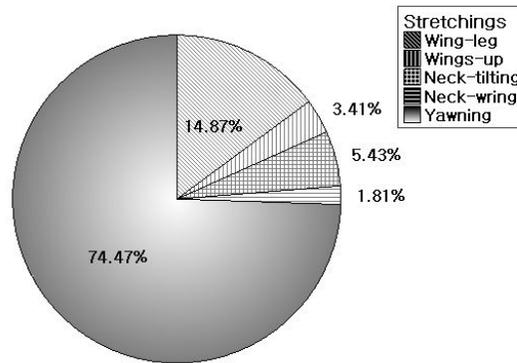


Fig. 62. Percentage of types of stretching

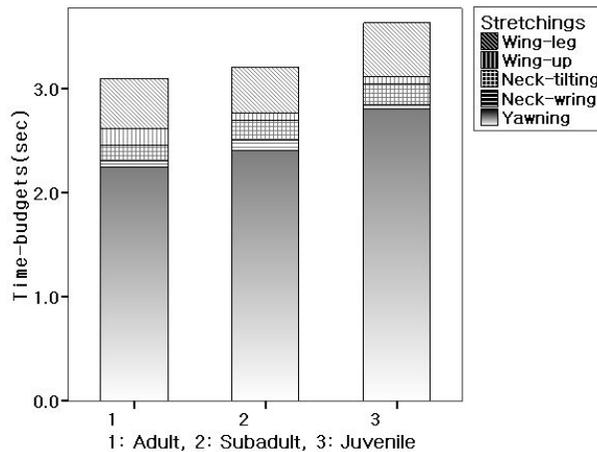


Fig. 63. A comparison of time-budgets of stretching by age

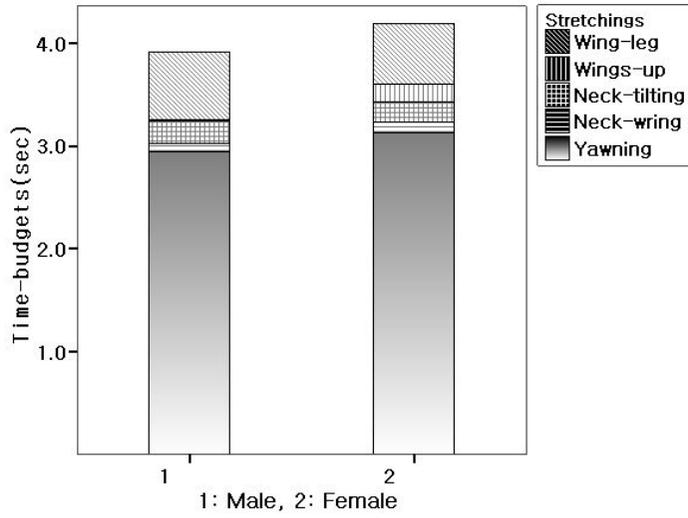


Fig. 64. A comparison of time-budgets of stretching between sex

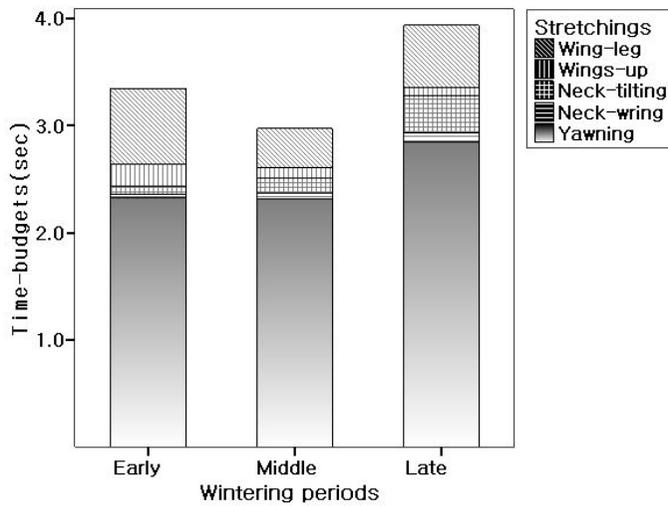


Fig. 65. A comparison of time-budgets of stretching among wintering periods

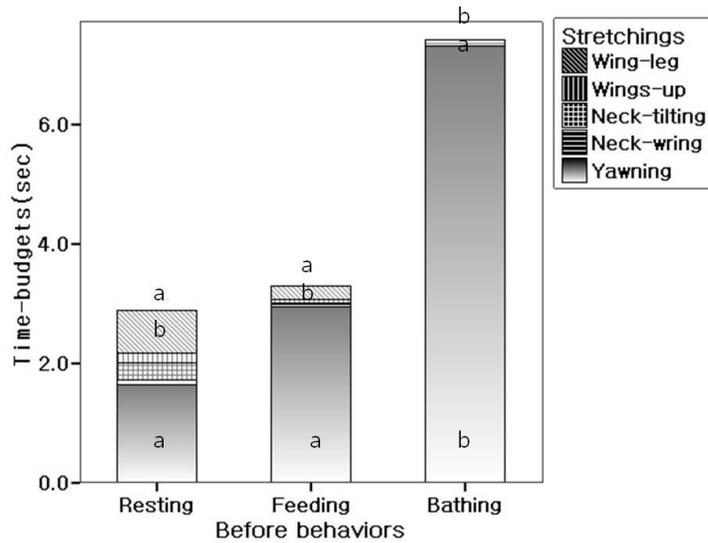


Fig. 66. A comparison of time-budgets of stretching according to previous behaviors

#### 4. 목욕하기(Bathing)

총 48회의 목욕 행동의 분석결과 총 6,198초 중 평균 129.1초가 소요되었고 입수-세척-건조과정으로 구분 되었다. 목욕행동의 비율은 Fig. 67에, 연령별 세부행동의 비교는 Fig. 68에 월동시기별 비교는 Fig. 69에 제시하였다. 머리와 목을 입수하기(Head dipping) 9.0%, 세척과정은 전체의 78.4%로 머리로 등과 어깨를 마찰하기(Head rubbing) 18.2%, 부리로 날개와 등 부분, 꼬리깃, 가슴과 옆구리 등을 세척하기(Bill washing) 34.8%, 날개로 물을 쳐서 습윤하기(Wing-thrashing, Wing-beat) 25.5%로 나눌 수 있고 나머지 13%의 건조과정은 날개-펼럭이기(Wing flapping) 6.2%, 머리-털기(Head-flicking) 2.7%, 꼬리깃-털기(Tail-flicking) 1.7%, 깃털-부풀리기(Fluffing plumage) 0.8% 로 구분되었다.

연령대별로는 유조 146.0sec±54.06, 아성조 129.0sec±43.85, 성조 평균 124.1sec±61.15의 순으로 유조가 가장 길었고 각 목욕 세부 행동간 연령별 차이는

유의하지 않았다. 월동시기별로는 월동 중기  $137.5\text{sec}\pm 53.78$ , 월동 초기  $123.6\text{sec}\pm 62.49$ , 월동 후기  $103.0\text{sec}\pm 43.55$  순이었으며 유의차는 없었고 세부행동 중 깃털-부풀리기가 월동 후기에  $4.63\text{sec}\pm 4.09$ 로 가장 길었고 월동중기  $3.06\text{sec}\pm 2.68$ , 월동초기  $1.53\text{sec}\pm 1.66$  순이었으며 유의차가 있었다( $F_{2, 45}=3.61, P<0.05$ ). 그 외의 행동들에서는 시기별 유의차가 없었다. 또한 일일시간대별, 이전행동별, 성별에서도 유의차는 없었다.

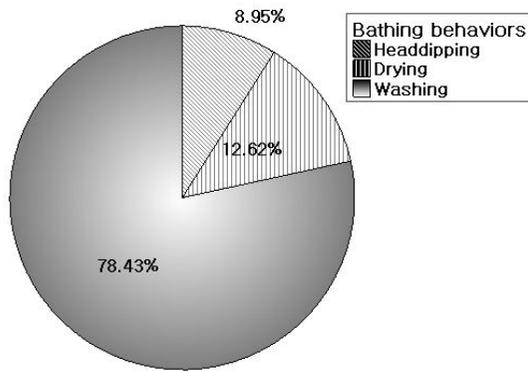


Fig. 67. Percentage of process in bathing

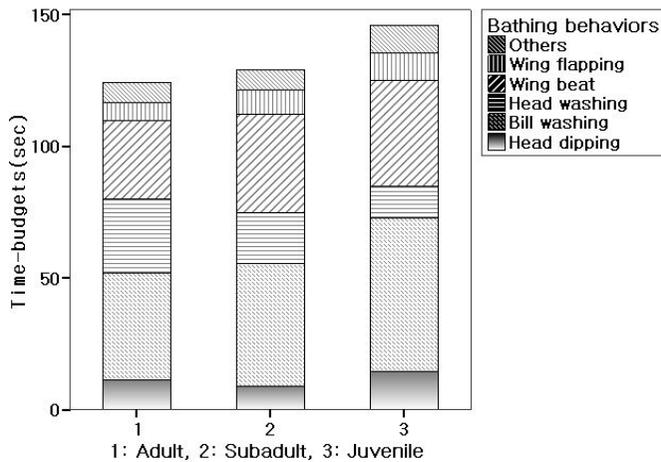


Fig. 68. A comparison of time-budgets of process in bathing behaviors by age

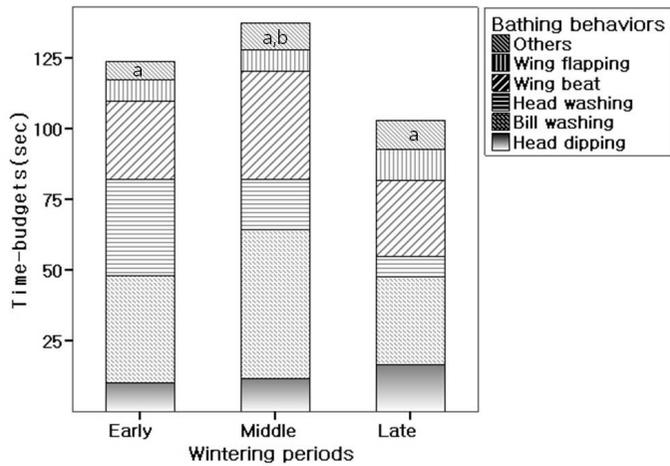


Fig. 69. A comparison of time-budgets of process in bathing behaviors among wintering periods

목욕의 세부행동과 기상요인과의 상관관계를 분석한 결과는 Table 10에 제시하였다. 기온은 머리-적시기(head washing)와 Pearson's  $r=0.34$ ,  $P<0.05$ 의 정의 상관관계를, 날개치기(wing beating)와는 Pearson's  $r=-0.39$ ,  $P<0.01$ 로 부의 상관관계를 나타냈으며 강수량은 Pearson's  $r=0.37$ ,  $P<0.01$ , 수위는 Pearson's  $r=0.39$ ,  $P<0.01$ 로 꼬리깃-털기와 정의 상관관계를 나타냈다.

Table 10. A correlation between behaviors of bathing and measurements of meteorological parameters

n=48			Temperature	Wind speed	Hours of sunshine	Rainfall	Water level
Washing	Head washing	Pearson's a correlation coefficient	0.335*	0.097	-0.180	0.220	-0.028
		significance	0.020	0.510	0.220	0.133	0.849
	Wing beating	Pearson's a correlation coefficient	-0.394**	0.036	-0.018	0.072	0.213
		significance	0.006	0.806	0.901	0.628	0.147
Drying	Tail flicking	Pearson's a correlation coefficient	-0.228	-0.190	-0.130	0.372**	0.393**
		significance	0.119	0.197	0.380	0.009	0.006
	Fluffing plumage	Pearson's a correlation coefficient	-0.282	-0.044	0.085	0.256	0.338*
		significance	0.052	0.765	0.564	0.079	0.019

## 5. 도포하기(Preen waxes)

노랑부리저어새의 연령이 확인된 115개체의 연령대별 총 도포시간은 Fig. 70에, 월동시기별로는 Fig. 71에 제시하였다. 연령별로 전체 평균  $77.2\text{sec} \pm 34.45$ 였으며 아성조  $92.3\text{sec} \pm 41.67$ , 성조  $78.6\text{sec} \pm 33.23$ , 유조  $68.4\text{sec} \pm 32.04$  순이었고 유의차는 없었다. 연령별 도포 부위의 차이는 가슴과 복부 영역 도포에서 아성조  $37.3\text{sec} \pm 29.92$ , 성조  $26.4\text{sec} \pm 19.58$ , 유조  $20.4\text{sec} \pm 14.37$  순이었고 유의한 차이가 있었다( $F_{2, 112}=3.64$ ,  $P<0.05$ ).

월동 시기에 따른 도포차이는 월동 초기  $69.1\text{sec} \pm 35.45$ , 중기  $73.9\text{sec} \pm 31.89$ , 후기  $101.0\text{sec} \pm 29.88$  순으로 시기가 경과됨에 따라 도포시간이 증가되었고 유의차가 있었다( $F=7.00$ ,  $P<0.001$ ). 도포 영역별로는 가슴과 복부 영역이 월동초기  $18.5\text{sec} \pm 13.02$ , 중기  $24.3\text{sec} \pm 16.55$ , 후기  $43.6\text{sec} \pm 28.69$  순으로 유의차가 있었으며 ( $F=12.96$ ,  $P<0.001$ ), 또한 머리를 통해 왁스를 도포하는 Head rubbing도 월동초기  $13.2\text{sec} \pm 12.62$ , 중기  $16.0\text{sec} \pm 15.17$ , 후기  $29.7\text{sec} \pm 25.70$ 로 월동경과에 따라 증가하였고 유의한 차이를 보였다( $F=9.56$ ,  $P<0.001$ ).

노랑부리저어새의 왁스를 도포하는 방식은 미지선에서 왁스를 묻히는 방식은 3가지 형태로 구분되었다. 1) 아랫부리에 찍어서 바르기, 2) 아랫부리와 뺨에 밀어서 바르기, 3) 아랫부리와 머리전체를 꼬리깃에 굴리면서 바르기로 구분 되었다.

각각의 방식을 한 가지 만으로 도포하는 경우 총 115회 중 38회, 두 가지 이상의 혼합방식은 77회였다. 미지선에서 왁스를 묻히는 방식과 도포하는 몸의 영역과의 분산분석의 결과는 Table 11과 같다. 분석결과 머리에 의해서 아랫부리와 머리전체를 굴리면서 도포하는 혼합방식이  $90.2\text{sec} \pm 28.06$ 로 가장 오랜 시간 도포하였으며 가슴과 복부에 도포하는 비율이 33.6%로 가장 높았고 머리에 의한 등과 어깨의 도포 22.8%, 날개와 어깨 영역 19.7% 순이었다. 미지선에서 왁스를 옮기는 방식에 따라 도포하는 몸의 영역과의 관계는 날개 영역, 배설강 주위, 다리 주변, 부리에 의한 등과 꼬리의 도포를 제외하고 모두 유의한 차이를 나타냈다.

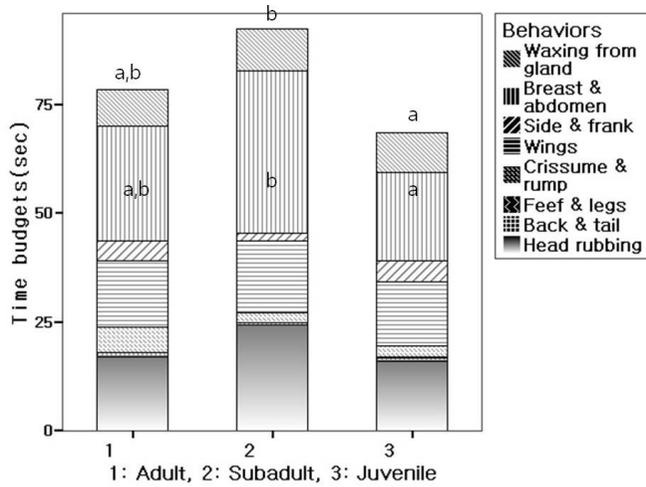


Fig. 70. A comparison of preening area on several anointing body parts by age

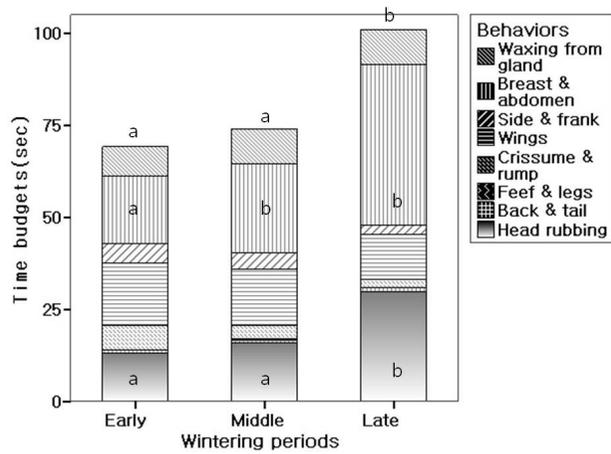


Fig. 71. A comparison of preening area on several anointing body parts among wintering periods

Table 11. A result of ANOVA test for the effects of preening area on several anointing body parts preen waxes method and anointing. <sup>a,b,c</sup> is result of Turkey test.

n=115		Mandible n=23	Mandible+ cheek n=3	Mandible+ head n=12	Multiple n=77	Mean(sec)	F	P	
Waxing times from uropygial gland		2.86 <sup>a,b</sup>	1.93 <sup>a</sup>	8.00 <sup>b,c</sup>	11.01 <sup>c</sup>	8.83(11.4%)	21.47	0.000	
anointing	Mandible	Breast & Abdomen	10.50	24.70	20.63	31.42	25.94(33.6%)	7.84	0.000
		Side & Frank	1.67	1.30	2.99	5.41	4.31(5.6%)	4.60	0.005
		Wings & Scapula	16.00	1.87	6.44	16.88	15.22(19.7%)	2.05	0.111
		Crissum & Rump	5.35	0.50	1.87	4.65	4.39(5.7%)	0.56	0.642
		Feet & Legs	0.10	0.00	0.00	0.14	0.12(0.2%)	0.27	0.849
		Back & Tail	0.32	0.00	0.00	1.10	0.82(1.1%)	1.82	0.148
	Head	Back & Shoulder	6.96	20.6	24.77	19.52	17.59(22.8%)	5.56	0.001
	Sum of anointing times		40.90 <sup>a</sup>	48.97 <sup>a,b</sup>	56.95 <sup>a,b</sup>	79.13 <sup>b</sup>	68.38(88.5%)	13.38	0.000
Total Anointing times		43.76 <sup>a</sup>	50.90 <sup>a</sup>	64.95 <sup>a,b</sup>	90.18 <sup>b</sup>	77.24(100%)	16.99	0.000	

그러나 일일시간대, 연령별, 성별에서의 분산분석의 유의한 차이는 없었다. 기상 요인과 도포행동과의 상관관계는 Table 12에 제시하였다. 가슴과 복부영역의 도포는 풍속과 Pearson's  $r=0.28$ ,  $P<0.01$ , 수위와는  $r=0.31$ ,  $P<0.01$ 의 정의 상관관계가 있었으며, 옆구리 영역은 일조시간과  $r=0.25$ ,  $P<0.01$ 의 정의 상관, 수위와는  $r=-0.20$ ,  $P<0.05$ 의 부의 상관관계가 있었다.

날개 영역과 일조시간( $r=0.28$ ,  $P<0.01$ )과는 정의 상관, 풍속( $r=-0.20$ ,  $P<0.05$ )과 강수량( $r=-0.22$ ,  $P<0.05$ )과는 부의 상관, 수위와는 정의 상관이 있었으며 머리에 의한 등의 도포는 강수량( $r=0.22$ ,  $P<0.01$ ), 풍속( $r=0.19$ ,  $P<0.05$ )과 정의 상관이 그리고 전체 도포시간은 일조시간( $r=0.27$ ,  $P<0.01$ )과 정의 상관관계가 있었다. 따라서 날개영역, 옆구리 영역, 가슴과 복부, 머리에 의한 등의 도포가 기상요인과 상관관계가 유의하게 나타났다.

Table 12. A result of correlation between the frequency of preen waxes and measurements of meteorological parameters

n=115			Temperature	Wind speed	Hours of sunshine	Rainfall	Water level
Mandible anointing	Breast & Abdomen	Pearson's a correlation coefficient	-0.073	0.276	0.120	0.181	0.313
		significance	0.441	0.003	0.203	0.052	0.001
	Side & Frank	Pearson's a correlation coefficient	-0.145	0.018	0.248	-0.184	-0.198
		significance	0.122	0.845	0.008	0.048	0.034
	Wing & Scapula	Pearson's a correlation coefficient	-0.121	-0.203	0.279	-0.122	-0.220
		significance	0.199	0.030	0.003	0.194	0.018
	Feet & Legs	Pearson's a correlation coefficient	0.073	0.209	-0.010	-0.042	-0.060
		significance	0.435	0.025	0.918	0.657	0.521
Head apply	Back and Shoulder	Pearson's a correlation coefficient	0.107	0.191	-0.036	0.221	0.147
		significance	0.254	0.040	0.703	0.018	0.117
Sum of anointing times		Pearson's a correlation coefficient	-0.058	0.154	0.261	0.127	0.090
		significance	0.535	0.099	0.005	0.175	0.336
Total anointing times		Pearson's a correlation coefficient	-0.055	0.152	0.266	0.128	0.080
		significance	0.559	0.105	0.004	0.174	0.395

## 제4절 논의

새들의 유지행동은 깃털다듬기, 긁기, 부리-흔들기, 수욕(water bathing), 그리고 스트레칭과 같은 안락행동들을 포함한다(Simmons 1964, Delius 1988). Cotgreave와 Clayton(1994)의 연구에서 7개 목 62종 조류의 주간 동안 소비된 유지행동의 시간 분배는 평균 9.2(±0.7)%였으며 그 중 92.6%가 깃털다듬기였고 6.4%가 목욕행동이었으며 1%가 그 외의 행동이었다고 조사되었다. 또한 새들의 상대적인 부리의 길이와 관련된 형태학적인 관점에서 Clayton과 Cotgreave(1994)은 긴 부리의 새들이 작은 부리 분류군의 새들보다 상대적으로 더 많은 시간을 깃털다듬기 한다고 논증되었다. 고흥만에서 월동하는 노랑부리저어새의 유지행동은 깃털다듬기, 목욕, 왁스

도포 등의 긴 행위들과 스트레칭, 그리고 부리-적시기와 부리-흔들기, 깃털-부풀리기, 머리-털기, 꼬리깃-털기 등의 짧은 행위들로 구분할 수 있었다. 월동기간 동안의 총 유지행동의 시간분배는 평균 144.6sec(N=1,158, 관찰시간 매시간 평균 600sec당)로 일주행동의 14.4%에 해당하며 깃털다듬기는 전체 유지행동의 91.4%에 해당하고 목욕 2.4%, 왁스 도포 0.09%, 물마시기 2.1%, 스트레칭을 비롯한 짧은 유지행동 1.9%, 배변 0.03%로 관찰되었다. 따라서 노랑부리저어새의 유지행동 14.4%는 황새목의 21종의 평균 10.9%보다 높으며 검은머리물떼새 14.9%(Cotgreave and Clayton 1994)와는 비슷한 비율을 나타냈다.

깃털다듬기의 94%는 주로 부리에 의해서 수행되었고 머리에 의한 마찰 3.3%, 발가락에 의한 긁기 2.5%가 포함되었다. 깃털다듬기의 방식은 부리에 의해서 가볍게 혹은 깊게 찢기, 부리의 아랫면으로 문지르기, 호를 그리며 쓰다듬기, 길이단위로 물어서 훑어 내리기, 부리의 아랫면이나 옆면으로 두드리기 등이 구분되었다. 월동초기 평균 165.0sec로 가장 많았고 중기 95.6sec로 가장 적었으며 후기 105.8sec로 다시 증가하였다. 이는 최 등(2011)에 의한 고흥만에서의 주간행동 조사결과 월동시기에 따른 취식행동비율이 월동초기 55.0%, 월동중기 40.0%, 월동후기 46.1%로 변화하는 것과 연관이 있으며 활동적인 취식 행동 이후에 유지행동이 증가하는 것으로 보여 진다. 또한 월동 중기의 낮은 기온에서의 열손실과 불필요한 에너지 소모를 최소화하기 위해 활동적 행동을 줄인다는 저어새에 대한 최(2004)의 연구에서도 조사되었다. 깃털다듬기의 영역별 조사의 결과 날개부분이 55%를 차지하였으며 가슴과 복부 18%, 부리에 의한 등과 꼬리부분이 9%, 옆구리, 엉덩이, 머리에 의한 등과 어깨, 발가락에 의한 머리와 목 순이었고 부리에 의한 다리와 발의 마찰이 가장 적었다. 이전의 조사결과(Table 13)와 비교하여보면 Rhea(Robert 1968)와 Goldfinch(Coutlee 1963)의 경우 모두 날개부분의 깃털다듬기 비율이 높고 목이 두 번째 빈도를 갖는 반면 노랑부리저어새의 경우에 머리와 목의 비율이 2.5%로 낮은 것은 동종간의 Allopreening에 의해 머리와 목의 깃털다듬기를 공여 받을 수 있기 때문으로 추측되며 또한 다리와 발의 영역에 대한 비율이 낮고 날개영역, 가슴과 복부 영역의 비율이 높은 것은 수조류로서 물과 접촉하는 시간이 더 많기 때문이라고 생각된다. 따라서 깃털다듬기의 영역별 비율에 대한 중요한 차이는 Robert(1968)에 의해서 형태학적 그리고 이동하는 방법, 생활 장소 등에서 나타나는 일차적인 행동과 관련되었다고 조사되었다.

Table 13. The comparisons of the preening area between previous studies and this research

Area	Rhea(Robert 1968)	Goldfinch(Elen 1963)	This research
Wing	43.9	28.0	55.1
Head and Neck	14.8	28.0	2.5
Breast and Abdomen	10.5	17.0	17.7
Side and Franks	7.2	4.0	8.3
Back and Shoulder	6.9	13.0	12.0
Rump and Tail region	2.2	7.0	4.0
Feet and legs	14.5	3.0	0.4
Total(%)	100	100	100

영역별 깃털다듬기와 이전행동과의 관계를 조사한 결과 목욕 후의 깃털다듬기 시간분배가 가장 길었었으며 날개영역과 배설강 주위 또는 머리에 의한 등의 마찰이 다른 이전 행동에 비해 목욕 후에 유의하게 높았다. 따라서 깃털다듬기 이전의 행동이 깃털을 다듬는 영역에 영향을 주었다고 분석되었다. 그러나 월동시기에 따른 깃털다듬기의 영역과 시간길이에 대한 연령별, 성별, 일일 시간대별의 차이는 없었다.

깃털다듬기에 관련된 짧은 유지행동들(short bouts)은 월동초기에 가장 길었고 중기에 짧았으며 가장 많이 이루어지는 동작은 부리 흔들기(bill-wiping)로 전체의 59%에 달하였고 깃털다듬기 동작의 중간 중간에 작동되었다. 부리적시기(bill-dipping)는 24%로서 깃털을 부리로 다듬기 전에 이루어지는 동작으로 가슴영역과 날개깃털 다듬기에서 자주 발생하였고 깃털-부풀리기(fluffing)는 13.7%로 기온이 낮은 월동 중기에 많이 발생하였다. 또한 깃털-부풀리기는 이전의 연구에서 기온이 낮은 겨울동안 새들의 보온과 체온 유지를 위한 동작으로 조사되었다(David 1966). 머리-털기와 꼬리깃-털기도 기온이 낮은 월동 중기에 빈번하게 발생하는 동작들이었으며 머리-털기는 흔히 발가락에 의한 머리와 목의 스크래칭과 연관되어 발생하였고 꼬리깃-털기는 배설강과 궁둥이 주변의 깃털다듬기 이후에 빈번하게 발생하였다.

스트레칭은 흔히 깃털다듬기 동안에 발생하기도 하지만 다른 행동의 부수적인 상태로 발생하기도 한다(Robert 1968). 노랑부리저어새의 경우에는 휴식중 또는 휴식후, 취식후에 발생하였다. 스트레칭은 날개와 다리(Wing-leg stretching), 두 날

개와 목(Wings up stretching), 그리고 하품하기(Yawning)와 목-들어올리기(Neck tilting), 또는 목옆으로 비틀기(Neck wring)로 구별되었으며 월동시기별, 연령별로 유의미한 차이는 없었지만 하품하기가 74.6%로 가장 많았고 날개-다리 스트레칭 14.9% 순이었다. 이전 행동과의 관련에서 스트레칭은 목욕 후, 취식 후, 휴식 후 순으로 발생하였다. 하품하기(Yawning) 혹은 턱 근육 스트레칭은 heron의 연구에서 휴식하는 동안 부정기적으로 발생하지만 수면과의 관련이 뚜렷하지 않다고 하였지만(George and Putnam 1968) 본 연구에서 하품하기는 활동적인 행동 이후(목욕, 취식) 또는 휴식 전에 발생하는 경우가 많았다.

목욕행동에 대한 이전의 연구들은 많은 데이터들이 요구됨에도 불구하고 목욕방법이 분류상 속의 단계에서 공통점을 갖는다고 제안되었으며(Burt 1983) 매우 드물게 언급되었다. Slessers(1970)는 목욕 방법은 해부학적인 구조와 습관으로 추정하였다. 노랑부리저어새는 수조류로서 월동기간 동안 거의 대부분 물에서 생활하는 시간이 많기 때문에 목욕하는 시간이 부정기적이며 깃털다듬기와 같은 유지행동보다 드물게 발생하여 일관성을 찾기가 어려웠다. 목욕의 세부행동과 기상요인과의 상관관계의 분석에서 기온은 날개치기와 부의 상관관계를 나타냈다. 이는 목욕의 과정 중 날개치기가 가장 활동적이고 격렬한 행동으로서 기온이 낮을수록 몸을 습윤 시키는 목욕행동이 체온을 저하시키기 때문에 기온이 낮을수록 더 많은 시간을 지출하여 체온을 유지하는 것이라고 추측되며, 강수량과 수위는 꼬리깃-털기와 정의 상관관계가 있었다. 이는 강수량 증가에 의한 수위 상승과 섭식수심의 증가에 따라 건조를 위한 빈도와 지속시간이 많은 것으로 추측된다.

노랑부리저어새의 도포행동은 전체 유지시간의 0.09%에 달하는 매우 짧은 시간 분배지만 몸의 표면유지에 중요한 기능을 수행하고 있다. Ainley(1974)의 Adelie 펭귄의 연구에서 개체 발생적으로 가장 빠르게 나타나는 유지행위는 가슴과 복부 영역의 깃털다듬기이며 가장 나중에 발발하는 유지행위는 머리에 의한 Shoulder rubbing과 Oiling이었다. 어깨 문지르기는 머리로 Oil이 이동되어진 후 머리로부터 어깨로 배분되는데 사용되어지는 특별한 행동이다. 또한 Kruijt(1964)에 의해 Burmese Junglefowl에서 Head-rubbing는 미지선에서 방출된 기름을 배분하는 동작으로 분비선의 기능 발달과 동시에 나타난다고 하였다. 노랑부리저어새의 월동시기에 따른 도포행동의 차이는 다른 활동적인 행동들이 월동중기의 낮은 기온에 대한 적응으로 시간분배를 감소하는 반면에 도포행동은 월동 초기에서 후기로 갈수록 도포행동의 시간분배가 증가하는데 그 특징이 있었다. 이는 번식지로 이동하기

에 앞서 성조들의 도포행동은 미지선으로 부터 Waxing 시간이 길어지며 머리에 의한 미지왁스의 운반(Head rubbing)시간이 유조에 비하여 더 많았다. 특히 통계적으로 유의하지는 않았지만 암컷보다는 수컷에서 더 많은 시간분배(Fig. 72)가 나타났다. 이는 청공작의 장식깃에 대한 유지 시간의 연구(Bruno 2003)에서 장식깃의 추가적인 유지비용의 지출로 건강하고 정력적인 배우자로서 암컷들에게 나타낼 수 있기 때문에 더 많은 시간을 투입하여 좋은 깃털을 유지한다는 것을 조사하였다. 또한 최근의 연구에서 섭금류의 미지왁스 구성물들이 번식기 바로 전 단일에스테르 혼합물에서 이중에스테르가 포함된 혼합물로 전환된다는 연구(Piersma *et al.* 1999; Damste *et al.* 2000)를 보여주고 있다. Piersma *et al.*(1999)는 이 이중에스테르 미지왁스들이 배우자 선택 기간 동안 성적으로 선택된 품질신호처럼 행한다고 제안하였다.

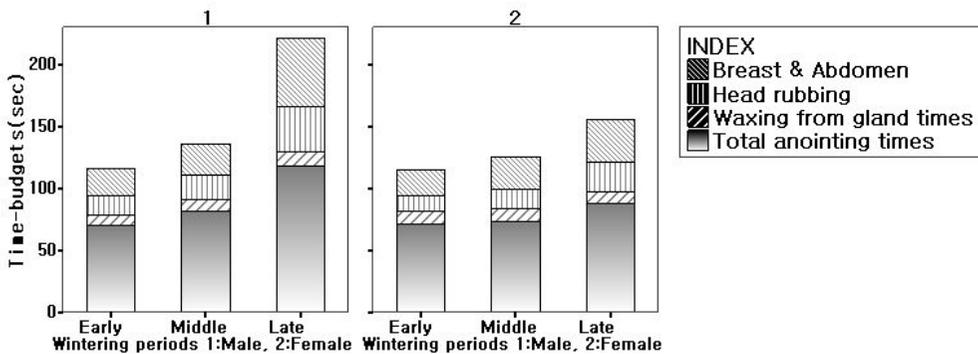


Fig. 72. A comparison of time-budgets on anointing body parts among wintering periods; 1-Male, 2-Female

노랑부리저어새의 깃털다듬기를 포함하는 유지행동의 대부분은 아직도 잘 알려져 있지 않다. 그러나 노랑부리저어새의 많은 유지행동들이 이전과 이후의 행동들과 서로 관련이 있으며 월동시기의 경과에 따라 변화하는 기상요인과 함께 유지행동들의 시간분배에는 차이가 있었다. 새들이 유지행동에 전념하는 시간은 섭식과 기타 행동에 이용되는 시간들을 압박할지도 모른다. Swennen *et al.*(1989)는 검은머리물떼새에서 섭식행동이 정상적일 때의 1/3의 수준으로 감소되더라도 유지행동에 전념할 시간을 감소하지 않았다고 제안하였다. 이는 유지행동의 긴 행위들이 오물과 외부기생충을 제거하거나 좋은 깃털을 유지하는 예방적인 작용이 되도록 정기적으로 수행되는 행동이며(Simmons 1964; Walther 1977; Moyer *et al.* 2003) 짧

은 행위들은 실제 피부자극과 체내 상태에서 기인되는 민감한 행동이기 때문이다. 게다가 번식지로 이동한 후 월동지에서의 유지행동의 결과가 배우자 선택에 영향을 줄 수 있는 신호로 작용되기도 하기 때문이다. 앞으로 이에 대한 보다 적극적인 현장연구와 실험연구들이 더 진행되기를 희망한다.

## VIII. 사회적 행동의 분석

### 제1절 서론

사회생물학의 근본적인 질문은 인간과 다른 종들의 협력과 이타주의에 대한 진화이다(Hamilton 1964; Trivers 1971; Axelrod and Hamilton 1981; Fehr and Fischbacher 2003). 집단 서식종들간 특히, 번식 동료들 사이의 협력이 중요하며 협력의 결정인자로서 작용한다(Black 1996). Allopreening(Harrison 1965)은 한 개체가 다른 개체에게 깃털다듬기를 제공함으로써 그들의 배우자나 동료들에게 행동적인 도움을 포함하고 있기 때문에 협력과 이타주의의 경위를 연구하는데 유용한 행동이다. 포유류에서 이와 비슷한 Allogrooming 행동은 호혜적인 이타주의의 사례로서 해석되었다(Seyfarth and Cheney 1984; Hart and Hart 1992). 현재까지의 연구에서 조류의 Allopreening은 두 가지 관점에서 분석되었다(Radford and du Plessis 2006). 하나는 위생학적인 관점에서 외부기생충의 제거가 핵심적인 작용이라는 관점(Clayton 1991)과 집단 내에서의 스트레스 수준과 공격의 감소를 위한 촉감의 자극으로서 사회적 기능(Terry 1970; Feh and Mazieres 1993)을 갖는다는 것이다. 노랑부리저어새가 가지는 부리의 형태학적인 특징으로 인하여 접근하기 어려운 몸의 영역과 쉬운 영역들에 대한 깃털다듬기 비율을 측정함으로써 우세계충제의 증거가 존재하는지 또한 상호간의 교호작용을 통하여 공여와 답례의 정도에 따라 사회적 긴장이나 결속에 영향을 주는지를 알아보고자 한다.

동물에 있어서 공격행동은 각 개체들이 필수적이고 제한적인 자원(배우자, 먹이)에 대하여 경쟁하는 기제이며 공격행동의 원인은 불균등한 자원의 배분과 우세계충체들이 획득 선취권을 빈번하게 갖기 때문이다(Brown 1975, Gauthreaux 1978). 조류에서의 공격행동은 수컷들이 세력권을 수립하고 배우자를 선택하기 위해 경쟁하는 번식시기와 연관된 일반적인 현상이나 Lack(1954)와 Fretwell(1972)는 생존에 관하여 비번식 시기가 더욱 결정적인 부분이라고 제안하였다. 따라서 공격과 위협이 집단 내에서 우세계충체와 열위개체들 간의 의사소통의 형식으로 작용되었는지 또는 집단 내에서 자원에 대한 경쟁인지, 육구불만의 상황에서 표출되었는지, 개체들의 공간 확보를 위한 세력권 행동의 일환인지를 이해하고자 하며 집단의 크기와 공격체, 반응체간의 연령별, 성별에 따른 공격 행동의 변화를 분석하고자 한다.

## 제2절 연구방법

### 1. Allopreeng의 연구방법

Allopreening은 깃털다듬기의 동작으로 한 개체의 노랑부리저어새가 또 다른 개체의 깃털을 부리를 통해 확실한 접촉을 제공하는 행위로 정의하였고 행동이 개시되었을 때마다 비디오로 기록하였다. Allopreening의 행동 분석은 Radford and du Plessis(2006)의 방법을 참고하였다. 행동의 구분은 다른 개체를 깃털다듬기 할 때는 공여체(Donor)로 깃털다듬기를 받을 때는 수령체(Recipient)로 분류하였다. 수령체의 몸의 영역 중에서 도달하기 쉬운 몸통부분(Body region; under neck, shoulder, back)과 도달하기 어려운 머리부분(Head region; crown, chin, cheek, neck)으로 구분하여 기록하였고 하나의 개체 혹은 양 개체들이 따로 혹은 동시에 떠나서 발생장소를 이탈하거나 혹은 30sec 이상 Allopreening을 하지 않을 때는 종료된 것으로 간주하였다(Radford and Plessis 2006). 관찰된 Allopreening은 다음의 데이터를 기록하였다: 깃털 다듬기된 몸의 영역, 공여되고 답례된 몸의 영역에 대한 시간분배, 참여체의 구분(공여체 또는 답례체), 참여체의 연령과 성별, 집단 크기, 소요시간, 종료사유를 기록하였다. 2008년 10월부터 2010년 4월까지 연령이 확인된 사례는 156회로 이중 연령과 성별이 확인된 사례는 130회이며 전체 220.9분의 Allopreening의 데이터를 수집하였다. 통계처리 시 빈도 검정은 교차분석을 하였으며 기대빈도가 5개 미만의 셀이 20% 이상이면 Fisher's exact test를 실시하였다. 공여체와 답례체의 분석은 대응표본 T-검사를 실시하였다.

### 2. 공격행동의 연구방법

각각의 5분 동안의 공격행동이 개시되면 개체 추적은 5분 동안 그리고 행동적 사건이 수행된 것을 연속적으로 기록하였다(Altmann 1974). 공격행동은 개시체, 승리체, 패배체로 구분하였고, 공격행동은 공격의 강도에 따라 수준1에서 4까지 순서에 따라 서열화하여 기록하였다(Alexander 1980b). 공격수준은 한 개체가 다른 개

체를 위협(접촉하지 않는 행동들로 부리위협, 돌진, 날개위협 등)에 의하여 밀어내고 탈취하거나 이동시켰을 때 수준 1, 한 개체가 다른 개체를 의도적인 접촉 동작(부리에 의한 직접적인 공격이나 몸통으로 밀치기)에 의해서 밀어내고 탈취할 때 수준 2, 하나의 개체가 다른 개체를 추적하여 공격하거나 위협할 때를 수준 3, 두 개체가 싸움으로 교전할 때(Exchanges biting and striking)를 수준 4로 설정하였다. 관찰된 공격행동은 다음의 데이터를 기록하였다. 1) 개시체의 행동, 2) 반응체의 행동, 3) 공격의 원인, 4) 공격 수준, 5) 개시체의 이후행동, 6) 반응체의 이후행동, 7) 공격시간 등을 기록하였고 2008년 10월부터 2010년 4월까지 연령이 확인된 사례는 277회이며 이중 연령과 성별이 확인된 사례는 206회의 공격행동을 수집하였으며 총 1,385분의 공격이전과 이후의 행동을 비디오로 녹화하여 분석하였다. 공격의 원인은 1) 한 개체가 이동할 때 다른 개체로 인해 진로에 방해가 되거나, 공간을 점유한 상태에서 다른 개체의 접근을 공격이나 위협으로 방어하거나, 다른 개체를 축출하여 공간을 점유할 때는 공간문제로, 2) 한 개체가 한 가지 행동(휴식, 유지행동)을 수행하는데 방해가 되어 공격하거나 Allopreening 시 답례 소홀에 의하여 공격했을 때는 욕구문제, 3) 섭식을 위해 먹이를 탈취하는 경쟁이나 먹이행동권을 방어 또는 탈취하기 위하여 공격하였을 때 또는 섭식을 위한 탐색이 방해되었을 때의 공격을 먹이자원관련으로 구분하였다. 연령별, 성별의 차이들은 교차분석에 의해서 검정하였고 기대빈도가 5개 미만의 셀이 20% 이상이면 Fisher's exact test를 실시하였다.

## 제3절 연구결과

### 1. Allopreening

#### 가. 연령별, 성별 분석

노랑부리저어새의 Allopreening을 누가 먼저 공여하고 답례하는 가를 알아 보기 위해 연령별, 성별로 구분하여 공여체(Donator)와 답례체(Reciprocator)를 교차하여

조사하였다. 공여체와 답례체와의 조우 연령별 비율은 Fig. 73에 제시하였고 공여체와 답례체의 연령별 비율은 Fig. 74와 Fig 75에 제시하였고 성별로는 Fig. 76과 Fig 77에 제시하였다. 총 156회의 사례 중 성조-성조간의 Allopreening이 65.4%로 가장 많았으며 성조-아성조간의 Allopreening은 21.8%였고 성조-유조간이 5.8%였으며 기타(아성조-아성조, 아성조-유조, 유조-유조) 7.0%였다. 공여체의 81.4%가 성조였으며 아성조 14.1%, 유조 3.4% 순이었다. 답례체의 77.6%가 성조였으며 아성조 14.7%, 나머지 7.7% 유조였다. 연령별로는 성조와 아성조간에서 주로 나타나는 행동이었다.

전체 암수 비율은 47.4%가 암컷이 먼저 공여하였고 35.9%는 수컷이 공여하였으며, 연령대별 암수의 비율은 성조암컷이 48.0%로 가장 많이 공여하였으며 성조수컷 33.1%, 아성조수컷 7.7%, 아성조암컷 6.9%, 유조수컷 3.1% 순이었고 유조암컷이 1.2%로 가장 낮은 공여비율을 나타냈다. 답례는 49.4%는 암컷이, 34.6%는 수컷이 답례하여. 공여와 답례 모두 암컷이 수컷보다 더 많이 공여하고 답례하였다.

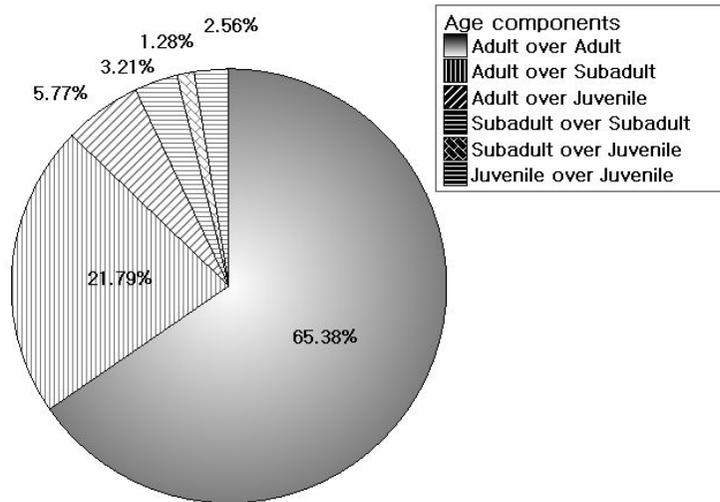


Fig. 73. Percentage of age components between donator and reciprocator

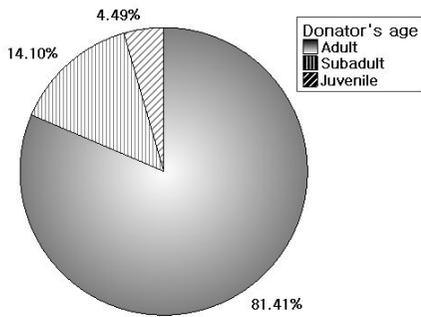


Fig. 74. Percentage of donator's age

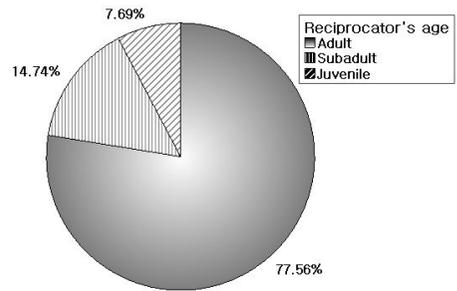


Fig. 75. Percentage of reciprocator's age

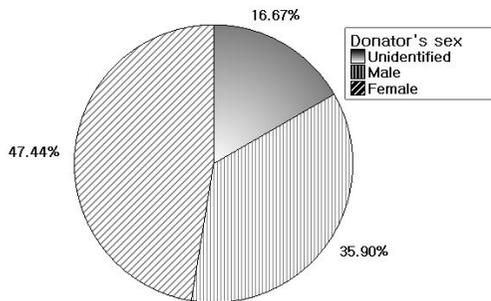


Fig. 76. Percentage of donator's sex

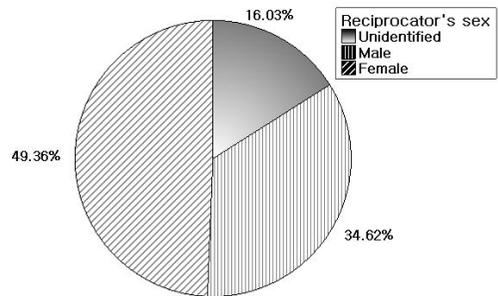


Fig. 77. Percentage of reciprocator's sex

## 나. 공여와 답례의 시간 분석

Allopreening의 공여체와 답례체의 1회당 평균 공여시간과 답례 시간을 Fig. 78에 제시하였다. 머리 부분 Allopreening의 1회 평균 공여 시간은  $37.8\text{sec} \pm 47.58$ , 답례 시간은  $49.9\text{sec} \pm 60.12$ 로 답례 시간이 더 길었다( $P < 0.01$ ). 몸통 부분의

Allopreening 1회 평균 공여 시간은  $42.2\text{sec} \pm 58.49$ , 답례 시간은  $26.9\text{sec} \pm 38.8$ 로 공여 시간이 더 길었다( $P < 0.05$ ). 그러나 공여된 전체시간  $85.6\text{sec} \pm 88.60$ 과 답례된 전체시간  $87.6\text{sec} \pm 90.17$ 의 시간 분배는 비슷하였고 공여가 이루어지는 즉시 답례가 이루어졌다.

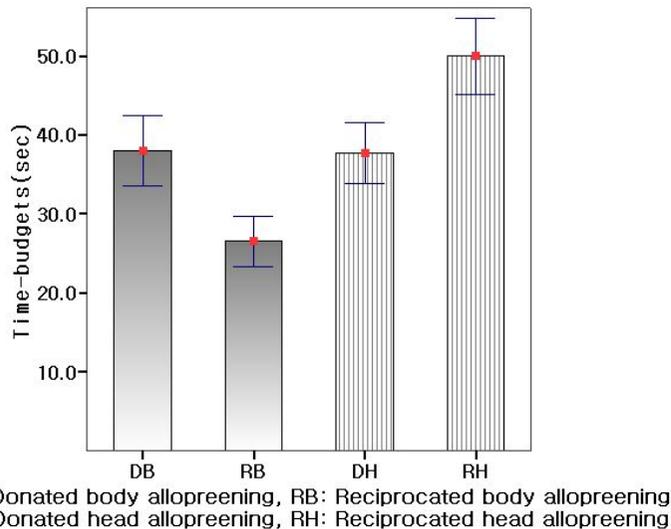


Fig. 78. A comparison of time-budgets(Mean±SE) among 4 allopreening participants

### 1) 연령별 분석

자신의 부리로 접근하기 쉬운 부분인 몸통 영역과 접근하기 어려운 머리의 영역에 대한 Allopreening의 연령별 분석을 Fig. 79에 제시하였다. 공여된 Body allopreening은 성조  $42.2\text{sec} \pm 58.49$ ( $n=127$ ), 아성조  $24.4\text{sec} \pm 33.82$ ( $n=22$ ), 유조  $5.1\text{sec} \pm 5.88$ ( $n=7$ ) 순이었고 답례된 Body allopreening은 유조  $32.6\text{sec} \pm 55.50$ , 성조  $26.9\text{sec} \pm 38.79$ , 아성조  $22.4\text{sec} \pm 40.87$  순이었다. 공여된 Head allopreening은 유조  $79.6\text{sec} \pm 74.04$ , 아성조  $39.1\text{sec} \pm 41.59$ , 성조  $35.2\text{sec} \pm 46.16$  순이었고 답례된 Head allopreening은 유조  $58.4\text{sec} \pm 64.71$ , 성조  $51.8\text{sec} \pm 63.65$ , 아성조  $39.1\text{sec} \pm 30.71$  였다. 성조의 경우 전체  $85.6\text{sec} \pm 88.60$ 를 공여하고  $87.6\text{sec} \pm 90.17$ 를 답례 받았으며 아성조는  $71.9\text{sec} \pm 72.0$

5를 공여하고 66.3sec±59.20를 답례 받았으며 유조는 100.6sec±91.10를 공여하고 95.8sec±85.14를 답례 받았으나 통계 분석 결과 유의차는 없었다.

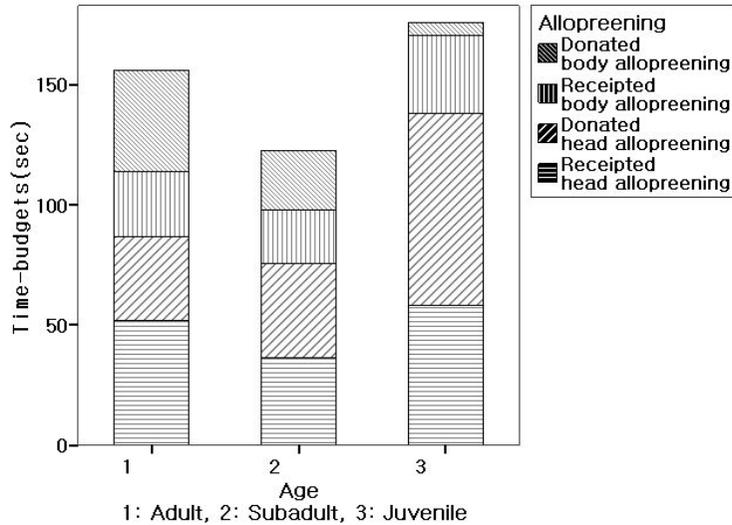


Fig. 79. A comparison of time-budgets of donated allopreening and received allopreening among donator's age

## 2) 성별 분석

성별이 확인된 130개체(♂: 56, ♀: 74)의 공여와 답례의 비율을 Fig. 80과 Fig. 81에 제시하였다. 수컷은 26.9sec±38.38의 Body allopreening를 공여하고 28.3sec±37.40를 답례 받았다. 42.4sec±44.44의 Head allopreening를 공여하고 58.4sec±70.88를 답례 받았다. 전체 69.2sec±57.66를 공여하였으며 68.7sec±56.10를 답례 받았다.

암컷은 44.5sec±61.30의 Body allopreening을 공여하고 25.1sec±40.56를 답례 받았으며 40.4sec±53.50의 Head allopreening을 공여하고 58.3sec±70.88를 답례 받음으로써 전체 84.9sec±89.78를 공여하고 83.4sec±86.69를 답례 받았다. 통계적으로 유의차는 없었지만 암컷의 공여한 Body allopreening이 수컷보다 더 많았다.

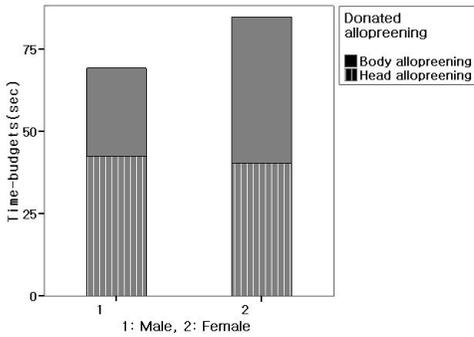


Fig. 80. A comparison of time-budgets donated allopreening between sex

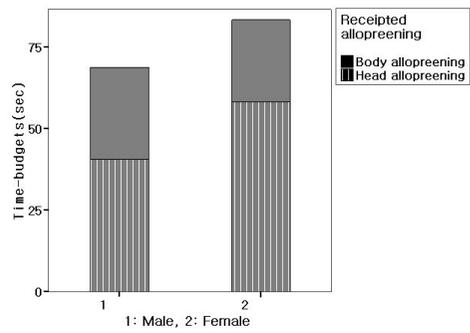


Fig. 81. A comparison of time-budgets received allopreening between sex

### 3) 월동시기별 분석

월동 시기에 따라 공여되고 답례된 Head allopreening과 Body allopreening을 Fig. 82에 제시하였다. 부리의 접근이 쉬운 Head allopreening은 평균  $37.7\text{sec} \pm 47.58$ 를 공여하고  $49.9\text{sec} \pm 60.12$  답례 받아 전체  $87.7\text{sec} \pm 93.19$ 였다. 부리의 접근이 어려운 Body allopreening은  $38.0\text{sec} \pm 55.02$ 를 공여하고  $26.5\text{sec} \pm 39.40$ 를 답례 받아 전체량은  $64.5\text{sec} \pm 77.13$ 였다. 부리의 접근이 어려운 Head allopreening의 시간분배가 더 많이 수행되었다.

월동시기별 공여량은 월동초기,  $78.1\text{sec} \pm 68.17$ 이며  $76.5\text{sec} \pm 64.84$  답례 받았고, 월동중기  $74.3\text{sec} \pm 79.32$  공여하였고,  $77.16\text{sec} \pm 83.82\text{sec}$  답례 받았으며, 월동후기  $77.80\text{sec} \pm 84.42$  공여하였고,  $72.79\text{sec} \pm 67.55$  답례 받았다. 전체 공여량과 답례량은 월동시기별 그 크기가 비슷하였으며 유의차를 보이지 않았다.

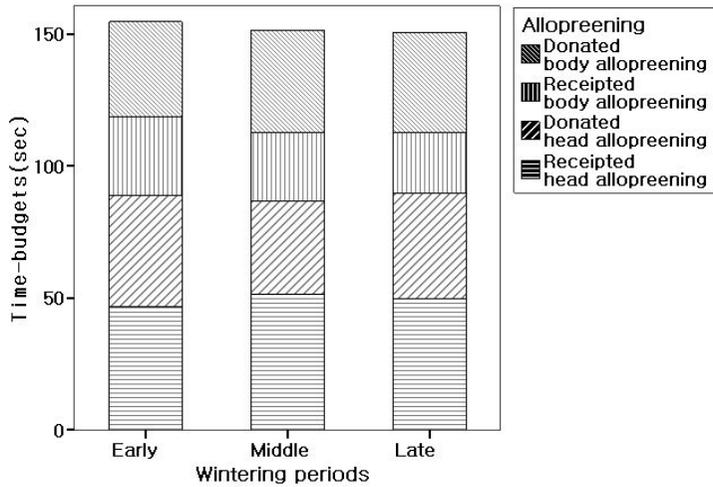


Fig. 82. A comparison of time-budgets of donated allopreening and received allopreening among wintering periods.

### 다. Allopreening의 종결

Allopreening의 종결사유를 조우 연령별 분석결과는 Fig. 83에 그리고 조우 성별 분석 결과는 Fig. 84에 제시하였다. 연령별로 가장 빈번한 한 것은 공여체의 회피, 이동, 공격에 의한 종결이 75회 50%로(n=150) 가장 많았으며 그 중 22회(29%)는 답례체의 답례소홀로 인한 공격으로 종결되었고 답례체의 회피, 이동, Auto-preening으로 인한 종결이 52회 34.7%이며 이중 4회(7.7%)는 공여체의 공여소홀에 의한 공격으로 종료되었다. 다른 개체의 위협, 접근, 개입으로 인한 종결이 10%였으며, 동시에 종결되는 경우는 2%에 불과하였다. 또한 성조-성조 간의 Allopreening은 공여체에 의한 종결과 답례체에 의한 종결이 46%와 40%로 유사하였으나 성조-아성조, 성조-유조, 아성조-유조, 유조-유조 간에는 공여체의 종결 빈도가 답례체의 종결 빈도보다 많았으며, 연령대별 종결사유는 교차분석의 결과 통계적으로 유의하지 않았다. 성별에 의한 종결에서 수컷과 암컷의 Allopreening은

공여체의 종결이 26.4%(N=130), 답례체의 종결 15.4%로 차이가 있었으나 많았고, 수컷과 수컷의 Allopreening에서는 공여체 종결과 답례체 종결이 7.0%, 6.2%로 큰 차이가 없었으며 암컷과 암컷의 조우에서 공여체 종결과 답례체 종결이 15.4%, 13.4% 큰 차이가 없었다. 성별과 종결사유에 대한 교차분석의 결과 유의한 차이는 없었다.

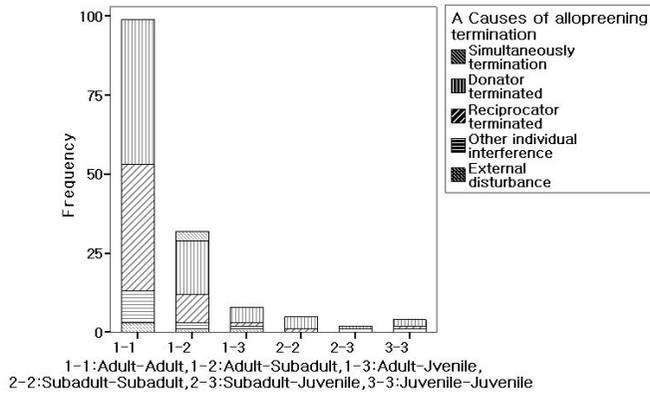


Fig. 83. A comparison of causes of allopreening termination among six age combinations

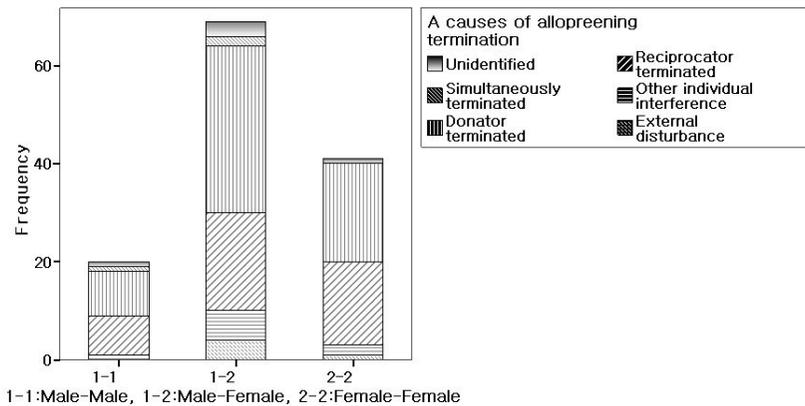


Fig. 84. A comparison of causes of allopreening termination among three sex combinations

## 2. Agression behavior

### 가. 월동시기별 개시체와 반응체

월동시기별 연령에 따른 개시체와 반응체의 비율은 Fig. 85와 Fig. 86에, 성별로는 Fig. 87과 Fig. 88에 제시하였다. 연령이 확인된 종내 공격 272회 중 성조에 의한 개시는 198회(72.8%), 아성조에 의한 개시는 32회(11.8%), 유조에 의한 개시는 42회(15.4%)였었고, 전체 공격의 61.0%는 월동 중기에 발생하였다( $n=272$ ,  $\chi^2= 26.83$ ,  $P<0.001$ ). 반응개체의 연령별, 월동시기별 분석에서는 반응개체의 45.2%가 유조였으며 성조 31.6%, 아성조 23.2%였다( $n=272$ ,  $\chi^2= 19.81$ ,  $P<0.001$ ). 개시체와 반응체의 연령별, 월동시기별 교차분석에서 유의한 관련이 있었다. 성별이 확인된 종내 공격 206회 중 수컷에 의한 개시는 146회 71%였고, 암컷에 의한 개시는 60회 29.1%였으며( $n=206$ ,  $\chi^2= 2.13$ ,  $P>0.05$ ), 유의한 관련성은 없었다. 공격개시에 대한 반응체의 분석(fig. 88)에서 150회 72.8%는 암컷이었고 수컷은 56회 27.2%였으며( $n=206$ ,  $\chi^2= 10.60$ ,  $P<0.01$ ) 월동시기별 반응개체의 성별은 연관성이 있었다.

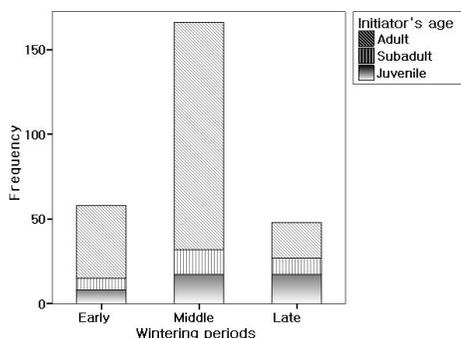


Fig. 85. The comparison of initiator's age; adult, subadult, juvenile among wintering periods

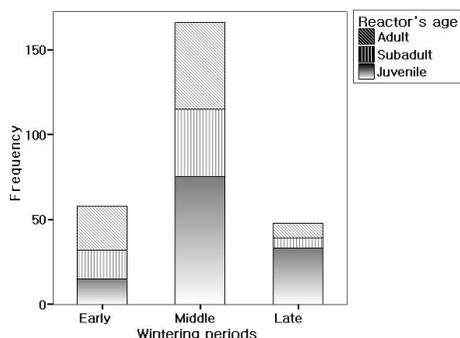


Fig. 86. The comparison of reactor's age; adult, subadult, juvenile among wintering periods

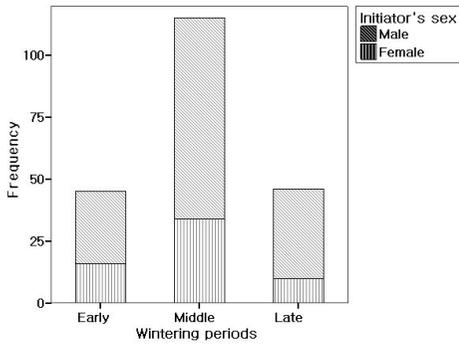


Fig. 87. The comparison of initiator's sex; male, female among wintering periods

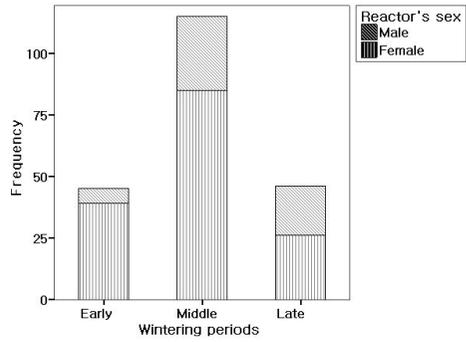


Fig. 88. The comparison of reactor's sex; male, female among wintering periods

## 나. 월동시기에 따른 공격행동의 분석

### (1) 공격의 원인

월동시기에 따른 공격행동의 원인은 Fig. 89에 제시하였다. 월동초기에는 먹이 자원과의 관련이 52%로 가장 컸으며, 월동 중기에는 공간관련 43%, 욱구불만 15.7%로 기대빈도보다 증가하였다. 월동 후기에는 먹이와 욱구불만의 공격은 기대 빈도에 비하여 크게 감소하였고 공간 관련의 공격이 85%로 증가 하였다. 교차분석의 검정 결과 월동시기 경과와 공격의 원인은 상호 유의한 연관이 있는 것으로 분석되었다( $n=272$ ,  $\chi^2= 33.57$ ,  $P<0.001$ ).

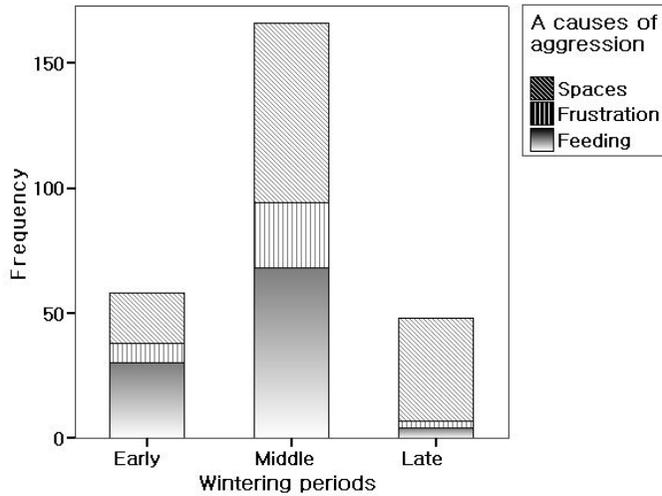


Fig. 89. The comparison of causes of aggression among wintering periods

## (2) 공격의 수준

월동시기에 따른 공격의 수준을 분석한 결과는 Fig. 90에 제시하였다. 총 272회의 조우 중 직접적인 공격 142회 52.5%, 위협수준 96회 35.3%로 전체의 88%에 해당하였고, 보다 강도 높은 수준의 추격 28회 10.3% 그리고 상호간의 교전 6회 2.4%로 가장 적었다. 월동 초기에는 58회의 조우 중 공격 58%, 위협 36%, 추적은 5%였으나 월동 중기에 들어서 166회의 조우 중 추격에 의한 위협과 공격이 14%로 증가하였으며, 월동 후기에는 48회의 조우 중 위협이 50%로 가장 많았고 직접적인 공격은 42%로 다른 시기에 비하여 가장 낮았다. 교차분석의 결과 월동시기에 따른 공격의 수준은 연관성이 없는 것으로 분석되었다( $n=272$ , Fisher's exact test value = 11.27,  $P>0.05$ ).

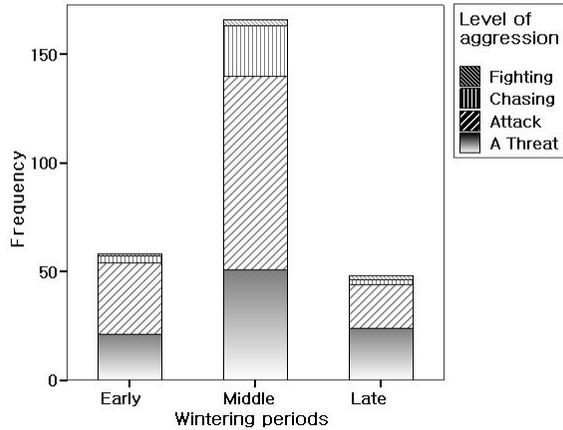


Fig. 90. The comparison of aggression levels; fighting, chasing, attack, a threat among wintering periods

#### 다. 연령별, 성별에 따른 우세개체와 열위개체의 관계

연령별, 성별이 확인된 공격행동 206회의 종내 공격 조우에서 같은 연령, 같은 성별끼리의 조우는 제거하고, 176회의 조우 중에서 승패를 통해 그 관계를 분석하여 Table 14에 제시하였다. 결과는 성조수컷의 승률이 94.8%, 아성조 수컷 76.7%, 유조 수컷 41.0%, 성조암컷 40.9% 순이었으며 몸의 크기와의 관련이 있는 것으로 분석되었다.

Table 14. A comparison of winning rate in aggression encounters by age and sex

		Loser						Win / lose	Win (%)
		Adult male	Subadult male	Juvenile male	Adult female	Subadult female	Juvenile female		
Winner	Adult male		3	12	40	12	24	91 / 5	94.8
	Subadult male	1		2	6	7	7	23 / 7	76.7
	Juvenile male	2	.		4	1	9	16 / 23	41.0
	Adult female	2	2	4		15	13	36 / 52	40.9
	Subadult female	.	2	1	.		1	4 / 35	10.3
	Juvenile female	.	.	4	2	.		6 / 54	10.0

## 제4절 논의

노랑부리저어새의 Allopreening은 81%가 성조에 의해서 공여되었다. 만약 1) 우세개체들이 열위개체들을 지배하여 그들의 지위를 재확인하는데 이용된다면 우세개체들이 더 많이 공여하고 열위개체들이 더 많이 공여 받을 것이다. 2) 우세개체들의 호전적인 공격을 전환하거나 긴장을 감소하기 위해 이용된다면 열위개체들이 더 많이 공여하고 우세개체들은 더 많이 공여 받을 것이다. 3) 집단구성원들 사이에서 친화유대감을 유지하거나 개선하는데 이용된다면 우세개체와 열위 개체들 간의 공여와 수취의 비율에는 차이가 없을 것이다(Radford and du Plessis 2006). 이런 가정에서 분석한 노랑부리저어새의 Allopreening에 대한 공여와 수취의 시간분배에는 유의차가 없었을 뿐 아니라 공여가 이루어지는 즉시 답례가 이루어졌으며, 답례체의 Auto-preening 혹은 기타 행동으로 인하여 보답이 소홀할 때에는 우세개체의 경우 공격이나 회피, 하위개체의 경우 회피 또는 이동을 통해서 종결되었다. 이전의 연구에서 1) Allopreening은 장기적인 활력보다 이웃과의 호혜적인 스트레스 감소체로서 제공된다고 연구되었고(Terry 1970; Fehr and Denmazieres 1993), 2) 머리와 목의 영역에서 진드기가 발견되고 그 곳에 Allopreening이 집중되기 때문에 외부기생충의 제거와 깃털 유지의 기능(Barton *et al.* 1996)을 한다고 제안되었다. 따라서 노랑부리저어새의 Allopreening은 집단 내의 친화유대감을 유지하고 부리의 접근이 어려운 머리 부분의 Allopreening의 비율이 몸의 Allopreening의 비율보다 더 높았기 때문에 외부 기생충 제거 및 좋은 상태의 깃털을 유지하기 위한 위생학적인 관점에서 동등하게 답례되고 동등하게 공여되었으며 특히 부리가 길고 끝이 넓직한 형태적 특성으로 인하여 부리의 도달이 어려운 목과 머리 부분은 다른 개체의 도움을 받아야 효율적인 깃털 유지가 가능할 것이라고 생각된다. 또한 월동시기에 따른 공여빈도(Fig. 91)를 살펴보면 월동중기에 총 156회의 Allopreening 중 98회(62.8%)가 나타나는 것과 성별로는(Fig. 92) 몸집이 적은 암컷에 의한 공여가 63%로 수컷의 37%보다 많았으며, 272회의 공격행동 중 166회(61.0%)가 월동 중기에 나타나는 것으로 보아 공격행동에 대한 스트레스 감소와 촉감의 자극으로서의 Allopreening이 사회적 기능을 하는 것으로 추측된다.

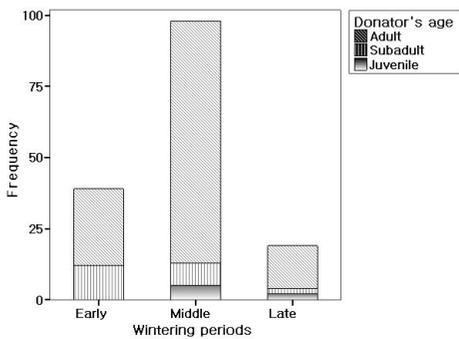


Fig. 91. The comparison donated frequency of donator's age; adult, subadult, juvenile among wintering periods

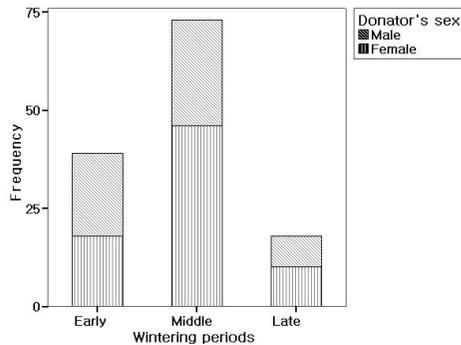


Fig. 92. The comparison donated frequency of donator's sex; male, female among wintering periods

또한 통계적으로 유의차가 없었지만 연령별 성조들 간 더 많이 공여하고 답례한다는 것은 1) 여러 연령대에서 보다는 성조들 간의 사회적 긴장이나 경쟁이 더 높은 것으로 추측되고 2) 연령대별 Allopreening의 영역별 분석에서 성조와 아성조는 공여되고 수취된 Head allopreening과 Body allopreening의 시간비율이 비슷하였으나 유조의 경우는 공여된 Body allopreening은 매우 적었고 Head allopreening은 다른 연령대에 비하여 매우 많은 점이 이 기체에 대한 학습이 덜 되어 있고 숙련되지 않았기 때문에 성조들이 기피하는 것으로 추측된다.

노랑부리저어새의 Allopreening 종결을 통해 알 수 있는 사실은 성조와 성조간 혹은 수컷과 수컷, 암컷과 암컷 간의 종결은 공여체와 답례체간의 종결이 비슷하였으나 연령과 성별의 차이가 있는 경우는 공여체의 일방적인 종결이 많았다. 또한 답례소홀에 의한 공여체의 공격이 답례체의 공격보다 많았다. 이를 통해 노랑부리저어새의 무리 내에는 우세개체(Dominant individuals)와 열위개체(Subordinates)가 존재한다고 할 수 있으며 이전의 연구에서도 Allopreening이 우세개체의 호전성을 감소하거나 승화시키는 기체가 될 수 있을 것이라고 제안되었다(Baker and Aureli 2000).

노랑부리저어새의 공격행동은 연령과 성별이 확인된 206회의 종내 공격(Fig. 93)에서 승률의 순위관계는 몸의 크기에 의하여 구분되었고, 성조수컷, 아성조수컷, 유조수컷, 성조암컷, 아성조암컷, 유조암컷 순이었다.

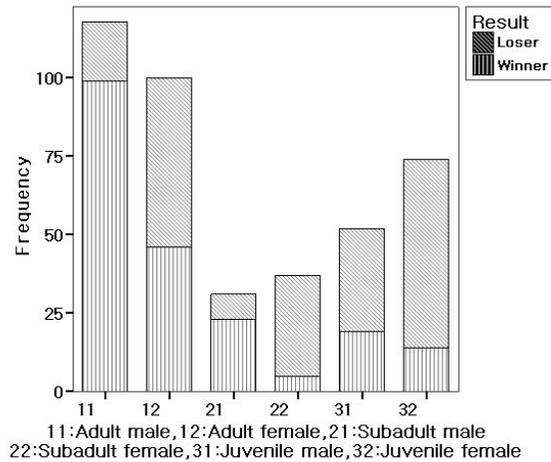


Fig. 93. The frequency of winners and losers by age and sex of spoonbills

이전의 연구에서 우세체의 결정적인 요소는 종들의 성별과 연령구조, 몸의 크기라고 제안되었고(Gauthreaux 1978; Alexander 1980a), 땡기흰죽지에서 이런 우세구조가 조사되었다(Alexander 1987). 노랑부리저어새의 종내 공격에서 가장 빈도가 높은 공격 개체는 성조수컷이 전체공격의 48.5%를 성조암컷이 21.8%로 성조가 전체 공격의 70.4%를 개시하였다. 공격의 원인은 월동초기에는 먹이자원과 관련된 공격행동이 52%를 차지하였으며 월동 중기에 먹이자원의 비중은 감소하고, 공간관련과 욕구관련 공격이 증대되었다. 이는 월동기간 중 가장 낮은 온도에서의 먹이자원의 불균등한 분포와 먹이 유용성의 감소와 관련이 있을 것으로 추정된다. 월동 후기에는 먹이자원과 욕구와 관련된 공격은 크게 감소하고, 공간 관련의 공격행동이 크게 증가하였다. McBride *et al.*(1963)은 공간은 동물들에 있어서 모든 방향으로 동등하게 확장되지 않는다는 것을 보여주었다. 즉 열위 개체들은 우세 개체들의 개별적인 공간을 회피하기 위해 앞쪽으로 공간을 확보한다고 하였다. 월동 후기 공간에 대한 다툼은 세력권을 형성하여 번식기간 동안의 우위를 지키고자 하는 것이라고 추측된다. 공격의 수준은 월동초기 위협(수준 1)과 직접적인 공격(수준 2)이 95%로 많았으며 월동중기에는 먹이자원과 관련된 강도 높은 추적을 통한 공격행동(수준 3)이 증가하였고, 월동 후기에 들어서 접촉공격은 감소하였으며, 위협(수준 1)이 증가하였다. 연구기간 동안 공격당한 후 반격하여(수준 4) 반응체가 개시체를 축출하는 경우는 206회의 조우 중 3회(1.5%)였으며 모두 아성조간과 유조간의 싸

움이었고 수컷과 암컷의 싸움이였다. 비록 우세개체들이 대부분의 충돌에서 승리하였지만 열위개체들이 점유자로서 자원의 가치가 열위개체에게 높을 때 발생하였다(Popp 1987). 또한 이는 암컷과 먹이를 대상으로 한 비비(Baboons)들에게서 조사되었다(Kummer *et al.* 1973; Sigg and Falet 1985). 월동후기 위협이 접촉 공격보다 증가한 것은 대부분의 조우 개체들이 번식지 이동을 앞두고 에너지 소모를 줄이기 위한 것으로 추측된다. 위협과 공격에 대한 연령별 공격전략은 연령이 많을수록 위협이 많았으며 유조일수록 접촉공격이 많았다. 이는 물리적인 공격이 불필요하다면 낮은 에너지적 비용과 공격에 대한 상해의 손실이 감소될 것으로 기대되기 때문이다(Maynard 1982; Popp 1987).

무리를 지어서 월동하는 노랑부리저어새의 종내 공격은 무리의 크기가 커질수록 공격 시간과 공격 빈도가 감소되었다(Fig. 94, Fig. 95). 포획된 참새(*Passer montanus*)무리의 계층제에 대한 이전의 연구에서 작은 집단이 형성되었을 때 직선적인 계층제를 형성한다고 연구되었다(Torda *et al.* 2004).

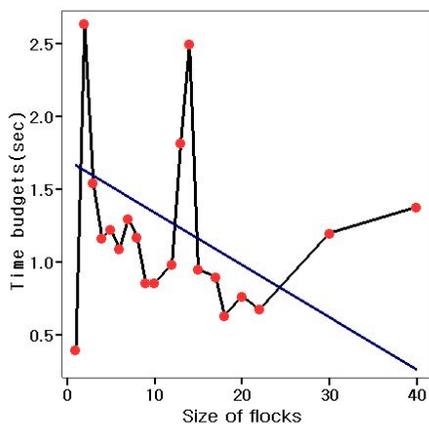


Fig. 94. The relationship between the flock size and the attack time. The solid line is regression line.

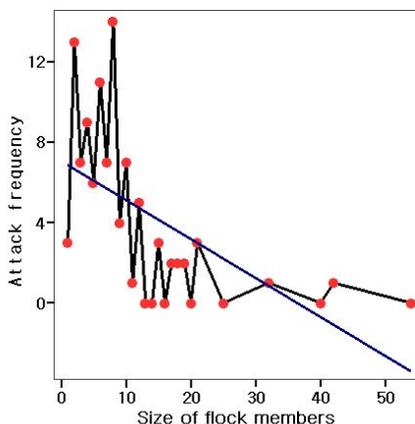


Fig. 95. The relationship between the flock size and the attack frequency. The solid line is regression line.

따라서 작은 무리에서는 우열관계의 안정성을 수립해야할 필요가 있지만 큰 무리에서는 보다 더 내성이 있는 사회적 전략으로 적응되었기 때문에 공격은 감소한다고 제안하였다(Estevez *et al.* 2003). 또한 우세개체들이 열위개체에 대한 존중(respect)을 보여 줌으로써 유용한 열위개체들을 보유하여 투쟁을 감소시킨다고 제

안하였다(Rohwer and Ewald 1981; Senar and Metcalfe 1988). 변화무쌍한 겨울 환경과 긴 월동기간 동안 서로 다른 연령대, 성별, 몸의 크기가 다른 노랑부리저어새의 사회적 행동은 무리 내에서의 공격을 통해 압박과 긴장 그리고 경쟁 속에서 개체들의 생존능력을 강화시키는 한편 Allopreening을 통해 서로 다른 순위를 가진 개체들의 교호작용은 무리 내의 친화유대를 강화하고 집단결속을 유지하기 위한 수단이었으며 결국 공격과 Allopreening은 의사소통을 위한 사회적 통신으로 작용되었다고 생각된다.

## IX. 결론

우리나라에 도래하는 노랑부리저어새의 월동생태를 밝히고 합리적인 보호와 관리를 위하여 2006년12월부터 2010년 4월까지 전라남도 고흥군 고흥읍과 두원면에 위치한 고흥만간척지 내 인공습지에서 도래현황, 일주 행동의 2가지 총괄적인 생태 분석과 섭식행동, 유지행동, 사회적 행동 등 3가지 측면의 월동행동을 연구하였다.

본 연구의 결과 고흥만에 도래하는 노랑부리저어새는 10월 초 도래를 시작하여 11월 중순에 피크를 이루었고, 3월 초부터 번식지로 이동하여 4월 말경 이동을 모두 끝내는 것으로 나타났다. 12월에서 2월까지 안정적인 월동기간 동안의 평균 개체수는 19.2개체였으며, 남해안의 중요한 노랑부리저어새의 월동지로서 적합한 여건을 가지고 있으나 2010년 이후 경작지 확대에 따른 농업용수 확보를 위한 관리수위 상승으로 도래개체수가 점차 감소하고 있어 보존대책이 시급한 실정이다.

월동지에서 낮 시간 동안 노랑부리저어새는 취식행동 43.8%, 휴식행동 41.6%로 전체 행동의 85.4%를 차지하였으며, 오후로 갈수록 취식행동과 안락행동이 증가하고 휴식행동은 감소하였다. 월동시기별로는 활동적인 행동은 월동초기와 후기에 높았으며, 낮은 기온에서의 열손실과 불필요한 에너지를 최소화하기 위해 월동 중기에 휴식행동이 가장 높았다. 또한 고흥만의 월동지는 여타의 월동지에 비하여 취식행동의 비율이 높고, 부드러운 바닥의 기질, 평탄하고 낮은 수심, 광범위한 정수식물과 침수식물의 분포 등 노랑부리저어새의 월동지로서 유리한 조건을 갖추고 있다. 앞으로 야간섭식에 대한 추가적인 연구와 각 행동 양식에 배분된 시간과 양의 비율을 정확히 파악하여 월동기간동안 환경의 변화에 어떻게 대처하는지에 대한 연구가 필요하다.

고흥만에서 월동하는 노랑부리저어새의 섭식행동은 월동시기의 환경과 먹이의 유용성에 따라 섭식 지역을 선택하였으며, 먹이 형태와 수심에 따라 섭식기술을 다양하게 활용하였고, 연령별, 월동시기별로 차이를 보였다. 특히 대부분 측각섭식에 의존하는 부리의 특성상 Sweeping 방식이 86%이상으로 가장 많이 활용된 섭식기술이었으며 8%는 탐침 방식, 그리고 4%는 혼합방식에 의하여 섭식하였다. 월동기간 동안의 섭식효율은 0.10이었으며, 분당 평균 5.56 prey/min를 섭식하였고, 월동

초기에 가장 높았으며, 월동중기에 가장 낮았다. 일일시간대별로는 오전 8시 경 상승하여 11시경에 피크를 이루었으며, 16시 이후 감소하였다. 섭식효율에 영향을 주는 환경요인으로는 관리수위에 가장 큰 영향을 받고 있었으며 해수면 기준 -2.50m의 이하의 관리수위를 유지할수록 섭식효율이 높았다. 또한 노랑부리저어새는 섭식효율을 높이기 위하여 무리를 형성하였으며 이는 경계시간을 감소시켜 섭식시간을 증대시키는 효과가 있었다. 월동기간 동안 경계시간은 최소이면서 섭식 효율이 최대인 최적의 무리크기는 10~12개체의 크기였으며 이보다 그 크기가 커지면 섭식효율은 감소하였다. 뿐만 아니라 섭식하는 먹이자원의 크기는 5cm이하의 먹이를 99.4% 이상 취식하였고 이는 작은 먹이를 통해 먹이를 처리하는 시간과 동종 간 혹은 이종 간의 약탈을 감소시키는 효과가 있어 순에너지를 증가시키며 월동후기 번식지로 이동하기 전 붕어의 산란기를 맞아 수심이 낮은 곳으로 올라오는 큰 물고기를 섭취하여 다량의 에너지를 비축할 수 있었다.

월동하는 노랑부리저어새의 유지행동의 비율은 일주행동의 14.4%였으며, 그 중 깃털다듬기는 유지행동의 91.4%, 목욕 2.4%, 기름도포 0.09%가 긴 유지행동이었고, 짧은 유지행동으로 스트레칭 등이 1.9%였다. 깃털다듬기는 부리에 의한 비율이 가장 높았고, 머리에 의한 마찰, 발가락에 의한 긁기의 순이었다. 가장 많은 몸의 영역으로는 날개부분 55%, 가슴과 복부 18% 순이었다. 다른 종과의 비교에서 머리와 목과의 비율이 낮은 것은 부리의 길이가 상대적으로 길기 때문에 접근할 수 있는 몸의 영역이 제한되었으며, 동종의 개체와 Allopreening을 통해서 공여 받기 때문이었다. 깃털다듬기는 월동시기에 따라 월동초기에 가장 길었고, 중기에 가장 짧았다. 또한 깃털다듬기가 수행되는 몸의 영역과 스트레칭의 시간분배는 이전행동에 따라 차이가 있었으며, 목욕 후에 가장 길었고, 휴식 후에 가장 짧았다. 목욕행동은 입수-세척-건조의 과정을 거치며, 부리와 머리를 이용한 세척과정과 날개를 쳐서 습윤 시키는 과정이 가장 길었다. 월동하는 노랑부리저어새의 도포행동은 여느 유지행동과는 차이가 있었다. 기온이 낮은 월동 중기에 시간배분을 감소시키는 여타의 행동보다는 후기로 갈수록 증가되는 행동이었다. 이는 번식지로 이동하여 보다 좋은 깃털을 유지한 건강한 배우자로 부각시키기 위한 추가적인 유지비용의 지출이라고 보여 진다. 앞으로 성별 연령대별 더 많은 자료의 수집과 행동의 추적을 통해 섭식행동 만큼이나 중요한 유지행동에 대한 깊이 있는 연구가 필요하다.

월동하는 노랑부리저어새의 사회적 행동으로 호혜적 이타주의 사례로 평가되는 Allopreening과 제한적인 자원에 대한 의사소통의 형식으로 표출된 위협과 공격행동에 대하여 조사하였다. 노랑부리저어새의 Allopreening은 81%가 성조에 의해서 공여되었고, Allopreening의 공여와 답례의 Time-budgets에는 유의한 차이가 없을 뿐 아니라 공여 즉시 답례가 이루어지기 때문에 무리 내에서의 친화유대감을 유지하고 외부기생충을 제거하거나 깃털을 유지하기 위한 위생적인 관점에서 동등하게 공여되고 답례되었다고 분석되었다. 다만 수컷이 적게 공여하고 많이 답례 받았으며 암컷은 많이 답례하고 적게 공여 받은 점과 공격행동이 많은 월동중기에 63% 이상 발생한 점으로 보아 공격행동에 대한 스트레스 감소와 촉감의 자극으로서의 Allopreening이 사회적 기능을 하는 것으로 생각된다. 또한 Allopreening의 종결이 성조와 아성조간 혹은 성조와 유조 간에서는 성조의 종결이 많았고 수컷과 암컷간의 조우에서 종결은 수컷의 종결이 많았기 때문에 몸의 크기에 따른 우세 순위가 있을 것이라고 추측되었다. 노랑부리저어새의 공격행동에서 승률에 따른 순위관계는 성조수컷, 아성조수컷, 유조수컷, 성조암컷, 아성조 암컷, 유조암컷 순으로 몸의 크기와 연령대, 성별의 차에 의해서 구분되었다. 공격의 원인은 월동시기에 따라 초기에는 먹이자원 관련이, 중기에는 공간과 욕구관련이, 후기에는 공간관련의 공격행동이 크게 증가하였다. 월동 후기에 공간에 대한 공격은 번식지로 이동하기 전 세력권을 형성하여 번식기간 동안의 우위를 선점하고자 하는 것이라고 추측되며, 공격의 수준도 월동 후기로 갈수록 직접적인 접촉 공격보다는 위협 수준이 증가하였다. 이는 조우개체들이 번식지 이동 전 에너지 비용과 상해의 손실을 감소시키고자 하는 것으로 추측된다. 낮은 기온과 긴 월동기간 동안 무리를 지어 생활하는 노랑부리저어새의 공격행동은 압박과 긴장을 통해 개체의 생존능력을 강화시키고 Allopreening은 서로 다른 지위의 개체들이 교호작용을 통한 친화유대와 집단결속을 유지할 수 있는 사회적 통신이었다고 생각된다.

고흥만에서 월동하는 노랑부리저어새는 지난 몇 년 동안 남해안의 여타의 도래지에 비하여 월동기간이 길고 취식행동비율이 높으며, 겨울동안 휴식과 취식이 한 곳에서 안정적으로 이루어질 뿐만 아니라 월동 후기에도 섭식효율을 증가시킬 수 있어 먹이자원의 유용성이 높은 유리한 조건을 갖추었다. 최근 이 지역이 농경지의 확대에 따른 농업용수의 확보와 우주항공 연관산업단지의 개발 등으로 수위를 농업용수 확보를 위해 상향 관리하고 경작지의 확대에 따른 간섭요인이 증가함으로

써 점차 월동 개체수가 급감하고 있는 실정이다. 결국 고흥만에 도래하는 노랑부리저어새의 장기적인 월동을 보장하기 위하여 생태적 자료를 바탕으로 한 법적보호지역의 설정과 시민사회단체의 활동, 농경지에서 유출되는 농약과 수질오염원의 관리, 먹이자원의 보존을 위한 불법어로 행위의 단속 등이 필요하다고 하겠다. 아울러 동북아시아와 동남아시아 일대에 분포하는 노랑부리저어새의 개체수 확인과 종보전을 위한 국가적인 지원과 네트워크의 형성, 생태와 서식지 보전에 대한 학술적인 연구 등이 절실하다고 하겠다.

## 참 고 문 헌

- 고흥군, 순천대학교기초과학연구소. 2004. 고흥의 자연환경 생태조사(식물). 고흥군 · 순천대학교기초과학연구소. pp. 157-158.
- 권기정. 1981. 한국에 있어서 고니류 *Cygnus*의 월동행동과 채식물에 관한 연구. 경희대학교 대학원 박사학위논문. 58pp.
- 기상청. 2009. "Climate of Korea" <http://kma.go.kr>.
- 김병수. 2001. 제주도에 도래하는 원앙 *Aix Galericulata*의 월동생태에 관한 연구. 제주대학교 석사학위논문. 40pp.
- 김완병. 1996. 제주도 창흥동 양어장에서 오리과(Anatidae), 청둥오리속(*Anas*)의 월동생태에 관한 연구. 제주대학교 석사학위논문. 23pp.
- 김완병. 2003. 한국 제주도에에서의 저어새의 겨울나기. 환경운동연합. 2003. 저어새 국제 워크샵. pp. 82-86.
- 김인철. 2006. 한국에서 저어새(*Platalea minor*)의 번식현황과 섭식생태에 관한 연구. 한국교원대학교 석사학위논문. 58pp.
- 김정수. 1998. 해오라기 *Nycticorax nycticorax*의 번식 및 월동 생태와 중금속 축적에 관한 研究. 경희대학교 석사학위논문. 63pp.
- 김종우. 2011. 강화도와 철원에서 월동하는 두루미(*Grus japonensis*)의 주간 일주행동. 서울대학교 석사학위논문. 83pp.
- 김학진. 1998. 금강하구에 도래하는 검은머리갈매기의 월동 생태 및 취식 행동. 경희대학교 석사학위논문. 50pp.
- 김현대. 1996. 월동서식지에 따른 청둥오리 *Anas Platyrhynchos*의 월동 실태 및 행동에 관한 비교연구. 공주대학교 석사학위논문. 36pp.
- 박진영. 1993. 주남저수지에 도래하는 큰기러기와 쇠기러기의 월동생태. 경희대학교 석사학위논문. 57pp.
- 백인환, 김인규, 송민정, 백운기. 2003. 강화군 일대의 저어새 서식실태에 관한 연구. 한국환경생태학회 학술대회자료집. 2003(2): pp. 201-203.
- 송재겸, 최영복, 이두표. 2011. 고흥만간척지 내 인공습지에서 월동하는 노랑부리저어새 *Platalea leucorodia* 개체군의 월변동. 한국조류학회지 18(2): pp. 1-8.

- 원병오. 1992. 천연기념물(동물편). 대원사: pp. 114-115.
- 원병오, 이한수. 1992. 비무장 지대 인접지역 자연 종합 학술조사보고서-비무장지대 인근지역의 조류조사. 문화부, 문화재 관리국. pp. 233-260.
- 이화수. 2009. 한강하구에 도래하는 재두루미(*Grus vipio*)의 월동생태. 경희대학교 석사학위논문. 83pp.
- 조삼래. 1991. 한국의 흑두루미 *Grus monacha* Temminck의 월동생태에 관한 연구. 경희대학교 박사학위논문. 91pp.
- 조삼래, 박성환. 2000. 한국에서 노랑부리저어새 *Platalea leucorodia*의 월동행동. 한국조류학회지 7(1): pp. 43-49.
- 조항수. 2010. 한국의 번식기 저어새(*Platalea minor*) 보전을 위한 대체서식지 조성 모형 개발. 서울대학교. 석사학위논문. 86pp.
- 조해진. 2005. 주남저수지에 도래하는 노랑부리저어새(*Platalea leucorodia*)의 월동행동에 관한 연구, 경남대학 교대학원. 38pp.
- 최영복, 송재겸, 이두표. 2011. 고흥만 인공습지에서 월동하는 노랑부리저어새 *Platalea leucorodia*의 일주행동. 한국조류학회지 18(4): pp. 273-283.
- 최창용. 2004. 제주도 성산포에 도래하는 저어새의 월동생태 및 관리방안, 서울대학교 교대학원. 103pp.
- 환경부(구자용, 김병선). 2004. 제2차 전국자연환경조사(고흥지역의 지형경관). 환경부 · 국립환경연구원. p. 24.
- 한국농어촌공사. 2004. 고흥담수호 수질환경개선 사업개요. p. 55.
- 환경부. 국립환경연구원. 2004. '99-04 겨울철 조류 동시 센서스 종합 보고서: p. 235.
- 환경부. 국립환경과학원. 2005. 2005년도 겨울철 조류 동시 센서스: p. 207.
- 환경부. 국립환경연구원. 2006. 2006년도 겨울철 조류 동시 센서스: p. 204.
- 환경부. 국립환경연구원. 2007. 2007년도 겨울철 조류 동시 센서스: p. 216.
- 환경부. 국립생물자원관. 2008. 2008년도 겨울철 조류 동시 센서스: p. 254.
- 환경부. 국립생물자원관. 2009. 2009년도 겨울철 조류 동시 센서스: p. 280.
- 환경부. 국립생물자원관. 2010. 2010년도 겨울철 조류 동시 센서스: p. 254.
- 小林桂助. 1979. 日本原色鳥類圖鑑. 保育社: p. 248.
- Abramson M. 1979. Vigilance as a factor influencing flock formation among the Curlews (*Numius arguata*). Ibis 121: 213-216.
- Aguilera E. 1990. Sexual differences in nest attendance and chick-feeding

- rhythms of White Spoonbills. *Auk* 107: 416-420.
- Aguilera E. 1993. Parental infanticide by White Spoonbills *Platalea leucorodia*. *Ibis* 132: 124-129.
- Aguilera E., C. Ramo and C. de le Court. 1996. Food and feeding sites of the Eurasian Spoonbill *Platalea leucorodia* in Southwestern Spain. *Colonial Waterbirds* 19 (Sp Publ. 1): 159-166.
- Ainley D. G. 1974. The comfort behaviour of Adelie and other penguins. *Behaviour* 50: 16-51.
- Alexander W. C. 1980a. Aggressive display in nonbreeding Canvasbacks. *Auk* 97: 198-201.
- Alexander W. C. 1980b. The behavioural ecology and sociobiology of nonbreeding ducks(Aythiini). Ph. D. diss., Clemson University, Clemson, South Carolina. 207pp.
- Alexander W. C. 1987. Aggressive behavior of wintering divingducks(Aythiini). *The Wilson Bull* 99(1): 38-49.
- Alonso J. C., J. A. Alonso and J. P. Veiga. 1987. Flocking in wintering Common Cranes *Grus grus*: influence of population size, food abundance and habitat patchiness. *Ornis Scand* 18: 53-60.
- Altmann J. 1974. Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour* 69: 227-267.
- Arengo F. and G. A. Baldassarre. 1999. Resource variability and conservation of American Flamingos in coastal wetlands of Yucatan, Mexico. *Journal of Wildlife Management* 63: 1201 - 1212.
- Axelrod R. and W. D. Hamilton. 1981. The evolution of cooperation. *Science* 211: 1390-1396.
- Barnard C. 1979. Birds of a feather. *New Sci* 13: 818-820.
- Barachon V. 2003. *Ecologie alimentaire de la sparule blanche Platalea leucorodia en migration prenuptiale dans l'estuaire de la Seine*. Memoire de maitrise de l'Universitè du Havre. 23pp.
- Barker K. C. and F. Aureli. 2000. Coping with conflict during initial encounter sign chimpanzee. *Ethology* 106: 527-541.

- Barton T. R., M. P. Harris, S. Wanless and D. A. Elston. 1996. The activity periods and life-cycle of the tick *Ixodes uriad*(Acari: Ixodidae) in relation to host breeding strategies. *Parasitology* 112: 571-580.
- Battley. P. F., M. Poot, P. Wiersma, C. Gordon, Y. Ntiamoa-Baidu and T. Piersma. 2003. Social Foraging by waterbirds in shallow Coastal lagoons in Ghana. *Waterbirds* 26(1): 26-34.
- Bayer R. D. 1978. Aspects of an Oregon estuarine Great Blue Heron population. pp. 213-217. *In: Wading birds*. New York: National Audubon Society Research Report No. 7.
- Bibby C. J., N. D. Burgess, D. A. Hill and S. H. Mustoe. 2000. *Bird Census Techniques*, 2nd. Academic Press, London. 302pp.
- Black B. B. and M. W. Collopy. 1982. Nocturnal activity of Great Blue Herons in a north Florida salt marsh. *J. Field Ornithol* 53: 403-406.
- Black J. M. 1996. *Partnerships in birds: the study of monogamy*. Oxford, UK: Oxford University Press. 430pp.
- Boileau N. and A. Plichon. 1999. Stratégie alimentaire de la Spatule blanche *Platalea leucorodia* en halte migratoire. *Alauda* 67: 347-348.
- Boileau N. and A. Plichon. 2002. Ecologie et choix des sites alimentaires chez la spatule blanche *Platalea leucorodia* en halte migratoire. *Alauda* 70(3): 363-376
- Boileau N. and A. Plichon. 2003. Prey selection in the Spoonbill: relations with habitats, age and feeding techniques. *In* Veen J. & Stapanova O. (Eds) *Wetland mangement for Spoonbills and associated waterbirds*. Report of the 68th Eurosite Workshop. Van Denderen bv Groningen.
- Brown J. L. 1963. Aggressiveness, Dominance and social organization in the Steller Jay. *Condor* 65: 460-484.
- Brown J. L. 1975. *The evolution of behavior*. W. W. Norton, New York, New York. 761pp.
- Burt E. H. Jr. 1983. Comparative implications of bathing by a Willow Flycatcher. *J. Field Ornithol*. 54: 417-418.
- Campos F. and J. M. Lekuona. 1997. Temporal variations in the feeding habits

- of the Purple Heron *Ardea purpurea* during the breeding season. *Ibis* 139: 447-451.
- Caraco T. 1979. Time budgeting and group size: a test of theory. *Ecology* 60: 618-627.
- Clayton D. H. and P. Cotgreave. 1994. Relationship of bill morphology to grooming behaviour in birds. *Anim Behav.* 47: 195-201.
- Clayton, D. H. 1991 Coevolution of avian grooming and ectoparasite avoidance. In *Bird - parasite interactions* (eds Loye J. E. & M. Zuk) pp. 258-290. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Cotgreave P. and D. H. Clayton. 1994. Comparative analysis of time spent grooming by birds in relation to parasite load. *Behaviour* 131: 171-187.
- Coulter M. C. and J. A. Rogers. 1987. The ecology and conservation of storks. *Colonial Water Birds* 10: 129-130.
- Coutlee. E. L. 1963. Maintenance Behavior of the American Goldfinch. *The Wilson Bulletin* 75(4): 342-357.
- Cramp S. C. and K. E. L. Simmons. 1977. *Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa: the birds of the western Palearctic.* Volume 1. London: Oxford University Press, London. 722pp.
- Damerose E. and W. D. Hopkins. 2002. Scan and focal sampling: reliability un the laterality for maternal cradling and infant nipple preferences in olive baboons, *Papio anubis*. *Animal Behaviour* 63: 511-518.
- David E. W. 1977. The feeding ecology and behavior of five species of heron in Southeastern New Jersey. *The Condor* 79: 462-470.
- David W. D. 1966. Maintenance activities of the rose-breasted grosbeak. *The Wilson Bulletin* 78: 68-78.
- Damsté S. J. S., M. Dekker, B. E. van Dongen, S. Schouten and T. Piersma. 2000. Structural identification of the diester preen gland wax in the red knot (*Calidris canutus*). *J. National Prod* 63: 381-384.
- De le Court C. and E. Aguilera. 1997. Dispersal and migration in Eurasian Spoonbills *Platalea leucorodia*. *Ardea* 85: 193-202.

- del Hoyo J., A. Elliott. and J. Sargatal. 1992. Handbook of the birds of the world. Vol. 1. Lynx Edicions. Barcelona. 696pp.
- Delius J. D. 1988. Preening and associated comfort behavior in birds. *Annals of the New York Academy of Sciences* 525: 40–54.
- Dimalexis 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.
- Engelmoer M., T. Piersma, W. Altenburg and R. Mes. 1984. The Baneï Arguin (Mauritania) pp. 293–310. *In: Coastal waders and wildfowl in winter* (Eds: Evans P. R., Goss-Custard J. D. & Hale W. G.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Estevez I., L. J. Keeling and R. C. Newberry. 2003. Decreasing aggression with increasing group size in young domestic fowl. *Applied Animal Behavior Sciences* 84: 213–218.
- Feh C. and J. De Magieres. 1993. Grooming at a preferred site reduces heart rate in horses. *Anim. Behav* 46: 1191–1194.
- Fehr C. and U. Fischbacher. 2003. The nature of human altruism. *Nature* 425: 785–791.
- Frederick R. B. and E. E. Klaas. 1982. Resource use and behavior of migrating snow geese. *J. Wild. Manage* 46: 601–614.
- Frederick P. C. and W. F. Loftus. 1993. Responses of marsh fishes to low temperatures: a possible behavioral link between predator and prey. *Estuaries* 16: 216–222.
- Fretwell S. D. 1972. Population in a seasonal environment. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey. 224pp.
- García L., J. A. Amat and M. Rodríguez. 1983. Spoonbills breeding during winter in Spain. *British Birds* 76: 32–33.
- Gawlik D. E. 2002. The effects of prey availability on the numerical response of wading birds. *Ecological Monographs* 72: 329–346.
- Gawlik D. E. and G. E. Crozier. 2007. A test of cues affecting habitat selection

- by wading birds. *Auk* 124: 1075–1082.
- Gauthreaux S. A. JR. 1978. The ecological significance of behavioral dominance. pp. 17–54 in *Perspectives in ethology*. Vol. 3(Bateson P. P. G. and P. H. Klopfer, eds.). Plenum Press, New York, New York.
- George R. M. and S. L. Putnam. 1968. The maintenance behavior of the black-crowned Night Heron. *The Wilson Bulletin* 80(4): 467–478.
- Götmark F., D. W. Winkler and M. Andersson. 1986. Flock-feeding on fish schools increases individual success in gulls. *Nature* 319: 589–591.
- Grigorios P., K. Savas and G. Vssilis. 2005. Factors affecting the foraging behavior of the Squacco Heron. *Waterbirds* 28(1): 28–34.
- Hamilton W. D. 1964. The genetical evolution of social behaviour. I and II. *Theor. Biol.* 7: 1–52.
- Hancock J. A., J. A. Kushlan and M. P. Kahl. 1992. *Storks, Ibises and Spoonbills of world*. Academic press Limited. London. 385pp.
- Harrison C. 1965. Allopreening as agonistic behaviour *Behaviour* 24: 161–209.
- Hart B. L. and L. A. Hart. 1992. Reciprocal allogrooming in impala, *Aepyceros melampus*. *Anim Behav* 44: 1073–1083.
- Hellquist A. 2000. "Aging Spoonbill". <<http://www.surfbirds.com/mb/Features/spoonbill/ageing-spoonbill-0402.html>>
- Hérmery D., C. Aulert & P. Triplet. 2008. Spoonbill(*Platalea leucorodia*) staging France: Feeding behaviour and disturbance. Spoonbill network, Newsletter Eurosite 8: 11–19.
- Hohman W. L. and D. P. Rave. 1990. Diurnal time-activity budgets of wintering Canasbacks in Louisiana. *Wilson Bull.* 102(4): 645–654.
- Hüppop O. and K. Hüppop. 2008. Climate changes and timing of bird migration. *Proceeding of the 2nd international symposium on migratory birds-Monitoring climate change. 27 October 2008, Changwon, Korea* pp. 17–26.
- Jenni D. A. 1969. A study of the ecology of four species of herons during the breeding season at rake Alice, Alachua Country, Florida. *Ecol. Monogr.* 39: 245–270.
- Kahl M. P. 1964. Food ecology of the Wood Stork(*Mycteria americana*) in Florida.

- Ecol. Monogr. 34: 97-117.
- Kemper J. H. 1995. Role of the three-spined stickleback *Gasterosteus aculeatus* L. in the food ecology of the spoonbill *Platalea leucorodia*. Behaviour 132: 1284-1299.
- Kersten M., R. H. Britton P. J. Dugan and 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.
- Kersten M. 1995. The energy requirements of Spoonbills and waders on migration. In Proceedings of the 23 Eurosite nature management workshop pp. 25-29.
- Krebs T. R. 1974. Colonial nesting and social feeding as strategies for exploiting food resources in the Great Blue Heron (*Ardea herodias*). Behaviour 51: 99-134.
- Krebs J. R and C. Barnard. 1980. Comments on the function of flocking in birds. Proc. XVII Int. Ornithol Congr. pp. 795-799.
- Kruijt K. P. 1964. Ontogeny of social behaviour in Burmese red jungle fowl (*Gallus gallus spadiceus*). Behaviour Suppl. 201pp.
- Kummer H, W. Götz and W. Angst. 1973. Triadic differentiation: an inhibitory process protecting pair bonds in baboons. Behaviour 49: 62-87.
- Kushlan J. A. 1976. Feeding behavior of North American Herons, Auk 93: 83-94.
- Kushlan J. A. 1977. Foraging behavior of White Ibis. The Wilson Bulletin 89(2): 342-345.
- Kushlan J. A. 1978. Feeding Ecology of wading birds, In: Sprunt A, ogden JCX. Winklers(eds) Wading Birds pp. 249-297. Natl Audubm soc. New York.
- Kushlan J. A. 1981. Resource use strategies of wading birds. Wilson Bulletin 93: 145-163.
- Kushlan J. A. and J. A. Hancock. 2005. The herons Oxford University Press, Oxford. 433pp.
- Lack D. 1954. The natural regulation of animal numbers. Clarendon Press, Oxford, England. 343pp.
- Lantz S. M., D. E. Gawlik, and M. I. Cook. 2010. The Effects of Water Depth and Submerged Aquatic Vegetation on the Selection of Foraging Habitat and

- Foraging Success of Wading Birds. *The Condor* 112(3): 460-469.
- Maccarone A. D. and K. C. Parsons. 1994. Factors affecting the use of a fresh water and an estuarine foraging site by egrets and ibises during the breeding season in New York City. *Colonial Waterbirds* 17: 60-68.
- Maxwell G. R. and L. S. Putnam. 1968. The Maintenance Behavior of The Black-crowned night heron. *The Wilson Bulletin* 80(4): 467-478.
- McDowell E. E. 1973. Comparison of time-sampling and continuous recording techniques for observing developmental changes in caretakers and infant behaviors. *Journal of Genetic Psychology* 123: 99-105.
- Master T. L., J. K. Leiser, K. A. Bennett, J. K. Bretsch and H. J. Wolfe. 2005. Patch selection by Snowy Egrets. *Waterbirds* 28: 220-224.
- Maynard S. J. 1982. *Evolution and the theory of games*. Cambridge Univ Press, Cambridge. 224pp.
- McBride G., J. W. James and R. N. Shoffner. 1963. Social forces determining spacing and head orientation in a flock of domestic hens. *Nature* 197: 1272- 1273.
- McKinney F. 1965. The comfort movements of Anatidae. *Behaviour* 25: 121-217.
- McNeil R. and G. Rompre. 1995. Day and night feeding territoriality in willets (*Catoptrophorus semipalmatus*) and whimbrels(*Numenius phaeophus*) during the non-breeding season in tropical environment. *Ibis* 137: 169-176.
- Metcalf N. B and R. W. Furness. 1986. Aggression in shorebirds in relation to flock density and composition. *Ibis* 129: 553-563.
- Meyerriecks A. T. 1960. Comparative breeding behavior of four species of North American herons. *Publ. Nattall Ornithol. Club* 2. 158pp.
- Miller M. R. 1985. Timebudgets of northern pintail wintering in the Sacramento Vally, California. *Wildfowl* 36: 53-64.
- Morris D. 1956. The feather posture of birds and the problem of the origin of social signals. *Behaviour* 9: 95-113.
- Moyer B. R. and D. H. Clayton. 2003. Avian defenses against ectoparasites. In: Van Emden H. F & M. Rothschild(Eds.) *Insect and bird interactions*. Andover,

- UK, Intercep, In press. 208pp.
- Ntiamoa-Baidu Y., T. Piersma, P. Wiersma, M. Poot, P. Battley and C. Gordon. 1998. Water depth selection, daily feeding routines and diets of water birds in coastal lagoons in Ghana. *Ibis* 140: 89-103.
- Overdijk O., C. de le Court and A. Gueye. 2001. WIWO-report 70. 12pp.
- Paul M. and P. Bateson. 1993. *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. Cambridge University Press. Cambridge. 222pp.
- Paulus S. L. 1984. Activity budgets of nonbreeding godwalls in Louisiana. *J. Wild. Manage* 48: 371-380.
- Paulus S. L. 1988. Time-activity budgets of non-breeding Anatidae: a review. pp. 135-152 in M. W. Weller, ed. *Waterfowl in winter*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Perrins C. M. and T. R. Birkhead. 1983. *Avian Ecology*. Blackie and Son Ltd, Glasgow. 221pp.
- Petting O. S. Ornithology. 권기정외(역). 2000. 조류학. 아카데미서적. 316pp.
- Piersma T., M. Dekker, and J. S. S. Damsté. 1999. An avian equivalent of make-up? *Ecology letters* 2: 201-203.
- Popp J. W. 1987. Resource value and dominance among American Goldfinches. *Bird Behaviour* 7: 73-77.
- Powell G. V. N. 1987. Habitat use by wading birds in a subtropical estuary: implications of hydrography. *Auk* 104: 740-749.
- Price J. T. and T. L. Root. 2000. Focus: effects of climate change on bird distributions and migration patterns. pp. 65-68 in P. J. Sousonnis and J. M. Bisanz, eds. *Preparing for a changing climate: the potential consequences of climate variability and change*. University of Michigan, Atmospheric, Oceanic, And Space Sciences Dept., Ann Arbor, Michigan.
- Radford A. N. and M. A. Du Plessis. 2006. Dual function of allopreening in the cooperatively breeding green woodhoopoe, *Phoeniculus purpureus*. *Behav. Ecol. Sociobiol* 61: 221-230.
- Redpath S. 1988. Vigilance levels in preening dunlin *Calidris alpina*. *Ibis* 130:

555-557.

- Rhijn J. G. Van. 1977. Processes in feathers caused by bathing in water. *Ardea* 65: 126-147.
- Richner H. 1986. Winter feeding strategies of individually marked herons. *Animal Behaviour* 34: 881-886.
- Robert J. R. 1968. Maintenance behavior of the common Rhea. *The Wilson Bulletin* 80(3): 312-318.
- Rohwer S. and P. W. Ewald. 1981. The cost of dominance and advantage of subordination in a badge signaling system. *Evolution* 35: 441-454.
- Rose P. M. and D. A. Scott. 1997. *Waterfowl Population Estimates(2nd edn)*. Wetlands International Publication No. 44. Wetlands International, Wageningen, The Netherlands. 106pp.
- Rubolini D., A. P. Møller and E. Lehikoinen. 2008. Phenological response to climate change and population trends of migratory birds. Proceeding of the 2nd international symposium on migratory birds- Monitoring climate change. 27 October 2008, Changwon, Korea. pp. 39-48.
- Sauer E. G. F. and E. M. Sauer. 1967. Yawning and other maintenance activities in the south african ostrich. *The Auk* 84: 571-587.
- Senar J. C. and N. B. Metcalfe. 1988. Differential use of local enhancement for finding food by resident and transient siskins. *Anim Behav.* 36: 1549-1550.
- Seyfarth R. M. and D. L. Cheney. 1984. Grooming, alliances and reciprocal altruism in vervet monkeys. *Nature* 308: 541-543.
- Slessers M. 1970. Bathing behavior of land birds. *Auk* 87: 91-99.
- Sigg H. and J. Falett. 1985. Experiments on respect of possession and property in hamadryas baboons (*Papio hamadryas*). *Anim Behav.* 33: 978-984.
- Simmons K. E. L. 1964. Feather maintenance. In: Landsborough Thomson. A.(Ed.) *A new dictionary of birds*. London, Thomas Nelson and Sons. pp 278-286.
- Simmons, K. E. L. 1985. Comfort behaviour. In: Campbell B. & Lack E.(Eds.) *A dictionary of birds*. Vermillion, South Dakota, Buteo Books. pp. 101-105.
- Smart M., H. Azafzaf and H. Dlensi. 2007. The "Eurasian" Spoonbill (*Platalea*

- leucorodia*) in Africa. Ostrich 78: 495 - 500.
- Smith J. P., M. W. Collopy and J. R. Richardson. 1995. Foraging habitat selection among wading birds (Ciconiiformes) at Lake Okeechobee Florida, in relation to hydrology and vegetative cover. Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc Limnol. 45: 247-285.
- Strong A. M., G. T. Bancroft and S. D. Jewell. 1997. Hydrological constraints on Tricolored Heron and Snowy Egret resource use. Condor 99: 894-905.
- Swennen C., M. F. Leopold and L. L. M. De Bruijn. 1989. Time-stressed oyster catchers *Haematopus ostralegus*. Can increase their intake rate. Anim. Behav. 38: 8-22.
- Swennen C. and Y. T. Yu. 2005. Food and feeding behaviour of the Black-faced Spoonbill. Waterbirds 28(1): 19-27.
- Swennen C. and Y. T. Yu. 2008. Bill sweeping in spoonbills: no evidence for an effective suction force at the tip. J. Avian Biol 39: 3-6.
- Takeshita N. and M. Kurechi. 2000. What will happen to the bird?. A threat to life -The impact of climate change on Japan's biodiversity. ed. by Tomoto A, Iwatsuki K, Kawamichi T, and McNeely J. Tsukiji-Shokan Publishing Co. Ltd Japan pp. 127-135.
- Terry R. L. 1970. Primate grooming as a tension reduction mechanism, F. Psychol 76: 129-136.
- Torda G., A. Liker and Z. Barta. 2004. Dominance hierarchy and status Signelling in captive tree sparrow flocks. Acta Zoologica Academica Scientiarum Hugaricae 50(1): 35-44.
- Triplet P., M. Benmergui, V. Schricke and G. Leray. 2004. European spoonbill: high number in the Senegal delta in January 2004. Spoonbill Newsletter 1: p 2.
- Triplet P., O. Ovwerdijk, M. Smart, S. Nagy, M. Schneider-Jacoby, E. Z. Karauz, C. Pigniczki, S. Baha El Dim, J. Kralj, A. Sandor and J. G. Navedo. 2008. Eurasian Spoonbill Platalea leucorodia AEWIA International Single Species Action Plan. 157pp.
- Trivers R. L. 1971. Evolution of reciprocal altruism. The Quarterly Review of Biology 46(1): 35-57.

- Tucakov M. and A. Žuljevič. 2005. How to protect colonies of Eurasian Spoonbill *Platalea leucorodia* on carp fish farms in Serbia? Spoonbill Newsletter 4: 10-14.
- Walther B. A. 1977. Comparative studies of ectoparasite communities of birds. D. Phil. thesis, Oxford University. 460pp.
- Walther B. A. 2003. Do peacocks devote maintenance time to their ornamental plumage? Time budgets of male blue peafowl *Pavo cristatus*. Luchiana 4(2): 149-154.
- Watmough B. R. 1978. Observations on nocturnal feeding by Night Herons *Nycticorax nycticorax*. Ibis 120: 356-358.
- Wetlands International. 2007. Status of waterbirds in Asia: 117.
- Whitting S. D. and M. L. Guinea. 1999. Nocturnal foraging by the Black-necked Stork *Ephippiorhynchus asiaticus* on sea turtle hatchlings. Emu 99(2): 145-147.
- Willard D. E. 1975. The feeding behaviour and ecology of five species of herons at the Brigantine National Refuge, New Jersey. Ph. D. dissertation. Princeton, New Jersey: Princeton University. 106pp.
- William L. H. and P. R. David. 1990. Diurnal time-activity budgets of wintering Canvasbacks in Louisiana. Wilson Bull 102(4): 645-654.
- Xue T. and Y. Wang. 1996. An observation on the diurnal time budget of the black-faced spoonbill. In Wild bird federation Taiwan, Wild bird society of Taipei and Chinese association for wildlife conservation. 1996. Studies on Chinese ornithology. China Forestry Publishing House. Beijing pp. 124-128.