



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

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

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

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

[Disclaimer](#)

博士學位論文

제주지역에서 맹꽁이(*Kaloula borealis*)의 생태에 관한 연구

濟州大學校 大學院

科學教育學部

高 尙 範

2012年 8月

# 제주지역에서 멥꽂이(*Kaloula borealis*)의 생태에 관한 연구

指導教授 吳 弘 植

高 尙 範

이 論文을 教育學 博士學位 論文으로 提出함

2012年 8月

高尙範의 教育學 博士學位 論文을 認准함

審査委員長 \_\_\_\_\_

委 員 \_\_\_\_\_

委 員 \_\_\_\_\_

委 員 \_\_\_\_\_

委 員 \_\_\_\_\_

濟州大學校 大學院

2012年 8月

Ecological Study of *Kaloula borealis*  
on Jeju Island

Sang-Beom Ko  
(Supervised by professor Hong-Shik Oh)

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

2012 . 8.

This thesis has been examined and approved.

.....  
Thesis director, Se-Jae Kim, prof. of Biology

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
(Name and signature)

.....  
Date

Faculty of Science Education  
GRADUATE SCHOOL  
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

# 목 차

서 론 .....	1
제1장 외부형태 특징 .....	7
서 론 .....	7
측정방법 .....	8
결 과 .....	10
고 찰 .....	13
제2장 서식지에서의 이동거리 .....	15
서 론 .....	15
조사지 현황 및 조사방법 .....	16
결 과 .....	18
고 찰 .....	19
제3장 산란지 분포 .....	20
서 론 .....	20
조사기간 및 방법 .....	21
결 과 .....	22
고 찰 .....	32
제4장 번식행동에 영향을 주는 환경요인 .....	34
서 론 .....	34

조사방법 .....	35
결 과 .....	36
고 찰 .....	42
<b>제5장 번식기간중 먹이 습성 .....</b>	<b>45</b>
서 론 .....	45
재료 및 방법 .....	46
결 과 .....	47
고 찰 .....	54
<b>제6장 나이구조 분석 .....</b>	<b>58</b>
서 론 .....	58
연구 방법 및 재료 .....	59
1. 조사지 현황 .....	59
2. 뼈나이테법 .....	60
3. 성장곡선 및 통계분석 .....	60
결 과 .....	61
고 찰 .....	68
<b>제7장 감소요인과 보존대책 .....</b>	<b>71</b>
보존의 중요성 .....	71
감소요인 .....	72
1. 도시화에 따른 감소 .....	72
2. 농업의 발달에 따른 감소 .....	74

3. 외부 유입종에 따른 감소 .....	76
보존대책 .....	77
적 요 .....	79
Appendix .....	82
인용문헌 .....	89

## List of Table

Table 1. The list of genus <i>Kaloula</i> .....	4
Table 2. Morphological measurements of <i>Kaloula borealis</i> .....	11
Table 3. Relation of each morphological measurement to the snout-vent length (SVL) in <i>Kaloula borealis</i> .....	12
Table 4. Morphological measurements of <i>Kaloula borealis</i> tadpole ...	13
Table 5. List of the aquatic plants covered the spawning sites of <i>Kaloula borealis</i> on Jeju Island .....	23
Table 6. Individual numbers of <i>Kaloula borealis</i> observed at the survey sites by year from 2007 to 2010 .....	24
Table 7. Types of spawning sites of <i>Kakoula borealis</i> .....	28
Table 8. Altitudinal frequency of the spawning sites of <i>Kaloula borealis</i> on Jeju Island .....	30
Table 9. The breeding period and duration of <i>Kaloula borealis</i> on Jeju Island .....	37
Table 10. Meteorological data of the breeding season of <i>Kaloula borealis</i> during five years from 2008 to 2011 on Jeju Island ..	39
Table 11. Results of binary logistic regression for effects of the abiotic factors on breeding season .....	40
Table 12. Diet composition of <i>Kaloula borealis</i> .....	49
Table 13. Result of the correlation analysis between the victim volume and SVL (snout-vent length) .....	51
Table 14. Result of the correlation analysis between the major victims and SVL .....	52

Table 15. SVL variation of <i>Kaloula borealis</i> population by age and sex .....	62
Table 16. Statistics and range of SVL distribution of <i>Kaloula borealis</i> by sex .....	62
Table 17. Statistics and range of body weight distribution of <i>Kaloula borealis</i> by sex .....	63
Table 18. Asymptotic size and growth coefficient of <i>Kaloula borealis</i> .....	65
Table 19. Relationship between age, weight and snout-vent length (SVL) of <i>Kaloula borealis</i> .....	65

## List of Figures

Figure 1. Geographical distribution of the genus <i>Kaloula</i> .....	2
Figure 2. Measured parts of <i>Kaloula borealis</i> .....	9
Figure 3. Measured parts of tadpol. ....	9
Figure 4. Dorsal and lateral views of head of <i>Kaloula boreali</i> . ....	10
Figure 5. Hand and foot of <i>Kaloula boreali</i> . ....	11
Figure 6. Map of the area where the main survey site located ....	17
Figure 7. Moving distance of <i>Kaloula borealis</i> in the habita. ....	18
Figure 8. Distribution of the spawning sites of <i>Kaloula borealis</i> on Jeju Island .....	27
Figure 9. Spawning sites of <i>Kaloula borealis</i> in Jeju Island .....	28
Figure 10. Rate of types of spawning sites of <i>Kaloula borealis</i> ..	29
Figure 11. The number of spawning sites distributed in the administrative district of Jeju Island .....	31
Figure 12. Rainfall, mean temperate, relative humidity of survey area during each period .....	38
Figure 13. Barometric pressure and wind speed in breeding season .....	41
Figure 14. Relationship between frog snout-vent length (SVL) and total volume of the victims in a stomach .....	50
Figure 15. Relationships between snout-vent length (SVL) and minimum and maximum volumes of the prey in a stomach. .....	51
Figure 16. Relationship between frog snout-vent length (SVL) and the volume of the major prey taxa .....	52

Figure 17. Volume distributions of the prey taxa consumed by <i>Kaloula borealis</i> .....	53
Figure 18. Volume distributions of the major prey taxa consumed by <i>Kaloula borealis</i> .....	54
Figure 19. Cross-section of the phalanges of <i>Kaloula borealis</i> , 5 year old male, 6 year old female .....	61
Figure 20. Age composition distribution of males and females from <i>Kaloula borealis</i> .....	64
Figure 21. Growth curve of <i>Kaloula borealis</i> (male) .....	66
Figure 22. Growth curve of <i>Kaloula borealis</i> (female) .....	66
Figure 23. Relationship between SVL, weight and age of both sexes of <i>Kaloula borealis</i> .....	67
Figure 24. Destruction of the spawning sites by road extension and development .....	73
Figure 25. Dead of tadpole by drying .....	74
Figure 26. Destruction of spawning sites by reclamation of croplands .....	74
Figure 27. A <i>Kaloula borealis</i> with front leg amputation by farm machine. ....	76

## ABSTRACT

The mean snout-vent length (SVL) of the *Kaloula borealis* is estimated at 45.2mm, its HL (head length) at 10.6mm, HW (head width) at 14.4mm, and SL (snout length) and ED (eye diameter) at 4.4mm. Its FLIMB (forelimb length) was estimated at 19.4mm and HLIMB (hindlimb length) at 44.9mm. The EN (distance between eye and nostril) was half the size of IND (internarial distance), and the IOD (interorbital distance) was longer than the IND but smaller than the SL or ED. The length of the forelimb was half the size of SVL and the length of the hindlimb was similar to that of SVL. The third finger of the forelimb was the longest and the first toe was the shortest. The fourth toe of the hindlimb was the longest and the first toe was the shortest. The tBL (body length) of a tadpole was smaller than half of its tTL (total length) and its tIDE (intereye distance) was longer than its tTH (tail height). The abdomen of the tadpole was initially transparent but turned to be gray and black-dotted at Gosner stage 28.

*K. borealis* was found to stay at the same place in their habitat under rocks, in piles of stones, or in the soil for 5 to 7 days. This suggests that *K. borealis* dwells in the same place for a long time and migrates for the night within a limited area. The spawning sites of *K. borealis* in a large number of wetlands were surveyed in Jeju Island between May and August from 2007 to 2010. The subjects' habitation was investigated by their calls throughout a rainy night up to the next morning. Spawning sites ascertained the existence of their eggs and tadpoles. In the results, 83 wetlands were found to be used as spawning sites. Of these, most of the spawning sites were permanent wetlands. In addition, 81.9% of the wetlands in Jeju Island were at an altitude of 150m or lower. *K. borealis*

spawned in shallow water not more than 50cm in depth. By region, 54 wetlands were in Jeju-si and 29 wetlands were in Seoguipo-si. This might be attributed to the relatively high farming activity in Seogwipo-si compared to Jeju-si. In Seongsan-eup where a reedy marsh stretches out, wide spawning sites were well-preserved compared to other regions.

In order to analyze the environmental factors influencing the breeding activities of the *K. borealis*, spawning sites in Daejung-Eub, Jeju Island were investigated for 4 years from 2008 to 2011. Rainfall, humidity, temperature, barometric pressure, and wind speed were analyzed together. Spawning activities according to precipitation revealed that the major factors influencing breeding activities included rainfall, humidity, and barometric pressure. The most important factor was rainfall, suggesting that *K. borealis* spawns when it rains hard. Temperature was also important for breeding activity. The breeding season was from May to August, meeting the conditions for breeding activities. Like the previous studies on other anurans in temperate regions, rainfall and temperature might be important for the breeding activities of *K. borealis* on Jeju Island.

The feeding habits of *K. borealis* was studied among 52 out of 56 specimens collected in Daejung-up, Jeju Island in June 2011. The stomach contents were analyzed by stomach flushing method. In the result, the main preys for *K. borealis* were found to be Diptera sp., Harpalidae, Formicidae, and Drosophilidae. *K. borealis* fed on all sizes of small preys while individuals with large SVL fed on big preys. By feeding on a large amount of food with less activities, the individuals with large SVL increased their energy efficiency. In many cases, *K. borealis* fed on Diptera sp. or Drosophilidae that were slow but capable of flying. This suggests that *K. borealis* has a sit-and-wait form of preying rather than an active searching technique for acquiring food.

The age of *K. borealis* was determined by skeletochronology performed among 38 males and 58 females sampled in the Daejung-eup during their breeding season in June 2009. SVL and body weight (BW) were also analyzed. The mean value of SVL was  $43.69 \pm 3.44$  mm in males and  $46.32 \pm 4.23$  mm in females. The age at first reproduction was estimated to be 2 years in males and 3 years in females. The oldest males and females were 8 and 10 years of age, respectively, indicating that the longevity of *K. borealis* might be more than 8 years for males and 10 years for females and that females significantly live longer than males. In growth curve for *K. borealis* using von Bertalanffy growth model, the growth coefficient ( $K$ ) was 0.56 in male and 0.41 in female; the asymptotic size was 46.41 mm in male and 50.22 mm in female.

There were three major reasons for the decline in the *K. borealis* on Jeju Island. The first was the loss of habitats due to expansion of housing areas and road constructions. Second, the expansion of farmland caused a decrease in spawning habitats in swamps. Of note, pesticide container waste and fertilizer wrappers were frequently found in the swamps. This may have destroyed habitats by chemical toxicity. Third, predators like carps and mudfishes discharged in the swamp decreased the number of tadpoles by predation. In fact, an adult *K. borealis* actually avoided spawning in swamps where predators were found. To preserve *K. borealis* on Jeju Island, identification of spawning sites should be considered first. To preserve the spawning swamp in their habitats, reclamation of wetland to farmland should be prohibited together with management of farming waste, including pesticide bottles and fertilizer wrappers. Because non-native predator species discharged in the wetland may feed on *K. borealis* tadpoles, the introduction of non-native species should be carefully observed in spawning sites of *K. borealis* on Jeju Island.

## 서론

양서류는 전 세계에 분포하며 개구리목(Anuran)에는 54과, 도롱뇽목(Caudata)에 10과, 무족영원목(Gymnophiona)에 10과로 총 3목(Order) 74과(Family) 6,980여종이 분포하고 있다.(Appendix 1, <http://amphibiaweb.org>). 맹꽁이(*Kaloula borealis*)는 개구리목(Anura) 맹꽁이과(Microhylidae) 맹꽁이아과(Microhyliinae) 맹꽁이속(*Kaloula*)에 속하는 종이다.

Microhylidae는 전 세계적으로 11아과(subfamily)에 70속에 510종 이상 서식하는 복잡한 그룹이다(<http://amphibiaweb.org>). 이들은 대부분 주둥이부터 총배설강까지의 길이(SVL; snout-vent length)가 1cm부터 시작되는 작은 크기의 개구리 종으로 분류되지만 10cm 정도 되는 종도 있다(Stebbins, 1951; Duellman and Trueb, 1994; Cogger and Zweifel, 1998). 골격구조는 다른 과(Family)의 개구리와는 좀 다르게 변형 되어 있다. 이들의 가장 큰 특징 두 가지는 뚱뚱하고 부푼 몸 형태와 짧고 좁은 입모양이다. 염색체수는  $2n=22$ 에서 28 사이로 머리는 짧고 둥글며 머리 뒤쪽에 용기가 나있다. 뒷다리는 짧고 발가락의 물갈퀴는 발달되지 않았으며, 나무에 사는 종과 두꺼비같이 생긴 종에서는 손가락 끝부분이 확장되어 있다(Duellman and Trueb, 1994; Jensen *et al.*, 2008). 서식장소는 주로 나무나 육상이며, 일부는 물 근처에서 서식하기도 한다(Stebbins, 1951). 육상에 서식하는 종들은 종종 낙엽 밑에서 발견되기도 하며, 때때로 밤에 사냥을 하기도 한다(Lannoo, 2005). 이들은 좁은 입을 갖고 있는 특징으로 인하여 일반적으로 흰개미와 개미를 주로 포식하며, 또 다른 일부 다른 종들은 일반적인 다른 종류의 개구리와 같은 형태의 먹이를 먹는다. 번식은 주로 봄에서 가을사이에 비가 많이 내리는 날에 이루어진다(Solé and Kwet, 2002; Lannoo, 2005; Teixeira *et al.*, 2006). 포접은 액포형(axillary)이고 뉴기니아와 호주의 Microhylidae는 올챙이 단계를 거치지 않고 알에서 개구리로 직접 변태 과정을 거치기도 한다. 올챙이 단계를 거치는 종은 물속에서 유생기를 지나 일반적으로 다른 과(Family)의 올챙이에서 볼 수 있는 각질 같은 입술구조는 없다(Stebbins, 1951; Duellman and Trueb, 1994). 또한 일부종은 나무나 대나무,

식물의 잎맥에서 번식한다는 것이 보고되었다(Glaw and Vences. 1992)

Microhylidae의 서식분포는 북아메리카, 멕시코와 중앙아메리카, 남아메리카, 코스타리카 습지, 아프리카, 서인도, 스리랑카, 동남아시아, 뉴기니아, 호주등 열대지역과 온대지역에 분포한다. 일부종은 건조지역과 열대지역 이외에서도 볼 수 있다. Microhylidae는 뉴기니아와 마다가스카르에서 양서류 대부분을 차지하는 종이기도 하다(Stebbins, 1951; Cogger and Zweifel, 1998; Guyer and Donnelly. 2005; Lannoo, 2005; Van der Meijden *et al.*, 2007; Jensen *et al.*, 2008).

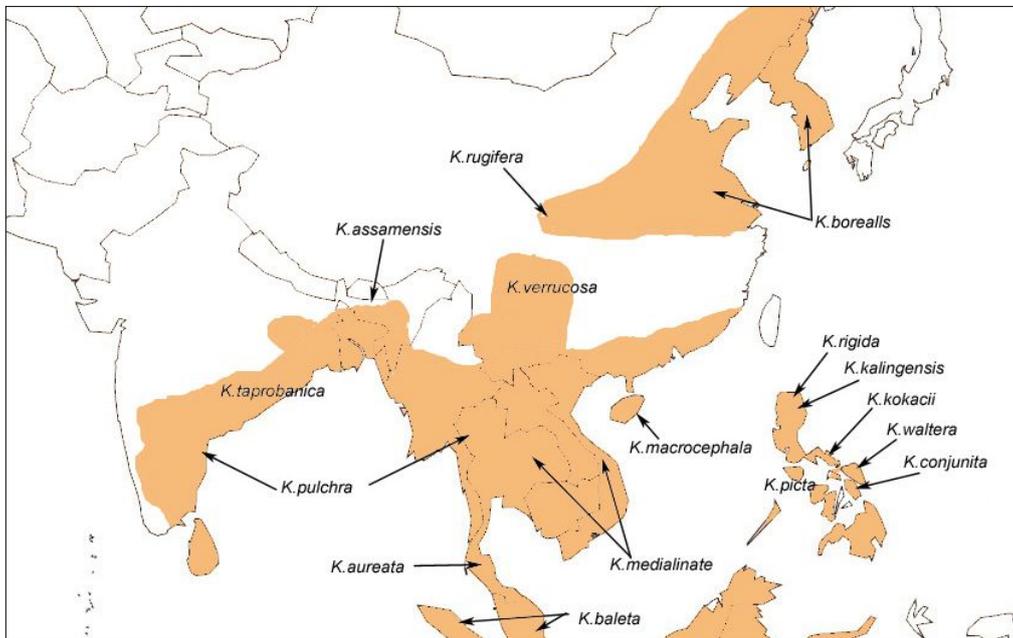


Figure 1. Geographical distribution of the genus *Kaloula*.

*Kaloula*속은 Gray(1831)에 의해 발견되어 *Kaloula pulchra*로 학계에 처음으로 알려졌다. 여기서 그는 *Kaloula*속의 특징을 다음과 같이 표현하였다. 몸의 등은 부풀어있고 입의 밑 부분은 볼록하다. 머리는 작고 이는 없으며 고막과 이하선도 없다. 다리는 짧고 발가락은 4-5개며 앞다리의 마지막 관절은 팽대하며 난형으로 잘린 형태이다. 뒷다리의 아래쪽 관절은 몽툰한 모양이라고 기술하고 있다. 또한 Sengupta *et al.*(2009)은 *kaloula*속의 주요한 특징을 다음과 같이 기술

하고 있다. 관절하부 결절(subarticular tubercles)이 확장되어 있으며, 각 후비공이 뒤쪽경계를 따라 골격능(bony ridge)이 있다. 그리고 Microhylidae의 다른 속에서 *Kaloula*를 구별하기 위해서는 부가적으로 다음과 같은 특징들이 자주 사용된다. 혀는 타원형이며 손가락의 truncate disks 끝 부분은 팽대하다. 발가락에 물갈퀴가 있으며 II번 손가락보다 I번 손가락이 더 짧다. 뒤꿈치나 팔꿈치에 척추 같은 피부돌기가 없으며 배의 노란색 바탕에 갈색부분이 부족하다. 코 부분은 짧다. 내부 중족골 결절은 삼 모양이며 쇄골은 없다. 흉골은 크고 연골로 되어 있다.

*Kaloula*는 전 세계를 통틀어 아시아(한국, 북중국, 수단, 필리핀, 방글라데시, 인도, 스리랑카)에 분포하며(Figure 1), *Kaloula borealis*를 비롯하여 *Kaloula aureata*, *Kaloula picta*, *Kaloula pulchra*등 16종이 속한다(Table 1).

우리나라에서는 *Kaloula*속 중에서 유일하게 맹꽂이(*Kaloula borealis*) 1종만이 서식하고 있다. 맹꽂이는 Barbour(1908)에 의해 처음으로 *Cacopoides borealis*로 기재 되었으며, 그는 맹꽂이에 대해서 다음과 같이 표현하였다; 몸은 매우 통통하며 머리와 입은 작다. 주둥이 부분(snout)는 둥근 모양이며 주둥이 부분(snout)의 길이는 눈의 직경정도이다. 위쪽 눈꺼풀 사이의 직경보다 안와공간 사이가 더 길며 손가락은 변형되어 두 번째보다 첫 번째가 더 짧다. 발가락은 변형되어 있으며 물갈퀴가 발가락 기저 부분에 있다. 두 개의 중족골 결절은 삼 모양이며 안쪽은 강하나 바깥쪽은 약하고 뒷다리는 짧다. 피부는 부드러우며, 등 쪽 표면에 미세한 구멍들이 흩어져 있다. 색은 어두운 갈색에 올리브색이 첨가되었으며 아랫부분은 어두운 색이고 갈색의 대리석 무늬로 되어 있다. 목 부분에 울음주머니가 있다.

Table 1. The list of genus *Kaloula* (VU: Vulnerable, NT: Near Threatened, LC: Least Concern, DD: Data Deficient. <http://amphibiaweb.org>)

Scientific Name	IUCN Red List Status	Vernacular Name
<i>Kaloula assamensis</i>	LC	
<i>Kaloula aureata</i>	DD	
<i>Kaloula baleata</i>	LC	Smooth-Fingered Narrow-Mouthed Frog
<i>Kaloula borealis</i>	LC	Boreal Digging Frog
<i>Kaloula conjuncta</i>	LC	Philippine Narrowmouth Toad
<i>Kaloula kalingensis</i>	VU	Kalinga Narrowmouth Toad
<i>Kaloula kokacii</i>	NT	Catanduanes Narrow-Mouthed Frog
<i>Kaloula macrocephala</i>	DD	
<i>Kaloula mediolineata</i>	NT	
<i>Kaloula picta</i>	LC	Painted Narrowmouth Frog
<i>Kaloula pulchra</i>	LC	Piebald Digging Frog
<i>Kaloula rigida</i>	VU	Luzon Narrow-Mouthed Frog
<i>Kaloula rugifera</i>	LC	Sichuan Digging Frog
<i>Kaloula taprobanica</i>	LC	Sri Lankan Bullfrog
<i>Kaloula verrucosa</i>	LC	Verrucous Digging Frog
<i>Kaloula walteri</i>	DD	

Vogt(1913)는 맹꽂이를 *Callula tornieri* Vogt라는 새로운 종으로 발표 하였으나, 후에 동종이명으로 밝혀져 Noble(1925)에 의해 *Kaloula borealis*로 속명이 변경되었다. 맹꽂이의 동종이명에 대한 자세한 학명 변동사항은 다음과 같다 (<http://amphibiaweb.org>).

*Cacopoides borealis* by Barbour, 1908

*Callula tornieri* by Vogt, 1913

*Kaloula borealis* by Noble, 1925

*Kaloula wolterstorffi* by Stejneger, 1925

*Cacopoides tornieri* by Mori, 1928

*Kaloula tornieri* by Gee and Boring, 1929

*Kaloula wolterstorffi* by Shaw, 1929,

*Kaloula manchuriensis* by Boring and Liu, 1932

맹꽁이는 중국 동부, 만주지역에 분포하고 있으며, 우리나라에서는 서울, 경기도, 충청도 등 중서부 지역과 추자도, 제주도에서 서식하는 것으로 보고된 바 있다(김, 1971; 양과 유, 1978). 그 후에는 전라남도 광주, 영암, 해남지역과 경상도의 안동, 경주, 창원지역에 서식한다고 보고되었다(양 등 2001; Sung *et al.*, 2006; 국립생물자원관, 2011). 김(2009)은 인천광역시, 서울특별시, 경기도 포천군, 충청남도 연기군, 광주광역시, 전라북도 완주군, 전라남도, 영암군, 경상북도 상주시, 경주시, 부산광역시, 제주도에서 관찰되어 우리나라 거의 모든 곳에서 서식하고 있는 것으로 확인하였다.

우리나라 맹꽁이에 대한 지금까지의 조사 및 연구를 보면 1913년에 Vogt가 서울에서 채집된 개체를 *Callula tornieri* Vogt란 종으로 기재하였고(양 등, 2001), Mori(1928)가 제주읍 부근에서 채집하여 학명을 *Callula tornieri* 라고 표기하였다. Shannon은 1956년에 추자도 조사를 통하여 *Kaloula borealis*로 기록하였으며, Webb 등(1962)은 서울 한강변에서 맹꽁이를 채집하면서 늦은 봄에서 초여름 사이에 번식 한다고 하였다. 김(1971)은 한국산 개구리목의 분류 및 분포연구에서 장마철이나 산란기 이외에는 채집하기 힘든 종으로 신촌과 서울대 공대 기숙사 부근에서 울음소리를 확인 하였지만 채집은 못하고 표본으로 서식을 기록하였다. 박(1978)은 유생의 채색변화 관한 연구에서 맹꽁이 올챙이 꼬리 부분의 명암에 따른 채색변화를 연구하였다. 김과 김(1981)은 핵형분석에서  $2n=28$ 로 *Kaloula pulchra*와 같은 수의 염색체를 가지며 같은 Genus에서 가장 원시적인 종이라 하였으며, 전(1982) 또한 한국산 양서류 핵형분석에서 같은 수의 염색체를 갖는다는 연구를 하였다. 이 등(1989)은 염색체의 이질 염색질과 인 형성 부위에 대한 특징과 변이에 대한 연구를, 이와 박(1991)은 mtDNA 절편 양상 및 변이에 관한 연구를 하였다. 한(1992)은 소리에 의한 짝짓기 소리유형에 따른 행동을 연구하였으며, Yang 등(2000) 한국산 맹꽁이의 집단 간 변이 및 분화에 대한 연구로 우리나라 각 지역과 중국에 서식하는 맹꽁이의 유전적 차이

점을 분석하였다. 멧뚱이에 대한 연구사를 보면 1980년 이전에는 주로 분포나 특징에 관해서 조사였고, 1980년대에서 2000년 이전까지는 우리나라에서의 멧뚱이 연구는 대부분 유전적 분석에 대하여 연구들이 주류를 이루고 있다.

그 이후 황(2000)은 멧뚱이 생태에 관한 연구에서 울음소리와 행동 및 발생에 대해서 기술하고 있다. 정(2009)은 멧뚱이 서식처를 사례로 한 야생동물 대체서식지 계획 모형을 연구하였고, 김과 이(2010)는 멧뚱이 서식공간에 대한 개선방안에 대한 물리적 특성과 생태학적 특성을 조사하고 분석하는 생태연구를 수행하였다. 지금까지의 우리나라의 멧뚱이 집단의 분포 및 유전분석과 생태학적 연구 등이 이루어져 왔지만, 멧뚱이에 대한 정보들이 모자란 실정이다. 본 연구에서는 멧뚱이에 대한 기초자료를 확장하기 위하여 제주지역에 서식하는 멧뚱이를 대상으로 외형적 특징, 산란지 분포, 번식에 영향을 주는 환경요인, 먹이습성, 나이분석 및 보존방안에 대한 연구를 수행하였다.

## 제1장 외부형태 특징

### 서론

맹꽁이는 맹꽁이과(Microhylidae)에 속하는 종으로 우리나라에 서식하는 다른 종과는 외부 형태가 다르게 보이는 특징이 있다. 성체인 경우 몸통이 현저하게 좌우로 팽대되어 있으며 몸통에 비해 머리와 주둥이가 작은(국립생물자원관, 2011) 형태로 우리나라에 서식하는 개구리속(*Rana*)이나 청개구리속(*Hyla*), 무당개구리속(*Bombina*)과는 형태가 확연히 차이가 난다. 등 쪽은 황색, 황갈색 또는 암갈색이고 작은 흑색 반점이 산재되어 있다(김과 송, 2010; 이 등, 2011). 번식기에 수컷에서 육피가 나타나지 않으며, 목과 주둥이 사이에 있는 울음주머니 부위의 피부가 늘어져 있고 평상시에 흑색으로 암컷과 구별할 수 있으며(양 등, 2001; 국립생물자원관, 2011; 이 등, 2011), 울음주머니는 목 부위에서 크게 돌출되는 외부 중앙 후두형(large median subgular external vocal sac)이다(양 등, 2001). 먹이는 주로 파리류나 먼지벌레류, 개미류, 초파리류등을 포식한다(고 등, 2012).

유생인 경우는 몸 전체는 황색이고 몸통과 꼬리에 흑색 반점이 조밀하게 산재되어 있으며(이 등, 2011), 모양은 약간 둥근 형태를 취하고 있다. 유생 주둥이 끝은 뾰족한 편이며 끝이 잘려 있고, 양 눈은 몸통 양 쪽 가장자리에 위치하고 있으며, 분수공은 배의 중앙인 향문 약간 앞쪽에 있다(김과 송, 2010; 국립생물자원관, 2011; 이 등, 2011). 또한 다른 무미양서류 유생들과 다르게 각질화된 턱부리와 치설이 없고 입술만 있다(Park *et al.*, 2006). 알은 덩어리를 이루지 않고 수면에 날개로 흩어져 있으며, 암컷 한 마리가 1800-2100개정도(김과 송, 2010; 이 등, 2011) 산란하는 것으로 보고하고 있다. 이렇듯 맹꽁이의 외부 모양에 대해서는 여러 문헌에 자세히 나와 있으나 신체 각 부분의 크기에 대해서는 기록되어 있지 않다. 따라서 이 장에서는 맹꽁이 성체와 유생의 몸의 각 부분에 대한 모양과 크기를 알아보려고 조사하였다.

## 측정방법

맹꽁이 신체의 크기를 알아보기 위해 각 부위별로 측정하였다; SVL(snout-vent length), HL(head length), HW(head width), SL(snout length), ED(eye diameter), EN(distance between eye and nostril), IND(internarial distance), IOD(interorbital distance), FLIMB(forelimb length), FARM(forearm length), HLIMB(hindlimb length), THIGH(thigh length), TIBIA(tibia length), FOOT(foot length). 측정은 캘리퍼를 사용하여 0.1mm까지로 하였고 측정방법은 Ueda(1998)와 Sengupta(2009)에 따랐다 (Figure 2).

측정 부위는 체장 (SVL: 코끝에서 총배설강까지), 머리길이 (HL: 코끝에서 입 끝까지), 머리폭 (HW: 양쪽 입끝 사이), 코 길이 (SL: 두 눈 앞부분 사이의 중심에서 코의 끝부분 까지), 눈의 직경 (ED: 눈의 앞쪽에서 뒤쪽까지 거리), 눈과 코 사이 길이 (EN: 코와 눈의 앞쪽 끝사이), 코 길이 (IND: 두 코 구멍사이 길이), 눈 사이 길이(IOD: 눈꺼플 사이의 가장 짧은 길이), 앞다리 길이 (FLIMB: 앞다리 겨드랑이에서 가장 긴 손가락 끝까지), 뒷다리 길이 (HLIMB: 총배설강에서 뒷다리 가장 긴 발가락끝까지), 경골길이 (TIBIA: 발뒤꿈치에서 무릎까지), 발길이(FOOT: 무릎에서 가장 긴 발가락까지)를 측정하였고, 물갈퀴의 형태는 Savage와 Heyer(1997)의 방법을 따랐다.

맹꽁이 유생의 부위별 크기는 Gosner(1960)의 37단계에 있는 유생을 가지고 측정했다. 측정은 Ueda(1998)의 방법에 따라 몸의 길이(tBL), 몸의 두께(tBH), 꼬리높이(tTH), 머리 폭(tHW), 눈간격(tIED), 전체길이(tTL)로 구분하였다 (Figure 3).

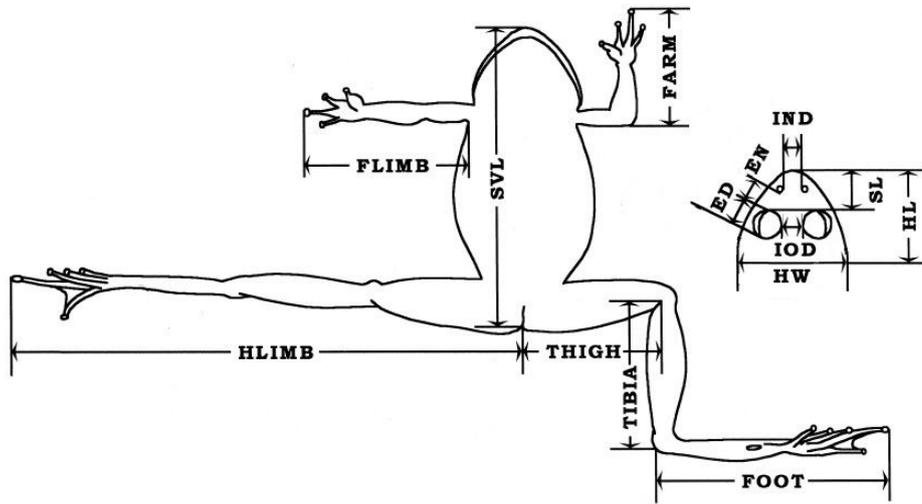


Figure 2. Measured parts of *Kaloula borealis*.

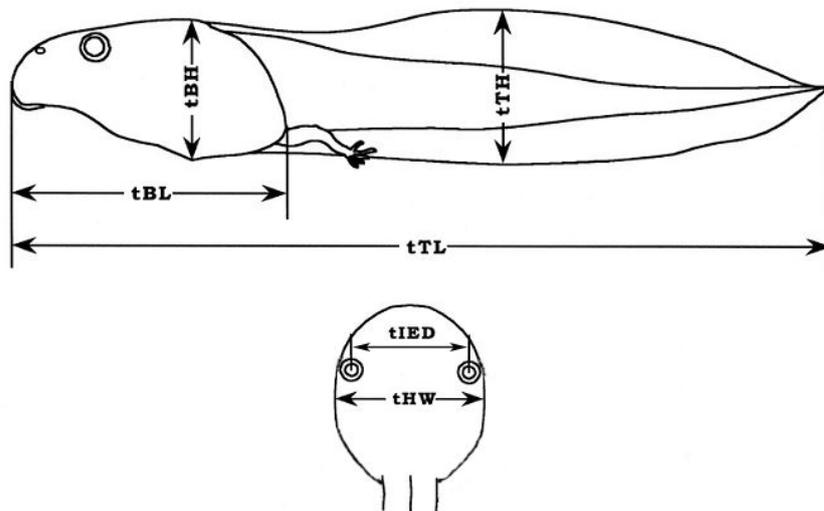


Figure 3. Measured parts of tadpole.

## 결 과

맹꽁이의 평균 SVL은 45.2mm이며, HL은 10.6mm, HW는 14.4mm, SL과 ED는 4.4mm로 측정되었다. FLIMB는 19.4mm이고 HLIMB는 44.9mm로 나타나고 있다(Table 2). 각 신체부위별 크기 비율에서 맹꽁이인 경우는 SL는 HL의 42%정도이고 ED와 비슷하다. HL은 HW의 76%정도로 머리길이에 비해 머리의 넓이가 더 크다. EN은 IND의 절반정도이며, IOD는 IND보다 조금 더 길지만 SL나 ED보다 조금 작다.



Figure 4. Dorsal(left) and lateral(right) views of head of *Kaloula borealis*.

고막은 피부로 덮여 있어 잘 보이지 않으며, 고막둘레의 fold도 보이지 않는다(Figure 4). 맹꽁이 앞다리 길이는 SVL의 절반 정도하며, 뒷다리의 길이는 SVL과 거의 비슷하다. FOOT는 HLIMB의 절반보다 약간 길다(Table 3). 앞다리 Finger length는 세 번째 발가락이 가장 길고 첫 번째 발가락이 가장 짧다.

Table 2. Morphological measurements\* of *Kaloula borealis* (n=12)

	SVL	HL	HW	SL	ED	EN	IND
Mean±SD	45.2±4.3	10.6±0.7	14.0±1.9	4.4±0.5	4.4±0.6	1.9±0.3	3.4±0.3
Range	37.6-51.2	9.2-11.5	11.2-17.2	3.6-5.2	3.4-5.3	1.4-2.4	3.0-3.9
	IOD	FLIMB	FARM	HLIMB	THIGH	TIBIA	FOOT
Mean±SD	4.1±0.5	22.8±2.4	19.4±2.1	44.9±3.8	15.1±1.1	11.9±1.4	23.7±1.9
Range	3.6-5.1	19.6-26.6	14.4-22.8	39.1-50.1	12.5-16.2	9.8-14.9	20.5-26.2

\*The measurements were as follows: snout-vent length (SVL), head length (HL), head width (HW), snout length (SL), eye diameter (ED), distance between eye and nostril (EN), internarial distance (IND), interorbital distance (IOD), forelimb length (FLIMB), hindlimb length (HLIMB), thigh length (THIGH), tibia length (TIBIA), and foot length (FOOT).

앞다리 발가락 순서는 F3>F4>F2>F1 로 나타나고 있으며 뒷다리 Toe length 는 네 번째 발가락이 가장 길며, 첫 번째 발가락이 가장 짧다. 순서는 T4>T3>T5>T2>T1 순으로 되어있어, 물갈퀴는 약하게 발달되어 있으며 I 1-1½ II 1 ½-1½ III 1-2½ IV 2½-1 V 로 나타나고 있다(Figure 5).



Figure 5. Hand (left) and foot (right) of *Kaloula borealis*.

Table 3. Relation of each morphological measurement to the snout-vent length (SVL) in *Kaloula borealis* (n=12)

specimen	SVL	HL	HW	SL	ED	EN	IND	IOD	FLIMB	FARM	HLIMB	THIGH	TIBIA	FOOT
1	45.9	0.24	0.32	0.11	0.10	0.04	0.07	0.08	0.49	0.44	0.89	0.33	0.25	0.53
2	50.3	0.23	0.31	0.09	0.09	0.05	0.06	0.10	0.51	0.45	0.98	0.32	0.27	0.49
3	51.2	0.22	0.29	0.09	0.07	0.03	0.07	0.09	0.46	0.37	0.97	0.31	0.29	0.50
4	47.3	0.21	0.32	0.11	0.09	0.05	0.08	0.10	0.55	0.43	1.06	0.34	0.24	0.55
5	49.2	0.23	0.35	0.08	0.11	0.04	0.07	0.09	0.48	0.42	0.97	0.29	0.27	0.51
6	42.0	0.24	0.33	0.11	0.11	0.05	0.08	0.09	0.47	0.45	1.02	0.32	0.24	0.49
7	47.8	0.23	0.27	0.08	0.11	0.03	0.07	0.09	0.44	0.40	0.97	0.31	0.25	0.51
8	37.6	0.24	0.30	0.10	0.09	0.04	0.09	0.11	0.55	0.38	1.04	0.41	0.26	0.56
9	45.2	0.23	0.35	0.10	0.11	0.04	0.08	0.09	0.59	0.48	1.03	0.36	0.26	0.55
10	40.1	0.26	0.29	0.11	0.09	0.05	0.08	0.09	0.50	0.44	1.03	0.31	0.29	0.57
11	44.5	0.26	0.27	0.10	0.10	0.04	0.08	0.08	0.51	0.44	0.95	0.34	0.26	0.52
12	41.1	0.25	0.30	0.10	0.10	0.04	0.08	0.09	0.51	0.45	1.06	0.38	0.27	0.53
Mean	45.18	0.24	0.31	0.10	0.10	0.04	0.08	0.09	0.51	0.43	1.00	0.34	0.26	0.53
±SD	±4.27	±0.01	±0.03	±0.01	±0.01	±0.01	±0.01	±0.01	±0.04	±0.03	±0.05	±0.03	±0.02	±0.03

\*The measurements were same as in Table 2.

Table 4. Morphological measurements\* of *Kaloula borealis* tadpole (n=5)

	tBL	tBH	tTH	tHW	tIED	tTL
1	14.4	8.8	9.8	10.4	9.8	32.1
2	14.2	8.4	9.2	10.2	9.8	31.7
3	14.7	7.9	9.0	9.8	9.3	31.9
4	13.8	7.1	9.0	9.9	9.2	28.3
5	13.8	7.5	8.9	9.2	8.9	29.9
Mean	14.2	7.9	9.2	9.9	9.4	30.8

\*The measurements were as follows: body length (tBL), (3) body height (tBH), head width (tHW), intereye distance (tIED), and tail length (tTL).

맹꽁이 유생의 머리길이는 전체길이의 절반보다 약간 작으며, 눈 사이의 간격은 꼬리의 높이보다 약간 길게 나오고 있다(Table 4). 유생의 배면은 처음에는 투명하였다가 Gosner(1960)의 28단계정도가 되면 회색바탕에 검은 점들이 산재되는 상태로 변한다. 항문은 배면 중앙 끝부분에 있고 그 약간 앞쪽에 분수공이 있다. 입은 몸의 앞부분에 위치하고 있으며 각질화된 잎부리와 치설은 보이지 않고 있다.

## 고 찰

맹꽁이는 *Kaloula*속에서 SVL 40-50mm정도로 중간크기의 개구리에 속한다. *kaloula*에 속하는 개구리들은 *Kaloula walteri* 와 같이 SVL 24.5-31.5mm정도의 작은 종류에서부터(Diesmos, 2002) *Kaloula pulchra*처럼 SVL 73.00mm (Sengupta, 2009)의 큰 종류가 있으며, 맹꽁이는 *Kaloula assamensis* (SVL 52.20mm)와 같은 중간 크기의 개구리에 속하는 것으로 보인다. *Kaloula assamensis* 와 *Kaloula pulchra* 에서는 SL은 HL의 대략 반 정도크기로 나타나고 있어 맹꽁이가 약간 작으나 *Kaloula taprobanica*에서는 HL의 30%정도이며 ED보다 약간 더 길다(Sengupta, 2009). 앞의 다른 두 종과 *Kaloula walteri* 인(Diesmos *et al.*, 2002; Sengupta, 2009) 경우도 ED보다 SL이 길게 나오고

있다. 맹꽂이에서 고막은 보이지 않고 있으며 *Kaloula assamensis* 와 *Kaloula pulchra*, *Kaloula taprobanica* 에서도 고막은 보이지 않고 있고 있으나 이들 종들은 fold는 뚜렷하거나 희미하게 보이고 있다(Sengupta, 2009). 앞다리 발가락 순서는  $F_3 > F_4 > F_2 > F_1$ 로 다른 *Kaloula*에 속하는 종들과 같은 결과를 보이고 있다(Sengupta, 2009). 뒷다리 Toe length 순서는  $T_4 > T_3 > T_5 > T_2 > T_1$ 순으로 되어있어, 앞 발가락과 같이 *Kaloula taprobanica*나 *Kaloula assamensis*같이 동일한 순서를 보이고 있다. 다른 *Kaloula* 속과 같이 물갈퀴는 약하게 발달되어 있으며, *Kaloula assamensis* 의  $I1\frac{1}{2}-2III1\frac{1}{2}-2\frac{1}{2}III1\frac{1}{2}-2IV2-1\frac{1}{2}V$ 나 *Kaloula pulchra* 의  $I1-1II\frac{1}{2}-2III1\frac{1}{2}-3IV3-1V$ (Sengupta, 2009)와는 다르게 나타나 같은 속에 속하는 종들에게서도 차이가 나고 있다.

맹꽂이 유생의 37단계에서는 꼬리길이가 머리길이의 2배가 약간 넘는 것으로 나타나고 있다. 이는 27단계에서 꼬리길이가 머리길이의 대략 1.3배정도 길게 나온다는(Park *et al.*, 2006) 연구결과와 비교해 보면, 성장할수록 꼬리가 머리보다 더 성장 속도가 빠른 것으로 나타나고 있다. 맹꽂이 유생의 입에 각질화된 잎부리와 치설이 없으므로 먹이로는 물속의 유기물을 섭취하는 것으로 보이며, 유생의 특징은 전형적인 Microhylidae의 형태로 Duellman과 Trueb(1994)의 tadpole type II에 해당된다.

## 제2장 서식지에서의 이동거리

### 서 론

양서류를 연구하는데 있어서 서식지에서의 이동에 대한 행동권 분석은 양서류를 이해할 수 있는 중요한 자료이다. 서식지 사용이나 이동 습성을 파악하는 것은 양서류 생태를 연구하는 기본이 되는 것이며, 이것은 보호종이든 그렇지 않은 종이든 간에 번식지와 비번식지에서 이동한다는 것은 관심을 갖게 하는 일이다 (Fellers and Kleeman, 2007). 이동시기와 이동거리, 이동시간은 생존과 연결되는 것으로 한 곳에서 다른 곳으로의 이동은 먹이와 물을 포함하는 자원의 획득, 짝짓기, 일광욕 혹은 동면장소, 둥지 및 은신처와 생존이나 생식을 위해 연결되는 것은 물론 그 밖의 일들과 관련되어 있다(김, 2011). 하지만 이들의 행동권을 조사하는 것은 그리 쉬운 것은 아니다. 이동거리를 파악하기 위해서 많이 사용되는 방법으로는 발가락 절단법(Toe clipping method)이나 PIT tag(Passive Integrate Transponder), 무선송신기 추적법(Radio transmitter tagging method) 등이 있다. 이들 방법들은 각각의 장단점이 있으며, 현재까지 알려진 방법 중에 가장 첨단적인 것은 무선송신기 추적법을 이용하는 것이나 개체 크기가 작은 경우는 발신기의 무게와 수명의 한계성 때문에 제한적으로 사용되고 있다. 따라서 발가락 절단법을 이용하는 고전적인 방법도 많이 사용되고 있다(장, 2011).

우리나라에서 양서류에 대한 이동거리 연구는 (라, 2010)에 의해 금개구리를 가지고 무선송신기 추적법으로 연구를 수행했던 보고가 있다. 이번 연구는 제주도 대정지역에 서식하는 맹꽂이의 서식공간을 확인하기 위하여 제한적이지만 1 개체를 가지고 무선추적장치를 이용하여 이동 거리를 알아보았다.

## 조사지 현황 및 조사방법

이번 맹꽂이 생태에 대한 주요 조사지는 제주도 서귀포시 대정읍 하모리에 있는 습지에서 실시하였다. 이 습지는 제주도의 남서쪽에 위치하고 있으며, 조사지의 서쪽은 높이 104m인 송악산이 자리 잡고 있고, 남쪽은 바다와 접해 있다 (Figure 6). 북쪽은 일제 강점기에 비행장으로 사용했던 비행장 활주로 흔적이 남아 있으며, 비행장으로 사용했던 지역인 관개로 지형이 평탄하다. 그 외의 지역은 농경지로 이루어져 있으며 예전 비행장지역은 초지로 되어 있다. 농경지는 여러 경계로 나뉘어져 있는데 경계는 돌담으로 이루어져 있어 맹꽂이가 서식하기에 최적의 장소로 보인다. 조사지역에 맹꽂이의 집단 산란지는 2군데로 파악되고 있으며, 그 중 비행장 북쪽에 있는 산란지를 이번 연구의 조사대상으로 선택하여 연구를 수행하였다. 이 산란지는 조사지역을 관통하는 아스팔트와 접해 있으며 나머지는 밭으로 둘러싸여 있다. 산란지는 삼각형 모양으로 면적은 550m<sup>2</sup> 정도인 초지로 구성되어 있고, 초지 안에 가로 15m, 세로 5m 정도의 연못이 있다. 이 연못은 가을과 봄 사이에는 대부분 물이 없는 상태로 존재하고 있으나 봄과 여름 사이에는 10-20cm 가량의 물이 고여 북방산개구리와 청개구리, 맹꽂이가 산란지로 사용하는 장소로 이용되어지고 있다. 연못에 물이 고이면 바닥에 자랐던 풀들이 그대로 자란 상태로 물속에 잠겨 분해된다. 풀이 분해되면서 유기물이 많이 생성되어 유기물을 먹이로 하는 맹꽂이 유생의 먹이로 이용되고 있다. 또한 농경지와 비행장의 초지에는 다양한 많은 곤충들이 서식하고 있어 성체 맹꽂이의 먹이가 되고 있으므로 이 조사지역에는 많은 수의 맹꽂이가 서식하고 있는 것으로 판단된다. 따라서 이 지역은 맹꽂이의 연구지역으로 최적의 장소로 판단되어진다.

맹꽂이의 행동반경을 알아보기 위해 2009년 7월에 2개체(SVL=51mm, BW=21g; SVL=52mm, BW=21.5g)를 포획한 후 transmitters를 이용하여 추적하였다. 개체의 부담을 줄이기 위해 체중의 10%미만의 발신기를 부착하였다. 맹꽂이인 경우 몸이 팽대하고 뒷다리가 짧은 특징으로 발신기가 달려 있는 band나 벨트를 착용할 수가 없어 바깥쪽 피부를 2cm정도 절개하여 발신기(Holohil,

BD-2, Internal Helix, Weight:1.2g)를 몸 안에 넣었다. 넣기 전에 isopropyl alcohol에 넣어 소독하였으며 봉합사로 묶은 다음 소독을 실시하였다. 그 후 실험실에서 3일 동안 생존여부를 확인한 후 산란지 주변의 밭 경계면에 풀어 놓았고, Yagi antenna(FOX-2M)를 수신기(Receiver, ICOM IC-R10)에 연결하여 매일 낮에 위치를 확인하였다.



Figure 6. Map of the area where the main survey site located. (<http://daum.net>).

## 결 과

두 개체 모두 7일 동안 계속 같은 장소 돌 밑에서 수신이 확인되었다. 그 후 한 개체는 30m 이동하여 다른 돌 밑에 들어갔으나 10일이 경과해도 이동이 없어서, 확인결과 죽어있는 것이 확인되었다. 다른 한 개체는 8일째 되는 날, 처음 장소에서 발을 55m 정도 가로 질러 반대편에 있는 밭 경계에서 수신이 되었다. 이 장소는 작은 흙무덤이 잘린 경계면에 돌을 쌓아 만든 곳으로 맹꽂이는 지상에서 30cm 높이의 돌 사이의 흙속에서 수신이 되었고, 깊이 들어가 있어 개체는 관찰 할 수가 없었다. 그 후 5일 동안 같은 장소에 머물러 있었고 6일째 되는 날 처음 이동방향과 같은 방향으로 154m 이동한 것이 확인 되었다. 이번에 이동한 장소는 밭 가장자리의 흙 속이었다. 하지만 경작을 위해 땅을 트랙터로 갈아엎고 있는 중이었으므로 개체 보호를 위해 20cm정도의 깊이에서 맹꽂이를 포획하여 주변의 다른 장소로 옮겨주었다. 옮긴 장소에서 2일 동안은 그 자리에 있었으나 그 이후부터는 수신이 되지 않았다(Figure 7).



Figure 7. Moving distance of *Kaloula borealis* in the habitat. (<http://daum.net>).

## 고 찰

맹꽁이는 서식지에서 한 장소에서 오랫동안 머물고 있으며, 기간은 5일에서 7일정도 같은 위치에 있는 것이 관찰되었다. 따라서 맹꽁이는 같은 장소에 오래 머물면서 생활하는 것으로 판단되고 이동은 밤사이에 이루어지며 이동거리도 짧은 것으로 나타났다. 서식장소는 돌 밑이나 돌무더기 사이, 흙속으로 나타났으며, 부드러운 흙인 경우는 20cm 이상 들어갈 수 있는 것으로 보였다. 계속적으로 추적이 되었으면 더 많은 자료를 얻을 수 있었으나 수신불능 상태가 되어 지속적인 추적에 실패하였다. 아마도 포식자에게 포식 당하였거나 주변 도로에서 로드킬(roadkill) 되면서 발신기에 이상, 또는 발신기 자체 배터리의 문제가 발생하여 수신불능 정도로 추정될 뿐이다. 조사 결과 맹꽁이는 야행성이면서 좁은 공간을 서식지로 살아가는 것으로 판단됐다.

또 다른 조사로서는 비번식기에 맹꽁이가 산란지 주변에서 관찰이 되고 있는 것이다. 2009년 4월 24일에는 강수량이 43.5mm이었고, 2012년 4월10일에는 강수량이 34.5mm이었다. 두 번에 걸친 관찰을 통해 산란지 주변에서 많은 수의 맹꽁이들을 관찰할 수가 있었다. 아주 어린개체에서부터 다 자란 개체까지 크기가 다양하였으며, 암컷보다는 수컷이 많이 관찰되었다. 이 시기는 비번식기여서 산란을 위해 산란지로 이동하는 개체들은 아닌 것으로 판단되며, 비가 올 때를 이용하여 한 장소에서 다른 장소로 이동하는 개체들로 보인다. 따라서 제주지역에서는 맹꽁이의 서식지는 산란장소 주변으로 보이며 산란공간과 서식공간을 공유하는 것으로 판단된다.

## 제3장 산란지 분포

### 서론

과거 수십 년간 전 세계적으로 여러 지역에서 양서류들이 감소되어 가는 것을 볼 수가 있다(Lips, 1998). 현재까지 알려진 양서류의 32%가 멸종위협을 받고 있으며, 전체 양서류중 최소 43%정도에서 감소가 이루어지고 있다(Stuart *et al.*, 2004, IUCN 2012). 특히 양서류는 전반적으로 환경 지표 종으로 간주되고 있기 때문에(Collins and Storfer, 2003) 양서류의 감소는 세계 여러 나라에서 문제시 되고 있다. 우리나라도 예외는 아니어서 과거에 흔히 볼 수 있었던 맹꽂이(*Kaloula borealis*) 역시 지역개발 및 농약사용으로 인해 집단 크기가 현저히 줄어든 종이다(양 등, 2001).

제주도에서 맹꽂이 기록을 보면 Mori(1928)가 제주읍 부근에서 채집하여 처음으로 기록하였으며, Shannon은 1956년에 제주도를 대신하여 추자도에서 조사를 하여 기록하였다. 송과 조(2004)는 전국자연환경조사에서 중문과 화전동에서, 고와 고(2005a)는 조천읍 동백동산과 환경면 용수저수지 일대(고와 고, 2005b)에서 맹꽂이를 관찰하였다. 오(2006)는 제주도 양서류·과충류 연구사에서 맹꽂이에 대해서 자세한 기록을 하고 있으며, 제주도가 남방한계지가 된다고 기술하고 있다. 고 등(2009)은 2004년부터 2008년에 걸쳐 32군데의 맹꽂이 산란지 위치를 기록하여 제주의 여러 곳에서 맹꽂이가 산란 및 서식한다는 것을 밝혔다. 따라서 제주에서의 맹꽂이 산란지는 더 많이 존재할 가능성이 있으며 산란지를 파악하는 것이 맹꽂이 보존의 열쇠가 될 수 있을 것이라 본다.

이에 본 연구는 제주도에서 맹꽂이의 산란지 분포현황과 산란지 환경 및 특성을 조사하였다. 제주도는 개발이 이루어지지 않은 지역이 많이 분포해 있어 다른 지역보다는 맹꽂이 서식 밀도가 높을 것으로 보이며 산란지특성을 연구하는데 최적의 장소로 보이고 있다. 이번 연구는 산란지 분포와 특징을 조사함으로써 앞으로 발생할 수 있는 인위적인 개발에 의한 산란지 파괴와 변형에 대비할 수 있

을 것이다. 또한 이러한 기본적인 자료를 가지고 있음으로서 파괴 및 변형이 일어났을 시 원래 지역에 복원이 가능하고, 사전에 습지 파괴방지를 위한 관리계획을 세울 수 있는 자료가 될 수 있어 사라져 가는 맹꽁이 개체군을 보존할 수 있을 것이다.

## 조사기간 및 방법

조사는 2007년부터 2010년까지 4년간 맹꽁이의 산란기로 알려진 5월부터 8월까지 제주도내 전 지역에 분포하는 습지를 조사하였다. 산란기간은 수컷의 울음소리가 들리는 기간으로 정하였다(Wells, 1977a). 조사시간은 비가 내리는 날 밤 20:00부터 다음날 01:00까지로 울음소리가 들리는 장소를 찾아 습지의 위치를 파악하였으며, 이튿날 맹꽁이의 울음소리가 들렸던 곳을 조사하여 산란유무를 확인하였다. 조사는 제주도 전 지역을 대상으로 이루어졌으며, 조사지의 중복을 피하고 조사의 효율성을 높이기 위하여 한라산을 중심으로 남북으로 나누어진 제주시와 서귀포시를 기준으로 행정구역별 읍면단위와 리(里)단위로 세분화 시켜서 조사를 실시하였다. 세분화된 각 지역은 다시 고도별로 구분하여 조사한 후 산란지 분포를 작성하였다. 산란지판정은 알과 유생 유무를 확인하여 산란지 여부를 결정하였다. 확인된 산란지는 GPS(garmin HCx)로 위치를 기록하였다.

## 결 과

이번 조사에서 밝혀진 제주지역에서의 산란지는 모두 83곳으로 나타났으며, 제주도 전 지역에서 관찰되고 있으며 한라산 남쪽보다는 북쪽지역에 더 많은 산란지가 발견되었다(Figure 8). 맹꽁이는 멸종위기야생동물 II급 종이므로 산란지 보호를 위해 정확한 좌표는 기재하지 않았다. 산란지로 이용하는 습지의 주요 식생은 송이고랭이(*Scirpus triangulatus*), 돌피(*barnyard grass*), 개구리밥(*Spirodela polyrhiza*), 여뀌(*Polygonum hydropiper*) 순으로 자라고 있으며 정수식물이 가장 많은 종을 차지하고 다음으로는 부엽식물종이 많이 자라고 있었다(Table 5). 연도별로 관찰된 산란지는 2007년에 45개, 2008년에 21개, 2009년에 11개, 2010년에 6개였다. 관찰된 산란지중 가장 높은 고도에 있는 산란지는 고도 388m에 위치해 있는 산란지로 교래리에 있으며, 가장 낮은 곳에 있는 산란지는 고도 2m로 화북동에 있는 산란지다. 또한 각 산란지에서 발견된 맹꽁이 개체수는 하모리에 있는 산란지에서는 500마리 이상으로 가장 많이 관찰되었으며, 외도에 있는 산란지가 10마리 이상으로 가장 적은 개체수가 관찰되었다(Table 6).

본 연구를 통해 관찰된 산란지를 크게 4가지 형태로 구분하여 보면 영구적인 습지, 일시적인 습지, 하천주변, 농경지나 주택주변 수로로 나눌 수 있었다(Figure 9). 각 영역별 습지분포 비율은 영구적인 습지에 산란 장소로 선택하는 지역은 43개 지역(51.8%)이었고, 다음으로 하천주변으로 물이 흐르지 않고 고여 있는 지역에 산란하는 곳이 19개 지역(22.9%), 장마나 비가 많이 올 때 일시적으로 습지가 형성되는 지역은 16개 지역(19.3%), 농경지나 주택인근 수로에 산란하는 장소는 5개 지역(6.0%)이었다(Table 7, Figure 10).

Table 5. List of the aquatic plants covered the spawning sites of *Kaloula borealis* on Jeju Island

Scientific name	Korean name	I	II	III	IV
<i>Scirpus triangulatus</i>	송이고랭이				○
<i>barnyard grass</i>	돌피				○
<i>Spirodela polyrhiza</i>	개구리밥		○		
<i>Polygonum hydropiper</i>	여뀌				○
<i>Oenanthe javanica</i>	미나리				○
<i>Nymphaea tetragona</i>	수련			○	
<i>Isachne nipponensis</i>	누운기장대풀				○
<i>Ludwigia ovalis</i>	눈여뀌마늘				○
<i>Trapa japonica</i>	마름			○	
<i>Nelumbo nucifera</i>	연꽃			○	
<i>Ceratophyllum demersum</i>	붕어마름	○			
<i>Typha orientalis</i>	부들				○
<i>Potamogeton distinctus</i>	가래			○	
<i>Scirpus lacustris</i>	큰고랭이				○
<i>Lythrum anceps</i>	부처꽃				○
<i>Erigeron annuus</i>	개망초				○
<i>Garden Sorrel</i>	수영				○
<i>Acorus calamus</i>	창포				○
<i>Nymphoides indica</i>	어리연꽃			○	
<i>Phragmites communis</i>	갈대				○

I, Submerged Water Plants; II, free-floating hydrophytes; III, floating-leaved hydrophytes; IV, emergent hydrophytes.

Table 6. Individual numbers of *Kaloula borealis* observed at the survey sites by year from 2007 to 2010

Site No	Administrative district of the site	Altitude (m)	Individual number	Year
1	Yongdam-dong	58	30<	2007
2	Yongdam-dong	17	20<	2010
3	Samdo-dong	111	20<	2007
4	Geonib-dong	38	30<	2007
5	Ara-dong	109	30<	2008
6	Ara-dong	119	50<	2007
7	Ara-dong	261	20<	2007
8	Jeju-si Ara-dong	287	30<	2008
9	Myongdo-dong	270	50<	2007
10	Hwabuk-dong	2	20<	2007
11	Nohyoung-dong	102	30<	2007
12	Oedo-dong	24	10<	2009
13	Oedo-dong	57	30<	2007
14	Oedo-dong	72	20<	2008
15	Hoecheon-dong	83	20<	2010
16	Sinheung-ri	24	200<	2008
17	Bukchon-ri	17	30<	2007
18	Hamdeok-ri	24	100<	2008
19	Jochen-eup Hamdeok-ri	33	100<	2007
20	Gyoraе-ri	388	100<	2007
21	Seonheul-ri	171	50<	2009
22	Daeheul-ri	148	20<	2007
23	Gimnyeong-ri	49	100<	2009
24	Gimnyeong-ri	52	30<	2007
25	Deokcheon-ri	160	30<	2007
26	Songdang-ri	196	20<	2010
27	Gujwa-eup Pyongdae-ri	63	20<	2007
28	Handong-ri	17	30<	2007
29	Sangdo-ri	27	20<	2008
30	Hado-ri	21	20<	2007
31	Jongdal-ri	5	20<	2008
32	Jongdal-ri	20	30<	2007

Table 6. Continued

Site No	Administrative district of the site	Altitude (m)	Individual number	Year	
33	Sineom	67	30<	2008	
34	Sangga	101	50<	2009	
35	Sineom	53	100<	2007	
36	Jangjeon	143	200<	2010	
37	Aeweol-eup	Yongheung	50<	2007	
38		Usuam	222	50<	2007
39		Sogil	208	30<	2009
40		Eoeum	270	30<	2007
41		Bongseong	89	20<	2009
42	Eoeum	64	50<	2008	
43	Gwideok-ri	19	30<	2007	
44	Sangdae-ri	62	30<	2007	
45	Hallim-eup	Ongpo-ri	45	30<	2007
46		Geumak-ri	355	50<	2008
47		Geumak-ri	381	300<	2007
48	Hanwon-ri	44	30<	2008	
49	Nakcheon-ri	69	20<	2007	
50	Hangyeong-myeon	Joeji-ri	85	100<	2008
51		Joeji-ri	143	30<	2009
52		Joeji-ri	146	30<	2007
53		Gosan-ri	65	30<	2007
54	Cheongsu-ri	78	300<	2007	
55	Saekdal-ri	137	20<	2008	
56	Seogwipo-si	Dosun-ri	73	20<	2008
57		Yongheung-ri	65	30<	2007

Table 6. Continued

SiteNo	Administrative district of the site	Altitude (m)	Individual number	Year	
58		Goseong-ri	9	50<	2008
59		Sinyang-ri	6	200<	2007
60		Nansan-ri	49	30<	2009
61		Nansan-ri	42	100<	2007
62	Seongsan-eup	Susan2-ri	98	30<	2007
63		Susan-ri	90	30<	2008
64		Susan-ri	117	200<	2010
65		Nansan-ri	139	20<	2007
66		Sincheon-ri	36	30<	2008
67		Siheung-ri	4	200<	2009
68		Sehwa-ri	75	200<	2007
69		Sehwa-ri	88	50<	2007
70	Pyoseon-myeon	Hacheon-ri	86	20<	2009
71		Gasi-ri	148	30<	2007
72		Gasi-ri	130	30<	2009
73		Teheung2-ri	29	100<	2008
74		Hannam-ri	122	30<	2007
75	Namwon-eup	Hannam-ri	129	20<	2007
76		Sumang-ri	159	20<	2008
77		Sinye-ri	150	30<	2007
78		Harye-ri	197	30<	2008
79	Andeok-myeon	Sangchang	108	20<	2008
80		Dongkwang	358	200<	2007
81		Boseong-ri	54	30<	2010
82	Daejeong-eup	Hamo-ri	15	500<	2007
83		Hamo-ri	4	300<	2007

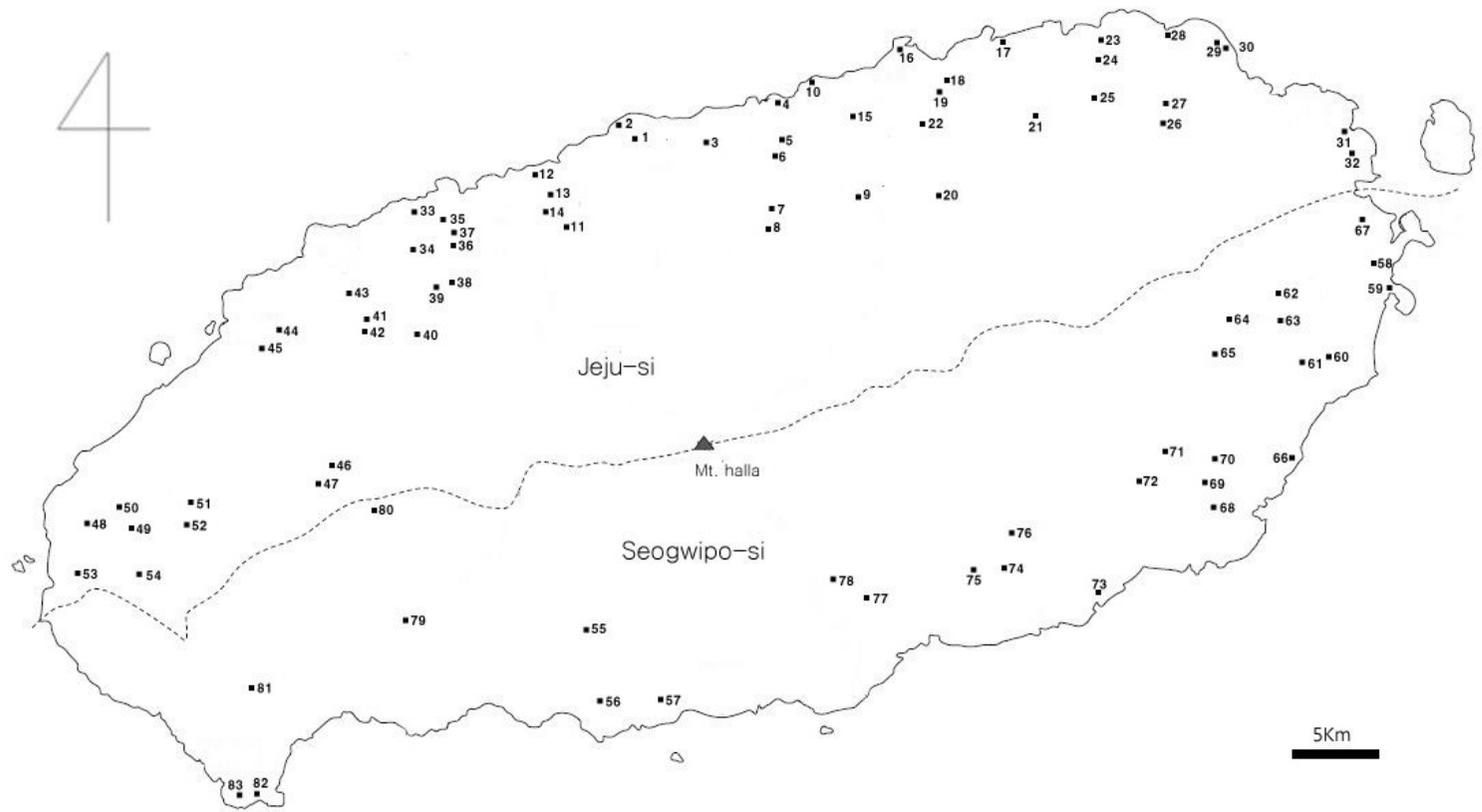


Figure 8. Distribution of the spawning sites of *Kaloula borealis* on Jeju Island. (The numeric indicates the site number described in the Table 6).

Table 7. Types of spawning sites of *Kakoula borealis*

Site	Number of site
Permanent wetland	43
Stream around	19
Temporary wetlands	16
Waterway near a farmland	5



Permanent wetland



Temporary wetlands



Waterway near a farmland



Stream around

Figure 9. Spawning sites of *Kaloula borealis* in Jeju Island.

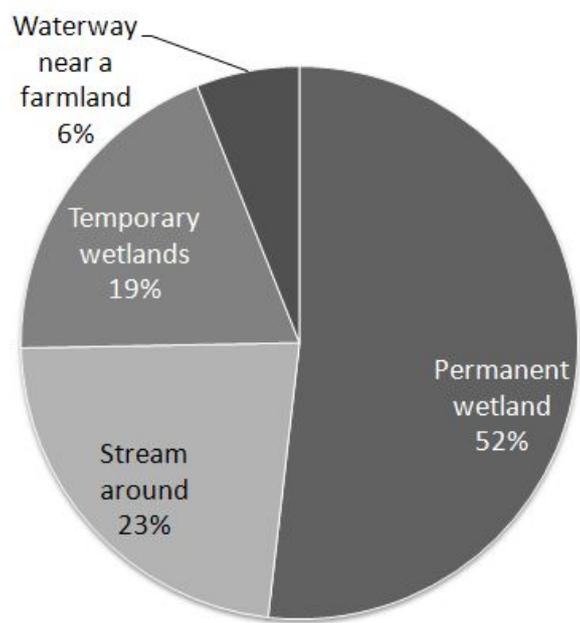


Figure 10. Rate of types of spawning sites of *Kaloula borealis*.

고도별 산란지를 살펴보면, 제주지역에서는 고도 400m 이하에서 산란지들이 관찰되었으며, 고도 50m 이하의 지역이 26곳(31.3%)으로 가장 많았고, 다음으로는 51-100m지역이 23곳(27.7%)이었으며, 201-250m지역이 2곳(2.4%)으로 가장 적게 나타났다(Table 8). 따라서 산란지들은 대부분 고도 150m 이하에서 많이 발견되고 있다.

Table 8. Altitudinal frequency of the spawning sites of *Kaloula borealis* on Jeju Island

Altitude (m)	0-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-400
Site	26	23	19	5	2	4	4
Ratio(%)	31.3	27.7	22.9	6.0	2.4	4.8	4.8

산란지역을 행정구역별로 보면 제주 시내가 14곳으로 가장 많이 나타났으며, 다음으로는 구좌읍, 한림읍, 성산읍이 10군데, 서귀포시내 대정읍이 3곳, 안덕면이 2곳으로 가장 적게 나타나고 있다(Figure 11).

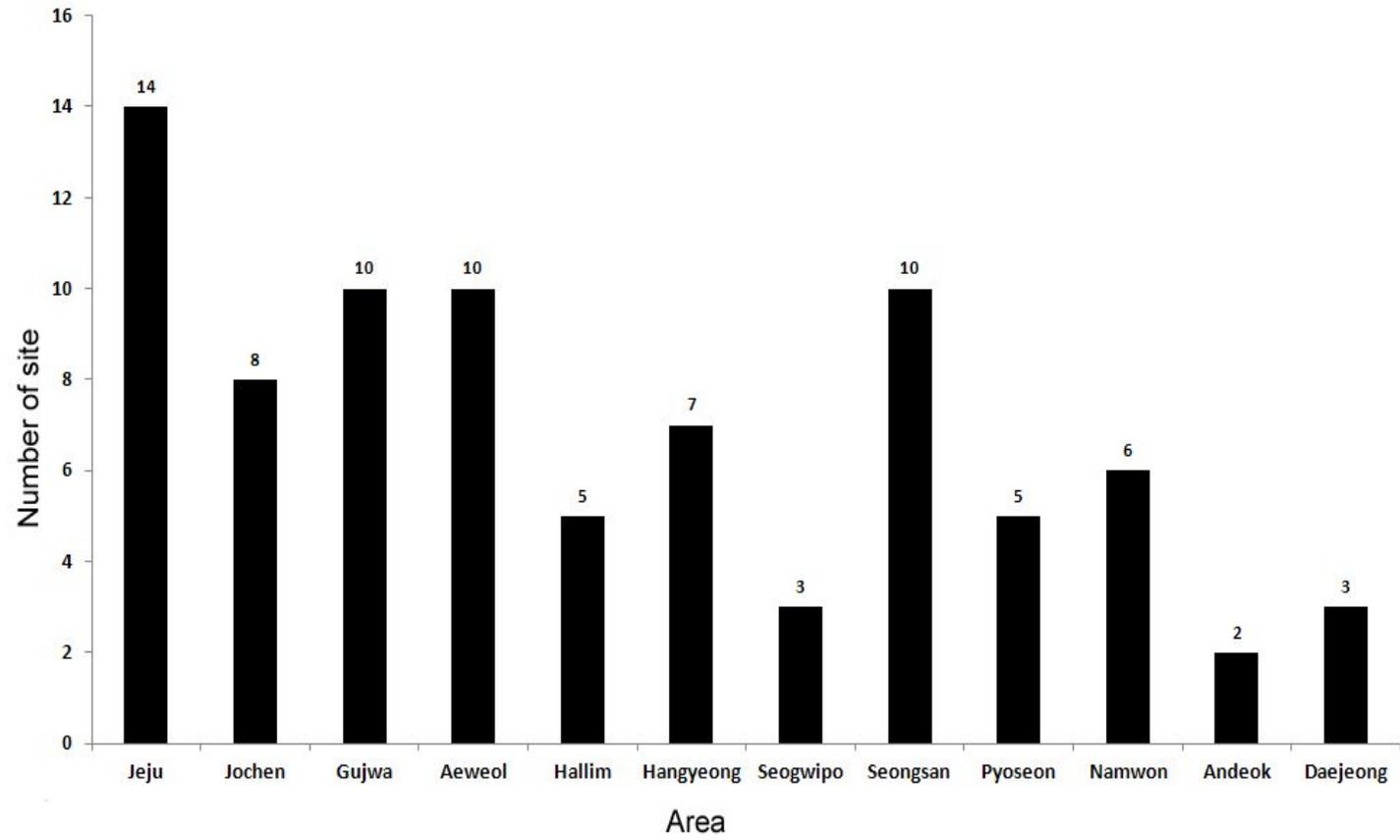


Figure 11. The number of spawning sites distributed in the administrative district of Jeju Island.

## 고 찰

제주지역 맹꽂이는 모든 지역에서 발견되고 있으며 해안가에서부터 관찰되기 시작해서 해발 400m 까지 산란지가 분포되고 있다. 이번 조사에서 맹꽂이들은 5월말에서 8월까지 볼 수 있으며, 가장 많이 관찰되는 시기는 6월에서 7월 사이로 우리나라의 장마기간에 해당된다. 맹꽂이는 비가 많이 내리는 날 늦은 밤부터 이튿날 낮까지 울음소리를 들을 수 있는 데 산란지에 있는 수컷들이 집단적으로 울기 때문에 쉽게 관찰되었다. 그러나 비가 오지 않는 동안에는 돌 밑이나 흙속에 들어가 은신하기 때문에 관찰하기 어려운 점이 있었다.

조사지역의 개체수를 보면 육안과 울음소리로 확인된 개체수를 기록하였으나 확인되지 않은 개체까지 포함한다면 실제로는 더 많은 개체가 서식할 것이라 판단된다. 일부 지역에서는 비오는 날 밤에 산란지로 이동하는 것을 볼 수가 있는데 서귀포시 대정읍 하모리인 경우는 산란지 바로 옆 도로를 통과하는 개체들이 3시간 이상 계속 산란지로 이동하고 있는 것이 관찰되었으며, 이 때 관찰된 개체는 500개체 이상이었다.

산란지 형태에 따른 맹꽂이 산란지 유형은 주로 영구적인 습지에 산란하는 것으로 나타났고, 다음으로는 하천 주변이며 일부는 장마철에 비가 많이 내려 습지가 형성되는 장소에 산란 하고 있는 것이 나타났다. 또한 비가 많이 내릴 때 형성되는 일시적인 습지에서도 산란하는 것을 관찰할 수 있었는데, 이러한 장소에 산란이 가능한 것은 이들이 산란 후 하루 정도면 부화가 되고 변태시기가 20-40일 정도로 다른 양서류에 비해서 아주 빠르기 때문에(고 등, 2011a), 한달 정도 이어지는 장마철 시기에는 자주 비가 내리기 때문에 유생이 습지에서 육지로 나올 수 있는 조건이 되기 때문이라고 사료된다.

고도별 산란지를 살펴보면, 맹꽂이의 산란지가 주로 고도 150m이내의 지역에 서식하고 있는 것으로 나타났는데, 이 지역은 인가와 농경지가 많이 분포되어 있는 지역이다. 따라서 맹꽂이의 서식공간과 인간의 활동영역이 겹치고 있다. 제주도내 분포하는 습지들은 수산저수지, 광평저수지, 서부저수지의 세 지역의 저수지를 제외하면 수심이 1m 미만이다. 제주지역에서 맹꽂이가 산란하는 습지들은

수심이 보통 50cm가 되지 않는 장소에 산란하고 있는 것으로 나타났는데, 서울 지역에 발견된 맹꽂이의 산란지도 최대수심이 15cm-120cm사이로 나타난다는 (김과 이, 2010) 자료를 보면 수심이 얇은 지역에 산란이 이루어지는 것을 알 수 있다.

산란지역을 행정구역별로 나누었을 때 인구 밀집도와 개발이 많이 이루어진 제주시가 다른 지역보다 많이 관찰되었는데, 이는 제주시인 경우는 시내중심에서 찾아 볼 수 없었고 시 외곽지인 농경지 부근이나 일부 하천에서 적은 개체만이 발견되었다. 또한 조사 과정중 많은 사람들이 살고 있어서 청문을 통한 확인이 가능해 많이 발견됐기 때문으로 생각된다. 본 연구에서 제주도 전 지역을 조사하였지만 제주시 이외의 주변에서도 발견되지 않은 지역이 더 있으리라 추정되며 정밀한 조사가 이루어지면 많은 산란지가 발견할 수 있을 것이라 판단된다. 한라산을 중심으로 했을 때 한라산 남쪽 지역보다 한라산 북쪽지역에서 맹꽂이 산란지가 더 많이 발견되고 있다. 이는 한라산 이남지역이 감귤농사가 주를 이루고 있어서, 이 지역의 산란지들은 감귤농지를 만들 때 예전에 식수나 목장 용수로 사용했던 연못을 없애면서 습지가 많이 사라져 맹꽂이들의 산란지가 많이 줄어든 요인으로 보이고 있다. 하지만 한라산이남 지역인 성산읍에서 많은 산란지가 관찰된 것은 바다와 인접한 지역에 넓은 갈대습지가 많이 분포하고 있어 주변에 비해 개발의 영향을 덜 받고 있기 때문에 다른 지역에 비해 많은 산란지가 유지되고 있는 것으로 보이며, 김과 이(2010)의 연구에서와 같이 대부분 갈대피도가 높은 곳에서 맹꽂이의 산란이 이루어지고 있었다.

## 제4장 번식행동에 영향을 주는 환경요인

### 서론

번식은 생물에게 있어서 아주 중요한 문제이다. 많은 양서류 종에서 일상적인 번식활동은 강우량과 밀접하게 관련되어 있다(Duellman and Trueb, 1994; Bevier, 1997; Yanosky *et al.*, 1997). 강우량은 번식을 하기위한 연못에 물을 채울 뿐만 아니라, 주위에 높은 수분을 제공하여 무미류가 육상서식지에서 번식지로 이동을 할 수 있도록 하여 번식 기회를 제공하며, 경쟁과 포식에서 비교적 자유롭게 만들어 주는 등 필수적인 요소이고, 또한 번식활동기간동안 과도한 수분손실을 억제할 수 있다(Semlitsch, 1985; Loredano and Van Vuren, 1996; Palis, 1997; Wilbur, 1997). 또한 다른 많은 연구에서 무미류의 번식활동은 강우량뿐만 아니라 온도도 주요한 요인으로 알려져 왔다(Blair, 1960; Heinzmann, 1970). 양서류 번식활동에는 지역에 따라 크게 두 가지 기본 패턴이 있는 것으로 알려져 있다. 하나는 열대지방에 사는 종으로, 이들은 일 년 내내 번식이 가능하며 대체적으로 우기에 이루어진다(Hoogmoed and Gorzula, 1979; Toft and Duellman, 1979; Aichinger, 1987; Hero, 1990; Gascon, 1991; Duellman, 1995; Bevier, 1997; Bertoluci, 1998). 따라서 이들의 번식을 조절하는 외적인 주요 요인은 강우량이다. 또 다른 하나는 온대지방의 무미류로서 이들의 번식활동은 계절에 관련이 있고, 강우량과 온도에 의존하고 있다(Ritke, *et al.*, 1992; Duellman and Trueb, 1994).

대부분 온대지역의 양서류 번식은 봄과 여름사이의 짧은 기간에 일어나며 내적인 조절작용(Lofts 1974; Jorgensen, 1988) 외에 강우량, 온도, 빛의 세기, 습도, 바람등 여러 외적 요인들에 의해 반응한다. 계절적 변화가 있는 지역에서 다양한 온도와 강우량은 환경에 큰 다양성을 제공하여 무미류 사이에 번식전략의 다변화를 허용한다(Bertoluci and Rodrigues 2002). 양서류의 활동 중에서도 다른 환경적 요인인 기압, 빛의 세기, 습도, 바람도 특정한 무미류 종에서 번

식활동에 영향을 준다(Bellis, 1962; Heinzmann, 1970; Bauch and Grosse, 1989, Smit, 1992; Henzi et al., 1995; Brooke *et al.*, 2000).

여러 환경적 요인을 분석하는 것은 무미류의 번식 활동을 예측하는데 필요하다. 무미류의 울음은 번식을 하기 위한 신호이므로 이전의 여러 연구에서 무미류 울음소리를 바탕으로 산란활동과 환경적인 요인과의 관계를 비교분석하였다 (Blankenhorn 1972; Salvador and Carrascal 1990; Dorcas and Foltz 1991; Fukuyama and Kusano 1992; Henzi *et al.*, 1995; Brooke *et al.*, 2000). 우리나라에서는 북방산개구리와 참개구리, 청개구리에 대해서 온도와 습도, 강우량과의 관계를 비교분석한 자료가 있다.(Yoo and Jang, 2011)

온대지역인 우리나라에 서식하는 맹꽂이(*kaloula borealis*)인 경우도 온도가 높은 여름기간동안에 산란을 하며, 또한 많은 비가 내리는 날에 산란이 이루어지고 있는 것으로 알려져 있다(김, 1971; 고 등, 2011a). 하지만 여러 환경 요인 중 어떠한 요인의 영향을 많이 받는지에 대해서는 아직까지 구체적으로 알려진 바 없다. 따라서 본 연구는 번식기중에 온도와 강우량 등 여러 요인들을 분석하여 맹꽂이의 산란에 영향을 주는 환경요인을 알아보기 위하여 이루어졌다.

## 조사방법

실험을 위해 2008년 5월부터 2011년 8월까지 4년 동안 제주도 대정읍에 위치한 맹꽂이 산란지에서 조사하였다. 조사지는 주변이 경작지로 둘러 싸여 있고 평지로 되어 있으며 바다로 부터는 300m 정도 떨어져 있다. 습지의 넓이는 15m × 5m이며, 수심은 10-20cm인 웅덩이로 많은 맹꽂이가 집단으로 산란이 이루어지고 있는 곳이다. 비가 내리는 날 밤부터 산란이 이루어지므로 비가 내리는 날 밤에 산란지로 이동하는 맹꽂이와 울음소리로 산란을 판단하였으며, 연못에서 알의 유무로 산란을 확정하였다. 산란이 이루어졌을 때의 환경적 요소는 강우량과 습도, 최저온도, 최고온도, 기압, 풍속을 가지고 비산란 때와 비교하였다. 각 요소의 정확한 자료를 얻기 위해서 제주지방기상청 소속의 고산기상대의 관

측 자료를 사용하였다. 조사장소는 기상대와 15km 정도 떨어져 있고 산란장소의 기상요인과는 차이가 없으며, 고산기상대 역시 이 자료를 이용하여 산란지의 기상요소를 판단한다고 하였다.

여러 환경 요소 중 어떠한 요인에 의해 산란하는지를 알기 위해서 산란이 이루어진 날의 각 요인들의 데이터를 분석하였으며 비가 왔으나 산란이 이루어지지 않는 날의 자료와 비교하여 로지스틱회귀곡선(Logistic Regression)을 사용하여 분석하였다. 맹꽁이의 산란은 많은 비가 내릴 때 이루어지는 특성이 있으므로 일강우량이 1mm 이상인 자료를 사용하였으며, 2-3일 지속적으로 비가 내리는 날은 첫 날의 강우량 데이터를 사용하였다. 통계분석은 SPSS(statistical package for the social sciences, ver. 12.0) 프로그램을 이용하였다.

## 결 과

이번 연구를 통해 얻어진 맹꽁이의 산란시기를 보면, 2008년은 5월부터 8월 사이였고, 2009년에서 2011년은 6월 초에서 8월사이로 나타났다. 처음 산란이 이루어지는 시기는 2008년에는 5월 28일이었고, 2009년에는 6월 9일, 2010년에는 6월 11일, 2011년에는 6월 10일로 제주지역에서는 5월 말에서 6월 초에 산란이 이루어지는 것으로 나타났다(Table 9). 2008년에는 5월 말에 많은 비가 내려 산란이 이루어졌으나 2009년부터 2011년까지는 5월 말부터 6월 초까지 비가 내리지 않아 산란이 이루어지지 않았고, 이후 비가 내린 6월 10일경에 산란이 이루어졌다. 산란기간은 2008년에는 76일이나 2009년에는 67일, 2010년에는 61일, 2011년에는 59일로 산란기간이 점점 짧아지고 있는 경향을 보이고 있는 것으로 나타났다 (Table 9, Figure 13)

Table 9. The breeding period and duration of *Kaloula borealis* on Jeju Island

Year	Breeding initiation date	Breeding end date	Breeding season duration(days)
2008	28 May	11 August	76
2009	9 June	14 August	67
2010	11 June	10 August	61
2011	10 June	7 August	59

4년 동안 조사된 맹꽁이의 산란횟수는 2008년 6회(강우일 20일), 2009년 6회(강우일 21일), 2010년 6회(강우일 19일), 2011년 8회(강우일 18일)였다(Table 10). 2008년에는 5월말에 비가 많이 내려 산란이 이루어졌으며, 나머지 해에는 6월 10일 전후에 비가 내려 산란하였다. 그리고 마지막 산란이 이루어지는 시기는 8월 10일 전후로 이때에도 비가 많이 내리는 날 산란이 이루어졌다는 것을 알 수 있었다. 각 월별로 산란 횟수는 1회에서 3회 이루어지고 있으나 2011년에는 6월에 비가 자주 내려 산란횟수는 5회였다(Table 10).

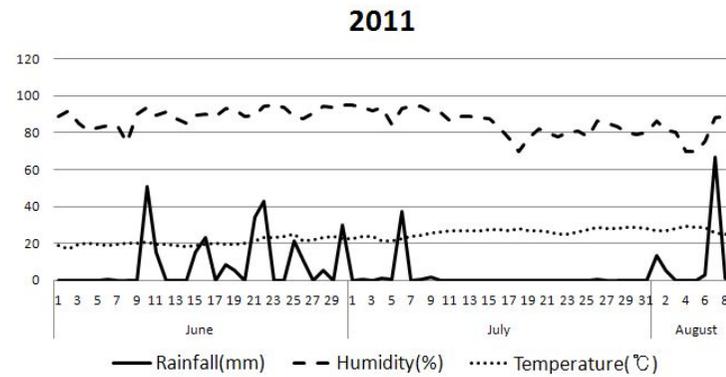
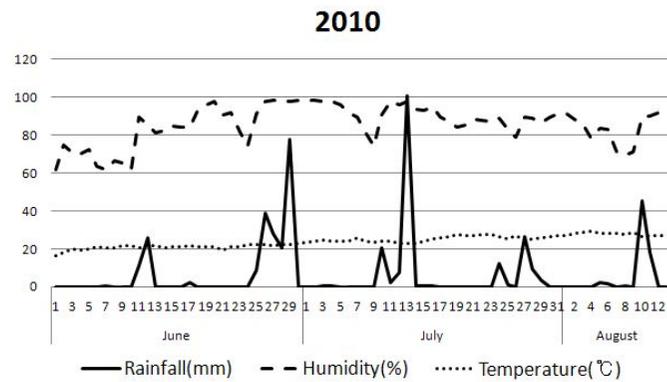
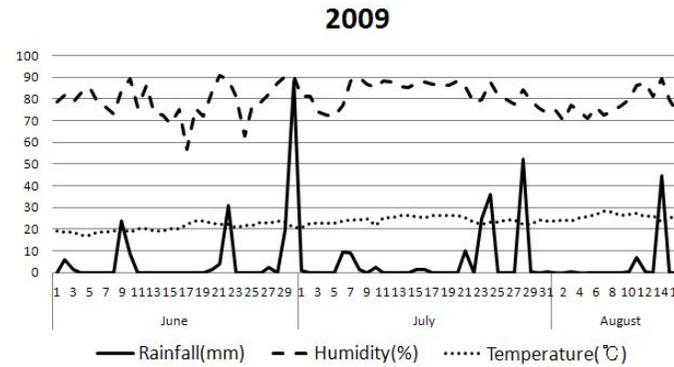
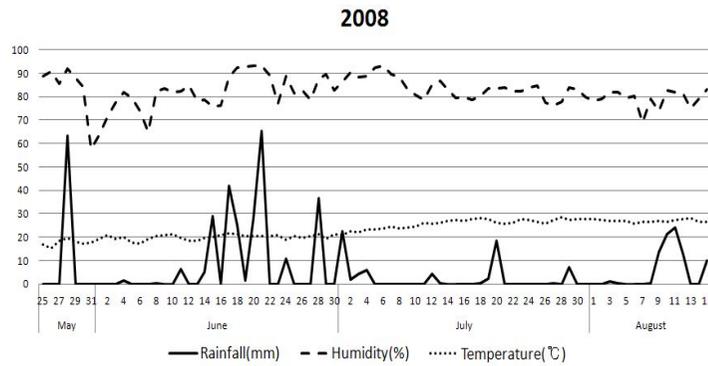


Figure 12. Rainfall, mean temperate, relative humidity of survey area during each period.

Table 10. Meteorological data of the breeding season of *Kaloula borealis* during five years from 2008 to 2011 on Jeju Island

Year	Date	Rainfall (mm)	Humidity (%)	Temperature (°C)		Barometric pressure(hpa)	Wind speed(m/s)
				Max.	Min.		
2008	28 May	63.5	91.9	21.4	18.1	991.6	7.3
	15 June	29.0	76.0	24.2	17.6	999.7	4
	20 June	28.0	92.6	21.7	19.7	997.3	6.3
	28 June	36.5	87.4	23.5	19.4	998.1	2.7
	20 July	18.5	83.5	27.3	24.5	995.7	6.5
	10 August	21.5	82.6	29.9	22.6	996.8	4.4
2009	9 June	24.0	83.6	23.0	17.7	1000.3	7.5
	22 June	31.0	89.1	23.5	18.0	991.4	4.2
	30 June	88.5	90.3	23.4	19.1	994.9	6.1
	23 July	25.0	79.8	26.7	19.3	994.6	3.6
	28 July	52.5	84.5	25.6	19.2	993.8	8.4
	14 August	44.5	89.4	25.6	21.8	100.4	4.8
2010	12 June	26.0	85.3	23.2	20.2	998.0	3.8
	26 June	39.0	97.6	23.1	21.0	996.6	4.4
	10 July	20.5	90.9	27.1	21.1	997.5	3.8
	13 July	100.5	97.6	24.1	21.6	998.9	8.4
	27 July	26.5	89.3	27.0	22.1	1001.8	5.2
	10 August	45.0	89.5	28.4	25.3	990.0	8.4
2011	10 June	51.0	93.9	22.5	19.4	994.7	3
	16 June	23.0	90.1	22.9	18.5	997.2	2.6
	21 June	34.0	89.3	24.6	17.4	1002.4	3.1
	25 June	21.5	88.9	28.3	23.1	994.6	6.3
	30 June	30.0	95.0	23.7	21.3	1002.2	4.2
	6 July	37.0	92.9	23.8	19.3	992.6	2
	1 August	13.5	86.6	28.8	24.7	997.7	6.6
	7 August	67.0	88.3	27.0	24.3	984.5	4.2

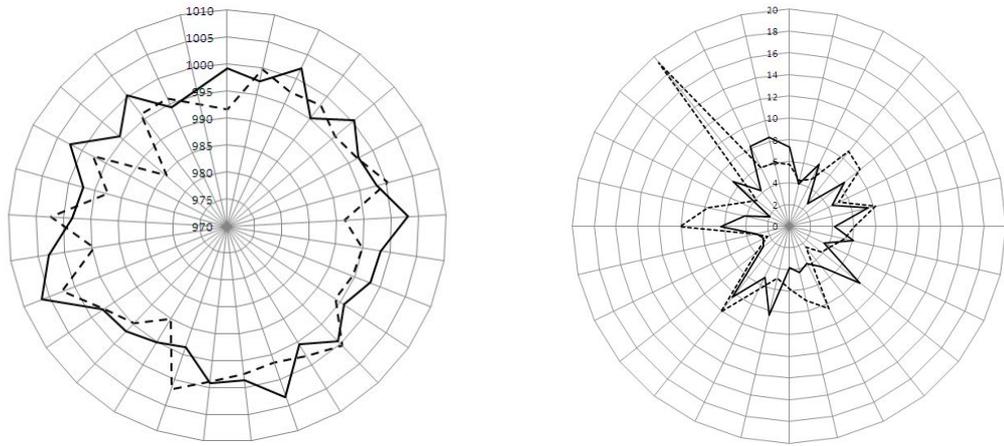
Table 11. Results of binary logistic regression for effects of the abiotic factors on breeding season

Abiotic factor	B	S·E	wald	P
Rainfall	-0.433	0.144	9.113	0.003***
Max. Temp	0.116	0.093	1.554	0.213
Min. Temp	0.104	0.104	0.992	0.319
Humidity	-0.104	0.060	5.495	0.019*
Barometric pressure	0.193	0.090	4.639	0.031*
Wind speed	-0.149	0.114	1.706	0.192

\* Statistically significant ( $P < 0.05$ )

\*\*\* Statistically very much significant ( $P < 0.005$ )

맹꽁이의 산란과 환경요인과의 관계는 로지스틱회귀곡선을 이용하여 분석하였는데(Table 11), 강우량은 산란에 가장 큰 요인( $S·E=0,144$ ,  $wald=9.113$ ,  $P < 0.01$ )으로 작용하고 있는 것으로 나타났다. 즉 비가 많이 내리는 날 밤이 되면 맹꽁이들의 산란지로의 이동이 시작되는 데 많은 개체들이 산란지 주변으로 이동하는 것을 관찰할 수 있었다. 산란지로 이동한 개체 중 수컷들은 울음소리를 내기 시작하는데 한두 마리가 울기 시작하여 나중에는 집단으로 울며, 이 울음은 다음 날 오후까지 계속되고 있었다. 최고온도( $S·E=0.093$ ,  $wald=1.554$ ,  $P=0.208$ )와 최저온도( $S·E=0.104$ ,  $wald=0.092$ ,  $P=0.316$ )에서는 산란이 이루어지는 날과 그렇지 않은 날사이에서 유의성이 없는 것으로 나타나고 있다. 상대습도인 경우는 약하게 작용하고 있는 것으로 나타나고 있으며( $S·E=0.060$ ,  $wald=5.495$ ,  $P < 0.05$ ), 비가 오는 날에는 상대습도가 높다는 것을 알 수 있었다(Figure 12). Figure 13은 산란이 일어날 때와 일어나지 않았을 때의 기압과 풍속을 나타낸 그래프로 기압인 경우 산란에 어느 정도 영향을 주는 것으로 나타나고 있으나( $S·E=0.090$ ,  $wald=4.693$ ,  $P < 0.05$ ), 풍속인 경우는 산란에 영향이 없는 것으로 나타나고 있다( $S·E=0.114$ ,  $wald=1.706$ ,  $p=0.192$ )(Table 12). 따라서 맹꽁이의 산란에 영향을 주는 요인으로는 강우량이 가장 크고, 그 다음으로는 습도와 기압이 영향을 주는 것으로 나타났다.



..... spawning day  
 — non-spawning day

Figure 13. Barometric pressure and wind speed in breeding season (left : barometric pressure, right : wind speed).

## 고 찰

일반적으로 우리나라에서 맹꽁이의 번식 시기는 비가 많이 내리는 장마철 전 후에 이루어진다(고 등, 2011a). 우리나라의 장마철은 고온다습한 시기로 온도와 강수량 양쪽 모두에 영향을 받는다는 기존의 다른 연구와 일치하고 있다(Humphries, 1979; Okuno, 1985). 특히 맹꽁이는 우리나라에 서식하는 무미류 중에서 늦은 시기에 번식을 하고 있는 종이며, 짧은 번식기간을 갖고 있다. 영구적인 연못은 물론 일시적으로 생성되는 연못이나 물웅덩이, 수로 등에 산란하는 맹꽁이의 산란특성상(고 등, 2011a) 높은 온도로 인하여 물의 증발이 빠른 여름철에 번식에 성공하기 위해서는 비가 많이 오는 장마철에 산란하여 짧은 시간에 번식하는 것이 번식성공률을 높이는데 유리하게 작용되므로, 강수량은 여러 측면에서 양서류의 번식에 도움이 되고 있다(Marsh, 2000).

4년간 산란이 이루어지 기간을 보면, 2008년 76일, 2009년 67일, 2010년 61일, 2011년 59일로 점차 짧아진 것으로 나타났는데, 이처럼 해마다 번식기간이 짧아진 것은 맹꽁이의 종 번식전략 측면에서는 매우 불리하다고 할 수 있으나 이 현상은 일시적인 것으로 보인다. 기후환경의 변화과정인 온난화의 영향이라면 봄이 빨라지고 가을이 늦어져 번식기간이 길어지지만(Bradshaw and Holzapel, 2008) 결과는 반대로 나타나고 있기 때문이다. 하지만 지역적으로 다른 요소가 작용하는지는 좀 더 오랜 기간 모니터링 해 볼 필요가 있다. 또한 2011년에는 다른 해와는 달리 6월에만 5회의 산란이 이루어졌으며, 7월 6일에 한번 산란이 이루어진 후 8월1일까지 한 달 가까이 산란이 이루어지지 않았다. 한정된 공간의 연못에서 짧은 기간에 여러 번의 산란은 유생의 수는 많아지고 먹이는 적어지는 결과를 초래하게 된다. 이것은 먹이양이 적은 작은 연못에 사는 유생이 풍부한 먹이가 있는 연못의 유생보다 불리하기 때문에(Newman, 1989), 결과적으로 종내 경쟁이 심해지는 요인이 되어 맹꽁이의 번식에 매우 불리한 요인으로 작용하게 된다. 또한 2011년 7월의 경우처럼 오랜 기간 동안 비가 오지 않는 상태가 지속된다면 산란지의 물이 다 말라버려 맹꽁이의 유생은 전멸하는 결과를 가져오게 되며, 다음 산란을 기다리는 암컷의 성체도 산란을 하지 못하게 된다. 이러한 기상현상은 맹꽁이의 번식에 중요한 위협요인으로 작용

하고 있으며, 개체군 유지에 큰 피해를 줄 것이다.

조사기간 동안 맹꽁이의 첫 산란은 2008년에 5월 말에 이루어졌다. 이날 강수량은 63.5mm로 상당히 많은 비가 내릴 때 산란이 이루어졌다. 이 후 8월 중순까지 계속적으로 산란이 이루어졌으며, 다른 해에도 비슷한 시기까지 산란이 이루어짐을 관찰할 수 있었다. 4년 동안에 산란이 이루어진 날의 강우량을 보면 가장 적게 내린 양이 13.5mm이었고, 최저기온은 17.4℃이었다. 따라서 맹꽁이는 13mm이상의 강우량과 17℃이상의 기온에서는 산란활동에 큰 지장이 없을 것으로 보인다. 강우량은 물론 앞에서도 언급했듯이 온도 또한 맹꽁이의 산란행동에 중요하게 작용할 것으로 보인다. 특히 온대지역의 양서류는 온도가 종 특이성 이하로 떨어지면 이동이나 번식을 중단하며, 그 외의 다른 지역 또한 비생물학적 여러 데이터의 측정자료 중, 온도는 번식활동에서 가장 일반적으로 예측하는 것으로 알려지고 있다(Oseen and Wassersug, 2002). 야쿠티아 지역의 Siberian Tree Frog(*Rana amurensis*)는 8-9℃에서 활동을 시작하여 8월경에 성체인 경우 기온이 10-18℃에서 가장 활발하다(Solomonova *et al.*, 2011). 미시간 지역의 woodfrogs (*Rana sylvatica*)는 기온이 8-10℃(Howard, 1980), 핀란드 헬싱키 지역의 common frog(*Rana temporaria*)는 5℃를 넘어야 산란을 한다(Haapanen, 1982).

번식에 영향을 주는 환경적 요인을 보면 번식활동에 강우량이 가장 큰 작용을 하는 것으로 나타났다. 강우량은 열대지방은 물론 온대지방에서도 가장 중요한 요인이며, 이번에 조사된 맹꽁이에서도 역시 가장 중요한 것으로 나타나고 있다. 이번 조사에서 온도에 영향을 받지 않은 이유는 번식시기가 여름시기이므로 이미 번식에 충분한 온도가 형성되었기 때문이라고 보인다. 풍속인 경우는 이번 조사에서 맹꽁이의 산란에 영향을 주지 않고 있다. 하지만 습도와 기압에서는 약간의 유의성을 나타내고 있다. 습도는 양서류의 번식(알, 올챙이, 변태후)에 있어서 물과 함께 많이 의존하는 중요한 환경적 요인(Prado *et al.*, 2005)으로 번식지가 오랜 기간 건조되는 것을 방지하고 양서류의 이동이나 번식을 증가시켜 주는 요인이 된다(Roy *et al.*, 2004). 열대지방인 경우도 습도는 강우량과 온도와 함께 번식에 중요한 요인이 되고 있다(Hodl, 1990). 기압 또한 양서류의 번식에 영향을 줄 수 있는 요인(Brooke *et al.*, 2000)으로 이번 조사에서 맹꽁이의 번식에

영향을 주는 것으로 나타나고 있다. 따라서 전반적으로 비가 많이 오는 날에는 그렇지 않은 날에 비해 습도는 높아지며, 기압이 낮아지는 경향을 보인다. 멧똥이는 이런 조건에서 번식을 하고 있으며, 결론적으로 멧똥이의 산란에 영향을 주는 요인은 강우량과 습도, 기압이라 할 수 있다. 멧똥이들은 비가 많이 내리기 시작하면 산란지로 이동하는 데 이러한 요인들 중에서 어떤 요인을 우선적으로 감지하여 산란지로 이동하는지에 대해서는 앞으로 상세한 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 제5장 번식기간중 먹이 습성

### 서론

맹꽁이는 *Kaloula*속에 속하는 양서류로 우리나라에서는 유일하게 한 종이 서식하고 있으며, 제주도에서는 도내 곳곳에서 널리 분포하고 있다(고 등, 2011). 맹꽁이는 흙속이나 돌 밑에 서식하며 생활하기 때문에, 다른 무미류와는 먹이 습성이 다를 것으로 보인다. 육식동물의 포식활동 전략은 현대 행동 생태학의 중심 주제로, 이들은 효율적으로 먹이를 잡고 있으며, 주어진 환경 조건에서 최대로 에너지를 얻고 있다(Krebs and Davies, 1997). 양서류의 포식활동에서 무미류는 두 가지 포식행동 중 한 가지 방법을 취한다. 하나의 방법은 활발히 돌아다니면서 포식활동을 하고, 또 다른 방법으로는 한 위치에 가만히 앉아 기다리다가 포식활동을 한다(Duellman and Trueb, 1994; Lima and Magnusson, 1998). 이러한 먹이활동의 특성은 주야간의 활동 패턴, 방어 메커니즘의 특성(위장, 탈출 또는 독극물), 서식지 거주 유형, 그리고 계절변화에 따른 먹이양과도 연결되어 있다(Toft, 1980, 1981; Duellman and Trueb, 1994).

무미류의 먹이습성에서도 번식양상에 따라 크게 두 가지 습성을 가지는데, 무미류의 번식기간이 일시적으로 짧은 기간에 일어나는 경우와 긴 기간 동안에 일어나는 것으로 나눌 수 있다(Wells, 1977b). *Bufo japonicus*나 참개구리(*Rana nigromaculata*)와 같은 일부 종은(Hirai and Matsui, 2000b) 짧은 기간에 일시적으로 산란하는 종으로 번식시기에는 먹이를 먹지 않는다. 반대로, 4월에서 7월까지 긴 기간에 걸쳐 번식하며, 일본 전역에 분포하는 청개구리(*Hyla japonica*)는 번식기간 내내 먹이를 섭취하기도 한다(Maeda and Matsui, 1999).

무미류는 전통적으로 기회주의적인 포식 행동을 하는 잡식성의 포식자이다. 성체 무미류의 먹이는 주로 연체동물, 환형동물, 지네류, 노래기, 거미류, 갑각

류, 그리고 곤충을 포함한 무척추 동물로 이루어져 있다(Toft, 1980, 1981; Duellman and Turbe, 1994; Lima and Magnusson, 1998; Van Sluys and Rocha, 1998; Anderson *et al.*, 1999).

무미류에서는 일반적으로 입을 벌렸을 때 벌린 입 크기가 먹이를 먹을 수 있는 최대크기로 간주되고 있으며, 몸의 크기나 입의 넓이가 다양한 무미류의 먹이패턴에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Berry, 1966; Houston, 1973; Labanick, 1976; Toft, 1980; Flowers and Graves, 1995; Newman, 1999; Hirai and Matsui, 2000a). 따라서 무미류는 성장함에 따라 포식에 대한 한계를 제거할 수 있고, 각 개체들은 보다 큰 먹이를 먹을 수 있게 되므로 이후에도 개체들이 포식전략을 전환할 수 있다(Christian, 1982; Lima, 1998).

본 연구는 번식기 맹꽂이의 개체군을 대상으로 그들의 먹이습성을 밝힘으로써 개체군 관리와 보전 및 복원에 필요한 자료를 제공하기 위하여 이루어졌다.

## 재료 및 방법

조사는 2011년 6월 한 달간 제주도 대정읍 하모리에 위치한 습지에서 이루어졌다. 채집한 개체는 56개체이며 실험실로 옮겨와 1%의 MS-222용액에서 마취시킨 후, Stomach Flushing Method(Leclerc and Courtois, 1993)를 이용하여 위속에 들어있는 내용물을 꺼내어 미리 준비한 10% 포르말린에 고정하였다. 채집지에서 실험실로 이동하는 시간에도 맹꽂이의 먹이는 위에서 소화되기 때문에 이동 거리를 최소한으로 하였으며, 이 과정을 2시간 안에 수행하였다. 또한 채집하였던 개체들은 snout-vent length (SVL; to nearest 0.1 mm)와 body weight (BW; to nearest 0.1 g)를 기록한 후 포획하였던 장소에 다시 풀어주었다. 맹꽂이는 비번식기에는 흙속이나 돌 밑에 서식하는 습성으로 인해 포획이 어렵고, 또한 성체와 어린개체는 크기가 다르기 때문에 먹이크기도 달라지므로 먹이습성을 일반화하기가 쉽지 않다. 따라서 본 연구는 번식기에 포획한 성체를 가지고 분석하였다. 섭취한 위 내용물의 동정은 최대

한 하위의 분류수준으로 하였고, 목(Order)과 과(Family)수준으로 구분하였다. 채집된 각 먹이의 최소길이와 폭을 디지털캘리퍼스(CD-20P, Mitutoyo Co.)와 calibrated ocular micrometer가 부착된 해부현미경(SZ-51, Olympus Co.)을 이용하여 0.1mm단위로 측정하였다. 포식된 먹이의 길이와 폭을 이용하여 먹이의 부피를 산출하였다(Dunham, 1983; V: prey volume, L: prey length, W: prey width).

$$V = 4/3\pi(L/2) (W/2)^2$$

맹꽁이가 SVL에 비례하여 먹이의 양이 많아지는지 아닌지를 알아보고자 먹이부피와 SVL에 대한 상관분석을 수행하였다. 이 분석은 포식자의 크기와 먹이의 크기 관계를 상관 분석에 의해 평가했다. 따라서 각각의 위에서 발견된 먹이 개체들에 대한 전체부피와 가장 작은 부피인 최소부피, 가장 큰 부피인 최대부피를 측정하였다. 다음으로 먹이종류 선택에서 크기에 따른 먹이 변화를 검출하기 위해, 4개의 주요한 먹이 분류군(>20%; Hirai, 2002)의 출현빈도와 맹꽁이의 SVL사이의 관계를 조사하였다. 또한 암수간의 몸크기 차이를 알아보기 위해 t-test를 수행하였다. 통계분석은 SPSS(statistical package for the social sciences, ver. 12.0) 프로그램을 이용하였다.

## 결 과

채집된 56개체 중 포식된 먹이가 들어있지 않은 4개체를 제외한 수컷이 30개체와 암컷이 22개체인 52개체에 대하여 먹이원을 분석하였다. 암컷과 수컷의 먹이차이 분석에서는 암컷의 크기는 mean 47.6±2.9 (range=41.7-55.2mm)이고 수컷의 크기는 mean 44.3±4.7 (range=36.0-52.6mm)로 암컷이 수컷보다 큰 것으로 나타났다(t=-3.121, df= 50, p<0.01). 맹꽁이는 암컷과 수컷 모두 같은 종류의 먹이를 먹어 먹이

구성간의 차이는 없었다, 또한 암컷의 평균 먹이수( $7.7 \pm 3.7$  range=4-17)와 수컷의 평균 먹이수( $8.0 \pm 4.1$  range=3-19)에서도 유의성이 없게 나오고 있으며(df=50,  $t=0.324$ ,  $p=0.748$ ), 암수 각 개체의 위 속에 들어 있는 먹이의 총 부피도 유의한 차이를 보이지 않았다( $t=-1.460$ , df=50,  $p=0.151$ ).

맹꽁이의 위에서 확인된 먹이의 수는 총 409개였고, 모두 절지동물이었다. 절지동물중 곤충은 딱정벌레목(Cleoptera), 파리목(Diptera), 노린재목(Heteroptera), 벌목(Hymenoptera), 나비목(Lepidoptera), 매미목(Homoptera), 집게벌레목(Dermaptera)이었으며, 전체 먹이개체수의 96.8%, 전체 먹이 부피의 97.8%이었다. 곤충류를 제외하고는 거미류(Araneida)만이 확인되었다.(Appendix 2). 먹이 출현빈도(출현빈도 > 20%, Hirai, 2002)는 파리류(Diptera sp.)가 48.1%, 먼지벌레류(Harpalidae)가 38.5%, 개미류(Formicidae)가 30.8%, 초파리류(Drosophilidae)가 23.1%로, 먹이 개체수(먹이수 > 6%)는 초파리류(Drosophilidae)가 22.5%, 개미류(Formicidae)가 20.0%, 파리류(Diptera sp.)가 17.6%, 먼지벌레류(Harpalidae)가 13.2%로 나타났다. 먹이 부피로는 파리류(Diptera sp.)가 23.5%로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로 먼지벌레류(Harpalidae) 19.4%, 집게벌레(Forficulidae) 13.6% 순으로 나타났다(Table 12).

Table 12. Diet composition of *Kaloula borealis*<sup>a)</sup>

Taxa of the victims	Ap	Np	Vp
<b>Cleoptera</b>			
Chrysomelidae	9.6	2.0	2.8
Curculionidae	7.7	1.7	0.7
Harpalidae	38.5	13.2	19.4
Scarabaeidae	9.6	1.2	6.6
Tenebrionidae	5.8	1.7	0.6
Carabidae	9.6	1.7	11.0
<b>Diptera</b>			
Diptera sp.	48.1	17.6	23.5
Drosophilidae	23.1	22.5	1.3
Diptera larva	7.7	1.5	1.5
<b>Heteroptera</b>			
Pentatomidae	11.5	2.7	2.6
Miridae	5.8	1.5	0.3
Coreidae	9.6	2.0	5.9
<b>Hymenoptera</b>			
Formicidae	30.8	20.0	1.3
Vespidae	1.9	0.2	2.7
Tenthredinidae	7.8	1.5	1.2
<b>Lepidoptera</b>			
Lepidoptera larva	5.8	1.2	1.5
<b>Homoptera</b>			
Flatidae	7.7	3.4	1.3
<b>Dermaptera</b>			
Forficulidae	5.8	1.2	13.6
<b>Araneida</b>	13.5	3.2	2.2

<sup>a)</sup> The data were obtained from investigation of 409 victims from 52 stomachs. A<sub>p</sub>: appearance percentage, N<sub>p</sub>: numeric proportion, V<sub>p</sub>: volumetric proportion.

맹꽁이의 SVL과 섭취한 먹이부피와의 관계에서는 개체의 크기가 클수록 부피가 큰 먹이를 포식하는 것으로 나타났으며(Figure 14), 상관분석에서도 유의하였다( $p < 0.01$ ). 또한 각 개체에서 가장 큰 먹이와 가장 작은 먹이의 관계에서도 유의하였고, 각 개체가 섭취한 가장 큰 먹이에서도 SVL이 클수록 먹이의 부피도 커져가면서 높은 상관관계를 보이며 유의성도 있는 것으로 나타났다( $p < 0.01$ ). 또한 각 개체가 섭취한 가장 작은 먹이에서도 맹꽁이의 크기가 클수록 섭취하는 먹이가 커지고 있는 것으로 나타났다(Table 13, Figure 15).

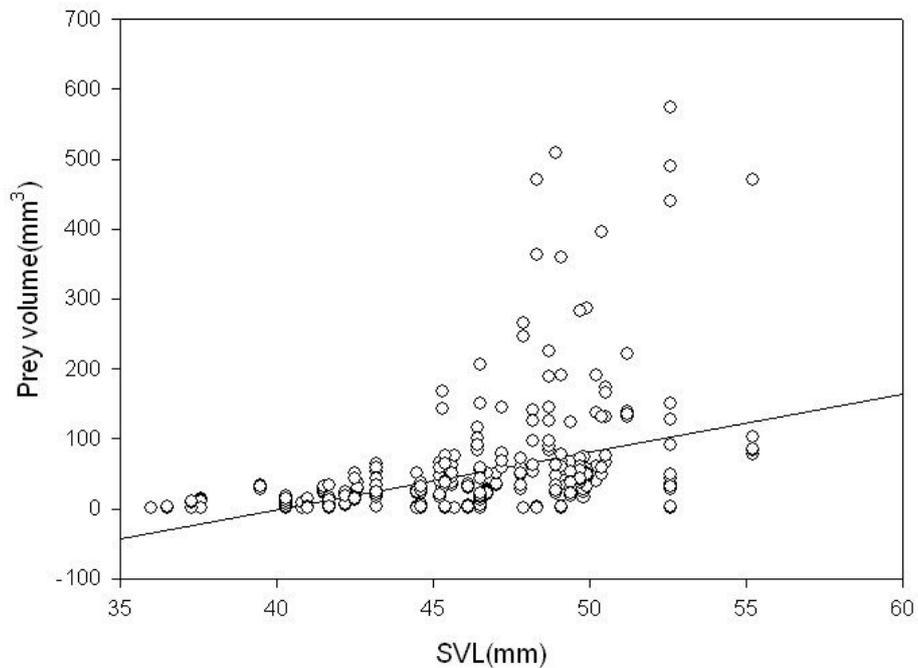


Figure 14. Relationship between frog snout-vent length (SVL) and total volume of the victims in a stomach

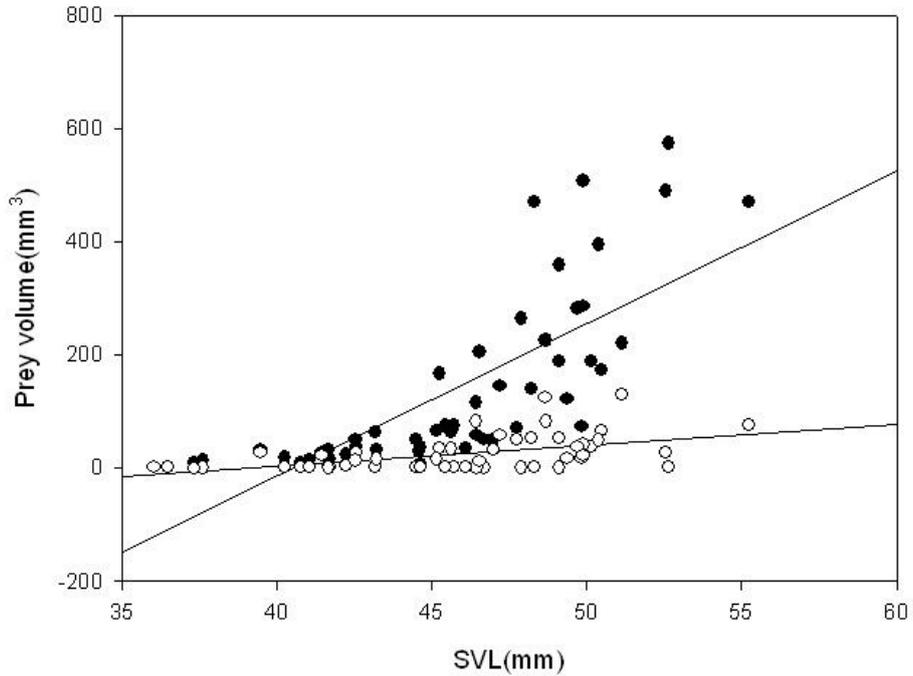


Figure 15. Relationships between snout-vent length (SVL) and minimum (○) and maximum (●) volumes of the prey in a stomach.

Table 13. Result of the correlation analysis between the victim volume and SVL (snout-vent length)

Victim volume	SVL	
	<i>R</i>	<i>p</i> -Value
Total	0.42	<0.01
Maximum	0.76	<0.01
Minimum	0.51	<0.01

출현빈도가 높은 주요 4개의 먹이군(먼지벌레류, 파리류, 개미류, 초파리류)에 대한 SVL과 섭취한 먹이부피와의 관계에서 먼지벌레류( $p=0.35$ )와 초파리류( $p=0.26$ ), 개미류( $p=0.19$ )에서는 유의하지 않는 것으로 나타났다. 하지만 파리류에서는 상관관계와 유의성이 있는 것으로 나타나( $p<0.01$ ), SVL이 큰 개체일수록 부피가 큰 먹이를 섭취한다는 것을 알 수 있었다(Figure 16, Table 14).

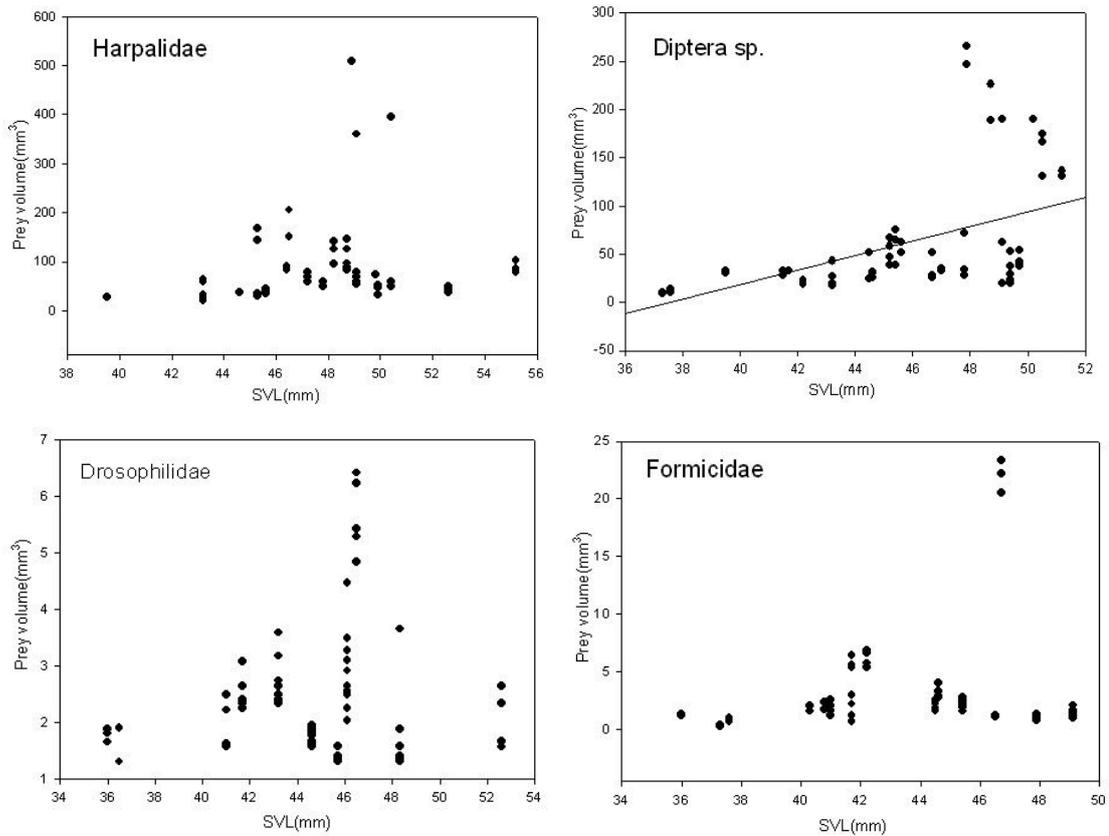


Figure 16. Relationship between frog snout-vent length (SVL) and the volume of the major prey taxa.

Table 14. Result of the correlation analysis between the major victims and SVL

Taxon of victim	SVL	
	<i>R</i>	Significance
Harpalidae	0.13	ns
Diptera	0.52	$p < 0.01$
Drosophilidae	0.12	ns
Formicidae	0.15	ns

조사된 맹꽁이의 각 먹이의 부피분포를 보면, 거미류, 매미류, 나비류, 벌류는 분포범위가 크지 않은 반면 노린재류, 파리류, 딱정벌레류에서는 넓은 분포범위를 보였다. 집게벌레류인 경우는 부피가 큰 개체들로 이들은 주로 SVL의 크기가 큰 개체들이 먹이가 되고 있는 것으로 나타났다(Figure 17).

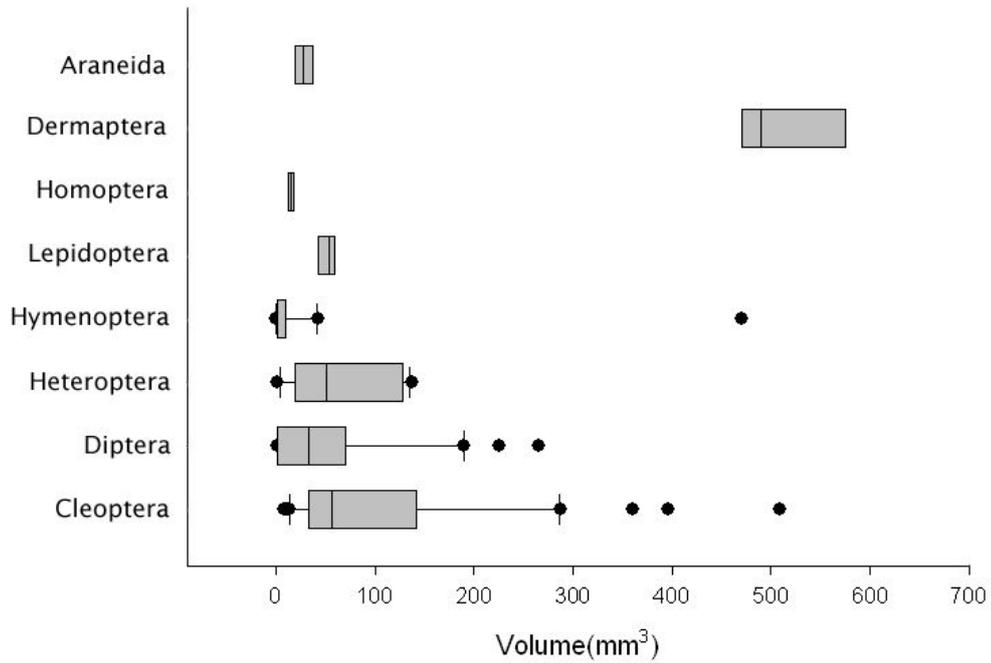


Figure 17. Volume distributions of the prey taxa consumed by *Kaloula borealis*.

출현빈도(출현빈도 > 20%)가 높은 주요 4개의 먹이군(먼지벌레류, 파리류, 개미류, 초파리류)의 부피범위에서 개미류와 초파리류는 개체의 크기가 작고 부피범위가 좁게 나타나고 있으며, 모든 크기의 맹꽁이들에게 포식당하는 것으로 조사되었다. 파리류와 먼지벌레류는 종에 따라 몸의 크기가 다양하게 나타나고 있으며, SVL이 큰 맹꽁이는 몸의 부피가 작은 먹이원보다 부피가 큰 먹이원들을 포식하는 것으로 조사되었다(Appendix 2, Figure 18).

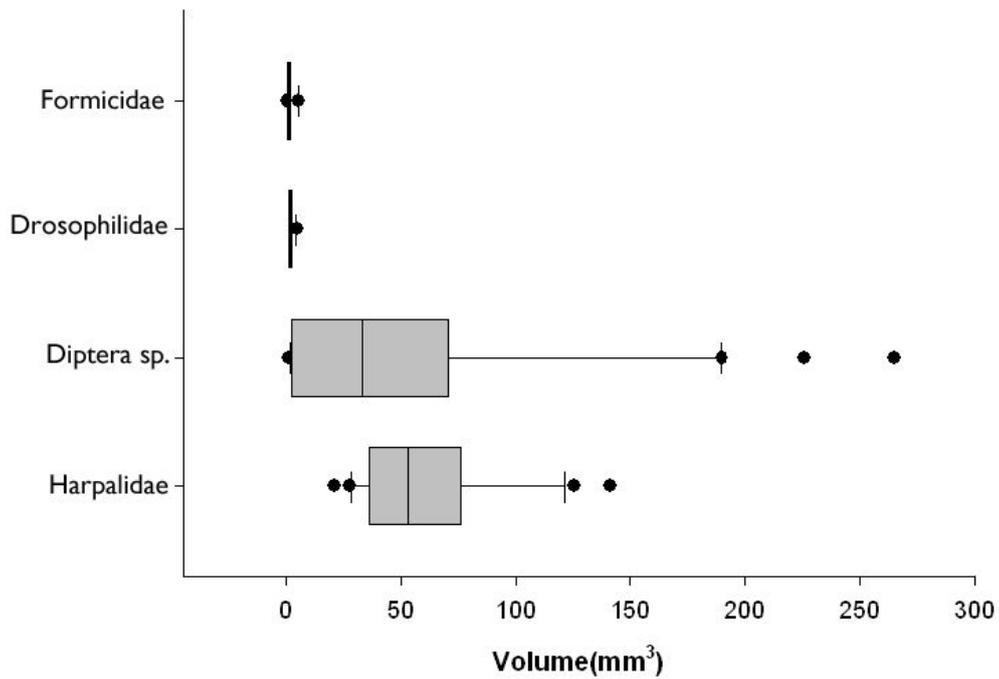


Figure 18. Volume distributions of the major prey taxa consumed by *Kaloula borealis*.

## 고찰

본 연구는 생활사 전략에 가장 기본이 되는 맹꽁이의 먹이원을 밝히기 위하여 이루어졌으며, 채집한 56개체 중 54개체의 위에 식이물이 들어 있었다. 조사된 먹이는 모두 절지동물이며, 주로 곤충을 먹이로 이용하고 있는 것으로 나타났다. Teixeira *et al.*(2006)은 *Stereocyclops incrassatus*의 연구에서 종이나 개체군의 위가 비어 있는 비율은 에너지 균형에 좋은 평가가 될 수 있고, 각 개체들이 위에 먹이가 들어 있는 비율이 높으면 개체들은 그 먹이로 에너지 균형을 유지하는데 유리하게 작용한다고 하였다. 반면에 단기간에 먹이를 많이 먹거나 아니면 일정기간 먹이를 먹지 않는 행동을 반복하는 종들은 위가 비어 있는 비율이 높아지고 에너지를 사용하기 위하여 몸의 지방이나 조직에 의존한다고 하였다.

또한 위에 있는 먹이양의 증가는 기초대사율의 증가와 관련이 있고, 추가로 생식 활동에 필요한 에너지 제공을 가능하게 한다(Scott, 1995; Hirai, 2002; Grayson *et al.*, 2005). 이번에 조사된 맹꽁이는 56개체 중 52개체에서 위안에서 먹이가 관찰되는 것으로 보아 연구된 개체들은 먹이를 항상 포식하고 있는 종으로 간주되며, 이들 종도 산란기때 지속적인 먹이활동을 함으로써 개체 성장이나 대사활동에 필요한 에너지로 이용하고 있는 것으로 보인다.

성적이형에서 양서류인 경우는 일반적으로 암컷이 수컷보다 크며(Shine, 1979), 이번 조사에서도 암컷이 크게 나타나고 있었다. 먹이 수와 부피에서 암수 간에 서로 유사하게 나오고 있으며, 먹이구성에서도 암컷과 수컷이 서로 중복이 되고 있다. 또한 먹이 종류도 서로 겹치고 있는데 이러한 이유는 암수가 서로 같은 서식지에서 포식하고 있기 때문으로 알려져 있으며, 암수 또한 개체군 사이에서 몸의 크기와 입의 크기가 서로 중복이 되므로 같은 먹이구성을 갖는다(Measey, 1998; Hirai and Matsui, 2000b; Cross and Gerstenberger, 2002; Parker and Goldstein, 2004; Cicek, 2007; Silva *et al.*, 2009).

출현빈도로 본 맹꽁이의 먹이로는 파리류가 가장 많았으며, 다음으로는 먼지벌레, 개미류 순으로 나타났다. Microhylidae에 속하는 대부분의 종들은 주로 개미를 먹이로 하고 있으며(Van Sluys *et al.*, 2006; Teixeira *et al.*, 2006), 남아메리카의 열대우림에 서식하는 종들에게서는 가장 중요한 자원중의 하나라고 하였다(Solé *et al.*, 2002). 하지만 Microhylidae에 속하는 종들이 개미들을 주로 먹는 것이 다른 먹이 종류보다 더 풍부하기 때문에 선택하는 것인지, 아니면 개미의 양과는 별개로 다른 곤충들 보다 우선적으로 개미를 선택하는지에 대해서는 서식지에서 상대적인 먹이의 이용 가능성에 대한 정보 없이는 결론지을 수 없다(Van Sluys *et al.*, 2006). 또한 일반적으로 활동적인 무미류의 포식은 개미와 같이 작고, 지역적으로 풍부하고 수가 많을 때 이루어지고, 반면에 앉아서 기다리는 무미류의 포식방법은 메뚜기같이 하나의 먹이 크기가 크고 먹이수가 적을 때 이루어진다(Toft, 1980, 1981). 이번에 조사된 지역은 경작지로 1년에 두세 번은 농작물을 재배하기 위하여 땅을 트랙터로 갈아엎고 있다. 땅속에 집을 짓고 사는 개미인 경우는 이러한 환경에서 많은 개체군이 서식하기 어렵고, 단지돌로 둘러싸여져 있는 경계면 부근에만 서식이 가능하다. 따라서 이 지역에서는

개미를 먹이로 이용하기가 다른 곤충을 먹이로 이용하는 것 보다는 어려울 것으로 보인다. 맹꽁이의 은신처인 돌 밑은 야행성 곤충인 딱정벌레류의 주 서식지로서 밤에 움직이는 맹꽁이의 먹이가 되기에 적당하다고 판단되며, 이번 조사에서도 높은 비율로 포식되고 있었다. 또한 본 연구를 통해 비행성 곤충인 파리류와 초파리를 가장 많이 이용되고 있는 것이 확인되었다. 따라서 맹꽁이는 행동이 느린 관계로 돌아다니면서 활동적으로 포식하는 것보다는 앉아서 기다렸다가 비행성 곤충이 포식 범위 안에 들어 왔을 때 포식하는 것으로 보인다. *Kaloula taprobanica*인 경우도 흰개미나 큰 파리류를 포식(<http://amphibiaweb.org>)하는 것으로 보고되고 있으며, 우리나라에 서식하는 금개구리(*Rana plancyi chosonica*)인 경우도 같은 형태의 비행성 곤충의 먹이를 포식하는 것으로(윤 등, 1998) 보아 맹꽁이와 같은 방법의 포식형태를 취하는 것으로 판단된다.

이번 연구에서 개체의 크기가 큰 맹꽁이인 경우는 집게벌레나 풍뎡이 같은 부피가 큰 먹이를 먹고 있으며, 상대적으로 크기가 작은 맹꽁이인 경우는 초파리나 개미 같은 작은 먹이를 더 많은 빈도로 섭취하고 있었다. 큰 개체가 부피가 큰 먹이를 섭취하는 것은 에너지의 효율성을 높이기 때문이다. 개미나 초파리같이 부피가 작은 먹이는 많은 양을 섭취해야 하기 때문에 충분한 먹이를 먹기 위해서는 여러 번의 포식행위를 하여야 할 것이다. 따라서 크기가 작은 맹꽁이는 먹는 양에 비해 많은 에너지가 소모되게 된다. 하지만 큰 먹이를 섭취하는 경우는 몇 번의 포식활동으로 필요한 에너지를 얻을 수 있으므로 부피가 큰 먼지벌레나 파리류를 포식하는 것이 에너지 효율 면에서 더 유리하게 된다. 하지만 크기가 작은 개체들이 부피가 큰 먹이를 먹는 것은 소화기관의 제약으로 인하여 작은 먹이를 먹을 수밖에 없을 것으로 보이며, 이는 Hirai(2002)의 참개구리(*Rana nigromaculata*)의 연구에서도 같은 결과를 보이고 있으며 효율적인 문제 때문이라고 지적하고 있다.

이번 조사에서 맹꽁이가 먹이로 사용하는 초파리나 개미류는 몸의 부피가 작을 뿐만 아니라 종에 따라 몸의 부피의 다양성이 적은 군집으로서 모든 크기의 맹꽁이가 빈번히 섭취하고 있었다. 파리류나 딱정벌레류에서는 몸의 부피가 작은 종부터 부피가 큰 종이 다양하게 분포되어 있어, 작은 개체의 먹이들은 모든 크기의 맹꽁이들에게 먹히고 있지만 부피가 큰 개체들은 크기가 큰 맹꽁이들에게

서만 포식되고 있다. 양서류에서 먹이의 종류와 포식 전략은 생리적 내성과 형태의 제약 등 다양한 본질적인 요소에 의해 조절되며 다양한 진화의 결과로 볼 수 있다(Duellman and Trueb, 1994).

이번 연구를 통해 얻어진 맹꽁이의 먹이원과 먹이습성에 대한 연구 자료는 급격히 감소되어가는 맹꽁이의 보호와 개체군 보존전략에 대한 여러 가지 대안을 마련하는데 유용한 자료로 활용될 것으로 기대된다.

## 제6장 나이구조 분석

### 서론

양서류 개체의 연령 확인은 성장, 수명, 성적성숙을 포함하여 개체군 전체의 연령구조와 변화를 예측할 수 있다. 양서류의 연령을 확인할 수 있는 방법으로 뼈나이테법(skeletochronology)이 널리 이용되고 있다. 뼈나이테법은 양서류의 장골(femur) 혹은 지골(phalanx)의 단면에 형성된 성장 층에서 LAG(line of arrested growth) 수를 세어 개체의 나이를 알아내는 방법이다(Halliday and Verrell, 1988). LAG는 양서류의 거의 모든 뼈에서 확인되고 있으며, 최근에는 개체에 큰 상처를 내거나 죽이지 않기 위하여 지골을 이용하여 분석하고 있다. 지골을 이용한 뼈나이테법은 자연 상태의 양서류 개체군의 연령구조를 조사하는데 매우 편리하고 안정적인 방법이다(Francillon-Vieillot *et al.*, 1990).

이 방법은 여러 동물 중에서 네발달린 하등동물의 나이결정연구에 많이 사용하고 있다.(Halliday and Verrell, 1988; Castanet *et al.*, 1988). 이 방법은 각 개체의 정확한 나이를 측정할 수 있고, 또한 이 측정으로 군집의 생활사를 확실히 알 수 있기 때문이다. 그러므로 이 방법을 사용하여 성장비율, 수명, 번식에 처음 참여하는 나이 등을 알 수 있으며 여러 양서류 연구에서 확실하게 밝혀졌다.(Hemelaar, 1988; Caetano and Castanet, 1993; Wake and Castanet, 1995). Skeletochronology 사용하여 Tilley(1980)는 다른 환경 하에서 두 군집의 종내 생활사의 다양성을 연구하였고, Francillon-Vieillot *et al.*(1990)은 잡종간에 진화의 전략을, Kyriako-Sklavounou(2008)는 같은 개체군 내에서의 나이 성장 수명 연구하였다. 뼈나이결정법에서 뼈의 나이테가 생성되는 이유는 따뜻한 계절에는 개체의 성장이 빨라 뼈의 형성이 증가되다가 추운 계절에는 성장이 많이 이루어지지 않기 때문에 뼈조직이 좁고 치밀하게 형성된다. 이렇기 때문에 양서류가 동면기를 지나면 LAGs(line of arrested growth)라 불리는 선이 형성된다. 이 선은 1년에 한 개씩 형성되므로 이 선을 세면 개체의 나이를 측정할 수

있다.(Castanet *et al.*, 1991). 온대지방에서의 LAG에 대한 연구는 많이 이루어졌으나 열대지방에서의 연구는 거의 없었고 LAGs형성이 어려울 것이라고 여겨졌으나, 최근의 연구에서 보면 열대지방에서는 건기에 LAGs가 형성된다고 알려졌다.(Khonsue, 2000)

우리나라에서, 뽕나이트법을 이용한 양서류의 연구를 살펴보면 유미류에서는 도롱뇽(Lee and Park, 2008)과 고리도롱뇽(이, 2007), 꼬리치레도롱뇽(Lee *et al.*, 2008), 제주도도롱뇽(Lee *et al.*, 2010)에서 이루어졌고 무미류에서는 옴개구리(이 등, 2009), 금개구리(Cheong *et al.*, 2007), 참개구리(유, 2007)에서 연구가 수행되었으나, 아직까지 맹꽁이에 대해서는 연구가 이루어지지 않았다.

본 연구는 멸종위기종인 맹꽁이의 효과적인 보전방안과 나아가 적극적인 복원에 필요한 기초자료를 확보하기 위하여 제주도에 서식하고 있는 개체군을 대상으로 뽕나이트법을 이용하여 맹꽁이의 수명, 성적성숙, 나아가 개체군의 연령구조를 확인하기 위하여 수행되었다.

## 연구 방법 및 재료

### 1. 조사지 현황

본 연구는 제주특별자치도 제주시 대정읍 하모리에 위치한 습지서 조사하였다. 조사지는 해발고도 4m이고 주변이 경작지로 둘러 싸여 있으며 북쪽으로는 아스팔트 도로가 위치하고 있다. 습지의 넓이는 15m × 5m이며, 수심은 10-20cm인 웅덩이로 산란기에 많은 맹꽁이가 산란하고 있다.

맹꽁이의 연령구조를 조사하기 위하여 2009년 6월에 대정읍 하모리 습지에서 수컷 38마리, 암컷 58마리를 포함하여 총 96마리의 맹꽁이를 포획하였다. 맹꽁이의 포획은 주로 21:00-23:00 사이의 비가 많이 오는 야간에 산란지로 이동하는 개체를 무작위로 포획하였다.

## 2. 뼈나이테법

채집한 개체는 곧바로 실험실로 옮겨와 1%의 MS-222로 마취하여, 주둥이부터 총 배설강까지의 길이(SVL; snout-vent length)와 몸무게(BW; body weight)를 각각 버니어캘리퍼스와 전자저울(CAD, MWII 300)을 이용하여 0.1mm, 0.1g 단위로 측정하였다. 개체측정을 마친 개체는 외과용 가위를 이용하여 지골을 약 0.3~0.5mm 정도 절단하여 10% 포르말린 수용액에 고정하였다.

절단된 뼈는 준비한 후에 Guarino등(1995)의 전형적인 조직학 실험법에 따라 뼈나이테의 수를 측정하였다. 절단한 지골은 흐르는 물에 24시간 동안 세척하여 조직의 포르말린을 제거하고, 5%질산에 2시간 동안 담가 석회질을 제거, 다시 흐르는 물에 24시간 세척하였다. 전처리가 끝난 지골은 마이크로톰(Leica, RM2045)을 이용하여 10-14 $\mu$ m로 잘라 슬라이드글라스에 부착한 다음 hematoxylin (Mayer's acid hemalum)으로 30분간 염색하였다. 각 개체의 연령은 광학현미경(Leica, DM500)  $\times$ 400 배율에서 LAGs의 수를 세어 측정하였다.

## 3. 성장곡선 및 통계분석

맹꽁이의 개체군의 성장곡선은 von Bertalanffy의 방정식을 이용하여 산출하였다. von Bertalanffy의 방정식은 다음과 같다.

$$S_t = S_m - (S_m - S_0)e^{-k(t-t_0)}$$

방정식에서  $S_t$  (average body length at age  $t$ ) 값은  $t$ 년생 일 때의 개체크기 평균값,  $S_m$  (asymptotic body length) 값은 최대성장값,  $S_0$  (body length at metamorphosis)는 변태 후 개체크기 값,  $t$ (age) 값은 판별된 개체의 연령,  $t_0$  (age at metamorphosis) 값은 변태시 연령을 의미하며,  $k$ (growth coefficient) 값은 성장계수를 의미한다. 맹꽁이의 경우, 사전 실험에서 산란 후, 변태까지 걸린 시간은 평균 30일이었으며, 변태 직후 개체의 SVL은 13.4mm( $n=6$ )이었다.

맹꽁이 수컷과 암컷 사이의 SVL, BW, 연령의 차이는  $t$ -test를 이용하여 비교하였으며, 각 연령대별 수컷과 암컷의 출현빈도의 차이는 Chi-square test를 이용하여 분석하였다.

모든 기술통계 자료는 평균 $\pm$ 표준편차(mean $\pm$ SD)로 제시하였으며, 통계분석은 SPSS(statistical package for the social sciences, ver. 12.0) 프로그램을 이용하였다.

## 결 과

맹꽁이의 지골은 hematoxylin에 의하여 모두 보라색으로 염색되었는데 활동기 빠른 성장을 보인 부분은 연하게 나타났으며, 동면기 느린 성장을 보인 부분의 LAGs는 짙은 보라색으로 차등 염색되었다(Figure 19). 이에 따라 맹꽁이 각 개체의 연령은 진하게 염색된 LAGs의 수를 세어 측정하였다.

포획한 96(수컷 38, 암컷 58)개체의 나이측정에서 성체의 나이구조는 Table 15에서 보는 것과 같다. 수컷인 경우는 2살에서 8살까지 관찰되었으며, 암컷인 경우는 3살부터 10살까지로 수명은 10년 이상으로 보이고 있다. 맹꽁이의 신체 특징을 측정한 결과, 수컷 mean( $\pm$ SD) SVL은  $43.69\pm 3.44$ mm 이고 암컷은  $46.32\pm 4.23$ mm이다. SVL range는 수컷에서 38.53-52.55mm이고 암컷에서는 36.04-55.29mm이다(Table 16).

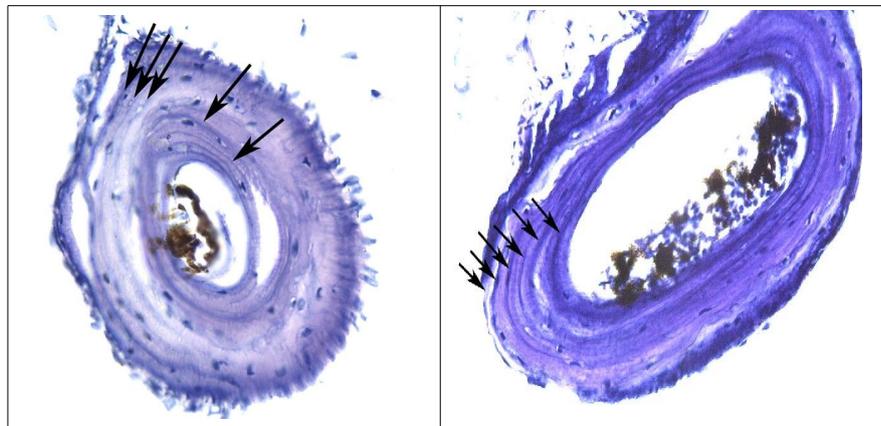


Figure 19. Cross-section of the phalanges of *Kaloula borealis*, 5 year old male(left), 6 year old female(right).

Table 15. SVL variation of *Kaloula borealis* population by age and sex

Age	Male (n=38)			Female (n=58)		
	N	Mean±SD	Range	N	Mean±SD	Range
2	1	40.74	-			
3	3	40.29±1.76	38.53-42.04	1	36.04	-
4	10	41.66±2.71	37.63-46.51	7	43.66±3.87	36.04-47.76
5	12	44.33±3.21	39.38-51.66	19	45.44±3.84	38.14-51.99
6	9	45.60±2.11	42.54-49.89	12	46.27±4.56	37.19-51.24
7	2	43.61±3.99	40.79-46.43	11	48.41±3.42	43.10-55.29
8	1	52.55±0	52.55-52.55	4	49.74±2.62	47.35-52.01
9	-	-	-	3	49.43±1.51	47.74-50.65
10	-	-	-	1	47.06±0	47.06-47.06

Table 16. Statistics and range of SVL distribution of *Kaloula borealis* by sex

Sex	Mean±SD	Range
Male	43.69±3.44	38.53-52.55
Female	46.32±4.23	36.04-55.29

또한 암수의 체중을 보면 평균체중은 수컷에서 11.64±2.90g이고 암컷에서는 12.83±4.01g이며 암컷이 수컷보다 약간 체중이 더 높은 것으로 나타났다(Table 17).

Table 17. Statistics and range of body weight distribution of *Kaloula borealis* by sex

Sex	Mean±SD	Range
Male	11.64±2.90	7.10-21.29
Female	12.83±4.01	6.80-21.49

맹꽁이 수컷과 암컷의 SVL은 유의미한 차이를 보여( $t=-3.20$ ,  $df=94$ ,  $p < 0.05$ ), 암컷이 수컷에 비하여 더 긴 SVL를 가지고 있는 것으로 확인되었다. 하지만 BW는 암컷이 평균적으로 더 크게 나오지만 수컷과 암컷 사이에 유의미한 차이는 보이지 않았다( $t=-1.68$ ,  $df=94$ ,  $p=0.10$ ).

뼈나이테법을 이용하여 맹꽁이의 연령을 확인한 결과, 수컷은 평균  $4.9 \pm 1.23$  살( $n=38$ ,  $range=2-8$ ), 암컷은 평균  $5.9 \pm 1.48$  살( $n=58$ ,  $range=3-10$ )로 확인되었다. 맹꽁이 수컷은 최소 2살부터 최대 8살까지의 출현하였으며, 이 가운데 5살 개체가 58마리 가운데 12마리가 출현하여 20.6%로 가장 높은 빈도를 보였다. 반면, 암컷은 최소 3살부터 최대 10살까지 출현하였으며, 수컷과 같이 5살 개체가 38마리 가운데 19마리가 출현하여 50.0%로 가장 높은 출현 빈도를 보였다 (Figure 2). 맹꽁이 수컷과 암컷의 각 연령대별 출현빈도는 유의한 차이를 보이지 않아 연령별에 따른 출현빈도에는 차이가 없는 것으로 나타났다( $\chi^2=12.96$ ,  $df=8$ ,  $p=0.11$ , Figure 20).

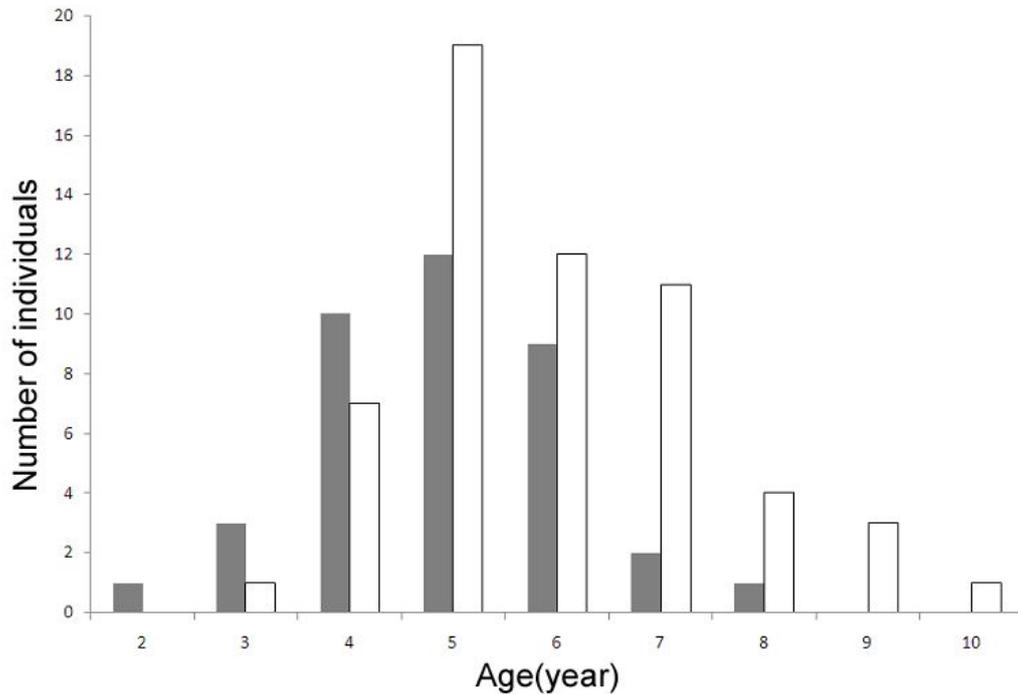


Figure 20. Age composition distribution of males (closed bars) and females (open bars) from *Kaloula borealis*.

von Bertalanffy의 방정식을 이용하여 맹꽁이 수컷과 암컷의 성장곡선을 도식화한 결과, 성장계수는 수컷과 암컷 각각  $0.56 \pm 0.09$ ,  $0.41 \pm 0.06$ , 최대성장점은  $46.41 \pm 1.26\text{mm}$ ,  $50.22 \pm 1.51\text{mm}$ 로 산출되었다(Table 18).

맹꽁이 수컷은 2살까지 빠른 성장을 보였으며, 2살 이후부터는 최대성장점에 도달한 이후에는 거의 성장하지 않았으며(Figure 21), 암컷은 3살까지는 빠른 성장을 보이다가 3살 이후에 최대성장점에 도달하는 것으로 확인되었다(Figure 23).

Table 18. Asymptotic size and growth coefficient of *Kaloula borealis*

Sex	N	Asymptotic size (mm) (mean±SD)	Growth coefficient (K) (mean±SD)
Male	58	46.41±1.26	0.56±0.09
Female	38	50.22±1.51	0.41±0.06

맹꽁이의 암컷과 수컷은 모두 나이와 SVL, SVL과 체중에서 상관관계가 있는 것으로 나타났다(Table 19). 분석결과 나이와 SVL보다는 SVL과 체중에서 더 높은 상관관계를 보이고 있다(Figure 23).

Table 19. Relationship between age, weight and snout-vent length (SVL) of *Kaloula borealis*(male=38, female=58)

			Age	SVL
Male	SVL	pearson correlation	.590**	
		Sig. (2-tailed)	.000	
Male	Weight	pearson correlation	.406**	.836**
		Sig. (2-tailed)	.011	.000
Female	SVL	pearson correlation	.463**	
		Sig. (2-tailed)	.000	
Female	Weight	pearson correlation	.412**	.777**
		Sig. (2-tailed)	.001	.000

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

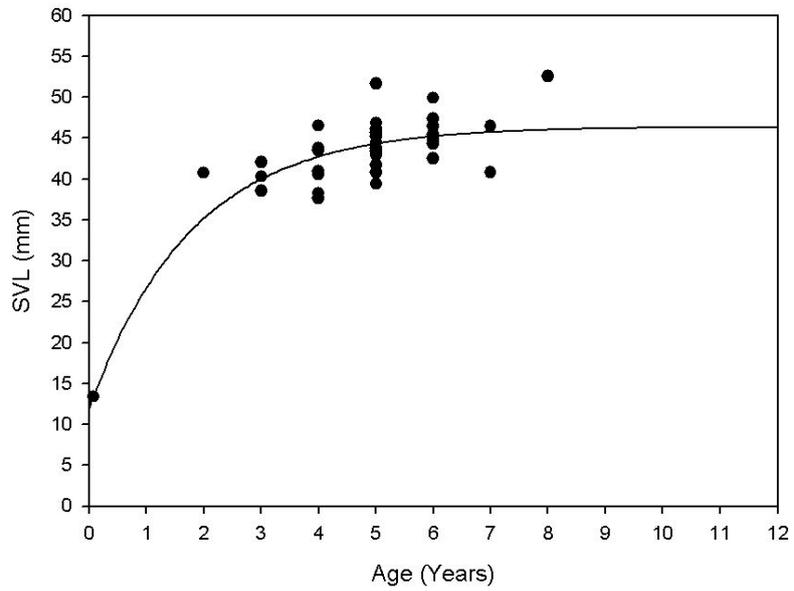


Figure 21. Growth curve of *Kaloula borealis* (male).

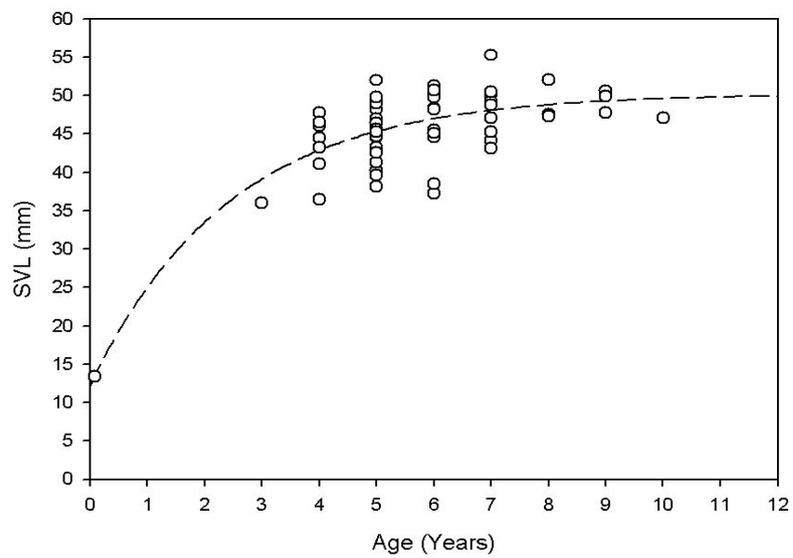


Figure 22. Growth curve of *Kaloula borealis* (female).

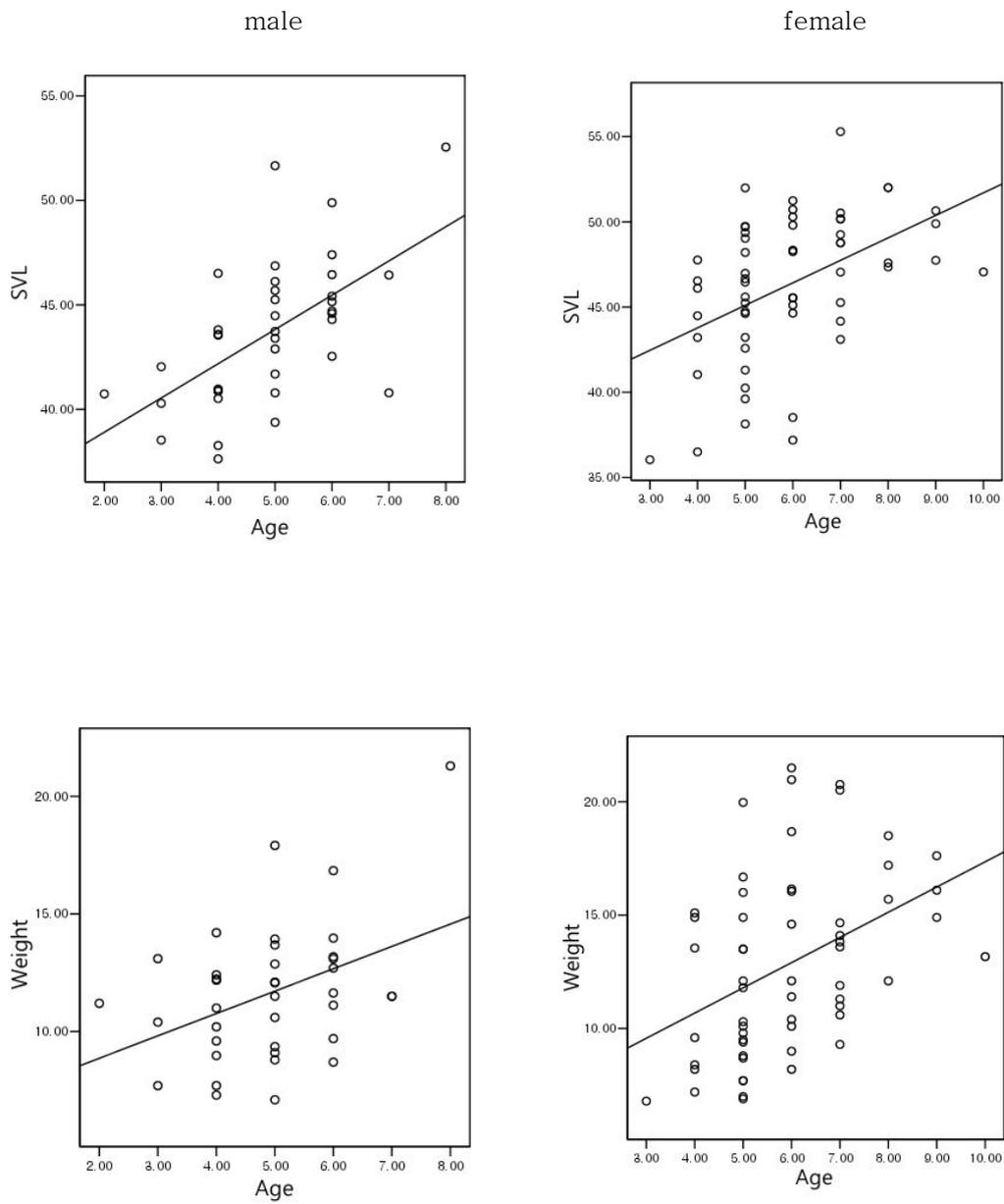


Figure 23. Relationship between SVL, weight and age of both sexes of *Kaloula borealis*.

## 고 찰

이번 연구를 통해 조사된 성체 맹꽂이의 SVL을 비교해 보면 암컷이 수컷보다 SVL이 더 크게 나타났다. Shine(1979)에 보고에 의하면 연구한 589종의 무미류에서 90%이상의 종에서 암컷이 수컷보다 크기가 크다고 하였으며, 우리나라에서 조사된 움개구리(*Rana rugosa*), 금개구리(*Rana plancyi chosonica*)인 경우도 암컷이 더 크게 나타난다고 하였다(Lee *et al.*, 2008; Cheong *et al.*, 2007). 맹꽂이의 BW인 경우는 암컷이 수컷보다 평균적으로는 크게 나오고 있으나 통계적으로 유의미하지는 않고 있다. 움개구리에서는 암컷이 수컷보다 유의미하게 크게 나오고 있으며(Lee *et al.*, 2008), *Kaloula verracosa*의 연구에서도 mating된 개체들 사이에서 암컷이 크게 나오고 있다(Zhou *et al.*, 2006). 이번에 연구된 맹꽂이에서는 암수의 크기 차이에서 유의성이 나타나지 않는 것으로 보아 다른 종에 비해 암수의 몸무게 차이가 많이 나지 않는다고 볼 수도 있다. 하지만 *Kaloula verracosa*와 같이 mating된 개체들 사이에서는 암컷이 수컷보다 유의미하게 나오고 있어(Zhou *et al.*, 2006), 더 많은 개체수를 조사하면 정확한 차이점을 알 수 있을 것으로 보여 진다.

개구리목인 경우는 개체가 성장함에 따라 골수강(marrow cavity)이 넓어져 재흡수선(resorption line)이 형성되고 골내 재흡수가 일어나 나이측정에서 재흡수된 line을 포함시켜 나이를 측정하여야 한다. 맹꽂이인 경우도 골내 재흡수가 일어남을 볼 수 있고, 이러한 재흡수선을 포함시켜 정확한 나이를 계산해 넣었다.

뼈나이테법을 이용하여 맹꽂이 수컷과 암컷의 연령을 측정한 결과, 수컷은 2-8살, 암컷은 3-10살의 연령구조를 보였으며, 평균 연령 역시, 암컷이 높은 것으로 확인되었다. 일반적으로 많은 양서류 수컷은 암컷에 비하여 사망률이 높으며(Shirose *et al.*, 1993), 이와 같은 수컷의 높은 사망률은 암컷을 차지하기 위한 수컷간의 경쟁과 싸움, 울음소리로 인하여 포식자에게 노출될 확률이 높기 때문인 것으로 알려져 있다(Kyriakopoulou-Sklavounou, 2008). 맹꽂이 역시, 번식기 암컷을 차지하기 위하여 수컷 간에 잦은 경쟁이 일어나고 큰 울음소리를 내는 특징으로 인하여 수컷의 평균연령이 암컷보다 낮은 것으로 생각된다.

맹꽁이 수컷은 암컷에 비하여 1년 빠른 2살부터 첫 번식에 참여하고 있으며, 대부분의 무미류 양서류 수컷들은 암컷에 비하여 약 1년 정도 성적성숙이 빠르게 일어나는 것으로 보고되어 있다(Ento and Matsui, 2002; Lee *et al.*, 2008). 또한 수컷과 암컷 모두 5살 개체가 가장 많은 출현 빈도를 보였다. 맹꽁이가 속한 Microhylidae의 몇몇 종을 보면, *Dyscophus guineti* 수컷은 3-6살, 암컷은 3-7살의 연령구조를 가지고 있으며, 성적성숙까지 수컷과 암컷 모두 2-4년이 소요되는 것으로 보고되었다(Giulia *et al.*, 2011). *Cophixalus ornatus* 수컷은 4-14살의 연령구조를 가지고 있으며, 이 가운데 4-7살이 개체군내에서 가장 많은 출현 빈도를 보인 것으로 확인되었다(Felton *et al.*, 2006).

맹꽁이 수컷과 암컷은 변태한 이후, 2-3살까지는 높은 성장률을 보였지만 3-4살 이후에는 각각 성장률이 급격히 낮아지는 경향을 보였다. 이와 같은 성장률의 변화는 맹꽁이를 포함한 양서류 대부분의 종에서 관찰되는데 변태 후, 성적성숙 이전까지는 먹이를 통해 확보한 에너지의 대부분을 성장에 이용하고 성적성숙 이후에는 번식에 대부분의 에너지를 소모하기 때문이다(Hemelaar, 1988). 맹꽁이 수컷과 암컷의 최대성장점의 경우, 암컷이 수컷에 비하여 더 크게 성장하는 것으로 확인되었다. 대부분의 양서류 암컷은 수컷과 비교하여 번식에 보다 많은 에너지를 사용하기 때문에 수컷보다 성적 성숙에 좀 더 많은 시간이 필요한 것으로 알려져 있으며(Tilley, 1980; Kusano, 1982), 수컷보다 번식에 더 많은 노력을 필요하기 때문인 것으로 받아들여지고 있다(Misawa and Matsui, 1999). 맹꽁이 암컷 역시, 한 번의 산란에 약 2000여개의 많은 수의 알을 산란하는 습성 상(고 등, 2011a)으로 인해 많은 에너지의 저장이 필요하고, 위와 같은 이유로 인하여 성적 성숙에 많은 시간이 걸리고 수컷보다 더 크게 성장하는 것으로 판단된다.

맹꽁이의 나이와 SVL, SVL과 체중의 상관관계에서는 암수 모두가 유의성이 있게 나타나고 있다. 나이가 많은 맹꽁이일수록 SVL이 크게 나타나고 있지만 나이와 SVL의 관계에서 보다는 SVL과 체중에서 더 높은 상관관계를 보이고 있어 개체의 크기가 클수록 체중의 증가량이 더 높다는 것으로 볼 수 있다.

이번 연구에서 뼈나이테법과 von Bertalanffy의 방정식을 이용하여 제주도에서 식하고 있는 맹꽁이 수컷과 암컷의 수명, 성적성숙, 개체군의 연령구조, 성장곡

선의 특징에 대한 기초생태자료를 확인할 수 있었다. 본 연구결과 얻어진 자료는 멧꽂이 개체군에 대한 이해를 높이고 급격히 감소되어가는 멧꽂이의 보호와 보존에 대한 여러 가지 대안을 마련하는데 유용하게 활용될 것으로 예상된다.

## 제7장 감소요인과 보존대책

### 보존의 중요성

전 세계적으로 생물 개체군 감소와 멸종은 이미 많이 알려져 왔다. 젓은 피부를 가지고 있으며, 피부호흡이 폐호흡보다 더 중요한 양서류인 경우는 전 세계적으로 위협에 처해 있는 중요한 그룹으로 보이고 있다(Wake and Vredenburg, 2008). 우리나라도 예외는 아니며 맹꽂이인 경우도 많은 위협에 처해 있는 종이다. 이미 양 등(2001)은 지역개발 및 농약사용에 따라 집단 크기가 현저히 줄어들었다고 기록하고 있으며, 환경부에서도 1989년 자연환경보전법에 따라 특정 야생동식물로 지정 하였고, 2001년에 멸종위기야생동물 II급 종으로 지정하여 엄격한 보호가 이루어지고 있는 실정이다. 현재 IUCN 적색목록에서 맹꽂이는 관심대상(LC)으로 분류되고 있으나(IUCN. Ver. 3.1) 우리나라의 지역적색목록에서는 취약(VU)로 분류하여(국립생물자원관, 2011) 야생에서 높은 절멸 위기에 직면한 종으로 간주하고 있다. 한국의 멸종위기 야생동·식물 적색자료집(국립생물자원관, 2011)에 따르면 저지대 습지개발로 위협에 직면해 있어 개체수가 급격히 감소될 것으로 예상하고 있으며, 한국산 맹꽂이는 유전다양성이 현저히 낮을 뿐만 아니라 개체군간 유전자 교환이 상당히 낮은 것으로 조사되어, 쉽게 멸종위기에 처할 것으로 예상하였다. 또한 2차 전국자연환경조사에서는 1차 환경조사에서보다 서식지가 30% 정도 감소한 것으로 파악하고 있으며, 3차 조사에서는 약 85%의 감소가 있는 것으로 추정하고 있다고 기술하고 있다. 제주지역인 경우도 과거에 비해서 많은 개체수가 감소하고 있는 것으로 보인다. 오(2006)는 제주지역에서도 도시화와 농지의 개량, 연못의 오염과 농약의 살포 등으로 급격히 감소되어 최근에는 관찰하기가 어렵다고 언급하고 있다. 따라서 양서류의 개체군을 연구하는데 있어서 분포와 산란지 및 서식지 분석은 매우 중요하다. Hamer and McDonnell(2008)은 양서류 분포 및 서식지 구조 사이에 연결된 고리를 이해하는 것이 현재 세계적으로 감소되고 있는 양서류 개체군 감소를 해결하는 데 중요한 첫 걸음이라 하였다. 연구를 통해 아직까지 제주도에서의 맹꽂이는 여러 지

역에 골고루 분포되고 있는 것으로 관찰되었으나(고 등, 2011a), 산란지 및 개체 수는 과거 제주지역 어디에서나 관찰되었던 것에 비하면 급속도로 감소한 것으로 나타났다. 세계자연보전연맹(IUCN)에서도 맹꽁이는 서식지 파괴와 변형이 심각한 위협을 받고 있다고 하였다(IUCN 2012). 따라서 나날이 감소되어가는 맹꽁이를 보호하기 위해서는 감소요인을 분석하고 그에 대한 보존대책을 수립하는 것이 중요한 일이라고 여겨진다.

## 감소요인

제주지역에 서식하는 맹꽁이들은 대부분 해안가에서 해발 400m 이하에 서식하고 있다(고 등, 2011a). 이 지역은 인간의 활동이 가장 활발히 일어나는 영역으로 맹꽁이의 서식공간과 일치하는 경향이 있다. 지속적인 인구증가와 인간의 활동은 양서류와 다른 생물의 서식지 파괴나 포획등과 같은 상황이 급속하게 일어나고 있어 감소나 멸종의 위협이 되고 있다(Pimm and Raven, 2000; Beebee and Griffiths, 2005). 그래서 맹꽁이의 생존위협과 감소는 인간의 활동방법에 따라 아주 큰 영향을 받을 수밖에 없다.

제주지역에서 맹꽁이의 감소요인으로는 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째로는 도시화의 확장에 따른 주택지 개발과 도로건설이다. 두 번째로는 농업으로 인한 농지의 확장과 농약 및 비료로 인한 피해이며, 세 번째로는 산란지에 붓어나 미꾸라지등 포식자를 방류함으로써 맹꽁이의 산란을 방해하는 것이다.

### 1. 도시화에 따른 감소

제주지역에서 도시화는 인구가 집중되고 있는 제주시지역에서 가장 많이 일어나고 있다. 기존에 맹꽁이가 산란 및 서식한다는 사실이 알려진 연못인 경우는 보호법에 따라 보호를 받을 수 있으나, 대부분은 서식이 알려져 있지 않아 주택이나 도로를 개발할 때 산란지가 매립되어 산란을 하지 못하게 된다(Figure 24).



Figure 24. Destruction of the spawning sites by road extension and development (left: before the extension; right: after the extension).

산란지 매립으로 뱀꽂이는 산란을 하지 못하므로 그 지역에서 개체군은 점차 사라지게 되어 자취를 감추게 된다. 다행히 주변에 습지가 있는 경우는 주변 습지로 이동할 수 있지만 도시화된 지역 특성상 확률은 많지 않다. 따라서 이 지역의 뱀꽂이들은 궁여지책으로 인공 구조물 (배수로, 콘크리트 물탱크, 그 외에 버려진 인공연못)안에 고여 있는 물이나 많은 비가 내릴 경우 만들어지는 일시적인 물웅덩이에 산란을 하게 된다. 하지만 일시적인 소규모의 물웅덩이는 곧 말라버려 뱀꽂이의 유생은 전부 말라죽는 결과를 초래하게 되며(Figure 25), 다행히 인공구조물에서는 변태과정까지 물이 존재해 있어 말라죽는 것을 일부 면하기도 한다. 하지만 이러한 생존은 일시적인 것으로 결국은 이들의 뱀꽂이도 사라지게 된다.

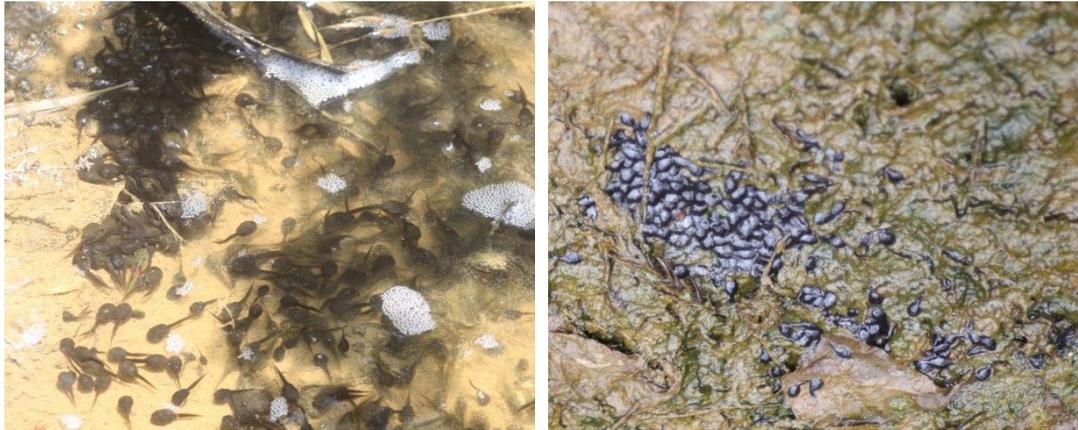


Figure 25. Dead of tadpole by drying(Spawning sites before and after being dried).

도시화의 또 다른 위험요인은 개체군들의 크기가 작아지고 격리되면 효과적인 무리를 유지할 수 없게 되어 포식이나 굶주림으로 개체군이 감소될 수 있으며, 유전적 다양성의 감소되므로 작은 개체군은 소멸하게 된다(강 등, 2007).



Figure 26. Destruction of spawning sites by reclamation of croplands(left: before the reclamation; right: after the reclamation).

## 2. 농업의 발달에 따른 감소

농경지 확대개발 및 농약에 의한 산란지 파괴는 주로 도시 이외의 농업지역에서 발생한다. 농업적인 측면에서 본다면 농지의 면적을 최대화 하기 위해서는 농경지 안과 주변의 습지를 매립하여 농지를 확보하는 것이 중요할 것이다(Figure

27). 이러한 현상은 한라산 이남지역에서 특히 많이 일어나고 있어 이 지역은 산란지가 다른 지역보다 적게 관찰되고 있다(고 등, 2011a).

농업에 대한 또 다른 피해는 농약이나 비료 살포로 인한 직접적인 피해로 맹꽂이 개체수 감소로 이어지는 경우가 많다. 농업에 사용되고 있는 농약은 양서류 사망률에 미치는 아주 중요한 요인이 되는 환경오염의 하나라고 하였다(Davidson *et al.*, 2002). 또한 농약이나 비료의 2차적인 피해는 바람에 의해 이들 성분이 산란지나 서식지로 날아오는 경우가 있다. Davidson *et al.*(2002)는 연구에서 8종의 양서류중 4종은 바람에 의해 날아오는 농약에 의해 감소되고 있다고 하였다. 따라서 제주지역에서도 바람에 의해 날아오는 농약에 의해서도 맹꽂이가 감소되고 있을 가능성도 배제할 수 없다. 또 다른 감소요인으로는 농경지에서 트랙터 등의 기계를 사용하여 밭을 갈 때 땅 속에 있는 맹꽂이가 기계의 날 등에 몸이 잘려 죽는 경우가 발생하고 있다. 맹꽂이는 생활사 중 흙속에서 지내는 경우가 많다(양 등, 2001; 김과 송, 2010; 이 등, 2011). 농업에서 작물의 수확이 끝나고 나면 다음 작물을 재배하기 위하여 트랙터로 땅을 갈아엎는데, 이 과정에서 땅 속에 있던 많은 맹꽂이들이 죽는 것으로 추정되고 있다. 이번 연구 과정에서 앞다리가 잘린 채 살아가는 맹꽂이들을 다수 관찰할 수 있었다(Figure 27). 여기서 특이한 사항은 뒷다리가 잘린 개체는 전혀 볼 수가 없었다는 것이다. 앞다리가 잘린 경우는 이동하고 먹이를 먹는데 어느 정도 가능하나 뒷다리가 잘린 경우는 이동이나 포식활동이 불가능해져 살지 못하고 죽는 것으로 추측된다.



Figure 27. A *Kaloula borealis* with front leg amputation by farm machine.

### 3. 외부 유입종에 따른 감소

또 다른 감소 요인으로, 산란지에 붕어나 잉어 또는 미꾸라지 등을 방류하는 것이다. 이러한 포식자의 침입은 맹꽂이를 비롯한 많은 양서류들의 산란행동을 기피하게 만들고 결국에는 개체군이 감소하는 결과를 초래한다. 포식성 물고기가 양서류 개체군 감소에 깊이 영향을 줄 정도로 주요 위협이 된다는 것은 전 세계적으로 이미 많이 알려져 왔다(Smith *et al.*, 1999; Hartel *et al.*, 2007). 또한 외부에서 들어온 포식자들은 원래의 연못에 있는 포식자보다 더 큰 위협요소가 되고 있다(Salo *et al.*, 2007). 이들 포식자들은 양서류의 알이나 유생을 포식함으로써 산란지 내의 양서류의 생존을 방해하는 아주 큰 요소가 된다. 제주지역의 일부 마을에서는 마을 안에 있는 연못환경을 보기 좋게 한다는 의미로 관상용 붕어를 방류하거나, 아니면 집에서 기르던 붉은귀거북을 근처에 있는 연못에 놓아주는 경우가 종종 발생한다. 특히 붉은귀거북은 미국산으로 알려져 있으며, 잡식성으로 제주지역의 연못 안에 있는 개구리나 올챙이를 포식하기 때문에 제주의 고유 생태계를 파괴하는 위해 동물로 알려져 있다(오, 2006). 또 다른 형태로는 지방자치기관에서 모기퇴치의 일환으로 모기의 애벌레가 서식할 수 있는 장소인 연못에 미꾸라지를 방류하여 장구벌레를 포식하도록 하였다. 하지만 미꾸라지는 장구벌레뿐만 아니라 올챙이도 포식하게 되어 연못 안에서 유생기간을 가져야 하는 올챙이의 서식을 방해하며, 번식기에 있는 양서류 및 맹꽂이들이 산란을 회피하게 되어 결국 맹꽂이의 감소요인이 되고 있다.

## 보존대책

맹꽁이의 보존에 대한 대책은 여러 방법으로 생각하고 고민해야 할 사항이다. 맹꽁이 보존대책을 수립하기 위해서는 산란지보존과 서식지보존을 병행하여야 하나 맹꽁이인 경우는 산란지와 서식지를 공유하고 있는 종으로 보이기 때문에 산란지 보호가 곧 서식지 보존이 될 것이다. 인구 집중화에 따른 개발은 필수불가결한 사항이지만 이러한 개발에서 맹꽁이의 보호 또한 중요한 문제이다. 그렇기 위해서는 지역적으로 분포되어 있는 산란지 파악이 우선적으로 이루어져야 한다. 제주지역에서는 많은 부분의 산란지가 파악되었다고 보이지만 아직도 파악되지 않은 산란지도 있을 것으로 보이며, 전국적으로는 맹꽁이보존을 위하여 체계적인 조사가 이루어지지 않았던 것으로 보인다. 맹꽁이 산란지파악은 지역 주민에게 청문을 통하는 방법이 가장 빠를 것으로 보인다. 맹꽁이 특성상 낮에는 거의 돌 밑이나 땅 속에서 지내기 때문에 발견하기가 어렵기 때문에, 번식기간 중 많은 비가 내릴 때 울음소리로 파악할 수밖에 없다. 맹꽁이는 수컷들이 집단으로 울기 때문에 소리가 크고, 이로 인해 그 지역에 거주하는 주민들은 위치를 파악하고 있는 경우가 많다. 따라서 산란지 파악은 지역주민의 청문을 통해서 위치를 파악하고 난 후에 알이나 유생의 확인으로 산란지 유무를 판단하는 방법이 가장 효과적이라 보인다.

산란지를 파악하고 난 다음에는 산란지 형태, 즉 산란지가 영구적인 습지인지 아니면 일시적인 습지인지 분석하고 그 주변 환경조건에 적합한 산란지보존 대책을 세워야 한다. 도시지역인 경우는 산란지 주변에 일정한 공간을 확보하여 원상태의 조건을 유지하도록 하는 것이다. 만일 개발에 따른 산란지 확보가 여의치 않을 경우는 산란지 주변에서 가장 가까운 장소에 대체 서식지를 마련하는 방법도 보존대책의 하나일 것이다. 또한 산란지나 서식지가 이미 파괴되었을 경우는 복원을 할 수 있도록 하여야 한다. 하지만 그 시기는 빨리 이루어져야 할 것이다. 연구에서 맹꽁이의 산란활동이 가장 활발한 연령이 5-6년생인(고 등, 2011b) 점을 감안 한다면, 이 기간 안에 복원이 이루어져야 개체군 감소를 줄일 수 있을 것으로 본다.

도시지역 이외의 농경지에서는 농경지 확보를 위한 습지 매립을 방지해야 할 것이다. 맹꽁이가 산란지로 사용하는 습지는 대체적으로 크기가 작은 습지에서 이루어진다. 따라서 대부분의 농경지 안이나 부근에 있는 맹꽁이 산란습지는 면적이 작기 때문에 매립하여 농사를 짓더라도 수확한 양이 그리 많지 않을 것이다. 그러므로 국가나 지방자치단체에서는 농민들에게 보존에 대한 인식을 제고시켜 습지를 매립하지 않도록 할 필요가 있다. 필요하다면 국가나 지방자치단체에서 습지면적만큼의 수확량을 예측하여 보상하는 것도 하나의 방법이고, 아니면 습지를 매입하는 경우도 방법일 수가 있다. 또한 농민들에게 산란지에 사용하고 난 비료포장지나 농약병을 버리지 않도록 해야 한다. 비료포장지나 농약병이 산란지로 유입되면 유생의 생존에는 치명적일 수가 있기 때문이다.

다음으로는 마을 주변에 있는 습지를 정비할 때는 전문가의 의견을 얻어서 정비할 필요가 있다. 전문가를 통한 습지의 동식물상과 주변 환경을 정확히 파악하여 습지안의 수심이나 주변 경계면의 높이 등을 정할 필요가 있기 때문이다. 수심이 바뀌면 원래 서식하던 생물상이 바뀔 수가 있고, 경계면 높이가 또한 동물의 출입에 영향을 줄 수가 있기 때문이다. 이와 더불어 그 습지에 없던 외부종을 들여와 습지의 원래 생태계의 파괴를 방지해야 한다. 인위적인 외부 유입종은 그 지역의 습지생태계를 심하게 파괴하는 요인이 되고 있기 때문이다. 이러한 노력들이 병행되어 진다면 지속적으로 감소되어가는 맹꽁이의 감소를 방지할 수 있을 것으로 보인다.

## 적 요

맹꽁이의 평균 SVL(snout-vent length)은 45.18mm이며, HL(머리길이)은 10.6mm, HW(머리넓이)는 14.4mm, SL(snout 길이)과 ED(눈 직경)는 4.4mm로 측정되었다. FLIMB(앞다리 길이)는 19.4mm이고 HLIMB(뒷다리 길이)는 44.9mm로 나타나고 있다. EN(코와 눈사이 길이)은 IND(코사이 길이)의 절반 정도이며, IOD(눈사이 길이)는 IND보다 조금 더 길지만 SL나 ED보다 조금 작다. 앞다리 길이는 SVL의 절반 정도하며, 뒷다리의 길이는 SVL과 거의 비슷하다. 앞다리 발가락길이(Finger length)는 세 번째 발가락이 가장 길고 첫 번째 발가락이 가장 짧다. 뒷다리 발가락(Toe length)는 네 번째 발가락이 가장 길며, 첫 번째 발가락이 가장 짧다. 맹꽁이 유생의 머리길이는 전체길이의 절반보다 약간 작으며, 눈 사이의 간격은 꼬리의 높이보다 약간 길게 나오고 있다. 유생의 배면은 처음에는 투명하였다가 Gosner의 28단계정도가 되면 회색바탕에 검은 점들이 산재되는 상태로 변한다.

맹꽁이는 서식지에서 한 장소에서 오랫동안 머물고 있으며, 기간은 5일에서 7일정도 같은 위치에 있는 것이 관찰되었다. 따라서 맹꽁이는 같은 장소에 오래 머물면서 생활하는 것으로 판단되며, 이동은 밤사이에 이루어지고 이동거리도 짧은 것으로 나타났다. 서식장소는 돌 밑이나 돌무더기 사이, 흙속에 서식하는 것으로 나타났다.

맹꽁이(*Kakoula borealis*)의 산란지 보호하기 위하여 제주도 전 지역에 분포하는 습지를 대상으로 2007년부터 2010년까지 5월에서 8월 사이에 조사하였다. 비가 오는 날 밤부터 다음날 낮 동안 울음소리를 통해 습지의 위치를 파악하였으며, 알과 유생의 유무로 산란지를 판단하였다. 연구결과 맹꽁이들이 산란지로 이용하는 습지는 83개의 지역으로 나타났으며, 영구습지를 산란지로 이용하는 경우가 많았다. 고도별로는 150m이하가 전체의 81.9%였고, 산란지의 수심은 일반적으로 50cm를 넘지 않는 얕은 장소에 산란하고 있었다. 지역별 산란 장소는 제주시 지역이 54개소로 서귀포시지역 29개소보다 많았는데 이는 서귀포시 지역이 과수원이 많아 습지가 더 많이 훼손된 결과로 판단된다. 성산읍인 경우는

갈대습지가 넓게 분포하고 있어 다른 지역보다 산란지가 많이 보존되어 있었다.

맹꽁이의 번식활동에 영향을 주는 환경요인을 분석하기 위해 2008년부터 2011년까지 4년 동안 제주도 대정읍에 위치한 산란지에서 조사하였다. 분석요인은 강우량, 습도, 온도, 기압, 풍속으로 강우가 있는 날에 산란유무를 가지고 비교분석을 하였다. 분석결과 맹꽁이의 번식활동에 영향을 주는 요인은 강우량, 습도, 기압으로 나타났다. 이 중에서 가장 큰 영향을 주는 요인은 강우량으로 나타났다. 맹꽁이는 많은 비가 내릴 때 산란활동에 참가하는 것으로 나타났으며, 습도와 기압도 번식활동에 어느 정도 영향을 주는 것으로 분석되었다. 온도는 번식기간이 여름철이므로 이미 번식활동에 필요한 조건을 충족시킨 것으로 판단하였다. 따라서 맹꽁이도 온대지방에서 이루어진 다른 무미류 연구에서와 같이 강우량과 온도의 영향을 많이 받고 있다는 것이 확인되었다.

맹꽁이(*Kaloula borealis*)의 먹이 습성을 밝히기 위하여 2011년 6월에 제주도 대정읍 일대에서 56개체를 채집하여 그중 위속에 먹이가 들어있는 52개체를 조사하였다. 위 속의 먹이는 Stomach Flushing Method를 이용하여 분석하였다. 분석결과, 이들의 주요 먹이는 파리류, 먼지벌레류, 개미류, 초파리류로 나타났다. 부피가 작은 먹이는 모든 크기의 개체들이 포식을 하고 있었으며, 부피가 큰 먹이는 SVL이 큰 개체들이 포식하고 있었다. SVL이 큰 개체들은 큰 먹이를 포식함으로써 적은 활동으로도 많은 양의 먹이를 먹을 수 있어 에너지 효율성에 유리하게 작용하고 있다. 맹꽁이는 행동이 느리지만 비행능력이 있는 활동적인 파리류나 초파리류를 먹이로 많이 이용하고 있었다. 따라서 이들은 활발히 움직이면서 먹이를 포식하기보다는 앉아서 기다리는 포식형태를 취하는 것으로 나타났다.

제주도 대정읍에서 뼈나이테법(skeletochronology)을 사용하여 맹꽁이(*Kaloula borealis*)의 나이구조를 알아보았다. 조사는 번식기인 2009년 6월에 실시하였다. 측정된 개체수는 수컷이 38개체, 암컷이 58개체로 각 개체의 SVL(snout-vent length)과 체중을 측정하고 나이구조를 분석하였다. 수컷의 평균 SVL은  $43.69 \pm 3.44$  mm이며, 암컷은  $46.32 \pm 4.23$  mm로 나타나고 있다. 첫 번식에 참여하는 수컷은 2살이고, 암컷은 3살로 나타났다. 가장 나이든 수컷은 8살이며 암컷은 10살이다. 그러므로 이 종의 수명은 수컷에서는 8살, 암컷에서는 10

살 이상으로 볼 수 있으며 암수의 수명에서 암컷이 더 오래살고 있다. 또한 이 값은 통계적으로도 유의하게 나타나고 있다. 성장곡선은 von Bertalanffy growth model을 사용하였으며, 성장계수(K)는 수컷이 0.56이며 암컷은 0.41이다. 최대성장크기는 수컷이 46.41 mm이며 암컷은 50.22 mm로 나타났다.

제주지역에서 맹꽁이의 감소요인으로는 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫 번째로는 도시화의 확장에 따른 주택지 개발과 도로건설이다. 도시지역에서는 개발에 의해 산란지가 파괴되므로 맹꽁이의 감소요인이 되고 있다. 두 번째로는 농업으로 인한 농지의 확장으로 습지가 매립되어 산란지가 감소되고 있으며, 또한 사용하고 난 농약병 및 비료포장지를 습지에 버림으로 인해 피해를 보고 있다. 세 번째로는 산란지에 붕어나 미꾸라지등 포식자를 방류되는 것이다. 이들이 습지에 들어와서 유생을 잡아먹음으로 인해 유생이 감소하게 되고, 번식기에 있는 성체 맹꽁이는 이러한 습지에 산란을 기피하게 된다. 따라서 이에 대한 보존대책으로는 산란지 파악이 우선적으로 이루어져야 한다. 맹꽁이인 경우는 산란지와 서식지를 공유하고 있는 종으로 보이기 때문에 산란지를 파악하여 보호하는 것이 곧 서식지 보존이 될 것이다. 농경지에서는 농경지 확보를 위한 습지 매립을 방지해야 하며, 산란습지에 사용하고 난 비료포장지나 농약병을 버리지 않도록 해야 한다. 또한 인위적인 외부 유입종은 그 지역의 습지생태계를 심각하게 파괴하는 요인이 되고 있다. 따라서 마을 에서는 주변에 있는 습지를 정비할 때는 전문가의 의견을 얻어서 정비함으로써 외부종의 유입을 막아 습지의 원래 생태계의 파괴를 방지해야 한다.

Appendix 1. Species number (in the parentheses) of the Amphibian taxa

order	Family	Subfamily
Anura (6174)	Allophrynidae (1)	
	Alsodidae (31)	
	Alytidae (12)	Alytinae (5) Discoglossinae (7)
	Arthroleptidae (140)	
	Ascaphidae (2)	
	Batrachylidae (14)	
	Bombinatoridae (10)	
	Brachycephalidae (50)	
	Brevicipitidae (33)	
	Bufoidea (577)	
	Calyptocephalellidae (4)	
	Centrolenidae (151)	Centroleninae (119) Hyalinobatrachiinae (32)
	Ceratobatrachidae (86)	
	Ceratophryidae (12)	
	Ceuthomantidae (4)	
	Conrauidae (6)	
	Craugastoridae (115)	
	Cycloramphidae (33)	
		non-subfamily(119)
	Dendrobatidae (283)	Colostethinae (64) Dendrobatinae (41) Hyloxalinae (59)
	Dicroglossidae (184)	Dicroglossinae (160 ) Occidozyginae (24 )
	Eleutherodactylidae (204)	Eleutherodactylinae (197) Phyzelaphryninae (7)
	Heleophrynidae (6)	
	Hemiphractidae (98)	
	Hemisotidae (9)	
	Hylidae (911)	Hylinae (699) Pelodyadinae (160) Phyllomedusinae (52)

## (Appendix 1. Continued)

order	Family	Subfamily
	Hylodidae (42 )	
	Hyperoliidae (215)	
	Leiopelmatidae (4)	
	Leptodactylidae (190)	
	Mantellidae (201)	Boophinae (74) Laliostominae (4) Mantellinae (123)
	Megophryidae (167)	
	Micrixalidae (11)	
	<b>Microhylidae (514)</b>	non-subfamily (4) Asterophryinae (266) Cophylinae (59) Dyscophinae (3) Gastrophryninae (65) Hoplophryninae (3) Kalophryninae (19) Melanobatrachinae (1) <b>Microhyliinae (71)</b> Otophryninae (6) Phrynomerinae (5) Scaphiophryninae (12) Limnodynastinae (65) Myobatrachinae (64)
Anura (6174)	Myobatrachidae (129)	
	Nasikabatrachidae (1)	
	Nyctibatrachidae (28)	
	Odontophrynidae (38)	
	Pelobatidae (4)	
	Pelodytidae (3)	
	Petropedetidae (12)	
	Phrynobatrachidae (85)	
	Pipidae (33)	
	Ptychadenidae (51)	
	Pyxicephalidae (68)	Cacosterninae (62) Pyxicephalinae (6)
	Ranidae (371)	
	Ranixalidae (10)	
	Rhacophoridae (347)	Buergeriinae (5) Rhacophorinae (342)

## (Appendix 1. Continued)

order	Family	Subfamily
Anura (6174)	Rinodermatidae (3)	
	Rhinophrynidae (1)	
	Scaphiopodidae (7)	
	Sooglossidae (4)	
	Strabomantidae (585)	Holoadeninae (47) Strabomantinae (538)
	Telmatobiidae (60)	
	Uncertain (7)	
Caudata (623)	Ambystomatidae (32)	
	Amphiumidae (3)	
	Cryptobranchidae (3)	
	Dicamptodontidae (4)	
	Hynobiidae (54)	
	Plethodontidae (426)	Hemidactyliinae (330) Plethodontinae (96)
	Proteidae (6) Rhyacotritonidae (4)	
Gymnophiona (190)	Salamandridae (87)	Pleurodelinae (69) Salamandrinae (16) Salamandrininae (2)
	Sirenidae (4)	
	Caeciliidae (42)	
	Chikiidae (1)	
	Dermophiidae (14) Herpelidae (9) Ichthyophiidae (51) Indotyphlidae (21) Rhinatrematidae (11) Scolecomorphidae (6) Siphomopidae (22) Typhlonectidae (13)	
Total numer of species : 6,987		

Appendix 2. Individual number of the victims in each stomach and SVL of every *Kaloula borealis* specimen

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
SVL(mm)	42.6	44.6	48.7	41.5	48.7	47.0	47.9	55.2	49.8	43.2	49.1	51.2	45.6
Cleoptera													
Chrysomelidae	1												
Curculionidae									3				
Harpalidae			3		2			4	1	2			3
Scarabaeidae					1							1	
Tenebrionidae													
Carabidae													
Diptera													
Diptera sp.			1	2	1	4	2			4	3	2	2
Drosophilidae	8									11			
Diptera larva											1		
Heteroptera													
Pentatomidae				2		1							
Miridae	2												
Coreidae												2	
Hymenoptera													
Formicidae							13				5		
Vespidae								1					
Tenthredinidae													
Lepidoptera													
Lepidoptera larva										2			
Homoptera													
Flatidae													
Dermaptera													
Forficulidae													
Araneida	2												

## (Appendix 2. Continued)

No	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
SVL(mm)	47.2	37.6	48.3	52.6	50.5	50.2	42.2	45.3	45.7	50.4	41.7	49.9	49.1
<b>Cleoptera</b>													
Chrysomelidae													
Curculionidae		1											
Harpalidae	3			3				2		3		4	4
Scarabaeidae	1											1	
Tenebrionidae													
Carabidae								2		1			1
<b>Diptera</b>													
Diptera sp.		4			3	1	3		1				
Drosophilidae			14	4					6		8		
Diptera larva													
<b>Heteroptera</b>													
Pentatomidae						3				1			
Miridae													
Coreidae						1							
<b>Hymenoptera</b>													
Formicidae		2					4				4		
Vespidae													
Tenthredinidae													3
<b>Lepidoptera</b>													
Lepidoptera larva													
<b>Homoptera</b>													
Flatidae												3	
<b>Dermaptera</b>													
Forficulidae			2	1									
<b>Araneida</b>													
					2	1	2						

## (Appendix 2. Continued)

No	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
SVL(mm)	39.5	37.3	41.7	46.7	42.5	44.6	49.9	45.2	46.5	45.4	46.4	40.8	52.6
<b>Cleoptera</b>													
Chrysomelidae									1		2		
Curculionidae								2				1	
Harpalidae	1						3				4		
Scarabaeidae													
Tenebrionidae							2					1	
Carabidae							1						
<b>Diptera</b>													
Diptera sp.	4	5	1	4				4		3			
Drosophilidae						5			8				
Diptera larva				2		2			1				
<b>Heteroptera</b>													
Pentatomidae					2								
Miridae									3				
Coreidae													3
<b>Hymenoptera</b>													
Formicidae		7	5	3					3	6		4	
Vespidae													
Tenthredinidae					1					1			
<b>Lepidoptera</b>													
Lepidoptera larva													
<b>Homoptera</b>													
Flatidae					3								
<b>Dermaptera</b>													
Forficulidae													2
<b>Araneida</b>													
													2

## (Appendix 2. Continued)

No	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
SVL(mm)	36.0	44.5	41.0	36.5	43.2	47.8	46.1	46.5	40.3	49.7	48.2	49.4	44.6
<b>Cleoptera</b>													
Chrysomelidae		2								2			
Curculionidae													
Harpalidae					3	2	3				3		1
Scarabaeidae										1			
Tenebrionidae									4				
Carabidae								2					
<b>Diptera</b>													
Diptera sp.		2				3				4		5	4
Drosophilidae	6		6	2			14						
Diptera larva													
<b>Heteroptera</b>													
Pentatomidae					1	2							
Miridae				1									
Coreidae												1	
<b>Hymenoptera</b>													
Formicidae	2	9	6						2				7
Vespidae													
Tenthredinidae			1										
<b>Lepidoptera</b>													
Lepidoptera larva								1			2		
<b>Homoptera</b>													
Flatidae								5	3				
<b>Dermaptera</b>													
Forficulidae													
<b>Araneida</b>					2							2	

## 인용문헌

- 국립생물자원관. 2011. 한국의 멸종위기 야생동·식물 적색자료집(양서류·파충류).
- 고영민, 고상범. 2005a. 제주도 동백동산 양서·파충류. Pp. 57-65, In 2005 전국 내륙습지 자연환경조사 (환경부, 국립환경과학원, UNDP/GEF 국가습지보전 사업관리). 환경부, 과천.
- 고영민, 고상범. 2005b. 제주도 용수저수지 양서 · 파충류. Pp. 211-220, In 2005 전국내륙습지 자연환경조사. (환경부, 국립환경과학원, UNDP/GEF 국가습지보전사업관리단). 환경부, 과천.
- 고영민, 고상범, 장민호, 오홍식. 2009. 제주도의 양서류 현황. 양서·파충류학회지. 1(1); 61-70.
- 고상범, 고영민, 오홍식. 2011a. 제주지역에서의 맹꽂이(*Kaloula borealis*) 산란지 분포, 한국환경생태학회, 25(6): 846-852.
- 고상범, 이정현, 오홍식. 2011b. 맹꽂이(*Kaloula borealis*)의 나이구조 분석, 한국환경생태학회, 25(6): 861-866.
- 고상범, 장민호, 양경식, 오홍식. 2012. 번식기간중 맹꽂이(*Kaloula borealis*)의 먹이 습성, 한국환경생태학회, 26(3): 333-341.
- 김병수. 2011. 쇠살모사 *Gloydius ussuriensis*의 생태에 관한 연구. 제주대학교. 박사학위청구논문.
- 김영진, 김종봉. 1981. 한국산 무미류의 (無尾類) 핵형에 (核型) 관한 연구. Korean J. Genetics 2: 90-99.
- 김종범. 2009. 한국산 양서류의 분류목록과 분포상. 양서·파충류학회지 1(1): 1-13.
- 김종범, 송재영. 2010. 한국의 양서파충류. 월드사이언스. 34쪽.
- 김종찬, 이경재. 2010. 맹꽂이 현지 내 보전을 위한 서식공간 개선방안 연구. 한국환경생태학회 학술대회논문집 20(1): 150-154.
- 김현규. 1971. 한국산 개구리목(SALIENTIA)의 분류 및 분포연구. 한국생활과학 연구원논총, 이화여자대학교 6: 211-236.

- 라남용. 2011. 멸종위기종인 금개구리 (*Rana plancyi chosonica*)의 서식 특성, 증식 기술 및 복원 전략. 강원대학교. 박사학위청구논문
- 박영철. 1978. 맹꽁이(*Callula tornieri*) 유생의 채색변화에 미치는 명암의 영향. 공주사범대학, 과학교육연구, 10: 87-92.
- 송재영, 조정현. 2004. 제주 1, 노로오름 일대의 양서 · 파충류. 전국자연환경조사. 환경부, 과천.
- 양서영, 김종범, 민미숙, 서재화, 강영진. 2001. 한국의 양서류. 아카데미서적, 서울.
- 양서영, 유재혁. 1978. 한국산 양서류의 분포목록. 인하대학교 산업과학기술연구소 논문집. 5: 81-90.
- 유지혜. 2007. 뱀나이결정법에 의한 참개구리(*Rana nigromaculata*)의 연령 측정과 음성 변이. 한국교원대학교, 석사학위청구논문.
- 윤일병, 김종인, 양서영. 1998. 한국산 참개구리와 금개구리의 식성에 관한 연구. 환경생물학회지. 16(2): 69-76.
- 오장근. 2006. 한라산의 동물. 제주도. 한라생태연구소. 도서출판각. 제주.
- 이정현. 2007. 고리도롱뇽(*Hynobius yangi*)의 번식생태와 연령구조. 강원대학교. 석사학위청구논문.
- 이정현, 장환진, 서재화. 2011. 한국 양서·파충류 생태도감. 국립환경과학원.
- 이현주, 박대식, 이정현. 2009. 경기도 양평군에 위치한 움개구리(*Rana rugosa*) 개체군의 연령구조와 개체들의 신체특징. 양서·파충류학회지 1(1): 35-43.
- 이혜영, 박창신. 1989. 한국산 맹꽁이 (*Kaloula borealis* : 무미목, 맹꽁이과) 염색체의 이질 염색질과 인 형성 부위에 대한 특징과 변이. Korean J. Genetics. 11(4): 253-261.
- 이혜영, 박창신. 1991. 무당개구리(*Bombina orientalis*)와 맹꽁이(*Kaloula borealis*) mitochondrial DNA 절편양상 및 변이에 관하여. 기초과학연구소 논문집12: 83-88.
- 장민호. 2011. 한국산 줄장지뱀 *Takydromus wolteri*의 보전과 관리에 관한 연구. 제주대학교. 박사학위청구논문.

- 전순규. 1982. 한국산 양서류의 핵형분석. 인하대. 석사학위청구논문.
- 정영선. 2009. 습지를 기반으로 하는 야생동물 대체서식지 계획 모형 : 군포시 당동 신기마을 맹꽁이 서식처를 사례로. 상명대 대학원. 박사학위청구논문.
- 한수열. 1992. 한국산 맹꽁이(*Kaloula borealis*)의 짹짹 소리 유형과 행동 관찰. 한국교원대학교. 석사학위청구논문.
- 황영숙. 2002. 한국산 맹꽁이(*kaloula borealis*)의 생태 연구. 한국교원대학교. 석사학위청구논문.
- Smith, T. M., R. L. Smith. 2007. 생태학 6판[Elements of Ecology](강혜순, 오인혜, 정근, 이우신 역). 라이프사이언스. 서울. (원전은 2006년에 출판)
- Aichinger, M. 1987. Annual activity patterns of anurans in a seasonal neotropical environment. *Oecologia* 71: 583-592.
- Anderson, A. M., D. A. Haukos and J. T. Anderson. 1999. Diet composition of three anurans from the Playa Wetlands of Northwest Texas. *Copeia*, Lawrence 515-520.
- Barbour, T. 1908. Some New Reptiles and Amphibians. *Bulletin of The Museum of Comparative Zoology* 51: 315-325.
- Bauch, S. and W. R. Grosse 1989. Der Nachweis einer Nachlaichzeit beim Laubfrosch, *Hyla a. arborea* (L.) (Amphibia, Anura, Hylidae). *Hercynia* 26: 425-429.
- Beebee, T. J. C. and R. A. Griffiths. 2005. The amphibian decline crisis: A watershed for conservation biology? *Biological Conservation* 125: 271-285
- Bellis, E. D. 1962. The influence of humidity on woodfrog activity. *American Midland Naturalist* 68: 139-148.
- Berry, P. Y. 1966. The food and feeding habits of the torrent frog, *Amolops larutensis*. *Journal of Zoology, London*, 149: 204-214.
- Bertoluci, J. 1998. Annual patterns of breeding activity in Atlantic Rainforest anurans. *Journal Herpetol.* 32: 607-611.

- Bertoluci, J. and M. T. Rodrigues. 2002. Seasonal patterns of breeding activity of Atlantic Rainforest anurans at Boracéia, Southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia*, 23: 161-167.
- Bevier, C. R. 1997. Breeding activity and chorus tenure of two neotropical hylid frogs. *Herpetologica* 53: 297-311.
- Blair, W. F. 1960. A breeding population of the Mexican toad (*Bufo valliceps*) in relation to its environment. *Ecology* 41: 165-174.
- Blankenhorn, H. J. 1972. Meteorological variables affecting onset and duration of calling in *Hyla arborea* L. and *Bufo calamita calamita* Laur. *Oecologia* 9: 223-234.
- Bradshaw, W. E. and C. M. Holzapfel. 2008. Genetic responses to climate change: it's seasonal timing that matters. *Molecular Ecology* 17: 157-166.
- Brooke, P. N., R. A. Alford and L. Schwarzkopf. 2000. Environmental and social factors influence chorusing behaviour in a tropical frog: examining various temporal and spatial scales. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 49: 79-87.
- Caetano, M. H., J. Castanet. 1993. Variation and microevolutionary patterns in *Triturus marmoratus* from Portugal: Age, size, longevity, and individual growth. *Amphibia-Reptilia* 14: 117-129.
- Castanet, J., D. G. Newman and H. S. Girons. 1988. Skeletochronological data on the growth, age, and population structure of the Tuatara, *Sphenodon punctatus*, on Stephens and Lady Alice Islands, New Zealand. *Herpetologica* 44: 25-37.
- Cheong, S. W., D. S. Park, H. C. Sung, J. H. Lee and S. R. Park. 2007. Skeletochronological age determination and comparative demographic analysis of two populations of the gold-spotted pond frog (*Rana chosenica*). *Journal of Ecology and field biology* 30: 57-62.

- Christian, K. A. 1982. Changes in the food niche during postmetamorphic ontogeny of the frog *Pseudacris triseriata*. *Copeia* 73-80.
- Cicek, K. and A. Mermer. 2007. Food Composition of the Marsh Frog, *Rana ridibunda* Pallas, 1771, in Thrace. *Turkish Journal of Zoology* 31: 83-90.
- Cogger, H. G. and R. G. Zweifel. 1998. *Encyclopedia of Reptiles and Amphibians*. 2nd edn. Academic Press, San Diego, CA.
- Collins, J. P. and A. Storfer. 2003. Global amphibian declines: sorting the hypotheses. *Diversity and Distributions* 9: 89-98.
- Cross, C. L. and S. L. Gerstenberger. 2002. *Rana catesbeiana* (American Bullfrog), Diet. *Herpetological Review* 33: 129-130.
- Davidson, C., H. B. Shafer and M. R. Jennings. 2002. Spatial tests of the pesticide drift, habitat destruction, UV-B, and climate-change hypotheses for California amphibian declines. *Conservation Biology* 16: 1588-1601.
- Diesmos, A. C., R. M. Brown and A. C. Alcala. 2002. New Species of Narrow-Mouthed Frog (Amphibia: Anura: Microhylidae; Genus *Kaloula*) from the Mountains of Southern Luzon and Polillo Islands, Philippines. *Copeia* 4: 1037-1051.
- Dorcas, M. E. and K. D. Foltz. 1991. Environmental effects on anuran advertisement calling. *American Zoologist* 31:111A.
- Duellman, W. E. and L. Trueb. 1994. *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill, New York.
- Duellman, W. E. 1995. Temporal fluctuations in abundances of anuran amphibians in a seasonal Amazonian rainforest. *Journal of Herpetology* 29: 13-21.
- Dunham, A. E. 1983. Realized niche overlap, resource abundance, and intensity of interspecific competition. In "Lizard Ecology" Ed by R.B. Huey, E.R. Pianka, T.W. Schoener, Harvard University Press, Cambridge, pp. 261-280.

- Ento, K. and M. Matsui. 2002. Estimation of age structure by skeletochronology of a population of *Hynobius nebulosus* in a breeding season (Amphibia, Urodela). *Zoological Science* 19: 241-247.
- Felton, A., R. A. Alford, A. M. Felton and L. Schwarzkopf. 2006. Multiple mate choice criteria and importance of age for male mating success in the microhylid frog, *Cophixalus ornatus*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 59: 786-795.
- Fellers, G. M. and P. M. Kleeman. 2007. California Red-Legged Frog (*Rana draytonii*) Movement and Habitat Use: Implications for Conservation. *Journal of Herpetology* 41:276-286.
- Flowers, M. A. and B. M. Graves. 1995. Prey selectivity and size-specific diet changes in *Bufo cognatus* and *B. woodhousii* during early postmetamorphic ontogeny. *Journal of Herpetology* 29: 608-612.
- Francillon-Vieillot, H., J. W. Arntzen and J. Geraudie. 1990. Age, growth and longevity of sympatric *Triturus cristatus*, *T. marmoratus* and their hybrids (Amphibia, Urodela): A skeletochronological comparison. *Journal of Herpetology* 24: 13-22.
- Fukuyama, K. and T. Kusano. 1992. Factors affecting breeding activity in a stream-breeding frog, *Buergeria buergeri*. *Journal of Herpetology* 26: 88-91.
- Gascon, C. 1991. Population and community-level analyses of species occurrences of central amazonian rainforest tadpoles. *Ecology* 72: 1731-1746.
- Giulia, T., M. G. Fabio, E. R. Jasmin and A. Franco. 2011. Age structure in the false tomato frog *Dyscophus guineti* from eastern Madagascar compared to the closely related *D. antongilii* (Anura, Microhylidae). *African Journal of Herpetology*. 60: 84-88.

- Gosner, K. L. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica* 16: 183–90.
- Glaw, F. and M. Vences. 1992. A Fieldguide to the Amphibians and Reptiles of Madagascar. 1st edn. Vences and Glaw, Köln.
- Gray, J. E. 1831. Description of two new genera of frogs discovered by John Reeves, Esq. in China. *Zoological Miscellany*, Part 1: 38.
- Grayson, K. L., L. W. Cook, M. J. Todd, D. Pierce, W. A. Hopkins, R. E. Gatten and M. E. Dorcas. 2005. Effects of prey type on specific dynamic action, growth, and mass conversion efficiencies in the horned frog, *Ceratophrys cranwelli*. *Comparative Biochemistry and Physiology* 141: 298–304.
- Guarino, F. M., F. Angelini and M. Cammarota. 1995. A Skeletochronological analysis of three syntopic amphibian species from southern Italy. *Amphibia-reptilia* 16: 297–302.
- Guyer, C. and M. A. Donnelly. 2005. *Amphibians and Reptiles of La Selva, Costa Rica, and the Caribbean Slope*. University of California Press, Berkeley, CA.
- Haapanen, A. 1982. Breeding of the common frog(*Rana temporaria* L.). *Annales Zoologici Fennici* 19: 75–79.
- Hallday, T. R. and P. A. Verrell. 1988. Body size and age in amphibians and reptiles. *Journal of Herpetology* 22: 253–265.
- Hamer, A. J. and M. J. McDonnell. 2008. Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: a review. *Biological Conservation* 141: 2432–2449.
- Hartel, T., S. Nemes, D. Cogălniceanu, K. Öllerer, O. Schweiger, C. I. Moga and L. Demeter, 2007. The effect of fish and habitat complexity on amphibians. *Hydrobiologia* 583: 173–182.
- Heinzmann, U. 1970. Untersuchungen zur bio-akustik und ökologie der geburtshelferkröte, *Alytes o. obstetricans* (Laur.). *Oecologia* 5: 19–55.

- Hemelaar, A. 1988. Age, growth, and other characteristics of *Bufo bufo* from different latitudes and altitudes. *Journal of Herpetology* 22: 369–388.
- Henzi, S. P., M. L. Dyson, S. E. Piper, N. E. Passmore and P. Bishop. 1995. Chorus attendance by male and female painted reed frogs (*Hyperolius marmoratus*): environmental factors and selection pressures. *Functional Ecology* 9: 485–491.
- Hero, J. M. 1990. An illustrated key to tadpoles occurring in the Central Amazon forest, Manaus, Amazonas, Brazil. *Amazoniana* 11: 201–262.
- Hirai, T. 2002. Ontogenetic change in the diet of the pond frog, *Rana nigromaculata*. *Ecological Research*, 17: 639–644.
- Hirai, T. and M. Matsui. 2000a. Myrmecophagy in a ranid frog *Rana rugosa*: Specialization or weak avoidance to ant eating? *Zoological Science*, 17: 459–466.
- Hirai, T. and M. Matsui. 2000b. Feeding habits of the pond frog, *Rana nigromaculata*, inhabiting rice fields in Kyoto, Japan, *Copeia*, 940–947.
- Hodl, W. 1990. Reproductive diversity in Amazonian lowland frogs. *Fortschritte der Zoologie* 38: 41–60.
- Hoogmoed, M. S. and S. J. Gorzula. 1979. Checklist of the savanna inhabiting frogs of the El Manteco region with notes on their ecology and the description of a new species of treefrog (Hylidae, Anura). *Zoologische Mededelingen* 54: 183–216.
- Houston, W. W. K. 1973. The food of the common frog, *Rana temporaria*, on high moorland in northern England. *Journal of Zoology* 171: 153–165.
- Howard, R. D. 1980. Mating behavior and mating success in wood frogs, *Rana sylvatica*. *Animal Behaviour* 28: 705–716.
- Humphries, R. B. 1979. Dynamics of a breeding frog community. Unpubl. PhD, Australian National University: Canberra.

- IUCN. 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 3.1, <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>.
- Jensen, J., C. D. Camp, J. W. Gibbons and M. Elliott. 2008. Amphibians and Reptiles of Georgia. University of Georgia Press, Athens, GA.
- Jorgensen, C. B. 1988. The role of endogenous factors in seasonal maturation in temperate zone female toads, *Bufo bufo*. Journal of herpetology 22: 295-300.
- Krebs, J. R. and N. B. Davies. 1997. Behavioral Ecology. An Evolutionary Approach, 4th edn. Blackwell Scientific, London.
- Kusano, T. 1982. Postmetamorphic growth, survival, and age at first reproduction of the salamander, *Hynobius nebulosus tokyoensis* Tago in relation to a consideration on the optimal timing of first reproduction. Researches on Population Ecology 24: 329-344.
- Kyriakopoulou-Sklavounou, P., P. Stylianou and A. Tsiora. 2008. A skeletochronological study of age, growth and longevity in a population of the frog *Rana ridibunda* from southern Europe. Zoology. 111: 30-36.
- Lannoo, M. 2005. Amphibian Declines: The Conservation Status of United States Species. Berkeley: University of California Press.
- Labanick, G. M. 1976. Prey availability, consumption and selection in the cricket frog, *Acris crepitans* (Amphibia, Anura, Hylidae). Journal of Herpetology, 10: 293-298.
- Leclerc, J. and D. Courtois. 1993. A simple stomach flushing method for ranid frogs. Herpetological Review, 24: 142-143.
- Lee, J. H. and D. S. Park. 2008. Effects of physical parameters and age on the order of entrance of *Hynobius leechii* to a breeding pond. Journal of Ecology and field biology 31: 183-191.

- Lee, J. H., M. S. Min, T. H. Kim, H. J. Baek, H. Lee and D. S. Park. 2010. Age structure and growth rates of two Korean salamander species (*Hynobius yangi* and *Hynobius quepaertensis*) from field populations. *Animal Cells and Systems*. 14: 315-322.
- Lee, J. H., N. Y. Ra, J. H. Eom and D. S. Park. 2008. Population Dynamics of the Long-Tailed Clawed Salamander Larva, *Onychodactylus fischeri*, and Its Age Structure in Korea. *Journal of Ecology and field biology* 31: 31-36.
- Lima, A. P and W. E. Magnusson. 1998. Partitioning seasonal time: interactions among size, foraging activity and diet in leaf-litter frogs. *Oecologia* 116: 259-266.
- Lips, K. R. 1998. Decline of a tropical montane amphibian fauna. *Conservation Biology* 12: 106-117.
- Lofts, B. 1974. Reproduction. In: *Physiology of the amphibia*, vol II (Lofts B, ed). Academic Press, New York, pp. 107-218.
- Loredo, I. and D. Van Vuren. 1996. Reproductive ecology of a population of the California tiger salamander. *Copeia* 895-901.
- Maeda, N. and M. Matsui. 1999. *Frogs and Toads of Japan*. Rev Ed Bunichi Sogo Shuppan, Tokyo.
- Marsh, D. M. 2000. Variable responses to rainfall by breeding Tungara frogs. *Copeia* 1104-1108.
- Measey, G. J. 1998. Diet of feral *Xenopus laevis* (Daudin) in Wales, U.K. *Journal of Zoology London* 246: 287-298.
- Misawa, Y. and M. Matsui. 1999. Age determination by skeletochronology of the Japanese salamander *Hynobius kimurae* (Amphibia, Urodela). *Zoological Science* 16: 845-851.
- Mori, T. 1928. On Amphibians and Reptiles of Quelpaert Isl. *Journal of Chosen Natural History Society*. 6: 47-53.

- Newman, R. A. 1989. Developmental plasticity of *Scaphiopus couchii* tadpoles in an unpredictable environment. *Ecology* 70: 1775-87.
- Newman, R. A. 1999. Body size and diet of recently metamorphosed spadefoot toads (*Scaphiopus couchii*). *Herpetologica*, 55: 507-515.
- Noble, G. K. 1925. An outline of the relation of ontogeny to phylogeny within the Amphibia. I. American Museum of Natural History 165: 1-45.
- Obert, H. J. 1976. Some effects of external factors upon the reproductive behavior of the grass frog *Rana t. temporaria* L. (Ranidae, Anura). *Oecologia* 24: 43-55.
- Okuno, R. 1985. Studies on the natural history of the Japanese toad, *Bufo japonicus japonicus*. VIII. Climatic factors influencing the breeding activity. *Japanese Journal of Ecology* 35: 527-535.
- Oseen, K. L. and R. J. Wassersug. 2002. Environmental factors influencing calling in sympatric anurans. *Oecologia* 133: 616-625.
- Palis, J. G. 1997. Breeding migration of *Ambystoma cingulatum* in Florida. *Journal of Herpetology* 31: 71-78.
- Park, D. S., S. K. Cheong and H. C. Sung. 2006. Morphological Characterization and Classification of Anuran Tadpoles in Korea. *Journal of Ecology and field biology* 29; 425-432.
- Parker, M. L. and M. I. Goldstein. 2004. Diet of the Rio Grande Leopard Frog (*Rana berlandieri*) in Texas. *Journal of Herpetology* 38: 127-130.
- Pimm, S. L. and P. Raven. 2000. Extinction by numbers. *Nature* 403; 843-845.
- Prado, C. P. A., M. Uetanabaro and C. F. B. Haddad. 2005. Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal, Brazil. *Amphibia-Reptilia* 26: 211-221.

- Ritke, M. E., J. G. Babb and M. K. Ritke. 1992. Temporal patterns of reproductive activity in the gray treefrog (*Hyla chrysoscelis*). *Journal of Herpetology* 26: 107-111.
- Roy, D., A. Choudhury and B. Borah. 2004. Role of weather condition on the daily appearance and advertisement call initiation time of *Polypedates leuomstax* during breeding season. *Zoos' print journal* 19: 1408-1410.
- Salo, P., E. Korpimäki, P. B. Banks, M. Nordstrom and C. R. Dickman. 2007. Alien predators are more dangerous than native predators to prey populations. *Proceedings of the Royal Society* 274: 1237-1243.
- Salvador, A. and L. M. Carrascal. 1990. Reproductive phenology and temporal patterns of mate access in Mediterranean anurans. *Journal of Herpetology* 24: 438-441.
- Savage, J. M. and W. R. Heyer. 1997. Digital webbing formulae for anurans: a refinement. *Herpetological Review* 28: 131.
- Scott, D. E. and M. R. Fore. 1995. The effect of food limitation on lipid levels, growth, and reproduction in the marbled salamander *Ambystoma opacum*. *Herpetologica* 51: 462-471.
- Semlitsch, R. D. 1985. Analysis of climatic factors influencing migrations of the salamander *Ambystoma talpoideum*. *Copeia* 1985: 477-489.
- Sengupta, S., A. Das, S. Das, B. Hussain, N. K. Choudhury and S. K. Dutta. 2009. Taxonomy and Biogeography of *Kaloula* species of Eastern India. *The natural History Journal of Chulalongkorn University* 9: 209-222.
- Shannon, F. A. 1956. The Reptiles and Amphibians of Korea. *Herpetologica* 6: 47-53.
- Shine, R. 1979. Sexual selection and sexual dimorphism in the amphibia. *Copeia* 2:469-474.

- Shirose, L. J., R. J. Brooks, J. R. Barta and S. S. Desser. 1993. Inter-sexual difference in growth, mortality, and size at maturity in bullfrogs in central Ontario. *Canadian Journal of Zoology* 71: 2363-2369.
- Silva, E. T., E. P. Reis, R. N. Feio and O. P. Ribeiro-Filho. 2009. Diet of the invasive frog *Lithobates catesbeianus* (Shaw, 1802) (Anura: Ranidae) in Vicoso, Minas Gerais state, Brazil. *South American Journal of Herpetology* 4: 286-294.
- Smit, G. N. 1992. Season of Calung and Breeding and Associated Control Factors of a Northern Transvaal Anuran Population. *The Journal of the Herpetological Association of Africa* 40: 51-55.
- Smith, G. R., J. E. Rettig, G. Mittelbach, J. L. Valiulis and R. R. Schaack. 1999. The effects of fish on assemblages of amphibians in ponds: a field experiment. *Freshwater Biology* 41: 829- 837.
- Solé, M., J. Ketterl, M. Di Bernardo and A. Kwet. 2002. Ants and termites are the diet of the microhylid frog *Elachistocleis ovalis* (Schneider, 1799) at an Araucaria forest in Rio Grande do Sul, Brazil. *Herpetological bulletin* 79: 14-17.
- Solomonova, T. N., V. T. Sedalishchev and V. A. Odnokurtsev. 2011. The Siberian Tree Frog (*Rana amurensis* Bulenger, 1886) in Yakutia. *Contemporary Problems of Ecology*, 4: 69-73.
- Stebbins, R. C. 1951. *Amphibians in western North America*. Univ. California Press, Berkeley.
- Stuart, S. N., J. S. Chanson, N. A. Cox, B. E. Young, A. S. L. Rodrigues, D. L. Fischman and R. W. Waller. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306: 1783-1786.

- Sung, H. C., S. K. Kim, S. W. Cheong, S. R. Park, D. C. Roh, K. W. Baek, J. H. Lee and D. S. Park. 2006. Estimating Detection Probabilities and Site Occupancy Rates of Three Anuran Species Using Call Surveys in Haenam Gun, Korea. *Journal of Ecology and field biology* 29(4): 331-335.
- Teixeira, R. L., D. Vrcibradic and G. I. Almeida. 2006. Food habits of *Stereocyclops incrassatus* (Anura, Microhylidae) from Povoação, Espírito Santo State, southeastern Brazil. *Boletim do Museu de Biologia Professor Mello Leitão* 19: 53-58.
- Tilley, S. G. 1980. Life histories and comparative demography of two salamander populations. *Copeia* 4: 806-821.
- Toft, C. A. 1980. Feeding ecology of thirteen syntopic species of anurans in a seasonal tropical environment. *Oecologia, Berlin* 45: 131-141.
- Toft, C. A. 1981. Feeding ecology of Panamanian litter anurans: Patterns in diet and foraging mode. *Journal of Herpetology* 15: 139-144.
- Toft, C. A., W. E. Duellman. 1979. Anurans of the lower Rio Llullapichis, Amazonian Peru: a preliminary analysis of community structure. *Herpetologica* 35: 71-77.
- Ueda, H., Y. Hasegawa and J. Marunouchi. 1998. Geographical differentiation in a Japanese stream-breeding frog, *Buergeria buergeri*, elucidated by morphometric analyses and crossing experiments. *Zoological Science* 15: 615-622.
- Van Sluya, M. and C. F. D. Rocha. 1998. Feeding habits and microhabitat utilization by two syntopic Brazilian Amazonian frogs (*Hyla minuta* and *Pseudopaludicola* sp.(gr. *falcipes*). *Revista Brasileira de Biologia, São Carlos* 58: 559-562.

- Van Der Meijden, A., M. Vences, S. Hoegg, R. Boistel, A. Channing and A. Meyer. 2007. Nuclear gene phylogeny of narrow-mouthed toads (Family: Microhylidae) and a discussion of competing hypotheses concerning their biogeographical origins. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 44: 1017–1030.
- Van Sluys M., G. M. Schittini, R. V. Marra, A. R. M. Azevedo, J. J. Vicente and D. Vrcibradic. 2006. Body size, diet and endoparasites of the microhylid frog *Chiasmocleis capixaba* in an Atlantic forest area of southern Bahia state, Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 66: 167–173.
- von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human biology* 10: 181–213.
- Wake, D. B. and J. Castanet. 1995. A skeletochronological study of growth and age in relation to adult size in a population of plethodontid salamander *Batrachoseps attenuatus*. *Journal of Herpetology* 29: 60–65.
- Wake, D. B. and V. T. Vredenburg. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. *Proceedings of the National Academy Sciences of United States America* 105: 11466–11473.
- Webb, R. G., J. K. Jones and G. W. Buers. 1962. Some Peptides and Amphibians from Korea. *Museum of Natural History* 15: 149–173. University of Kansas Publications, Lawrence.
- Wells, K. D. 1977a. Territoriality and mating success in the green frog (*Rana clamitans*). *Ecology* 58: 750–762.
- Wells, K. D. 1977b. The social behavior of anuran amphibians. *Animal Behaviour* 25: 666–693.
- Wilbur, H. M. 1997. Experimental ecology of food webs: complex systems in temporary ponds. *Ecology* 78: 2279–2302.

- Yang, S. Y., J. B. Kim, M. S. Min, J. H. Suh and Y. J. Kang. 2000. Genetic diversity and population structure of *Kaloula borealis* (Anura, Microhylidae) in Korea. Korea. Journal of Ecology and field biology 4: 39-44.
- Yanosky, A. A., C. Mercolli and J. R. Dixon. 1997. Field ecology and population estimates of the veined tree frog (*Phrynohyas venulosa*) in the eastern chaco of Argentina. Texas Journal of Science 49: 41-58.
- Yoo, E. H. and Y. K, Jang. 2011. Abiotic effects on calling phenology of three frog species in Korea. Animal Cells and Systems, 2011: 1-8.
- Zhou, W., J. F. He, M. H. Li and W. Li. 2006. Behavior and Morphologic Adaptive Selection of Sexual Partnership in a Population of Verrucous Digging Frog(*Kaloula verracosa*) from Kunming. zoological research. 27: 169-174.