

맹꽁이(*Kaloula borealis*)의 번식에 영향을 주는 기상요인¹

고상범² · 장민호³ · 송재영³ · 오홍식^{2*}

Meteorological Factors Influencing Breeding Biology of *Kaloula borealis*¹

Sang-Beom Ko², Min-Ho Chang³, Jae-Young Song⁴, Hong-Shik Oh^{2*}

요 약

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

주요어: 양서류, 강우량, 산란, 제주도

ABSTRACT

In order to analyze the meteorological factors influencing breeding activities of the *Kaloula borealis*, spawning sites which are located in Daejung-Eub, Jeju Island were investigated for 4 years from 2008 to 2011. The factors for analysis were rainfall, humidity, temperature, barometric pressure and wind speed. Comparative analysis were done on the spawning activities on rainy days. The analysis shows that the main factors influencing breeding activities of the *Kaloula borealis* are rainfall, humidity, and barometric pressure. The most influencing factor among them is rainfall. According to the analysis, the *Kaloula borealis* participate in spawning activities when it rains hard and humidity and barometric pressure also have influence on their spawning activities to a certain degree. As for temperature, the breeding season is summer so it meets one of the conditions for breeding activities. As a result, like the previous studies on other anurans in temperate regions, rainfall and temperature have a great impact on breeding activities of the *Kaloula borealis*.

KEY WORDS: AMPHIBIA, RAINFALL, SPAWNING, JEJU ISLAND

1 접수 2012년 6월 8일, 수정(1차: 2012년 8월 24일, 2차: 2012년 12월 10일), 게재확정 2012년 12월 11일

Received 8 June 2012; Revised(1st: 24 August 2012, 2nd: 10 December 2012); Accepted 11 December 2012

2 제주대학교 과학교육학과 Dept. of Science Education, Jeju National Univ., 102 Jejudaehakno, Jeju(690-756), Korea

3 국립공원관리공단 국립공원연구원 National Park Research Institute, Korea National Park Service, 255 Jeongryeongchi-ro, Jucheon-myeon, Namwon-si, Jeollabuk-do(590-811), Korea

* 교신저자 Corresponding author(sciedu@jejunu.ac.kr)

서론

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

대부분 온대지역의 양서류 번식은 봄과 여름 사이의 짧은 기간에 일어나며, 내적인 조절작용(Lofts, 1974; Jorgensen, 1988) 외에 강우량, 온도, 빛의 세기, 습도, 바람 등 여러 외적 요인들에 의해 반응한다. 계절적 변화가 있는 지역에서 다양한 온도와 강우량은 환경에 큰 다양성을 제공하여 무미류 사이에 번식전략의 다변화를 허용한다(Bertoluci and Rodrigues 2002). 양서류의 활동 중에서 또 다른 환경적 요인인 기압, 빛의 세기, 습도, 바람도 특정한 무미류 종에서 번식활동에 영향을 준다(Bellis, 1962; Heinzmann, 1970; Bauch and Grosse, 1989; Smit, 1992; Henzi *et al.*, 1995; Brooke *et al.*, 2000).

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

2011).

온대지역인 우리나라에 서식하는 맹꽁이(*Kaloula borealis*)인 경우도 온도가 높은 여름기간 동안에 산란을 하며, 또한 많은 비가 내리는 날에 산란이 이루어지고 있는 것으로 알려져 있다(Kim, 1971; Ko *et al.*, 2011). 하지만 여러 환경 요인 중 어떠한 요인의 영향을 많이 받는지에 대해서는 아직까지 구체적으로 알려진 바 없다. 따라서 본 연구는 번식 기중에 온도와 강우량 등 여러 요인들을 분석하여 맹꽁이의 산란에 영향을 주는 기상요인을 알아보기 위하여 이루어졌다.

연구방법

실험을 위해 2008년 5월부터 2011년 8월까지 4년 동안 제주도 대정읍에 위치한 맹꽁이 산란지에서 조사하였다. 조사지는 주변이 경작지로 둘러 싸여 있고 평지로 되어 있으며 바다로 부터는 300m 정도 떨어져 있다. 산란지는 삼각형 모양으로 면적은 550m² 정도인 초지로 구성되어 있고, 초지 안에 가로 15m, 세로 5m 정도의 연못이다. 이 연못은 가을과 봄 사이에는 대부분 물이 없는 상태로 존재하고 있으나 봄과 여름 사이에는 10~20cm 가량의 물이 고여 북방산개구리와 청개구리의 산란지로 이용되며, 특히 맹꽁이들에게 집단산란지로 사용되고 있다. 연못에 물이 고이면 바닥에 자랐던 풀들이 그대로 자란 상태로 물속에 잠겨 분해된다. 풀이 분해되면서 유기물이 많이 생성되어 유기물을 먹이로 하는 맹꽁이 유생의 먹이로 이용되고 있다. 비가 내리는 날 밤부터 산란이 이루어지므로 비가 내리는 날 밤에 산란지로 이동하는 맹꽁이와 울음소리로 산란을 판단하였으며, 연못에서 알의 유무로 산란을 확정하였다. 산란이 이루어졌을 때의 환경적 요소는 강우량과 습도, 최저온도, 최고온도, 기압, 풍속을 가지고 비산란 때와 비교하였다. 각 요소의 정확한 자료를 얻기 위해서 제주지방기상청 소속의 고산기상대의 관측 자료를 사용하였다. 조사장소는 기상대와 15km 정도로 산란장소의 기상요인과는 차이가 없고, 고산기상대 역시 이 자료를 이용하여 산란지 지역의 기상요소를 판단하며 있으며, 다른 연구에서도 같은 방법을 사용하고 있다(Oseen and Wassersug, 2002; Shahriza *et al.*, 2010).

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

package for the social sciences, ver. 12.0) 프로그램을 이용하였다.

결 과

이번 연구를 통해 얻어진 멧꿩이의 산란시기를 보면, 2008년은 5월부터 8월 사이였고, 2009년에서 2011년은 6월 초에서 8월사이로 나타났다. 처음 산란이 이루어지는 시기는 2008년에는 5월 28일이었고, 2009년에는 6월 9일, 2010년에는 6월 11일, 2011년에는 6월 10일로 제주지역에서는 5월 말에서 6월 초에 산란이 시작되는 것으로 나타났다(Table 1). 2008년에는 5월 말에 많은 비가 내려 산란이 이루어졌으나 2009년부터 2011년까지는 5월 말부터 6월 초까지 비가 내리지가 않아 산란이 이루어지지 않았고, 이후 비가 내린 6월 10일경에 산란이 이루어졌다. 산란기간은 2008년에는 76일이나 2009년에는 67일, 2010년에는 61일,

2011년에는 59일로 산란기간이 점점 짧아지고 있는 경향을 보이고 있는 것으로 나타났다(Table 1, Figure 1).

4년 동안 조사된 멧꿩이의 산란횟수는 2008년 6회(강우일 20일), 2009년 6회(강우일 21일), 2010년 6회(강우일 19일), 2011년 8회(강우일 18일)였다(Table 2). 분석결과 5월 말에서 6월초에 산란이 시작되었으며, 마지막 산란이 이루어지는 시기는 8월 10일 전후로 이때에도 비가 많이 내리는 날 산란이 이루어졌다는 것을 알 수 있었다. 각 월별로 산란 횟수는 1회에서 3회 이루어지고 있으나 2011년에는 6월에 비가 자주 내려 산란횟수는 5회였다(Table 2).

2008년부터 2011년 사이에 산란한 날의 각 기상요소 평균값 범위를 보면, 강우량인 경우 32.8mm~44.3mm로 전체 범위는 13.5mm~100.5mm, 습도는 85.7%~91.7%로 전체범위는 76.0%~97.6%, 최저온도는 19.2℃~21.9℃로 전체범위는 17.4℃~24.7℃, 최고온도는 24.6℃~25.5℃로 전체범위는 21.4℃~29.9℃, 기압은 995.7hpa~997.1hpa로 전체범위는

Table 1. Breeding-season date and duration *Kaloula borealis* for Jeju Island

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

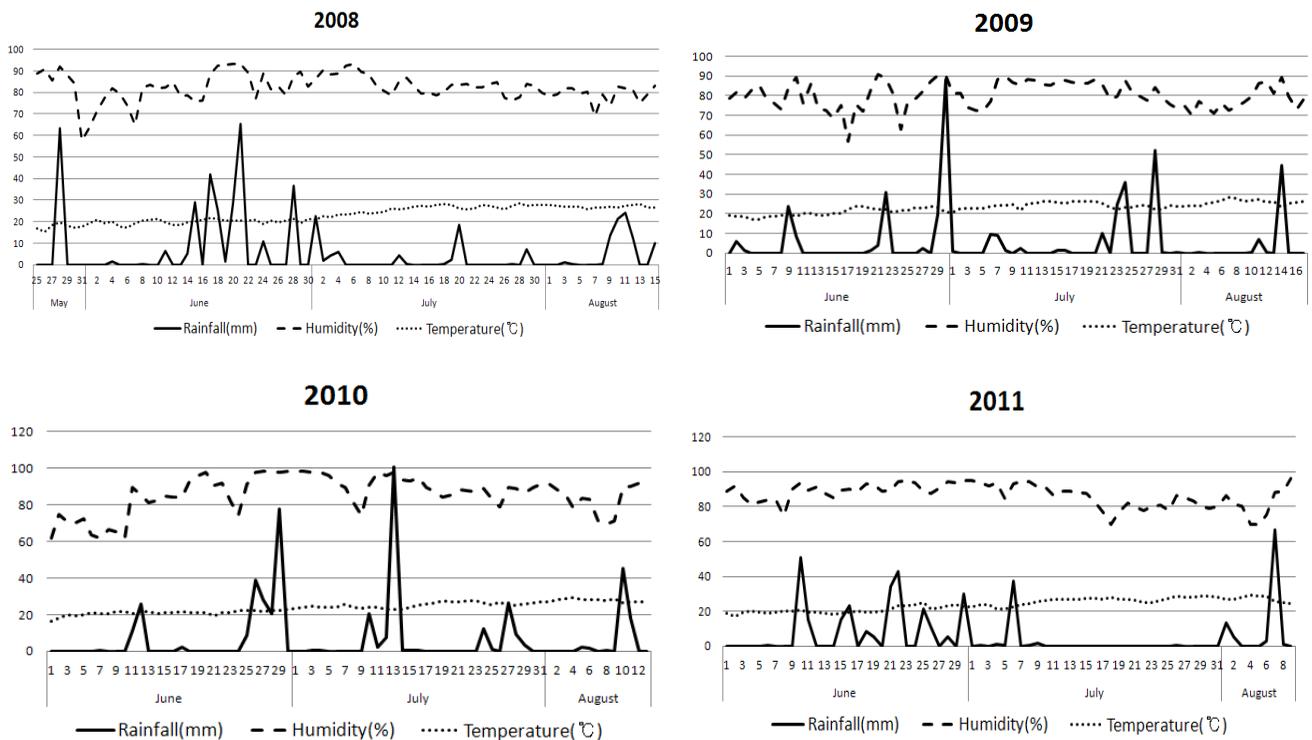


Figure 1. Rainfall, mean temperature, relative humidity of survey area during each period

Table 2. Meteorological data of the spawning day of *Kaloula borealis* during four years from 2008 to 2011 in Jeju Island

Year	Day	Rainfall (mm)	Humidity (%)	Temperature(°C)		Barometric pressure(hpa)	Wind speed(m/s)
				Min.	Max.		
2008	28 May	63.5	91.9	18.1	21.4	991.6	5.7
	15 June	29.0	76.0	17.6	24.2	999.7	4.3
	20 June	28.0	92.6	19.7	21.7	997.3	4.8
	28 June	36.5	87.4	19.4	23.5	998.1	8.8
	20 July	18.5	83.5	24.5	27.3	995.7	8.4
	10 August	21.5	82.6	22.6	29.9	996.8	5.1
2009	9 June	24.0	83.6	17.7	23.0	1,000.3	8.2
	22 June	31.0	89.1	18.0	23.5	991.4	6.0
	30 June	88.5	90.3	19.1	23.4	994.9	5.2
	23 July	25.0	79.8	19.3	26.7	994.6	4.3
	28 July	52.5	84.5	19.2	25.6	993.8	3.8
	14 August	44.5	89.4	21.8	25.6	100.4	2.5
2010	12 June	26.0	85.3	20.2	23.2	998.0	8.4
	26 June	39.0	97.6	21.0	23.1	996.6	7.0
	10 July	20.5	90.9	21.1	27.1	997.5	5.8
	13 July	100.5	97.6	21.6	24.1	998.9	4.9
	27 July	26.5	89.3	22.1	27.0	1,001.8	6.4
	10 August	45.0	89.5	25.3	28.4	990.0	10.1
2011	10 June	51.0	93.9	19.4	22.5	994.7	3.9
	16 June	23.0	90.1	18.5	22.9	997.2	2.2
	21 June	34.0	89.3	17.4	24.6	1,002.4	3.3
	25 June	21.5	88.9	23.1	28.3	994.6	10.1
	30 June	30.0	95.0	21.3	23.7	1,002.2	7.7
	6 July	37.0	92.9	19.3	23.8	992.6	4.9
	1 August	13.5	86.6	24.7	28.8	997.7	3.8
	7 August	67.0	88.3	24.3	27.0	984.5	19.3

Table 3. Mean±SD and range of each value in survey area

	Year	Rainfall (mm)	Humidity (%)	Temperature(°C)		Barometric pressure(hpa)	Wind speed(m/s)
				Min.	Max.		
Spawning	2008	32.8±16.3	85.7±6.3	20.3±2.7	24.7±3.3	996.5±2.8	6.2±1.9
		18.5~63.5	76.0~92.6	17.6~24.5	21.4~29.9	991.6~999.7	4.3~8.8
	2009	44.3±24.4	86.1±4.1	19.2±1.4	24.6±1.5	995.9±3.7	5.0±2.0
		24.0~88.5	79.8~90.3	17.7~21.8	23.0~26.7	991.4~1,000.4	2.5~8.2
	2010	42.9±29.6	91.7±4.9	21.9±1.8	25.5±2.3	997.1±3.9	7.1±1.9
		20.5~100.5	85.3~97.6	20.2~25.3	23.1~28.4	990.0~1,001.8	4.9~10.1
	2011	34.6±17.3	90.6±3.0	21.0±2.8	25.2±2.5	995.7±5.7	6.9±5.6
		13.5~67.0	86.6~95.0	17.4~24.7	22.5~28.8	984.5~1,002.4	2.2~19.3
Non-spawning	2008	7.5±6.6	82.6±4.1	21.1±3.5	26.0±4.4	998.9±2.4	5.3±1.7
		1.0~22.5	74.0~88.9	17.2~25.9	20.4~31.5	995.0~1,002.9	2.7~7.5
	2009	4.4±3.8	83.6±3.4	21.6±2.6	26.1±1.9	997.5±3.1	5.9±2.1
		1.0~10.0	77.0~87.3	18.0~25.9	24.0~29.4	993.7~1,003.3	3.8~8.4
	2010	6.4±5.0	87.1±3.7	22.0±2.9	27.8±3.1	1000.9±4.6	3.8±1.7
		2.0~12.5	83.5~91.3	19.3~25.7	24.6~31.1	996.8~1,006.4	2.6~6.3
	2011	5.8±5.2	89.6±7.2	21.0±3.2	24.9±4.3	998.1±3.0	5.6±2.5
		1.0~15.0	75.3~94.4	17.5~25.9	20.5~32.3	994.2~1,002.4	2.0~8.4

Table 4. Results of binary logistic regression for effects of abiotic factors on Breeding season

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

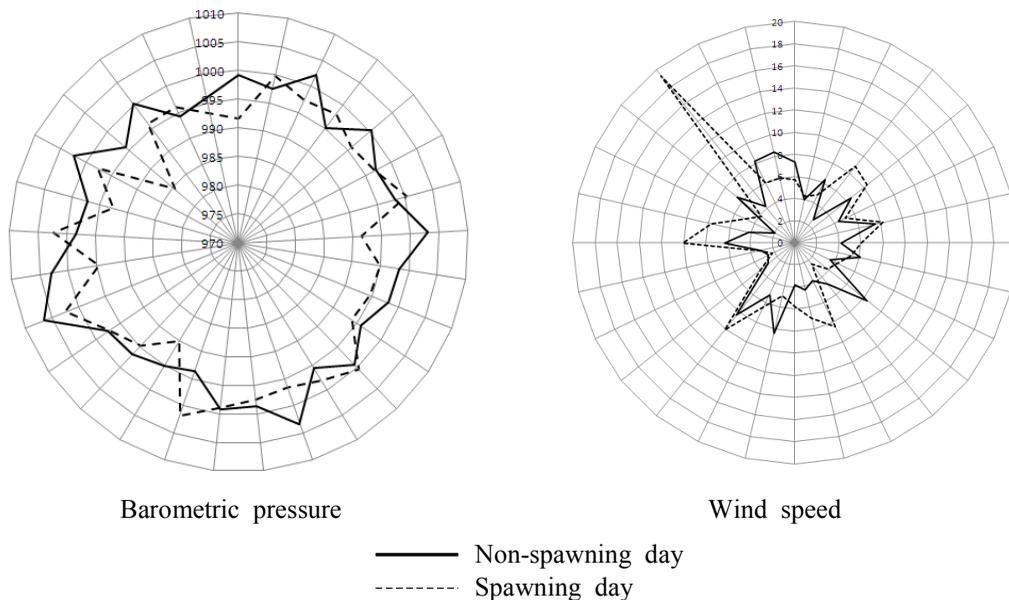


Figure 2. Barometric pressure and wind speed in breeding season

984.5hpa~1002.4hpa, 풍속은 5.0m/s~7.1m/s로 전체범위는 2.2m/s~19.3m/s로 나타났다(Table 3).

맹꽁이의 산란과 기상요인과의 관계는 로지스틱회귀곡선을 이용하여 분석하였는데, 강우량은 산란에 가장 큰 요인(S·E=0.144, wald=9.113, P<0.01)으로 작용하고 있는 것으로 나타났다. 즉 비가 많이 내리는 날 밤이 되면 맹꽁이들의 산란지로의 이동이 시작되어 많은 개체들이 산란지 주변으로 이동하는 것을 관찰할 수 있었다. 산란지로 이동한 개체 중 수컷들은 울음소리를 내기 시작하면 한 두 마리가 울기 시작하여 나중에는 집단으로 울며, 이 울음은 다음 날 오후까지 계속되고 있었다. 최고온도(S·E=0.093, wald=1.554, P=0.208)와 최저온도(S·E=0.104, wald=0.092, P=0.316)에서는 산란이 이루어지는 날과 그렇지 않은 날 사이에는 유의성이 없는 것으로 나타났다. 상대습도인 경우는 약하게 작용하고 있는 것으로 나타났으며(S·E=0.060, wald=5.495, P<0.05), 비가 오는 날에는 상대습도가 높다는 것을 알 수 있었다(Figure 1). 기압(Figure 2)인 경우, 산란에

어느 정도 영향을 주는 것으로 나타나고 있으나(S·E=0.090, wald=4.693, P<0.05), 풍속(Figure 2)인 경우는 산란에 영향이 없는 것으로 나타났다(S·E=0.114, wald=1.706, p=0.192)(Table 4). 따라서 맹꽁이의 산란에 영향을 주는 요인으로는 강우량이 가장 크고, 그 다음으로는 습도와 기압이 영향을 주는 것으로 나타났다.

고찰

일반적으로 우리나라에서 맹꽁이의 번식 시기는 비가 많이 내리는 장마철 전 후에 이루어진다(Ko *et al.*, 2011). 우리나라의 장마철은 고온다습한 시기로 온도와 강우량 양쪽 모두에 영향을 받는다는 기존의 다른 연구와 일치하고 있다(Humphries, 1979; Okuno, 1985). 특히 맹꽁이는 우리나라에 서식하는 무미류 중에서 늦은 시기에 번식하는 종이며, 짧은 번식기간을 갖고 있다. 연구적인 연못은 물론 일시적으로 생성되는 연못이나 물웅덩이, 수로 등에 산란하는 맹

꽁이의 산란특성상(Ko *et al.*, 2011) 높은 온도로 인하여 물의 증발이 빠른 여름철에 번식을 성공시키기 위해서는 비가 많이 오는 장마철에 산란하여 짧은 기간에 번식하는 것이 번식성공률을 높이는데 유리하게 작용하기 때문에 강우량은 여러 측면에서 양서류의 번식에 도움이 되고 있다(Marsh, 2000).

4년 간 산란이 이루어진 기간을 보면, 2008년 76일, 2009년 67일, 2010년 61일, 2011년 59일로 점차 짧아진 것으로 나타났는데, 이처럼 해마다 번식기간이 짧아진 것은 맹꽁이의 종 번식전략 측면에서는 매우 불리하다고 할 수 있으나 이 현상은 일시적인 것으로 보인다. 기후환경의 변화과정인 온난화의 영향이라면 봄이 빨라지고 가을이 늦어져 번식기간이 길어지지만(Bradshaw and Holzapfel, 2008) 결과는 반대로 나타나고 있기 때문이다. 따라서 지역적으로 다른 요소가 작용하는지는 좀 더 오랜 기간 모니터링 해 볼 필요가 있다. 산란 간격 또한 맹꽁이의 번식에 중요하게 작용하는 요인이 될 수 있다. 2008년부터 2010년까지는 산란간격이 크게 벌어지지 않아 지속적인 강우로 인해 산란지를 유지할 수 있었다. 하지만 2011년에는 다른 해와는 달리 6월에만 5회의 산란이 이루어졌으며, 7월 6일에 한번 산란이 이루어진 후 8월 1일까지 한 달 가까이 산란이 이루어지지 않았다. 한정된 공간의 연못에서 짧은 기간에 여러 번의 산란은 유생의 수는 많아지고 먹이는 적어지는 결과를 초래하게 된다. 이러한 상황은 먹이양이 많지 않은 작은 연못에 사는 유생들은 풍부한 먹이가 있는 연못의 유생들보다 불리하기 때문에(Newman, 1989), 결과적으로 종내 경쟁이 심해지는 요인이 되어 맹꽁이의 번식에 매우 불리한 요인으로 작용하게 된다. 또한 2011년 7월의 경우처럼 오랜 기간 동안 비가 오지 않는 상태가 지속된다면 산란지의 물이 다 말라버려 맹꽁이의 유생은 전멸하는 결과를 가져오게 되며, 다음 산란을 기다리는 암컷 성체도 산란을 하지 못하게 된다. 이러한 기상현상은 맹꽁이의 번식에 중요한 위협요인으로 작용하고 있으며, 개체군 유지에 큰 피해를 줄 것이다.

연구기간에 조사된 맹꽁이의 첫 산란은 2008년에 5월말에 이루어졌는데 이날 강우량은 63.5mm로 많은 비가 내릴 때이다. 이후 8월 중순까지 계속해서 산란이 이루어졌으며, 다른 해에도 비슷한 시기까지 산란한 것이 관찰되었다. 연구기간 동안 얻어진 산란일의 강우량을 보면, 가장 적게 내린 양이 13.5mm이었고, 최저기온은 17.4℃이었다. 따라서 맹꽁이는 13mm이상의 강우량과 17℃이상의 기온에서는 일정이상의 수심이 유지된다면 산란활동을 하는데 어려움이 없을 것으로 보인다. 강우량은 물론 앞에서 언급한 바와 같이 온도도 맹꽁이의 산란행동에 중요하게 작용할 것으로 보인다. 특히 온대지역의 양서류는 온도가 종 특이성 이하로 떨어지면 이동이나 번식을 중단한다. 야쿠티아 지역의

Siberian Tree Frog(*Rana amurensis*)는 8~9℃에서 활동을 시작하여 8월경에 성체인 경우 기온이 10~18℃에서 가장 활발하다(Solomonova *et al.*, 2011). 미시간 지역의 woodfrogs(*Rana sylvatica*)는 기온이 8~10℃(Howard, 1980), 핀란드 헬싱키 지역의 common frog(*Rana temporaria*)는 5℃를 넘어야 산란을 한다(Haapanen, 1982)는 다른 연구자들의 연구에서 보듯이, 비생물학적 여러 측정자료 중 온도 또한 번식활동에서 중요한 한 요인으로 알려지고 있다(Oseen and Wassersug, 2002).

번식에 영향을 주는 기상 요인을 보면, 번식활동에 강우량이 가장 큰 작용을 하는 것으로 나타났다. 강우량은 열대지방은 물론 온대지방에서도 가장 중요한 요인이며, 이번에 조사된 맹꽁이에서도 역시 가장 중요한 것으로 나타나고 있다. 본 연구에서 온도에 영향을 받지 않은 이유는 번식시기가 여름시기이므로 이미 번식에 충분한 기온이 갖추어졌기 때문이라고 할 수 있다. 본 연구결과에서 풍속은 맹꽁이의 산란에 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 하지만 습도와 기압은 어느 정도 유의성이 있는 것으로 나타났으며, 습도는 양서류의 번식(알, 올챙이, 변태 후)에 있어서 물과 함께 많이 의존하는 중요한 환경적 요인(Prado *et al.*, 2005)으로 번식지가 오랜 기간 건조되는 것을 방지하고, 양서류의 이동이나 번식을 증가시켜 주는 요인이 된다(Roy *et al.*, 2004). 열대지방의 경우도 습도는 강우량과 온도와 함께 번식에 중요한 요인이 되고 있다(Hodl, 1990). 기압 또한 양서류의 번식에 영향을 줄 수 있는 요인(Brooke *et al.*, 2000)이 되며 본 연구에서도 번식에 영향을 주는 것으로 나타났다. 일반적으로 비가 많이 오는 날에는 그렇지 않은 날에 비해 습도는 높아지며, 기압이 낮아지는 경향을 보이는 특징을 가지고 있다. 맹꽁이도 이런 조건에서 번식을 하고 있으며, 다른 연구에서도 같은 결과를 볼 수 있다(Obert, 1976). 결과적으로 맹꽁이의 산란에 영향을 주는 요인은 강우량과 습도, 기압이라 할 수 있다. 하지만 맹꽁이들이 비가 많이 내리기 시작할 때 산란지로 이동하도록 하는 원동력이 이러한 요인들 중에서 어떤 요인을 우선적으로 감지하여 이동하는지에 대해서는 앞으로 상세한 연구가 진행되어야 할 것이다.

인용문헌

- Aichinger, M.(1987) Annual activity patterns of anurans in a seasonal neotropical environment. *Oecologia* 71: 583-592.
- Bauch, S. and W.R. Grosse(1989) Der Nachweis einer Nachlaichzeit beim Laubfrosch, *Hyla a. arborea* (L.) (Amphibia, Anura, Hylidae). *Hercynia* 26: 425-429.
- Bellis, E.D.(1962) The influence of humidity on woodfrog activity. *Am Midl Nat* 68: 139-148.

- Bertoluci, J. and M.T. Rodrigues(2002) Seasonal patterns of breeding activity of Atlantic Rainforest anurans at Boracéia, Southeastern Brazil. *Amphibia-Reptilia* 23: 161-167.
- Bertoluci, J.(1998) Annual patterns of breeding activity in Atlantic Rainforest anurans. *J. Herpetol.* 32: 607-611.
- Bevier, C.R.(1997) Breeding activity and chorus tenure of two neotropical hylid frogs. *Herpetologica* 53: 297-311.
- Blair, W.F.(1960) A breeding population of the Mexican toad(*Bufo valliceps*) in relation to its environment. *Ecology* 41: 165-174.
- Blankenhorn, H.J.(1972) Meteorological variables affecting onset and duration of calling in *Hyla arborea* L. and *Bufo calamita calamita* Laur. *Oecologia* 9: 223-234.
- Bradshaw, W.E. and C.M. Holzapfel(2008) Genetic responses to climate change: it's seasonal timing that matters. *Molecular Ecology* 17: 157-166.
- Brooke, P.N., R.A. Alford and L. Schwarzkopf(2000) Environmental and social factors influence chorusing behaviour in a tropical frog: examining various temporal and spatial scales. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 49 (1): 79-87.
- Dorcas, M.E. and K.D. Foltz(1991) Environmental effects on anuran advertisement calling. *Am Zool* 31: 111A.
- Duellman, W.E. and L. Trueb(1994) *Biology of Amphibians*. McGraw-Hill, New York, 677pp.
- Duellman, W.E.(1995) Temporal fluctuations in abundances of anuran amphibians in a seasonal Amazonian rainforest. *J. Herpetol.* 29: 13-21.
- Fukuyama, K. and T. Kusano(1992) Factors affecting breeding activity in a stream-breeding frog, *Buergeria buergeri*. *J Herpetol.* 26: 88-91.
- Gascon, C.(1991) Population- and community-level analyses of species occurrences of central amazonian rainforest tadpoles. *Ecology* 72: 1,731-1,746.
- Haapanen, A.(1982) Breeding of the common frog(*Rana temporaria* L.). *Ann Zool Fenn* 19: 75-79.
- Heinzmann, U.(1970) Untersuchungen zur bio-akustik und ökologie der geburtshelferkröte, *Alytes o. obstetricans* (Laur.) 5:19-55.
- Henzi, S.P, M.L. Dyson, S.E. Piper, N.E. Passmore and P. Bishop(1995) Chorus attendance by male and female painted reed frogs(*Hyperolius marmoratus*): environmental factors and selection pressures. *Funct Ecol* 9: 485-491.
- Hero, J.M.(1990) An illustrated key to tadpoles occurring in the Central Amazon forest, Manaus, Amazonas, Brazil. *Amazoniana* 11: 201-262.
- Hodl, W.(1990) Reproductive diversity in Amazonian lowland frogs. In: HANKE, W. ed. *Biology and Physiology of Amphibians*. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, pp. 41-60.
- Hoogmoed, M.S. and S.J. Gorzula(1979) Checklist of the savanna inhabiting frogs of the El Manteco region with notes on their ecology and the description of a new species of tree frog (*Hylidae, Anura*). *Zool. Meded.* 54: 183-216.
- Howard, R.D.(1980) Mating behavior and mating success in wood frogs, *Rana sylvatica*. *Anim Behav* 28: 705-716.
- Humphries, R.B.(1979) Dynamics of a breeding frog community. Unpubl. PhD, Australian National University, Canberra.
- Jorgensen, C.B.(1988) The role of endogenous factors in seasonal maturation in temperate zone female toads, *Bufo bufo*. *Journal of herpetology* 22: 295-300.
- Kim, H.K.(1971) Studies on the classification and distribution of Salientia of Korea. *J Korean Res Inst for Better Living, Ewha Womans Univ.* 6: 211-233. (in Korean)
- Ko, S.B., Y.M. Ko and H.S. Oh(2011) Distribution of Spawning Sites of *Kaolula borealis* in Jeju Island. *Kor. J. Eco.* 25(6): 846-852. (in Korean with English abstract)
- Lofts, B.(1974) Reproduction. In: *Physiology of the amphibia*, vol II(Lofts B, ed). Academic Press, New York, pp. 107-218.
- Loredo, I and D. Van Vuren(1996) Reproductive ecology of a population of the California tiger salamander. *Copeia* 1996: 895-901.
- Marsh, D.M.(2000) Variable responses to rainfall by breeding *Tungara* frogs. *Copeia* (4): 1104-1108.
- Newman, R.A.(1989) Developmental plasticity of *Scaphiopus couchii* tadpoles in an unpredictable environment. *Ecology* 70: 1,775-1,787.
- Obert, H.J.(1976) Some effects of external factors upon the reproductive behavior of the grass frog *Rana temporaria* L. (*Ranidae, Anura*). *Oecologia* 24: 43-55.
- Okuno, R.(1985) Studies on the natural history of the Japanese toad, *Bufo japonicus japonicus*. VIII. Climatic factors influencing the breeding activity. *Jpn. J. Ecol.* 35: 527-535.
- Oseen, K.L. and R.J. Wassersug(2002) Environmental factors influencing calling in sympatric anurans. *Oecologia* 133: 616-625.
- Palis, J.G.(1997) Breeding migration of *Ambystoma cingulatum* in Florida. *J. erpetol.* 31: 71-78.
- Prado, C.P.A., M. Uetanabaro and C.F.B. Haddad(2005) Breeding activity patterns, reproductive modes, and habitat use by anurans (Amphibia) in a seasonal environment in the Pantanal, Brazil. *Amphibia-Reptilia* 26: 211-221.
- Ritke, M.E., J.G. Babb and M.K. Ritke (1992) Temporal patterns of reproductive activity in the gray treefrog (*Hyla chrysoscelis*). *J. Herpetol.* 26: 107-111.
- Roy, D., A. Choudhury and B. Borah(2004) Role of weather condition on the daily appearance and advertisement call initiation time of *Polypedates leuomstax* during breeding season. *Zool' print journal* 19(3): 1408-1410.

- Salvador, A. and L.M. Carrascal(1990) Reproductive phenology and temporal patterns of mate access in Mediterranean anurans. *J. Herpetol* 24: 438-441.
- Semlitsch, R.D.(1985) Analysis of climatic factors influencing migrations of the salamander *Ambystoma talpoideum*. *Copeia* 1985: 477-489.
- Shahriza, S., H.J. Ibrahim and M.S.S. Anuar(2010) The Correlation between Total Rainfall and Breeding Parameters of White-Lipped Frog, *Rana labialis*(Anura: Ranidae) in Kedah, Malaysia, *Tropical Natural History* 10(2): 131-139.
- Smit, G.N.(1992) Season of Calung and Breeding and Associated Control Factors of a Northern Transvaal Anuran Population. *The Journal of the Herpetological Association of Africa* 40(1): 51-55.
- Solomonova, T.N., V.T. Sedalishchev and V.A. Odnokurtsev (2011) The Siberian Tree Frog(*Rana amurensis* Bulenger, 1886) in Yakutia. *Contemporary Problems of Ecology* 4(1): 69-73.
- Toft, C.A. and W.E. Duellman(1979) Anurans of the lower Rio Llullapichis, Amazonian Peru: a preliminary analysis of community structure. *Herpetologica* 35: 71-77.
- Wilbur, H.M.(1997) Experimental ecology of food webs: complex systems in temporary ponds. *Ecology* 78: 2279-2302.
- Yanosky, A.A., C. Mercolli and J.R. Dixon(1997) Field ecology and population estimates of the veined tree frog (*Phrynohyas venulosa*) in the eastern chaco of Argentina. *Tex. J. Sci.* 49: 41-58.
- Yoo, E.H. and Y.K. Jang(2011) Abiotic effects on calling phenology of three frog species in Korea. *Animal Cells and Systems*, 2011: 1-8.