



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

제주도산 북방산개구리의 생활사에
관한 연구

濟州大學校 大學院

生命科學科

高 榮 敏

2011年 12月



제주도산 북방산개구리의 생활사에 관한 연구

指導教授 金源澤 · 金世宰

高 榮 敏

이 論文을 理學博士學位 論文으로 提出함

2011年 12月

高榮敏의 理學博士學位 論文을 認准함

審査委員長 오 흥 식 
委 員 계 명 찬 
委 員 송 재 영 
委 員 金世宰 
委 員 金源澤 

濟州大學校 大學院

2011年 12月

Study of Life-cycle of *Rana dybowskii* in Jeju Island

Young-Min Ko

(Supervised by professor Won-Taek Kim and Se-Jae Kim)

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

December, 2011

This thesis has been examined and approved by

Hong Shik Oh

Chairperson of the Committee

Myung Chan Gye

JAE YOUNG SONG

Se Jae Kim.

Won Taek Kim

(Name and signature)

Dec. 2011

Date

Department of Life Science

GRADUATE SCHOOL

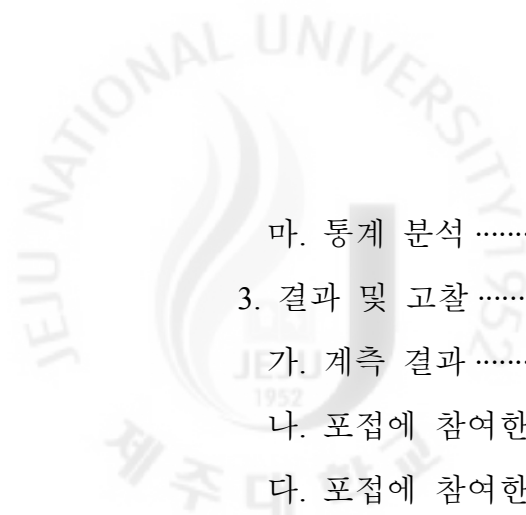
JEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

I. 서 론	15
II. 제주도의 양서류 현황	18
1. 연구배경	18
2. 연구사	19
3. 재료 및 방법	24
가. 연구기간	24
나. 연구지역	24
다. 연구방법	24
라. 통계 분석	25
4. 결과 및 고찰	26
가. 제주도롱뇽	26
나. 무당개구리	32
다. 청개구리	37
라. 맹꽁이	42
마. 참개구리	48
바. 북방산개구리	53
사. 황소개구리	59
5. 요 약	62
III. 북방산개구리의 한살이	63
1. 서 론	63
2. 재료 및 방법	64
가. 연구기간	64



나. 조사지역	64
다. 연구방법	65
3. 결과 및 고찰	67
가. 산 란	67
나. 부 화	69
다. 유생의 생장	71
라. 생태행동	75
4. 요 약	77
IV. 북방산개구리의 산란지 특성	78
1. 서 론	78
2. 재료 및 방법	79
가. 시기 및 방법	79
나. 서식지 조건	81
다. 물의 이화학적 분석	81
라. 통계처리	81
3. 결과 및 고찰	83
4. 요 약	88
V. 북방산개구리의 포접 경향	90
1. 서 론	90
2. 재료 및 방법	91
가. 연구기간	91
나. 실험재료	91
다. 북방산개구리의 채집 장소	92
라. 형태학적 분석	94



마. 통계 분석	94
3. 결과 및 고찰	95
가. 계측 결과	95
나. 포집에 참여한 북방산개구리 암·수간 평균비교분석	97
다. 포집에 참여한 암·수 개체의 체장 및 체중 상관관계분석	99
라. 포집에 참여한 수컷과 참여하지 않은 수컷의 비교	102
마. 무당개구리 등 4종과 북방산개구리간의 비교	104
4. 요약	116
VI. 북방산개구리의 알 수와 신체와의 상관관계	117
1. 서 론	117
2. 재료 및 방법	118
가. 연구기간	118
나. 주요 조사(채집) 지역	118
다. 연구방법	119
3. 결과 및 고찰	122
가. 계측결과	122
나. 상관관계 분석	124
다. 신체와 알 수와의 상관관계	125
라. 나이와 체장 및 체중과의 상관관계	130
4. 요약	132
초 록	133
참고문헌	136
APPENDIX	145

List of Table

Table 1. History of the amphibian studies on Jeju Island	9
Table 2. The first and last observation of egg clutch	14
Table 3. The first and last observation of juveniles	15
Table 4. Morphometrical measurements of <i>Hynobius quepaertensis</i>	17
Table 5. The first and last observation of egg clutch	20
Table 6. The first and last observation of juveniles	21
Table 7. Morphometrical measurements of <i>Bombina orientalis</i>	22
Table 8. The first and last observation of egg clutch	25
Table 9. The first and last observation of juveniles	26
Table 10. Morphometrical measurements of <i>Hyla japonica</i>	27
Table 11. The first and last observation of egg clutch	30
Table 12. The first and last observation of juveniles	31
Table 13. Morphometrical measurements of <i>Kaloula borealis</i>	32
Table 14. The first and last observation of egg clutch	36
Table 15. The first and last observation of juveniles	37
Table 16. Morphometrical measurements of <i>Rana nigromaculatus</i>	38
Table 17. The first and last observation of egg clutch	41
Table 18. The first and last observation of juveniles	42
Table 19. Morphometrical measurements of <i>Rana dybowskii</i>	44
Table 20. The spawn date	46
Table 21. The first and last observation of egg clutch	53
Table 22. Monthly spawning frequency of <i>Rana dybowskii</i>	53
Table 23. Period from the spawning to the growth of the froglet with hind legs and forelegs at an artificial pond	57
Table 24. The first and last observation of tadpole	58
Table 25. Spawning site and not used spawning site of <i>Rana dybowskii</i>	66
Table 26. Characteristics and classifications of waterbodies used as oviposition sites by <i>Rana dybowskii</i> , compared with neighbouring waterbodies that were not used by <i>Rana dybowskii</i>	69
Table 27. Principal component analysis of the factors on the spawning	

site and not used spawning site of <i>Rana dybowskii</i>	70
Table 28. Crosstabulation Analysis on the spawning site and not used spawning site of <i>Rana dybowskii</i>	71
Table 29. Aquatic invertebrates in spawning sites and not used spawning sites	72
Table 30. Morphometric measurements of mated pairs of <i>Rana dybowskii</i>	81
Table 31. Comparative analysis of body length (SVL) and body weight of the female and the male performed amplexus of <i>Rana dybowskii</i>	83
Table 32. Correlationship of the body length (SVL) of the couple performed amplexus	85
Table 33. Correlationship of the body weight of the couple performed amplexus	86
Table 34. Significance test of the body length (SVL) of the married and unmarried male of <i>Rana dybowskii</i>	88
Table 35. Significance test of the weight of the married and the unmarried male of <i>Rana dybowskii</i>	89
Table 36. Comparative analysis of body length (SVL) and body weight of the couple performed amplexus in five amphibian species	90
Table 37. Correlation analysis of the body length (SVL) and mating in five amphibian species	92
Table 38. Correlationship of the body weight of the couple performed amplexus of five species	95
Table 39. Morphometric measurements of mated pairs of <i>Rana dybowskii</i> ..	108
Table 40. Correlation analysis of the number of eggs and other body characters in females of <i>Rana dybowskii</i>	110
Table 41. Correlation between the body length (SVL) and the number of eggs	111
Table 42. Correlation between the body weight and the number of eggs	112
Table 43. Correlation between the change of weight and the number of eggs	114
Table 44. Correlation between the age and the number of eggs.	115
Table 45. Correlation between the body length (SVL) and the age	116
Table 46. Correlation between weight and age	117

List of Figures

Fig. 1. Photograph of the brown frog, <i>Rana dybowskii</i>	3
Fig. 2. A map showing the spawning sites of <i>Hynobius quepaertensis</i> ...	12
Fig. 3. The life cycle of <i>Hynobius quepaertensis</i>	13
Fig. 4. A map showing the spawning sites of <i>Bombina orientalis</i>	18
Fig. 5. The life cycle of <i>Bombina orientalis</i>	19
Fig. 6. Internal organs of <i>Bombina orientalis</i>	20
Fig. 7. A map showing the spawning sites of <i>Hyla japonica</i>	23
Fig. 8. The life cycle of <i>Hyla japonica</i>	24
Fig. 9. Internal organs of <i>Hyla japonica</i>	25
Fig 10. A map showing the spawning sites of <i>Kaloula borealis</i>	28
Fig. 11. The life cycle of <i>Kaloula borealis</i>	29
Fig. 12. A map showing the spawning sites of <i>Rana nigromaculatus</i>	34
Fig. 13. The life cycle of <i>Rana nigromaculatus</i>	35
Fig. 14. A map showing the spawning sites of <i>Rana dybowskii</i>	39
Fig. 15. The life cycle of <i>Rana dybowskii</i>	40
Fig. 16. A map showing the spawning sites of <i>Rana catesbeianus</i>	45
Fig. 17. The life cycle of <i>Rana catesbeianus</i>	46
Fig. 18. A map showing the survey areas in Jeju Island.	50
Fig. 19. An artificial pond made to study the spawning, hatching and growth of juvenile of <i>Rana dybowskii</i>	52
Fig. 20. The egg mass of <i>Rana dybowskii</i>	54
Fig. 21. Tadpoles eating eggs.	55
Fig. 22. Development of <i>Rana dybowskii</i>	56
Fig. 23. The tadpole of <i>Rana dybowskii</i>	58
Fig. 24. The tadpoles' legs are growing out.	59
Fig. 25. Froglets of <i>Rana dybowskii</i>	60
Fig. 26. Froglet is smaller than a juvenile with a tale.	60
Fig. 27. Internal organs of <i>Rana dybowskii</i>	61
Fig. 28. Adult of <i>Rana dybowskii</i>	62

Fig. 29. Surveyed of <i>Rana dybowskii</i> spawning site.	65
Fig. 30. Wetland of spawning site and not used spawning site.	74
Fig. 31. Aquatic invertebrates of spawning site and not used spawning site.	75
Fig. 32. A map showing the collecting sites of <i>Rana dybowskii</i> used in this study	78
Fig. 33. Photographs of the collecting sites of <i>Rana dybowskii</i> used in this study.	79
Fig. 34. Distribution of the body length (SVL) of the couple performed amplexus of <i>Rana dybowskii</i>	83
Fig. 35. Distribution of the body weight of the couple performed amplexus of <i>Rana dybowskii</i>	84
Fig. 36. Correlation between the females and the males by the body length (SVL).	85
Fig. 37. Regression lines of the body length (SVL) of male and female frogs.	86
Fig. 38. Correlation between the female and the male by the body weight.	87
Fig. 39. Regression lines of the body weight of male and female frogs.	87
Fig. 40. Distribution of the body length (SVL) of the married and the unmarried males of <i>Rana dybowskii</i>	88
Fig. 41. Distribution of the body weight of the married and the unmarried males of <i>Rana dybowskii</i>	89
Fig. 42. The relationship of body length (SVL) between mated pairs caught in amplexus of five species.	94
Fig. 43. Correlation between the females and the males by the body weight of five species.	97
Fig. 44. Amplexus of <i>Bombina orientalis</i>	98
Fig. 45. Amplexus of <i>Hyla japonica</i>	99
Fig. 46. Amplexus of <i>Kaloula borealis</i>	99
Fig. 47. Amplexus of <i>Rana nigromaculata</i>	100
Fig. 48. Amplexus of <i>Rana dybowskii</i>	101

Fig. 49. Amplexus of <i>Rana dybowskii</i>	101
Fig. 50. A map showing the collecting sites of <i>Rana dybowskii</i> used in this study	104
Fig. 51. Photographs showing the experiment of induced spawning, <i>Rana dybowskii</i>	105
Fig. 52. The experiment of induced spawning.	106
Fig. 53. Cross section at the middle of the diaphysis of phalanges.	107
Fig. 54. Correlation between body length (SVL) and number of eggs in females of <i>Rana dybowskii</i>	111
Fig. 55. Regression lines of the number of eggs and the body length (SVL) in females of <i>Rana dybowskii</i>	112
Fig. 56. Correlation between the body weight and the number of eggs in females of <i>Rana dybowskii</i>	113
Fig. 57. Regression lines of the number of eggs and the body weight in females of <i>Rana dybowskii</i>	113
Fig. 58. Correlation between the change of weight and the number of eggs in females of <i>Rana dybowskii</i>	114
Fig. 59. Regression lines of the number of eggs and the change of weight in females of <i>Rana dybowskii</i>	115
Fig. 60. Correlation between body length (SVL) and age in females of <i>Rana dybowskii</i>	116
Fig. 61. Regression lines of the age and body length (SVL) in females of <i>Rana dybowskii</i>	117

Abstract

Amphibians can be classified into chordata and amphibia, now (not including the polar regions) about 6,700 species of the Gymnophiona, Caudata, and Anura families are distributed around the world. In Korea there are 22 species of amphibian. This study shows the present situation of the amphibians inhabiting Jeju Island, I have studied their spawning places and a life cycles not only to help preserve their habitats and ensure continued diversity, but also to provide the data which is necessary to enable programs to recover and preserve wetlands in the future. Among the amphibians inhabiting in Jeju Island, the living, spawning, hatching, larva growth habits and the ecology characteristics of *Rana dybowskii* have been studied. Sampling has been done in various survey areas including swamps and ponds distributed all around Jeju Island from February in 2004 till October 2010. The research on the ecological characteristics of the collected eggs, tadpoles and adults, etc. has been done in the laboratory or at the orchard in Jeju Girls' High School. There are 290 survey areas, 39 in Gujwa, 16 Namwon, 19 Daejeong, 20 Segwipo City, 23 Seongsan, 12 Anduck, 34 Aewol, 2 Woo Island, 36 Jeju City, 38 Jocheon, 10 Pyoseon, 19 Hankyoung and 22 Hallim.

1. The Status of Amphibians in Jeju Island.

1) It has been reported that Jeju salamanders, toads, red-bellied frogs, green frogs, blockheads, leopard frogs, gold frogs, ranids, northern mountain frogs and bull frogs are currently inhabiting Jeju Island.

2) Since 1990, through dozens of research projects, toads, gold frogs and ranids have been observed however none have been observed for the past five years.

3) According to the result of an on-the-spot survey in Jeju Island, Jeju salamanders, red-bellied frogs, green frogs, blockheads, leopard frogs, northern mountain frogs, bull frogs and all introduced species, are inhabiting Jeju Island.

2. A life cycle of *Rana dybowskii*

1) Northern mountain frogs inhabiting Jeju Island lay eggs from January to April, but they lay eggs even in the middle of May. That's because larvae can be observed in the high valley and in Halla mountain in August, too.

2) The number of eggs in one lump is 635 to 1,880. The average number of them is 1285.1 ± 266.4 .

3) In case of the laid eggs in early February, it took 20 days to hatch. In early March, it takes about 15 days. Depending on the water temperature, it took between 6 to 9 days.

4) After 50 to 60 days, hind legs of tadpoles came out, later fore legs came out 20 to 30 days later. It took between 80 to 120 day after spawning to become a baby frog.

5) The total body length of female adults is between 53.8mm and 82.0mm. The average length is 67.8 ± 0.8 mm(M \pm SE). The total body length of male adults is 41.3mm to 60.7mm. The average length is 50.1 ± 0.3 mm(M \pm SE).

6) The weight of female adults is between 14.7g and 60.6g. The average weight is 34.0 ± 1.2 g(M \pm SE). The weight of male adults is 6.4g to 20.3g. The average weight is 12.4 ± 0.2 g(M \pm SE).

7) The reproductive age of female *Rana dybowskii* is 4 to 9 years old, and the age of male is 3 to 9 years old.

3. Characteristics of the spawning area of *Rana dybowskii*.

1) *Rana dybowskii* lay eggs in the small, shallow ponds and the area between the surface of the water and border of pond.

2) When they decide the habitats, they avoid deep and wide ponds, but they prefer ponds without predators like a crucian carp and a mud fish.

3) The result of examining the chemical composition of water shows that the difference only in the temperature of water and salinity exists but not in pH and

Oxygen between the two comparable areas.

4. Mating tendency of *Rana dybowskii*.

1) The length and weight of males and females which participate in mating shows that the difference in both sides exists at the significance level of correlation coefficient 0.01.

2) A small sized female mates with a small sized male and large sized female with a large sized male. The optimum gamete of a female is the male whose length is 82% of female's length and weight is 53% of female's weight.

3) A female frog chooses a male frog appropriate to female's length and weight as female's gamete because they can relatively have good position of cloaca and interspace while mating, and even move easily to the other area.

5. Correlation between the number of eggs and body of *Rana dybowskii*.

1) A long and large female lays more eggs than a small female.

2) The age of *Rana dybowskii* measured by the bone age measurement ranges from 4 to 9 and the average age is 5.8 ± 0.2 (Mean \pm SE), and the average number of eggs is 1285 ± 34.7 (Mean \pm SE).

3) The length of females which participate in reproduction has a correlation with age, but the weight of a female has no correlation.

4) The result of researching 52 individuals which were identified their age among *Rana dybowskii*s which participated in mating, showed that 35 individuals aged 5 to 6 occupied 67% and they participated in mating very actively.

Data acquired through this survey would be helpful for preservation of habitat and development of a restoration program for future swamp ecology.

I. 서 론

현재 전 세계적으로 다양한 요인들에 의해 생물 종 다양성이 감소하고 있고 (Eldridge, 1998) 멸종위기에 놓인 생물들이 점차 증가할 것으로 예상되고 있으며 (Gaston, 1994), 이중에서도 양서류의 감소가 크게 나타나고 있다(Houlahan et al., 2000). 전 세계에 서식하는 양서류는 현재 6,700 여종 (American Museum of Natural History, 2011)이 알려져 있는데 이중 약 1/3이 심각한 감소 추세에 있거나 멸종위기에 놓인 위급종(threatened species)이다(Stuart et al., 2004). 최근 20년 동안 멸종된 종이 168종에 이르고 있으며 앞으로 더 많은 종이 멸종위기에 처할 가능성이 높다(Stuart et al., 2004; IUCN, 2008). 세계적인 양서류의 감소와 멸종의 원인으로는 서식지 파괴(Houlahan et al., 2000), 서식지의 단편화(Hels and Buchwald, 2001; Carr et al., 2002)와 함께 항아리곰팡이병(chytridomycosis)의 확산 등이 중요한 원인으로 지목된다(Skerratt et al., 2007). 이 외 원인으로는 오존층 파괴로 인한 자외선 양의 증가(Middleton et al., 2001), 외래종의 유입(Kats and Ferrer, 2003), 지구 온난화(Parmesan and Yohe, 2003), 환경오염(Blausten et al., 2005), 살충제에 들어있는 내분비계 장애물질(Endocrine Disruptors: EDs) (Cadbury, 1997) 등이 있다. 이와 같은 요인들이 복합적으로 작용하여 세계적인 양서류의 감소와 멸종으로 이어지고 있다(Cushman, 2006). 우리나라에서도 개발에 의한 서식지의 감소와 파괴로 양서류의 수가 날로 감소하는 실정이다(박병상, 1994). 세계 각국에서는 양서류 감소 현상에 대응하여 다각적인 연구와 지원이 이루어지고 있으며, 멸종위기에 처한 종의 개체군 강화(Renforcement) 및 복원(Recovery, Reintroduction) 등을 위하여 많은 노력을 기울이고 있다(Adama et al., 2004; Bland, 2006).

우리나라에서는 야생생물이 현세대와 미래세대의 공동자산임을 인식하고 현세대는 야생생물과 그 서식환경을 적극 보호하여 그 혜택이 미래세대에게 돌아갈 수 있도록 하여야 한다는 기본 원칙하에 현재 「야생생물보호 및 관리에 관한 법률」 및 「야생동·식물보호법」 등을 제정해 각종 야생생물들을 보호하고 있다. 이 중 양서류의 경우 도롱뇽(*Hynobius leechii*), 제주도롱뇽(*Hynobius quelpartensis*), 고리

도롱뇽(*Hynobius yangi*), 꼬리치레도롱뇽(*Onychodactylus fisheri*), 두꺼비(*Bufo gargarizans*), 물두꺼비(*Bufo stejnegeri*), 수원청개구리(*Hyla suweonensis*), 한국산개구리(*Rana coreana*), 북방산개구리(*Rana dybowskii*), 계곡산개구리(*Rana huanrenensis*) 10종이 포획금지야생동물로 지정 되어 있으며(야생동·식물보호법 시행규칙 [별표6], 시행 2011. 3. 31), 금개구리(*Rana plancyi*), 맹꽁이(*Kaloula borealis*) 2종은 멸종위기야생동·식물 II급 으로 지정되어 보호되고 있다(야생동·식물보호법 시행규칙 [별표1], 시행 2011. 3. 31). 그러나 이와는 반대로 외래 유입종으로서 생태계에 피해를 주고있는 황소개구리(*Rana catesbeiana*)는 생태계교란야생동·식물로 지정(야생동·식물보호법 시행규칙 [별표6], 시행 2011. 3. 31)하여 관리하고 있다.

양서류는 습지생태계의 건강성을 평가할 수 있는 효과적인 생물지표로 널리 인식되고 있다(Wyman, 1990). 양서류는 육상과 수중 서식지 모두를 이용하며, 피부가 습도와 온도, 오염물질에 민감하여 환경변화에 크게 위협을 받기 때문에 (Wyman, 1990; Lips, 1998) 서식지의 변화나 수중 환경의 오염도를 간접적으로 측정할 수 있는 효과적인 지표생물이다(Landres et al., 1988). 이러한 이유로 양서류는 특정 지역의 환경의 건강정도를 장기적으로 평가하기 위한 모니터링 프로그램에 폭 넓게 이용된다는 점에서도 양서류 연구는 의미가 크다(Welsh and Droege, 2001).

지금까지 우리나라의 양서류에 관한 연구는 주로 분포 상황에 관한 생태 연구 위주로 이루어져왔으며, 근래에는 종별 DNA분석, 연령구조 분석, 항아리 곰팡이병의 확산 정도 등의 연구가 진행되고 있다(양효진, 2010). 지금까지 제주도의 양서류에 관한 연구는 Mori(1928)가 제주도롱뇽, 청개구리(*Hyla arborea japonica*), 맹꽁이, 두꺼비, 무당개구리, 참개구리(*Rana nigromaculata*), 움개구리(*Rana rugosa*) 7종의 서식을 발표하면서 시작되었다. 이 후 제주도의 양서류상에 대해 강과 윤(1968)이 북방산개구리를 더해 8종, 양과 류(1978)가 금개구리(*Rana plancyi chosonica*)를 더해 9종, 박행신(1982)이 6종, 백 등(1985)이 9종, 백남극(1990)이 8종, 백남극(1993)이 9종, 심재한(1998)이 9종을 발표해 외래종인 황소개구리를 포함 2목 6과 10종이 분포한다고 기록되어 있었으나, 2004년부터 2009년까지 6년간의 연구 결과 두꺼비, 움개구리, 금개구리는 제주도 전역에서 전혀 관찰되지 않아 현재는 2

목 5과 7종이 분포하는 것으로 보고하였다(고 등, 2009).

지금까지 제주도에서의 맹꽂이, 무당개구리, 황소개구리에 대한 종적 특징을 규명한 연구는 종 분류를 위한 유전자 분석과 외래종인 황소개구리의 분포관리 방안(오와 흥, 2007), 무당개구리의 먹이원 분석(고 등, 2007) 등이 있으나 북방산개구리에 관한 연구는 이루어진 바 없다.

이에 본 연구는 지금까지 발표된 제주도의 양서류 관련 문헌을 정리하고, 과거 기록은 있으나 모식표본이 없으며 서식 여부가 불분명한 종들을 포함해 제주도산 양서류 현황을 고찰 하고, 산란지와 생활사를 연구하여 서식지 보전과 종 다양성 확보뿐만 아니라 미래의 습지생태계 복원 프로그램을 마련하는 데 필요한 자료를 제공하기 위하여 이루어졌다. 또한 제주도에 서식하고 있는 양서류 중 북방산개구리의 생태, 즉 산란, 부화, 유생의 성장, 생태 특성 등과 선호하는 산란지 분석, 생식에 참여하는 성체의 체장과 체중, 포접(amplexus)에 참여하는 암수의 크기 상관관계, 암컷의 크기와 산란한 알 수와의 상관관계, 산란 전후의 체중 차이와 알 수와의 상관관계, 생식 연령 등을 연구하여 타 지역과의 비교 및 양서류의 생식전략에 대한 자료를 제공하려고 한다.



Fig. 3. Photograph of the brown frog, *Rana dybowskii*.

이번 연구를 위해 야외조사와 더불어 실험실에서도 올챙이와 개구리의 활동을 관찰하였으며, 인공 연못을 조성하여 자연 상태와 인공 상태를 비교함으로써 연구 결과에 대한 변수를 최소화 하려고 했다.

II. 제주도의 양서류 현황

1. 연구배경

양서류는 분류학상 척삭동물문(Phylum Chordata) 양서류강(Class Amphibia)으로 분류되며, 현재 무족영원목(Order Gymnophiona), 유미목(Order Caudata), 무미목(Order Anura)의 3개목 약 6,700여 종이 극지방을 제외한 전 지구상에 분포하고 있다(American Museum of Natural History, 2011). 우리나라에는 북한에 서식하는 종을 포함하여 현재 2목 7과 22종이 분포하고 있으며, 이중 남한에는 2목 7과 18종이 분포한다(국립환경과학원, 2009).

제주도에는 Mori(1928)가 제주도롱뇽, 청개구리, 맹꽁이, 두꺼비, 무당개구리, 참개구리, 움개구리 7종을 발표한 이래 강과 윤(1968)이 8종, 양과 류(1978)가 9종, 박행신(1982)이 6종, 백 등(1985)이 9종, 백남극(1990)이 8종, 백남극(1993)이 9종을 발표해, 현재 제주도롱뇽, 두꺼비, 무당개구리, 맹꽁이, 청개구리, 참개구리, 금개구리, 북방산개구리, 움개구리 9종과 외래종인 황소개구리를 포함해 2목 6과 10종이 분포하는 것으로 기록되어 있다. 하지만 1990년 이후 현재까지 송재영(1999), 김과 오(2000), 양 등(2001), 오와 김(2001), 김 등(2001), 오 등(2002), 오와 김(2003), 송과 조(2004), 오홍식(2004, 2005, 2006), 고와 고(2005a, b), 오장근(2006), 오 등(2007) 등의 조사, 연구 보고 등에서 한 차례도 두꺼비, 금개구리, 움개구리는 관찰 되거나 채집된 바 없었다.

본 연구는 지금까지 발표된 제주도의 양서류 관련 문헌을 정리하고, 현재 제주도에 서식하는 양서류의 현황을 밝혀 과거 기록은 있으나 모식표본이 없고 서식 여부가 불분명한 종들을 포함해 제주도산 양서류 목록을 재정리하고, 산란지와 생활사를 연구하여 서식지 보전과 종 다양성 확보뿐만 아니라 미래의 습지생태계 복원 프로그램을 마련하는 데 필요한 자료를 제공하기 위하여 이루어졌다

2. 연구사

제주도산 양서류의 종류가 학술적으로 알려진 것은 모리(森爲三)(1928)가 ‘On Amphibians and Reptiles of Quelpaert Isl.’라는 논문에서 다음 2목 6과 7종을 기재하면서 부터였다.

제주도롱뇽(<i>Hynobius leechii quelpartensis</i>)	-백록담(채집)
청개구리(<i>Hyla arborea japonica</i>)	-제주읍 부근(채집)
맹꽁이(<i>Cacopides tornieri</i>)	-제주읍 부근(채집)
두꺼비(<i>Bufo bufo asiaticus</i>)	-제주읍 부근
무당개구리(<i>Bombina orientalis</i>)	-한라산(채집)
참개구리(<i>Rana nigromaculata</i>)	-제주읍 부근(채집)
옴개구리(<i>Rana rugosa</i>)	-제주읍 부근

Okada(1928) - 산개구리(*Rana temporaria*)

Okada(1928) - 금개구리(*Rana nigromaculata coreana*)

강과 윤(1968), 박(1982), 백 등(1985)은 “그 후 Sannon(1956)과 Webb(1962)이 한국산 양서류, 파충류에 관한 논문에서 7종의 산지가 본도인 것을 밝히고 있다.”고 했으나 논문을 조사한 결과 사논(Sannon)은 ‘The Reptiles and Amphibians of Korea’란 논문에서 전국조사의 일환으로 제주도가 아닌 추자도를 조사했으며, 추자도에서 무당개구리, 맹꽁이, 옴개구리 3종만 확인했다. 또한 맹꽁이와 두꺼비, 산개구리, 금개구리의 학명을 수정했다. 웹(Webb)은 ‘Some Reptiles and Amphibians from Korea’라는 논문에서 역시 전국조사의 일환으로 제주도에서 다음 4종을 보고하였다.

도롱뇽(<i>Hynobius leechii</i>)	-서귀리
무당개구리(<i>Bombina orientalis</i>)	-모슬포
청개구리(<i>Hyla arborea japonica</i>)	-서귀리

참개구리(*Rana nigromaculata*) -서귀리

강과 윤(1968)은 '한라산 학술조사보고서'를 통해 다음 2목 6과 8종을 발표하였다.

도롱뇽(<i>Hynobius leechii</i>)	-이전 연구논문 정리
청개구리(<i>Hyla arborea japonica</i>)	-이전 연구논문 정리
무당개구리(<i>Bombina orientalis</i>)	-이전 연구논문 정리
<u>두꺼비(<i>Bufo bufo asiaticus</i>)</u>	<u>-이전 연구논문 정리</u>
맹꽁이(<i>Kaloula borealis</i>)	-이전 연구논문 정리
참개구리(<i>Rana nigromaculata</i>)	-이전 연구논문 정리
<u>옴개구리(<i>Rana rugosa</i>)</u>	<u>-이전 연구논문 정리</u>
산개구리 (<i>Rana temporaria</i>)	-이전 연구논문 정리

이 후 양과 류(1978)는 '한국산 양서류의 분포목록'에서 제주도산 양서류에 금개구리를 포함시켜 2목 6과 9종으로 기록하였으며, 도롱뇽의 분류학적 위치에 대한 문제를 제기 하였다.

도롱뇽(<i>Hynobius leechii</i>)	-백록담, 수장교, 장수교
<u>두꺼비(<i>Bufo bufo gargarizans</i>)</u>	<u>-제주도</u>
무당개구리(<i>Bombina orientalis</i>)	-백록담
맹꽁이(<i>Kaloula bomrealis</i>)	-추자군도
청개구리(<i>Hyla arborea japonica</i>)	- <u>제주도</u>
<u>금개구리(<i>Rana planchyi chosonica</i>)</u>	<u>-제주도</u>
참개구리(<i>Rana nigromaculata</i>)	- <u>제주도</u>
산개구리 (<i>Rana dybowskii</i>)	-백록담
<u>옴개구리(<i>Rana rugosa</i>)</u>	<u>-제주도</u>

박행신(1982)은 '제주도지'에 '척추동물'을 발표하면서 다음의 6종을 기재하였다.

제주도롱뇽(<i>Hynobius leechii quelpaertensis</i>)	-1,500m 이상
무당개구리(<i>Bombina orientalis</i>)	-1,000m 까지, 1500m 이상
맹꽁이(<i>Kaloula tornieri</i>)	-500m 이하
참개구리(<i>Rana nigromaculata</i>)	-500m 이하, 1,000m 까지
금개구리(<i>Rana planchi chosonica</i>)	-500m 이하
산개구리(<i>Rana temporaria dybowskii</i>)	-1,000m 까지, 1,500m 이상

그 후 백 등(1985)은 한라산에서 다음의 2목 6과 9종을 채집하여 ‘한라산천연 보호구역 학술조사보고서’에 기록하였다.

제주도롱뇽(<i>Hynobius leechii quelpaertensis</i>)	-백록담, 1100고지, 성판교
두꺼비(<i>Bufo bufo gargarizans</i>)	-관음사, 제주대 버스정류장 부근
무당개구리(<i>Bombina orientalis</i>)	-백록담, 어리목, 성판교
맹꽁이(<i>Kaloula borealis</i>)	-제주시 이도동 부근(청문)
청개구리(<i>Hyla arborea japonica</i>)	-관음사, 천지연폭포 부근
참개구리(<i>Rana nigromaculata</i>)	-구린굴, 성판교, 어리목
금개구리(<i>Rana plancyi chosonica</i>)	-채집 못함
산개구리(<i>Rana dybowskii</i>)	-어리목, 1100고지, 구린굴
울개구리(<i>Rana rugosa</i>)	-천지연폭포 아래 개천

백남극(1990)은 ‘90년 자연생태계 전국조사’에서 1985년에 조사한 기록도 참고하여 제주도의 양서류 2목 6과 9종을 기재하였다.

제주도롱뇽(<i>Hynobius leechii quelpaertensis</i>)	-어리목 습원, 논고교, 영실등산로
두꺼비(<i>Bufo bufo gargarizans</i>)	-제주대학교 정문 앞 풀밭
무당개구리(<i>Bombina orientalis</i>)	-저지대에서 백록담까지
청개구리(<i>Hyla japonica</i>)	-청문, 울음소리 청취(용담1동)
맹꽁이(<i>Kaloula borealis</i>)	-관음사, 천지연, 신흥리 귀몰동

참개구리(<i>Rana nigromaculata</i>)	-각 계곡(물이고인 곳)
금개구리(<i>Rana plancyi chosenica</i>)	-관찰기록 없음
산개구리(<i>Rana dybowskii</i>)	-관찰기록 없음
옴개구리(<i>Rana rugosa</i>)	-신흥리 귀물동, 천지연폭포 수로

그 후 백남극(1993)은 ‘생물과학 심포지움’에서 ‘제주도의 척추동물상과 진화’를 발표하면서 제주도의 양서류 2목 6과 9종을 기재하였다.

제주도롱뇽(<i>Hynobius leechii quelpaertensis</i>)	-이전 연구논문 정리
두꺼비(<i>Bufo bufo gargarizans</i>)	-이전 연구논문 정리
무당개구리(<i>Bombina orientalis</i>)	-이전 연구논문 정리
맹꽁이(<i>Kaloula borealis</i>)	-이전 연구논문 정리
청개구리(<i>Hyla arborea japonica</i>)	-이전 연구논문 정리
참개구리(<i>Rana nigromaculata</i>)	-이전 연구논문 정리
금개구리(<i>Rana plancyi chosenica</i>)	-이전 연구논문 정리
산개구리(<i>Rana dybowskii</i>)	-이전 연구논문 정리
옴개구리(<i>Rana rugosa</i>)	-이전 연구논문 정리

선행연구에서 Mori(1928)가 발표한 보고서에 두꺼비와 옴개구리의 채집에 관한 언급이 없고, 그 이후에도 채집기록이 없다가 백 등(1985)이 ‘한라산천연보호구역 학술조사보고서’에, 그리고 백남극(1990)이 ‘90년 자연생태계 전국조사’에서만 두꺼비는 관음사 부근과 제주대 버스정류장에서 관찰하였고, 옴개구리는 서귀포 천지연폭포 하류 쪽과 한림읍 신흥리 귀물동에서 관찰한 것으로 보고하였고, 금개구리는 채집되거나 관찰된 기록이 없다.

Table 1. History of the amphibian studies conducted on Jeju Island (●; Collection, □; Audience, ◎; Bibliography, ○; Sample)

Scientific name	Mori (1928)	Shannon (1956)	Webb (1962)	Kang & Yoon (1968)	Yang & Ryu (1978)	Park (1982)	Baek et al. (1985)	Baek (1990)	Song (1999)	Oh & Kim (2001)	Oh et al. (2002)	Oh & Kim (2003)	Song & Cho (2004)	Oh (2004)	Kim & Kim (2004)	Oh (2005)	Oh (2006)	Oh et al. (2007)	This study
<i>Hynobius quepaertensis</i>	●		●	◎	○	◎	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◎	●	●
<i>Bombina orientalis</i>	●	●	●	◎	○	◎	●	●		●	●	●	●	●	●	●	◎	●	●
<i>Bufo gargarizans</i>	□			◎	○		●	●									◎	◎	
<i>Hyla japonica</i>	●		●	◎	○		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◎	●	●
<i>Kaloula borealis</i>	●	●		◎	○	◎	□	□					●			●	◎		●
<i>Rana nigromaculata</i>	●		●	◎	○	◎	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◎	●	●
<i>Rana plancyi chosonica</i>					○	◎	◎	◎									◎	◎	
<i>Rana rugosa</i>	□	●		◎	○		●	●									◎	◎	
<i>Rana dybowskii</i>				◎	○	◎	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	◎	●	●
<i>Rana catesbeiana</i>																●	◎		●
No. of species	7	3	4	8	9	6	9	9	4	5	5	5	6	5	5	10	10	5	7

3. 재료 및 방법

가. 연구기간

연구를 위해 2004년 2월부터 2007년 10월까지 선행조사를 하였으며, 본 조사는 2008년 1월 1일부터 2008년 10월 31일까지 이루어졌다. 현지 조사는 주간 66회 야간 27회 모두 93회에 걸쳐 수행하였다.

나. 연구지역

연구 대상지는 제주도 전역에 분포되어 있는 각종 습지와 연못으로 고도 3m부터 1,950m 까지 다양하게 선정하였고, 채집된 알 및 올챙이, 성체 등의 생태특징 등의 연구는 제주여고 부설 과수원과 실험실에서 이루어졌다. 조사지는 구좌읍 39개소, 남원읍 16개소, 대정읍 19개소, 서귀포시 20개소, 성산읍 23개소, 안덕면 12개소, 애월읍 34개소, 우도면 2개소, 제주시 36개소, 조천읍 38개소, 표선면 10개소, 한경면 19개소, 한림읍 22개소 등 총 290개소로 모든 채집지의 위치정보는 GPS(WGS84, Garmin Co., vista C)를 이용하여 좌표 값을 정리하였다 (Appendix. 1).

다. 연구방법

문헌조사는 제주대학교 도서관, 제주대학교 생물교육과, 제주도 민속자연사 박물관, 제주도 한라산연구소 및 인터넷 자료 등을 검색하였으며, 생태 조사와 채집은 지금까지 문헌상으로 제주도에 서식 하는 것으로 알려진 양서류 2목 7과 9종을 대상으로 하였다.

각 종별로 각기 다른 생활패턴을 보이는 점을 감안하여 주간과 야간을 병행하여 조사하였고, 양서류 종별 부화 및 초기생장, 행동특성 등을 조사하기 위해 제주여자고등학교 과학실과 학교 과수원에 연구 장소를 마련하여 현장조사와 병행 연구 하였다. 개체별 계측은 가능한 채집 현장에서 측정하였고, 일부는 학교 실험실로 옮겨 측정하였다.

실험재료의 체장은 버어니어캘리퍼스(Gaunglu Co.), 체중은 전자저울 (Precision Load Cell Balance JW-1)을 각각 이용하였으며, 체장은 주둥이-항문

길이(Snout-vent length; SVL)값을 이용하였다.

라. 통계 분석

종별 특징을 알아보기 위한 체장과 체중의 측정치는 SPSS program (Ver. 12.0)을 이용하여, 상관관계분석(Correlation Analysis)을 수행하였고, 평균비교분석은 독립표본 T검정(Independent Samples *T*-test)을 사용하였다.

4. 결과 및 고찰

가. 제주도릉농

1) 산란 장소

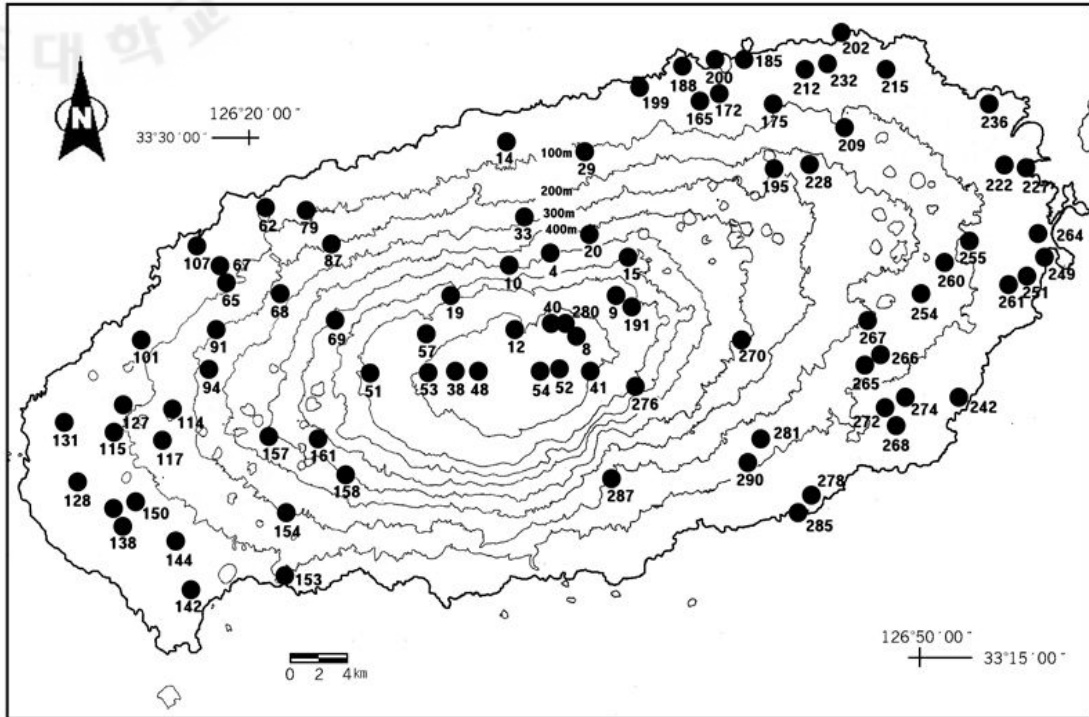


Fig. 4. A map showing the spawning sites of *Hynobius quelpaertensis* (altitude : 3m ~ 1,950m).

제주도릉농의 산란은 고도 3m인 김녕초소에서 1,950m인 백록담까지 제주도 전역에서 확인되었다.

2) 생활사

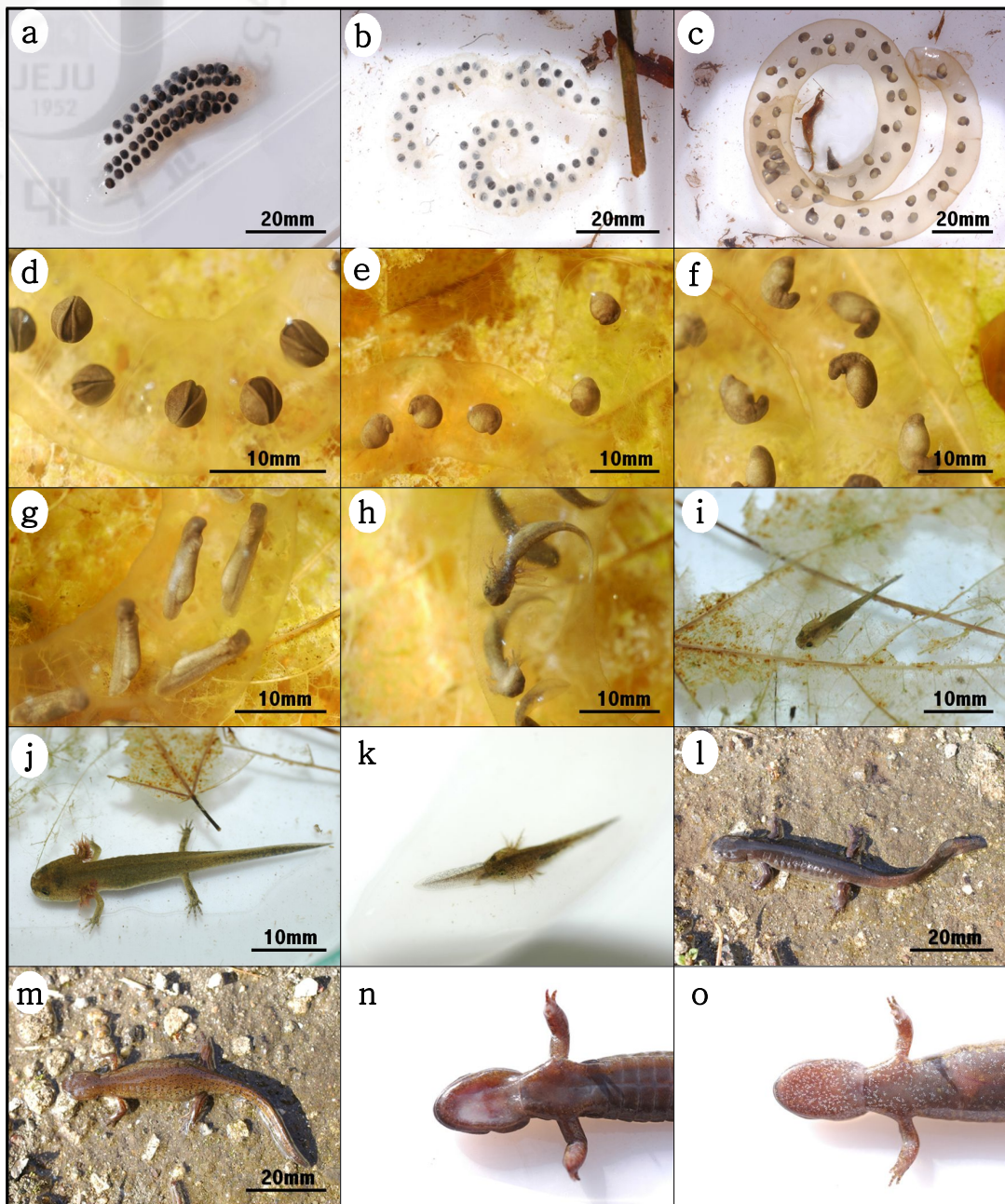


Fig. 5. The life cycle of *Hynobius quelpaertensis*. a) New-laid eggs, b) Eggs 1 hour after Spawning, c) Eggs 4 days after spawning, d) Early stage of neurula, e) Metaphase of neurula, f) Telophase of neurula, g) Metaphase of organogenesis periods, h) Telophase of organogenesis periods, i) Juveniles 3 days after hatching, j) Juvenile 35 days after hatching, k) Allied predation by larva, l) Dark brown adult male, m) Light brown adult female, n) Male belly without white spots, o) White-spots-bellied female.

3) 생태 특성

가) 산란

Table 2. The first and last observation of egg clutch

Year	First spawning record		Last spawning record		Spawning Frequency per year
	Date	Site	Date	Site	
2005	Feb. 04	Dongbaekdongsan	Apr. 22	Eojungyo	51
2006	Feb. 05	Myosanbong	Apr. 18	Bilremot	64
2007	Jan. 14	Dongbaekdongsan	May 07	1100-wetland	74
2008	Jan. 20	Bilremot	Apr. 20	Seongpangyo	17

날씨가 따뜻하고 강수량이 많아 산란 조건이 맞으면 1월 초순에 산란하기도 하지만 보통 2월 초에 산란이 시작되었다. 2월 중순에서 3월 중순까지 대부분 산란하며 늦은 것은 4월에도 산란을 하였다. 계곡이나 한라산 국립공원 고지대에서는 5월 중순까지도 산란하였다. 산란은 한꺼번에 많이 모여서 집단으로 산란 하며, 산란일이 다르더라도 이미 산란한 장소에 다른 암컷들이 다시 산란을 하였다. 이유는 수컷들이 대기하고 있어 수정될 확률이 높고 부화기간 동안 안전한 장소를 선택하기 때문으로 보인다.

산란을 할 때는 알이 들어있는 주머니 한 쌍의 한쪽 끝을 나뭇가지나 돌 같은 고정된 곳에 부착시켜 산란하는데, 이것은 계곡에 서식하면서 알이 떠내려가는 것을 방지하기 위해 단단한 바위나 나뭇가지에 부착시키는 습성이 있기 때문이라 생각된다.

산란하는 알의 수는 한쪽주머니에 30-70개 정도가 일반적인데 적은 것은 12개, 많은 것은 108개까지도 들어 있어 차이가 컸다. 처음 산란하는 경우 암컷의 크기가 작고 알 수도 적었으며, 연령이 높아 크기가 큰 개체들은 왕성한 생식활동을 하며, 알 수가 많았다. 일반 연못에서 산란할 때는 물가에 있는 돌 밑을 가장 선호하였으며 돌이 없을 경우 나무에 부착시키거나 바위틈에 부착시키며 수초에 부착시켜 산란하기도 하였다. 계곡에서도 돌 밑을 가장 선호하였으며 크기가 큰 철새들의 접근이 어려운 장소에서는 바위 옆에 부착시켜 산란을 하였다. 처음 산란한 알주머니는 쭈글쭈글하나 3일이 지나면 물을 머금어 팽팽해져 둥그

렇게 말린다.

나) 부화

2월초에 산란한 경우 부화까지 약 40일정도가 소요되었으며 3월초에 산란한 경우는 약 30일정도, 4월인 경우는 20-25일정도 걸렸다. 한동안 비가 내리지 않아 물이 빠지면 다른 개구리 알들은 말라죽지만 제주도롱뇽의 알들은 알주머니가 물을 머금고 있고, 돌 밑이 그늘진 곳이라서 쉽게 마르지 않아 부화가 계속 진행되며 나중에 비가 와서 물이 차면 부화된 유생들이 알주머니에서 나온다. 부화되어 알주머니를 빠져나올 때는 부착된 반대편 알주머니 끝부분의 우무질이 녹아내리면서 부화된 유생들이 같이 빠져나오는데 어떤 경우는 외부 환경요인(바람, 동물의 출입 등)에 의해 알주머니 옆이 찢기면서 빠져나오기도 하였다.

다) 유생의 성장

Table 3. The first and last observation of juveniles

Year	First		Last		Identified frequency
	Date	Site	Date	Site	
2005	Mar. 01	Jeonmot	Jul. 22	Eojungyo	62
2006	Mar. 11	Banmot	Aug. 09	Seongpanak	71
2007	Feb. 11	Mosanimot	Jul. 02	Wonmul	86
2008	Feb. 20	Bilremot	Jul. 18	Seongpangyo	29

갓 부화한 유생들은 크기가 1.5cm정도 되고, 주로 식물성 먹이를 먹는 개구리 올챙이와는 달리 육식성인 제주도롱뇽 유생은 처음에는 아주 작은 동물성 플랑크톤인 물벌레들을 먹고 성장하다가, 어느 정도 성장하면 어린 올챙이를 포식하거나 자기보다 작은 동물성 먹이를 포식하며, 먹이가 풍부하지 않을 경우 자기들끼리 동종포식을 하기 때문에 같은 시기에 부화하더라도 성장정도에 큰 차이를 보였다. 30일이 지난 유생의 경우 2.5cm에서 5.0cm 정도로 성장에 큰 차이를 보였다. 먹이를 먹을 때는 뜯어 먹거나 잘라 먹는 게 아니라 삼켜서 먹는데, 올챙이를 먹거나 동종포식을 할 경우 한꺼번에 삼키지 못하고 천천히 삼키기도 한다.

부화되어 7-8일이 지나면 앞다리가 먼저 나오고 3-4일 후에 뒷다리가 나왔다. 또한 개구리 올챙이들은 어릴 때는 도피행동을 하지 않으나 제주도롱뇽의 유생은 어릴 때부터 도피행동을 하며 숨어 있다가 백로과(Ardeidae)의 조류와 같은 천적이 없는 야간에 주로 먹이활동을 한다. 실험실에서는 주간에도 먹이활동을 활발하게 하였는데 이유는 자연환경과는 달리 천적이 없기 때문으로 생각된다.

어린새끼가 될 때는 물이 마르지 않을 경우 5cm 정도 성장하여도 물속에서 아가미를 가진 채 유생생활을 하며, 물이 마를 경우는 4cm만 되어도 아가미가 퇴화되어 육상생활을 할 수 있다. 그 이유는 가능하면 물속에서 작은 먹이를 풍부하게 먹고 많이 자라 육상생활(먹이활동 포함)을 유리하게 하려는 것으로 판단된다.

라) 생태행동

수컷들은 산란기가 다가오면 산란장이나 산란장근처의 돌 밑에서 짝짓기 대기를 하며 암컷이 오기를 기다린다. 암컷들은 산란이 끝나면 산란장을 빠져나가지만 수컷들은 다시 생식에 참여하기 위해 산란 장소에 계속 남는다. 암컷이 산란을 할 때는 다른 개구리들과는 다르게 수컷이 포접하는 것이 아니라 암컷이 산란을 시작하는 알주머니의 끝 부분을 부착시키면, 바로 그 순간 수컷들이 산란을 인지하고 몰려들어 암컷이 아닌 알을 끌어안고 사정하는 것이 관찰되었다. 암컷은 산란 직후 힘없이 물에 가라앉아 한동안 작은 움직임만 보일 뿐 죽은 것처럼 보이다가 한시간정도 지나서 몸을 움직였다. 몸집은 암컷이 크고 색도 밝은 갈색을 나타내며, 수컷은 약간 검은 색을 띤다. 산란기의 수컷은 생식공이 많이 부풀어 하얀색을 나타내며 꼬리 끝부분이 노처럼 넓적하다. 암컷은 배와 턱에 하얀 얼룩이 생기고, 꼬리는 뭉툭하고 끝이 뾰족한 편이며 배가 불룩하였다.

산란기가 지나면 산란장을 빠져나가 주간에는 천적을 피해 낙엽 밑이나 돌 밑에 숨어 있다가 주로 야간에 먹이활동을 하는 것이 관찰되었다. 주로 비가 오는 야간에 이동을 많이 하는데 그 이유는 피부가 마르지 않으며, 천적을 피할 수 있기 때문으로 보인다.

마) 암, 수의 체장과 체중

Table 4. Morphometrical measurements of *Hynobius quepaertensis*

	Sex	No.	Range	Mean±SE	(p)
SVL (mm)	Female	68	55.1-98.8	66.6±0.9	0.001
	Male	53	47.1-75.7	62.4±0.8	
Weight (g)	Female	68	3.5-13.8	8.0±0.2	0.002
	Male	53	3.2-11.2	6.8±0.3	

암컷의 체장은 평균 66.6±0.9mm(Mean±SE), 수컷은 62.4±0.8mm(Mean±SE)이었다. 두 집단 간 평균비교분석(*t*-test) 결과 $p < 0.01$ 로 암컷과 수컷 간에 체장 차이는 1% 수준에서 유의성이 있는 것으로 나타났다. 암컷의 체중은 평균 8.0±0.2g(Mean±SE), 수컷은 6.8±0.3g(Mean±SE)이었으며, 두 집단 간 평균비교분석 결과 $p < 0.01$ 로 유의수준 1%에서 암컷과 수컷 간에 체중에 있어 차이가 있는 것으로 나타났다. 암수 간 체장과 체중에 차이가 있는 것은 산란기에 알을 가지고 있기 때문으로 판단된다.

나. 무당개구리

1) 산란 장소

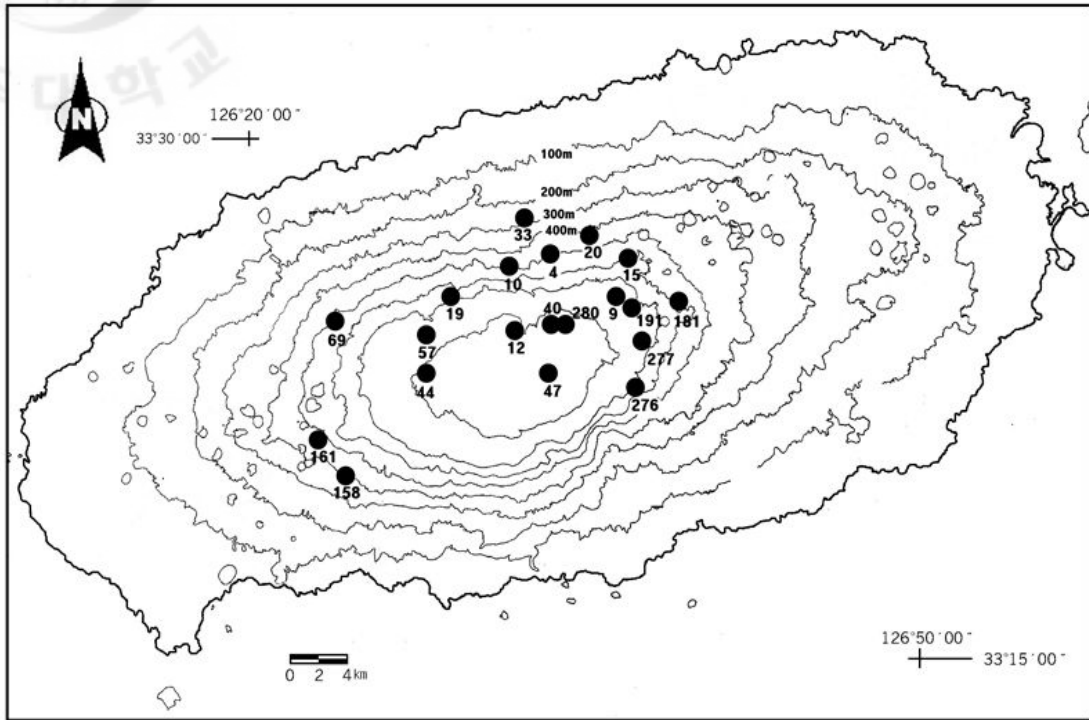


Fig. 6. A map showing the spawning sites of *Bombina orientalis* (altitude : 415m ~ 1,950m).

무당개구리의 산란은 고도 415m인 탐라성에서 1,950m인 백록담까지 비교적 고도가 높은 곳에서 확인되었다.

2) 생활사

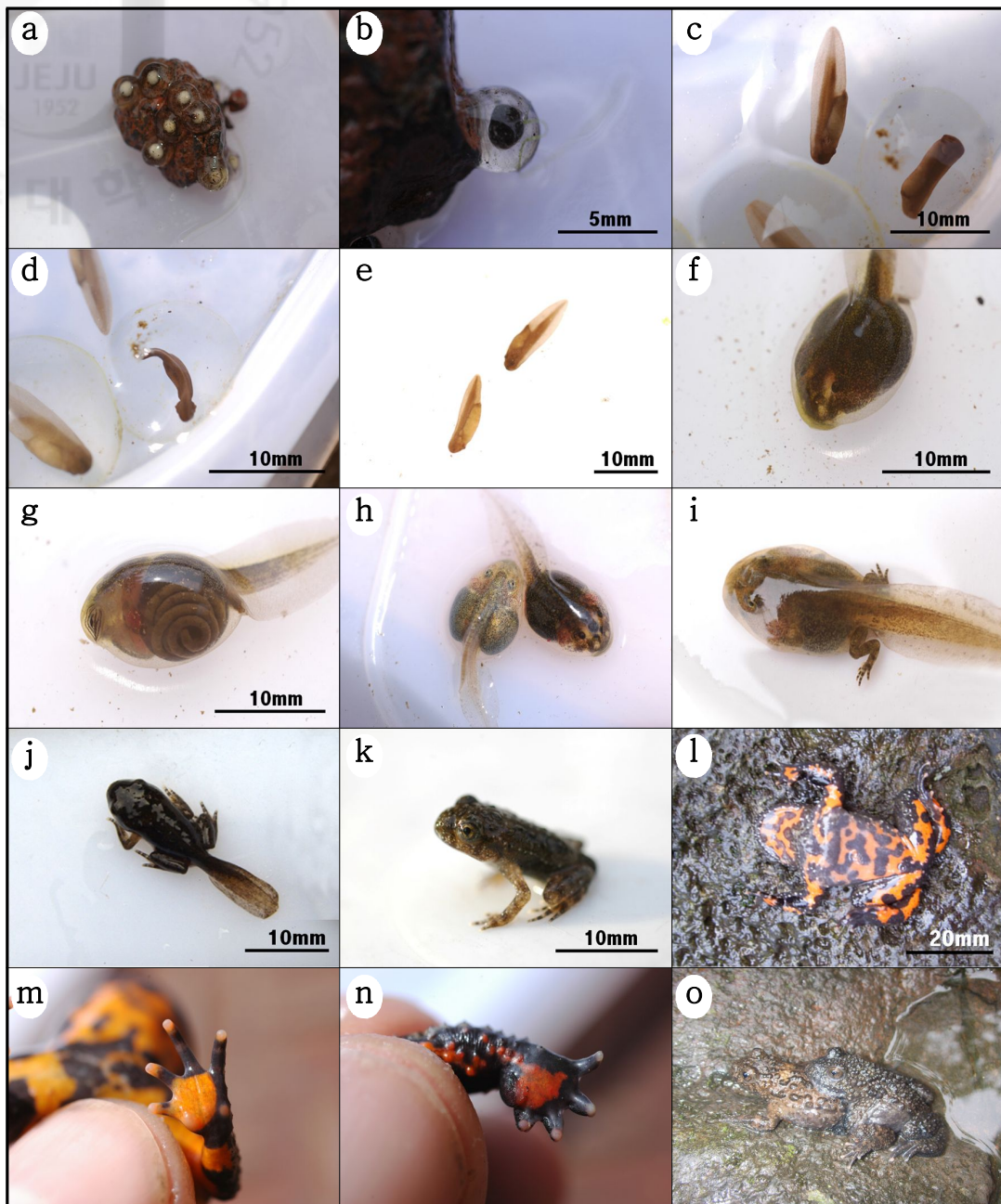


Fig. 7. The life cycle of *Bombina orientalis*. a) Eggs stuck on the rock, b) An egg stuck on the rock, c) Metaphase of organogenesis periods, d) Telophase of organogenesis periods, e) New-hatched juveniles, f) Back of tadpole, g) Belly of tadpole, h) Albino and general tadpole, i) Tadpole with hind legs, j) Tadpole with hind and fore legs, k) Froglet, l) Red-spotted-belly as a somatic, m) Thin and smooth foreleg of female, n) Rough and stubby foreleg of male, o) Mating position; male hugging female.

3) 생태 특성

가) 산란

Table 5. The first and last observation of egg clutch

Year	First spawning record		Last spawning record		Spawning Frequency per year
	Date	Site	Date	Site	
2005	May 08	Bangseongyo	Jul. 25	Eojungyo	11
2006	May 08	Eojungyo	Jul. 18	1100-wetland	17
2007	May 10	Bangseongyo	Aug. 07	Seongpangyo	23
2008	Apr. 24	Eojungyo	Aug. 17	Seongpangyo	15

4월말에서 8월 중순에 걸쳐 비교적 긴 기간 동안 산란하는 것이 관찰되었으며, 주로 계곡 물이 고여 있는 곳에 산란하였다. 산란은 알을 하나씩 돌이나 나뭇가지, 수초 같은 곳에 붙여서 산란하였는데, 계곡에 주로 서식하기 때문에 비가 와서 물이 흘렀을 때 알이 쓸려 나가지 않게 하기 위해 알을 부착시키는 것이라고 생각된다.

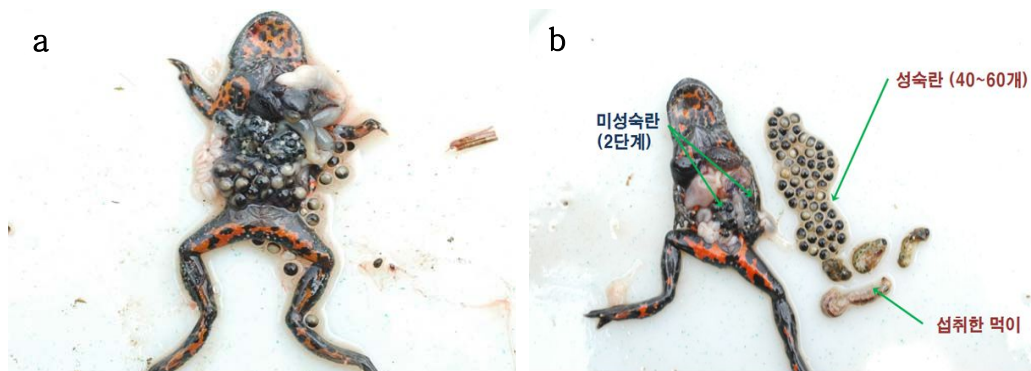


Fig. 8. Internal organs of *Bombina orientalis*. a) Dissection, b) Maturation eggs and food

죽은 암컷을 해부하여 알을 확인한 결과, 성숙한 알은 40-60개 정도였고, 미성숙란이 2단계로 있는 것으로 보아 최소한 1년에 3회 이상 산란할 것이라고 판단된다.

나) 부화

부화기간은 약 10-15일 정도인데, 5월 중순에 산란한 것은 13일 정도, 6월 중순에 산란한 것은 11일 정도가 걸렸다.

다) 유생의 성장

Table 6. The first and last observation of juveniles

Year	First		Last		Identified frequency
	Date	Site	Date	Site	
2005	May 23	Bangseongyo	Jul. 25	Eojungyo	31
2006	May 25	Eojungyo	Aug. 11	Seongpangyo	39
2007	May 30	Bangseongyo	Aug. 23	1100-wetland	42
2008	Jun 04	1100-wetland	Sep. 17	1100-wetland	36

무당개구리의 유생은 5-9월 사이에 관찰할 수 있었다. 뒷다리는 산란 후 43-47일 후에 나오며, 앞다리는 54-60일 후, 어린개체가 되기까지는 64-70일 이 걸렸다. 무당개구리 올챙이는 몸 전체가 투명한 막으로 둘러 쌓여있는 것처럼 보이며, 등면은 검은색, 배면은 투명하여 내장이 깨끗하게 보인다. 또한 눈이 작고 함몰되어 있어 자세히 보지 않으면 잘 보이지 않는다. 다른 개구리의 올챙이에 비해 도피행동이 많은 편이었다. 고인 물이나 습지에 물이 많은 곳의 올챙이 인 경우 도피행동이 덜한 편이지만, 하천에 있는 작은 웅덩이에 있는 올챙이들은 피식 위험을 줄이기 위해 도피행동을 많이 하는 것으로 생각된다.

라) 생태 행동

무당개구리는 맹꽂이와 마찬가지로 주로 밑에는 물이 있고, 사이에 공간이 있는 돌 밑에서 휴식을 취하였다. 등에는 청록색의 바탕에 검은 무늬가 불규칙하게 분포되어 있으며, 배는 붉거나 노란 바탕에 불규칙한 흑색의 무늬가 산재되어 있는 외형적 특징을 가지고 있어 생존에 매우 유리하게 작용한다(윤 등, 2008). 즉, 천적이 나타났을 때 우선 들키지 않게 보호색을 띠다가 들켰을 때는 배를 내보이며 경계색을 보여주는 이중 대응을 한다. 무당개구리는 다른 개구리들과 달

리 포접할 때 허리를 붙잡고 포접하는 특성이 있다. 수컷은 엄지발가락 밑에 육피(생식혹)를 가지고 있어 암컷과 쉽게 구별된다. 또한 수컷의 앞발가락이 뚱뚱 뚱뚱하고 짧은 반면 암컷은 발가락이 조금 길고 가느다랗게 나와 있고 깨끗하다. 또한 다른 개구리는 한 번에 알을 낳지만 무당개구리는 알을 낳고, 먹이활동을 하면서 다시 알을 성숙시키고 낳으면서 반복적인 산란을 하는 것으로 보이며, 8월까지 산란하였다.

마) 암, 수의 체장과 체중

Table 7. Morphometrical measurements of *Bombina orientalis*

	Sex	No.	Range	Mean±SE	(p)
SVL (mm)	Female	16	37.7-48.3	43.0±0.7	0.37
	Male	41	36.3-46.6	42.3±0.4	
Weight (g)	Female	16	4.5-9.6	7.3±0.4	0.96
	Male	41	4.9-10.4	7.2±0.2	

암컷의 체장은 평균 43.0±0.7mm(Mean±SE), 수컷은 42.3±0.4mm(Mean±SE)이었다. 두 집단 간 평균비교분석(*t*-test) 결과 $p > 0.05$ 로 유의수준 5%에서 암컷과 수컷 간에 체장 차이는 없는 것으로 나타났다. 암컷의 체중은 평균 7.3±0.4g(Mean±SE), 수컷은 7.2±0.2g(Mean±SE)이었으며 두 집단 간 평균비교분석 결과 $p > 0.05$ 로 유의수준 5%에서 암컷과 수컷 간에 체중 차이가 없는 것으로 나타났다. 암수 간 체장과 체중 차이가 없는 것은 연 중 한번만 산란하는 것이 아니라 알을 여러 번에 걸쳐 조금씩(40-60개 정도) 산란을 하고, 허리를 꺾어서 포접자세 때문이라고 생각된다.

다. 청개구리

1) 산란 장소

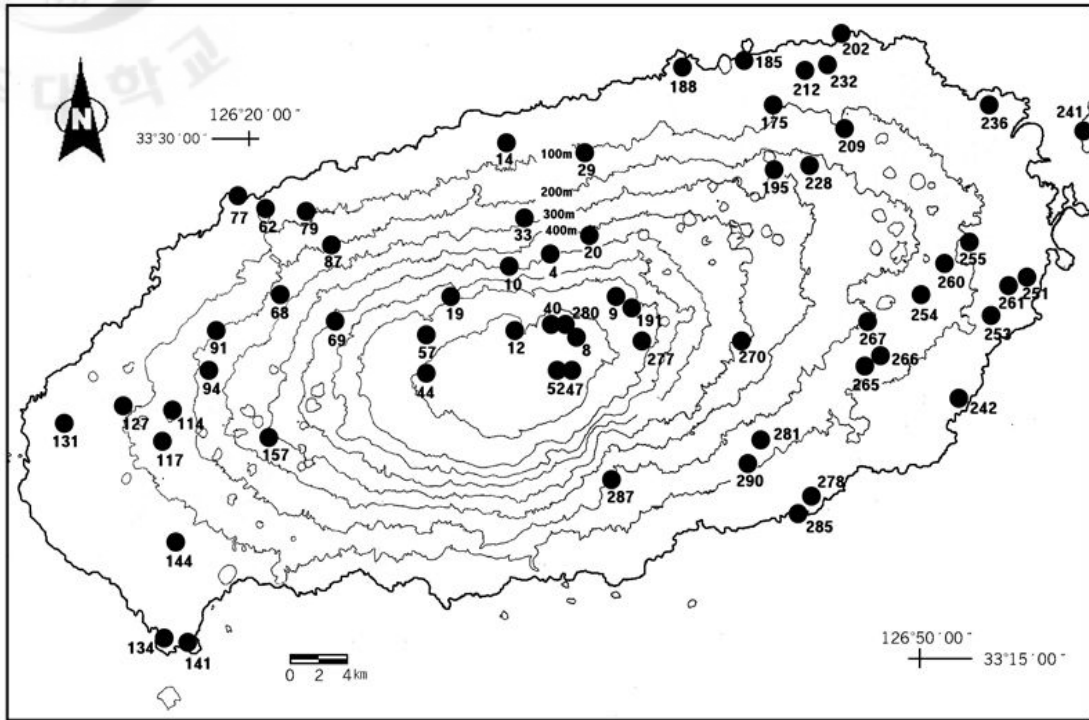


Fig. 9. A map showing the spawning sites of *Hyla japonica* (altitude : 3m ~ 1,950m).

청개구리의 산란은 고도 3m인 애월원담에서 1,950m인 백록담까지 제주도 전역에서 확인되었다.

2) 생활사

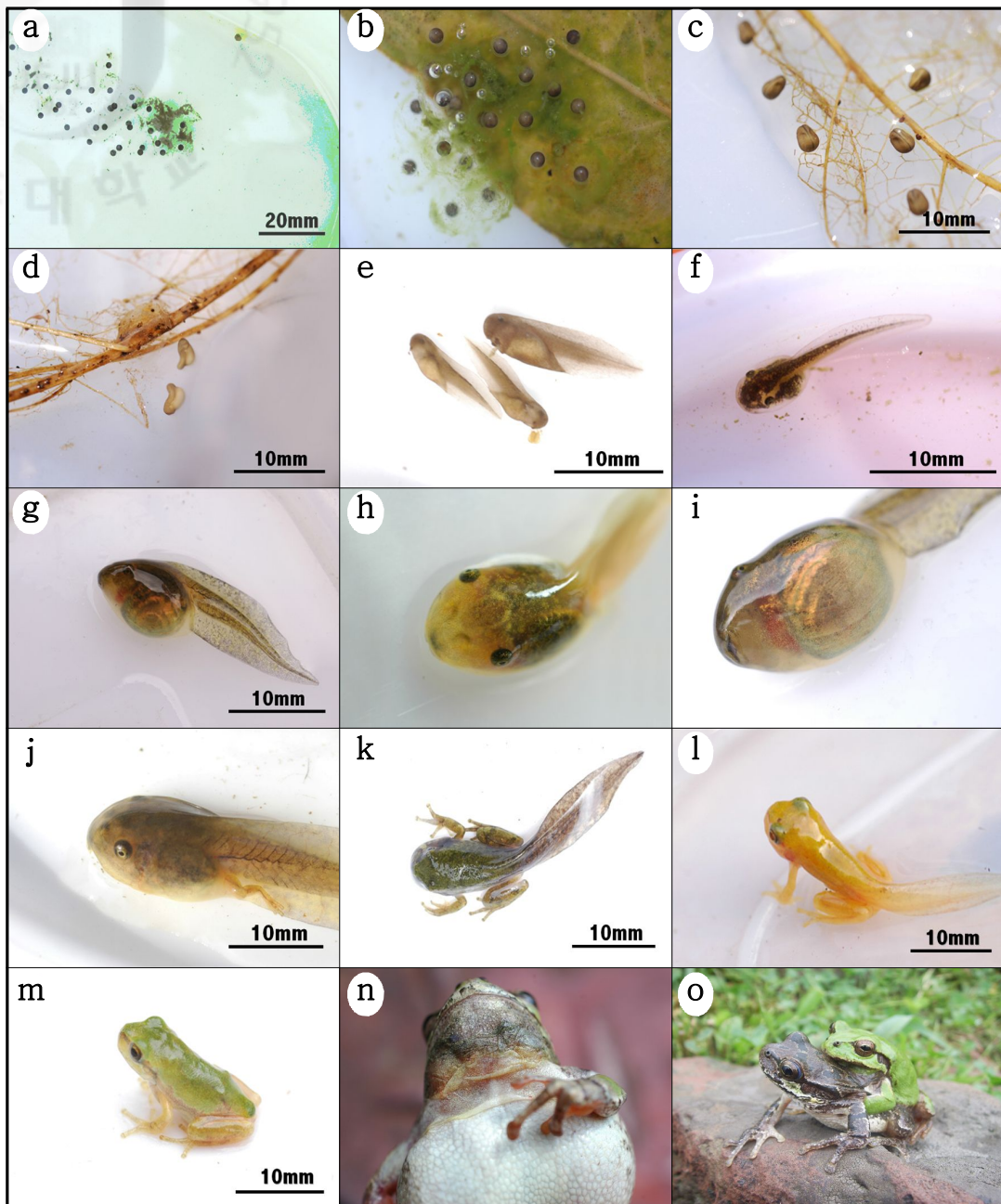


Fig. 10. The life cycle of *Hyla japonica*. a) New-laid eggs, b) Eggs on the leaf, c) Early stage of neurula, d) Early stage of organogenesis periods, e) New-hatched juveniles, f) Juvenile 3 days after hatching, g) Juvenile 20 days after hatching, h) Back of tadpole, i) Golden-bellied tadpole, j) Tadpole with hind legs, k) Tadpole with hind and fore legs, l) Albino tadpole with a golden body from head to foot, m) Froglet, n) Jaw of male with a black vocal sac, o) Mating position; male hugging female's armpit.

3) 생태특성

가) 산란

Table 8. The first and last observation of egg clutch

Year	First spawning record		Last spawning record		Spawning Frequency per year
	Date	Site	Date	Site	
2005	May 08	Gwaneumsa	Jul. 25	Tamraseong	17
2006	Apr. 30	Orchard	Jul. 09	Hakrimgyo	23
2007	May 27	Dongbaekdongsan	Aug. 07	Eojungyo	25
2008	May 20	Bilremot	Jul. 20	Orchard	19

청개구리는 북방산개구리와 달리 늦게 산란하는데 5월 초에서 8월 초에 산란을 하였다. 산란 장소는 연못이나 비가 올 때 물이 고이는 곳이며, 장마철에는 주로 맹꽁이가 산란하는 곳에 같이 산란하였다. 산란은 북방산개구리나 참개구리처럼 한꺼번에 하나의 덩어리로 산란하는 것이 아니라, 알을 10-50개 정도로 나누어 여러 곳에 산란한다. 청개구리의 알은 북방산개구리의 알과는 달리 시간이 지나면서 점성이 약하고 건드리면 하나씩 분리된다.

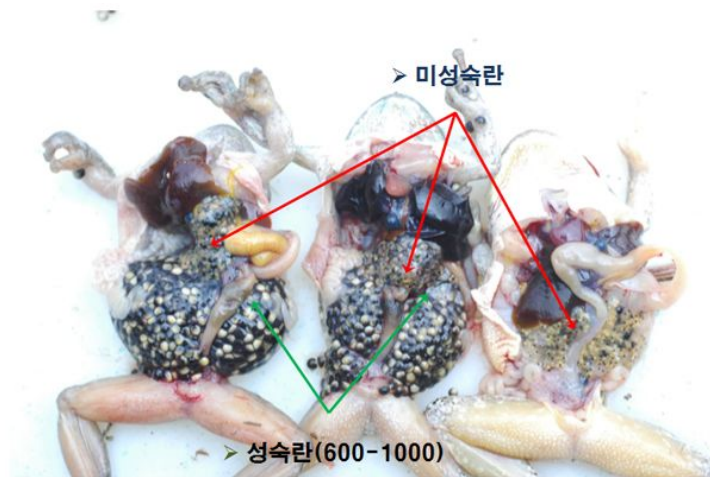


Fig. 11. Internal organs of *Hyla japonica*.

죽은 암컷을 해부하여 관찰한 결과, 성숙한 알 수는 600-900개 정도였고, 미성숙란도 관찰되어 무당개구리처럼 1년에 2회 이상 산란하는 것으로 판단된다.

나) 부화

산란한 후 3-5일 정도가 되면 부화되는데 갓 부화한 올챙이의 크기는 6-7mm 정도로 매우 작았다. 4월 말에 산란을 한 것은 약 5일 정도가 지나면 부화하고, 보통 7월 정도에 산란한 것은 부화까지 3일 정도가 걸렸다.

다) 유생의 성장

Table 9. The first and last observation of juveniles

Year	First		Last		Identified frequency
	Date	Site	Date	Site	
2005	May 15	Gwaneumsa	Oct. 13	Orchard	36
2006	May 03	Orchard	Oct. 09	Guideok3-ri	46
2007	May 03	Gangjeongcheon	Sep. 07	Eojungyo	58
2008	May 18	Bilremot	Sep. 17	Eojungyo	41

청개구리의 유생은 4월 중순에서 9월 말까지 관찰되었다. 뒷다리가 생기기까지는 부화한 후 20-26일 정도가 걸리고, 앞다리는 28-36일, 어린개체가 되기까지는 32-41일이 걸렸다. 청개구리의 올챙이는 눈이 양끝에 달려있으며, 약간 튀어나와 있고, 올챙이 배면의 창자가 있는 부분은 완전히 금색을 칠해 놓은 것처럼 보인다. 올챙이가 뒷다리가 나올 때쯤에 꼬리가 붉은 색을 띠는 것이 많았다.

라) 생태행동

청개구리는 다른 개구리들과 달리 발가락에 흡반을 가지고 있어서 어디든지 올라갈 수 있으며 주로 나무 위에서 생활한다. 수컷과 암컷은 울음주머니를 보고 구별할 수 있는데 암컷은 턱 부분이 옅은 노란빛을 띠는 반면, 수컷은 울음주머니를 부풀렸다 줄였다 하기 때문에 턱 부분이 검은 색을 띤다. 포접시 특이한 점은 다른 개구리들과는 달리 포접한 상태로 물 밖을 돌아다닌다는 점이다. 또한 청개구리는 비가 오는 어두운 밤이나 비온 다음날 밤에 주로 산란을 하는데 구애행동이나 울음은 물속이 아니라 주로 물을 떠나 땅위나 바위에서 이루어졌다.

또한 채집해서 수조에 놓아두면 주로 수조 위쪽으로 올라가서 휴식을 취하였다. 청개구리는 산란기간이 길기 때문에 성체와 알이 관찰되는 시기가 비슷하였다.

마) 암, 수의 체장과 체중

Table 10. Morphometrical measurements of *Hyla japonica*

	Sex	No.	Range	Mean±SE	(p)
SVL (mm)	Female	20	43.6-50.1	46.3±0.5	0.000
	Male	38	34.5-47.1	40.0±0.4	
Weight (g)	Female	20	6.5-12.9	8.7±0.4	0.000
	Male	38	4.3-8.2	5.9±0.2	

암컷의 체장은 평균 46.3±0.5mm(Mean±SE), 수컷은 40.0±0.4mm(Mean±SE)이었고, 두 집단 간 평균비교분석(*t*-test) 결과 $p < 0.01$ 로 유의수준 1%에서 암컷과 수컷 간에 체장 차이가 있는 것으로 나타났다. 암컷의 체중은 평균 8.7±0.04g(Mean±SE), 수컷은 5.9±0.2g(Mean±SE)이었고, 두 집단 간 평균비교분석 결과 $p < 0.01$ 로 유의수준 1%에서 암컷과 수컷 간에 체중에 있어 차이가 있는 것으로 나타났다.

라. 맹꽂이

1) 산란 장소

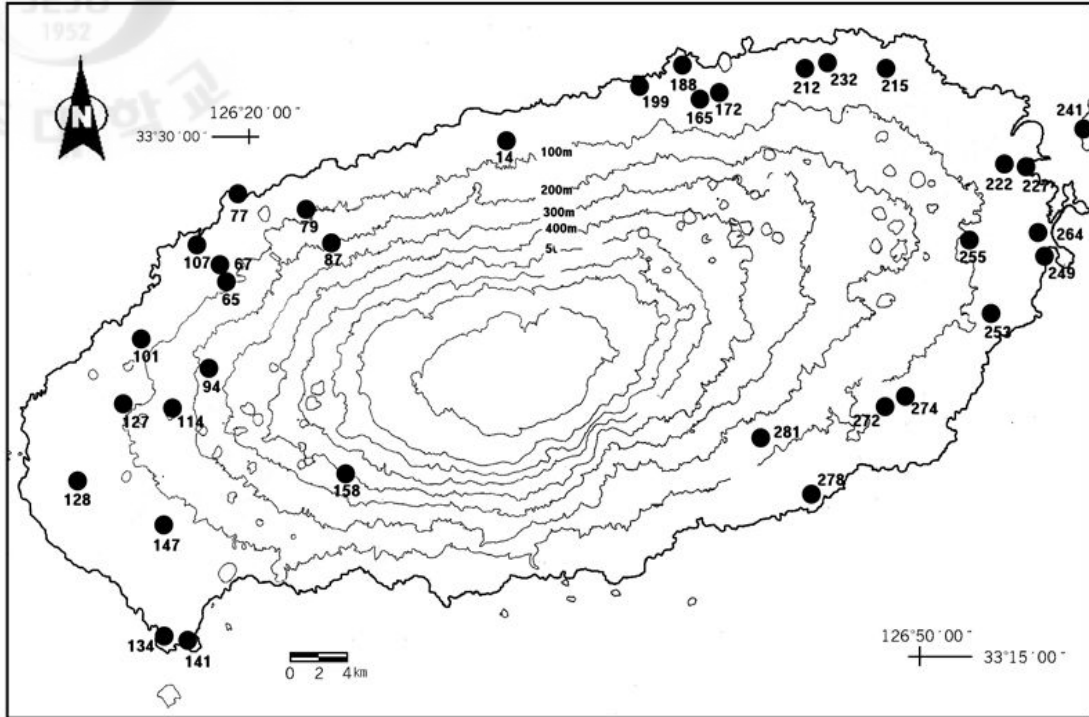


Fig 12. A map showing the spawning sites of *Kaloula borealis* (altitude : 3m ~ 374m).

맹꽂이의 산란은 고도 3m인 애월원담에서 374m인 원물까지 비교적 고도가 낮은 지역에서 확인되었다.

2) 한살이

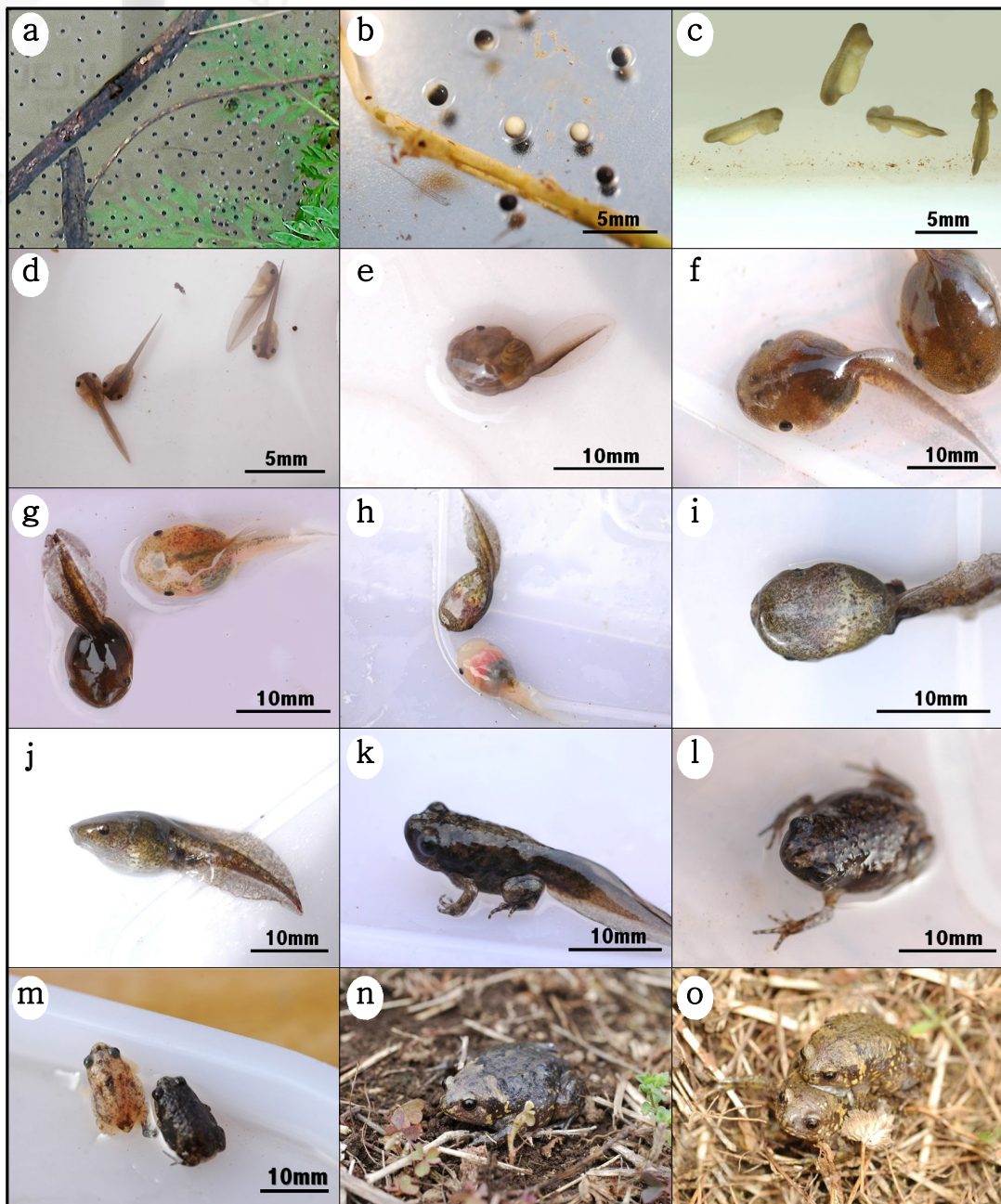


Fig. 13. The life cycle of *Kaloula borealis*. a) One-storied spawn spread on the surface of water, b) New-laid eggs, c) Metaphase of organogenesis, d) New-hatched tadpoles, e) Juvenile 3 days after hatching, f) Juvenile 10 days after hatching, g) Back of albino and general tadpole, h) Belly of albino and general tadpole, i) Black-spots-bellied tadpole, j) Side of tadpole, k) Tadpole with hind and fore legs, l) Froglet, m) Albino and general froglets, n) Adult male, o) Mating position by male's hugging female's armpit.

3) 생태특성

가) 산란

Table 11. The first and last observation of egg clutch

Year	First spawning record		Last spawning record		Spawning frequency per year
	Date	Site	Date	Site	
2005	Jun 26	Eouksaemi	Aug. 24	Eoeum2-ri	15
2006	Jun 08	Sineom	Jul. 25	Wonmul	21
2007	Jun 13	Eouksaemi	Aug. 06	Sineom	22
2008	May 28	Wonmul	Aug. 11	Eouksaemi	16

맹꽁이는 주로 장마철(6월-8월) 비가 와서 물이 고이는 곳에 산란하며, 알은 물위에 하나씩 띄워 산란하고 금방 산란한 알은 검은 동물극과 하얀 식물극이 뚜렷이 구분된다. 또한 다른 양서류 유생이 있는 곳에는 거의 산란하지 않지만 청개구리와는 산란장소가 일치하였다. 즉, 드물게 다른 양서류 유생이 있는 곳에 산란하기도 하지만 거의 대부분의 맹꽁이의 산란 장소에서 청개구리 유생만 관찰되었다. 다른 양서류와는 달리 날개로 물에 띄워 산란을 하기 때문에 난괴(알 덩어리)를 볼 수 없으며 한 번에 몇 개의 알을 산란하는지도 알 수 없었다. 다만 로드킬 당한 맹꽁이 암컷의 배를 해부한 결과 1,500에서 2,500개의 알이 들어 있었다.

나) 부화

산란한 지 하루 만에 부화하여 같은 시기에 산란한 다른 개구리(청개구리, 참개구리)들이 3일에서 5일정도 걸리는 것에 비해 매우 빨리 부화하였다. 부화시기가 하루밖에 안되기 때문에 갓 부화한 올챙이는 크기가 갓 부화한 다른 개구리 올챙이보다 매우 작아 5-6mm정도였다. 다른 개구리들은 부화기간이 계절에 따라 차이가 있는데 비해 맹꽁이는 산란시기가 여름이라 수온이 일정하게 따뜻해서 대부분 하루 만에 부화하였다. 또 수면에서 부화된 올챙이들은 2-3일간 물속의 풀잎이나 돌에 붙어 있다가 이가 난 후에 먹이활동을 시작하였다.

다) 유생의 성장

Table 12. The first and last observation of juveniles

Year	First		Last		Identified frequency
	Date	Site	Date	Site	
2005	Jun 27	Eouksaemi	Sep. 14	Eojungyo	25
2006	Jun 09	Sineom	Aug. 24	Wonmul	32
2007	Jun 14	Eouksaemi	Aug. 27	Sineom	37
2008	May 29	Wonmul	Aug. 31	Eouksaemi	23

성장속도 또한 빠른 편이다. 일반적으로 뒷다리는 부화한 후 약 25일, 앞다리는 35일 만에 나왔으며, 37일 후 어린 개체가 되었다. 산란장소인 습지에서는 환경 조건에 따라 3일에서 7일 정도 차이가 있는 것으로 나타났다. 맹꽂이 올챙이는 다른 올챙이들과 달리 머리 쪽이 넓적한 모양을 하고 있으며, 눈이 머리 옆으로 나있다. 등면은 다른 양서류의 유생과는 달리 검은 색을 강하게 띄고 배면은 어릴 때 회색빛을 띄다가 뒷다리가 날 때쯤 얼룩무늬가 된다. 맹꽂이 올챙이의 피부는 매우 약해서 쉽게 상처가 난다. 올챙이는 부화한 후 20일 정도까지는 거의 도피행동을 하지 않고 먹이활동을 하지만 20일이 지나면 재빨리 헤엄치며 자신의 위치를 바꾸거나 돌 밑에 숨는 도피행동을 하기 시작하였다. 특히 알비노 올챙이의 경우는 일반 올챙이보다 도피행동이 심하며 거의 몸을 숨겨 관찰되지 않았다.

꼬리가 거의 없어진 맹꽂이 새끼들은 한꺼번에 많이 모여 있으며 밖으로 나와 물가에 주로 있다가 다가가면 뛰어 도망가거나 물속으로 뛰어들었다가 바위나 물풀 위로 올라갔다. 새끼 맹꽂이들은 한동안 습지를 떠나지 않고 그 가까이 습한 곳에서 먹이활동을 하다가 일정기간이 지나면 인근 지역으로 분산하는 것으로 생각된다.

라) 생태행동

맹꽂이는 머리가 아주 작으며 앞다리뿐만 아니라 뒷다리도 짧고 가늘어 뛰어 오르거나 뛰면서 이동하지 못하고 거의 대부분 기어 다녔다. 또 아래 턱 앞쪽 끝

에 1개의 울음주머니가 있으며, 산란철에는 땡-, 땡- 거리며 아주 시끄럽게 운다. 또한 포접할 때는 수컷의 배 밑에서 끈끈한 물질이 나와 암컷의 등에 잘 달라붙을 수 있으며, 수면에 떠서 이동하면서 산란하였다. 서식지에서 산란장소로, 산란장소에서 서식지로의 이동은 주로 밤에 이루어지며, 어둠이 완전히 내린 오후 9시 30분경부터 시작되었다. 이 과정에서 도로를 건너는 경우 큰 피해를 보기도 하는데 실제 대정읍 보성리 산란장소 근처의 도로는 야간에 교통량이 매우 적은 곳이지만 500여 마리가 차에 쳐 때죽음을 당하는 것이 관찰되었다.

맹꽁이는 무당개구리와 같이 주로 밑에는 물이 있고, 사이에 공간이 있는 돌 밑이나 흙을 파고 들어가 휴식을 취하며 주로 밤에 먹이활동을 하였다. 먹이행동은 다른 개구리들과 마찬가지로 먹이가 움직이면 먹이 근처로 이동하고 다시 먹이가 움직이면 혀와 몸을 동시에 움직여 재빨리 먹이를 낚아챈다. 이때 먹이가 약3초 이상 움직이지 않으면 그냥 지나쳐 버리는 것으로 보아 움직이는 것은 쉽게 감지하지만 시력은 좋지 않은 것으로 생각된다. 새끼맹꽁이의 경우 먹이활동이 활발해서 낮에도 먹이활동을 하는 것으로 보이며, 이때 백로류나 다른 새들의 먹이가 되기도 한다. 알비노 새끼맹꽁이는 특히 먹이활동을 하다가도 보호색이 되지 않기 때문에 순간순간 바위나 나무 밑으로 재빨리 숨는다. 겨울잠은 주로 땅 속에서 자며 커다란 바위 밑이나 돌무더기 밑, 돌담 틈의 흙이 있는 곳에서 자기도 한다.

마) 암, 수의 체장과 체중

Table 13. Morphometrical measurements of *Kaloula borealis*

	Sex	No.	Range	Mean±SE	(p)
SVL (mm)	Female	18	45.1-55.3	48.5±0.6	0.001
	Male	42	37.6-54.9	45.2±0.6	
Weight (g)	Female	18	13.2-21.5	17.1±0.7	0.000
	Male	42	7.1-21.9	12.1±0.5	

암컷의 체장은 평균 48.5±0.6mm(Mean±SE), 수컷은 45.2±0.6mm(Mean±SE)였으며 두 집단 간 평균비교분석(*t*-test) 결과 $p < 0.01$ 로 유의수준 1%에서 암컷과

수컷 간에 차이가 있는 것으로 나타났다. 암컷의 체중은 평균 $17.1 \pm 0.7\text{g}(\text{Mean} \pm \text{SE})$, 수컷은 $12.1 \pm 0.5\text{g}(\text{Mean} \pm \text{SE})$ 이었다. 두 집단 간 평균비교분석 결과 $p < 0.01$ 로 유의수준 1%에서 암컷과 수컷 간에 차이가 있는 것으로 나타났다.

마. 참개구리

1) 산란 장소

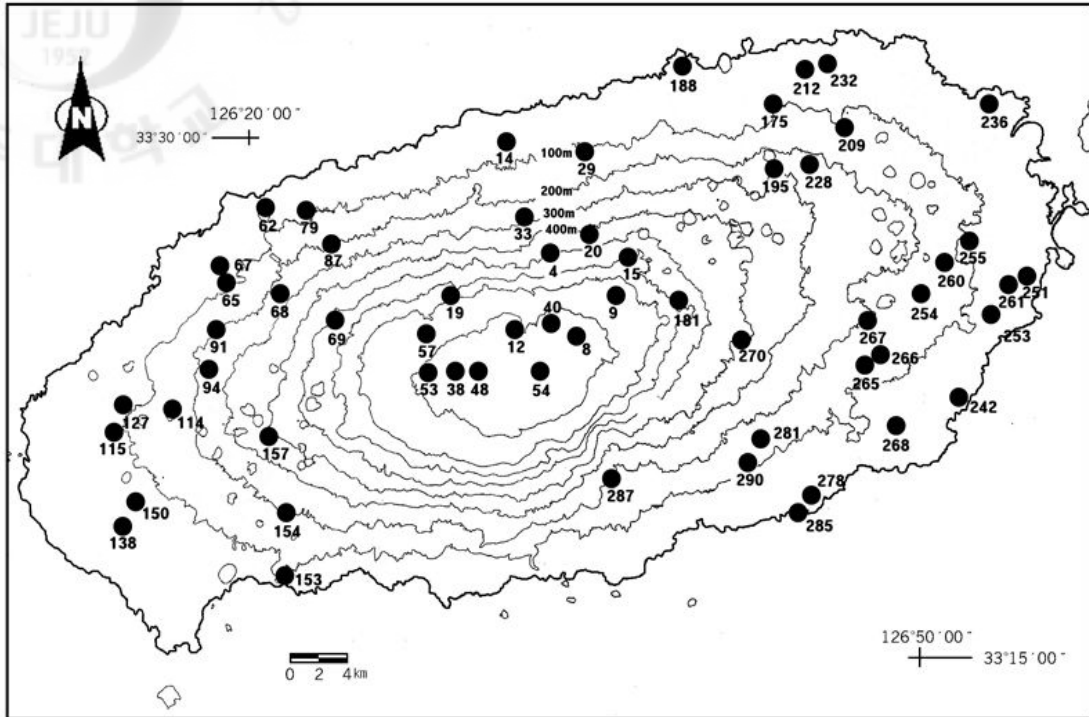


Fig. 14. A map showing the spawning sites of *Rana nigromaculatus* (altitude : 13m ~ 1,950m).

참개구리의 산란은 고도 13m인 남생이못에서 1,950m인 백록담까지 제주도 전역에서 확인되었다.

2) 한살이

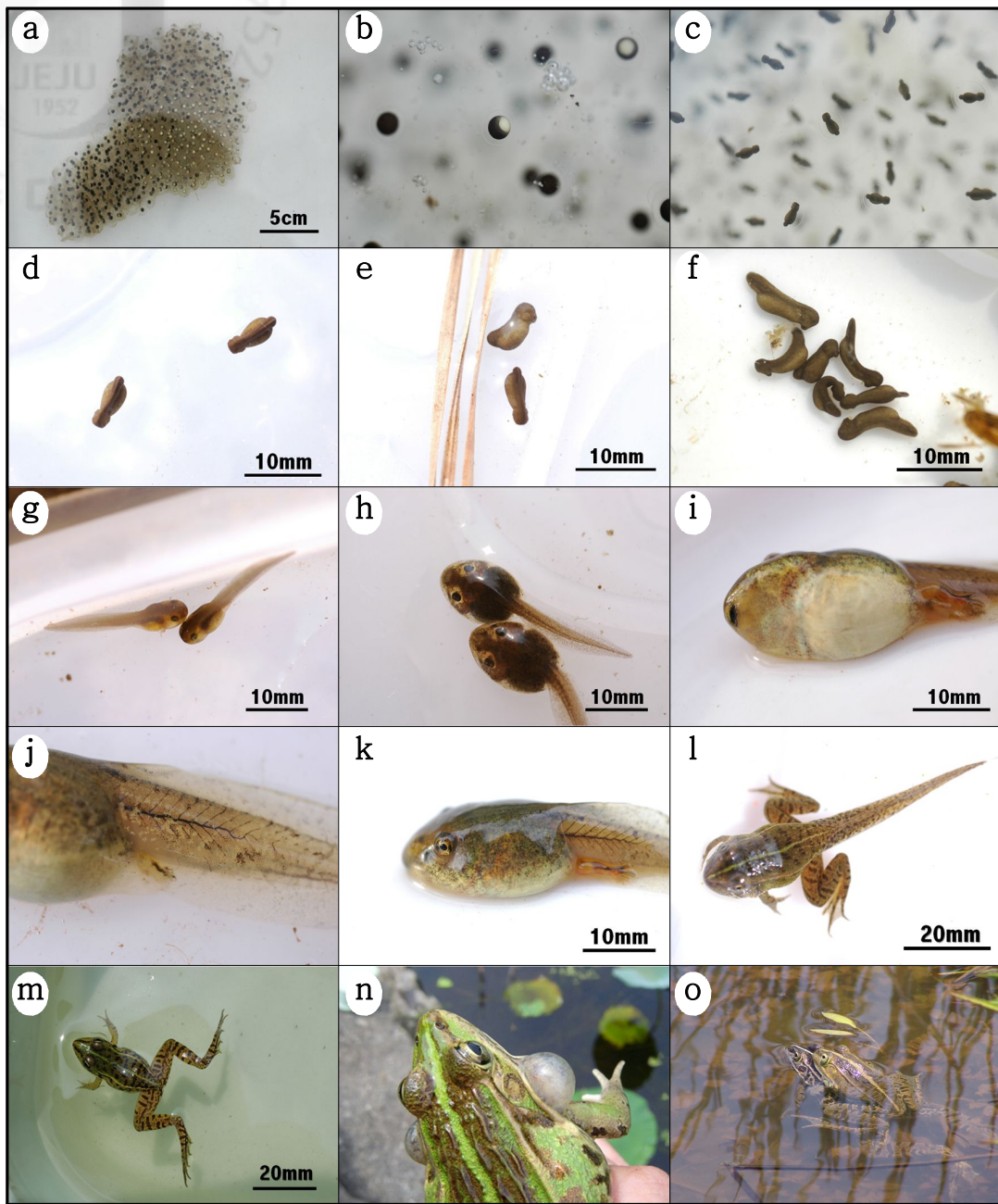


Fig. 15. The life cycle of *Rana nigromaculatus*. a) Egg spawned in a form of cluster, b) New-laid eggs, c), d) and e) Metaphase of organogenesis periods, f) Telophase of organogenesis periods, g) New-hatched juvenile, h) Tadpole 7 days after hatching, i) White-bellied tadpole, j) Tadpole with processes of hind legs, k) Tadpole with hind legs, l) Tadpole with hind and fore legs, m) Froglet, n) Male with a vocal sag on both sides, o) Form of hugging.

3) 생태 특성

가) 산란

Table 14. The first and last observation of egg clutch

Year	First spawning record		Last spawning record		Spawning frequency per year
	Date	Site	Date	Site	
2005	May 19	Jeongmul	Jul 15	Bilremot	13
2006	May 09	Myosanbong	Jul 09	Bilremot	22
2007	May 19	Dongbaekdongsan	Jun 27	Hadeokcheon	25
2008	Apr. 12	Bilremot	Jun 30	Seongpangyo	18

2008년은 날씨가 춥지 않아 4월에 처음 산란하였으나, 참개구리의 산란은 보통 5월부터 시작되었다. 이는 다른 개구리들에 비해 비교적 산란시작 시기가 늦은 편이다. 또한 1년에 한번 산란을 하는데, 하나의 알 덩어리 형태이고 대체로 알 수는 3,000~5,000개 정도이며, 물풀이 많고 비교적 수심이 깊은 물이나 연못가에 산란하였다. 물고기가 있는 연못에도 가끔 산란을 하는데 이런 연못의 올챙이는 생장이 빠르고 몸이 크며 행동이 빠른 특징이 있다. 그리고 산란을 할 때는 수심이 얕은 곳에 무리를 지어 산란하며 집단을 이룬다. 알의 형태는 북방산개구리와 비슷하지만, 알 덩어리의 점성은 점성이 강한 북방산개구리 알 덩어리와 달리 산란한 후 2-3일 정도가 지나면 점성이 약해져 각각 알이 흩어진다.

나) 부화

4월초에 산란을 한 알은 부화기간이 7일정도 걸리지만, 5월말에서 6월초에 산란된 알은 3-5일 정도로 부화기간이 짧았다.

다) 유생의 성장

Table 15. The first and last observation of juveniles

Year	First		Last		Identified frequency
	Date	Site	Date	Site	
2005	May 26	Eouksaemi	Aug. 02	Bilremot	28
2006	Apr 25	Geolwolimot	Jul. 28	Bilremot	38
2007	May 30	Dongbaekdongsan	Aug. 07	Honinji	34
2008	May 15	Bilremot	Sep. 11	Hadeokcheon	21

대체로 5월 중순에서, 8월 중순까지 유생이 관찰되지만 9월에 관찰되기도 하였다. 유생의 먹이는 주로 물에 가라앉은 낙엽과 같은 식물성 먹이나 동물성 먹이인데, 동물성 먹이는 흔치 않아서 대부분 식물성 먹이를 많이 먹었다. 뒷다리는 부화 한 뒤 33-40일 정도가 걸리고, 앞다리는 47-55일이 걸렸다. 또한 어린개체가 되기까지는 53-62일 정도가 걸렸다. 참개구리 올챙이의 등면은 검은 점이 골고루 퍼져있는 얼룩이 있으며 어린 올챙이의 배면은 금가루를 뿌려 놓은 것처럼 보이나 자라면서 흰색이나 연한 노란 색을 띠었다. 붕어(*Carassius auratus*)가 있는 곳에서는 잡아먹히지 않기 위해 성장속도가 빠른 것이라 생각된다.

라) 생태 행동

참개구리는 수컷이 좌우 1쌍의 울음주머니를 가지고 있으며, 다른 개구리들이 바위 밑에 있는 것과는 달리 물가에 나와서 쉬거나 연못 위에서 헤엄치고 있다가 물속으로 숨는 특성이 있다. 또 참개구리는 물에서 구애울음을 울고 암컷이 보이면 재빨리 달려들어 가슴을 껴안으며, 포접 중일 때는 물속으로 잘 숨지 못했다. 산란 후에도 다른 개구리와는 달리 산란장소에 남아서 먹이활동을 하며, 주로 야간에 먹이활동을 하였다.

마) 암, 수의 체장과 체중

Table 16. Morphometrical measurements of *Rana nigromaculatus*

	Sex	No.	Range	Mean±SD	(p)
SVL (mm)	Female	26	68.8-98.5	83.6±1.2	0.000
	Male	71	66.5-85.2	75.4±0.4	
Weight (g)	Female	26	32.1-157.6	69.2±4.6	0.000
	Male	71	26.4-72.6	43.4±0.9	

암컷의 체장은 평균 83.6±1.2mm(Mean±SE), 수컷은 75.4±0.4mm(Mean±SE)였으며 두 집단을 비교분석한(*t*-test) 결과, $p < 0.01$ 로 유의수준 1%에서 암컷과 수컷 간에 차이가 있는 것으로 나타났다. 암컷의 체중은 평균 69.2±4.6g(Mean±SE), 수컷은 43.4±0.9g(Mean±SE)이었다. 두 집단을 비교분석한 결과 $p < 0.01$ 로 유의수준 1%에서 암컷과 수컷 간에 차이가 있는 것으로 나타났다.

바. 북방산개구리

1) 산란 장소

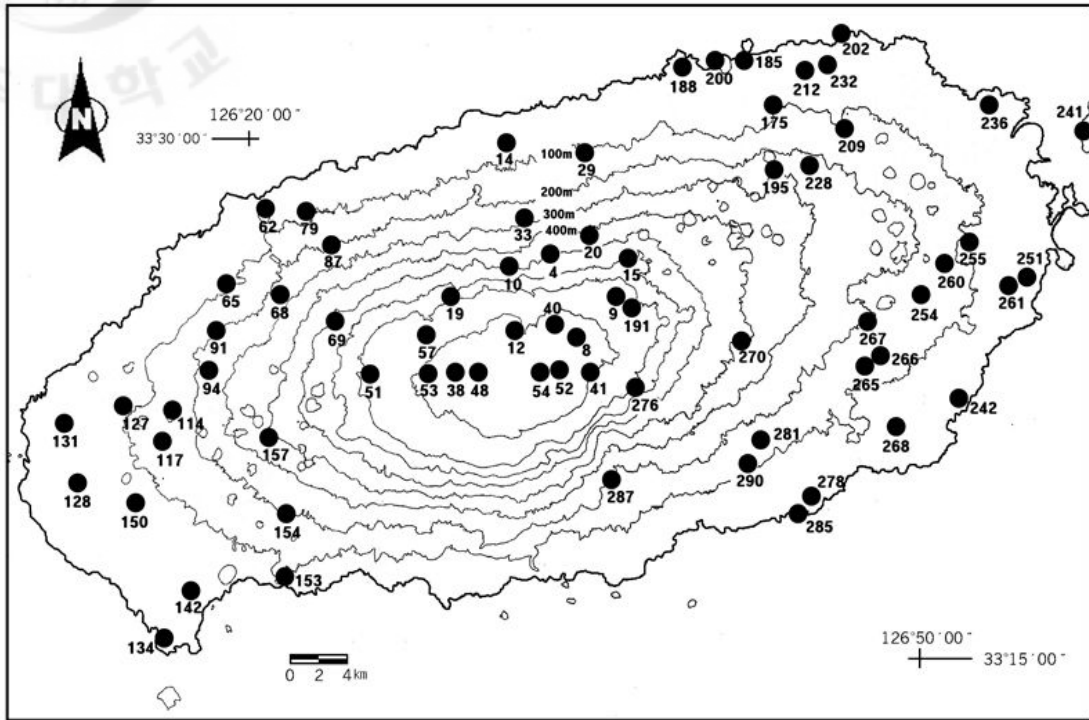


Fig. 16. A map showing the spawning sites of *Rana dybowskii* (altitude : 3m ~ 1,950m).

북방산개구리의 산란은 고도 3m인 애월원담에서 1,950m인 백록담까지 제주도 전지역에서 확인되었다.

2) 한살이

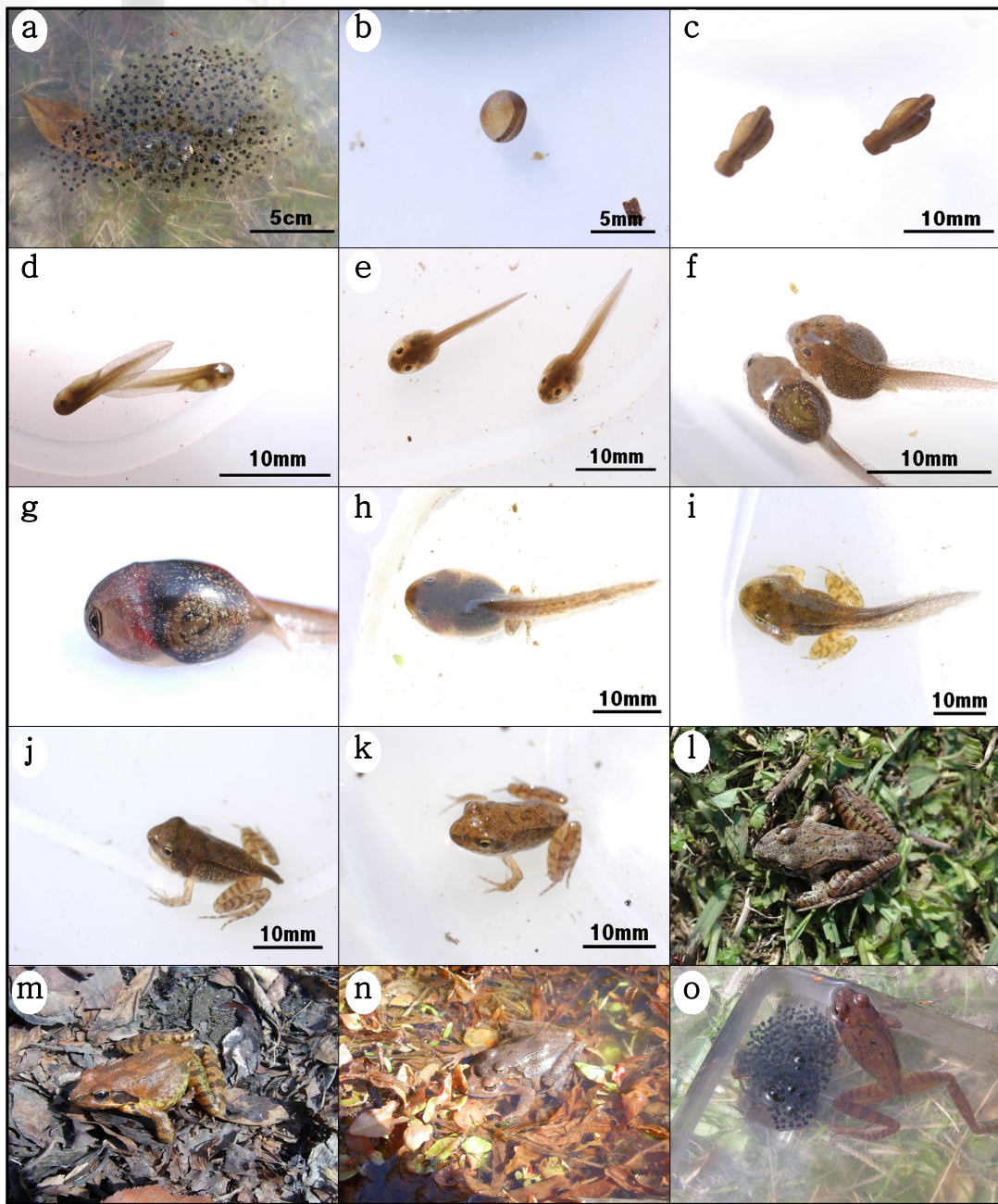


Fig. 17. The life cycle of *Rana dybowskii*. a) Eggs of spawn, b) Early stage of neurula, c) Early stage of organogenesis periods, d) New-hatched juveniles, e) Juveniles 5 days after hatching, f) Juveniles 10 days after hatching, g) Tadpole's golden-spotted belly, h) Tadpole with hind legs, i) Tadpole with hind and left foreleg, j) Tadpole with missing tail, k) Froglet, l) Dark brown male, m) Light brown female, n) Hugging position, o) Female after spawning and a cluster of eggs.

3) 생태 특성

가) 산란

Table 17. The first and last observation of egg clutch

Year	First spawning record		Last spawning record		Spawning frequency per year
	Date	Site	Date	Site	
2005	Feb. 04	Dongbaekdongsan	Apr. 06	Bangseongyo	66
2006	Jan. 24	Gangjeongmot	May 04	Bilremot	156
2007	Jan. 21	Eouksaemi	May 12	Bangseongyo	91
2008	Jan. 21	Bilremot	Apr. 17	Seongpangyo	16

날씨가 따뜻하면 1월 중순에 산란하기도 하나 보통 2월 초에 산란이 시작되었다. 2월 중순-3월 중순까지 대부분 산란하며, 어떤 개체들은 4월과 5월초에 산란하기도 하였다. 계곡이나 한라산국립공원 내에서는 5월 중순까지도 산란하였다. 산란은 한꺼번에 많이 모여서 집단으로 산란하는데 같은 곳에 산란을 하면 수정될 확률이 높기 때문으로 생각된다.

계곡(방선교)에서는 비온 다음 날 물이 흐르지 않을 때 한꺼번에 40-50덩어리를 산란한 것이 관찰되었다. 알 덩어리들은 서로 강하게 접촉되어 있어서 떼내려 가지 않으며, 물이 마르더라도 습기와 그늘이 져 있어 쉽게 말라죽지 않고 다음에 비가 오면 쉽게 물이 차 오르기 때문에 부화되어 살아남을 확률이 높은 것으로 보인다.

깊은 곳에 산란하면 수온이 낮아져 부화가 늦어지기 때문에 얕은 곳에 산란을 하는데 계곡과는 달리 일반습지의 얕은 곳에 산란한 것들은 물이 마르면 햇빛에 노출되어 말라죽는 경우가 많았다. 계곡의 물웅덩이에 산란하는 경우도 종종 관찰되었다(제주C.C, 학림교). 노출된 하천에서는 주로 물이 흐르지 않고 고여 있으며 비가 와서 물이 불어도 물이 잘 올라오지 않는 높은 곳에 산란하였다.

산란 직후에는 알 덩어리가 5cm정도로 작았으나 얼마 지나지 않아 우무질이 부풀어 올라 커졌으며 하루가 지나면 15-20cm로 커졌다. 다 부풀어진 알덩어리는 참개구리알과는 달리 점성이 강해 부화 직전까지 흐트러지지 않는다. 하나의

난괴에 들어있는 알은 환경이나 개구리의 크기에 따라 차이가 있으나 대략 500-2,000개 정도이며, 산란 직후에는 흰색을 띠는 식물극과 검은색을 띠는 동물극이 뚜렷하게 구분되었다.

나) 부화

2월 중순에 부화하는 것도 있으나 주로 3월 초부터 부화하기 시작하였다. 부화기간은 날씨가 추워지면 30일 이상 걸리는 것도 있으며, 따뜻하면 2월 중순에 산란한 것들은 15일, 3월 중순에 산란한 것들은 10일 정도 걸리며, 5월에 산란한 것들은 부화될 때 까지 5일 밖에 걸리지 않았다.

계곡에 산란한 것들 중 그늘이 진 곳은 부화가 느리지만, 햇빛에 노출된 것들은 오히려 일반습지보다 빨리 물이 데워지기 때문에 부화가 빨라져 4월 말에 산란한 것들은 3일 만에 부화하기도 하였다.

부화된 어린 올챙이들은 하루정도 그 자리에 그대로 있다가 1-2일 지나면 우무질을 빠져나와 나뭇잎이나 돌에 붙어서 2-3일정도 더 지낸 다음 부화 된지 3-5일정도 지난 후 먹이 활동을 하였다.

다) 유생의 성장

Table 18. The first and last observation of juveniles

Year	First		Last		Identified frequency
	Date	Site	Date	Site	
2005	Feb. 20	Myeongdoam	Aug. 02	Bangseongyo	36
2006	Feb. 13	Gangjeongmot	Aug. 05	Jwarangmot	107
2007	Feb. 05	Inhyangmot	Jul. 28	Eojungyo	71
2008	Feb. 28	Hakrimgyo	Jul. 29	Seongpangyo	12

갓 부화한 올챙이들은 크기가 1cm정도이며, 3월초에 부화한 올챙이들은 5-7일정도 있다가 먹이활동을 하였으며, 3월초에 부화한 올챙이들은 3-5일 정도, 5월에 부화한 올챙이들은 2-3일 후에 먹이활동을 하였다.

올챙이들은 먹이활동을 왕성하게 하며 성장을 하는데, 어느 정도 큰 올챙이들

은 도피행동을 하며, 돌 밑에 주로 숨어 있거나 가만히 있다가 재빨리 몸을 움직이는 행동을 하였다. 이 시기가 주로 새들이 많이 보이는 시기인데, 새들이 도피행동에 영향을 주는 것으로 생각된다. 뒷다리가 나올 때에는 도피행동이 더 심해지며 앞다리가 나오고, 꼬리가 없어질 때까지 계속된다. 올챙이일 때는 배면의 색이 금가루를 뿌려놓은 것처럼 되어 있다가 앞다리가 나오고 꼬리가 없어지면 서 열은 회색으로 서서히 바뀌었다.

뒷다리가 나올 때 까지는 부화한 다음 대략 40-50일정도 걸리며, 앞다리가 나올 때 까지는 뒷다리가 나온 후 10-15일정도 걸리고 앞다리는 완전히 만들어져 나오는데, 보통 왼쪽부터 나왔다. 꼬리가 없어지는 기간은 뒷다리가 나온 후 5-7일정도 걸렸다.

꼬리가 거의 없어진 개구리 새끼들은 한꺼번에 많이 모여 있으며 밖으로 나와 물가에 주로 있다가 다가가면 뛰어 도망가거나 물속으로 뛰어들었다가 바위나 물풀 위로 올라갔다. 새끼 개구리들은 한동안 습지를 떠나지 않고 그 가까이 습한 곳에서 먹이활동을 하였다.

라) 생태행동

수컷들은 산란기가 다가오면 산란장 근처의 돌 밑이나 통나무 밑에서 주로 휴식을 취하고 있다가 집단 산란이 이루어 질 때 산란장에서 헤엄치며 생식활동을 하였다. 산란기에 수컷들은 산란 장소에 많이 남아, 다음 짝짓기를 기다리지만 암컷들은 산란 후 산란장소를 빠져나가 버렸다. 따라서 산란장의 물속을 헤엄치는 개구리는 대부분 수컷이다. 암컷이 있으면 산란 장소에서는 항상 포접을 하고 있으며, 암컷이 한두 마리일 경우 수컷들이 때로 물려들어 암컷을 조이는데 암컷의 배가 터져 알이 흘러나오기도 하였다.

산란기가 지나면 수컷들도 산란장을 빠져나가 야산으로 이동한다. 낮에는 바위 밑이나 통나무 밑 습한 곳에서 휴식을 취하다가 주로 밤에 먹이활동을 하는 것으로 보인다. 또한 수컷은 앞발 엄지발가락 밑에 육피(생식혹)가 있어 암컷과 구별되며 크기가 조금 작고 색이 암컷에 비해 짙은 갈색이다.

주로 비가 오는 야간에 이동을 많이 하는데 그 이유는 피부가 마르지 않으며, 천적을 피할 수 있기 때문으로 판단된다. 하지만 도로가 많기 때문에 도로로 이

동하는 것들은 로드킬을 당하는 경우가 많았다.

마) 암, 수의 체장과 체중

Table 19. Morphometrical measurements of *Rana dybowskii*

	Sex	No.	Range	Mean±SD	(p)
SVL (mm)	Female	66	53.8-82.0	67.8±0.8	0.000
	Male	204	41.3-60.7	50.1±0.3	
Weight (g)	Female	66	14.7-60.6	34.0±1.2	0.000
	Male	204	6.4-20.3	12.4±0.2	

암컷의 체장은 평균 67.8±0.8mm(Mean±SE), 수컷은 50.1±0.3mm(Mean±SE)였으며, 두 집단 간 평균비교분석(*t*-test) 결과 $p < 0.01$ 로 유의수준 1%에서 암컷과 수컷 간에 체장 차이가 있는 것으로 나타났다. 암컷의 체중은 평균 34.0±1.2g(Mean±SE), 수컷은 12.4±0.2g(Mean±SE)이었다. 두 집단 간 평균비교분석 결과 $p < 0.01$ 로 유의수준 1%에서 암컷과 수컷 간에 체중 차이가 있는 것으로 나타났다.

사. 황소개구리

1) 산란 장소

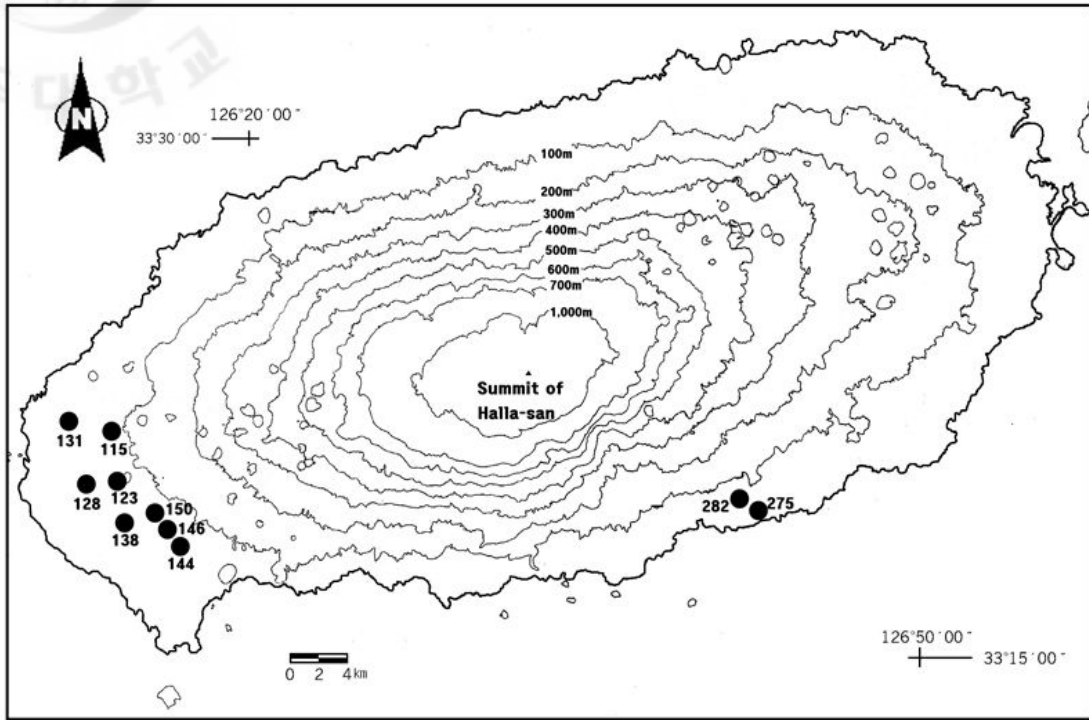


Fig. 18. A map showing the spawning sites of *Rana catesbeiana* (altitude : 34m ~ 96m).

황소개구리의 산란은 고도 34m인 한고못에서 98m인 인향못까지 비교적 고도가 낮은 서쪽지역에서 관찰되었다.

2) 한 살이

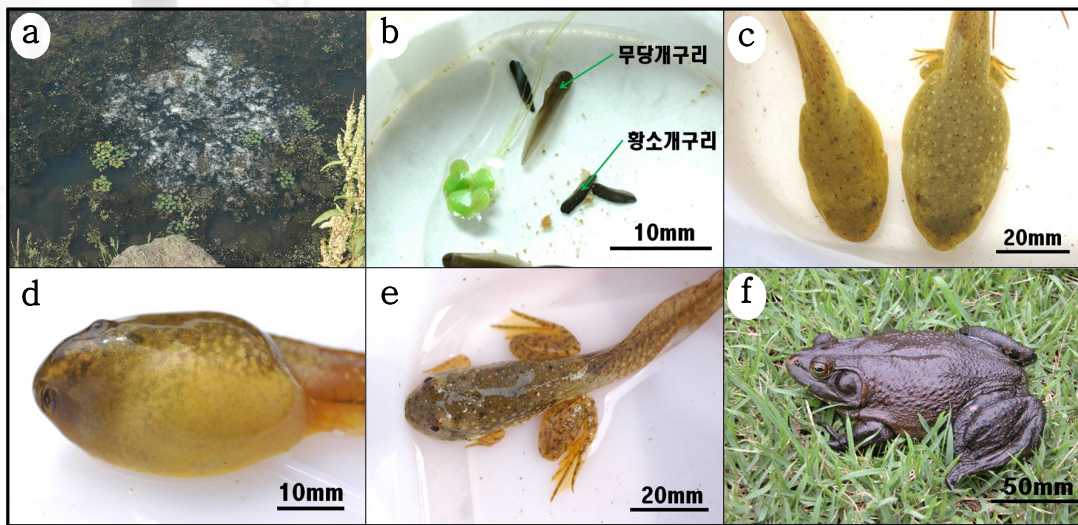


Fig. 19. The life cycle of *Rana catesbeianus*. a) Widely spread egg clutch, b) New-hatched juveniles of *Rana catesbeianus* and *Bombina orientalis*, c) Tadpole's black-spotted back, d) Red-yellow-bellied tadpole, e) Tadpole with hind and fore legs, f) Adult (female).

3) 생태 특성

Table 20. The spawn date

Year	Date	Site
2005	Jun 06	Gwangjimot
2006	Jun 14	Yeogguimot
2007	July 27	Yeogguimot
2008	May 15	Yeogguimot

황소개구리는 5-6월에 산란하며 알 덩어리가 매우 크고 알은 수면 위에 떠있으며, 보통 6,000개에서 4만개의 알이 들어있다. 갓 태어난 올챙이의 크기는 무당개구리 올챙이보다 작았다(Fig. 17. b). 어린 개구리는 머리부터 등에 걸쳐 녹색을 띠고 있고 성장에 따라 흑색으로 바뀌었다. 올챙이 때에는 수초 등의 식물질을 먹는다. 어린 개구리의 성장속도는 매우 빨라 부화된 지 2년 후에는 어린 개구리로 자라며, 몸의 크기는 12~20cm 전후, 체중은 평균 200~400g이었다. 3년

정도면 몸통길이 약 15cm, 뒷다리길이 약 25cm, 몸을 완전히 편 길이 40cm정도나 된다. 성체는 곤충 외에 물고기·개구리(소형)·가재·조개류 등을 먹는다. 연못이나 웅덩이에서 살며 거의 물가를 벗어나지 않지만, 비오는 밤에는 멀리까지 이동한다. 황소개구리의 올챙이는 국내 토종 개구리와 달리 알에서 부화된 그해 개구리로 탈바꿈하지 않고 2년 후에 개구리로 성장하며 겨울에도 동면하지 않는 독특한 생활사를 갖고 있다.

황소개구리의 머리 부분은 넓고 편평하며, 몸 빛깔은 환경에 따라 차이가 있지만 일반적으로 수컷은 검은빛을 띤 녹색이고 희미하게 검은빛을 띤 갈색 무늬가 많으며, 암컷은 갈색 바탕에 검은빛을 띤 갈색 무늬가 많다. 눈 뒤에 고막이 있으며, 수컷의 고막은 암컷보다 크다.

1970년대 말 제주도에 도입된 이래, 현재 한경면, 대정읍에 주로 분포한다(오와 홍, 2007). 이례적으로 남원읍 남원리의 광지못과 수은못에도 서식하는데 인위적인 요소가 영향을 준 것으로 보인다. 근래에 황소개구리의 개체수가 크게 감소했는데, 육지의 경우 두꺼비와 산란지를 공유하며, 경쟁으로 인한 자연감소가 큰 원인으로 생각된다. 제주도의 경우 산란지의 부족이 자연감소의 가장 큰 원인으로 생각된다.

5. 요 약

현재 제주도에 는 제주도롱뇽, 두꺼비, 무당개구리, 청개구리, 맹꽁이, 참개구리, 금개구리, 옴개구리, 북방산개구리와 외래 도입종인 황소개구리를 포함하여 2목 6과 10종의 양서류가 서식하는 것으로 보고되었다. 그러나 제주도의 양서류 연구사 (Table 1)에서 볼 수 있듯이 두꺼비는 백 등(1985), 백남극(1990)에 의한 채집 기록이 있을 뿐 다른 연구에서는 채집기록이 없다. 또한 두꺼비의 산란지가 호수나 저수지, 댐과 같이 수심이 깊고 넓은 곳이어서(양 등, 2001) 제주도에 는 고산저수지나 광령저수지, 수산저수지 정도가 산란장소가 될 수 있는데, 이들 3곳에서 두꺼비의 알, 유생, 성체를 관찰할 수 없었다. 옴개구리의 경우도 백 등(1985), 백남극(1990)이 채집하였다는 기록이 있을 뿐 다른 연구보고에서는 채집한 기록이 없으며, 옴개구리의 서식지는 주로 유속이 느린 하천이나 계곡의 맑은 물이 흐르는 곳인데(양 등, 2001), 옴개구리가 관찰되었다는 한림읍 신흥리 괴물동은 존재하지 않는 마을이고, 천지연폭포 하류의 경우 주연성 어류가 많아 산란하거나 서식처로는 적합하지 않은 곳이라 판단된다.

금개구리는 유일하게 양과 류(1978)에 의해 표본(제주도, May 8, 1960, 서울대)만으로 기록되었을 뿐 지금까지 채집되었거나 관찰된 기록이 없었고, 본 연구기간에도 관찰되지 않아 제주도에 는 서식하지 않는 것으로 사료된다.

결론적으로 1990년 이후 수집 건의 연구조사에서 두꺼비와 금개구리, 옴개구리는 관찰되었거나 채집된 기록이 없으며, 특히 지난 6년간의 조사에서도 두꺼비, 옴개구리, 금개구리는 관찰된 바 없었다. 이러한 현지 조사 결과를 근거로 제주도에 는 제주도롱뇽, 무당개구리, 청개구리, 맹꽁이, 참개구리, 북방산개구리와 외래 도입종인 황소개구리를 포함하여 2목 5과 7종의 양서류가 서식하고 있다고 판단된다.

Ⅲ. 북방산개구리의 생활사

1. 서론

습지 생태계에서 먹이 연쇄의 중간 단계로 중요한 생태적 지위를 차지하는 양서류는 진화적으로 볼 때 최초의 육상 생활을 시작한 척추동물이다. 기나긴 진화 과정에서 축적된 유전적 구조가 종마다 독특하여 생김새, 색깔, 서식처는 물론이고, 산란장소, 산란 시기, 알 덩어리와 올챙이의 모습이 가지각색이다. 특히 수정란이 성체로 자라기까지의 과정은 물에서 이루어지므로 환경오염의 영향 연구와 생물 다양성의 변화에 대한 연구 및 수질의 평가에 중요한 모델이 된다 (Landres et al., 1988).

지난 반세기동안 세계 도처에서 진행되고 있는 환경오염 및 서식지의 감소는 양서류의 다양성을 크게 감소시켰고(Houlahan et al., 2000), 우리나라의 경우에도 많은 면적의 산림과 습지 등 양서류의 주요 서식지가 택지 조성, 산업 시설, 관광지 개발 및 도시 계획으로 인해 파괴되고 있으며(박병상, 1994), 이에 따라 양서류 서식밀도 및 다양성이 빠르게 감소하여 2006년 보고된 바로는 남한에는 고작 18종(남북한 22종)밖에 서식하지 않게 되었다(국립환경과학원, 2009).

사실 제주도에서도 도로개발, 골프장 건설, 택지개발, 농약사용, 금붕어와 미꾸라지의 무분별한 방류 등으로 양서류의 서식지가 사라지고 개체수가 크게 줄고 있는 추세이다. 그러나 한국산 양서류에 대한 최근의 다양한 생물학적 정보를 담은 자료는 물론이고, 그러한 연구의 기반이며 종 보전 활동에 중요한 기반을 제공하는 기초 자료조차 거의 없는 것이 우리의 현실이다.

북방산개구리는 제주에서 처음 산란하는 양서류로 개체수가 풍부하여 습지 생태계에서 매우 중요한 생태적 지위를 차지하는 종이다. 본 연구는 북방산개구리의 분포, 산란, 부화, 성장 등의 생태를 밝혀 종 다양성의 확보와 서식지 보전에 필요한 자료를 제공하기 위하여 이루어졌다.

2. 재료 및 방법

가. 연구기간

북방산개구리를 비롯한 제주도 양서류의 산란 및 초기성장 연구를 위한 사전 조사 및 선행연구조사는 2004년 2월부터 10월 사이에 이루어졌으며, 연구계획 수립 및 인공연못 조성은 2004년 11월부터 2005년 1월 사이에 이루어졌다. 본 연구의 산란지 조사 및 실험사육은 2005년 2월 1일에서 2006년 7월 15일까지 시행되었다. 부화과정과 생태특성 등의 제반 연구 활동은 2010년 10월까지 계속 이루어졌다.

나. 조사지역 : 제주도 전역

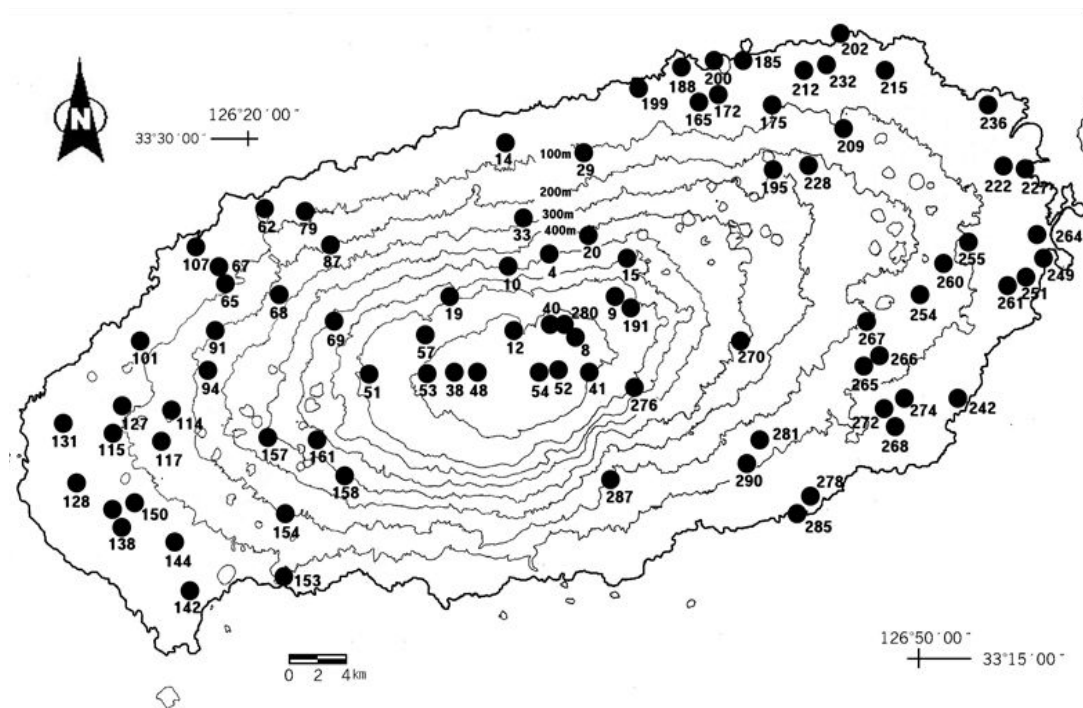


Fig. 20. A map showing the survey areas in Jeju Island (altitude : 3m ~ 1,950m).

다. 연구방법

본 연구는 제주여자고등학교 뒤 과수원에 인공 연못을 조성하고 현지 조사와 병행하여 자연 상태와 인공 상태를 비교함으로써 변수를 최소화하고자 했다.

1) 설문조사, 자연 조사 및 채집

- 제주도 제주여자고등학교, 서귀포시 남주고등학교 전교생 서식지 설문조사
- 각 읍면 지역의 중학교 3학년들을 대상으로 서식지 설문조사
- 주간조사 및 채집 264일, 야간조사 및 채집 55일(2006. 02. - 2010. 10.)

2) 인공연못 제작

가) 제작목적

- 자연 상태를 매일 관찰할 수 없으므로 학교 뒤 과수원에 인공연못을 조성하여 자연 상태와 최대한 비슷하게 하여 매일 관찰하기 위해 제작하였으며, 인공연못과 자연 상태를 비교하였다.

나) 제작방법

- 수위 조절의 용이성을 고려하여 땅을 파지 않고 시멘트 블록 (39×19×15 cm) 2개 높이로 인공연못(180×390cm)을 2개 조성하고 물이 스며들지 않는 특수 장판을 깔아서 물을 막았다.
- 연못 속에는 타원형의 플라스틱 통(75× 56× 31cm)을 24개 놓고 약 25cm 정도 물이 항상 고여 있게 제작하였다.
- 물은 조사지 연못의 물을 1/3 사용하고 2/3는 지하수를 10일 동안 받아 놓고 혼합하여 사용하였다.
- 수생식물도 조사지에서 채집한 식물을 이용하였다.
- 천적인 새나 고양이 또는 잠자리의 침입을 막기 위해 가로, 세로 각 0.5cm의 그물망을 설치하였으며, 쉽게 관찰을 할 수 있도록 열고 닫을 수 있게 만들었다.

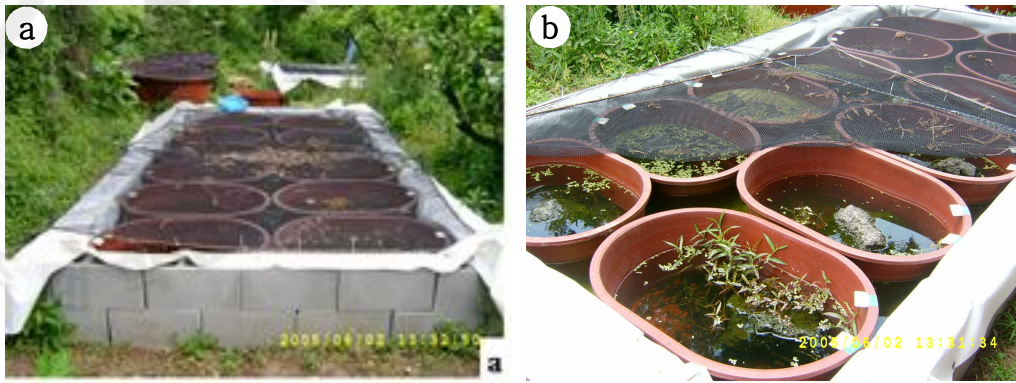


Fig. 21. An artificial pond made to study the spawning, hatching and growth of juvenile of *Rana dybowskii*. a) Covered with the net, b) Uncovered.

3. 결과 및 고찰

가. 산란

북방산개구리는 날씨가 따뜻하면 1월 중순에 산란하기도 하나 보통 2월 초에 산란이 시작되는데, 2005년부터 2008년까지의 기록을 보면 최초산란시기가 점차 빨라지는 경향을 보였다(Table. 21). 또한, 월별 산란현황을 살펴보면, 2월 중순-3월 중순까지 대부분 산란을 하며 늦은 것은 4월에도 산란을 하고 5월 초에 산란을 하는 것도 있다(Table. 22). 계곡이나 한라산 국립공원 내에서는 5월 중순까지도 산란을 한다. 산란은 한꺼번에 많이 모여서 집단산란을 하는데 같은 곳에 산란을 하면 수정될 확률이 높기 때문으로 생각된다.

Table 21. The first and last observation of egg clutch

Year	First spawning record		Last spawning record		Spawning Frequency per year
	Date	Site	Date	Site	
2005	Feb 04	Dongbaekdongsan	Apr 06	Bangseongyo	66
2006	Jan 24	Gangjeongmot	May 04	Bilremot	156
2007	Jan 21	Eouksaemi	May 12	Bangseongyo	91
2008	Jan 21	Bilremot	Apr 17	Seongpangyo	16

Table 22. Monthly spawning frequency of *Rana dybowskii*

Year	Month					Total
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	
2005		17	41	7	1	66
2006	1	63	64	21	1	150
2007	3	59	16	9	2	89
2008	3	2	8	3		16
total	7	141	129	40	4	321

계곡에서는 비가 내린 다음 날 물이 흐르지 않을 때 한꺼번에 40-50덩어리를 산란하기도 하는데 알덩어리들은 서로 강하게 접착되어 있어서 떠내려가지 않으며 물이 마르더라도 습기와 그늘이 져 있어 쉽게 말라죽지 않고 다음에 비가 오면 쉽게 물이 차 오르기 때문에 부화되어 살아남을 확률이 높다(방선교).

깊은 곳에 산란하면 수온이 낮아져 부화가 늦어지기 때문에 얕은 곳에 산란을 하는데 계곡과는 달리 일반습지의 얕은 곳에 산란한 것들은 물이 마르면 햇빛에 노출되어 말라죽는 경우가 많다. 계곡의 물웅덩이에 산란하는 경우도 종종 관찰된다(제주C.C, 학림교). 노출된 하천에서는 주로 물이 흐르지 않고 고여 있으며 비가 와서 물이 불어도 물이 잘 올라오지 않는 높은 곳에 산란한다.

산란 직후에는 알 덩어리가 5cm정도로 작지만 얼마 지나지 않아 우무질이 부풀어 올라 점점 커지게 되며 하루가 지나면 15-20cm로 커진다(Fig. 20a). 다 부풀어진 알덩어리는 참개구리알과는 달리 점성이 강해 부화 직전까지 흐트러지지 않는다. 알덩어리의 알의 개수는 환경이나 개구리의 크기에 따라 차이가 있으나 대략 700개에서 1,500개 정도이며, 산란 직후에는 흰색을 띄는 식물극과 검은색을 띄는 동물극이 뚜렷하게 구분되는 경우가 대부분이다(Fig. 20b).

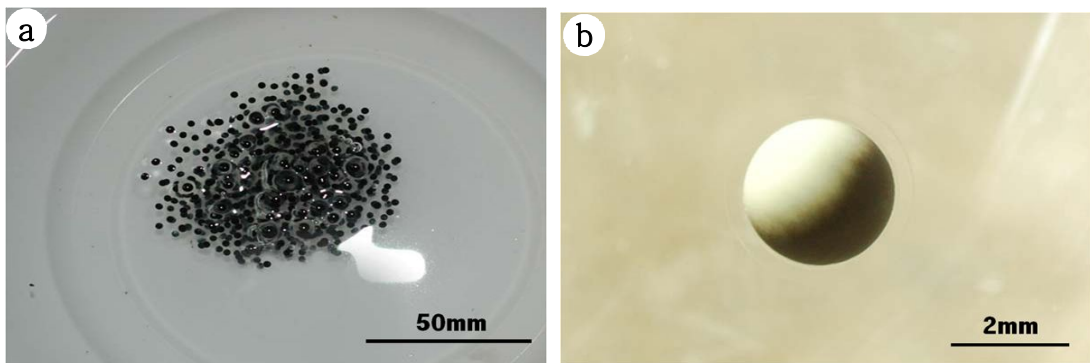


Fig. 22. The egg mass of *Rana dybowskii*. a) Just spawned eggs, b) Animal pole(black) and Vegetal pole(white).

늦게 산란하는 경우 알이 다른 올챙이에 피식 당하는 것을 피하기 위해 수초 위 수면에 산란하는 경우가 많다(Fig. 21 a, b, c).

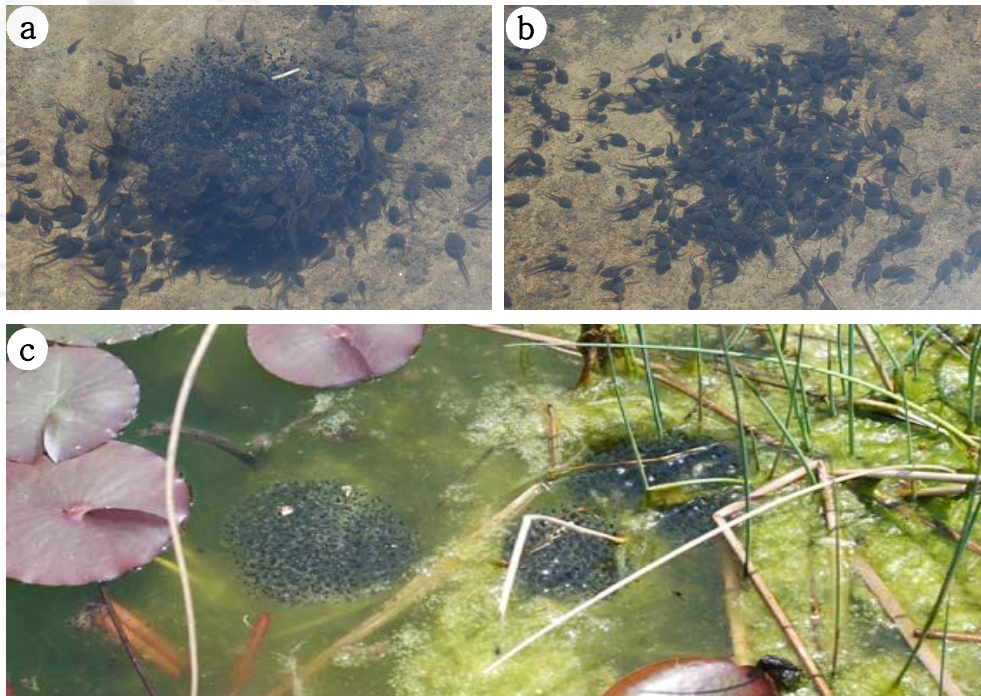


Fig. 23. Tadpoles eating eggs. a) Tadpoles eating a cluster of eggs, b) Tadpoles eating all the eggs, c) A cluster of eggs spawned on the vegetation on the water top not to be eaten by tadpols.

나. 부 화

1) 부화 과정

2월 중순에 부화하는 것도 있으나 주로 3월 초부터 부화가 시작된다. 부화기간은 날씨가 추워지면 30일 이상 걸리는 것도 있으며, 날씨가 따뜻하면 2월 중순에 산란한 것들은 15일, 2월 중순에 산란한 것들은 10일 정도 걸리며 5월에 산란한 것들은 부화될 때 까지 5일 밖에 걸리지 않는다.

계곡에 산란한 것들 중에는 그늘이 진 곳은 부화가 느리지만, 햇빛에 노출된 것들은 오히려 일반습지보다 빨리 물이 데워져 부화가 더 빨라서 4월 말에 산란한 것들은 3일 만에 부화하기도 한다.

부화된 어린 올챙이들은 하루정도 그 자리에 그대로 있다가 1-2일 지나면 우물쭈물 빠져나와 나뭇잎이나 돌에 붙어서 2-3일정도 더 보낸 다음 부화 된지 3-5일정도 지난 후 먹이 활동을 한다.

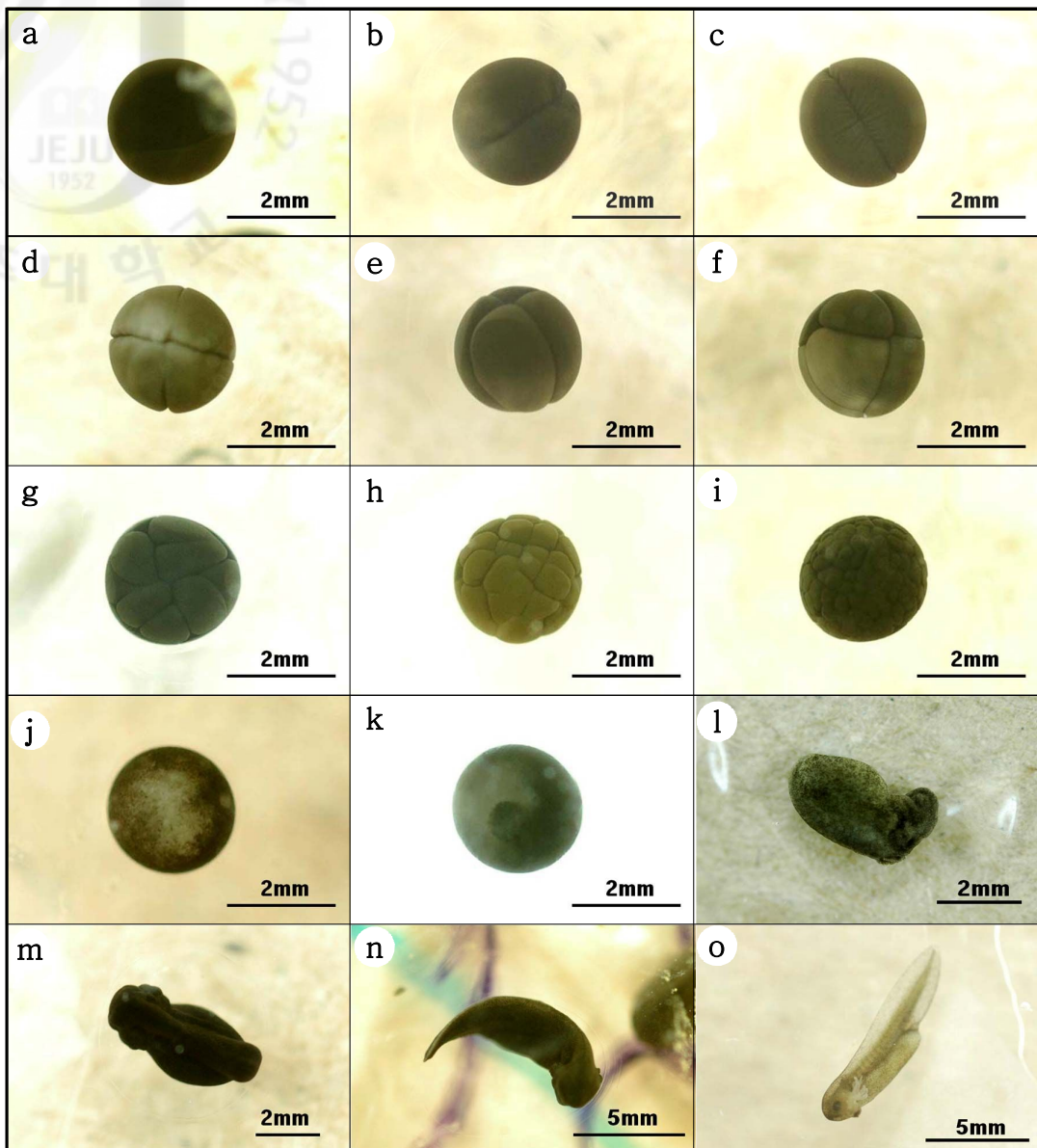


Fig. 24. Development of *Rana dybowskii*. a) Ooblastema, b) Ooblastema-2cells stage, c) 2cells stage, d) 2-4cells stage, e) 4cells stage, f) 8cells stage, g) 8-16cells stage, h) 16-32cells stage, i) Morular stage, j) Blastular stage, k) Gastrula stage, l) Neurula stage, m) Neurula-organogenesis stage, n) Organogenesis stage, o) Hatching juvenile.

다. 유생의 성장

2005년도 1월 평균기온은 5.4℃, 2월은 5.4℃, 3월은 8.4℃였으며, 2006년도 1월 평균기온이 7.3℃, 2월은 6.3℃, 3월은 9.7℃로 2006년도의 평균기온이 높았으며 특히 2006년 1월 평균이 2005년에 비해 2℃ 가량 높았으며 2월보다도 높았다. 이것으로 보아 날씨가 전년에 비해 따뜻해졌다는 것이 부화시기와 성장에 크게 영향을 주는 것으로 추정된다.

Table 23. Period from the spawning to the growth of the froglet with hind legs and forelegs at an artificial pond

Year	Collection date	Collection sites	State	Time of hatching from spawning (days)	Time with hind legs from spawning (days)	Time with hind legs from spawning (days)	Time of from spawning to froglet (days)
2005	Feb 08	Dongbaekdongsan	new-laid eggs	Feb 28 (20)	Apr 11 (62)	May 24 (105)	May 27 (108)
	Feb 15	Eouksaemi	new-laid eggs	Mar 05 (18)	Apr 14 (62)	May 25 (103)	May 28 (106)
	Feb 28	Dongbaekgadeun	new-laid eggs	Mar 16 (16)	Apr 25 (56)	Jun 01 (97)	Jun 4 (100)
	Mar 12	Dadorimot	new-laid eggs	Mar 26 (14)	May 05 (54)	Jun 13 (93)	Jun 16 (96)
	Mar 27	Eouksaemi	new-laid eggs	Apr 07 (11)	May 16 (50)	Jun 22 (87)	Jun 25 (90)
	May 8	Gwaneumsa	new-laid eggs	May 15 (7)	Jun 20 (43)	Jul 29 (82)	Aug 01 (85)
2006	Feb 02	Gangjeongmot	new-laid eggs	Feb 25 (23)	Apr 04 (63)	May 14 (103)	May 17 (106)
	Feb 15	Dongbaekdongsan	new-laid eggs	Mar 07 (20)	Apr 17 (61)	May 26 (100)	May 29 (103)
	Feb 26	Hangomot	new-laid eggs	Mar 13 (15)	Apr 23 (56)	Jun 03 (96)	Jun 06 (99)
	Mar 19	Eouksaemi	new-laid eggs	Mar 31 (12)	May 08 (50)	Jun 17 (90)	Jun 20 (93)
	Apr 02	Jeojisudong	new-laid eggs	Apr 13 (9)	May 21 (47)	Jun 30 (87)	Jul 3 (90)
	Apr 12	Bangseongyo	new-laid eggs	Apr 21 (9)	May 30 (48)	Jul 10 (87)	Jul 13 (90)

또한 인공연못의 기온이 조사지역 습지의 기온보다 평균 1-2℃정도 낮아서

부화에 걸리는 시간이 조사지역의 습지보다 2-3일 정도 늦게 나타난 것으로 보인다.

Table 24. The first and last observation of tadpole

Year	First		Last		Identified frequency
	Date	Site	Date	Site	
2005	Feb. 20	Myungdoam	Aug. 02	Bangseongyo	36
2006	Feb. 13	Gangjeongmot	Aug. 05	Jwarangmot	107
2007	Feb. 05	Inhyangrimot	Jul. 28	Eojungyo	71
2008	Feb. 28	Hakrimgyo	Jul. 29	Seongpangyo	12

갓 부화한 올챙이들은 크기가 10mm정도이며, 외부아가미를 갖는다. 2월초에 부화한 올챙이들은 5-7일정도 있다가 먹이활동을 하며, 3월초에 부화한 올챙이들은 3-5일정도, 5월에 부화한 올챙이들은 2-3일 후에 먹이활동을 한다. 주로 입에 있는 치설로 조류나 물 속에 있는 낙엽을 갉아 먹지만 동물성 먹이가 있으면 오히려 동물성 먹이를 선호하는 경향이 있다.

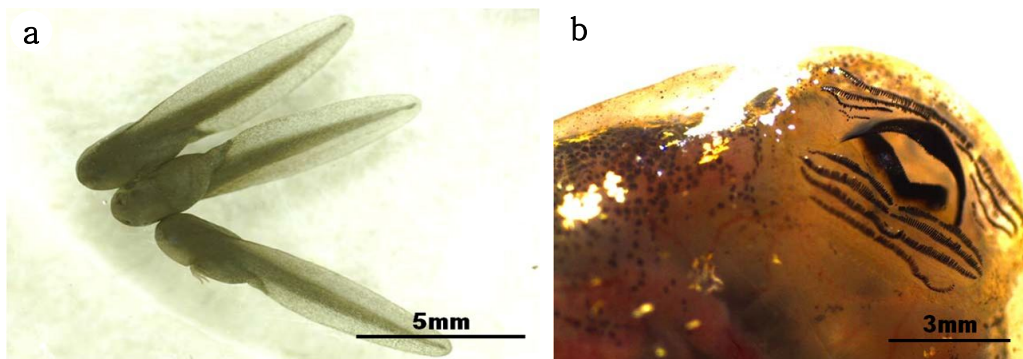


Fig. 25. The tadpole of *Rana dybowskii*. a) New hatching juveniles, b) Radula of a tadpole that helps gnawing the prey.

어린 올챙이들은 먹이활동을 왕성하게 하며 성장을 한다. 어느 정도 큰 올챙이들은 도피행동을 하며 돌 밑에 주로 숨어 있거나 가만히 있다가 재빨리 몸을 움직이고 또 가만히 멈춘다. 이 시기가 주로 새들이 많이 보이는 시기인데, 새들이 도피행동에 영향을 주는 것으로 생각된다. 뒷다리가 나올 때에는 도피행동이

더 심해지며 앞다리가 나오고, 꼬리가 없어질 때까지 계속된다. 올챙이일 때는 배면의 색이 금가루를 뿌려놓은 것처럼 되어 있다가 앞다리가 나고 꼬리가 없어지면서 옅은 회색으로 서서히 바뀐다.

뒷다리가 나올 때 까지는 부화한 다음 대략 40-50일정도 걸리며 앞다리가 나올 때 까지는 뒷다리가 나온 후 40일 정도 소요된다. 앞다리는 완전히 만들어져 나오는데, 피부를 뚫고 나오기 때문에 금방 나온 앞다리는 혈액이 묻어 있는 경우도 있다. 주로 왼쪽부터 나오며 오른쪽이 먼저 나오기도 한다. 꼬리가 없어지는 기간은 앞다리가 모두 나온 후 3일정도 걸린다.

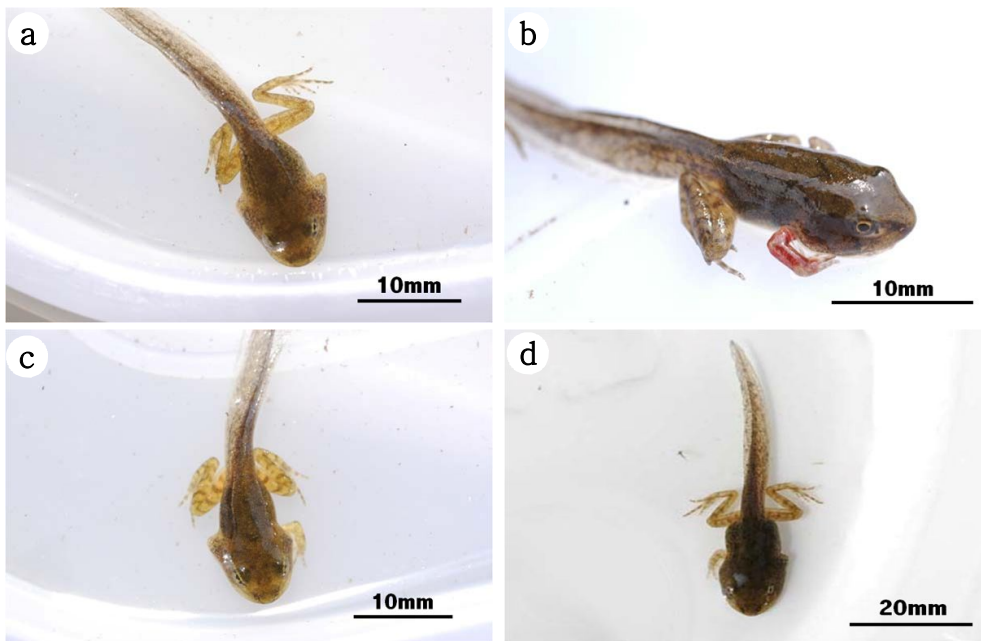


Fig. 26. The tadpoles' legs are growing out. a) Tadpole with bud of forelegs, b) New developed right foreleg, c) and d) Tadpole malformed foreleg.

꼬리가 거의 없어진 개구리 새끼들은 한꺼번에 많이 모여 있으며 밖으로 나와 물가에 주로 있다가 다가가면 뛰어 도망가거나 물속으로 뛰어들었다가 바위나 물풀 위로 올라간다. 새끼 개구리들은 한동안 습지를 떠나지 않고 그 가까이 습한 곳에서 먹이활동을 한다.

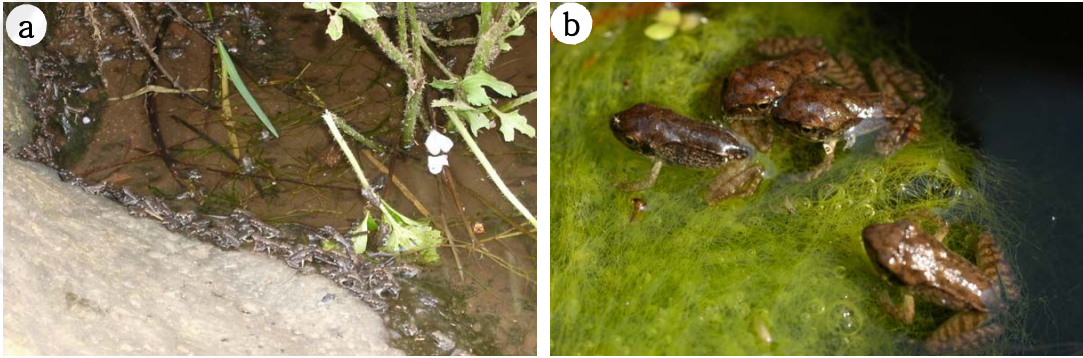


Fig. 27. Froglets of *Rana dybowskii*. a) Froglets in group, b) Gathering froglets.

꼬리가 완전히 없어진 어린 개구리들은 오히려 올챙이 보다 작는데, 변태하면서 구강 구조가 바뀌고 먹이활동을 하지 못한 것과 육상 생활에 유리하게 하기 위해서 일 것으로 생각된다.



Fig. 28. Froglet is smaller than a juvenile with a tale.

라. 생태행동

수컷들은 산란기가 다가오면 산란장 근처의 돌 밑이나 통나무 밑에서 주로 휴식을 취하고 있다가 집단 산란이 이루어 질 때 산란 장소에서 헤엄치며 생식 활동을 하였다. 산란기에 수컷들은 산란 장소에 많이 남아, 다음 짝짓기를 기다리지만 암컷들은 산란 후 산란장소를 빠져나가 버렸다. 따라서 산란장의 물속에서 헤엄치는 개구리는 전부 수컷이다. 암컷이 있으면 산란 장소에서는 항상 포접을 하고 있으며 암컷이 한두 마리일 경우 수컷들이 때로 물려들어 암컷을 조이는데 암컷의 배가 터져 알이 흘러나오기도 한다.

죽은 암컷을 해부한 결과 소화관이 전부 비어있는 것으로 보아 산란기간 동안 암컷은 먹이활동을 하지 않는 것으로 보이며, 배속에는 알이 꽉 차있다. 산란 후에는 체중이 자기 몸의 2/3 정도로 줄며 배가 훌쭉해 진다(Fig. 29).

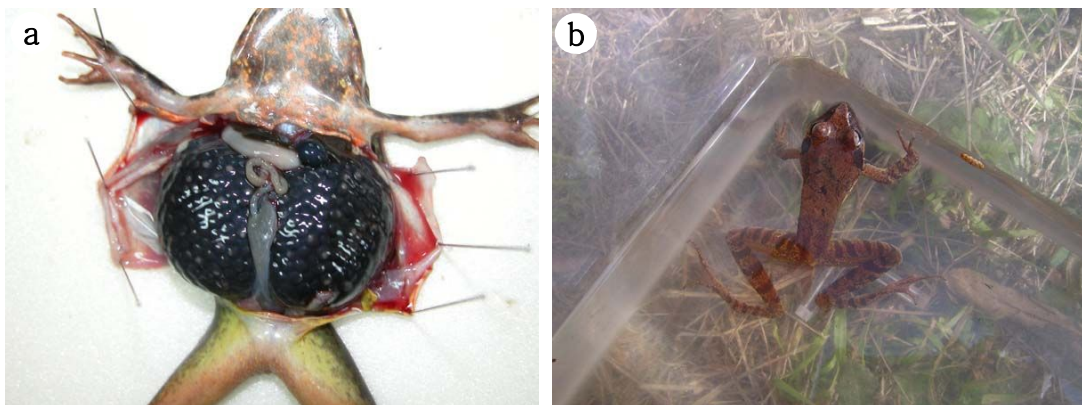


Fig. 29. Internal organs of *Rana dybowskii*. a) Brood pouch filled with eggs and empty digestive tract, b) Female becomes thin after spawning.

산란기가 지나면 수컷들도 산란장소를 빠져나간다. 낮에는 바위 밑이나 통나무 밑 습한 곳에서 휴식을 취하다가 주로 밤에 먹이활동을 하는 것으로 보인다. 또한 수컷은 앞발 엄지발가락 밑에 생식혹(육괴)이 있어 암컷과 구별되며 크기가 조금 작고 색이 암컷에 비해 짙은 갈색이다. 포접을 할 때는 수컷이 앞다리로 암컷의 겨드랑이를 끼고 엄지발가락의 생식 혹으로 가슴을 짝 누르고 있다. 생식혹은 사포처럼 거칠어서 잘 미끄러지지 않기 때문에 포접 상태가 유지될 수 있다. 포접을 할 때는 수컷이 암컷 위에 완전히 올라가 있으며, 암컷에 의해 이동

한다.

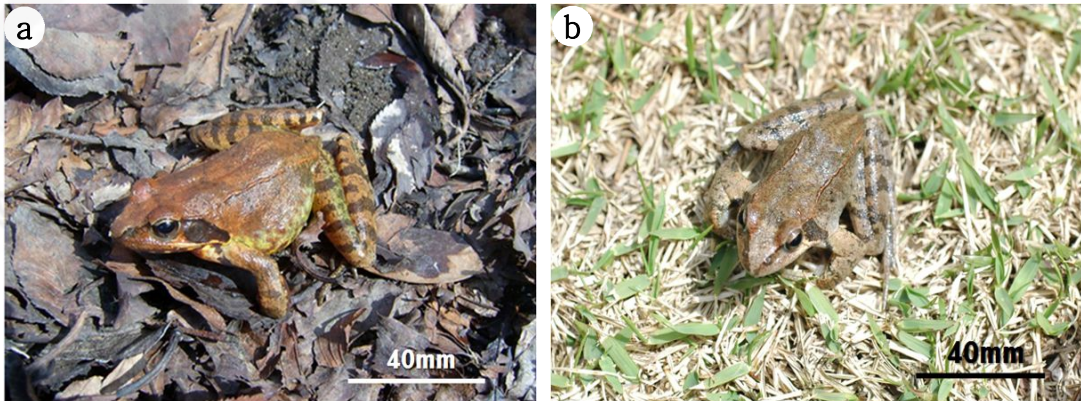


Fig. 30. Adult of *Rana dybowskii*. a) The bulgy bellied adult female before spawning, b) Adult male.

주로 비가 오는 야간에 이동을 많이 하는데 그 이유는 피부가 마르지 않으며, 천적을 피할 수 있기 때문으로 생각된다. 하지만 도로에서 이동하는 것들은 자동차에 의해 로드킬을 당하기도 한다.

4. 요약

제주도산 북방산개구리는 1월에서 4월까지 산란하는데, 고도가 높은 계곡이나 한라산 국립공원 내에서는 유생이 8월에도 관찰되는 것으로 보아 5월 중순까지 산란하는 것으로 나타났다. 알은 점성이 있는 알 덩어리 형태로 산란하며, 한 덩어리에 들어 있는 알의 수는 635개에서 1,880개까지로, 평균 $1,285.1 \pm 266.4$ 개였다.

2월초에 산란한 경우 부화까지 약 20일정도 소요되었으며, 3월초에 산란한 경우 약 15일정도, 4월초인 경우는 수온에 따라 6-9일정도 걸리는 것으로 나타났다. 또한 같은 날 산란을 한 경우 그늘진 곳과 햇빛이 비치는 곳에서 부화 기간의 차이가 있었는데 이는 수온이 부화에 영향을 주는 중요한 요인임을 나타내는 것으로 생각된다. 난할은 첫 번째, 두 번째가 경할이었으며, 세 번째는 위할이고 8세포기 이 후에는 무작위로 난할을 한다. 갓 부화한 올챙이들은 크기가 10mm 정도이며, 외부아가미를 갖는다. 2월초에 부화한 올챙이들은 5-7일정도 있다가 먹이활동을 하며, 3월초에 부화한 올챙이들은 3-5일정도, 5월에 부화한 올챙이들은 2-3일 후에 먹이활동을 한다. 주로 입에 있는 치설로 조류나 물 속에 있는 낙엽을 갉아 먹지만 동물성 먹이가 있으면 오히려 동물성 먹이를 선호하는 경향이 있다. 올챙이는 부화한 후 50-60일이 지나면 뒷다리가 나오고 뒷다리가 나온 후 20-30일이 지나 앞다리가 나온다. 뒷다리는 돌기가 처음에 형성되어 계속 자라지만 앞다리는 몸속에서 다 자란 후 피부를 뚫고 나온다. 앞다리가 나온 후 3-5일 후 꼬리가 흡수되어 어린개구리가 되는데, 산란 후 약 80-120일이 소요되는 것으로 나타났다.

죽은 암컷을 해부한 결과 소화관이 전부 비어있는 것으로 보아 산란기간 동안 암컷은 먹이활동을 하지 않는 것으로 보이며, 배속에는 알이 꽉 차있다. 산란 후에는 체중이 자기 몸의 2/3 정도로 줄며 배가 훌쩍해 진다. 산란 장소는 연못의 면적이 작고 수심이 얕은 곳, 수면과 연못 경계면사이가 완만한 곳을 선택하여 산란하는 것으로 나타났다.

IV. 북방산개구리의 산란지 특성

1. 서론

양서류의 암컷들은 산란지로서 연못을 선택할 때 가장 유리한 지역을 선택하려고 하는데, 이러한 이유는 그 연못과 주변의 주요요인들이 알과 유생의 초기 발생단계에 성공을 위한 조건을 제시해줄 뿐만 아니라 그 요인들이 번식의 성공에도 영향을 미치기 때문이다(Porej *et al.*, 2004).

안정된 습지 안에서도 개구리들은 무작위로 산란장소를 선택하지는 않는다. 야외의 관찰과 실험연구에서 암컷들은 적은 포식자, 가용한 많은 먹이, 건조에 의한 손실이 적은 장소와 최적온도, 적당한 화학적 특징들이 있는 곳에 알을 낳아 올챙이의 생존과 성장률을 증가시킨다(Ficetola *et al.*, 2004; Rudolf and Rödel, 2005). 그렇지만 최적화된 모든 연못들이라고 모두 균일한 환경은 아니다. 각 습지의 산란지들은 수온과 수심, 동식물의 종류와 분포, 태양의 노출에 따라 중요한 특징이 다르다는 것을 알 수가 있다. 이러한 차이점은 부화전의 배발생에서 뿐만 아니라 부화후의 올챙이의 생존과 생장에 영향을 준다(Ficetola *et al.*, 2006).

본 연구는 제주도에서의 북방산개구리의 산란지 특성을 분석하여 자연생태계에서 북방산개구리의 개체군 관리와 복원에 필요한 자료를 제공하기 위하여 이루어졌다.

2. 재료 및 방법

가. 시기 및 방법

2009년 2월부터 2010년 5월까지 제주도 전 지역을 가능한 일정한 간격을 유지하도록 하면서 산란활동이 있을만한 장소(북방산개구리들의 산란, 알, 올챙이나 발생중인 것)의 연못습지들을 조사하였다(Fig. 31). 모든 조사는 09시부터 16시 사이에 이루어졌다. 번식지로 21개 지역을 선정하였고, 근처에 번식하지 않는 21개 지역을 비교하였다.(Table 25). 비번식지는 북방산개구리가 번식지로 사용하는 지역과 유사하고 지리적으로 가까운 장소를 선택했고, 각 샘플은 번식지와 같은 날에 조사하였다. 두 지역의(산란지와 비산란지) 번식지 거리는 5 - 3,600m이고 평균거리는 1,153m이다. 각 지역에서는 북방산개구리의 산란에 영향을 강하게 미치는 요인들로 생물학적, 비생물학적 다양성들을 조사하고, 위치는 GPS로 측정하여 기록하였다.

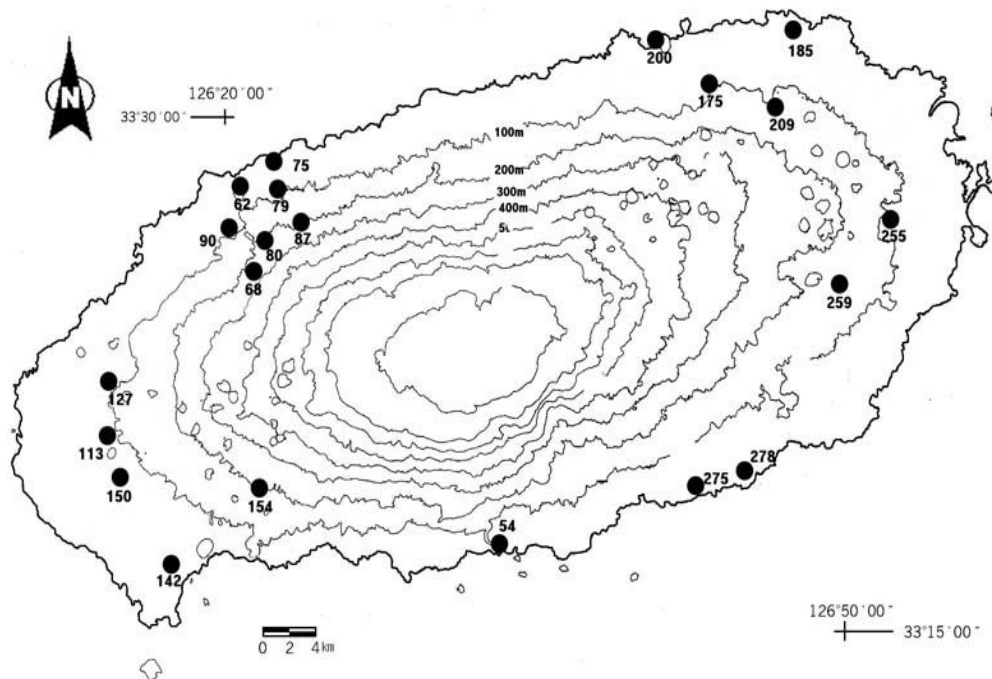


Fig. 31. Surveyed of *Rana dybowskii* spawning site.

Table 25. Spawning site and not used spawning site of *Rana dybowskii*

Spawning site		Not used spawning site		Distance(m)
No	Category	No	Category	
200	Natural pond	171	Natural pond	1,600
175	Natural pond	194	Natural pond	1,100
209	Natural pond	235	Natural pond	740
185	Natural pond	225	Natural pond	450
255	Natural pond	245	Natural pond	2,100
259	Natural pond	246	Artificial pond	2,600
278	Natural pond	284	Artificial pond	3,600
275	Natural pond	282	Artificial pond	1,400
54	Natural pond	45	Natural pond	600
154	Natural pond	153	Artificial pond	5
141	Natural pond	140	Artificial pond	2,200
150	Artificial pond	149	Artificial pond	20
113	Artificial pond	26	Natural pond	2,600
127	Artificial pond	121	Natural pond	1,000
68	Natural pond	72	Natural pond	5
80	Natural pond	64	Natural pond	570
90	Natural pond	89	Natural pond	800
62	Natural pond	82	Natural pond	470
87	Natural pond	60	Natural pond	1,490
79	Artificial pond	84	Natural pond	40
75	Natural pond	86	Artificial pond	840

나. 서식지 조건

먼저 조사 연못의 넓이를 측정하였고, 물의 깊이는 연못가에서 1m거리의 수심을 낚시 추를 이용하여 추가 수면 바닥에 도달하는 거리로 측정하였다. 또한 연못을 둘러싸고 있는 연못 둑이나 돌담의 높이를 측정했다. 식물은 높게 자란 것(1m 이상)과 낮게 자라는 것(1m 이내)으로 구별하여 측정하였다. 또한 물 표면에 식물이 덮여 있는 비율도 측정하였다.

조사당시 다른 양서류종이 산란지(올챙이나 알을 기본으로)로 사용했는지 아닌지를 기록하였다. 북방산개구리의 번식은 일반적으로 연못의 가장자리에서 산란이 이루어지므로 산란기의 북방산개구리들은 연못가에 모여들고, 주로 연못 바깥쪽에서 산란이 이루어지므로 쉽게 관찰된다. 또한 연못 둑이 흙인지 식물로 덮여 있는지와 진흙인지 시멘트로 구성되어 있는지도 참고로 확인하였다. 그리고 연못이 일시적인지 영구적인지와 우기에만 일시적으로 고여 있는 물인지 기록했다. 또한 포식자 또는 경쟁자와 같이 다른 유기체의 존재가 북방산개구리와 잠재적으로 상호작용하는지를 기록하였다.(붕어, 미꾸라지)

다. 물의 이화학적 분석

Dissolved Oxygen Meter(Orion 810)로 용존산소, 온도, 염도를, MARTINI pH56으로 pH를 측정했다. 각 사이트에서 측정한 두 샘플은 통계적 분석에서 두 값의 평균을 사용하였다.

라. 통계처리

광범위한 데이터에서 해석패턴은 두 가지 통계학적 어려움이 있다. 첫째로, 넓은 변수영역에서 측정과 카테고리 분류이다. 만약 각 변수와 관련하여 연못을 사용함과 사용하지 않음을 비교 분리하여 통계검정을 처리한다면, 많은 비교군에서 잘못된 결과인 '유의함' 가능성이 크게 증가한다. 두 번째로 많은 연못들의 속성은 그들 자신들과 높게 서로 작용하고 있다. 이러한 어려움을 해결하기 위해 변이의 수를 감소시키는 것과 특징사이에 내적상관관계의 문제를 제거하고자, 결합된 dataset에

서 모든 연속되는 변수들을 위해 principal components analysis (PCA)를 사용했다. Raw data는 SPSS를 사용하여 요인을 분석했다. 이들 변수들의 인자를 불러오는 것은 로지스틱 회귀곡선에서 독립변수를 사용했다. 왜냐하면 PCA에서 카테고리의 변수들은 즉시 사용할 수 없기 때문에 실행된 다른 다양한 로지스틱 회귀곡선은(중속 변수와 같이 관례화된 습지) 독립변수와 같이 표2(다른 양서류종과 잠재적 포식자의 존재, 일시적 대 영구적 습지, 연못 독의 형태, 유수 대 정수)에서 카테고리적 변수를 사용하였다. 분석 프로그램은 SPSS(12.0)를 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

조사한 제주도의 북방산개구리 산란지는 주로 연못이었으며 제주도룡농과 같은 장소를 이용하고 있었다. 화학적 조성에서 pH와 용존산소는 두 사이트에서 유사하나 온도와 염도는 다르게 나타났다. 대부분의 북방산개구리의 산란지는 정수의 알은 가장자리와 완만하게 경사진 독을 선호하고 있었다(Table 26).

Table 26. Characteristics and classifications of waterbodies used as oviposition sites by *Rana dybowskii*, compared with neighbouring waterbodies that were not used by *Rana dybowskii*

	Spawning site Mean(SD)	Not used spawning site Mean(SD)
Habitat variables		
Pond area(m ³)	218.90(201.12)	1,255.86(1664.29)
Water depth at 1 m from shore(m)	0.25(0.08)	0.61(0.25)
Height of the Water surface and edge(m)	0.21(0.19)	0.75(0.42)
Vegetation under 1 m high(%)	65.25(28.49)	53.57(31.03)
Vegetation over 1 m high(%)	11.43(13.05)	8.81(16.12)
Water surface covered by vegetation(%)	24.05(23.54)	21.67(23.52)
Water chemistry,		
pH	7.92(1.26)	8.41(1.12)
Dissolved oxygen content(ppm)	5.36(2.44)	5.41(2.52)
Temperature(°C)	21.52(3.70)	20.70(2.70)
Salinity(ppt)	62.76(31.12)	65.00(31.10)
Natural or artificial		
Natural(%)	86	76
Artificial(%)	14	24
Still or moving water		
Still water(%)	90	95
Moving water(%)	10	5
Predators		
Crucian carp(%)	0	95
Loach(%)	0	62

제주도에서 북방산개구리들은 유수와 경사가 급하며 연못 독이나 담장으로 높게 둘러싸인 곳, 수심이 깊은 곳(>50cm)에서는 산란하지 않는 것으로 나타났다. 이러한 다양한 인자들과 같이 각기 다르게 나타나는 통계적 유의성의 평가에서 5개의 주요한 구성 요소 안에 이들 변수의 다양한 요인들을 축소시켜 주성분 분석(PCA)을 실시하였다. 구성요소는 변수의 가장 많은 양(20%)에 속하는 부분은 연못의 크기와 포식자로 나타났다(Table 27).

Table 27. Principal component analysis of the factors on the spawning site and not used spawning site of *Rana dybowskii*

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5
	pond size, Predators	Water chemistry	Natural or artificial	Still and moving water	Height of plants
pond area(m ³)	0.681	-0.029	0.212	0.181	-0.186
Water depth at 1 m from shore(m)	0.639	0.201	-0.502	-0.198	0.012
height of the Water surface and edge(m)	0.738	-0.050	-0.281	-0.224	0.213
vegetation under 1 m high(%)	-0.214	0.214	0.158	0.105	0.810
vegetation over 1 m high(%)	-0.246	0.140	0.305	-0.017	-0.677
Water surface covered by vegetation(%)	0.159	-0.188	0.537	0.383	0.144
pH	0.137	0.862	-0.121	0.055	-0.041
Dissolved oxygen content(ppm)	-0.076	0.934	0.043	-0.015	-0.239
Salinity(ppt)	-0.029	0.950	0.060	0.006	0.060
Natural(%)	0.000	0.067	0.871	-0.311	-0.038
Artificial(%)	0.000	-0.067	-0.871	0.311	0.038
Natural(%)	0.095	0.101	0.167	-0.935	-0.060
Artificial(%)	-0.095	0.046	-0.167	0.935	0.060
Crucian carp(%)	0.866	0.074	-0.056	-0.043	-0.049
Loach(%)	0.812	-0.076	0.266	-0.066	0.062

두 번째 요인은(18%) 물의 화학적 성분이다(pH, 염도, 용존산소). 세 번째 요인(16%)은 연못의 생성요인이다. 나머지 요인은 정수와 유수(Factor 4, 14%)이고, 습지를 둘러싸고 있는 식물의 크기(Factor 5, 8%)이다.

종속변수는 북방산개구리에 의해 습지가 사용되었는지 아닌지, 그리고 독립변수는 PCA에 의해 정의된 각 5개의 구성요소인 인자이다. 확실한 결과는 북방산개구리가 연못을 이용 하였는가 하지 않았는가 분석에서 들어간 5개 구성 요소 중 1개에 의해 영향을 받는다(in each case, $P < 0.05$ in a log-likelihood test). 북방산개구리들이 산란지로 선택하는 연못은 수심이 얇고(Factor 1, $\chi^2 = 43.72$, $P < 0.0001$), 수면과 연못경계면과의 높이가 낮아야(Factor 1, $\chi^2 = 33.45$, $P < 0.001$) 된다고 나왔다. 또한 포식자인 붕어(Factor 1, $\chi^2 = 50.09$, $P < 0.0001$)와 미꾸라지(Factor 1, $\chi^2 = 24.06$, $P < 0.0001$)가 없는 곳에서 산란이 이루어지고 있었다(Table 28).

Table 28. Crosstabulation Analysis on the spawning site and not used spawning site of *Rana dybowskii*

	χ^2	<i>p</i> - value
pond area(m ³)	58.22	0.031
Water depth at 1 m from shore(m)	43.72	0.000
height of the Water surface and edge(m)	33.45	0.001
vegetation under 1 m high(%)	7.90	0.245
vegetation over 1 m high(%)	7.90	0.245
Water surface covered by vegetation(%)	8.63	0.472
pH	47.13	0.101
Dissolved oxygen content(ppm)	41.59	0.119
Temperature(°C)	47.81	0.027
Salinity(ppt)	58.22	0.024
Natural(%)	0.62	0.430
Artificial(%)	0.62	0.430
Natural(%)	0.37	0.545
Artificial(%)	0.37	0.545
Crucian carp(%)	50.09	0.000
Loach(%)	24.06	0.000

하지만 물의 화학적성분인 pH나 용존산소량은 북방산개구리가 연못을 산란지로 사용하던 사용하지 않던 유의한 차이는 없었다(Factor 2, $\chi^2 = 47.13$, $P = 0.10$).

서로 상반되는 독립변수의 영역적 특징을 분석하였을 때 북방산개구리의 산란에 영향을 주는 요인이 발견되지 않았다. 1m이상의 식물과 1m이하의 식물의 분포에서 ($\chi^2 = 7.90, P > 0.05$)나 연못의 생성조건 ($\chi^2 = 0.62, P > 0.05$)에서 무관함이 나타났다. 따라서 북방산개구리의 산란조건에서 수심과 연못 등의 높이, 포식자가 산란지 선택에 영향을 주는 것으로 나타났다.

수서무척추동물에 대한 조사는 총 3강 7목 19과 26종의 습지동물이 확인되었다. 조사과정에서 동정이 되지 않은 연체동물과 절지동물 몇 종은 목록에서 제외하였는데 조사결과 다수 종은 중국물진드기(*Peltodytes sinensis*), 꼬마등글물벌레(*Paraplea indistinguenda*), 각시물자라(*Diplonychus esakii*), 애송장혜엄치게(*Anisops ogasawarensis*) 4종으로 산란지에서만 관찰되었다(Table 29).

Table 29. Aquatic invertebrates in spawning sites and not used spawning sites

Scientific name / Korean name	Spawning site	not used spawning site
<i>Cloeon dipterun</i> 연못하루살이(L)	+	+
<i>Ischnura asiatica</i> 아시아실잠자리	++	+
<i>Orthetrum albistylum</i> 밀잠자리(L)	+ +	+
<i>Anax parthenope julius</i> 왕잠자리(L)	+	+
<i>Diplonychus esakii</i> 각시물자라	+++	+
<i>Hesperocorixa distanti</i> 물벌레	++	+
<i>Sigara substriata</i> 방물벌레	+	
<i>Micronecta sedula</i> 꼬마물벌레	+	
<i>Notonecta triguttata</i> 송장혜엄치게	+++	
<i>Anisops ogasawarensis</i> 애송장혜엄치게	+++	
<i>Paraplea indistinguenda</i> 꼬마등글물벌레	+	
<i>Gerris paludum</i> 소금쟁이	+	+
<i>G. latiabdominis</i> 애소금쟁이	++	+
<i>Ranatra chinensis</i> 게아재비	+	
<i>Dineutes orientalis</i> 왕물맴이	+	

* (+<2, ++ 3~9, +++>10)

Table 29. Continued

Scientific name / Korean name	Spawning site	not used spawning site
<i>Mesovelia vittigera</i> 물노린재	+	
<i>Noterus japonicus</i> 자색물방개	++	
<i>Cybister japonicus</i> 물방개	+	
<i>Hydaticus vittatus</i> 모래무지물방개	+	
<i>Canthydrus politus</i> 노랑띠물방개	+	
<i>Agabus japonicus</i> 땅콩물방개	+	+
<i>Peltodytes sinensis</i> 중국물진드기	+++	
<i>Amphiops mater</i> 알물땡땡이	+	
<i>Hydrochara affinis</i> 잔물땡땡이	+	
<i>Gyraulus chinensis</i> 또아리물달팽이	+	+
<i>Hirudo</i> sp. 참거머리屬	+	

비산란지에서는 소금쟁이 등 10종의 소수종만 관찰되었는데 이 중 2회 이상 관찰된 종은 연못하루살이(*Cloeon dipterun*), 아시아실잠자리(*Ischnura asiatica*), 밀잠자리(*Orthetrum albistylum*), 또아리물달팽이(*Gyraulus chinensis*), 애소금쟁이(*Gerris latiabdominis*), 물벌레 등 총 6종이었다.

4. 요약

조사결과 북방산개구리는 연못의 면적이 작고 수심이 얇은 곳, 수면과 연못 경계면사이가 완만한 장소에 산란하는 것으로 나타났다. 제주도의 일부 연못들은 연못주변을 돌로 높게 쌓아놓은 경우가 있으며, 이렇게 경계가 높게 형성된 연못은 북방산개구리들이 출입이 원활하지 않아 산란을 회피하는 경우가 많다. 높은 벽은 북방산개구리가 산란하기 위하여 연못에 들어오는 행동에 어려움을 주는 것으로 해석할 수 있다. 따라서 북방산개구리는 높게 형성된 연못 독보다 가능한 낮게 형성된 연못 독을 선호한다고 볼 수 있다(Fig. 30).

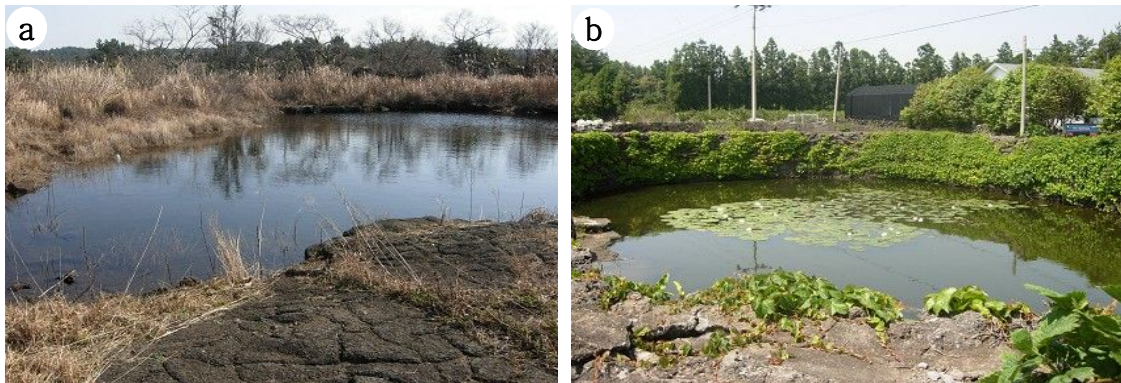


Fig. 32. Wetland of spawning site and not used spawning site. a) Low mounded wetland near the pond proper to spawning, b) High mounded wetland improper to spawning.

또한 북방산개구리들이 산란지를 선택하는데, 수심이 깊은 곳, 연못이 넓거나 연못 속에 붕어나 미꾸라지 같은 포식자가 있는 곳은 피하고 있다. 북방산개구리는 산란지 선택에서 수심이 얇은 곳을 선택하고 있으며, 정수에 산란한다. 윤 등(1999)은 북방산개구리가 정수와 유수에 산란한다고 보고하며 유수에 산란된 알은 돌이나 수초에 부착한다고 하였다. 이후에 유수에 산란하는 종은 Yang *et al.* (2000)의 유전자 분석결과 새로운 종인 계곡산개구리(*Rana huanrenensis*)로 분류되었다.

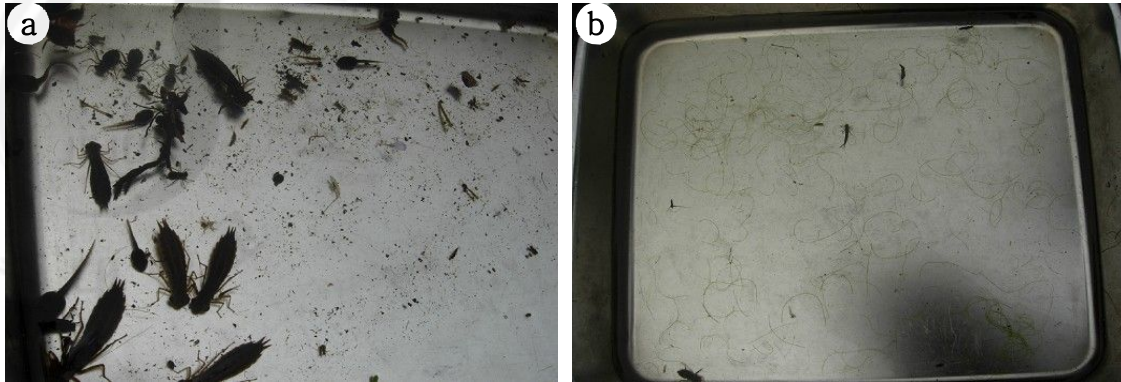


Fig. 33. Aquatic invertebrates of spawning site and not used spawning site a) Aquatic invertebrates of spawning site, b) Aquatic Invertebrates of not used spawning site.

산란지에서는 총 3강 7목 19과 26종의 습지동물이 확인되었으나 비산란지에서는 소금쟁이 등 10종의 소수종만 관찰되었는데, 이는 북방산개구리 유생을 포식하는 수서 무척추 동물이 유입되고 이에 따른 먹이그물이 형성되어 종 다양성이 높아지는 것으로 판단된다(Fig. 31).

수질의 화학적 성분에서 pH와 용존산소에서는 두 비교 지역 간에 실질적으로 차이가 없으며 수온과 염도만 차이점을 보이고 있다. 수온은 연못가에서 측정을 하였기 때문에 수심이 낮은 연못이 수심이 깊은 연못보다 온도가 약간 더 높게 나타난다.

제주도에서 북방산개구리의 산란지 선택에 대한 조사를 실시한 것은 다음과 같은 이유 때문이다. 첫째로는, 앞으로의 있을지 모르는 산란지의 파괴를 방지하고자 하는 것이다. 개발로 인한 서식지가 훼손될 경우 최소한으로 피해를 줄여야 하기 때문이다. 연못의 수심을 알게 하고 붕어나 미꾸라지 같은 포식자를 방류하지 않음으로써 북방산개구리가 산란을 할 수 있어 종 다양성 보존을 할 수 있다. 둘째로는 산란지 복원이다. 산란지가 파괴되었을 때 북방산개구리의 산란지 선택에 관한 요인을 알아두면 연못을 복원할 때 산란지로써의 요인을 갖춘 산란지를 만들 수 있으므로 산란지 복원을 성공적으로 이끌 수 있기 때문이다.

V. 북방산개구리의 포접 경향

1. 서론

양서류의 포접은 짝찾기, 교미 및 번식 과정을 완성하는데 매우 중요한 절차이다. 포접은 짝찾기와 교미의 전체 과정에서 이성을 유인하고, 이종 개체와의 교배를 방지하고 최고의 배우자를 선택하는 등의 기능을 한다. 어떤 종의 수컷 개구리는 암컷 개구리와 장기간의 매칭관계를 유지할 수 있으며, 어떤 종은 매우 짧은 시간 내에 매칭하고 분리할 수도 있다. 이는 암컷의 분포 방식, 번식 기간의 길이, 수컷의 성공적인 번식 자원에 대한 독점능력 등 요인에 의하여 결정된다.

현재까지 국내에서의 북방산개구리의 생식 관련 연구는 북방산개구리의 정자형 성주기에 관한 연구(고 등, 1993), 발생과정에 관한 연구(윤 등, 1999), Mating call, 산란행동과 크기의 성적이형(이승용, 1999) 등이 있으나, 북방산개구리의 포접 패턴과 관련된 연구는 아직까지 이루어진바 없다.

본 연구에서는 제주도에 서식하고 있는 북방산개구리의 산란과 관련하여 포접을 하는 자세와 생식에 참여하는 암수의 체장과 체중 비교, 포접을 한 수컷과 하지 않은 수컷의 체장과 체중 비교, 포접에 참여하는 암수의 체장과 체중의 상관관계 등을 연구하여 본토산과 비교할 수 있는 분석 자료를 만들고, 제주도에 서식하는 무당개구리, 청개구리, 맹꽁이, 참개구리와 비교함으로써 포접과 관련된 특징이 서로 어떻게 다르고 유사한지 연구하여 양서류 생식생물학 연구에 필요한 기초 자료를 제시하고자 한다.

2. 재료 및 방법

가. 연구기간

북방산개구리의 산란, 부화, 초기생장, 생태특성, 서식지 및 관련 자료 등에 대한 사전 조사 및 선행연구는 2005년 1월부터 2008년 10월 사이에 이루어졌다. 또한 본 조사에서 북방산개구리의 채집은 2009년 1월 1일부터 2010년 5월 31일 사이에 총 21회에 걸쳐 실시하였고, 외부형태 측정, 데이터 분석 및 체장과 체중과의 상관관계 분석 등은 동일 기간 동안 채집과 동시에 이루어졌다.

무당개구리, 청개구리는 2008년 5월, 맹꽁이는 2008년 5월부터 2009년 6월까지, 참개구리는 2009년 5월부터 2010년 5월까지 15회에 걸쳐 채집이 이루어졌으며 북방산개구리와 마찬가지로 외부형태 측정, 데이터 분석 및 체장과 체중과의 상관관계 분석 등은 동일 기간 동안 채집과 동시에 이루어졌다.

나. 실험재료

본 연구에서는 북방산개구리는 총 272개체를 한 해에 산란한 알 덩어리 수가 200개 이상 되는 산란지 6개소를 채집 장소(Fig. 34, Fig. 35)로 선정하여 채집망과 플라스틱 소쿠리를 이용해 채집하였으며, 채집된 272개체 중 산란을 마친 암컷 2마리를 제외한 270개체를 재료로 사용하였다. 그 중 포집에 참여한 암컷 66개체와 수컷 66개체 등 총 132개체와 포집에 참여하지 않은 수컷 138개체 등 총 270개체를 계측하여 통계 처리하였다.

무당개구리는 포집에 참여한 암컷 16개체와 수컷 16개체 등 32개체와 포집에 참여하지 않은 수컷 25개체 등 총 57개체를 계측하여 통계에 활용하였으며, 청개구리는 포집에 참여한 암컷 20개체와 수컷 20개체 등 40개체와 포집에 참여하지 않은 수컷 18개체 등 총 58개체를 계측하여 통계 처리하였다.

맹꽁이는 포집에 참여한 암컷 18개체와 수컷 18개체 등 36개체와 포집에 참여하지 않은 수컷 24개체 등 총 60개체를 계측하였으며, 참개구리는 포집에 참여한 암컷 26개체와 수컷 26개체 등 52개체와 포집에 참여하지 않은 수컷 45개체 등 총 97개체를 계측하여 통계 처리하였다.

채집 개체 중 산란지에서 포집한 쌍은 한 쌍씩 작은 플라스틱 용기에 별도로 담아 제주여고 실험실로 운반하였고, 포집하지 않은 수컷들은 채집통에 물을 조금 채우고 스트레스를 가능한 받지 않도록 하면서 운반하고 계측하였다.

모든 채집지의 위치정보는 GPS(WGS84, Garmin사 vista C)를 이용하여 좌표값을 정리하였다.

다. 북방산개구리의 채집 장소

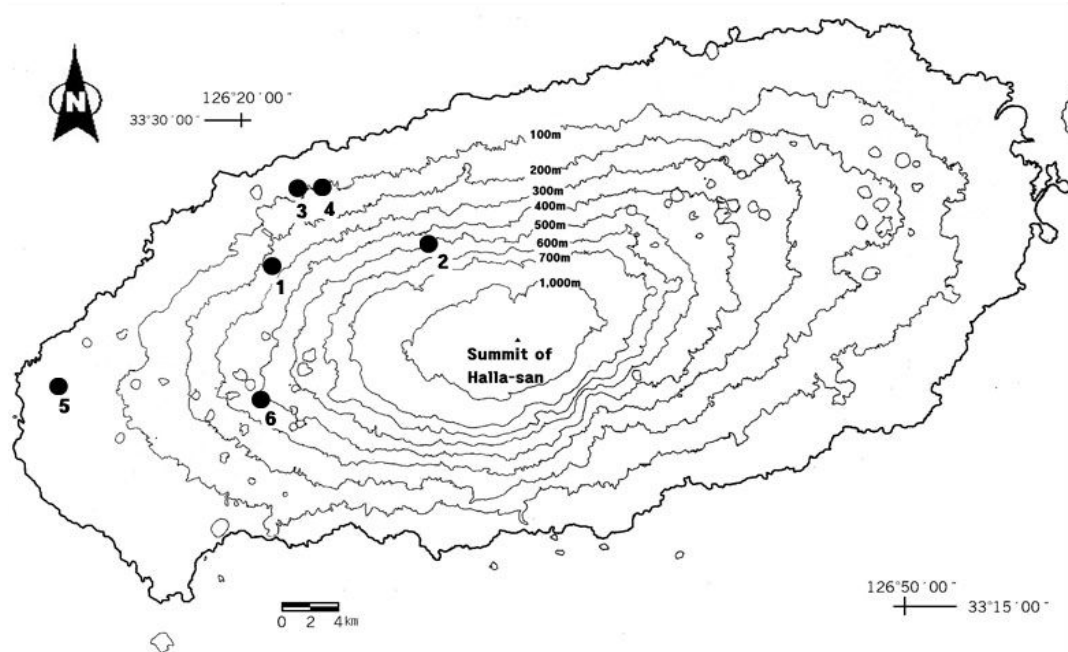


Fig. 34. A map showing the collecting sites of *Rana dybowskii* used in this study
1. Bilremot, 2. Eoeum-ri, 3. Eouksaemi, 4. Jwarangmot, 5. Hangomot, 6. Wonmul.

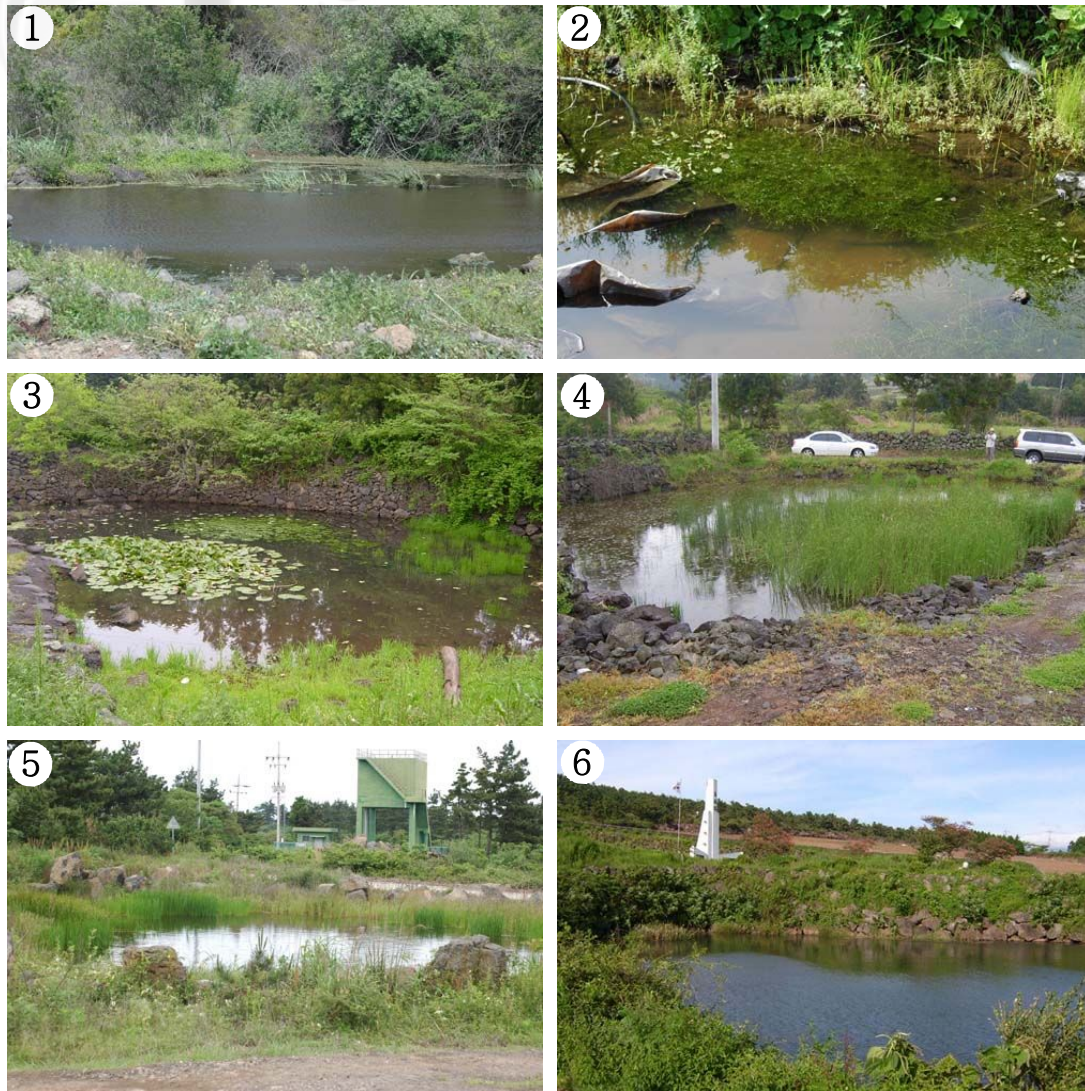


Fig. 35. Photographs of the collecting sites of *Rana dybowskii* used in this study.

1: Bilremot (N 33°24' 13.3", E 126°21' 03.0", H : 260m), 2: Eoem-ri (N 33°25' 09.0", E 126° 28' 11.2", H 64m), 3: Eouksaemi (N 33°27' 16.8", E 126° 22' 14.9", H 88m), 4: Jwarangmot (N 33°26' 08.2", E 126°23' 16.1", H 221m), 5: Hangomot (N 33°19' 30.5", E 126°11' 40.6", H 34m), 6: Wonmul (N 33°19' 09.4", E 126°20' 47.0", H 374m).

라. 형태학적 분석

북방산개구리의 암수 크기 차이가 포접에 영향을 미치는지 여부를 알아보기 위하여 채집된 개체 272개체 중 포접에 참여한 66쌍 132개체와 포접에 참여하지 않은 암컷 2개체를 제외한 수컷 138개체에 대하여 각각 체장과 체중을 측정하였다. 무당개구리는 57개체, 청개구리는 58개체, 멍꽁이는 60개체, 참개구리는 97개체를 측정하였다. 실험재료의 체장은 버어니어캘리퍼스(Gaunglu Co.), 체중은 전자저울(Precision Load Cell Balance JW-1)을 각각 이용하였으며, 체장은 주둥이-항문 길이(Snout-vent length; SVL)값을 이용하였다.

마. 통계 분석

암·수의 차이점을 알아보기 위한 체장과 체중의 측정치는 SPSS program (Ver. 12.0)을 이용하여, 평균비교분석은 독립표본 T검정(Independent Samples T-test)을 하였고, 상관관계를 분석(Correlation Analysis)하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 계측 결과

Table 30. Morphometric measurements of mated pairs of *Rana dybowskii*

Collecting sites	No.	Collecting date (2009)	Females			Males	
			Length (SVL, mm)	Weight(g)		Length (SVL, mm)	Weight (g)
				before spawn	after spawn		
Bilremot	1	Feb. 03	70.5	40.3	24.7	48.2	12.0
	2	Feb. 03	64.2	30.0	18.2	50.5	10.6
	3	Feb. 03	64.7	30.6	20.0	48.6	10.7
	4	Feb. 03	69.4	38.5	27.1	52.3	12.8
	5	Feb. 03	75.1	44.1	27.8	56.7	16.0
	6	Feb. 13	65.7	32.6	20.6	47.9	11.6
	7	Feb. 13	67.2	27.4	17.8	50.8	14.7
	8	Feb. 13	66.4	29.7	19.5	46.0	9.5
	9	Feb. 13	64.2	26.5	21.7	49.1	10.6
	10	Feb. 13	66.3	29.8	19.9	45.3	9.9
	11	Feb. 14	65.8	30.0	18.8	49.1	13.3
	12	Feb. 14	76.8	47.5	28.8	45.6	9.4
	13	Feb. 15	74.6	43.3	21.4	51.1	13.3
	14	Feb. 15	70.1	36.5	24.1	55.7	17.1
	15	Feb. 15	64.7	29.9	19.6	54.2	19.9
	16	Feb. 23	65.1	32.2	20.9	51.8	12.9
	17	Feb. 23	70.3	34.6	25.9	50.1	13.6
	18	Feb. 23	57.6	18.3	*	46.6	11.2
Eoem-ri	19	Feb. 04	70.3	37.9	25.7	48.6	11.1
	20	Feb. 04	63.8	27.8	18.5	50.8	14.5
	21	Feb. 04	64.4	35.0	22.1	52.7	15.9
Eouksaemi	22	Feb. 14	72.9	44.0	28.1	50.8	10.8
	23	Feb. 14	72.2	50.0	27.2	50.9	14.1
	24	Feb. 14	66.6	32.2	20.0	49.3	10.2
Jwarangmot	25	Feb. 10	72.9	43.6	21.8	52.8	17.1
	26	Feb. 10	71.2	36.5	24.0	55.9	18.4
	27	Feb. 10	70.4	31.9	24.7	50.5	13.7
	28	Feb. 10	70.1	34.4	24.6	52.6	14.2
	29	Feb. 10	70.2	42.9	27.9	50.0	12.3
	30	Feb. 14	71.7	41.5	26.4	57.3	16.8
	31	Feb. 14	75.2	44.4	-	50.7	13.0
	32	Feb. 15	73.3	46.8	27.7	56.0	16.3
	33	Feb. 15	82.0	60.6	37.0	56.3	16.6
	34	Feb. 15	70.7	39.9	24.4	49.1	12.9
	35	Feb. 15	77.9	46.9	30.6	56.8	19.4

Table 30. Continued

Collecting sites	No.	Collecting date (2009)	Females			Males	
			Length (SVL, mm)	Weight(g)		Length (SVL, mm)	Weight (g)
				before spawn	after spawn		
Jwarangmot	36	Feb. 15	73.4	38.4	25.4	52.0	13.4
	37	Feb. 15	74.7	43.1	26.2	54.8	16.3
	38	Feb. 17	70.2	34.3	21.9	55.5	18.8
	39	Feb. 17	70.0	34.2	23.0	50.5	10.4
	40	Feb. 17	74.4	44.9	28.9	56.4	16.9
	41	Feb. 23	70.5	35.7	24.3	57.0	17.6
	42	Feb. 23	71.2	36.9	-	59.7	19.0
Hangomot	43	Feb. 03	58.5	20.0	14.1	44.0	9.4
	44	Feb. 03	73.1	44.2	27.7	49.0	12.5
	45	Feb. 03	62.1	20.5	14.5	44.1	8.9
	46	Feb. 03	66.8	33.0	20.9	43.0	6.4
	47	Feb. 03	56.0	19.3	10.6	47.9	9.9
	48	Feb. 04	63.8	29.5	20.9	48.3	9.8
	49	Feb. 04	71.8	40.9	28.0	45.4	9.4
	50	Feb. 04	64.2	28.7	18.2	51.2	13.3
	51	Feb. 04	66.6	29.4	19.0	46.7	8.9
	52	Feb. 04	57.0	20.8	13.1	53.5	14.6
	53	Feb. 04	71.2	35.6	25.0	44.7	8.5
	54	Feb. 04	74.9	41.1	27.0	52.0	12.3
	55	Feb. 10	68.9	34.2	21.4	46.5	12.5
	56	Feb. 10	71.1	34.4	-	49.1	11.0
	57	Feb. 23	60.2	22.5	14.5	47.1	8.8
	58	Feb. 23	64.0	24.7	16.5	46.1	9.4
	59	Feb. 23	65.5	29.4	18.2	50.6	11.3
	60	Feb. 23	74.6	43.6	-	49.5	10.7
	61	Feb. 26	54.0	14.7	9.7	48.6	9.9
	62	Feb. 26	69.8	37.3	23.7	48.0	9.3
	63	Feb. 26	56.5	21.0	14.4	46.1	8.5
	64	Feb. 26	55.1	17.6	11.3	47.1	9.9
Wonmul	65	Feb. 10	53.8	16.7	*	46.2	9.9
	66	Feb. 10	57.7	17.9	11.1	44.7	8.4

(-: 산란 후 체중 계측 못함, *: 사망)

나. 포집에 참여한 북방산개구리 암·수간 평균비교분석

1) 산란전 암수의 체장과 체중 비교

Table 31. Comparative analysis of body length (SVL) and body weight between the female and the male performed amplexus of *Rana dybowskii*

Size	Sex	No. of specimen	Range	Mean±SE	p-value
SVL (mm)	Female	66	53.8-82.0	67.8±0.8	0.000
	Male	66	43.0-59.7	50.2±0.5	
Weight (g)	Female	66	14.7-60.6	34.0±1.2	0.000
	Male	66	6.4-19.9	12.6±0.4	

2) 체장

북방산개구리 암컷의 체장은 53.8mm에서 82.0mm까지, 수컷은 43.0mm에서 59.7mm까지 범위이며, 암컷의 체장은 평균 67.8±0.8mm(Mean±SE), 수컷의 체장은 평균 50.2±0.5mm(Mean±SE)으로 암컷의 체장이 더 큰 것으로 나타났다(Table 31). 암컷과 수컷의 체장 측정값을 가지고 독립표본 T-test를 실시한 결과 유의확률 (p) <0.01로 유의성이 있는 것으로 나타났으며, 암컷과 수컷의 체장 분포를 그래프로 나타내면 Fig. 36와 같다.

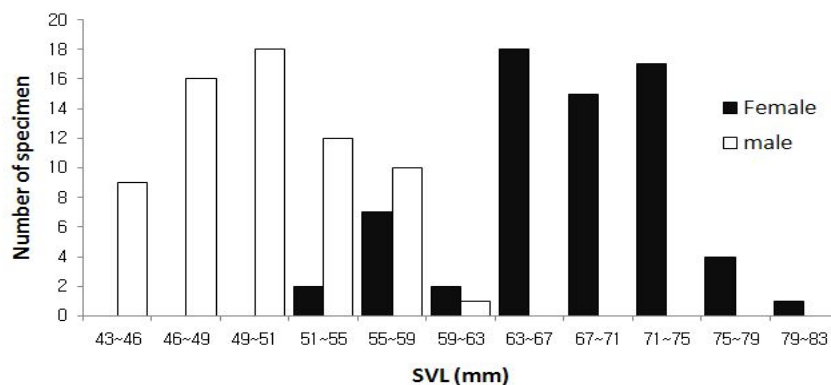


Fig. 36. Distribution of the body length (SVL) of the couple performed amplexus of *Rana dybowskii*.

3) 체중

북방산개구리 암컷의 체중은 14.7g에서 60.6g까지, 수컷은 6.4g에서 19.9g까지 범위이며, 암컷의 체중은 평균 $34.0 \pm 1.2g$ (Mean \pm SE), 수컷은 평균 $12.6 \pm 0.4g$ (Mean \pm SE)으로 암컷의 체중이 더 큰 것으로 나타났다(Table 31). 암컷과 수컷의 체중 측정값을 가지고 독립표본 T-test 한 결과 유의확률 (p) < 0.01 로 유의성이 있는 것으로 나타났다으며, 또한 암컷과 수컷의 체중 차이에 대한 결과는 Fig. 37에 제시한 바와 같다.

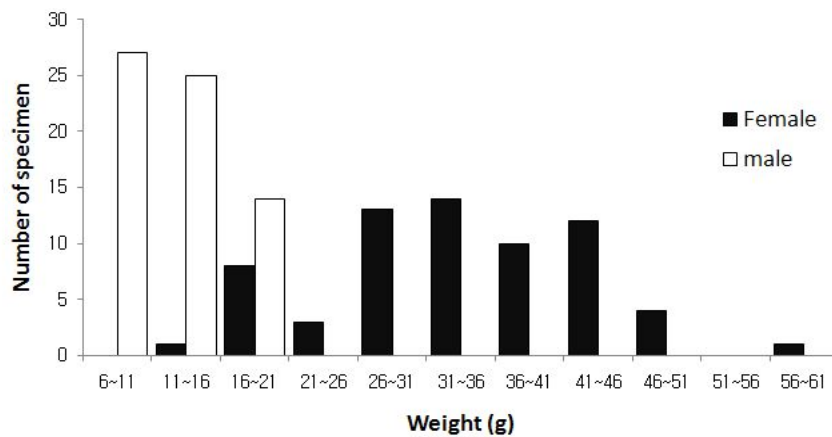


Fig. 37. Distribution of the body weight of the couple performed amplexus of *Rana dybowskii*.

다. 포접에 참여한 암·수 개체의 체장 및 체중 상관관계분석

1) 체장

Table 32. Correlationship of the body length (SVL) of the couple performed amplexus

Sex	N	<i>p</i> - value	pearson-(<i>r</i>)
Female	66	0.000	0.492(**)
Male	66		

포접한 암, 수 66쌍의 체장의 상관관계를 분석한 결과, 정상관관계가 있는 것으로 나타났다(상관계수 $r = 0.492$, $P < 0.01$)(Table 32, Fig. 36). 또한 암컷의 체장을 오름차순으로 정리하고 수컷의 체장을 2배로 하여 표시한 후 추세선을 나타내었을 때 작은 암컷이 작은 수컷과, 큰 암컷이 큰 수컷과 포접을 하는 경향이 있음을 알 수 있다(Fig. 37).

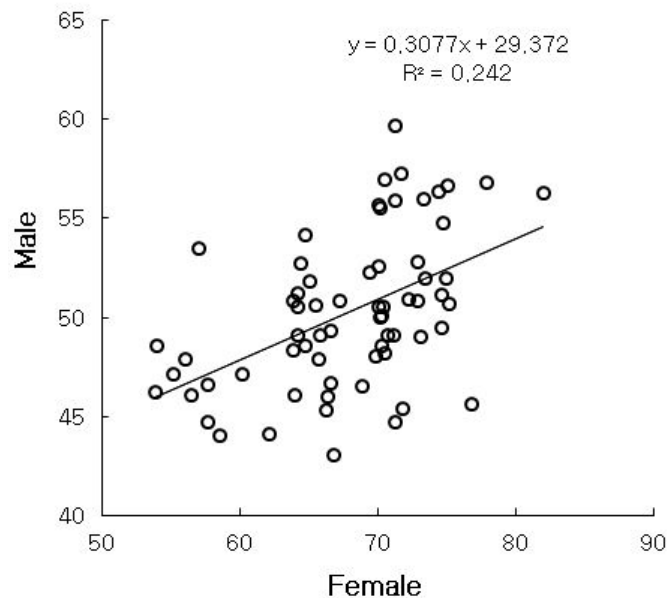


Fig. 38. Correlation between the females and the males by the body length (SVL).

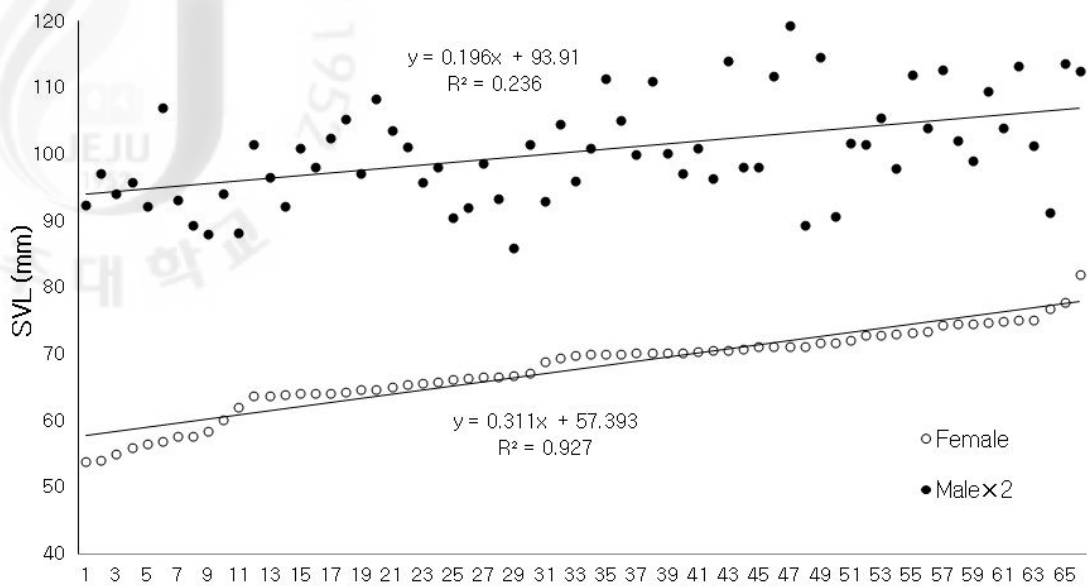


Fig. 39. Regression lines of the body length (SVL) of male and female frogs.

2) 체중

Table 33. Correlationship of the body weight of the couple performed amplexus

Sex	N	<i>p</i> - value	pearson-(<i>r</i>)
Female	66	0.000	0.458(**)
Male	66		

포접한 암, 수 66쌍의 체중의 상관관계를 분석한 결과 정상관관계가 있는 것으로 나타났다(상관계수 $r = 0.458$, $P < 0.01$)(Table 33, Fig. 38). 또한, 암컷의 체중을 오름차순으로 정리하고 수컷의 체중을 6배로 하여 표시한 후 추세선을 나타내었을 때, 체중이 작은 암컷이 체중이 작은 수컷과 체중이 큰 암컷은 체중이 큰 수컷과 포접을 하는 경향이 있음을 알 수 있었다(Fig. 39).

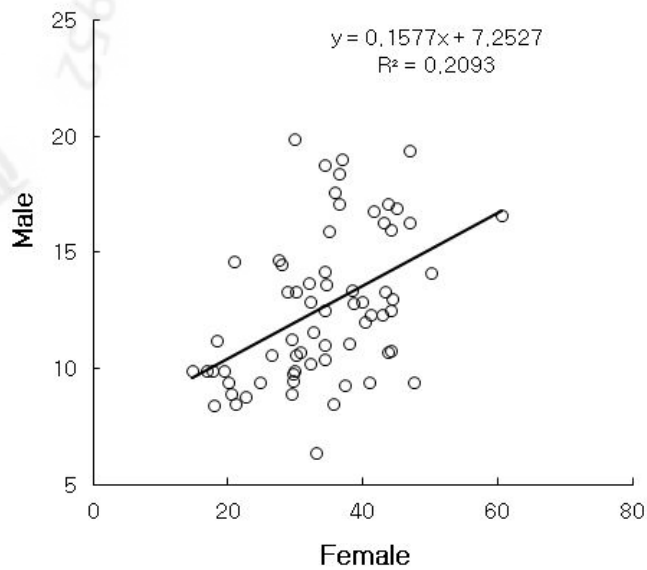


Fig. 40. Correlation between the female and the male by the body weight.

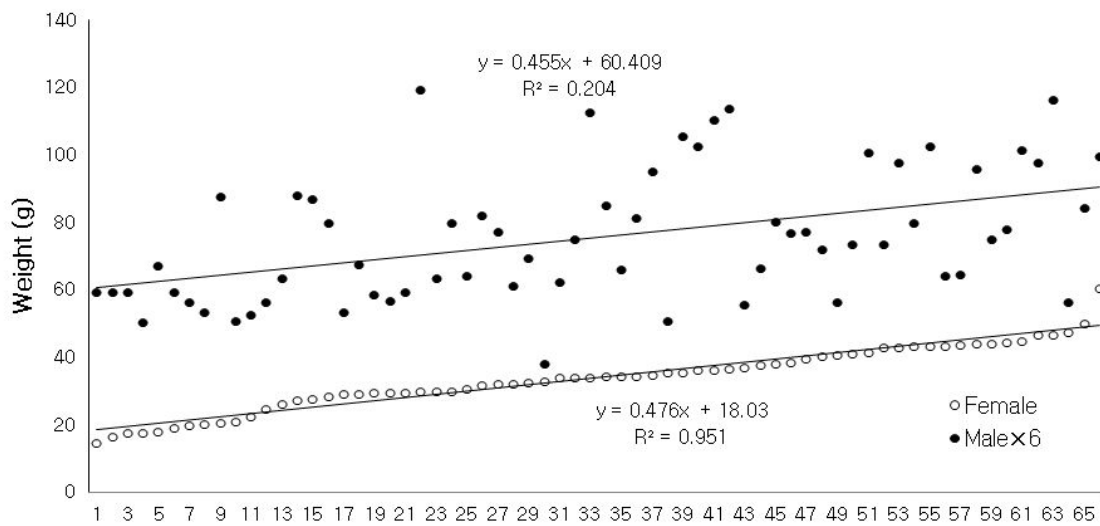


Fig. 41. Regression lines of the body weight of male and female frogs.

라. 포집에 참여한 수컷과 참여하지 않은 수컷의 비교

1) 체장

Table 34. Significance test of the body length (SVL) of the married and unmarried male of *Rana dybowskii*

Group	No. of specimen	Mean±SE	<i>p</i> - value
Married male	66	50.2±0.5	0.813
Unmarried male	138	50.1±0.3	

포집에 참여한 수컷 66개체와 포집에 참여하지 않은 수컷 138개체의 체장을 측정
한 결과, 포집에 참여한 수컷의 체장은 43.0-59.6mm까지, 포집에 참여하지 않은 수컷
의 체장은 41.3-60.7mm까지 범위였고, 포집에 참여한 수컷의 평균 체장은
50.2±0.3mm(Mean±SE), 포집에 참여하지 않은 수컷의 평균 체장은 50.1±0.5mm
(Mean±SE) 이었다(Table 34). 이들의 체장 사이에는 통계학적으로 유의미한 차이가
없는 것으로 나타났다($P > 0.05$). 포집에 참여한 수컷과 참여하지 않은 수컷의 체장
분포는 Fig. 40과 같다.

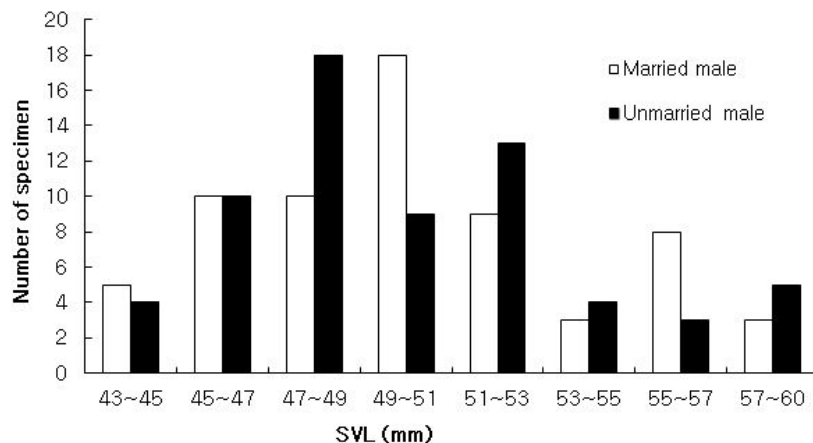


Fig. 42. Distribution of the body length (SVL) of the married and the unmarried males of *Rana dybowskii*.

2) 체중

Table 35. Significance test of the weight of the married and the unmarried male of *Rana dybowskii*

Group	No. of specimen	Mean±SE	<i>p</i> - value
Married male	66	12.6±0.4	0.550
Unmarried male	138	12.3±0.2	

포집에 참여한 수컷의 체중은 6.4g에서 19.9g까지, 포집에 참여하지 않은 수컷은 7.3g에서 20.3g까지 범위였으며, 포집에 참여한 수컷의 평균 체중은 12.6±0.4g (Mean±SE)이고 참여하지 않은 수컷의 평균 체중은 12.3±0.2g(Mean±SE)이다(Table 35). 이들의 체장 사이에는 통계학적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타난다($P > 0.05$). 두 그룹의 체중 분포에 대한 결과는 Fig. 41에 제시한 바와 같다.

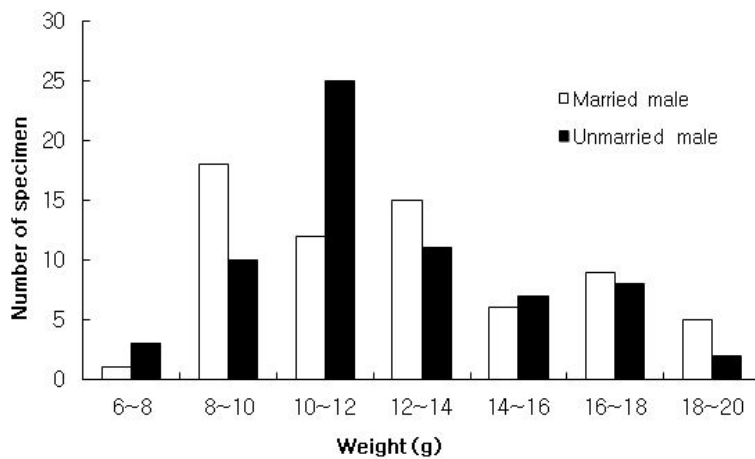


Fig. 43. Distribution of the body weight of the married and the unmarried males of *Rana dybowskii*.

마. 무당개구리 등 4종과 북방산개구리간의 비교

1) 각 종별 암·수 개체간 체장과 체중의 평균비교분석

Table 36. Comparative analysis of body length (SVL) and body weight of the couple performed amplexus in five amphibian species

Scientific name	Size	Sex	No.	Range	Mean±SE	p-value	Sex ratio
<i>Bombina orientalis</i>	SVL (mm)	Female	16	37.7-48.3	43.0±0.7	0.366	2.56
		Male	41	36.3-46.6	42.3±0.4		
	Weight (g)	Female	16	4.5-9.6	7.3±0.4	0.956	
		Male	41	4.9-10.4	7.2±0.2		
<i>Hyla japonica</i>	SVL (mm)	Female	20	43.6-50.1	46.3±0.5	0.000	1.9
		Male	38	34.5-47.1	40.0±0.4		
	Weight (g)	Female	20	6.5-12.9	8.7±0.4	0.000	
		Male	38	4.3-8.2	5.9±0.2		
<i>Kaloula borealis</i>	SVL (mm)	Female	18	45.1-55.3	48.5±0.6	0.001	2.33
		Male	42	37.6-54.9	45.2±0.6		
	Weight (g)	Female	18	13.2-21.5	17.1±0.7	0.000	
		Male	42	7.1-21.9	12.1±0.5		
<i>Rana nigromaculata</i>	SVL (mm)	Female	26	68.8-98.5	83.6±1.2	0.000	2.73
		Male	71	66.5-85.2	75.4±0.4		
	Weight (g)	Female	26	32.1-157.6	69.2±4.6	0.000	
		Male	71	26.4-72.6	43.4±0.9		
<i>Rana dybowskii</i>	SVL (mm)	Female	66	53.8-82.0	67.8±0.8	0.000	3.09
		Male	204	41.3-60.7	50.1±0.3		
	Weight (g)	Female	66	14.7-60.6	34.0±1.2	0.000	
		Male	204	6.4-20.3	12.4±0.2		

가) 무당개구리 (*Bombina orientalis*)

암컷의 체장은 평균 43.0±0.7mm(Mean±SE), 수컷은 42.3±0.4mm(Mean±SE)이었다. 두 집단 간 평균비교분석(t-test) 결과, 유의확률 (p) > 0.05로 암컷과 수컷간의 체장 차이는 유의성이 없는 것으로 나타났다. 암컷의 체중은 평균 7.3±0.4g(Mean±SE), 수컷은 7.2±0.2g(Mean±SE)이었으며 두 집단 간 평균비교분석 결과 유의확률 (p) > 0.05으로 암컷과 수컷 간에 체중 차이도 유의성이 없는 것으로 나타났다(Table 36).

나) 청개구리 (*Hyla japonica*)

암컷의 체장은 평균 $46.3 \pm 0.5 \text{mm}$ (Mean \pm SE), 수컷은 $40.0 \pm 0.4 \text{mm}$ (Mean \pm SE)이었고, 두 집단 간 평균비교분석(t-test) 결과, 유의확률 (p) < 0.01로 암컷과 수컷 간에 체장 차이는 유의성이 있었으며, 암컷의 체장이 수컷보다 큰 것으로 나타났다. 암컷의 체중은 평균 $8.7 \pm 0.4 \text{g}$ (Mean \pm SE), 수컷은 $5.9 \pm 0.2 \text{g}$ (Mean \pm SE)이었고, 두 집단 간 평균비교분석 결과 유의확률 (p) < 0.01로 암컷과 수컷 간에 체중 차이는 유의성이 있었으며, 암컷의 체중이 수컷보다 큰 것으로 나타났다(Table 36).

다) 맹꽁이 (*Kaloula borealis*)

암컷의 체장은 평균 $48.5 \pm 0.6 \text{mm}$ (Mean \pm SE), 수컷은 $46.2 \pm 0.6 \text{mm}$ (Mean \pm SE)였으며, 두 집단 간 평균비교분석(t-test) 결과, 유의확률 (p) < 0.01로 암컷과 수컷 간에 체장 차이는 유의성이 있었으며, 암컷의 체장이 수컷보다 큰 것으로 나타났다. 암컷의 체중은 평균 $17.1 \pm 0.7 \text{g}$ (Mean \pm SE), 수컷은 $12.1 \pm 0.5 \text{g}$ (Mean \pm SE)이었으며, 두 집단 간 평균비교분석 결과 유의확률 (p) < 0.01로 암컷과 수컷 간에 체중 차이는 유의성이 있었으며, 암컷의 체중이 수컷보다 큰 것으로 나타났다(Table 36).

라) 참개구리 (*Rana nigromaculata*)

암컷의 체장은 평균 $83.6 \pm 1.2 \text{mm}$, 수컷은 $75.4 \pm 0.4 \text{mm}$ 였으며, 두 집단 간 평균비교분석(t-test) 결과, 유의확률 (p) < 0.01로 암컷과 수컷 간에 체장 차이는 유의성이 있었으며, 암컷의 체장이 수컷보다 큰 것으로 나타났다. 암컷의 체중은 평균 $69.2 \pm 4.6 \text{g}$, 수컷은 $43.4 \pm 0.9 \text{g}$ 이었고, 두 집단 간 평균비교분석 결과 유의확률 (p) < 0.01로 암컷과 수컷 간에 체중 차이는 유의성이 있었으며, 암컷의 체중이 수컷보다 큰 것으로 나타났다(Table 36).

마) 북방산개구리 (*Rana dybowskii*)

암컷의 체장은 평균 $67.8 \pm 0.8 \text{mm}$ (Mean \pm SE), 수컷은 $50.1 \pm 0.3 \text{mm}$ (Mean \pm SE)였으며, 두 집단 간 평균비교분석(t-test) 결과, 유의확률 (p) < 0.01로 암컷과 수컷 간에 체장 차이는 유의성이 있었으며, 암컷의 체장이 수컷보다 큰 것으로 나타났다. 암컷의 체중은 평균 $34.0 \pm 1.2 \text{g}$ (Mean \pm SE), 수컷은 $12.4 \pm 0.2 \text{g}$ (Mean \pm SE)이었으며, 두 집단 간 평균비교분석 결과 유의확률 (p) < 0.01로 암컷과 수컷 간에 체중 차이는 유의성이 있었으며, 암컷의 체중이 수컷보다 큰 것으로 나타났다(Table 36).

2) 포접한 쌍의 암·수 개체간 체장의 상관관계 분석

Table 37. Correlation analysis of the body length (SVL) of the couple performed amplexus in five amphibian species

Scientific name	Size	N		p - value	pearson-(r)
		Female	Male		
<i>Bombina orientalis</i>	SVL(mm)	15	15	0.000	0.796
<i>Hyla japonica</i>	SVL(mm)	18	18	0.583	-0.139
<i>Kaloula borealis</i>	SVL(mm)	18	18	0.001	0.691
<i>Rana nigromaculata</i>	SVL(mm)	16	16	0.284	0.286
<i>Rana dybowskii</i>	SVL(mm)	66	66	0.000	0.494

가) 무당개구리

포접한 무당개구리 암·수 개체간 체장에 대한 상관관계를 분석한 결과, 유의확률(p) < 0.01로 유의수준 1%에서 유의성이 있는 것으로 나타났으며, Pearson 상관계수는 0.796으로 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 무당개구리는 암·수 개체간 체장은 독립표본 T-test 결과 차이가 나지 않는 것으로 나타났지만, 포접 할 때는 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 짝짓는 경향이 매우 높게 나타났다 (Table 37, Fig. 44).

나) 청개구리

포접한 청개구리의 암·수 개체간 체장에 대한 상관관계를 분석한 결과, 유의확률(p) > 0.05로 유의성이 없는 것으로 나타났다. 청개구리 암·수 개체간 체장 평균이 독립표본 T-test 결과 유의성 있게 차이가 있어 암컷이 수컷보다 크지만, 포접 할 때는 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 짝짓는 경향이 없는 것으로 나타났다 (Table 37, Fig. 44).

다) 멍꽁이

포접한 멍꽁이 암·수 개체간 체장에 대한 상관관계를 분석한 결과, 유의확률(p) < 0.01 로 유의수준 1%에서 유의성이 있는 것으로 나타났으며, Pearson 상관계수는 0.691로 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 멍꽁이 암·수 개체간 체장 평균은 독립표본 T-test 결과 유의성 있게 차이가 있어 암컷이 수컷보다 큰 것으로 나타났으며, 포접 할 때에는 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 짝짓는 경향이 있는 것으로 나타났다(Table 37, Fig. 44).

라) 참개구리

포접한 참개구리의 암·수 개체간 체장에 대한 상관관계를 분석한 결과, 유의확률(p) > 0.05 로 유의성이 없는 것으로 나타났다. 참개구리 암·수 개체간 체장 평균이 독립표본 T-test 결과 유의성 있게 차이가 있어 암컷이 수컷보다 크지만, 포접 할 때는 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 짝짓는 경향이 없는 것으로 나타났다(Table 37, Fig. 44).

마) 북방산개구리

포접한 북방산개구리 암·수 개체간 체장에 대한 상관관계를 분석한 결과, 유의확률(p) < 0.01 로 유의수준 1%에서 유의성이 있는 것으로 나타났으며, Pearson 상관계수는 0.494로 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 북방산개구리 암·수 개체간 체장 평균은 독립표본 T-test 결과 유의성 있게 차이가 있어 암컷 개체가 수컷보다 큰 것으로 나타났으며, 포접 할 때에는 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 짝짓는 경향이 있는 것으로 나타났다(Table 37, Fig. 44).

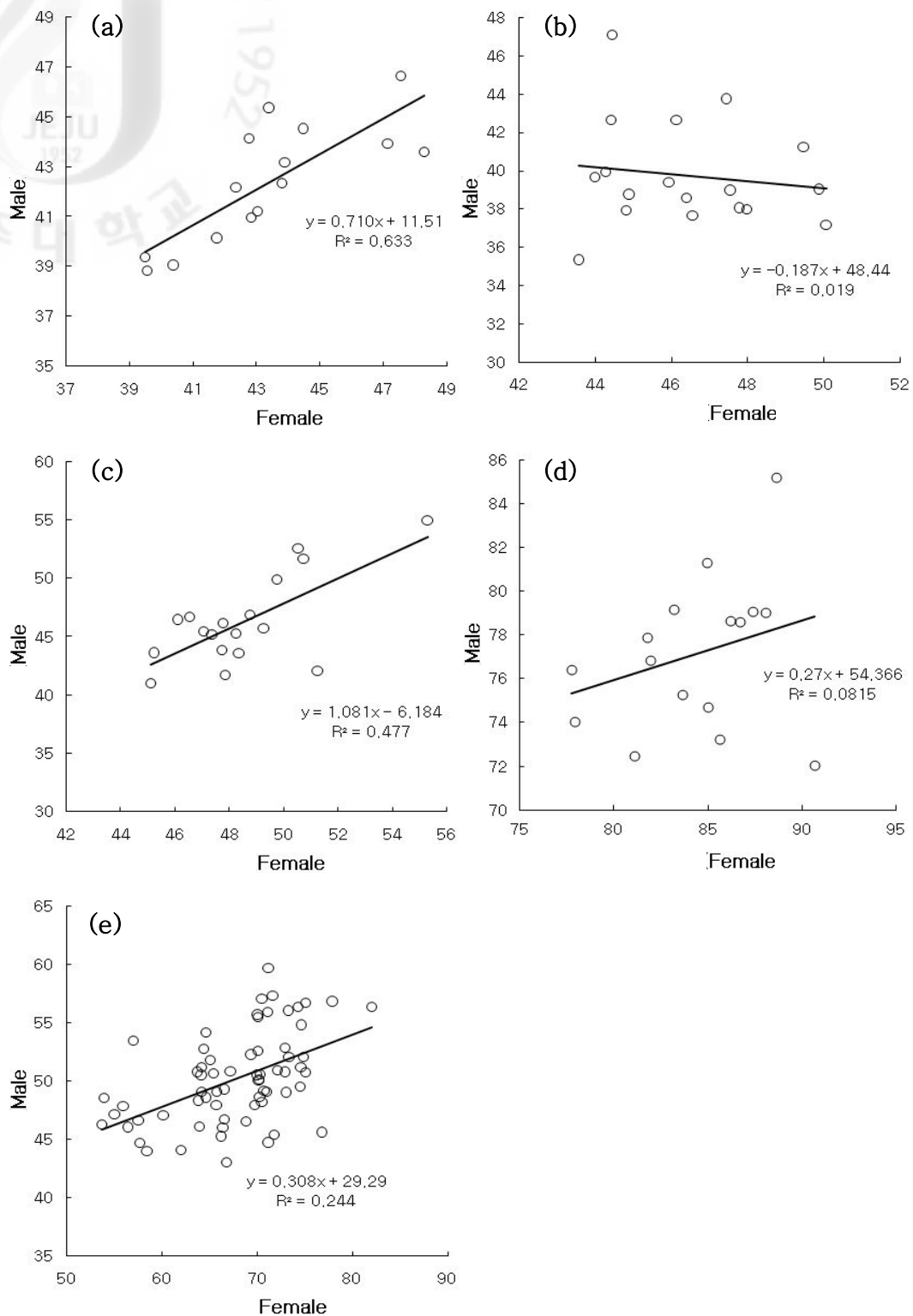


Fig. 44. The relationship of body length (SVL) between mated pairs caught in amplexus of five species. (a) *Bombina orientalis*, (b) *Hyla japonica*, (c) *Kaloula borealis*, (d) *Rana nigromaculata*, (e) *Rana dybowskii*.

3) 포접한 쌍의 암·수 개체간 체중의 상관관계 분석

Table 38. Correlationship of the body weight of the couple performed amplexus of five species

Scientific name	Weight(g)	N		p - value	pearson-(r)
		Female	Male		
<i>Bombina orientalis</i>	Weight(g)	15	15	0.000	0.877
<i>Hyla japonica</i>	Weight(g)	18	18	0.630	-0.122
<i>Kaloula borealis</i>	Weight(g)	18	18	0.006	0.617
<i>Rana nigromaculata</i>	Weight(g)	16	16	0.340	0.255
<i>Rana dybowskii</i>	Weight(g)	66	66	0.000	0.459

가) 무당개구리

포접한 무당개구리 암·수 개체간 체중에 대한 상관관계를 분석한 결과, 유의확률(p) < 0.01로 유의수준 1%에서 유의성이 있는 것으로 나타났으며, Pearson 상관계수는 0.877로 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 무당개구리는 암·수 개체간 체중은 독립표본 T-test 결과 차이가 없는 것으로 나타났지만, 포접할 때는 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 짝짓는 경향이 매우 높게 나타났다(Table 38, Fig. 43).

나) 청개구리

포접한 청개구리의 암·수 개체간 체중에 대한 상관관계를 분석한 결과, 유의확률(p) > 0.05로 유의성이 없는 것으로 나타났다. 청개구리 암·수 개체간 체중이 독립표본 T-test 결과 유의성 있게 차이가 있어 암컷이 수컷보다 크다. 포접할 때는 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 짝짓는 경향이 없는 것으로 나타났다(Table 38, Fig. 43).

다) 멍꽁이

포접한 멍꽁이 암·수 개체간 체중에 대한 상관관계를 분석한 결과, 유의확률(p) < 0.01 로 유의수준 1%에서 유의성이 있는 것으로 나타났으며, Pearson 상관계수는 0.617로 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 멍꽁이 암·수 개체간 체중은 독립표본 T-test 결과 유의성 있게 차이가 있어 암컷 개체가 수컷보다 큰 것으로 나타났으며, 포접할 때에는 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 짝짓는 경향이 있는 것으로 나타났다(Table 38, Fig. 43).

라) 참개구리

포접한 참개구리의 암·수 개체간 체중에 대한 상관관계를 분석한 결과, 유의확률(p) > 0.05 로 유의성이 없는 것으로 나타났다. 참개구리 암·수 개체간 체중이 독립표본 T-test 결과 유의성 있게 차이가 있어 암컷이 수컷보다 크지만, 포접할 때는 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 짝짓는 경향이 없는 것으로 나타났다(Table 38, Fig. 43).

마) 북방산개구리

포접한 북방산개구리 암·수 개체간 체중에 대한 상관관계를 분석한 결과, 유의확률(p) < 0.01 로 유의수준 1%에서 유의성이 있는 것으로 나타났으며, Pearson 상관계수는 0.459로 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 북방산개구리 암·수 개체간 체중은 독립표본 T-test 결과 유의성 있게 차이가 있어 암컷 개체가 수컷보다 큰 것으로 나타났으며, 포접할 때에는 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 짝짓는 경향이 있는 것으로 나타났다(Table 38, Fig. 43).

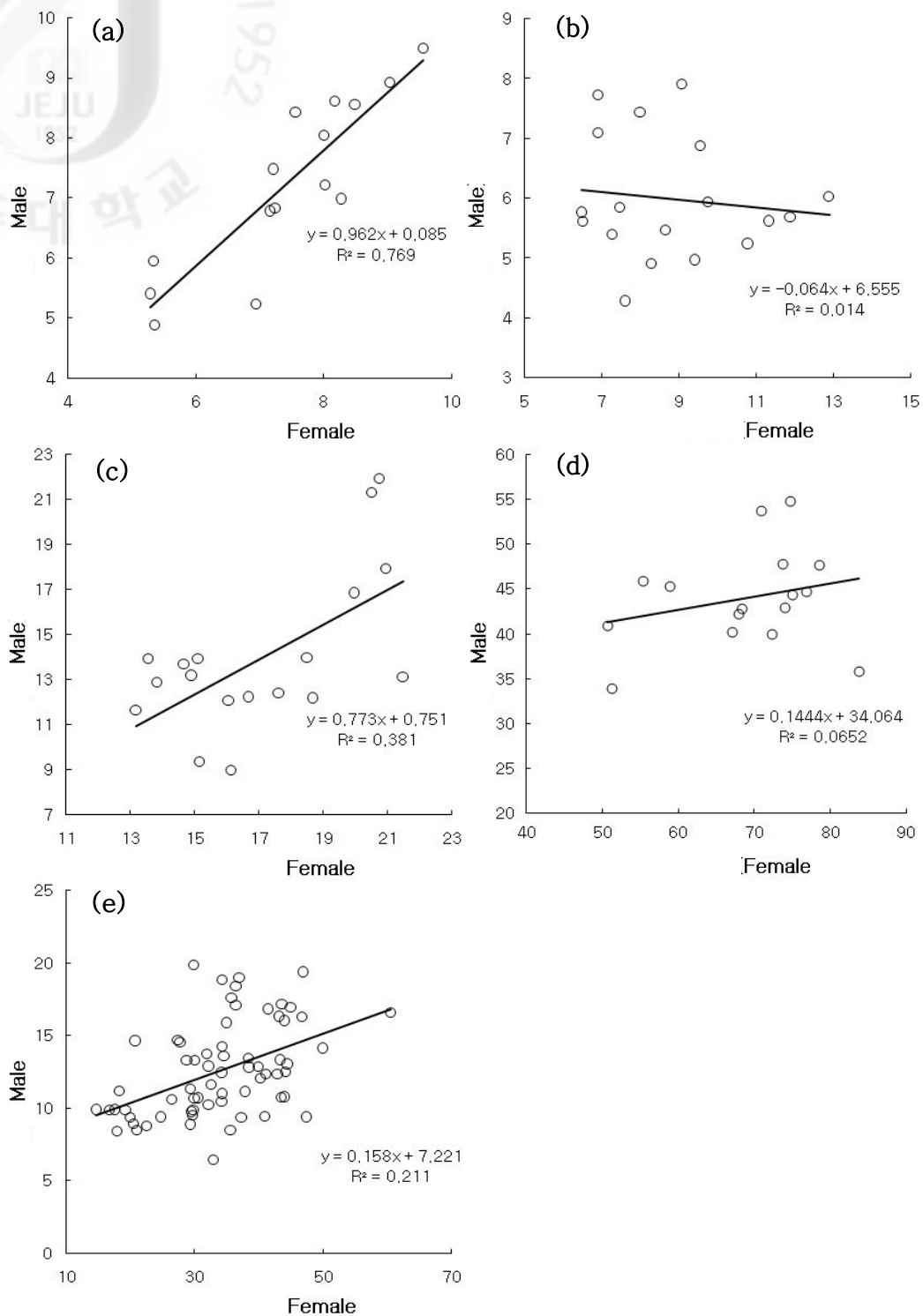


Fig. 45. Correlation between the females and the males by the body weight of five species. (a) *Bombina orientalis*, (b) *Hyla japonica*, (c) *Kaloula borealis*, (d) *Rana nigromaculata*, (e) *Rana dybowskii*.

4) 포접 자세

가) 무당개구리

무당개구리의 포접 자세는 북방산개구리와 달리 허리를 껴안으며 생식혹이 크게 발달하지 않았다. 허리를 껴 안고 성숙한 알이 40-60개 정도밖에 없기 때문에 포접한 암, 수의 체장과 체중의 차이가 없는 것으로 생각된다. 하지만 암, 수의 포접 상관관계가 높게 나타난 것은 앞으로 더 연구를 하여 밝혀야 할 것으로 생각된다(Fig. 46).

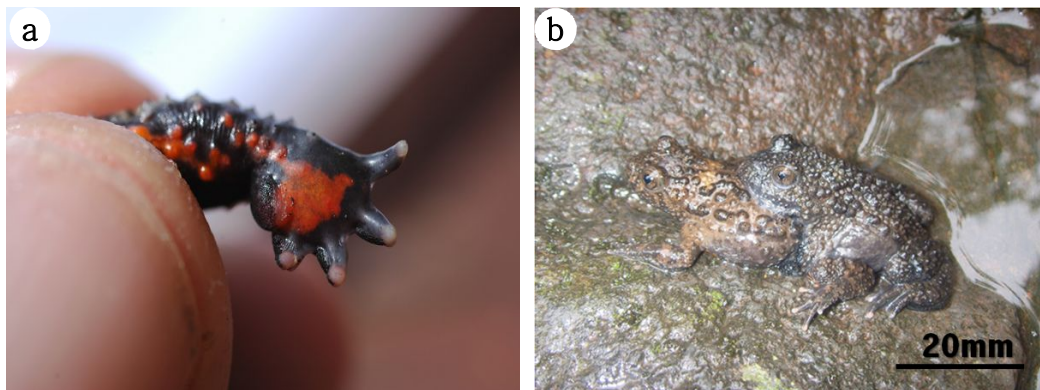


Fig. 46. Amplexus of *Bombina orientalis*. a) Toes of male's foreleg with a nuptial pad, b) Mating position by male's hugging female's waist.

나) 청개구리

청개구리 암·수 개체간 체장과 체중이 암컷이 수컷보다 큰 이유는 암컷이 700-1000개 정도의 알을 갖기 때문으로 생각된다. 포접 할 때는 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 짝짓는 경향이 없는 것으로 나타났다. 이는 청개구리가 포접할 때 다른 종과는 다르게 앞발가락에 있는 흡반을 사용하여 암컷을 껴 안기 때문에 이동하는데 큰 영향을 받지 않기 때문인 것으로 생각된다(Fig. 47).



Fig. 47. Amplexus of *Hyla japonica*. a) Hugging breast, b) Hugging shoulder, c) Hugging armpit, d) Toes of male's foreleg with a sucker.

다) 맹꽂이

맹꽂이 암·수 개체간 체장과 체중이 암컷이 수컷보다 큰 이유는 암컷이 1500-2500개 정도의 알을 갖기 때문으로 생각된다. 포접 할 때는 생식축이 없기 때문에 앞다리로 꼭 껴안지 못하고 배에서 끈적한 물질을 분비하여 암컷과 포접상태를 유지한다. 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 짝짓는 경향이 있는 것으로 나타났다. 이는 맹꽂이가 산란을 할 때 20-30개 정도의 알을 수십 번에 걸쳐 산란을 하며, 이런 과정에서 균형을 잡아야 하기 때문으로 생각된다(Fig. 48).

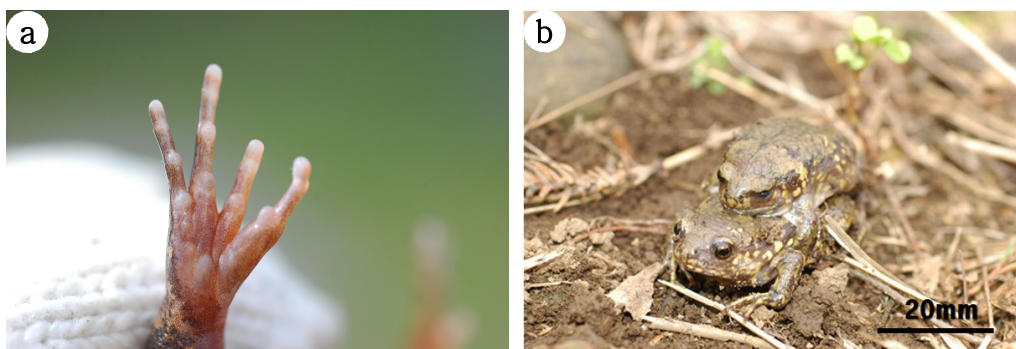


Fig. 48. Amplexus of *Kaloula borealis*. a) Foreleg of male, b) Mating position by male's hugging female's armpit

라) 참개구리

참개구리는 북방산개구리와 마찬가지로 수컷이 생식혹으로 암컷의 앞가슴을 꼭 누르듯이 껴안으며, 수컷이 암컷의 위로 완전히 올라간다(Fig. 49).



Fig. 49. Amplexus of *Rana nigromaculata*. a) Toes of male's foreleg with a nuptial pad, b) Mating position by male's hugging female's breast.

참개구리는 *Rana*속으로 북방산개구리와 가장 가깝지만 암, 수의 포접 상관관계가 없게 나타난 것은 의외의 결과이며, 앞으로 더 연구를 진행하여 밝혀야 할 것으로 생각된다.

마) 북방산개구리

북방산개구리는 수컷의 앞다리 엄지발가락에 생식혹이 있어 암컷을 껴안을 수 있으며 생식혹은 사포처럼 거칠어서 포접했을 때 미끌어지지 않게 한다. 포접했을 때 수컷이 완전히 암컷 위로 올라가며 포접 후에는 암컷에 의해 이동한다(Fig. 44).

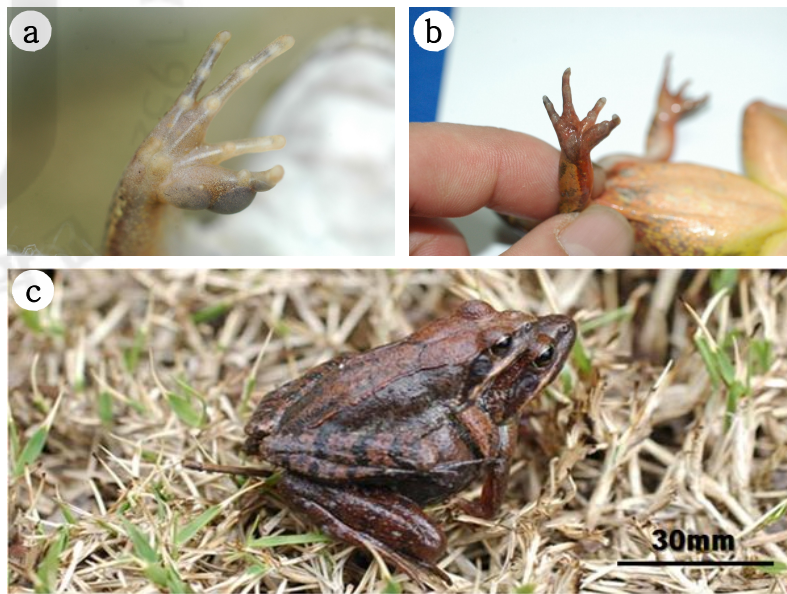


Fig. 50. Amplexus of *Rana dybowskii*. a) Toes of male's foreleg with a nuptial pad, b) Foreleg of female, c) Mating position male is on the female entirely.

작은 암컷을 큰 수컷이 포접했을 때 물속에서 균형을 잡지 못해 자꾸 뒤집어진 다거나, 큰 암컷을 작은 수컷이 포접할 때는 암컷을 확실히 껴안지 못하기 때문에 포접한 암컷과 수컷의 체장과 체중 모두 상관관계가 있는 것으로 생각된다. 포접 자세는 수컷이 암컷의 겨드랑이 쪽으로 앞다리를 넣어 껴안으며 생식후으로 암컷의 앞가슴을 짊 누른다. 너무 세게 눌린 암컷은 사망하기도 한다(Fig. 45).

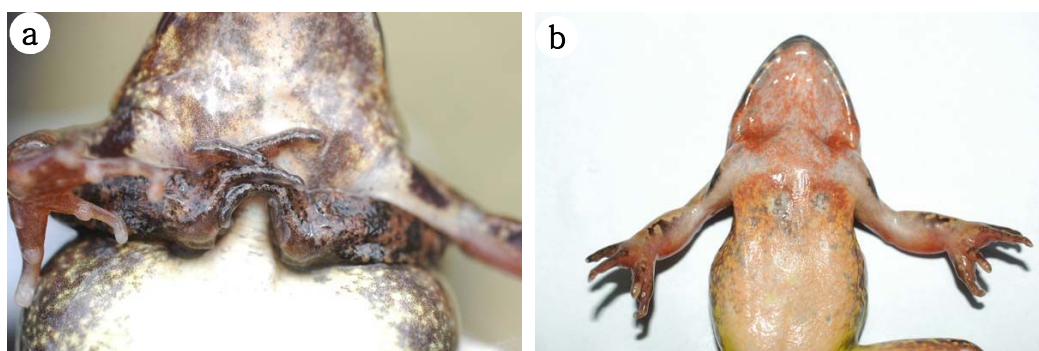


Fig. 51. Amplexus of *Rana dybowskii*. a) Situation male is pressing the female's breast with nuptial pad, b) Female's breast with a pressed mark by male's nuptial pad.

4. 요약

암컷 개구리가 비교적 큰 범위에 분포되어 있고 또한 비교적 긴 번식기를 갖고 있을 경우 수컷 개구리는 암컷 개구리를 선택할 수 있는 기회가 매우 적으며 일부 수컷만 생식에 참여할 수 있다. 그러나 번식기가 매우 짧고 다수의 암컷 개구리 한군데 모여 있을 경우 통상적으로는 무리 포접을 특징으로 한다. 이때 수컷 개구리는 암컷 개구리를 갖기 위하여 치열한 경쟁을 벌이게 된다(Pough et al, 1998). 북방산개구리는 기본적으로 후자에 속한다.

황소개구리의 암컷 개체는 비교적 늙은 것과 비교적 큰 수컷 개구리가 차지하는 영역에 대하여 특히 편애한다. 이들 영역에서의 올챙이의 사망율은 기타 영역에 비해 낮다. 그 원인은 이 영역은 극단적인 온도의 영향을 비교적 적게 받고 또한 포식동물의 침입을 비교적 적게 받기 때문이다. 이때 암컷 개구리의 배우자 선택은 수컷 동물 자체에 직접 대하지 않고 그들이 점유한 자원의 수량과 품질을 상대로 한다. 하지만 북방산개구리는 수컷들의 개체수가 많고 산란장소도 같은 연못에서 대부분 같은 장소이기 때문에 암컷이 편애하는 특별한 장소는 없다. 아마도 산란하기 위해 양호한 자세를 유지하기 위한 수컷의 크기가 암컷의 선택을 좌우하는 것으로 생각된다.

포접에 참여한 북방산개구리 암컷과 수컷의 체장과 체중차이가 독립표본 T-test를 통한 평균비교분석 결과, 양쪽 모두 유의확률 (p) < 0.001로 유의성이 있었으며, 포접한 북방산개구리 암컷과 수컷의 체장과 체중 간 상관관계 분석결과, 유의확률(p)은 < 0.001로 상관계수가 0.01유의수준에서 양쪽 모두 유의성이 있는 것으로 나타났다. 즉, 암컷이 수컷보다 컸으며, 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 포접을 한다. 북방산개구리 암컷의 최적의 배우자는 체장이 자기 체장의 약 82%, 체중은 자기 체중의 약 53%인 수컷 개구리이다. 암컷 개구리는 신장과 체중이 알맞은 수컷 개구리를 배우자로 선택한다. 이는 포접시 배설강의 위치 등 비교적 좋은 포접 공간의 형성과 포접시 이동에 유리하기 때문인 것으로 사료된다.

VI. 북방산개구리의 알 수와 신체와의 상관관계

1. 서론

개구리과에 속한 종들은 생물지리학적으로 한국, 중국, 일본에 널리 분포하며, 대부분 저지성으로서 서식장소는 평지의 못이나 물가근처의 풀숲이며, 물가에서 떨어진 장소에서는 찾아보기가 어렵다. 산란시기는 지역과 종에 따라 차이가 있으나 우리나라의 경우 대체로 5~6월 사이가 된다(윤 등, 1999).

북방산개구리는 우리나라 전역에 널리 분포하는 대형 종으로서 겨울철에 산간계류물속의 바위밑에서 동면을 하며 동면시 입가에 흰색의 점막이 형성된다. 봄철에 해빙이 시작되면 바로 산란을 시작하게 되는데 우리나라에 서식하는 양서류 중에서 가장 이른 시기에 산란하며, 산란시기가 기온변화와 아주 밀접한 관계를 가진다. 산란 후 곧바로 산으로 분산되어 산란기 이후에는 쉽게 눈에 띄지 않는다(윤 등, 1999). 한국에서 북방산개구리의 산란과 관련한 연구는 mating call, 산란행동과 크기의 성적이형(이승용, 1999) 등이 있으며, 제주도산 북방산개구리의 산란한 알 수와 관련된 연구는 아직까지 이루어진바 없다.

본 연구는 제주도에 서식하고 있는 북방산개구리의 산란 활동, 암컷의 크기에 따른 산란한 알 수와의 상관관계, 산란 전후의 체중 차이와 알 수와의 상관관계, 생식 연령 등을 밝혀, 양서류의 생식 전략의 한가지인 알 수에 관한 연구에 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 이루어졌다.

2. 재료 및 방법

가. 연구기간

북방산개구리의 산란, 부화, 초기성장, 생태특성, 서식지 및 관련 자료 등에 대한 사전 조사 및 선행연구는 2005년 2월부터 2008년 10월 사이에 이루어졌다. 또한 본 조사 연구인 북방산개구리의 채집과 외부형태 측정, 데이터 분석, 연령구조 및 체장과 체중과의 상관관계 분석 등은 2009년 1월 1일부터 2010년 5월 31일 사이에 이루어졌다.

나. 주요 조사(채집) 지역

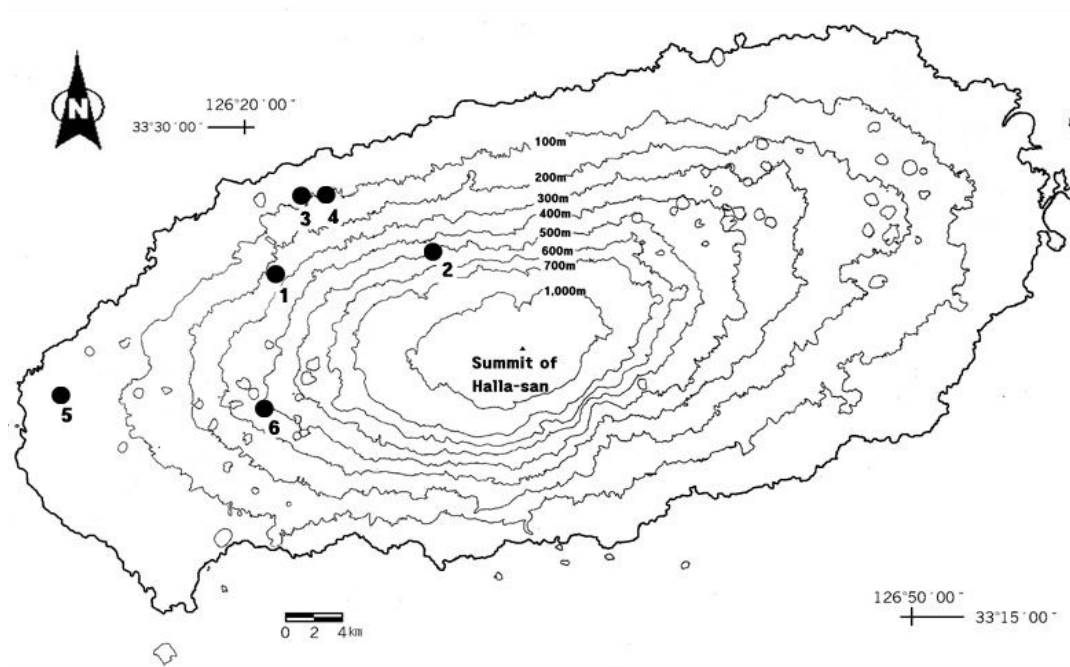


Fig. 52. A map showing the collecting sites of *Rana dybowskii* used in this study
1. Bilremot, 2. Eoeum-ri, 3. Eouksaemi, 4. Jwarangmot, 5. Hangomot, 6. Wonmul.

다. 연구방법

생태 조사 및 채집은 2009년 1월 1에서 2010년 5월 31일 사이에 이루어졌으며, 부화 및 산란 행동특성에 대한 조사는 현지 조사지와 제주여고 실험실 및 과수원에서 이루어졌다. 계측 조사는 채집지와 제주여고 실험실에서 이루어졌으며, 체장은 버어니어캘리퍼스(Gaunglu사), 체중은 Precision Load Cell Balance JW-1, 위치정보는 GPS(WGS84, Garmin사 vista C)를 각각 이용하여 측정하였고, 자료 분석은 SPSS(버전 12.0)를 이용하였다.

1) 계측 및 산란유도

산란 장소에서 포획한 암수를 채집하여 한 쌍씩 투명용기에 넣어 제주여고 실험실로 옮긴후, 수컷을 분리시켜 암컷의 체장과 체중을 측정한 다음 암컷 66개체를 체중순서대로 나열한 후 무거운 것부터 1~66번까지 번호를 부여하고, 산란을 방지하기 위해 암컷은 산란 유도 전까지 한 마리씩 투명용기에 넣어 보관하였다. 산란은 50×30×30cm 수조 6개와 66×47×40cm 플라스틱통 6개를 이용하여 유도하였다. (Fig. 53)



Fig. 53. Photographs showing the experiment of induced spawning. *Rana dybowskii*.

산란유도 실험은 부여된 번호에 따라 1~22번, 23~44번, 45~66번의 3그룹으로 나누고, 무거운 그룹과 중간 그룹, 가벼운 그룹에서 각각 같은 순위의 개체 1마리씩

3마리를 동일한 수조나 플라스틱 통에 넣고, 각각의 수조나 플라스틱 통에 수컷을 10마리씩 넣어 자유롭게 포접하게 하고 산란을 유도하였다.

2) 알 수 측정

산란한 알은 플라스틱 용기에 담고, 8등분 한 A4용지를 놓고 그 위에 페트리접시를 놓은 다음 장갑과 비닐장갑을 끼고 100-200개 정도의 알을 다치지 않도록 들어 올려 페트리접시 안에 올려놓고 한 개씩 측정한 후 개수를 A4용지 위에 기록한다. 이런 방법으로 알을 모두 측정하고 전부 합하여 한 마리의 알 수를 측정하였다 (Fig. 54).

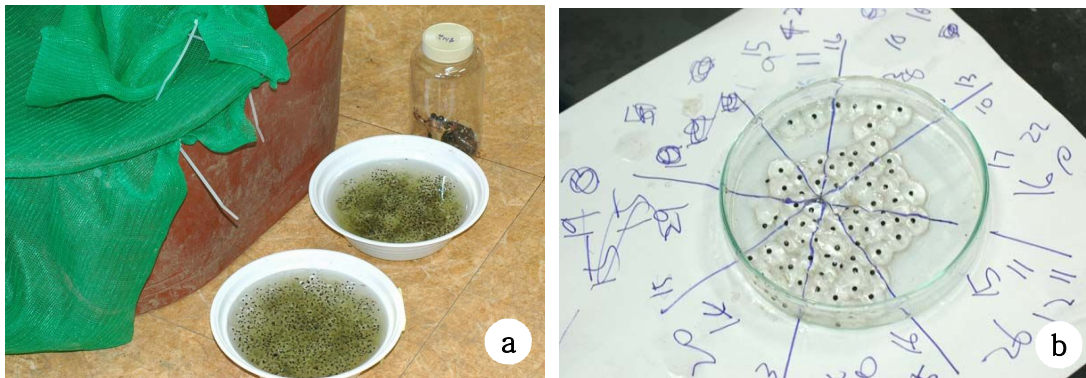


Fig. 54. The experiment of induced spawning. a) The size of an egg mass of *Rana dybowskii*, b) Counting the number of eggs.

알 수가 많은 것은 무거운 그룹, 적은 것은 가벼운 그룹으로 분류하였다. 한 마리만 산란해서 알덩어리가 두 개면 자료로 쓰고, 두 마리가 산란하였는데 세덩어리면 자료로 사용하지 않았다.

3) 연령구조 분석

산란에 참여하는 북방산개구리들의 나이를 확인하기 위해 오른쪽 앞발가락 가운데 첫째마디와 왼쪽 뒷발가락 가운데 첫째마디를 절단하여 마이크로튜브 (MCT-175-C)에 10% 중성포르말린을 넣어 고정시킨 후 나이를 확인하였다.

(가) 뼈나이 확인법

- ① 10%중성포르말린에 고정된 발가락을 흐르는 물에 24시간 세척

- ② 5%질산액(5%HNO₃)에 2시간 동안 넣어 뼈를 연화
- ③ 흐르는 물에 다시 24시간동안 세척
- ④ 에틸알코올을 이용하여 탈수
- ⑤ 동일 농도의 자일렌 C₆H₄(CH₃)₂에 옮겨 투명(Clearing)과정을 시행
- ⑥ 60℃에서 액상의 파라핀에 24시간 동안 담가두어 파라핀 침투
- ⑦ 박절기(MICROTOME, ERMA inc.)를 이용하여 조직의 횡단면을 10 μ m 두께로 절단
- ⑧ Erlich'shaematoxylin&Eosin법으로 조직과 뼈를 염색
- ⑨ 조직을 영구프레파라트로 고정
- ⑩ 광학현미경을 통해 $\times 100$, $\times 400$ 배율로 관찰하면서 나이트의 수를 측정

(나) 촬영결과 및 분석

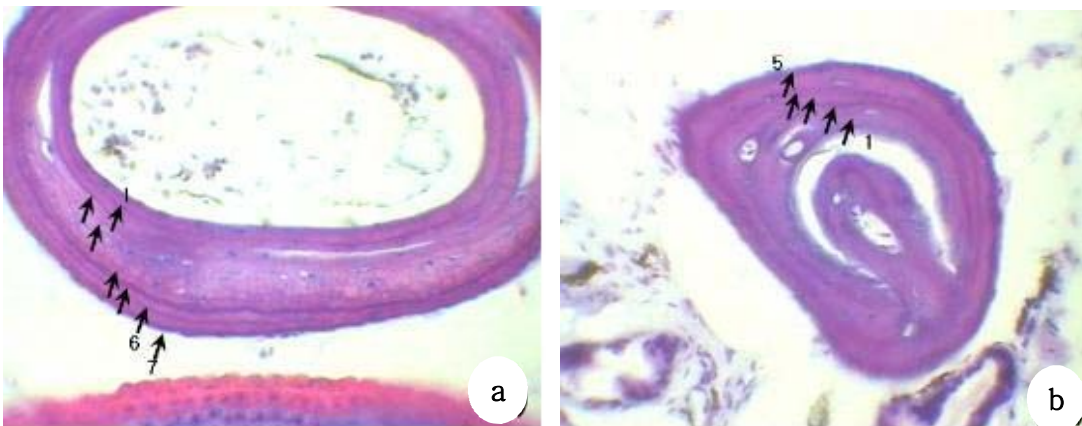


Fig. 55. Cross section at the middle of the diaphysis of phalanges. Black arrow : LAG(line of arrested growth). $\times 400$. (a) *Rana dybowskii*, 7 LAGs, (b) *Rana dybowskii*, 5 LAGs.

4) 통계분석

집단 간 평균비교분석(*t*-test)은 유의확률(*p*)로, 상관관계는 Pearson 상관계수(*r*)로 SPSS(Version 12.0)를 이용하여 분석했으며, 그래프는 Excel 2007을 이용하여 나타냈다.

3. 결과 및 고찰

가. 계측결과

Table 39. Morphometric measurements of mated pairs of *Rana dybowskii*

Collecting sites	No.	Collecting date (2009)	Length (SVL, mm)	Weight(g)			Age	No. of Eggs
				before spawn	after spawn	change of weight		
Bilremot	1	Feb. 03	70.5	40.3	24.7	15.6	7	1,874
	2	Feb. 03	64.2	30.0	18.2	11.8	x	1,110
	3	Feb. 03	64.7	30.6	20.0	10.6	7	1,226
	4	Feb. 03	69.4	38.5	27.1	11.4	x	1,269
	5	Feb. 03	75.1	44.1	27.8	16.3	5	1,224
	6	Feb. 13	65.7	32.6	20.6	12.0	5	1,228
	7	Feb. 13	67.2	27.4	17.8	9.6	8	957
	8	Feb. 13	66.4	29.7	19.5	10.2	6	1,151
	9	Feb. 13	64.2	26.5	21.7	4.8	7	1,055
	10	Feb. 13	66.3	29.8	19.9	9.9	4	1,217
	11	Feb. 14	65.8	30.0	18.8	11.2	5	1,256
	12	Feb. 14	76.8	47.5	28.8	18.7	7	1,832
	13	Feb. 15	74.6	43.3	21.4	21.9	7	1,318
	14	Feb. 15	70.1	36.5	24.1	12.4	5	1,341
	15	Feb. 15	64.7	29.9	19.6	10.3	8	1,287
	16	Feb. 23	65.1	32.2	20.9	11.3	5	1,151
	17	Feb. 23	70.3	34.6	25.9	8.7	5	1,421
	18	Feb. 23	57.6	18.3	*	*	x	*
Eoecum-ri	19	Feb. 04	70.3	37.9	25.7	12.2	8	1,580
	20	Feb. 04	63.8	27.8	18.5	9.3	6	1,318
	21	Feb. 04	64.4	35.0	22.1	12.9	4	1,349
Eouksaemi	22	Feb. 14	72.9	44.0	28.1	15.9	6	1,768
	23	Feb. 14	72.2	50.0	27.2	22.8	6	1,783
	24	Feb. 14	66.6	32.2	20.0	12.2	4	1,031
Jwarangmot	25	Feb. 10	72.9	43.6	21.8	21.8	5	1,216
	26	Feb. 10	71.2	36.5	24.0	12.5	5	1,345
	27	Feb. 10	70.4	31.9	24.7	7.2	6	733
	28	Feb. 10	70.1	34.4	24.6	9.8	x	1,178
	29	Feb. 10	70.2	42.9	27.9	15.0	5	1,181
	30	Feb. 14	71.7	41.5	26.4	15.1	5	1,139

Table 39. Continued

Collecting sites	No.	Collecting date (2009)	Length (SVL, mm)	Weight(g)			Age	No. of Eggs	
				Before spawn	After spawn	Change of weight			
Jwarangmot	31	Feb. 14	75.2	44.4	-	-	x	·	
	32	Feb. 15	73.3	46.8	27.7	19.1	6	1,513	
	33	Feb. 15	82.0	60.6	37.0	23.6	6	1,734	
	34	Feb. 15	70.7	39.9	24.4	15.5	6	1,373	
	35	Feb. 15	77.9	46.9	30.6	16.3	7	1,496	
	36	Feb. 15	73.4	38.4	25.4	13.0	6	1,264	
	37	Feb. 15	74.7	43.1	26.2	16.9	5	1,655	
	38	Feb. 17	70.2	34.3	21.9	12.4	6	1,202	
	39	Feb. 17	70.0	34.2	23.0	11.2	8	1,239	
	40	Feb. 17	74.4	44.9	28.9	16.0	5	1,372	
	41	Feb. 23	70.5	35.7	24.3	11.4	5	1,425	
	42	Feb. 23	71.2	36.9	-	-	x	·	
	Hangomot	43	Feb. 03	58.5	20.0	14.1	5.9	4	1,045
		44	Feb. 03	73.1	44.2	27.7	16.5	5	1,465
45		Feb. 03	62.1	20.5	14.5	6.0	5	1,217	
46		Feb. 03	66.8	33.0	20.9	12.1	6	1,039	
47		Feb. 03	56.0	19.3	10.6	8.7	4	1,058	
48		Feb. 04	63.8	29.5	20.9	8.6	x	964	
49		Feb. 04	71.8	40.9	28.0	12.9	x	1,880	
50		Feb. 04	64.2	28.7	18.2	10.5	x	1,596	
51		Feb. 04	66.6	29.4	19.0	10.4	6	1,308	
52		Feb. 04	57.0	20.8	13.1	7.7	x	1,098	
53		Feb. 04	71.2	35.6	25.0	10.6	5	1,372	
54		Feb. 04	74.9	41.1	27.0	14.1	6	1,532	
55		Feb. 10	68.9	34.2	21.4	12.8	5	1,064	
56		Feb. 10	71.1	34.4	-	-	x	·	
57		Feb. 23	60.2	22.5	14.5	8.0	6	1,142	
58		Feb. 23	64.0	24.7	16.5	8.2	5	1,439	
59		Feb. 23	65.5	29.4	18.2	11.2	x	1,083	
60		Feb. 23	74.6	43.6	-	-	9	·	
Wonmul	61	Feb. 26	54.0	14.7	9.7	5.0	6	635	
	62	Feb. 26	69.8	37.3	23.7	13.6	7	1,543	
	63	Feb. 26	56.5	21.0	14.4	6.6	5	895	
	64	Feb. 26	55.1	17.6	11.3	6.3	5	856	
	65	Feb. 10	53.8	16.7	*	*	x	*	
	66	Feb. 10	57.7	17.9	11.1	6.8	x	1,063	

(-: 산란 후 체중 계측 못함, x: 나이 분석 못함, ·: 알 수 계측 못함, *: 사망)

나. 상관관계 분석

계측한 체장(SVL), 산란전 체중(Weight_before), 산란후 체중(Weight_after), 산란전후의 체중차이(change of weight), 나이(Age), 산란한 알 수(Egg) 등 모든 값에 대하여 SPSS(Version 12.0) program을 활용해 상관관계를 분석한 결과, 체장은 산란 전·후 체중 및 알 수와의 관계에서 유의확률 ($p < 0.01$)로 0.01수준에서 유의성이 있는 것으로 나타났으며, 체장과 나이와의 관계에서는 유의확률 ($p = 0.049$)로 0.05수준에서 유의한 것으로 나타났다. 또한, 산란 전후의 체중차이와 알 수와도 0.01수준에서 유의한 것으로 나타났다. 그러나 나이와 산란 전·후 체중 및 알 수와의 상관관계는 유의성이 없는 것으로 나타났다(Table 40).

Table 40. Correlation analysis of the number of eggs and other body characters in females of *Rana dybowskii*

		SVL	Weight (before)	Weight (after)	Change of weight	Age	Egg
SVL	pearson-(r)	1	.951(**)	.939(**)	.806(**)	.274(*)	.645(**)
	p-value		.000	.000	.000	.049	.000
	N	66	66	60	60	52	60
Weight (before)	pearson-(r)	.951(**)	1	.945(**)	.910(**)	.206	.692(**)
	p-value	.000		.000	.000	.143	.000
	N	66	66	60	60	52	60
Weight (after)	pearson-(r)	.939(**)	.945(**)	1	.725(**)	.190	.650(**)
	p-value	.000	.000		.000	.181	.000
	N	60	60	60	60	51	60
Change of weight	pearson-(r)	.806(**)	.910(**)	.725(**)	1	.120	.636(**)
	p-value	.000	.000	.000		.401	.000
	N	60	60	60	60	51	60
Age	pearson-(r)	.274(*)	.206	.190	.120	1	.221
	p-value	.049	.143	.181	.401		.119
	N	52	52	51	51	52	51
Egg	pearson-(r)	.645(**)	.692(**)	.650(**)	.636(**)	.221	1
	p-value	.000	.000	.000	.000	.119	
	N	60	60	60	60	51	60

* : 상관계수가 0.05 수준(양쪽)에서 유의함.

** 상관계수가 0.01 수준(양쪽)에서 유의함.

다. 신체와 알 수와의 상관관계

1) 체장과 알 수와의 상관관계

Table 41. Correlation between the body length (SVL) and the number of eggs

	N	p-value	pearson-(r)
SVL (mm)	60	0.000	0.645(**)
No. of Eggs	60		

암컷의 체장은 평균 67.8 ± 0.8 (Mean \pm SE), 알 수는 635개에서 1,880개까지이며 평균알 수는 $1,285.1 \pm 34.7$ (Mean \pm SE)이었다. 두 계측 값 사이의 상관관계 분석결과 정 상관관계가 있는 것으로 나타났다(상관계수 $r = 0.645$, $p < 0.01$) (Table 41, Fig. 56). 암컷의 체장과 알 수의 상관계수는 비교적 높은 편이며 체장이 긴 암컷은 많은 알을, 체장이 짧은 암컷은 적은 알을 낳는 경향을 보였다.

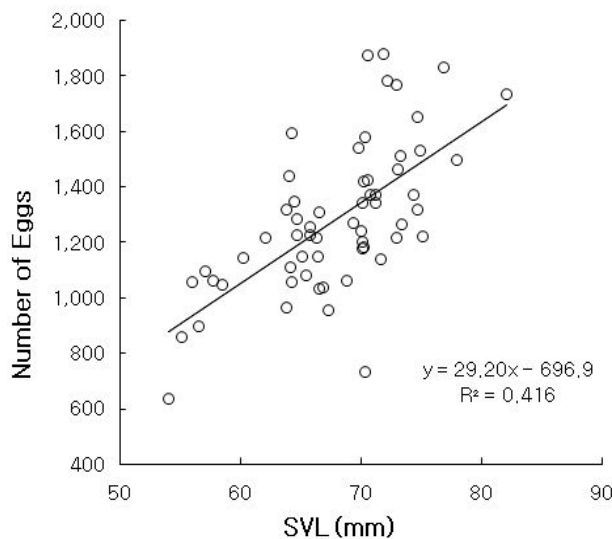


Fig. 56. Correlation between body length (SVL) and number of eggs in females of *Rana dybowskii*.

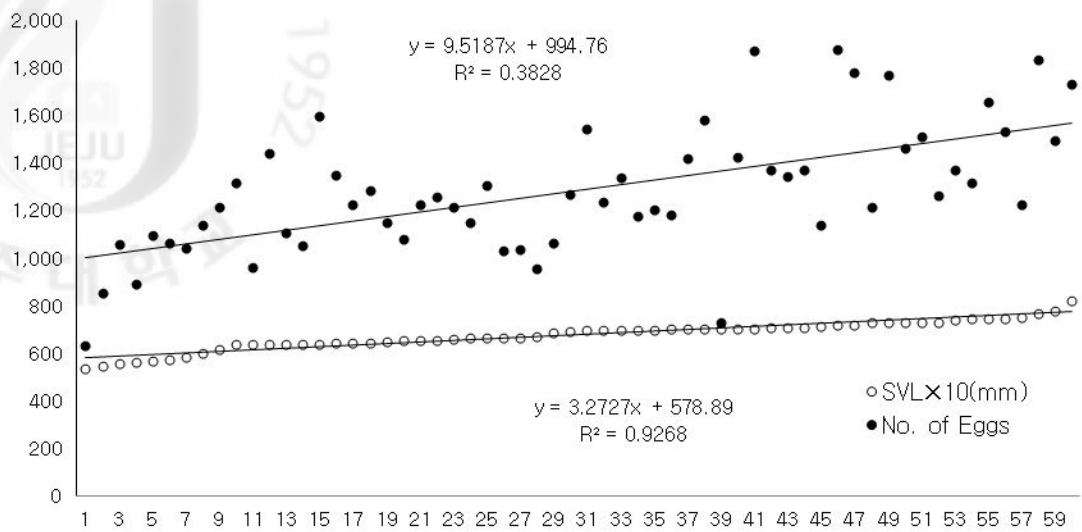


Fig. 57. Regression lines of the number of eggs and the body length (SVL) in females of *Rana dybowskii*.

암컷의 체장을 10배하여 오름차순으로 정리하고 알 수와의 산점도를 도표로 나타낸 후 추세선을 표시하였을 때(Fig. 55), 암컷의 체장이 증가함에 따라 알의 수도 증가하는 경향을 보였다. 즉, 암컷의 체장과 알 수와는 양의 상관관계가 있었다.

2) 체중과 알 수의 상관관계

Table 42. Correlation between the body weight and the number of eggs

	N	p-value	pearson-(r)
Weight (g)	60	0.000	0.692(**)
No. of Eggs	60		

암컷의 평균 체중은 $34.1 \pm 1.2\text{g}$ (Mean \pm SE) 이었고, 평균 알 수는 $1,285.1 \pm 34.7$ (Mean \pm SE) 로 나타났다. 두 계측 값 사이의 상관관계를 분석한 결과 정상상관계가 있는 것으로 나타났다(상관계수 $r = 0.692$, $p < 0.01$)(Table 42, Fig. 58). 암컷의 체장과 알 수의 상관계수는 비교적 높은 편이며, 체중이 큰 암컷이 체중이 작은 암컷보다 많은 알을 낳는 경향을 보였다.

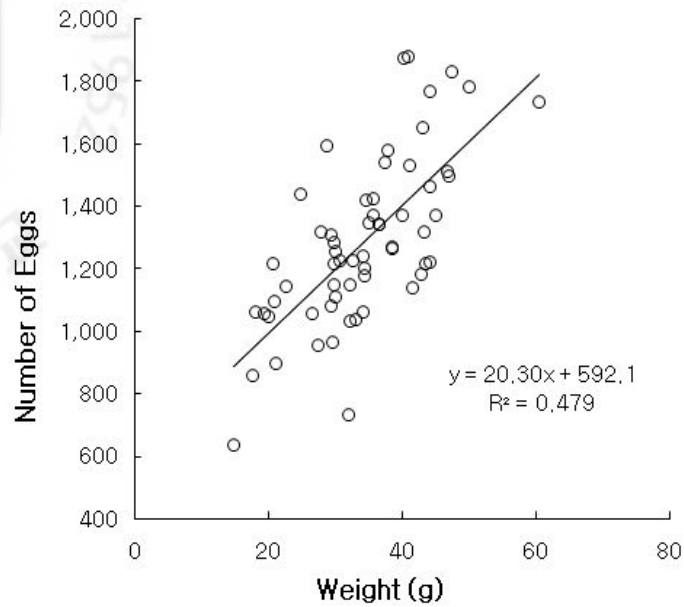


Fig. 58. Correlation between the body weight and the number of eggs in females of *Rana dybowskii*.

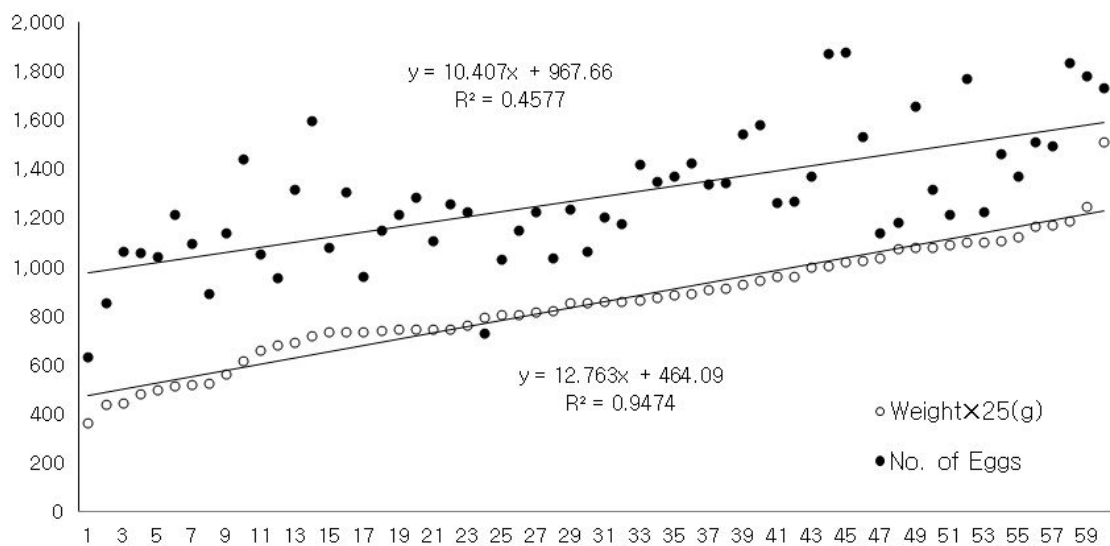


Fig. 59. Regression lines of the number of eggs and the body weight in females of *Rana dybowskii*.

암컷의 체중을 25배하여 오름차순으로 정리하고 알 수와의 산점도를 도표로 나타낸 후 추세선을 표시했을 때(Fig. 57), 암컷의 체중이 증가함에 따라 알 수도 증

가하는 경향을 보였다.

3) 산란 전후의 체중차이와 알 수의 상관관계

Table 43. Correlation between the change of weight and the number of eggs

	N	p-value	pearson-(r)
Change of Weight	60	< 0.001	0.636(**)
No. of Eggs	60		

암컷의 산란 전후의 체중 차이는 4.7g에서 21.8g까지 범위였고 평균 12.2 ± 0.6 (Mean \pm SE)이며, 알 수는 1285.1 ± 34.7 (Mean \pm SE)이다. 두 측정 값 사이의 상관관계 분석결과 정상관관계가 있는 것으로 나타났다(상관계수 $r = 0.636$, $p < 0.001$). 암컷의 산란 전 후의 체중차이와 알 수의 상관관계계수는 비교적 높은 편이었다(Table 43, Fig. 60.).

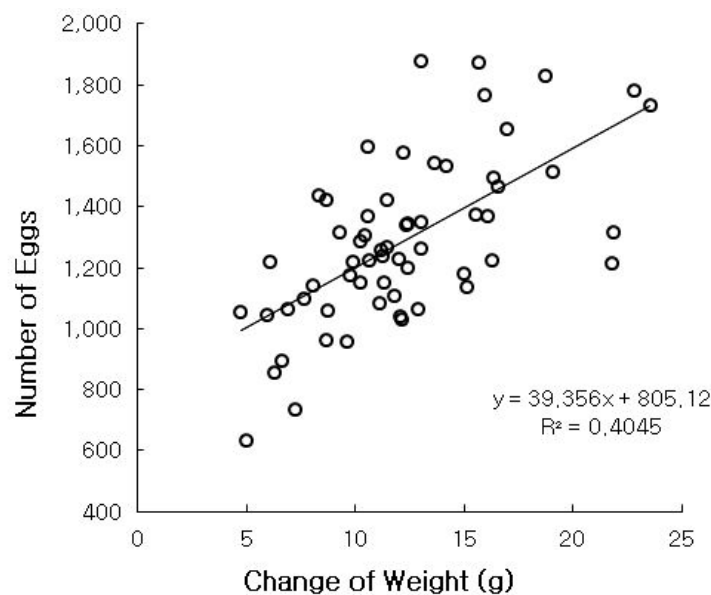


Fig. 60. Correlation between the change of weight and the number of eggs in females of *Rana dybowskii*.

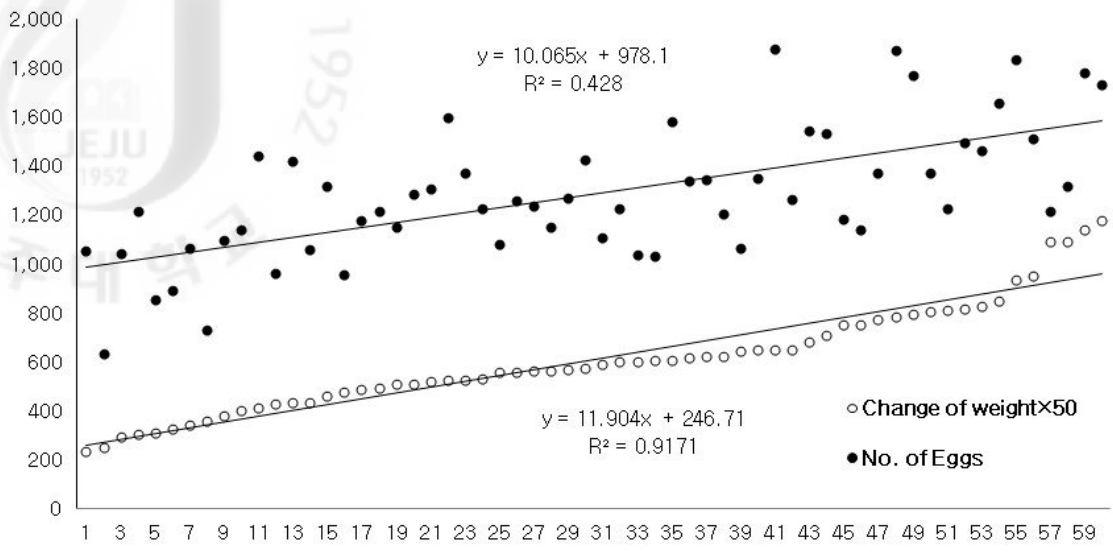


Fig. 61. Regression lines of the number of eggs and the change of weight in females of *Rana dybowskii*.

암컷의 산란 전·후의 체중 차이를 50배하여 오름차순으로 정리하고 알 수와의 산점도를 도표로 나타낸 후 추세선을 표시하였을 때(Fig. 59), 암컷의 산란 전·후의 체중 차이가 증가함에 따라 알수도 증가하는 경향을 보였다.

4) 나이와 알 수의 상관관계

Table 44. Correlation between the age and the number of eggs.

	N	p-value	pearson-(r)
Age	51	0.119	0.221
No. of Eggs	51		

암컷의 나이는 4년에서 9년까지 범위이고 평균 5.8±0.2년(Mean±SE)이며, 알 수 평균은 1285.1±34.7(Mean±SE)이다. 두 계측 값 사이의 상관관계 분석결과 $p > 0.05$ 로 암컷의 산란 전후의 체중 차이와 알 수간에는 상관관계가 없는 것으로 나타났다 (Table 44).

라. 나이와 체장 및 체중과의 상관관계

1) 나이와 체장의 상관관계

Table 45. Correlation between the body length (SVL) and the age

	N	p-value	pearson-(r)
SVL	52	0.049	0.274(*)
Age	52		

생식에 참여하는 북방산개구리 암컷의 나이는 4년에서 9년까지이고, 나이가 확인된 52개체 중 5-6년이 35개체로 67%를 차지하여 이 연령대가 가장 활발하게 생식활동에 참가하는 것으로 나타났다. 나이에 대한 체장의 상관관계는 $p = 0.049$ 로 정상상관계가 있으며, 상관계수는 0.274로 상관관계가 낮은 것으로 나타났다(Table 45, Fig. 62).

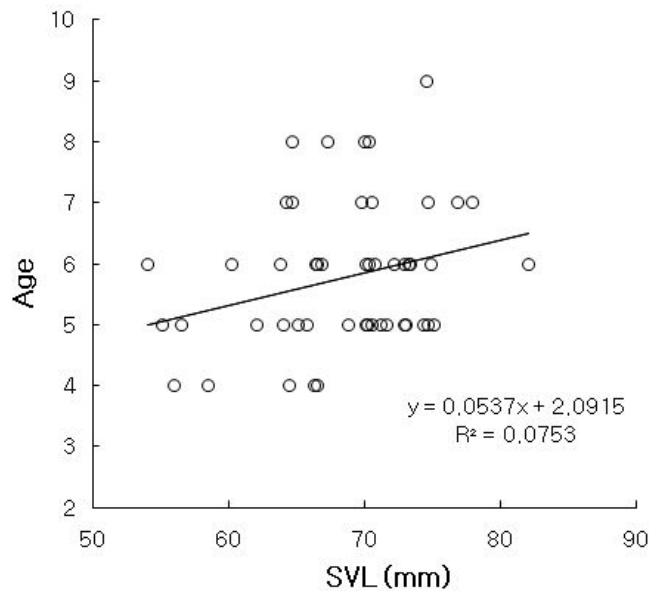


Fig. 62. Correlation between body length (SVL) and age in females of *Rana dybowskii*.

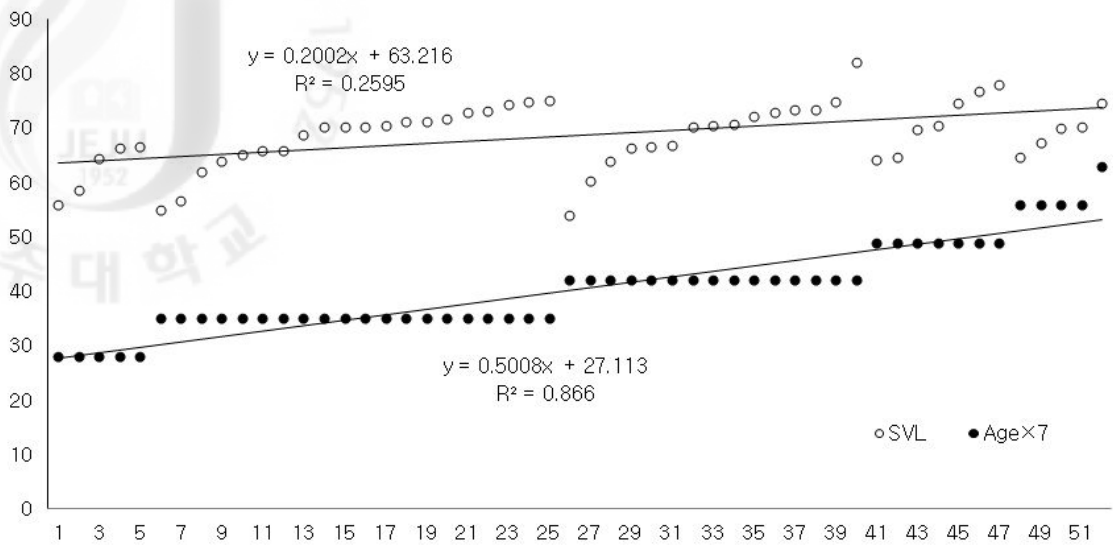


Fig. 63. Regression lines of the age and body length (SVL) in females of *Rana dybowskii*.

나이에 7배를 하여 오름차순으로 정리하고 그에 따른 체장과의 산점도를 도표로 나타낸 후 추세선을 표시하면 나이가 증가함에 따라 체장도 약간 증가하는 경향을 보였다(Fig. 61).

2) 나이와 체중

Table 46. Correlation between weight and age

	N	p-value	pearson-(r)
Weight	52	0.143	0.206
Age	52		

같은 방법으로 나이와 체중과의 상관관계를 분석해 보면 $p > 0.05$ 로 암컷의 나이와 체중 간에는 상관관계에 유의성이 없는 것으로 나타났다(Table 46).

4. 요약

포집한 북방산개구리 암컷의 평균 체장은 $67.8 \pm 0.8 \text{mm}$ (Mean \pm SE)이고, 알 수는 635개에서 1,880개까지이며 평균알 수는 $1,285.1 \pm 34.7$ (Mean \pm SE)이었다. 두 간의 상관관계는 유의확률(p)는 < 0.01 로 암컷의 체장과 알 수와의 상관관계는 유의성이 있는 것으로 나타났다. 암컷의 체장과 알 수의 pearson 상관계수는 0.645로 비교적 높은 편이며 체장이 긴 암컷은 많은 알을, 체장이 짧은 암컷은 적은 알을 낳는 경향을 보였다. 평균체중은 $34.1 \pm 1.2 \text{g}$ (Mean \pm SE)이었고, 평균 알의 수는 $1,285.1 \pm 34.7$ (Mean \pm SE)로 나타났다. 두 계측 값 사이의 상관관계 분석결과 유의확률(p) < 0.01 로 암컷의 체중과 알 수와의 상관관계는 유의성이 있는 것으로 나타났다. 암컷의 체장과 알 수의 pearson 상관계수는 0.692로 비교적 높은 편이며 체중이 큰 암컷이 체중이 작은 암컷보다 많은 알을 낳는 경향을 보였다.

산란 전후의 체중 차이는 4.7g에서 21.9g까지 범위이고 평균 및 표준편차는 $12.2 \pm 0.6 \text{g}$ (Mean \pm SE)이며, 알 수 평균은 1285.1 ± 34.7 (Mean \pm SE)이다. 두 계측 값 사이의 상관관계 분석결과 유의확률(p) < 0.001 로 암컷의 산란 전후의 체중 차이와 알 수간에는 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 암컷의 산란 전 후의 체중차이와 알 수의 상관관계계수는 0.636으로 비교적 높은 편이다

뼈나이 측정법으로 측정한 북방산개구리의 나이는 4년에서 9년까지 범위이고 평균 $5.8 \pm 0.2 \text{년}$ (Mean \pm SE)이며, 알 수 평균은 1285.1 ± 34.7 (Mean \pm SE)이다. 두 계측 값 사이의 상관관계 분석결과 유의확률(p) > 0.05 로 암컷의 산란 전후의 체중 차이와 알 수간에는 상관관계에 유의성이 없는 것으로 나타났다.

생식에 참여하는 북방산개구리중 나이가 확인된 52개체 중 5-6년이 35 개체로 67 %를 차지하여 이 연령대가 가장 활발하게 생식활동에 참가하는 것으로 나타났다. 나이에 대한 체장의 유의 확률(p)은 0.049로 나이와 체장과는 상관관계가 있으며, pearson상관계수(r)는 0.274로 상관관계가 낮은 것으로 나타났으며, 나이와 체중 간 상관관계에 유의성이 없는 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 얻은 자료는 북방산개구리의 신체적 특징과 산란한 알 수와의 상관관계에 대한 기초 자료로서, 북방산개구리의 종 번식전략 및 습지생태계 복원 프로그램을 마련하는데 필요한 자료로 이용될 수 있을 것이라고 생각한다.

초 록

양서류는 분류학상 척삭동물문(Chordata) 양서류강(Amphibia)으로 분류되며, 현재 무족영원목(Gymnophiona), 유미목(Caudata), 무미목(Anura)의 3개목에 약 6,700여종이 극지방을 제외한 전 지구상에 분포한다. 우리나라에는 북한에 서식하는 종을 포함하여 22종이 분포하고 있다.

본 연구는 제주도에 서식하는 양서류의 현황을 밝히고 종별 산란지와 생활사를 연구하여 서식지 보전과 종 다양성 확보뿐만 아니라 미래의 습지생태계 복원 프로그램 마련하는 데 필요한 자료를 제공하기 위하여 이루어졌다. 또한 제주도에 서식하고 있는 북방산개구리의 생태, 산란, 부화, 유생의 성장, 생태 특성 등과 선호하는 산란지 분석, 생식에 참여하는 성체의 체장과 체중, 포접(mating)에 참여하는 암수의 크기 상관관계, 암컷의 크기와 산란한 알 수와의 상관관계, 산란 전후의 체중 차이와 알 수와의 상관관계, 생식 연령 등 북방산개구리의 생활사를 조사하였다.

조사는 2004년 2월부터 2010년 10월 사이에 제주도 전역에 분포하는 각종 습지와 연못을 대상으로 다양한 조사지역을 선정하였고, 채집된 알 및 올챙이, 성체 등의 생태특징 등의 연구는 제주여고 과수원 및 제주여고 실험실에서 이루어졌다. 조사지는 구좌읍 39개소, 남원읍 16개소, 대정읍 19개소, 서귀포시 20개소, 성산읍 23개소, 안덕면 12개소, 애월읍 34개소, 우도면 2개소, 제주시 36개소, 조천읍 38개소, 표선면 10개소, 한경면 19개소, 한림읍 22개소 등 모두 290개소이다.

1. 제주도의 양서류 현황

1) 현재 제주도에에는 제주도롱뇽, 두꺼비, 무당개구리, 청개구리, 맹꽁이, 참개구리, 금개구리, 움개구리, 북방산개구리와 외래 도입종인 황소개구리를 포함하여 2목 6과 10종의 양서류가 서식한다고 보고되었다.

2) 1990년 이후 수십 건의 연구조사에서 두꺼비와 금개구리, 움개구리는 관찰되었거나 채집된 기록이 없으며, 특히 지난 5년간의 조사에서도 두꺼비, 움개구리, 금개구리는 관찰된 바 없다.

3) 현지 조사 결과를 근거로 제주도에에는 제주도롱뇽, 무당개구리, 청개구리, 맹꽁이, 참개구리, 북방산개구리와 외래 도입종인 황소개구리를 포함하여 2목 5과 7종의 양서

류가 서식하는 것으로 사료된다.

2. 북방산개구리의 생활사

1) 제주도산 북방산개구리는 1월에서 4월까지 산란하는데, 고도가 높은 계곡이나 한라산 국립공원 내에서는 유생이 8월에도 관찰되는 것으로 보아 5월 중순까지 산란하는 것으로 나타났다.

2) 난괴 당 알의 수는 635개에서 1,880개까지로, 평균 $1,285.1 \pm 266.4$ 개였다.

3) 2월초에 산란한 경우 부화까지 약 20일정도 소요되었으며, 3월초에 산란한 경우 약 15일정도, 4월초인 경우는 수온에 따라 6-9일이 소요 되었다.

4) 유생은 50-60일이 지나면 뒷다리가 발생하고 다시 20-30일이 지나 앞다리가 발생한다. 어린개구리가 되는데 수정 후 약 80-120일이 소요되는 것으로 나타났다.

5) 성체의 체장은 암컷이 53.8-82.0mm 범위이고, 평균은 $67.8 \pm 0.8\text{mm}(\text{Mean} \pm \text{SE})$ 였으며, 수컷은 41.3-60.7mm 범위이고, 평균은 $50.1 \pm 0.3\text{mm}(\text{Mean} \pm \text{SE})$ 로 나타났다.

6) 성체의 체중은 암컷이 14.7g - 60.6g 범위였으며, 평균은 $34.0 \pm 1.2\text{g} (\text{Mena} \pm \text{SE})$ 였으며, 수컷은 6.4g - 20.3g 범위이고 평균은 $12.4 \pm 0.2\text{g} (\text{Mean} \pm \text{SE})$ 였다.

7) 생식에 참여하는 암컷의 나이는 4년에서 9년까지로 나타났으며, 수컷은 3년에서 9년으로 나타났다.

3. 북방산개구리의 산란지 특성

1) 산란장소는 연못의 면적이 작고 수심이 얇은 곳, 수면과 연못 경계면사이가 완만한 곳을 선택하여 산란하는 것으로 나타났다.

2) 산란지를 선택하는데, 수심이 깊은 곳, 연못이 넓거나 연못 속에 붕어나 미꾸라지 같은 포식자가 있는 곳은 피하는 것으로 조사되었다.

3)수질의 화학적 성분에서 pH와 용존산소에서는 두 비교 지역 간에 실질적으로 차이가 없으며 수온과 염도만 차이점을 보이고 있다.

4. 북방산개구리의 포접 경향

1) 포접에 참여한 암컷과 수컷의 체장과 체중은 상관계수 0.01유의수준에서 양쪽 모두 차이가 있는 것으로 나타났다. 있다.

2) 작은 암컷은 작은 수컷과 큰 암컷은 큰 수컷과 포접을 한다. 암컷의 최적의 배우자는 체장이 자기 체장의 약 82%, 체중은 자기 체중의 약 53%인 수컷 개구리이다.

3) 암컷 개구리는 신장과 체중이 알맞은 수컷 개구리를 배우자로 선택이유는 포접시 배설강의 위치 등 비교적 좋은 포접 공간의 형성과 포접시 이동에 유리하기 때문으로 사료된다.

5. 북방산개구리의 알 수와 신체와의 상관관계

1) 체장과 체중이 큰 암컷이 작은 암컷보다 많은 알을 산란한다.

2) 뼈나이 측정법으로 측정한 북방산개구리의 나이는 4년에서 9년까지 범위이고 평균 5.8 ± 0.2 년(Mean \pm SE)이며, 알 수 평균은 1285.1 ± 34.7 (Mean \pm SE)이다.

3) 생식에 참여하는 암컷의 체장은 나이와 상관관계가 있으나 체중은 상관관계가 없었다.

4) 생식에 참여하는 북방산개구리 중 나이가 확인된 52개체에서 5-6년이 35 개체로 67 %를 차지하여 이 연령대가 가장 활발하게 생식활동에 참가하는 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 얻은 자료는 서식지 보전을 위한 자료 구축뿐만 아니라 종 번식전략에 필요한 자료로 제공되어 미래의 습지생태계 복원 프로그램을 마련하는데 귀중한 자료로 활용될 것이다.

참고문헌

- 강영선, 윤일병. 1968. 제주도의 양서·파충류. In 천연보호구역 한라산 및 홍도 학술조사보고서: 290-291. 문화공보부.
- 강영선, 윤일병. 1975. 한국동식물도감 동물편 (양서파충류) 17: 1-344. 문교부.
- 고선근, 김정우, 권혁방. 1993. 북방산개구리의 정자형성주기에 관한 연구. 동물학회지 123: 580-587.
- 고선근, 윤필상. 2000. 광주·화순 일대의 양서·파충류.
- 고영민, 고상범, 장민호, 오홍식. 2009. 제주도의 양서류상. 한국환경생태학회 학술대회논문집 19(1): 62-65.
- 고영민. 2005. 한라산 야생동물의 현황과 보호관리 방안: 45-70. 한라산연구소.
- 고영민, 고상범. 2005a. 제주도 동백동산 양서·파충류: 57-65, In 2005 전국내륙습지 자연환경조사 (환경부, 국립환경과학원, UNDP/GEF 국가습지보전사업관리, eds.). 환경부.
- 고영민, 고상범. 2005b. 제주도 용수저수지 양서·파충류: 211-220, In 2005 전국내륙습지 자연환경조사. (환경부, 국립환경과학원, UNDP/GEF 국가습지보전사업관리단, eds.). 환경부.
- 고영민, 장민호, 오홍식. 2007. 한국산 무당개구리 두 개체군의 먹이 습성 비교. 한국환경생태학회지 21(6): 461-467.
- 국립환경과학원. 2009. 제 3차 전국자연환경조사지침, 양서·파충류편.
- 김완병, 오홍식, 김원택. 2001. 한라산국립공원내 습지의 동물상 조사. 제주생명과학연구소 4: 9-20.
- 김원택, 오홍식. 2000. 한라산국립공원 기초환경조사, 동물상. 74-88, In 한라산기초조사 및 보호관리 계획 수립 (제주도, eds.). 제주도, 제주.
- 박병상. 1994. 덕유산 국립공원의 양서류상: 대형 건설 공사가 양서류 서식에 미치는 영향. 응용생태연구 7(2) 207-212.
- 박행신. 1982. 척추동물. Pp. 550-561, In 제주도지 (제주도, eds.). 제주도, 제주.
- 백남극. 1990. '90 자연생태계 전국조사-제주도의 양서·파충류상. 환경처, 390-401.
- 백남극. 1993. 제주도의 척추동물상과 진화. 한국생물과학협회 14: 3-16.

- 백남극, 김창한, 심재한. 1985. '한라산천연보호구역 학술조사보고서(한라산의 양서파충류)' 52-55, 457-479, 제주.
- 송재영, 조정현. 2004. 제주 1, 노로오름 일대의 양서·파충류. 전국자연환경조사. 환경부, 과천.
- 송재영. 1999. 제주 물영아리 오름의 양서 · 파충류. 41-48, In 제주 물영아리오름 자연환경조사 (환경부, eds.). 환경부, 과천.
- 신광하, 차현주. 2003. 보성, 존재산 일대의 양서 · 파충류.
- 심재한. 1998. 제주도 물영아리 습지내 양서, 파충류 생물 다양성 조사, 연구(한국자연보호협회, '제주도 오름 물영아리늪의 지질환경 연구' 17: 49-56), 서울.
- 양서영, 김종범, 민미숙, 서재화, 강영진. 2001. 한국의 양서류. 40-73. 아카데미서적, 서울.
- 양서영, 류재혁. 1978. 한국산 양서류의 분포목록. 인하대학교 산업과학 기술연구지 5: 81-90.
- 양서영. 1980. 한국산 척추동물 자원 연구; 1. 양서류 분류 분포에 관한 연구. 인하대.
- 양효진. 2010. 양서류 질병 '항아리곰팡이병'과 검역. 대한수의사회지 46(12) 1118-1128.
- 오장근, 김현철. 2003. 한라산국립공원내 양서 · 파충류 현황. 한라산 연구소 조사연구보고서 2: 63-81.
- 오장근. 2006. 제주도 양서 · 파충류. 23-71, In 한라산의 동물 (제주도, 한라산생태문화연구소 eds.). 도서출판각, 제주.
- 오홍식, 김병수. 2001. 제주도물장오리. 29-67, In 전국내륙습지자연환경조사 (환경부, eds.). 환경부, 과천.
- 오홍식, 김완병, 고봉건, 김병수, 김영호. 2002. 양서 · 파충류. 306-322, In 한라산국립공원자연자원조사 (국립공원관리공단, eds.). 드림기획, 서울.
- 오홍식, 장민호, 김병수. 2007. 한라산 국립공원의 양서 · 파충류 현황 및 생물지리학적 고찰. 한국환경생태학회지 21: 107-112.
- 오홍식, 홍창의. 2007. 제주도에 도입된 황소개구리(*Rana catesbeiana*)와 붉은귀거북(*Trachemys scripta elegans*)의 서식실태 및 관리방안. 한국환경생태학회지 21(4): 311-112.

- 오홍식. 2004. 산지천의 물과 생태. 127-157, In 산지천 생태조사 보고서 (제주시의 제21협의회, 제주시, eds.). 제주시의제21협의회/제주시, 제주.
- 오홍식. 2005. 제주지역 생태계 위해 외래동물의 분포현황 및 관리방안 연구. pp. 8 제주지역환경기술센터, 제주.
- 오홍식. 2006. 한라산 천연보호구역의 양서류·파충류. 155-170, In 한라산천연보호구역 학술조사보고서 (한라산연구소, eds.). 신우기획, 제주.
- 윤성일, 박찬진, 반영호, 계명찬. 2008. 무당개구리(*Bombina orientalis*) 번식 연구를 위한 양서류 바이오토프(amphibian biotope) 조성. 환경생물학회지 26(1) 22-29.
- 윤일병, 김종인, 양서영. 1999. 한국산 북방산개구리의 발생과정. 환경생물학회지 17(4) 401-405.
- 이승용. 1999. 북방산개구리(*Rana temporaria dybowskii*)의 음성행동과 짝짓기 소리의 지리적 변이, 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
- 이정현. 2007. 고리도롱뇽(*Hynobius yangi*)의 번식생태와 연령구조. 강원대학교대학원 석사학위논문.
- 제주도(2000) 한라산기초조사 및 보호관리 계획 수립보고서(육상척추동물), 268.
- 한라산연구소(2006) 한라산 천연보호구역 학술조사보고서. 제주, 630.
- 환경부(2005) 전국내륙습지 자연환경조사(제주도).
- Adama DB, Lansely K, Beaucher MA. 2004. Northern Leopard Frogs (*Rana pipiens*) Recovery: Captive rearing and reintroduction in southeast British Columbia, 2003. Pp.26. Report to the Columbia Basin Fish and Wildlife Compensation Program, Nelson, BC.
- Anna T, Pasqualina KS. 2002. A skeletochronological study of age and growth in relation to adult size in the water frog *Rana epeirotica*. Zoology 105: 55-60.
- Bland D. 2006. Relocation of California red-legged frogs, California, USA. Reintroduction News 25: 12-13.
- Blaustein AR, Romansic JM, Scheessele EA, Han BA, Pessier AP, Longcore JE. 2005. Interspecific variation in susceptibility of frog tadpoles to the pathogenic fungus *Batrachochytrium dendrobatidis*. Conservation Biology 19: 1460-1468.

- Cadbury D. 1997. The feminization of nature, our future at risk, Hamish hamilton Ltd., London.
- Caetano MH, Castanet J. 1993. Variation and microevolutionary patterns in *Triturus marmoratus* from Portugal: Age, size, longevity, and individual growth. *Amphibia-Reptilia* 14: 117-129.
- Carr LW, Pope SE, Fahrig L. 2002. Impacts of landscape transformation by roads, In *Concepts and Applications of Landscape Ecology in Biological Conservation* (Gutzwiller KJ, ed.). Springer-Verlag, New York.
- Castanet J, Newman DG, Girons HS. 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.
- Cushman SA. 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biological Conservation* 128: 231-240.
- David C. Smith. 1987. Adult Recruitment in Chorus Frogs: Effects of Size and Date at Metamorphosis. *Ecology*, Vol. 68, No. 2, pp. 344-350.
- David P. and G. M. Angleton. 1967. Comparative Reproductive Biology of Montane and Piedmont Chorus Frogs. *Evolution*, Vol. 21, No. 3, pp. 500-507.
- Donnelly M A, Craig G. Juterbock EJ. Alford RA. 1994. Techniques for Marking Amphibians. *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press. 277-284.
- Duellman WE, Trueb L. 1986. *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill Book Co., New York.
- Eldridge N. 1998. *Life in the balance: humanity and the biodiversity crisis*. Princeton University Press Princeton, New Jersey.
- Ento K, Matsui M. 2002. Estimation of age structure by skeletochronology of a population of *Hynobius nebulosus* in a breeding season (Amphibia, Urodela). *Zoological science* 19: 241-247.
- Esteban M, Garcí-Parí M, Castanet J. 1996. Use of bone histology in estimating the age of frogs (*Rana perezii*) from a warm temperate climate area. *Can.*

J. zool. 74, 1914–1921.

Ficetola, G.F. and De Bernardi, F. (2004) Amphibians in an human-dominated landscape: the community structure is related to habitat features and isolation. *Biol. Conserv.* 119, 219 - 230.

Ficetola GF, Valota M, de Bernardi F (2006) Temporal variability of spawning site selection in the frog *Rana dalmatina*: consequences for habitat management. *Animal Diversity and Conservation* 29:157 - 163.

Francillon-Vieillot H, Arntzen JW, Geraudie J. 1990. Age, growth and longevity of sympatric *Triturus cristatus*, *T. marmoratus* and their hybrids (Amphibia, Urodela): A skeletochronological comparison. *J Herpetol* 24: 13 - 22.

Gaston, KJ. 1994. Rarity. In *Population and Community Biology Series* 13: 1–220. Chapman and Hall, London.

Hallday TR, Verrell PA. 1988. Body size and age in amphibians and reptiles. *Journal of Herpetology* 22: 253–265.

Hels, T. and E. Buchwald. 2001. The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation* 99:331–340.

Hemelaar, A. 1988. Age, growth, and other characteristics of *Bufo bufo* from different latitudes and altitudes. *J Herpetol* 22: 369–388.

Houlahan JE, Findlay CS, Schmidt BR, Meyer AH, Kuzmin SL. 2000. Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature* 404: 752–755.

IUCN (2008): Red List of Threatened Species, <http://www.iucnredlist.org>. Cambridge, accessed at: 2009. 02. 12.

J.-M. Monnet and M. I. Cherry. 2002. Sexual size dimorphism in anurans. *Proc. R. Soc. Lond. B* 269: 2301 - 2307.

KATS, L. B., and R. P. FERRER. 2003. Alien predators and amphibian declines: Review of two decades of science and the transition to conservation. *Divers. Distrib.* 9:99–110.

Keith A. B. 1981. Mate Choice in the Wood Frog, *Rana sylvatica*. *Evolution*,

Vol. 35, No. 4, pp. 707-722.

Keith A. B. 1982. The Genetic Basis of Altitudinal Variation in the Wood Frog *Rana sylvatica*. I. An Experimental Analysis of Life History Traits. Evolution, Vol. 36, No. 5, pp. 962-983.

Khonsue W, Matsui M, Hirai T, Miswa Y. 2000. Age determination by skeletochronology of *Rana nigrovittata*, a frog from tropical forest of Thailand. Zoological science 17: 253-257.

Kusano T, Fukuyama K, Miyashita N. 1995a. Body size and Age determination by skeletochronology of the brown frog *Rana tagoi* in southwestern Kanto. Japanese Journal of Herpetology 16(2): 29-34.

Kyriako-Sklavounou, P. Stylianou, P. Tsiora, A. 2007. A skeletochronological study of age, growth and longevity in a population of the frog *Rana ridibunda* from southern Europe. Zoology online www.sciencedirect.com.

LANDRES, P.B., J. VERNER, and J.W. THOMAS. 1988. Ecological uses of vertebrate indicator species: critique. Conserv.B iol. 2:316-28.

Lawrence L. W. 1983. Sexual Selection and Size Dimorphism in Anuran Amphibia. The American Naturalist, Vol. 121, No. 1, pp. 110-119.

Leclena, M.H. Leclair, R. Gallant, J. 2005. Application of skeletochronology to a population of *Pelobates cultripes*(Anura: Pelobatidae) from Portugal. journal of Herpetology, vol. 39, 2, 199-207.

Lee, J. H, Park, D. S. 2008. Effects of physical parameters and age on the order of entrance of *Hynobius leechii* to a breeding pond. J. Ecol. Field Biol. 31(3). 183-191.

Lips, K. R. 1998. Decline of a tropical montane amphibian fauna. Conservation Biology 12:106 - 117.

MICHAEL J. R. 1983. Sexual Selection and Communication in a Neotropical Frog, *Physalaemus pustulosus*. Evolution, 37(2), pp. 261-272.

Middleton, E. M., J. R. Herman, E. A. Celarier, J. Wilkinson, C. Carey, and R. J. Rusin. 2001. Evaluating ultraviolet radiation exposure with satellite data at sites of amphibian declines in Central and South America. Conservation

Biology 15: 914 - 929.

Misawa, Y. Matsui, M. 1997. Larval life history variation in two populations of the Japanese salamander *Hynobius kimurae* (Amphibia, Urodela). *Zool Sci* 14: 257-262.

Misawa, Y. Matsui, M. 1999. Age determination by skeletochronology of the Japanese salamander *Hynobius kimurae* (Amphibia, Urodela). *Zool Sci* 16: 845-851.

Mori T. 1928. On Amphibians and Reptiles of Quelpaert Isl. *Journal of Chosen Natural History Society*. 6: 47-53.

Noss, R. F. 1990. From endangered species to biodiversity. In K Kohm, editor. *Balancing on the brink: A retrospective on the Endangered Species Act*. Island Press, Washington, D.C. (In press).

Oh DJ. Chang MH. Oh HS. Jung YH. 2007. The complete DNA sequence of the Jeju salamander, *Hybinous quelpaertensis*, and the phylogenetic relationships among the Hynobiidae. *Korean J. Genetics* 29(3): 331-341.

Parmesan C, Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37 - 42.

Porej D.P., Micacchion M. and Hetherington T.E. 2004. Core terrestrial habitat for conservation of local populations of salamanders and wood frogs in agricultural landscapes. *Biol. Conserv.* in press.

Pough, F.H., Andrews, R.M., Cadle, J.E., Crump, M.L., Savitzky, A.H., and Wells, K.D. 1998. *Herpetology*. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, N.J.

Raymond D. Semlitsch, David E. Scott, Joseph H. K. Pechmann. 1988. Time and Size at Metamorphosis Related to Adult Fitness in *Ambystoma Talpoideum*. *Ecology*, Vol. 69, No. 1, pp. 184-192.

Richard D. Howard and Arnold G. Kluge. 1985. Proximate Mechanisms of Sexual Selection in Wood Frogs. *Evolution*, Vol. 39, No. 2, pp. 260-277.

Richard D. Howard. 1978. The Influence of Male-Defended Oviposition Sites on Early Embryo Mortality in Bullfrogs. *Ecology*, Vol. 59, No. 4, pp. 789-798.

Roger, KL. Harvey, L. 1994. A skeletochronological assessment of fossil and

- recent *Bufo cognatus* from South-central Colorado. *J Herpetol* 28: 133-140.
- Rozenblut, B. Ogielska, M. 2005. Development and growth of long bones of frogs (Amphibia: Anura: Ranidae), with remarks on age determination. *Journal of morphology* 365: 304-317.
- Rudolf VHW, Rödel M-O (2005) Oviposition site selection in a complex and variable environment: the role of habitat quality and conspecific cues. *Oecologia* 142: 316 - 325.
- Schulte, U. Kusters, D. Steinfartz, S. 2007. A PIT tag based analysis of annual movement patterns of adult fire salamanders (*Salamandra salamandra*) in a Middle European habitat. *Amphibia-Reptilia* 28: 531-536.
- Shannon FA. 1956. The Reptiles and Amphibians of Korea. *Herpetologica* 12: 22-49.
- Shine, R. 1979. Sexual selection and sexual dimorphism in the amphibia. *Copeia* 469-474.
- 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.
- Skerratt LF, Berger L, Speare R, Cashins S, McDonald KR, Phillott AD, Hines HB, Kenyon N. 2007. Spread of chytridiomycosis has caused the rapid global decline and extinction of frogs. *Ecohealth* 4: 125-134.
- Tilley SG. 1980 Life histories and comparative demography of two salamander populations. *Copeia* 1980: 806-821.
- Tsiora, A. Kyriako-Sklavounou, P. 2002. A skeletochronological study of age and growth in relation to adult size in the water frog *Rana epeirotica*. *Zoology* 105, 55-60.
- Wake, DB. Castanet, J. 1995. A skeletochronological study of growth and age in relation to adult size in a population of plethodontid salamander *Batrachoseps attenuatus*. *J Herpetol* 29: 60-65.
- Webb RG, Jones JK, Buers GW. 1962. Some Reptiles and Amphibians from Korea. *Museum of Natural History* 15: 149-173. University of Kansas

Publications, Lawrence.

- Welsh HH Jr., Droege S. 2001. A case for using plethodontid salamanders for monitoring biodiversity and ecosystem integrity of North American forests. *Conserv. Biol.* 15: 558 - 69.
- Wyman, R.L. 1990. Multiple threats to wildlife: climate change, acid precipitation and habitat fragmentation. pp. 134 - 155. In *Global Climate Change and Life on Earth*. Edited by R.L. Wyman. Routledge, Chapman and Hall, New York.
- Yang SY, Min MS, Kim JB, Suh SH, Kang YJ. 2000. Genetic diversity and speciation of *Rana rugosa* (Amphibia Ranodae). *Korean Journal of Biological Sciences* 4: 23-30.
- Yang SY. Kim JB. Min MS. Suh JH. and Suk HY. 1997a. Genetic and phenetic differentiation among three forms of the Korean salamander *Hynobius leechii*. *Korean J. Biol Sci* 1: 247-257.
- Yu, J.H. 2007. Age estimation by skeletochronology and The call variation in The three-striped pond frog (*Rana nigromaculata*). Korea national university of education.
- Z. Wu, Y. Li & B. R. Murray. 2006. Insular shifts in body size of rice frogs in the Zhoushan Archipelago, China. *Journal of Animal Ecology* 75: 1071 - 1080.

APPENDIX

APPENDIX 1. The investigation sites of the amphibian on Jeju island

No.	Local name	North latitude(N)	East longitude(E)	Altitude (m)	District
1	Golgaebimot	33° 31' 37.0"	126° 33' 44.0"	5	
2	Golwatmul	33° 27' 59.0"	126° 36' 35.0"	329	
3	Orchard	33° 28' 05.3"	126°33'15.0"	196	
4	Gwaneumsa	33° 25' 12.7"	126°33'11.2"	577	
5	Norusaengi	33°24'48.0"	126°29'15.0"	558	
6	Myungdo-1mot	33° 28' 10.5"	126° 36' 22.8"	323	
7	Myungdo-2mot	33° 27' 58.8"	126° 36' 16.4"	342	
8	Myungdoam	33°27'56.5"	126°36'17.8"	270	
9	Muljangol	33°23'58.1"	126°36'31.0"	897	
10	Bangseongyo	33°24'59.0"	126°31'25.5"	585	
11	Bangcheon	33°29'36.0"	126°33'16.7"	109	
12	Baekrokdam	33°21'18.9"	126°32'03.7"	1950	
13	Byeoldobong	33°58'32.1"	126°33'32.5"	38	Jeju-si
14	Samdocheon	33°29'41.5"	126°31'20.4"	111	
15	Seongmyunggyo	33°25'11.1"	126°36'43.0"	633	
16	Seongjaegureungmot	33° 28' 33.2"	126° 34' 59.4"	221	
17	Anguksamot	33° 27' 59.6"	126° 36' 34.2"	329	
18	Eorimokgyo	33°23'14.5"	126°29'22.6"	883	
19	Eoseungsaengak	33° 23' 49.0"	126° 29' 16.0"	1130	
20	Eojungyo	33° 25' 57.9"	126° 35' 09.1"	524	
21	Yeon-dong	33° 25' 47.0"	126° 29' 37.0"	438	
22	Ora country club	33°27'47.1"	126°27'09.4"	212	
23	Oedocheon	33° 29' 30.7"	126° 26' 05.8"	10	
24	Yonggangsoemul	33° 28' 36.3"	126° 34' 59.3"	215	
25	Yonggangjonggureung	33° 28' 46.4"	126° 35' 05.5"	204	

APPENDIX 1. Continued

N0.	Local name	North latitude(N)	East longitude(E)	Altitude (m)	District
26	Wondangbongmot	33° 31' 36.6"	126° 35' 53.9"	53	
27	Wolsan	33°27'14.7"	126°27'09.4"	102	
28	Wolpyeongcheon	33°27'08.7"	126°33'14.8"	222	
29	Jeonmot	33° 29' 27.5"	126° 34' 40.8"	143	
30	Jeju medical center	33°26'28.7"	126°33'41.4"	401	
31	Jorisaemimot	33° 28' 07.0"	126° 36' 11.0"	308	Jeju-si
32	Chiloreummot	33° 28' 46.0"	126° 37' 31.0"	254	
33	Tamraseong (1)	33° 26' 30.3"	126° 32' 16.1"	415	
34	Tamraseong (2)	33° 26' 39.0"	126° 32' 25.9"	421	
35	Tamraseong (3)	33° 26' 23.3"	126° 32' 34.4"	471	
36	Hancheon	33°30'12.9"	126°30'49.1"	58	
37	3 donghonggyo	33° 15' 15.0"	126° 34' 05.1"	66	
38	Gangjeonggyo	33° 14' 00.6"	126° 29' 12.5"	29	
39	Dosungyo	33° 14' 50.8"	126° 28' 53.4"	73	
40	Donneko (1)	33° 18' 18.0"	126° 33' 31.4"	480	
41	Donneko (2)	33° 17' 58.1"	126° 35' 04.8"	233	
42	Donghongcheon	33° 14' 49.3"	126° 34' 18.7"	40	
43	Saekdalcheon	33° 17' 26.7"	126° 25' 42.8"	433	
44	Seogwipo-Natural Recreation forest	33° 18' 30.2"	126° 27' 40.9"	424	Seogwipo-si
45	Seonbannae	33° 15' 08.2"	126° 33' 14.6"	49	
46	Akgeuncheon	33° 14' 09.2"	126° 29' 24.1"	29	
47	Campsite-wetland	33° 18' 03.5"	126° 33' 40.4"	477	
48	eongtto-Waterfall	33° 15' 50.1"	126° 29' 56.6"	180	
49	Yongheunggyo	33° 14' 51.1"	126° 29' 28.3"	65	
50	1 Sancheongyo	33° 17' 13.2"	126° 28' 03.1"	137	

APPENDIX 1. Continued

N0.	Local name	North latitude(N)	East longitude(E)	Altitude (m)	District
51	Cheonjeyeon	33° 15' 03.4"	126° 25' 13.1"	84	
52	Cheonjiyeon-park	33° 14' 36.8"	126° 33' 29.3"	54	
53	Tamna University	33° 17' 18.3"	126° 27' 54.5"	462	Seogwipo-si
54	Hanon	33° 14' 48.4"	126° 32' 59.3"	75	
55	Hoesugyo	33° 15' 33.7"	126° 26' 58.0"	132	
56	Hyodoncheon	33° 15' 46.1"	126° 38' 21.7"	9	
57	1100-wetland	33° 21' 16.1"	126° 27' 55.1"	1094	
58	Georimot	33° 26' 29.0"	126° 22' 99.0"	223	
59	Georinmot	33° 26' 10.1"	126° 23' 00.6"	197	
60	Geonnamulmot	33° 26' 53.5"	126° 23' 32.2"	144	
61	Gwangryeong-reservoir	33° 28' 17.6"	126° 25' 32.5"	78	
62	Goeyangmot	33° 27' 19.0"	126° 20' 32.0"	93	
63	Gimsujanggunmot	33° 24' 46.0"	126° 26' 16.0"	558	
64	Dombemot	33° 24' 14.0"	126° 20' 19.9"	201	
65	Makgareummot	33° 24' 37.7"	126° 18' 46.4"	89	
66	Mulgeorimot	33° 21' 01.2"	126° 15' 21.0"	222	Aewol-eup
67	Bongseongrimot	33° 25' 10.4"	126° 18' 36.9"	86	
68	Bilremot	33° 24' 13.3"	126° 21' 03.0"	260	
69	Sanrokgyo	33°22'59.0"	126°23'52.1"	541	
70	Samyeonggyotong	33° 28' 01.3"	126° 22' 28.0"	56	
71	Sogilbatmot	33° 26' 07.9"	126° 23' 06.8"	206	
72	Soaetmot	33° 27' 04.0"	126° 20' 56.0"	68	
73	Susan-reservoir	33° 28' 19.8"	126° 23' 27.1"	50	
74	Sumeunmulbaengdui	33° 21' 54.0"	126° 27' 03.0"	996	
75	Sineom-ri (1)	33° 28' 22.6"	126° 21' 38.6"	55	

APPENDIX 1. Continued

N0.	Local name	North latitude(N)	East longitude(E)	Altitude (m)	District
76	Sineom-ri (2)	33° 28' 08.9"	126° 22' 15.7"	60	
77	Aewolwondam	33° 28' 02.7"	126° 19' 01.9"	3	
78	Aewolhamul	33° 27' 53.1"	126° 19' 13.7"	3	
79	Eouksaemimot	33° 27' 16.8"	126° 22' 14.9"	88	
80	Eoeumilrimot	33° 24' 44.2"	126° 19' 57.5"	152	
81	Eoeum-ri	33° 25' 09.0"	126° 28' 11.2"	64	
82	Yeonhwamot	33° 27' 15.7"	126° 20' 50.3"	69	
83	Yeongsilgyo	33° 22' 08.4"	126° 28' 25.5"	1061	Aewol-eup
84	Yongheungrimot	33° 27' 30.7"	126° 21' 59.8"	74	
85	Usamot	33° 26' 57.0"	126° 21' 57.6"	116	
86	Unnammot	33° 28' 06.9"	126° 22' 06.2"	52	
87	Jwarangmot	33° 26' 08.2"	126° 23' 16.1"	221	
88	Jinsurimot	33° 28' 11.2"	126° 21' 46.8"	67	
89	Cheongyongsamot	33° 26' 36.1"	126° 19' 45.2"	60	
90	keunmot	33° 26' 09.0"	126° 19' 48.0"	68	
91	Geolwolimot	33° 22' 47.8"	126° 18' 37.5"	245	
92	Gwangsanimot	33° 23' 24.0"	126° 18' 01.0"	200	
93	Geumak	33° 21' 11.0"	126° 11' 07.0"	14	
94	Geum-oreum (1)	33° 21' 21.4"	126° 18' 19.6"	375	
95	Geum-oreum (2)	33° 21' 26.1"	126° 18' 43.2"	27	
96	Dolgoegimot	33° 23' 31.1"	126° 18' 39.8"	194	Hallim-eup
97	Hanlimri office (1)	33° 22' 17.8"	126° 13' 23.8"	22	
98	Hanlimri office (2)	33° 20' 59.0"	126° 15' 17.9"	97	
99	Baengduimot	33° 20' 50.0"	126° 19' 28.0"	219	
100	Baengdimot	33° 21' 28.9"	126° 17' 47.5"	219	

APPENDIX 1. Continued

N0.	Local name	North latitude(N)	East longitude(E)	Altitude (m)	District
101	Black stone club	33° 22' 40.1"	126° 15' 12.7"	52	
102	Saundarimot	33° 24' 33.5"	126° 17' 52.3"	62	
103	Sangdaerimot	33° 24' 08.0"	126° 17' 51.3"	65	
104	Saemiso	33° 21' 04.0"	126° 18' 32.0"	381	
105	Suwon- primary school	33° 25' 23.0"	126° 16' 58.1"	4	
106	Yeokgomot	33° 23' 04.0"	126° 18' 39.0"	357	Hallim-eup
107	Yeonhamot	33° 26' 03.1"	126° 17' 39.1"	19	
108	Ongpocheon	33° 24' 20.6"	126° 15' 36.6"	7	
109	Jeongmul	33° 20' 30.0"	126° 19' 39.1"	360	
110	Cheonbulsawon	33° 24' 06.0"	126° 15' 46.2"	15	
111	Hallimcheon	33° 24' 47.7"	126° 16' 58.7"	38	
112	Hancheon	33° 22' 47.5"	126° 16' 27.1"	93	
113	Gamaoreum	33° 18' 20.3"	126° 14' 39.0"	84	
114	Gangjeongmot	33° 20' 00.1"	126° 16' 35.3"	135	
115	Nakcheon	33° 19' 12.8"	126° 13' 22.8"	69	
116	Meotmot	33° 20' 34.0"	126° 10' 31.0"	5	
117	Myeongridong	33° 18' 58.5"	126° 16' 12.4"	146	
118	Mojinneommul	33° 20' 01.0"	126° 16' 36.0"	142	
119	Batsureungimul	33° 19' 09.4"	126° 16' 13.7"	139	Hangyeong- myeon
120	Bokhodongmot	33° 17' 22.0"	126° 14' 53.0"	84	
121	Saemiyatmul	33° 20' 28.0"	126° 12' 03.0"	37	
122	Ansoryongmot	33° 19' 10.1"	126° 16' 06.2"	139	
123	Yeogguimot	33° 17' 38.8"	126° 13' 59.9"	96	
124	Wangjakemul	33° 18' 36.0"	126° 15' 43.0"	82	
125	Yongmot	33° 18' 51.0"	126° 11' 18.0"	35	

APPENDIX 1. Continued

N0.	Local name	North latitude(N)	East longitude(E)	Altitude (m)	District
126	Yongsu-reservoir	33° 18' 51.0"	126° 11' 05.0"	20	
127	Jeojisudongmot	33° 20' 09.6"	126° 14' 19.7"	84	
128	Jeondapdong	33° 17' 29.3"	126° 12' 23.5"	65	Hangyeong-myeon
129	Jogaemot	33° 20' 02.0"	126° 10' 55.0"	28	
130	Peolraemot	33° 20' 06.0"	126° 10' 04.0"	8	
131	Hangomot	33° 19' 30.5"	126° 11' 40.6"	34	
132	Gununmot	33° 14' 53.0"	126° 17' 21.0"	44	
133	Gusiheulmot	33° 16' 06.5"	126° 14' 21.7"	51	
134	Gapado	33° 10' 10.6"	126° 16' 12.1"	20	
135	Nammunapmot	33° 14' 37.0"	126° 16' 41.0"	50	
136	Darinonmul	33° 16' 46.0"	126° 17' 13.0"	98	
137	Maencheonammul	33° 16' 55.0"	126° 16' 55.0"	40	
138	Bandimot	33° 16' 19.7"	126° 14' 10.8"	55	
139	Bongurimot	33° 15' 07.0"	126° 16' 23.0"	45	
140	Bungurutmul	33° 15' 18.2"	126° 16' 14.3"	36	
141	Shooting range	33° 11' 35.7"	126° 37' 42.1"	15	Daejeong-eup
142	Sagye-ri	33° 13' 45.8"	126° 17' 35.0"	37	
143	Sagyemultong	33° 14' 02.4"	126° 18' 22.3"	12	
144	Suwolimot	33° 15' 31.3"	126° 16' 42.7"	40	
145	Utmot	33° 13' 52.0"	126° 14' 47.0"	15	
146	Utbo (1)	33° 16' 17.9"	126° 15' 49.4"	57	
147	Utbo (2)	33° 16' 19.5"	126° 15' 46.6"	66	
148	Utbo (3)	33° 16' 19.0"	126° 15' 42.7"	66	
149	Utbo (4)	33° 16' 17.3"	126° 15' 51.1"	64	
150	Inhyangrimot	33° 16' 45.3"	126° 14' 52.0"	67	

APPENDIX 1. Continued

N0.	Local name	North latitude(N)	East longitude(E)	Altitude (m)	District
151	Gunmul	33° 15' 00.0"	126° 19' 03.0"	63	
152	Dangoreumbukmot	33° 20' 18.0"	126° 20' 19.0"	367	
153	Daepyeongminari	33° 14' 23.2"	126° 21' 45.3"	17	
154	Seonggumot	33° 16' 32.1"	126° 21' 50.3"	194	
155	Sonangmot	33° 17' 07.0"	126° 20' 02.0"	190	
156	Andeok-valley	33° 15' 26.1"	126° 21' 10.0"	101	Andeok- myeon
157	Wonmul	33° 19' 09.4"	126° 20' 47.0"	374	
158	1 sanrokgyo	33° 18' 01.2"	126° 24' 22.3"	437	
159	3 sanrokgyo	33° 18' 28.1"	126° 23' 52.1"	441	
160	4 sanrokgyo	33° 18' 43.7"	126° 23' 30.0"	490	
161	6 sanrokgyo	33° 19' 06.7"	126° 23' 01.4"	491	
162	Hanbat	33° 14' 48.5"	126° 21' 31.0"	97	
163	Goeddeureumot	33° 28' 18.1"	126° 39' 38.7"	315	
164	Goemot (1)	33° 31' 23.1"	126° 40' 05.7"	42	
165	Goemot (2)	33° 31' 23.1"	126° 39' 58.8"	42	
166	Gyoraе	33° 27' 28.9"	126° 39' 50.9"	388	
167	Gyoraegyo	33° 25' 58.4"	126° 40' 56.4"	409	
168	Namsaengimot	33° 31' 59.0"	126° 36' 51.8"	13	
169	Neolbeunmot	33° 30' 20.7"	126° 38' 00.1"	133	Jocheon-eup
170	Daeheulmot	33° 29' 55.1"	126° 39' 17.1"	157	
171	Doromotdi	33° 31' 49.3"	126° 40' 13.0"	3	
172	Dorumot	33° 31' 37.4"	126° 40' 19.4"	17	
173	Donmul	33° 32' 14.6"	126° 36' 54.7"	9	
174	Dongbaekgilmot	33° 30' 27.6"	126° 43' 35.5"	129	
175	Dongbaekdongsan (1)	33° 31' 06.6"	126° 42' 54.9"	107	

APPENDIX 1. Continued

N0.	Local name	North latitude(N)	East longitude(E)	Altitude (m)	District
176	Dongbaekdongsan (2)	33° 31' 06.4"	126° 42' 54.2"	107	
177	Dongbaekdongsan (3)	33° 31' 06.5"	126° 42' 39.1"	93	
178	Dongbaekdongsan (4)	33° 31' 03.8"	126° 42' 33.1"	90	
179	Ranch (1)	33° 30' 07.2"	126° 43' 45.6"	171	
180	Ranch (2)	33° 30' 16.1"	126° 43' 43.3"	162	
181	Mulchatoreum	33° 23' 43.7"	126° 39' 04.8"	670	
182	Multeojingolmot	33° 28' 04.0"	126° 38' 50.0"	330	
183	Banongmot	33° 27' 34.0"	126° 39' 09.0"	380	
184	Banmot	33° 30' 19.9"	126° 43' 09.3"	138	
185	bukchon (1)	33° 32' 33.4"	126° 41' 28.6"	17	
186	bukchon (2)	33° 32' 38.6"	126° 42' 03.5"	44	
187	bukchon (3)	33° 32' 30.2"	126° 42' 05.2"	45	
188	Jocheon-ri	33° 32' 22.8"	126° 39' 01.9"	24	Jocheon-eup
189	Seonsaemimot	33° 28' 41.0"	126° 43' 08.0"	298	
190	Seonheulmot	33° 30' 12.0"	126° 44' 24.0"	153	
191	Seongpangyo	33° 23' 31.0"	126° 36' 59.3"	774	
192	Sudangmot	33° 27' 39.0"	126° 39' 43.0"	380	
193	Yawon(gyoraе)	33° 27' 58.9"	126° 40' 01.9"	357	
194	Utbam (2)	33° 28' 50.9"	126° 43' 06.0"	281	
195	Utbam (3)	33° 28' 49.9"	126° 43' 05.0"	282	
196	Utbam (4)	33° 28' 56.7"	126° 43' 00.0"	271	
197	Utbaengdimul	33° 29' 38.7"	126° 38' 02.3"	196	
198	1 Hoamjang	33° 25' 41.7"	126° 38' 31.8"	503	
199	Jocheonjungmot	33° 31' 47.0"	126° 37' 10.8"	30	
200	Hamdeokhaeanmot	33° 32' 38.8"	126° 40' 32.7"	10	

APPENDIX 1. Continued

N0.	Local name	North latitude(N)	East longitude(E)	Altitude (m)	District
201	National Intelligence Service	33° 30' 12.5"	126° 44' 23.7"	160	
202	Gimnyeongchosomot	33° 33' 50.9"	126° 45' 52.7"	3	
203	Damoreum	33° 27' 41.4"	126° 46' 38.1"	210	
204	Deoksan-farm	33° 30' 22.2"	126° 35' 45.6"	39	
205	Deokcheon (1)	33° 28' 52.4"	126° 44' 17.3"	274	
206	Deokcheon (2)	33° 28' 53.7"	126° 44' 14.5"	274	
207	Deokcheon (3)	33° 28' 56.4"	126° 44' 09.1"	263	
208	Dongdaemot	33° 31' 03.0"	126° 44' 39.0"	115	
209	Mosanimot	33° 30' 17.6"	126° 46' 20.1"	131	
210	Mosanimot	33° 30' 14.9"	126° 46' 21.9"	131	
211	Moloramot	33° 28' 12.0"	126° 43' 07.0"	297	
212	Myosanbong	33° 32' 14.1"	126° 44' 35.1"	52	
213	Minarimot	33° 27' 01.0"	126° 48' 08.0"	230	Gujwa-eup
214	Miryeokdang	33° 32' 45.2"	126° 45' 34.4"	47	
215	Beomjiltong	33° 32' 37.5"	126° 48' 04.0"	36	
216	Byeoljangmot	33° 26' 05.7"	126° 44' 51.4"	276	
217	Bukoreummot	33° 24' 48.0"	126° 44' 31.0"	295	
218	Seodaemot	33° 31' 45.0"	126° 43' 20.0"	80	
219	Seodongmot	33° 30' 50.7"	126° 52' 46.9"	21	
220	Seondeokmot	33° 30' 00.6"	126° 44' 31.4"	160	
221	Songdang	33° 27' 41.4"	126° 48' 25.1"	196	
222	Seaside-mot	33° 29' 06.8"	126° 54' 06.2"	3	
223	Araedongne	33° 22' 03.6"	126° 49' 41.3"	17	
224	Campsite	33° 28' 22.7"	126° 47' 43.4"	192	
225	Yeompaemul	33° 32' 34.5"	126° 47' 15.4"	41	

APPENDIX 1. Continued

N0.	Local name	North latitude(N)	East longitude(E)	Altitude (m)	District
226	Yongnuni south	33° 27' 18.9"	126° 49' 49.5"	129	
227	Yonghwasa	33° 29' 02.7"	126° 54' 12.4"	20	
228	Utmot	33° 28' 57.1"	126° 44' 44.7"	241	
229	Yunnammot	33° 20' 29.0"	126° 48' 27.0"	88	
230	Gujwa-eup office	33° 31' 22.3"	126° 50' 46.5"	27	
231	Impaemul	33° 32' 49.3"	126° 47' 20.9"	29	
232	Ipseokbong	33° 32' 28.7"	126° 45' 25.3"	49	
233	Taeyeonsusanmot	33° 32' 32.5"	126° 49' 41.6"	3	Gujwa-eup
234	Pyeongdaecheon	33° 30' 33.4"	126° 49' 40.1"	63	
235	Hadeokcheongil	33° 30' 09.2"	126° 45' 51.5"	144	
236	Hadoseodongmot	33° 31' 12.4"	126° 52' 39.8"	23	
237	Hado-fish farm	33° 30' 29.9"	126° 53' 34.3"	8	
238	Handongmokjangmot	33° 29' 42.0"	126° 44' 21.0"	198	
239	Hangil-monument	33° 30' 49.2"	126° 51' 33.3"	27	
240	Yangbyungbangtong	33° 30' 04.0"	126° 57' 13.0"	44	
241	Udo Museum	33° 30' 25.0"	126° 57' 15.0"	45	Udo-myeon
242	Gotarimot	33° 20' 53.6"	126° 51' 35.0"	36	
243	Nansanrimot	33° 24' 07.9"	126° 53' 24.7"	49	
244	Nonmul	33° 27' 39.0"	126° 54' 52.0"	9	
245	Daenamul	33° 25' 32.0"	126° 52' 46.0"	65	
246	Maemimot	33° 22' 35.5"	126° 50' 37.3"	62	Seongsan-eup
247	Seongsanmot	33° 27' 15.6"	126° 54' 54.5"	4	
248	Siheung-wetland	33° 28' 25.5"	126° 54' 30.9"	3	
249	Sinyang-wetland	33° 26' 01.0"	126° 55' 07.9"	6	
250	Ojorimot	33° 27' 38.1"	126° 54' 53.4"	5	

APPENDIX 1. Continued

N0.	Local name	North latitude(N)	East longitude(E)	Altitude (m)	District
251	Onpyeong-ri	33° 25' 09.4"	126° 54' 24.9"	13	
252	Onpyeongmot	33° 24' 07.8"	126° 53' 24.9"	58	
253	Umulmot	33° 23' 50.8"	126° 52' 51.0"	42	
254	Wolrangji	33° 24' 27.3"	126° 49' 41.5"	139	
255	Ijeonmul	33° 26' 21.4"	126° 51' 44.0"	92	
256	Jogabiwi	33° 28' 33.8"	126° 54' 25.4"	6	
257	Top land	33° 28' 27.9"	126° 54' 02.7"	13	
258	Tongoreum (1)	33° 23' 25.7"	126° 51' 08.6"	96	Seongsan-eup
259	Tongoreum west	33° 24' 00.8"	126° 50' 15.0"		
260	Hanmot	33° 25' 33.0"	126° 50' 42.0"	117	
261	Honinji	33° 24' 54.3"	126° 53' 37.6"	35	
262	Honinji-east side	33° 24' 53.6"	126° 53' 44.4"	29	
263	Honinji-west side	33° 24' 57.3"	126° 53' 34.1"	35	
264	Hong-mart wetland	33° 26' 52.3"	126° 54' 44.3"	9	
265	Namseonmot	33° 22' 02.4"	126° 47' 41.7"	148	
266	Neobeunmot	33° 22' 46.0"	126° 47' 19.0"	114	
267	Dadorimot	33° 23' 28.6"	126° 47' 26.3"	202	
268	Dolgaegimot	33° 20' 00.1"	126° 48' 38.0"	75	
269	Motbyeongdimot	33° 22' 26.0"	126° 46' 33.0"	165	Pyoseon-myeon
270	Mulyeongari	33° 22' 52.1"	126° 41' 45.5"	516	
271	Sanmultongmot	33° 21' 10.0"	126° 48' 25.0"	140	
272	Yunnammot	33° 20' 29.3"	126° 48' 27.1"	88	
273	2 Gasigyoo	33° 21' 40.7"	126° 46' 17.4"	130	
274	Hanmaeummot	33° 20' 58.3"	126° 48' 56.0"	86	
275	Gwangjimot	33° 16' 51.1"	126° 42' 31.4"	41	Namwon-eup

APPENDIX 1. Continued

N0.	Local name	North latitude(N)	East longitude(E)	Altitude (m)	District
276	Nongoak	33° 21' 13.8"	126° 36' 53.3"	837	
277	Dongsuak	33° 21' 22.1"	126° 37' 42.1"	707	
278	Dwitmot	33° 17' 19.3"	126° 44' 51.0"	29	
279	Binmot	33° 17' 31.2"	126° 44' 43.8"	26	
280	Saraoreum	33° 22' 17.0"	126° 34' 12.0"	1306	
281	Sumanggyo	33° 19' 33.7"	126° 42' 41.5"	159	
282	Sueunmot	33° 17' 10.0"	126° 42' 05.5"	56	
283	Sinryegyo	33° 17' 25.6"	126° 37' 37.1"	150	Namwon-eup
284	Uigwi -primary school	33° 18' 27.4"	126° 42' 57.0"	107	
285	Ipseokgyo	33° 16' 53.1"	126° 44' 27.1"	19	
286	2 Uigwigyo	33° 18' 20.2"	126° 43' 08.7"	98	
287	Hakrimgyo	33° 17' 52.2"	126° 36' 14.0"	197	
288	Hannamgyo	33° 18' 31.4"	126° 41' 54.1"	129	
289	Hannam-ri	33° 19' 28.0"	126° 39' 32.0"	265	
290	Hannamcheon	33° 18' 37.5"	126° 42' 09.0"	122	