

## 맹꽁이(*Kaloula borealis*)의 성별에 따른 신체 상태와 크기 및 기후환경 차이에 관한 연구

김일남\* · 도민석\*\*\* · 이상철\*\*\* · 배양섭\*\*\*\*

\*인천대학교 대학원 생명과학과

\*\*국립생물자원관

\*\*\*생물자원환경연구소

## A Study on the Differences in Body Condition, Size, and Climate Environment According to Sex of *Kaloula borealis*

Il-Nam Kim\* · Min Seock Do\*\*\* · Sang-Cheol Lee\*\*\* · Yang-Seop Bae\*\*\*\*

\*Division of Life Sciences, College of Life Sciences and Bioengineering, Incheon National University, Korea

\*\*National Biological Resource Center, Korea

\*\*\*National Institute of Biological Resources, Korea

(Received : 21 April 2024, Revised : 6 May 2024, Accepted : 6 May 2024)

### 요약

양서류는 오염 및 개발로 인한 위협을 경고하는 환경지표종이며, 그들의 신체 상태와 주변 서식 환경 정보는 생태계 건강성을 파악할 수 있는 중요한 지표로 이용될 수 있다. 본 연구의 목적은 멸종위기 야생동물 II급 맹꽁이의 출현 시기 및 성별에 따른 신체 상태와 암수가 출현한 기후환경 차이를 알아보기 위해 수행되었다. 서울특별시 강동구 고덕동 일대에 서식하는 맹꽁이를 대상으로 2018년 6월부터 10월까지 총 53회 조사를 수행하였고, 각 개체별 무게와 길이를 이용하여 신체 상태 지수(SMI, Scaled mass index)를 산출하였다. 그 결과, 수컷 235개체, 암컷 161개체 총 396개체를 포획하였고, 암컷은 수컷보다 SVL이 길고, 무게가 무거웠으며 신체 상태 지수 또한 높게 확인되었다. 월별 신체 상태 지수는 6월에 수컷이 암컷보다 낮았고, 7월부터 9월까지 암수 간 차이를 보이지 않았다. 암컷과 수컷이 출현한 기후환경 중 강우량과 습도와 관련된 환경변수들은 차이를 보였다. 이러한 연구 결과는 추후 맹꽁이에게 적합한 서식환경을 확인하고 개발로 인한 대체서식지를 선정하는 데도 중요한 기초정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

핵심용어 : 맹꽁이, 신체 크기, 신체 상태, SMI, 기후

### Abstract

The amphibians serve as environmental indicator species warning of threats from pollution and development, and information regarding their body condition and surrounding habitat can be utilized as crucial indicators for assessing ecosystem health. The objective of this study was to investigate the differences in body condition and the climate environments according to the season and sex of Class II endangered *Kaloula borealis*. A total of 53 surveys were conducted from June to October 2018, targeting frogs inhabiting the Godeok-dong area of Gangdong-gu, Seoul. Using the weight and length of each individual, the body condition index (SMI, Scaled mass index) was calculated. Results showed a total capture of 396 individuals, consisting of 235 males and 161 females. Females exhibited longer

\*Co-first author

National Institute of Biological Resources, Incheon, Korea

E-mail: viper@korea.kr

†To whom correspondence should be addressed.

Bioresource and Environmental Center, Incheon, Korea

E-mail : baey@inu.ac.kr

• Il-Nam Kim Incheon National University, Incheon, Korea / Ph.D. Candidate (herpeto@naver.com)

• Min Seock Do National Institute of Biological Resources, Incheon, Korea / Ph.D. (viper@korea.kr)

• Sang-Cheol Lee Bioresource and Environmental Center, Incheon, Korea / Ph.D. (3881103@hanmail.net)

• Yang-Seop Bae Bioresource and Environmental Center, Incheon, Korea / Professor (baey@inu.ac.kr)

SVL and greater weight compared to males, with higher body condition indices. Monthly body condition indices were lower for males in June, while no differences were observed between males and females from July to September. Among the climate environments where females and males appeared, environmental variables related to precipitation and humidity showed differences. These research findings are deemed crucial for providing fundamental information to ascertain suitable habitats for *Kaloula borealis* and selecting alternative habitats due to developmental impacts in the future.

**Key words** : *Kaloula borealis*, body size, body condition, Scaled mass index, climate

## 1. 서론

양서류는 생태계 건강성을 확인할 수 있는 지표종으로 포유류, 조류와 같은 상위포식자의 먹이자원이자 곤충류를 포식하는 생태계 먹이사슬의 중간자로 생태계 유지에 중요한 역할을 하는 분류군이다(Kim and Song, 2010; Ko et al., 2012b; Lee et al., 2021; Do et al., 2021). 환경변화는 다양한 생물들에게 부정적인 영향을 미칠 수 있으며, 이중 양서류는 독특한 생리·행동학적 서식특성(e.g. 피부호흡, 좁은 행동권 등)으로 심각한 피해를 야기 할 수 있다(Hirai and Matsui, 1999; Rho, 2016; Do et al., 2022a).

2024년 IUCN의 세계 적색목록(Red List)에 따르면 양서류 종의 41%가 멸종위기에 처해 있으며, 이는 포유류(26%)와 파충류(21%)보다 훨씬 높은 수치이다(IUCN, 2024). 이러한 양서류의 개체군 감소에 영향을 끼치는 주요 요인은 기후 변화뿐만 아니라 인간의 개발로 인한 수질 오염과 서식지 파괴가 주된 요인으로 알려져 있다(Hamer and McDonnell, 2008; Li et al., 2019; Do et al., 2017 and 2022a). 이와 같은 위기 상황에서 양서류를 보호하기 위해서는 신체 상태와 건강 등에 관한 다양한 연구들이 필요하다(Li et al., 2019).

동물의 신체 크기에 대한 정보는 분포(Pearson et al., 2002)와 신체 상태(Frank and Dudas, 2018), 에너지 필요량(Glaudas et al., 2020) 등과 밀접한 관련이 있으며, 활동 습성과 생활사, 경쟁 관계와 같은 다양한 현상을 이해할 수 있어 동물 생리학과 형태학, 생태학에서 중요한 역할을 한다(Shine 1991; Reyes et al., 2010; Li et al., 2019; Do et al., 2023). 과거부터 신체 상태 지수를 산출하기 위해 다양한 방법들이 제시되었으며, 최근 각 개체의 신체 크기를 표준화하고 다른 방법보다 지방과 단백질 보유량을 더 잘 나타내는 신체 상태 지수(Scaled mass index, SMI) 산출 방법이 개발되었다(McArdle, 1988; Moore et al., 2000; Peig and Green, 2010). 이러한 신체 상태 지수를 적용하여 포유류(Arnould, 1995), 파충류(Do et al., 2023), 양서류(Li et al., 2019) 등 다양한 육상동물들을 대상으로 멸종위기종의 보전과 침입종의 관리, 체형과 행동 습성을 진화적으로 이해하는 등 다양한 생태학적 연구들이 진행되고 있다(Frank and Dudas, 2018; Brodeur et al., 2020a; Nafus et al., 2020). 또한 신체 상태는 생태학적 정보(e.g.: 고도, 온도 및 강수량)와 진화 정보(e.g.: 조상 상태 및 특성 진화 속도)를 바탕으로 성별 간 신체 크기의 변화와 진화를 주도하는 원인을 이해하는 데 결정적인 역할을 할 수

있다(Acevedo et al., 2022).

결과적으로 양서류를 대상으로 주변 서식환경과 연구 종의 신체 및 건강 상태에 대한 연구는 그들의 형태와 주변 서식 환경 정보를 활용하여 생태계 건강성을 파악할 수 있는 중요한 지표로 이용될 수 있다(Li et al., 2019). 특히 멸종위기종은 개발과 같은 환경변화에 취약하기 때문에 서식에 적합한 지역을 보호 및 관리하기 위해서는 그들을 대상으로 신체 상태에 대한 활발한 연구가 필요하다(Li et al., 2019; Do et al., 2022b).

본 연구에서는 서울시 강동구 고덕동에 서식하는 멸종위기 야생동물 II급 맹꽂이를 대상으로 출현 시기 및 성별에 따른 신체 상태를 알아보고 출현한 서식환경이 성별 간 차이를 보이는지 확인하기 위해 수행되었다. 이를 위해 함정 트랩을 설치하여 포획된 암컷과 수컷 간 신체 크기의 차이를 확인하고, 신체 상태 지수를 산출하여 시기별로 비교하였다. 다음으로 개체들이 분포한 지역의 기온과 강수량, 태양 반사도와 같은 다양한 기후 환경요인들을 주성분 분석하였고, 최종적으로 암컷과 수컷이 출현한 기후환경의 차이를 확인하였다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구지역 및 기간

본 연구의 공간적 범위는 서울시 강동구에 위치한 고덕동 일대이다. 연구지역은 선행연구(Kim et al., 2024)에서 실시한 3개 지구 중 1지구(37.565438° N, 127.162987° E, WGS 84)에서 포획된 개체들의 정보를 기록하였으며, 측정과 표지가 완료되면 3지구 원형보전지(제2이주지)에 모두 방사하였다.

연구 기간은 2018년 6월 5일부터 2018년 10월 31일까지 총 53회 조사를 수행하였으며, 6월 8회, 7월 9회 8월 11회, 9월 11회, 10월 14회 조사를 실시하였다. 맹꽂이의 생태특성을 고려하여 번식기와 비번식기에 걸쳐 조사를 수행하였으며, 비교 분석은 성체가 포획된 6월~9월까지의 결과만을 사용하였다.

### 2.2 맹꽂이 포획

맹꽂이 포획은 함정트랩(pitfall trap)을 사용하였으며, 포획률을 높이기 위하여(Mitchell et al, 1993; Bennet, 1999; Kim et al., 2024) trap과 trap 사이에 포획유도웁스를 설치하였고, 1지구의 5개 지점에 총 131개소를 설치하여 포획하였다.



Fig. 1. Measurement appearance. (a) SVL, (b) BW.

### 2.3 형태적 측정

선행연구(Kim et al., 2024) 방법 따라 포획된 모든 개체는 형태적 특징을 확인하기 위해 주둥이로부터 항문까지의 길이인 SVL (Snout-Vent Length)을 기록하였으며, 측정은 디지털 캘리퍼스(IP67 DIGITAL CALPER, ETOPOO, 정확도:0.01mm, China)를 사용하였다(Fig. 1(a)). 또한 몸무게(BW : Body Weight)는 1/100 gram 단위까지 측정이 가능한 휴대용 전자저울(W-500, WellDot, China)을 이용하여 기록하였다(Fig. 1(b)). 그리고 맹꽁이의 길이(SVL)를 통하여 성체와 미성숙 개체를 구분하였으며, 성체를 대상으로 성비를 확인하였다(Kim et al., 2024). 성체 기준은 선행연구(Hwang, 2000)에서 제시한 번식(포집)에 참여 가능한 개체(암컷>33.96mm, 수컷>33.07mm)의 크기로 구분하였다. 맹꽁이의 성별은 선행연구(Kim et al., 2024) 방법에 따라 배면을 확인하여 한쌍의 생식선(Gonads)이 보이는 개체를 수컷, 알이 보이는 개체를 암컷으로 구분하여 기록하였다.

### 2.4 신체 크기 및 상태 비교

맹꽁이의 신체 상태를 확인하기 위해 무미양서류를 대상으로 수행된 신체 상태를 평가한 선행연구들에 따라 SMI (Scaled mass index) 지수를 산출하였다(Peig and Green, 2009; Brodeur et al, 2020a, b).

SMI 지수는  $Mass = a \cdot SVL^b$ 의 수식을 통해 지수 b를 정량화한 체질량이 산출되며, 지수 b는 SVL에서 무게의 RMA 회귀에 의해 추정된 스케일링된 지수인 "bSMA"로 계산되었다(Peig and Green, 2009). 암컷과 수컷 간 신체 크기(무게와 SVL)와 SMI 지수, 시기(월)별 신체 상태는 Factorial ANOVA 분석을 통해 비교하였다. 분석된 결과

Table 1. Average climate environment of the survey site.

population	Average temperature(°C)	Lowest temperature(°C)	Highest temperature(°C)	Daily precipitation(mm)	Minimum relative humidity(%)
Total	25.464±2.720	22.044±2.382	29.985±3.211	4.510±7.418	50.013±10.069
Male	25.175±2.604	21.783±2.309	29.600±3.082	4.293±7.365	50.115±10.000
Female	25.885±2.837	22.424±2.442	30.547±3.320	4.825±7.506	49.863±10.198
population	Average relative humidity(%)	Possible sunshine duration(hr)	Total insolation (MJ/m²)	Average surface temperature(°C)	Minimum grass temperature(°C)
Total	71.747±9.918	14.309±0.814	18.324±4.721	27.738±3.347	19.747±2.666
Male	71.308±9.938	14.269±0.870	17.933±5.096	27.451±3.166	19.519±2.705
Female	72.388±9.885	14.368±0.723	18.894±4.062	28.156±3.564	20.080±2.580

Table 2. *Kaloula borealis* population body size and condition.

	SVL	Mass	SMI
Total	45.293±0.221	10.011±0.148	0.528±0.002
Male	44.763±0.262	9.518±0.157	0.524±0.002
Female	46.066±0.379	10.73±0.274	0.534±0.004
F-value	8.514	16.670	5.840
p	< 0.01	< 0.001	< 0.05

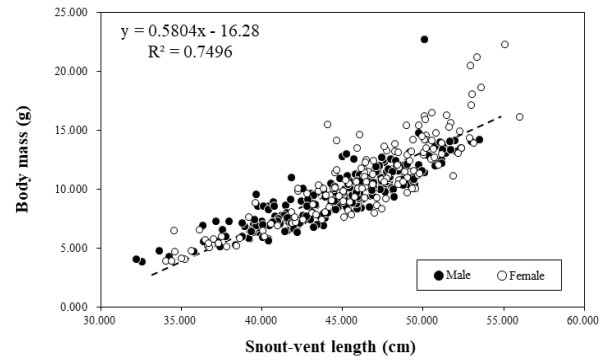


Fig. 2. Positive correlation between SVL and Mass.

검증은 Fisher LSD 테스트 통해 평균 간 차이를 확인하였고, 모든 값은 평균±SE로 표기하였다.

### 2.5 성별 간 출현 기후환경

맹꽁이가 서식한 지역의 기후환경을 확인하기 위해 기상청 기상자료개방포털(<https://data.kma.go.kr/>)에서 조사 당일의 평균기온(°C)과 최저기온(°C), 최고기온(°C), 일강우량(mm), 최소상대습도(%), 평균상대습도(%), 가조시간(hr), 합계 일사량(MJ/m²), 평균지면온도(°C), 최저초상온도(°C)에 대한 기후정보를 추출하였다(Table 1).

기후변수들은 서로 높은 상관관계를 나타내기 때문에 본 연구에서는 주성분분석(PCA, Principal component analysis)을 통해 Kaiser의 기준에 따라 Eigen values가 1 이상인 PC 3개를 추출하였다(Table 3). 출현한 맹꽁이의 수컷과 암컷 간의 기후환경 차이를 비교하기 위해 추출된 각각의 개체별 PC 값들을 이용하여 일록슨 부호순위 검정(Wilcoxon Signed-Rank Test)을 수행하였다. 모든 통계적 분석은 R 프로그램 4.1.3 (R Core Team, 2022)을 이용하였다.

### 3. 연구 결과

#### 3.1 맹꽁이 신체 크기와 상태

2018년 맹꽁이 성체는 수컷 235개체, 암컷 161개체로 총 396개체를 포획하였고, SVL과 Mass는 양의 상관관계를 보였다( $r^2 = 0.749$ ,  $p < 0.0001$ , Fig. 2). SVL은 암컷( $46.066 \pm 0.379$  mm)이 수컷( $44.763 \pm 0.262$ mm)보다 길었으며, ( $F_{(1,394)} = 8.514$ ,  $p < 0.01$ ), 무게도 암컷( $10.73 \pm 0.274$ g)이 수컷( $9.518 \pm 0.157$ g)보다 무거웠고( $F_{(1,394)} = 16.670$ ,  $p < 0.001$ ), 신체 상태도 암컷( $0.534 \pm 0.004$ )이 수컷( $0.524 \pm 0.002$ )보다 지수가 더 높게 확인되었다( $F_{(1,394)} = 5.841$ ,  $p < 0.05$ )(Table 2).

#### 3.2 월별 신체 상태

신체 상태는 성별( $F_{(1,392)} = 4.967$ ,  $p < 0.05$ )과 월별( $F_{(1,392)} = 7.040$ ,  $p < 0.01$ )의 상호 작용에 차이를 보였다( $F_{(1,392)} = 7.531$ ,  $p < 0.01$ ). 암수 간 월별 SMI 지수의 차이를 살펴보면, 6월 수컷( $0.534 \pm 0.031$ )은 암컷( $0.550 \pm 0.040$ )보다 낮은 것으로 나타났으며( $F_{(1,191)} = 9.684$ ,  $p < 0.01$ ), 7월 수컷( $0.507 \pm 0.031$ )과 암컷( $0.509 \pm 0.049$ )은 차

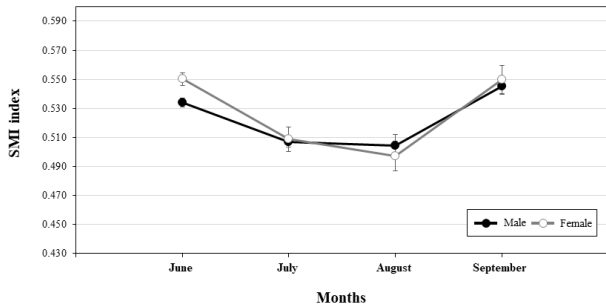


Fig. 3. Monthly body condition.

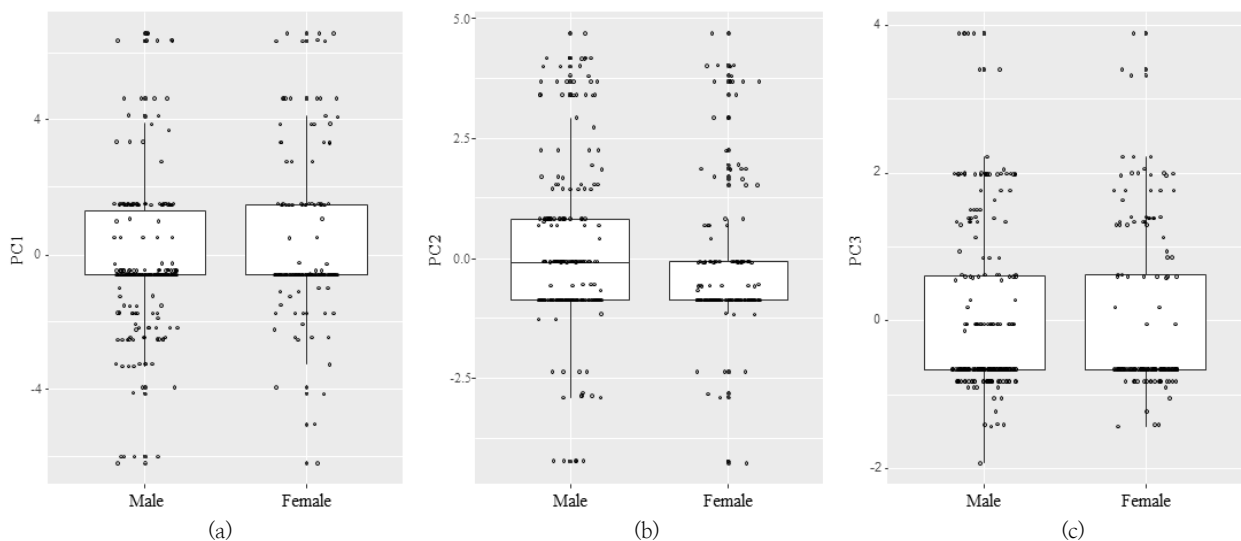


Fig. 4. Climate and sex differences.

Table 3. Correlation between climate environments.

Variable	PC1	PC2	PC3
% Variance explained	49.08	27.60	13.17
Eigenvalue	2.215	1.661	1.148
Average temperature(°C)	0.429	-0.133	0.150
Lowest temperature(°C)	0.374	-0.278	0.213
Highest temperature(°C)	0.437	-0.036	0.057
Daily precipitation(mm)	-0.209	-0.366	0.281
Mini relative humidity(%)	-0.214	-0.503	-0.060
Average relative humidity(%)	-0.191	-0.471	-0.226
Possible sunshine duration(hr)	0.113	-0.296	-0.660
Total insolation(MJ/m²)	0.270	0.183	-0.585
Average surface temperature(°C)	0.427	0.029	0.084
Mini grass temperature(°C)	0.303	-0.416	0.103

이를 보이지 않았고( $F_{(1,107)} = 0.048$ ,  $p > 0.05$ ), 8월에도 수컷( $0.504 \pm 0.039$ )과 암컷( $0.497 \pm 0.050$ )은 차이를 보이지 않았으며( $F_{(1,46)} = 0.290$ ,  $p > 0.05$ ), 9월에도 수컷( $0.545 \pm 0.032$ )과 암컷( $0.550 \pm 0.036$ )은 차이를 보이지 않았다( $F_{(1,44)} = 0.159$ ,  $p > 0.05$ , Fig. 3).

#### 3.3 기후환경과의 상관관계

맹꽁이가 관찰된 지점의 기후변수들을 이용해 PCA에 적용시킨 결과, 1 보다 큰 고유값(Eigenvalues)을 가진 3개의 PC들은 총 89.85%의 설명력을 가졌다(Table 3). PC1은 평균기온과 최저, 최고기온, 평균 지면온도와 같은 기온과 관련된 변수들이 가장 잘 설명되었다. PC1이 증가하면, 공기와 지면의 온도는 모두 증가하였다. PC2는 대부분 강수량과 관련된 변수들과 상관관계가 있었다. PC2가 증가하면 강수량이 감소하였고, 최저 초상온도가 감소하였다. PC3은 일조와 관련된 변수와 관계를 보였고, 가조시간과 일사량은 PC3과 음의 상관관계를 나타냈다(Table 4).

### 3.4 출현한 기후환경의 성별차이

맹꽁이가 출현한 성별 기후환경 차이를 확인한 결과, PC1은 수컷(중앙값: -0.598, 1-3분위수: -0.598-1.490)과 암컷(-0.598, 1-3분위수: -0.598-1.169) 간 차이를 보이지 않았고( $W = 17689$ ,  $p > 0.05$ ; Fig 4(a)), PC2는 수컷(-0.863, 1-3분위수: -0.863-0.068)이 암컷(-0.073, 1-3분위수: -0.863-0.823)보다 낮은 수치를 보였으며( $W = 21514$ ,  $p < 0.05$ ; Fig 4(b)), PC3은 수컷(-0.659, 1-3분위수: -0.659-0.622)과 암컷(-0.659, 1-3분위수: -0.659-0.602) 간 차이를 보이지 않았다( $W = 18890$ ,  $p > 0.05$ ; Fig 4(c)).

## 4. 고찰

동물의 신체 상태는 그들의 에너지 상태를 나타내는 지표로(Brodeur et al., 2020b), 신체 상태가 더 좋은 동물은 더 많은 에너지를 보유하고 있다(Schulte-Hostedde et al., 2005; Labocha et al., 2014; Brodeur et al., 2020b). 실제로 에너지 저장 능력은 개체의 적응에 중요한 결정 요인으로 작용하며, 에너지 보유량이 많은 개체(신체 상태가 높은 개체)는 에너지 보유량이 적은 개체들보다 굶주림에 강하며, 질병 저항력, 생식 능력 및 생존율이 더 높다(Komoroski et al., 1998; McCauley et al., 2000; Schulte-Hostedde et al., 2005; MacCracken and Stebbings, 2012; Falk et al., 2017; Brodeur et al., 2020b).

2018년 포획 후 계측된 맹꽁이 성체의 SVL은 암컷이 수컷보다 길었으며, 무게도 암컷이 수컷보다 무거운 것으로 나타났다. 이러한 결과는 맹꽁이를 대상으로 신체 크기에 대해 수행된 국내 선행연구에서 확인된 결과들과 유사하게 나타났다(Hwang, 2000; Ko et al., 2011; Ko et al., 2014; Hong et al., 2017; An et al., 2020; Rahman et al., 2022). 일반적으로 양서류 암컷은 알을 품고 있을 뿐만 아니라 더 많은 자손을 낳기 위해 수컷보다 더 크게 진화하였다(Marco et al., 1998; Hettley et al., 2005). 또한 양서류는 암수 간의 체장과 체중의 차이는 번식 성공률을 높이는데 매우 중요하다(Ko et al., 2014). 이러한 이유는 암컷이 수컷에 비해 체장이 길고 체중이 더 무거워야 수컷과 포접을 이룰 때, 체외수정의 성공률을 높이는데 유리하기 때문이며(ZHOU et al., 2006; Ko et al., 2014). 본 연구 결과에서도 맹꽁이 암컷이 수컷에 비해 유의미하게 체장이 길고 체중이 무거운 것으로 나타났다(Table 2).

맹꽁이의 월별 신체 상태 지수(SMI)를 확인한 결과 6월에는 수컷이 암컷보다 유의하게 낮은 것으로 나타났으며, 7월부터 9월까지 암수 간 유의미한 차이를 보이지 않았다(Fig. 3). 이러한 차이를 보인 요인은 6월에 확인된 암컷들은 알을 산란하기 전에 포획되어 복부 안에 알을 품고 있어 수컷보다 신체 상태 지수가 유의미하게 높게 나타난 것으로 판단된다. 일반적으로 맹꽁이의 번식 시기는 6월부터

8월 사이지만, 대량으로 최대번식이 시작되는 시기가 6월로 알려져 있다(Hwang, 2000; Jeong, 2009; Ko et al., 2012a; Ko et al., 2015; NIBR, 2018). 따라서 알을 품고 있는 암컷으로 인해 6월에는 암수 간 신체 상태 지수에 차이를 보였다고 판단된다.

강우량은 양서류의 번식활동에 밀접한 영향을 끼친다(Duellman and Trueb, 1994; Bevier, 1997; Yanosky et al., 1997; Ko et al., 2012a). 뿐만 아니라 기압과 빛의 세기, 습도, 바람과 같은 대기환경은 특정종의 번식활동에 영향을 끼친다고 알려져 있다(Bellis, 1962; Heinzmann, 1970; Bauch and GroBe, 1989; Smit, 1992; Henzi et al., 1995; Brooke et al., 2000; Ko et al., 2012a). 맹꽁이의 번식활동에 영향을 주는 환경에 대한 선행연구에 따르면 강우량, 습도, 기압이 번식에 영향을 끼치고, 이 중 가장 큰 영향을 주는 요인이 강우량으로 확인되었다(Ko et al., 2012a). 본 연구에서 맹꽁이가 출현한 성별에 따른 기후환경의 차이를 확인한 결과 기온과 관련된 변수들이 가장 잘 설명되었던 PC1과 일조량과 관련된 변수와 관계를 보였던 PC3에서는 암수 간의 출현에 유의미한 차이를 보이지 않았고, 강우량과 습도에 관련된 PC2에서 차이를 보였다(Fig. 7). PC2를 잘 나타낸 환경변수는 음의 관계를 보였으며, 암수 간 PC값은 수컷이 암컷보다 유의미하게 작기 때문에 강우량과 습도 등과 같은 환경 변수들이 높을수록 수컷이 더 많이 출현하였다. 이러한 이유는 양서류의 번식특성과 밀접하게 관련 있을 것으로 판단된다. 일반적으로 대부분의 무미류는 번식지에서 수컷이 암컷보다 더 많은 개체수가 출현한다고 알려져 있다(Davies and Halliday, 1979; Loman and Madsen, 2010). 이러한 결과는 수컷이 암컷보다 번식지에 먼저 도착하고 더 늦게 떠나며, 암컷은 수컷보다 번식에 참여하는 횟수가 적기 때문이다(Reading and Clarke, 1983; Kuhn, 1994; Loman and Madsen, 2010). 번식횟수의 차이가 생기는 이유는 암컷은 짝을 선택(intersexual selection) 하지만, 수컷은 짝을 위해 경쟁해야 하기 때문에 수컷은 암컷보다 번식에 대한 잠재 번식률과 관심도가 더 높아 횟수도 높게 나타난다(Andersson, 1994; Trivers, 1972; Byrne and Roberts, 2004). 결과적으로 본 연구에서도 번식기에 수컷이 더 많이 출현한 이유는 양서류의 일반적인 번식특성으로 인해 수컷이 더 많이 출현하였다고 판단된다.

종합적으로 서울 고덕지구에서 서식하는 멸종위기 야생생물 II급 맹꽁이의 신체 크기는 일반적인 양서류의 형태 진화적 특성과 동일하게 암컷이 수컷보다 더 컸다. 신체 상태는 6월을 제외하고 성별에 차이를 보이지 않았는데, 이러한 이유는 산란 전 암컷이 품고 있는 알의 무게가 영향을 끼쳤기 때문으로 판단된다. 비록 본 연구에서는 단일 서식지에 서식하는 맹꽁이 개체군을 대상으로 신체 상태를 확인하였지만, 추후 다양한 서식지 환경(e.g.: 논 습지, 강변 또는 산림 초지, 습지, 공원, 웅덩이 등)에 서식하는 맹꽁이 개체군의 신체 상태 차이를 확인한다면, 맹꽁이에게 적합한 서

식 환경(e.g. : Li et al., 2019)을 확인할 수 있을 뿐만 아니라 개발로 인한 대체서식지를 선정하는 데도 중요한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 서울고덕강일 공공주택지구 조성사업의 일환으로 한강유역환경청과 협의하여 포획 허가서(허가번호 제 2018-13호)를 발부받아 (주)아우름생태연구소에서 포획·이주를 수행하였으며, 환경부 국립생물자원관의 지원을 받아 연구를 수행하였습니다(NIBR202304102).

## References

- Acevedo, AA, Palma, RE and Olalla-Tárraga, MÁ (2022). Ecological and evolutionary trends of body size in *Pristimantis* frogs, the world's most diverse vertebrate genus. *Scientific Reports*, 12(1), 18106.
- An, CK, Hong, SG, Na, SM, Doh, JS, Oh, KC, and Yi, HB (2020). Comparison Study of the Snout-vent Length (SVL) and the Biomass for the Climate Change Sensitive Species, Narrow-mouthed Toads (*Kaloula borealis*, Endangered Species II), at the three different areas (Seoul, Nonsan, Busan) of South Korea. *Journal of Wetlands Research*, 22(1): 8-14. (in Korean with English)
- Andersson, M (1994). *Sexual selection* (Vol. 72). Princeton University Press.
- Arnould, JP (1995). Indices of body condition and body composition in female Antarctic fur seals (*Arctocephalus gazella*). *Marine Mammal Science*, 11(3), 301-313.
- Bauch, S and Große, WR (1989). Der Nachweis einer Nachlaichzeit beim Laubfrosch, *Hyla a. arborea* (L.)(Amphibia, Anura, Hylidae). *Hercynia-Ökologie und Umwelt in Mitteleuropa*, 26(4), 424-429.
- Bellis, ED (1962). The influence of humidity on wood frog activity. *American Midland Naturalist*, 139-148.
- Bennett, D (1999). Expedition field techniques: reptiles and amphibians. *Geography Outdoors, London, UK*, 94.
- Bevier, CR (1997) Breeding activity and chorus tenure of two neotropical hylid frogs. *Herpetologica*, 53: 297-311.
- Brodeur, JC, Candioti, JV, Damonte, MJ, Bahl, MF, Poliserpi, MB and D'andrea, MF (2020a). Frog somatic indices: Importance of considering allometric scaling, relation with body condition and seasonal variation in the frog *Leptodactylus latrans*. *Ecological Indicators*, 116, 106496.
- Brodeur, JC, Damonte, MJ, Candioti, JV, Poliserpi, MB, D'Andrea, MF and Bahl, MF (2020b). Frog body condition: Basic assumptions, comparison of methods and characterization of natural variability with field data from *Leptodactylus latrans*. *Ecological Indicators*, 112, 106098.
- Brooke, PN, Alford, RA and Schwarzkopf, L (2000). Environmental and social factors influence chorusing behaviour in a tropical frog: examining various temporal and spatial scales. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 49, 79-87.
- Byrne, PG and Roberts, JD (2004). Intrasexual selection and group spawning in quacking frogs (*Crinia georgiana*). *Behavioral Ecology*, 15(5), 872-882.
- Davies, NB and Halliday, TR (1979). Competitive mate searching in male common toads, *Bufo bufo*. *Animal Behaviour*, 27, 1253-1267.
- Do, MS, Lee, JW, Jang, HJ, Kim, DI, Park, J and Yoo, JC (2017). Spatial distribution patterns and prediction of hotspot area for endangered herpetofauna species in Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 31(4), 381-396.
- Do, MS, Son, SJ, Choi, G, Yoo, N, Koo, KS and Nam, HK (2021). Anuran Community Patterns in the rice fields of the mid-western region of the Republic of Korea. *Global Ecology and Conservation*, 26, e01448.
- Do, MS, Son, SJ, Choi, G, Yoo, N and Nam, HK (2022a). Comparison of breeding area characteristics between two frog species breeding at rice fields of the Midwest region of South Korea. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 15(2), 165-171.
- Do, MS, Son, SJ, Choi, G, Yoo, N, Kim, DI, Koo, KS and Nam, HK (2022b). The establishment of ecological conservation for herpetofauna species in hotspot areas of South Korea. *Scientific Reports*, 12(1), 14839.
- Do, MS, Son, SJ, Jung, JH, Lee, SC, Choi, G and Nam, HK (2023). Effects of environmental factors and intraspecific niche overlap on the body and ecological characteristics of red-tongued pit vipers (*Gloydius ussuriensis*). *Scientific Reports*, 13(1), 21310.
- Duellman, WE and Trueb L (1994). *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill, New York, 677pp.
- Falk, BG, Snow, RW and Reed, RN (2017). A validation of 11 body-condition indices in a giant snake species that exhibits positive allometry. *PLoS One*, 12(7), e0180791.
- Frank, K and Dudas, G (2018). Body size and seasonal condition of Caspian Whip Snakes, *Dolichophis caspius* (Gmelin, 1789), in southwestern Hungary. *Herpetozoa*, 30(3-4), 131-138.
- Glaudas, X, Rice, SE, Clark, RW and Alexander, GJ (2020). Male energy reserves, mate-searching activities, and reproductive success: alternative resource use strategies in a presumed capital breeder. *Oecologia*, 194, 415-425.
- Hamer, AJ and McDonnell, MJ (2008). Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: a review. *Biological Conservation*, 141(10), 2432-2449.
- Heinzmann, U (1970). Untersuchungen zur Bio-Akustik und Ökologie der Geburtshelferkröte, *Alytes o. obstetricans*

- (Laur). *Oecologia*, 19–55.
- Henzi, SP, Dyson, ML, Piper, SE, Passmore, NE and Bishop, P (1995). Chorus attendance by male and female painted reed frogs (*Hyperolius marmoratus*): environmental factors and selection pressures. *Functional Ecology*, 485–491.
- Hettyey, A, Török, J and Hévízi, G (2005). Male mate choice lacking in the agile frog, *Rana dalmatina*. *Copeia*, 2005(2), 403–408.
- Hirai, T and Matsui, M (1999). Feeding habits of the pond frog, *Rana nigromaculata*, inhabiting rice fields in Kyoto, Japan. *Copeia*, 940–947.
- Hong, SG, An, CK, Kim, HJ, Oh, KC, Park, SY, Na, SM and Yi, HB (2017). Ecological Study of Narrow-mouthed Toad (*Kaloula borealis*) Population at Myeongji District in Busan Metropolitan City. *Journal of Wetlands Research*, 19(1): 172–179. (in Korean with English)
- Hwang, YS (2000). *Studie in the ecology of the Korean Narrow-mouthed Frog (Kaloula borealis)*. Master's Thesis. Graduate School of Korean National University of Education, Korea, pp. 12 (in Korean with English)
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). Accessed February 1, 2024. Red List of Threatened Species. <<http://www.iucnredlist.org>>
- Jeong, YS. (2009). A Planning model for a substitute habitat of wildlife based on wetland: case of Shinki village Dang dong in Gunpo city. Ph. D. dissertation, Sangmyung University, Korea.
- Kim, IN, Lee, SC, Do, MS, Kim, JM, Kwon, EH and Bae, YS (2024). A Study on the Sex Ratio and Morphological Differences Between the Sexes of Narrow-mouthed Toad (*Kaloula borealis*) Inhabiting the Godeok District in Seoul. *Journal of Wetlands Research* 26(1): 32–40. (in Korean with English)
- Kim, JB and Song, JY (2010). *Amphibians and Reptiles of Korea*, World Science, Bucheon, Korea, pp. 146.
- Ko, SB, Lee, JH and Oh, HS (2011). Age structure analysis of *Kaloula borealis*. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 25(6), 861–866. (in Korean with English)
- Ko, SB, Chang, MH, Song, JY and Oh, HS (2012a). Meteorological Factors Influencing Breeding Biology of *Kaloula borealis*. *Korean Society of Environment and Ecology*, 26(6): 876–883. (in Korean with English)
- Ko, SB, Chang, MH, Yang, KS and Oh, HS (2012b). Feeding habits of the *Kaloula borealis* during the breeding season. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 26(3), pp. 333–341.
- Ko, SB, Ko, YM and Lee, JH (2014). Body Size and Age Structure of Mating Couples in Boreal Digging Frog (*Kaloula borealis*). *Korean Journal of Environment and Ecology*, 28(3): 281–286. (in Korean with English)
- Ko, SB, Ko, YM and Lee, JH (2015). Effect of Salinity on the Survival and Growth of Larvae of the Boreal Digging Frog (*Kaloula borealis*). *Korean Journal of Environment and Ecology*, 29(4): 533–538. (in Korean with English)
- Komoroski, MJ, Congdon, JD and Nagle, RD (1998). Relationships of lipids to ovum size in amphibians. *Physiological Zoology*, 71(6), 633–641.
- Kuhn, J (1994). Lebensgeschichte und Demographie von Erdkrötenweibchen *Bufo bufo bufo* (L.). *Zeitschrift für Feldherpetologie*, 1, 3–87.
- Labocha, MK, Schutz, H and Hayes, JP (2014). Which body condition index is best?. *Oikos*, 123(1), 111–119.
- Lee, SY, Choi, SY, Bae, YS, Suh, JH, Jang, HJ and Do, MS (2021). Distribution prediction of Korean Clawed Salamander (*Onychodactylus koreanus*) according to the climate change. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 35(5), 480–489.
- Li, B, Zhang, W, Wang, T and Zhou, L (2019). Breeding habitat influences abundance and body condition of rice frog (*Fejervarya multistriata*) in agricultural landscape of Shanghai, China. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 279, 74–79.
- Loman, J and Madsen, T (2010). Sex ratio of breeding common toads (*Bufo bufo*) – influence of survival and skipped breeding. *Amphibia-Reptilia*, 31(4), 509–524.
- MacCracken, JG and Stebbings, JL (2012). Test of a body condition index with amphibians. *Journal of Herpetology*, 46(3), 346–350.
- Marco, A, Kiesecker, JM, Chivers, DP and Blaustein, AR (1998). Sex recognition and mate choice by male western toads, *Bufo boreas*. *Animal Behaviour*, 55(6), 1631–1635.
- McArdle, BH (1988). The structural relationship: regression in biology. *Canadian Journal of Zoology*, 66(11), 2329–2339.
- McCauley, SJ, Bouchard, SS, Farina, BJ, Isvaran, K, Quader, S, Wood, DW and St. Mary, CM. (2000). Energetic dynamics and anuran breeding phenology: insights from a dynamic game. *Behavioral Ecology*, 11(4), 429–436.
- Mitchell, JC, Erdle, SY and Pagels, JF. (1993). Evaluation of capture techniques for amphibian, reptile, and small mammal communities in saturated forested wetlands. *Wetlands*, 13, 130–136.
- Moore, IT, Lerner, JP, Lerner, DT and Mason, RT (2000). Relationships between annual cycles of testosterone, corticosterone, and body condition in male red-spotted garter snakes, *Thamnophis sirtalis concinnus*. *Physiological and Biochemical Zoology*, 73(3), 307–312.
- Nafus, MG, Adams, AAY, Boback, SM, Siers, SR and Reed, RN (2020). Behavior, size, and body condition predict susceptibility to management and reflect post-treatment frequency shifts in an invasive snake. *Global Ecology and*

- Conservation*, 21, e00834.
- National Institute of Biological Resources (NIBR). (2018). Endangered wildlife at a glance. <<https://species.nibr.go.kr>>
- Pearson, D, Shine, R and Williams, A (2002). Geographic variation in sexual size dimorphism within a single snake species (*Morelia spilota*, Pythonidae). *Oecologia*, 131, 418–426.
- Peig, J and Green, AJ (2009). New perspectives for estimating body condition from mass/length data: the scaled mass index as an alternative method. *Oikos*, 118(12), 1883–1891.
- Peig, J and Green, AJ (2010). The paradigm of body condition: a critical reappraisal of current methods based on mass and length. *Functional Ecology*, 24(6), 1323–1332.
- R Core Team (2022) R: a language and environment for statistical computing, R foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, accessed 10 March 2023 <<http://www.R-project.org>>.
- Rahman, MM, Lee, YY, Park, SM, Ham, CH and Sung, HC (2022). Confirmation of the applicability of skeletochronology and estimating the age Structure of *Kaloula borealis* (Microhylidae: Anura) at Lake Sihwa, South Korea. *Biology*, 11(6), 898.
- Reading, CJ and Clarke, RT (1983). Male breeding behaviour and mate acquisition in the common toad, *Bufo bufo*. *Journal of Zoology*, 201: 237–246.
- Reyes, M, Zandberg, K, Desmawati, I and De Bellard, ME (2010). Emergence and migration of trunk neural crest cells in a snake, the California kingsnake (*Lampropeltis getula californiae*). *BMC Developmental Biology*, 10: 52.
- Rho, PH (2016). Relationship between Abundances of *Kaloula borealis* and Meteorological Factors based on Habitat Features. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology*, 19(3) : 103–119. (in Korean with English)
- Schulte–Hostedde, AI, Zinner, B, Millar, JS and Hickling, GJ (2005). Restitution of mass–size residuals: validating body condition indices. *Ecology*, 86(1), 155–163.
- Shine, R (1991). Why do larger snakes eat larger prey items?. *Functional Ecology*, 493–502.
- Smit, GN (1992). Season of Calung and Breeding and Associated Control Factors of a Northern Transvaal Anuran Population. *The Journal of the Herpetological Association of Africa*, 40(1), 51–55.
- Trivers, RL (1972). Paternal investment and sexual selection. In: *Sexual selection and the descent of man* (Campbell B, ed). *Chicago: Aldine*; 136–179.
- Yanosky, AA, Mercolli, C and Dixon, JR (1997). Field ecology and population estimates of the veined tree frog (*Phrynohyas venulosa*) in the eastern chaco of Argentina. *Texas Journal of Science*, 49(1), 41–48.
- ZHOU, W, HE, JF, LI, MH and LI, W (2006). Behavior and morphologic adaptive selection of sexual partnership in a population of verrucous digging frog (*kaloula verrucosa*) from Kunming. *Zoological Research*, 27(2), 169–174.