

금개구리(*Rana plancyi*)의 소리 유형과 수온에 따른 소리 변화

박시룡 · 이병근 · 양서영*

한국교원대학교 생물교육과, 인하대학교 생물학과*

The Call Patterns and the Change of Calls by Water Temperature in *Rana plancyi* (Amphibia, Anura)

Park, Shi-Ryong, Byung-Keun Lee and Suh-Yung Yang*

Department of Biology Education, Korea National University of Education, Cheongwon 363-791, Korea

Department of Biology, Inha University, Incheon 402-751, Korea*

ABSTRACT

The study of the *Rana plancyi*, was done during the calling period at a pond in Osong, Chungbuk, Korea from May to the middle of August of 1996 and 1997. Five basic types of call - A, B, C, D, E - were identified in *Rana plancyi* according to the structure of call types. The structure of A type call has only one pulse, B type call has two pulses and C, D type call has one separated pulse which is called introductory call and pulse group as follow it. On the other hand, E type call has 3~6 separate pulses. The interval between introductory call and pulse group is 0.73 ± 0.29 s (n=159) in C type call and 0.60 ± 0.21 s (n=48) in D type call. The number of pulses in the pulse group is 30.08 ± 8.69 in C type call and 15.78 ± 2.40 in D type call. An increase in water temperature induces a decrease in C and D type call duration (C type call ; $r = -0.4153$, $p < 0.001$, D type call ; $r = -0.7064$, $p < 0.001$). In case of C and D type call, the interval between introductory call and pulse group influenced more call duration than pulse group duration. We regarded A, B type call as a territorial call and C, D type call as a mating call and we recognized that E type call has the function of threat or alarm.

Key words : Call patterns, Water temperature, *Rana plancyi*.

서론

무미류의 짹짹 소리리는 종 특이적이어서 형태적으로 구분이 어려운 비슷한 종간의 구분에 중요한 단서를 제공하고 있다 (Nevo and Schneider 1976, Gerhardt 1982, Schneider and Joermann 1988). 또한 짹짹 소리의 분석은 집단간 그리고 종간 계통발생학적인 관계에 대한 정보를 제공하는데 중요하게 다루어져 왔다. 그

에 대한 예로, 금개구리 (*Rana plancyi*)와 참개구리 (*R. nigromaculata*)의 형태 혹은 유전학적 연구를 포함한 짹짹 소리리에 대한 비교 연구를 통해, 약 350만년 전에 남방계인 금개구리로부터 참개구리가 분화되었을 것으로 추측하고 있다 (Yang *et al.* 1988). 청개구리 (*Hyla japonica*)와 수원청개구리 (*H. suweonensis*)에 있어서 짹짹 소리의 분명한 차이는 이 두 종이 서로 다른 종이라는 결론을 이끌어 내는데 결정적인 역할을 했다 (Kuramoto 1980, Yang *et al.* 1981). 더욱이 남

* 이 연구는 1996년도 교육부 기초과학연구소 학술연구조성비(BSRI-96-4423)지원에 의한 것임.

한 내에서 *Hyla*속에 속하는 여러 종의 call type의 비교연구는 A type call이 *H. japonica*에 그리고 E type call이 *H. suweonensis*에 해당되는 것으로 나타났다 (Park *et al.* 1996).

금개구리는 외부적인 형태에서 참개구리와 매우 흡사하지만 등의 등면은 전반적으로 밝은 녹색이며, 고막과 등 옆선에 있는 용기선은 대체로 연한 갈색으로 등면에는 등 중앙선이 없고, 등 옆선 용기선이 참개구리와 달리 뚜렷하게 나타나 차이를 보이고 있다. 한편 등편에 크고 작은 원형의 용기가 조밀하게 산재되어 있고, 특히 항문 부분에는 약간 큰 용기가 조밀하게 분포되어 있다. 암·수 모두 울음주머니가 없고 (인후부를 부풀려서 소리를 낸다) 깡박막이 잘 발달되어 있으며 눈언저리에 황금색의 가는 선이 둘러싸여 있다.

지금까지 금개구리에 관한 연구는 형태나 분포 그리고 잡종에 국한되어 있으며 (Yang *et al.*, 1988), 한국산 금개구리의 소리의 특성과 행동에 관한 세부적인 연구는 아직 이루어진 바 없다. 본 연구에서는 한국산 금개구리의 소리 형태를 세밀하게 분석하고 수온의 차이에 따른 소리, 특히 짹짹 소리의 변화를 밝히는데 중점을 두었다.

재료 및 방법

서식처의 환경

본 연구가 진행된 충북 청원군 소재 오송 저수지 (북위 36°38', 동경 127° 19')는 농업용 목적으로 축조된 저수지로서 1년 내내 물이 마르지 않은 상태를 유지하고 있으나, 우기와 건기에 따라 수면의 높이가 심하게 변하고 있어 상류 쪽에서는 건기 상태에 저수지의 일부가 드러나기도 했다. 이 지역은 금개구리 이외에도 청개구리, 참개구리, 옴개구리, 황소개구리 등이 혼서하고 있었다. 금개구리는 주로 저수지의 가장자리를 주 서식지로 삼고 있었으며 저수지의 가장자리는 개구리가 몸을 의지할 수 있는 수중식물이 서식하고 있었다. 농수 공급 양에 따라 저수지의 수위가 변하기도 했으며 수위가 높아졌을 때는 인접된 논외의 일부까지 잠기게 되어 금개구리가 벼포기 주위에서도 분포하였다.

관찰, 녹음 및 분석

본 연구는 1996년 *Rana plancyi*의 산란 시기로 추정

되는 5월말 경부터 8월말 경까지 충북 청원군 소재 오송 저수지와 저수지에 연계되어 있는 논 지역에서 행동을 관찰 기록하고 음성을 녹음하였다. 대부분 20:00에서 익일 01:00사이에 녹음을 실시했고, 녹음은 Uher 4000 portable tape recorder와 Aiwa 소형 녹음기 (HS-J505)에 마이크 (Sony ECM-220T)를 연결하여 이루어졌다. 수온 측정은 Delta-9200 디지털 온도계를 사용하였다.

먼저 소리를 내고 있는 개체를 확인한 후, 조용히 접근하여 마이크를 개구리의 입에서 30~50 cm까지 접근시켜 녹음하였다. 평균 1개체당 2~3분 정도 녹음하였으며 녹음한 총 개체 수는 64마리였다. 수온의 측정은 개체의 녹음이 끝난 후에 개구리가 있던 장소에 온도계의 센서를 수심 5 cm 이내에 투입하여 온도계의 수치가 변하지 않을 때까지 기다렸다가 0.1℃ 단위로 기록하였다.

금개구리 소리의 형태는 개체가 처한 상황이나 행동에 따라 변화하였다. 소리에 따라 개구리의 행동변화를 관찰하였으며, 이때 야간 관찰을 위해 적외선투시경 (WILD BIG2, Leica)을 사용하였다. 야외에서 녹음된 소리를 DSP Sonograph (Model 5500)을 이용하여 소리 특성을 분석하였다. 자료는 SPSS/PC+ 프로그램 이용하여 통계 처리하였다.

결 과

금개구리는 암·수 모두 울음주머니가 없음에도 불구하고 소리의 강도는 비교적 강했다. 좁은 지역에 여러 개체가 함께 존재하는 경우가 흔하게 나타났다. 좁은 지역에 여러 개체가 공존하는 경우에는 거의 소리를 내지 않았으며, 영역을 차지하기 위한 특별한 행동도 나타나지 않았다. 금개구리 수컷들은 소리를 내는 시기가 활발한 6월에 넓은 장소로 이동하여 각기 구역을 차지하고 간헐적으로 소리를 내기 시작하였다. 이때 금개구리는 논둑 도랑의 풀섬이나 웅덩이 가장자리 풀섬에 뒷다리를 고정시킨 후 상체를 수면 위로 노출시킨 채 소리를 냈다. 수온이 20℃ 이상일 때는 소리를 내는 빈도가 비교적 낮게 나타났다. 같은 시간 동안 내는 소리의 빈도도 개체별로 커다란 차이가 있었으며, 한 번 소리가 있은 후에 다음 소리가 있기까지 심지어 10분 이상 걸리는 경우도 있었다. 한 개체가 내는 소리의 형태가 다양하며, 청각적으로도 구분이 가능했다.

소리의 유형

- 1) A type call: sonagram상에서 단 1개의 pulse로 나타났다 (Fig. 1). A type call duration은 다른 type call에 비하여 짧고 ($\bar{x} \pm SD = 0.01 \pm 0.01$ s, $n = 286$ calls), minimum frequency는 961.93 ± 257.72 Hz ($n = 286$)이었으며, maximum frequency는 4491.70 ± 631.71 Hz ($n = 286$)이었다. 청각적으로 매우 날카롭게 들리기 때문에 다른 유형의 소리와 구분이 쉽게 이루어졌다. 일정한 거리를 두고 다른 개체가 같은 유형의 소리를 낼 때에는 이 소리의 빈도가 다소 증가하는 것으로 관찰되었는데, 이때 개체간의 거리는 3 m 이상 떨어져 있었다. 또한 먹이를 포획할 때에는 이와 같은 유형의 소리를 내기도 했다. 동일 개체에서는 소리를 내는 시간이 불규칙하고 연속적으로 이어지지 않기 때문에 call interval은 조사할 수 없었다.
- 2) B type call: A type call이 한 개의 pulse로 구성되는데 비하여 이 소리는 두 개의 pulse가 연속적으로 이어진다 (Fig. 2). B type call의 평균 call duration은 0.20 ± 0.03 s 이며 첫 번째 pulse의 main intensity 주파수는 3094.62 ± 545.24 Hz로 두 번째

pulse의 3121.54 ± 486.81 Hz보다 낮게 나타났다 ($n = 104$, t-test, $p < 0.01$). 이 소리의 유형은 한 소리에서 다음 소리로 이어질 때 일정한 간격을 보이지 않았으나 주변에 다른 개체가 접근했을 때 소리의 빈도가 다소 늘어나는 것으로 관찰되었다.

- 3) C type call: 전형적인 *Rana plancyi*의 소리로서

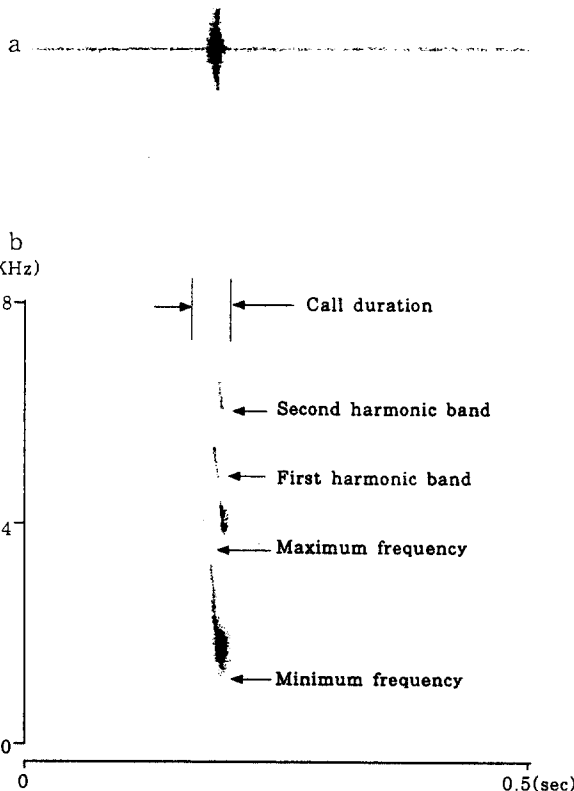


Fig. 1. The A type call structure of *Rana plancyi* at 24.5°C. a: oscillogram b: sonogram.

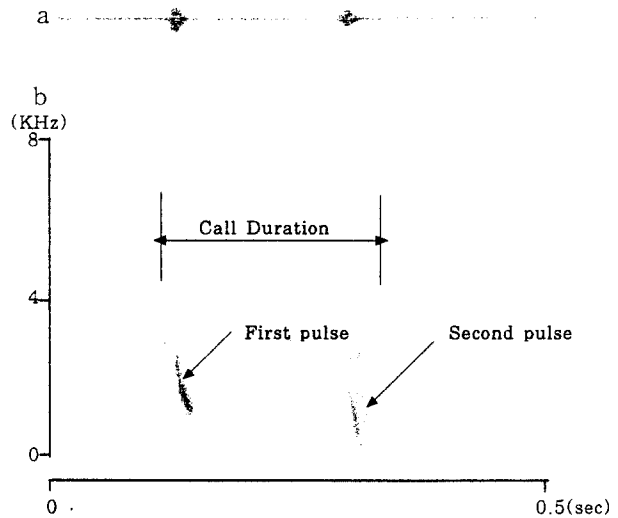


Fig. 2. The B type call structure of *Rana plancyi* at 26.0°C. a: oscillogram b: sonogram.

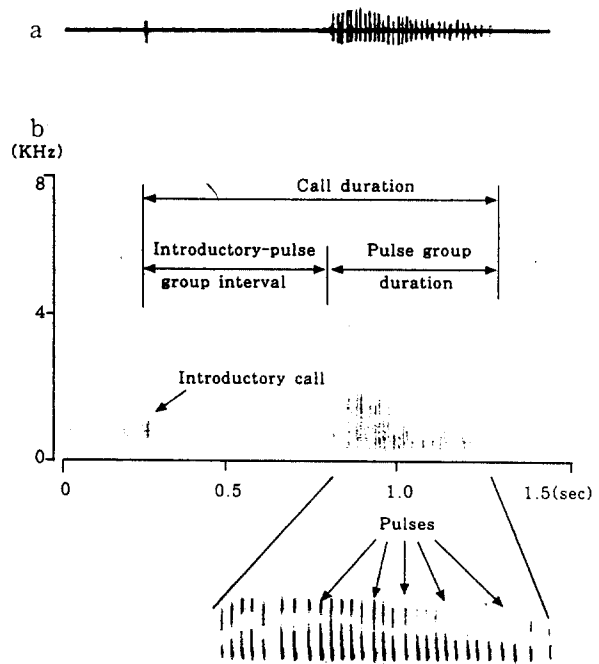


Fig. 3. The C type call structure of *Rana plancyi* at 24.5°C. a: oscillogram b: sonogram.

여러 개의 pulse가 모여 있는 pulse group으로 구성되어 있고, pulse group 전반부에 독립된 1개의 pulse가 나타났다 (Fig. 3). C type call의 call duration은 1.10 ± 0.30 s, pulse group-introductory의 call duration은 0.73 ± 0.29 s 그리고 pulse의 수는 30.08 ± 8.69 ($n=159$)로 나타났다. 독립적으로 나타나는 1개의 pulse는 A type call에 비해 날카롭지가 못해 청각적으로 구분이 가능했다. 동일 개체 내에서도 소리를 내는 빈도나 회수가 불규칙하며, 이웃 개체의 소리와 중복되는 경우는 거의 없다. 이 유형의 소리의 pulse group이 연속적인 경우가 드물며, 연속적으로 이어지는 경우에도 그 형태도 다양하게 나타났다. 간헐적으로 나타나기 때문에 일정한 call interval은 구할 수가 없었다.

4) D type call : 그리 흔하게 나타나는 경우는 아니나, 전체적인 구조는 C type call과 비슷했다. D type call은 pulse group의 형태가 여러 개의 pulse가 뭉친 듯한 형태로 나타나는 것이 특징이며, 청각적으로 C type call과 구분이 가능했다 (call duration= 0.95 ± 0.22 s, pulse group introductory call interval= 0.60 ± 0.21 s, pulse group duration= 0.33 ± 0.05 s, pulse의 수= 15.78 ± 2.40 , $n=48$). C type call을 하다가 D type call로 전환하는 경우가 흔한데, 소리에 대해 경쟁이 있을 때나 C type call간에 중복이 되었을 경우에 나타났다. 때로 pulse group이 전반부에는 C type call의 형태로 나타나고 후반부에 D type call의 형태로 나타나기도 했다 (Fig. 4).

5) E type call : 각각의 개체가 수면의 흔들림을 감지하고 이동하면서 냈다. 여러 개체가 함께 존재하고 있는 상태에서도 수면의 흔들림이 심하면 모두 그 자리를 벗어나면서 소리를 내는 것이 관찰되었다. 야외 관찰과 녹음 도중에 조사자가 자리를 이동하면서 수면의 흔들림이 생기는 경우나 포식자에 의해 근처에 있던 개체들이 그 자리를 이동하면서 E type call을 내는 것으로 관찰되었다. 마치 수면을 뛰어가는 듯한 형태로 신속하게 장소를 이동하면서 내기 때문에 이동한 자릿수만큼 pulse가 나타났다 (Fig. 5, pulse duration= 0.02 ± 0.01 s, pulse interval= 0.12 ± 0.08 s, frequency range 10~3450 Hz, $n=15$).

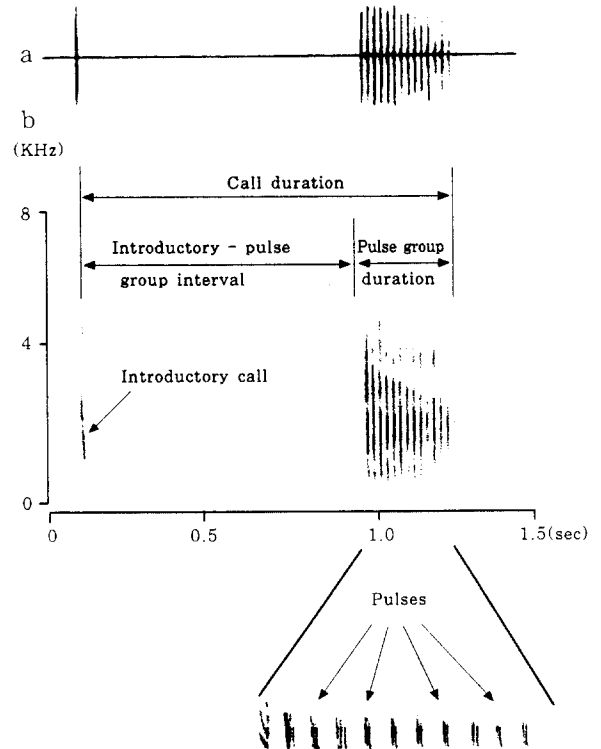


Fig. 4. The D type call structure of *Rana plancyi* at 25.5°C. a: oscillogram b: sonogram.

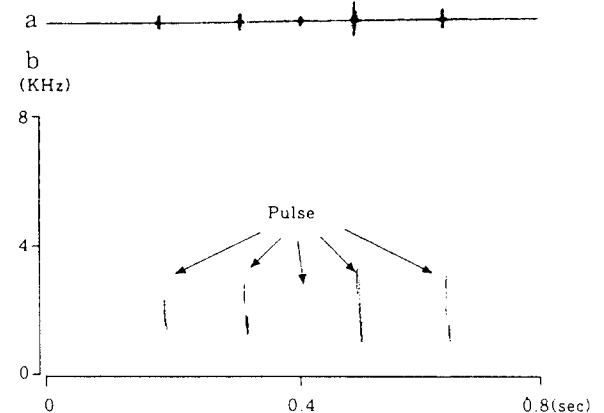


Fig. 5. The E type call structure of *Rana plancyi* at 25.5°C. a: oscillogram b: sonogram.

수온 변화에 따른 call type의 변화

금개구리의 여러 call type들은 온도 변화에 따라 call duration이 A와 B type call은 상관관계가 있는 것으로 나타났고, C type call은 의미 있게 감소 ($r=-0.2547$, $p<0.001$)하였으며, D type call도 의미 있게 감

소 ($r = -0.5375$, $p < 0.001$)하였지만 pulse group의 형태가 개체간 혹은 개체 내에서 변이가 상당히 심하여 온도와와의 상관관계가 다소 낮게 나타났다. C type call은 introductory call이 없는 형태에서도 pulse group의 변화가 심하여 온도와와의 상관관계가 없는 것으로 조사(22개체, 77 calls)되었다. C type call에서 수온 변화에 따른 introductory call과 pulse group 사이의 interval이 의미 있게 감소 ($r = -0.2422$, $p < 0.01$)하였고, D type call에서도 의미 있게 감소 ($r = -0.5223$, $p < 0.001$)하였다. C type call과 D type call은 모두 수온이 증가함에 따라 call duration이 짧아지는 경향을 보였다 (Fig. 6, 7)

소리 특성간 변이

A type call은 duration, 최저주파수, 최고주파수, 주파수 범위를 조사하고 각 특성들 사이의 상관관계를 조사하였다. 온도의 변화에 따른 duration의 변화가 상관관계가 없는 것은 아마도 하나의 pulse로 구성되어 있기 때문으로 판단된다. Duration이 길수록 최저주파수와 최고주파수는 감소하는 경향을 보였으며, 주파수 범위는 증가하는 경향으로 나타났다 (Table 1).

B type call은 call duration, first pulse minimum

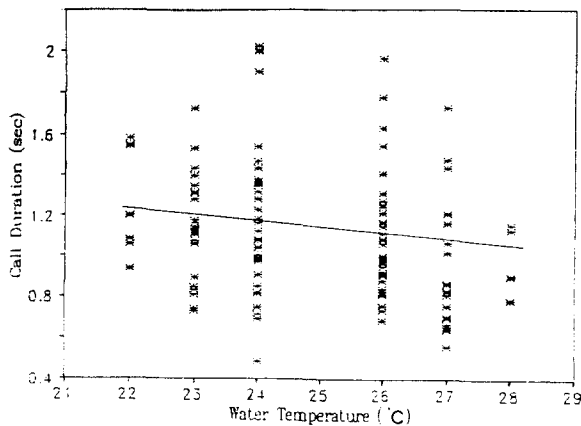


Fig. 6. The influence of water temperature on C type call duration.

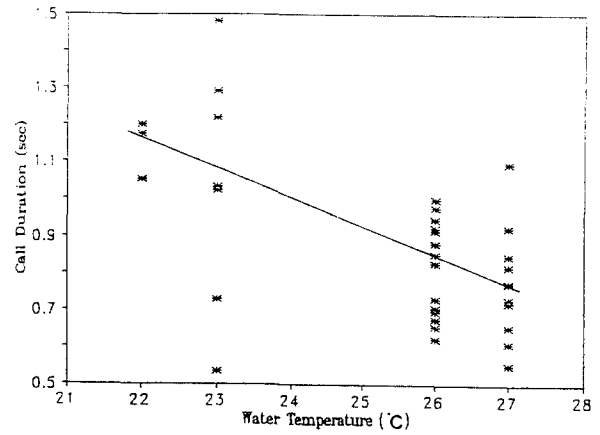


Fig. 7. The influence of water temperature on D type call duration.

frequency, first pulse maximum frequency, first pulse frequency range, interval between pulses를 조사하고 각 특성들간의 상관관계를 조사하였다 (Table 2). call duration의 변화에 따라 두 pulse의 최저주파수는 감소하는 경향을 보였으며, 최고주파수는 첫 번째 pulse는 상관관계가 없는 반면 두 번째 pulse는 의미 있게 감소하였다. 한편 call duration에 대해서 첫 번째 pulse duration 보다는 두 번째 pulse duration이 더 높은 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다.

C type call에 있어서 call duration에 대한 introductory call 과 pulse group간의 interval 변화는 양의 상관관계가 크게 나타났고, pulse group duration은 의미 있는 상관관계가 나타났다. 또한 pulse 수와는 상관이 없는 것으로 보아 call duration의 변화는 개개의 pulse의 변화보다는 introductory call과 pulse group간 interval에 크게 영향받는 것으로 나타났다 (Table 3).

D type call에서도 C type call과 유사한 관계가 나타났다. call duration의 변화에 대해서 introductory call-pulse group interval이 의미 있는 양의 상관관계를 나타냈고, pulse group duration도 의미 있게 증가하였다. introductory call-pulse group interval과 pulse group duration 사이에도 의미 있는 양의 상관관계를

Table 1. Correlation matrix for the A type call and frequencies

	Duration	Minimum frequency	Maximum frequency
Minimum frequency	-0.3157**		
Maximum frequency	-0.2718**	0.3730**	
Frequency range	-0.1628*	-0.0369 ^{ns}	0.8754**

Significant levels : *, $p < .01$, **, $p < .001$, ns = not significant

Table 2. Correlation matrix for the B type call and various call parameters

	CD	FPD	FMIF	FMAF	FFR	SPD	SMIF	SMAF	SFR
FPD	0.2636*								
FMIF	-0.3420**	-0.3132**							
FMAF	-0.2724*	0.0602 ^{ns}	-0.0838 ^{ns}						
FFR	-0.0247 ^{ns}	0.2154 ^{ns}	-0.6242**	0.7953**					
SPD	0.5953**	0.5320**	-0.4899**	-0.0722 ^{ns}	0.2521*				
SMIF	-0.2326*	-0.4789**	0.5293**	0.0344 ^{ns}	-0.3271**	-0.5894**			
SMAF	-0.4703**	-0.1414 ^{ns}	-0.1179 ^{ns}	0.5240**	0.5034**	-0.3072**	0.1006 ^{ns}		
SFR	-0.3278**	0.0885 ^{ns}	-0.3657**	0.4775**	0.6312**	-0.0098 ^{ns}	-0.3709**	0.8836**	
IBP	0.9711**	0.0636 ^{ns}	-0.2502*	-0.3025**	-0.1080 ^{ns}	0.4110**	-0.0891 ^{ns}	-0.4511**	-0.0664 ^{ns}

Significant levels : *, $p < .01$, **, $p < .001$, ns = not significant

The variables are coded as follows : Call duration(CD), First pulse duration(FPD), First pulse minimum frequency (FMIF), First pulse maximum frequency(FMAF), First pulse frequency range(FFR), Second pulse duration(SPD), Second pulse minimum frequency(SMIF), Second pulse maximum frequency(SMAF), Second pulse frequency range (SFR), Interval between pulses(IBP).

Table 3. Correlation matrix for the C type call and call parameters

	Duration	Introductory call-pulse group interval	Pulse group duration
Introductory call-pulse group interval	0.9114**		
Pulse group duration	0.3299**	0.0797 ^{ns}	
Pulses	0.1222 ^{ns}	0.1766 ^{ns}	-0.0609 ^{ns}

Significant levels : **, $p < .001$, ns = not significant.

Table 4. Correlation matrix for the D type call and call parameters

	Duration	Introductory call-pulse group interval	Pulse group duration
Introductory call-pulse group interval	0.9720**		
Pulse group duration	0.4379*	0.2167 ^{ns}	
Pulses	-0.0599 ^{ns}	-0.2466 ^{ns}	0.6827 ^{ns}

Significant levels : *, $p < .01$, **, $p < .001$, ns = not significant

나타냈다 (Table 4).

고 찰

대부분의 무미류는 call을 통해 사회적 상호작용을 하기 때문에 call은 자신의 종, 성, 자신의 위치 그리고 생식적 지위를 주위의 개체에게 알린다. 특히 짹짹 소리 는 암컷으로 하여금 타종의 구별을 가능하게 하는 특징을 제공하고, 같은 수컷과의 경쟁시 상대방의 능력을 판단하게 하는 단서로 제공된다 (Wells 1988, Schwartz 1989, Ryan 1990, Gerhardt 1991, Wagner and Sullivan 1995). Yang *et al.* (1988)은 금개구리의 뚜렷한 짹짹 소리가 참개구리와 premating isolating

mechanism에 크게 기여함을 확인한 바 있다. 특히 금개구리의 mating call type 중에서 조사한 총 45회의 call 중에 약 36%가 mating call band의 약 0.5초 ($\bar{x} \pm SD = 0.49 \pm 0.28$ s) 전에 introductory call이 나타났고, band는 약 26개 ($\bar{x} \pm SD = 25.9 \pm 8.3$)의 mating call bar로 구성되었음을 보여주었다. 이는 본 연구에서 C type call에 해당하며, 총 43개체에서 160 call을 분석한 결과 약 0.7초 ($\bar{x} \pm SD = 0.73 \pm 0.29$ s) 전에 introductory call이 강하게 나타나는 것으로 조사되었다. Pulse 수에 있어서도 평균 30개 ($\bar{x} \pm SD = 30.08 \pm 8.69$)로 조사되어 다소 차이를 보이고 있으며, introductory call이 존재하지 않는 경우에는 그 수가 다소 증가 ($\bar{x} \pm SD = 32.13 \pm 12.92$)되는 것으로 조사되었다. 이는 두 지역간의 지리적인

차이와 온도에 따른 소리 자체의 물리적인 차이로 여겨진다.

썩갓기 소리의 변화는 주로 온도의 영향을 받는 것으로 보고되고 있다 (Nevo and Schneider 1983, Radwan and Schneider 1988, Schneider and Joermann 1988, Wagner 1989). Schneider and Joermann (1988)는 *Rana ridibunda*와 *R. lessonae*에 있어서 온도가 증가함에 따라 call당 pulse group의 수, call duration 그리고 intercall interval이 의미 있게 감소함을 보여주었다. No and Park (1992)은 *R. rugosa*에 있어서 수온이 상승함에 따라 pulse group duration과 pulse group interval이 의미 있게 감소하는 경향을 보임으로써 금개구리의 경우와 비슷한 경향을 보였다. 금개구리의 call duration의 변화는 call을 이루고 있는 개개의 pulse의 변화보다는 introductory call과 pulse group간 interval에 크게 영향을 받는 것으로 볼 수 있다.

Radwan and Schneider (1988)는 *R. lessonae*의 소리를 mating call, territorial call 1, territorial call 3, release call, transitional call로 구분하였다. mating call은 수컷이 동종의 암컷을 유인할 때 내는 음으로, territorial call 1은 다른 개체가 자신의 territory 안으로 침입할 때 내는 음으로, territorial call 3은 수컷이 territorial call 1을 낸 후에 내는 음으로, release call은 다른 수컷이 자신을 포섭하려고 할 때 내는 음으로, transitional call은 하나의 call 유형에서 다른 call 유형으로 바꿀 때 내는 음으로 분류했다. 본 연구에서는 좁은 지역에 함께 존재할 때는 세력권 경쟁은 없지만 일정한 공간이 확보되어 거리가 멀어지면 자기만의 공간을 가지고 소리내기 시작하고, 소리내기 시작하면 주변에 있는 다른 개체가 가까이 접근하지 않는 것으로 관찰되었다. 이때 A나 B type call을 먼저 내며 한 번 자리 잡은 개체는 그 자리를 쉽게 이동하지 않았다. 특히 A나 B type call은 다른 소리 유형과 다르게 날카롭게 들리고, 일정한 거리를 두고 다른 개체가 같은 형태의 소리를 낼 때나 소리의 간섭이 있는 경우 빈도가 높아진다. 이는 일정한 공간이 확보된 상태에서 자기 영역을 주장한다고 볼 수 있으며, A 및 B type call이 territorial call의 기능을 가지는 것으로 판단된다. 그러나 이것을 규명하기 위해서 더 세밀한 실험 방법이 요구된다.

적 요

본 연구는 1996년과 1997년 5월에서 8월 사이 충북

청원군 소재 오송저수지에 서식하는 금개구리 (*Rana plancyi*)를 대상으로 이루어졌다. 금개구리 call을 유형에 따라 A, B, C, D, E type으로 나누고 행동 특성을 관찰하였다. A type call은 1개의 pulse로 구성되어 있고, B type call은 2개의 pulse로 되어 있으며, C와 D type call은 introductory call이라고 불리는 동떨어진 1개의 pulse와 이어서 나타나는 pulse group으로 이루어져 있다. 한편, E type call은 분리된 3-6개의 pulse로 구성되어 있다. C와 D type call을 분석한 결과 introductory call과 pulse group 사이의 interval은 C type call에서 0.73 ± 0.29 s (n=159). D type call에서 0.60 ± 0.21 s (n=48)로 조사되었다. Pulse group 내의 pulse의 수는 C type call에서 30.08 ± 8.69 개로, D type call에서는 15.78 ± 2.40 개로 조사되었다. C, D type call duration은 온도가 상승함에 따라 의미 있게 감소하였다 (C type call ; $r = -0.4153$, $p < 0.001$, D type call ; $r = -0.7064$, $p < 0.001$). 한편 introductory call과 pulse group 사이의 interval이 pulse group duration에 비해서 call duration에 크게 영향을 주고 있는 것으로 나타났다. A와 B type call은 territorial call의 기능을, C와 D type call은 mating call의 기능을 가지고 있는 것으로 그리고 E type call은 경계 혹은 위협을 알리는 기능을 가지고 있는 것으로 판단하며, 이에 대해 논의하였다.

인 용 문 헌

- Gerhardt, H.C. 1982. Sound pattern recognition in some North American treefrog (Anura: Hylidae): Implications for mate choice. *Amer. Zool.* 22: 581-595.
- _____. 1991. Female mate choice in treefrogs: static and dynamic acoustic criteria. *Anim. Behav.* 42: 615-636.
- Kuramoto, M. 1980. Mating Calls of Treefrogs (Genus *Hyla*) in the Far East, with Description of a New Species from Korea. *Copeia* 1980: 100-108.
- Nevo, E. and H. Schneider. 1976. Mating call pattern of Green toads in Israel and its ecological correlate. *J. Zool., London.* 178: 133-145.
- _____ and _____. 1983. Structure and variation of *Rana ridibunda* mating call in Israel (Amphibia: Anura). *Israel J. Zool.* 32: 45-60.
- No, D.C. and S.R. Park. 1992. The Study of on the

- Acoustic Behavior of *Rana rugosa*. Korean J. Behav. Biol. 1: 121-129.
- Park, S.R., S.M. Cheon and S.Y. Yang. 1996. The classification of call types in Genus *Hyla* in habitats around South Korea. Korean J. Zool. 39: 207-214.
- Radwan, N.M. and H. Schneider. 1988. Social behavior, call repertory and variation in the calls of the pool frog, *Rana lessonae*(Anura: Ranidae). Amphibia-Reptilia 9: 329-351.
- Ryan, M.J. 1990. Sexual selection, sensory systems and sensory exploitation. Oxford Surv. Evol. Biol. 7: 157-195.
- Schneider, H. and G. Joermann. 1988. Mating calls of water frogs(Ranidae) from Lake Skutari Yugoslavia, and the relationship to water frogs of other regions. J. Zool. Syst. Evol.-Frosch. 26: 261-275.
- Schwartz, J.J. 1989. Graded aggressive calls of the spring peeper, *Pseudacris crucifer*. Herpetologica. 45: 172-181.
- Wagner, W.E.Jr. 1989. Social correlates of variation in male calling behavior in Blanchard's cricket frog, *Acris crepitans blanchardi*. Ethology 82: 27-45.
- _____ and B.K. Sullivan. 1995. Sexual selection in the gulf cat toad, *Bufo valliceps*: female choice based on variable characters. Anim. Behav. 49 : 305-319.
- Well, K.D. 1988. The effect of social interactions on anuran vocal behavior. In: The Evolution of the Amphibian Auditory System(Fritsch, B., M.J. Ryan, W. Wilczynski, T.E. Hetherington and W. Walkowiak eds). Wiley and Sons, New York. pp. 433-454.
- Yang, S.Y., B.S. Park and H.J. Son. 1981. Species comparison of the genus *Hyla* in Korea. Bull. I. B.S., Inha Univ. 2: 75-83.
- _____, C.H. Yu and B.S. Park. 1988. Natural hybridization and reproductive isolating mechanisms between two species of *Rana nigromaculata* and *R. plancyi*(Anura). Korean J. Zool. 31: 1-10.
(1998년 3월 31일 접수)