

청원군에 소재한 금개구리 (*Rana plancyi chosenuca*) 개체군의 번식동태

성하철[†] · 라남용^{1,†} · 정석환 · 김수경 · 차상민 · 박대식^{2,*}

한국교원대학교 생물교육과, ¹강원대학교 생물학과,
²강원대학교 과학교육학부

Reproductive Dynamics of the Gold-spotted Pond Frog (*Rana plancyi chosenuca*) Population Located at Cheongwon, Korea

Ha-Cheol Sung[†], Nam-Yong Ra^{1,†}, SeoKwan Cheong, Soo-Kyeong Kim,
Sang-Min Cha and Daesik Park^{2,*}

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

¹Department of Biology, ²Division of Science Education, Kangwon National University,
Chuncheon, Gangwon 200-701, Korea

Abstract – To study reproductive dynamics of a Gold-spotted pond frog (*Rana chosenuca*) population located at Gangnae, Cheongwon, Chungbuk, Korea, we monitored the population over 207 days between April 17th 2007 and December 18th 2008 using a drift fence accompanied with 20 pit-fall traps. The population was located in an agricultural wetland, comprising three small ponds. Gold-spotted pond frogs immigrated into the wetland between April 16th and June 17th and emigrated from the wetland between September 21st and November 12th. Precipitation showed a positive correlation with the number of migrated frogs in Autumn 2007 and Spring 2008, but other environmental factors such as air and water temperatures and relative humidity did not show any significant relationships. In general, small frogs first migrated into and from the wetland, but the trend was not strong. Female gold-spotted pond frogs were bigger than males. During the autumn migration, small frogs of which snout-vent length was smaller than 20 mm were found, indicating that successful breeding occurred in the population. Our results could be useful to conserve this endangered species in Korea.

Key words : Gold-spotted pond frog, breeding season, reproductive dynamics, endangered species, migration

서 론

[†] These authors should be co-first authors.

* Corresponding author: Daesik Park, Tel. 033-250-6739,
Fax. 033-242-9598, E-mail. parkda@kangwon.ac.kr

세계적으로 양서류 개체군이 감소하고 있으며, 다른
동물군보다 빠르게 멸종이 일어나고 있는 것으로 보고

되고 있다(IUCN 2005). 양서류 감소의 주요 요인으로는 서식지의 파괴 및 변형이 가장 큰 요인으로 작용하는 것으로 보이며(Dodd and Smith 2003), 추가적으로 기후 변화에 따른 질병의 전파(Johnson 2006; Pounds *et al.* 2006; Rhor *et al.* 2008), 외래종의 도입에 따른 생태계 교란(Kiesecker 2003), 환경오염물질의 과다 소비(Boone and Bridges 2003), 인간에 의한 남획(Jensen and Camp 2003) 등을 들고 있다. 양서류의 개체군 감소와 멸종에 대응하여, 구미 선진국들은 자국의 나라에 서식하는 종들의 멸종위험을 체계적으로 정리하고 있으며, 이러한 정리를 바탕으로 보존을 필요로 하는 그룹과 복원을 필요로 하는 그룹으로 양서류 종을 분리하여, 체계적인 양서류 보존정책을 펴나가고 있다(Bland 2006; Langton and Burton 2006).

이러한 국제적인 조류와 비교할 때, 국내 양서류의 기초연구 및 특별히 보존이나 복원을 위한 연구는 걸음마 수준에 머물고 있다. 최근까지 주로 국내 양서류 종의 분포(Yang *et al.* 2001) 및 종의 분류(Min *et al.* 2005, 2008; Song *et al.* 2006) 등에 대한 연구가 수행되어 왔으며, 무당개구리, 두꺼비 등과 같은 몇몇 종의 번식행동(Sung *et al.* 2007c; Cheong *et al.* 2008)과 무당개구리, 청개구리, 참개구리와 같은 종들의 음성행동(Kim *et al.* 1995; Park *et al.* 1996; Park and Yang 1997)이 연구되어왔다. 80년대부터 90년대 중반까지 국내의 생태계를 크게 교란한 외래종인 황소개구리 문제를 해결하는 동안, 국민들 사이에 국내 토종 양서류에 대한 관심이 증대되어, 현재의 포획금지종의 선정, 멸종위기 양서류 종의 선정 등의 국가 양서류 보존 기본정책이 마련되었다. 최근에는 부분적이기는 하지만, 정부주도로 멸종위기 양서류 종을 복원하기 위한 기술개발 사업이 수행되고 있으며(Cheong *et al.* 2007; Sung *et al.* 2007a, b; Ra *et al.* 2008), 멸종위기 야생동·식물의 선정 평가기법(방과 안 2005)도 마련 중에 있다. 멸종위기에 처한 특정 종을 보존 및 복원하기 위해서는 야외에서 얻어지는 해당 종에 대한 번식생태를 포함하는 기초생태에 대한 자료가 꼭 필요하지만, 국내 양서류의 경우 그러한 자료를 얻기 위하여 수행된 연구의 예는 매우 적다.

금개구리는 한반도의 서쪽 해안습지에 주로 분포하였으나, 급속한 개발로 서식지의 파괴와 외래종의 유입에 의한 피해 등으로 급격하게 개체군이 감소하였다(라 등 2007, 2008). 국내에는 현재 약 30여 개의 개체군만이 알려져 있어 종의 장기 보존을 위하여서는 현존하는 개체군의 보존 및 소실된 개체군의 복원이 절실한 실정이다(라 등 2008). 이러한 이유로, 금개구리는 환경부에 의해 멸종위기 II급 종으로 지정되어 있으며, 세계자연보

존연맹(IUCN)에서는 멸종취약종(vulnerable species)으로 분류되어, 보호를 받고 있다(IUCN 2008). 현재까지 금개구리에 대해서는 그들의 섭식에 대한 연구(Yoon *et al.* 1998), 자연개체군의 분포(Lee 2004; 라 등 2007), 개체군의 연령구조(Cheong *et al.* 2007), 서식지 이용 및 동면지 이동(Ra *et al.* 2008), 야외 개체군 조사 및 번식지 이동(Sung *et al.* 2007a) 등에 대한 연구가 수행되어 있다. 이러한 몇몇 연구에도 불구하고, 개체군의 장기 전수 조사를 통한 금개구리의 기초번식생태에 대한 연구결과는 여전히 미흡하며, 여러 금개구리 개체군에 대한 자료들의 수집이 필요한 상황이다.

본 연구는 2007년부터 2008년에 걸쳐 농경지형 습지 내·외로 번식 및 동면을 위하여 이동하는 금개구리를 모음담장과 주머니함정을 이용 포획, 확인하여 금개구리의 이동에 영향을 미치는 요소, 선호하는 이동경로, 개체군 개체의 크기구성 등과 같은 금개구리의 기초 번식생태 자료를 얻고자 수행되어졌다.

재료 및 방법

1. 연구지역

연구는 충북 청원군 강내면 탐연리에 위치하는 5년 이상 농사를 짓지 않은 묵논형 습지(N: 36° 36' 52.8", E: 127° 21' 40.0")에서 2007년 4월 17일부터 6월 15일, 9월 19일부터 11월 18일, 2008년 4월 30일부터 6월 15일, 10월 9일부터 11월 16일 사이에 이루어졌다. 습지 주변둘레는 농경지가 대부분 에워싸고 있으며, 묵논과 숲 지역이 각각 습지의 북쪽과 동쪽에 위치하고 있었다(Fig. 1). 습지 내에는 세 개의 작은 연못(직경 21 m, 깊이 0.5 m; 직경 11 m, 깊이 1.8 m, 직경 12.5 m, 깊이 0.5 m)이 있다. 습지 내에는 부들(Cattails), 마디풀과(Polygonaceae), 벼과(Gramineae), 사초과(Cyperaceae)에 속하는 풀들이 자라고 있으며, 연못 안에는 부레옥잠(Water hyacinth)과 가래(*Potamogeton*) 속 식물들이 산재하여, 연못 표면의 90% 이상을 덮고 있다.

2. 주머니함정의 설치 및 모니터링

금개구리의 번식지로 이주 및 이출 상황을 알아보기 위하여 2007년 4월 10일에 습지를 둘러 모음담장(drift fence)과 주머니함정(pitfall trap)을 설치하였다. 개체군을 모니터링하지 않는 연구기간 동안은 모음담장의 일부를 제거하고, 주머니함정의 뚜껑을 덮어서 금개구리들의 자유로운 이동을 허락하였다. 모음담장은 습지를 완전히

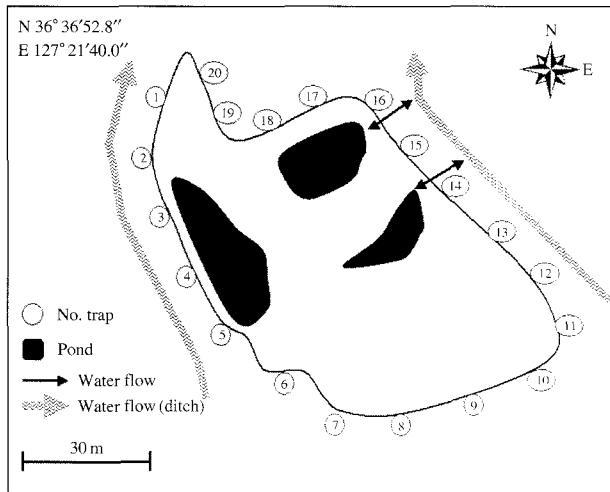


Fig. 1. A diagram of the study site, a wetland where we monitored the population of the Gold-spotted pond frog is located at Cheongwon, Chungbuk, Korea and contains three small ponds.

둘러서, 수면에서 높이 50 cm 정도 높이로 플라스틱재질의 망사천(1 cm × 1 cm 구멍크기)을 이용하여 설치하고, 모음담장 아래로 금개구리의 이동을 방지하기 위하여 플라스틱 망을 지면 10 cm 아래까지 파묻었다. 주머니함정은 직경 30 cm 깊이 45 cm 플라스틱 양동이 20개를 양동이 간 약 10 m 거리 간격으로 모음담장을 따라 설치하였으며, 관리를 용이하게 하기 위하여 함정에 일련번호를 부여하였다(Fig. 1). 봄철 금개구리들이 습지의 밖으로부터 번식지인 습지 안으로 이동을 연구하는 동안은 주머니함정이 모음담장의 바깥쪽에 위치하도록 플라스틱 망을 주머니함정의 안쪽으로 설치하였으며, 반대로 가을철 습지 외부에 있는 동면지로의 이주를 연구하는 동안은 주머니함정이 모음담장의 안쪽으로 위치하도록 플라스틱 망을 주머니함정 바깥쪽에 설치하였다. 모든 주머니함정은 지면과 같은 높이로 설치하여 금개구리가 함정에 쉽게 빠질 수 있도록 하였으며, 함정 안에 포획된 개체가 건조해지는 것을 막기 위하여 모든 주머니함정 안에 1~2 cm 깊이의 물과 소량의 흙을 담아 두었다. 금개구리 습지 내·외로의 이동경로를 효율적으로 분석하기 위하여 습지와 연결된 주위환경에 따라 20개의 함정을 4개의 그룹으로 묶어 분류하였다. 1~5번 함정은 습지의 서쪽에 설치된 함정으로, 길이로 농경지용 농수로가 연결하고 있으며, 농수로 너머로는 높은 지대의 농경지로 연결된다. 함정 6~10번은 습지의 남쪽에 주로 설치된 함정으로, 연결된 지역에는 다양한 수생식물이 서식하며, 북쪽으로 연결된다. 함정 11~15번 습지의 동북쪽에 설치된 함정으로, 함정들과 나란하게 역시 농수

로가 존재하며, 농수로를 따라 교목이 일렬로 서 있고, 그 너머로는 높은 지대의 농경지로 연결된다. 함정 16~20번은 습지의 북쪽에 설치된 함정으로, 휴경지 밭과 직접 연결된다.

개체군의 모니터링은 1일 1회 조사를 원칙으로, 습지 둘레에 설치된 모음담장을 따라 돌며, 주머니함정에 빠진 금개구리 개체를 확인하여 수행하였다. 주머니함정에 빠진 금개구리가 발견되는 경우, 개체가 포획된 주머니함정의 번호를 기록하고, 가능한 경우 개체의 성별을 판별하고, 몸길이(SVL : snout-vent length)와 몸무게(body weight)를 측정하였다. 몸길이는 전자식 버니어캘리퍼스를 이용하여 소수점 2자리까지 mm단위로 측정하였으며, 몸무게는 전자저울(CB 200KR)로 소수점 2자리까지 g단위로 측정하였다. 측정이 완료된 개체들은 봄철 모니터링의 경우, 모음담장의 내부에 방사하였으며, 가을철 모니터링의 경우 모음담장의 외부에 방사를 하였다.

모니터링 동안 환경요인과 금개구리의 이동과의 상관관계를 파악하기 위하여, 대기온도(°C), 연못의 수온(°C), 상대습도(%)를 측정, 기록하였다. 대기온도 및 상대습도는 디지털 온도습도계(Hygro-Thermometer RT-811)를 이용하여 지면으로부터 약 1.2 m 높이에서 0.1°C와 1% 단위로 각각 측정하였으며, 수온은 수온계(Delta Ohm Thermometer, HD 8605)를 이용하여 수면에서 약 20 cm 깊이에서 0.1°C 단위로 측정하였다. 연구 기간 중 강수량은 연구지역으로부터 약 8 km 거리에 위치한 청주기상대 홈페이지의 일별 강수량 자료를 이용하였다.

3. 자료의 분석

어린개체, 암컷, 수컷 사이의 신체크기 비교를 위하여서는 자료가 정규분포를 보였기 때문에(Kolmogorov-Smirnov test, $P > 0.05$), 일원배치분산분석(one-way ANOVA test)을 이용하여 그룹 간 평균을 비교하였으며, 결과가 통계적으로 유의미한 경우 그룹 간 Tukey 사후검증(Tukey's post hoc test)을 실시하였다. 환경요소와 금개구리의 이동경향과의 관계는 상관분석(Pearson's correlation analysis)을 실시하였다. 금개구리들이 주로 이용하는 경로를 분석하기 위해서는, 5개의 그룹으로 나누어진 주머니함정 그룹들 간의 금개구리 포획률을 빈도검증(Chi-square test)을 이용하여 비교, 분석하였다. 마지막으로 습지로의 유입과 유출의 순서와 개체들의 신체지수와 관련성을 알아보기 위하여, 해당 자료를 상관검증(Pearson's correlation analysis)으로 분석하였다. 모든 통계는 SPSSPC v.14.0을 이용하여, 유의수준 $\alpha = 0.05$ 수준에서 양측검증(two-tailed test)으로 분석하였으며, 수치 자료의

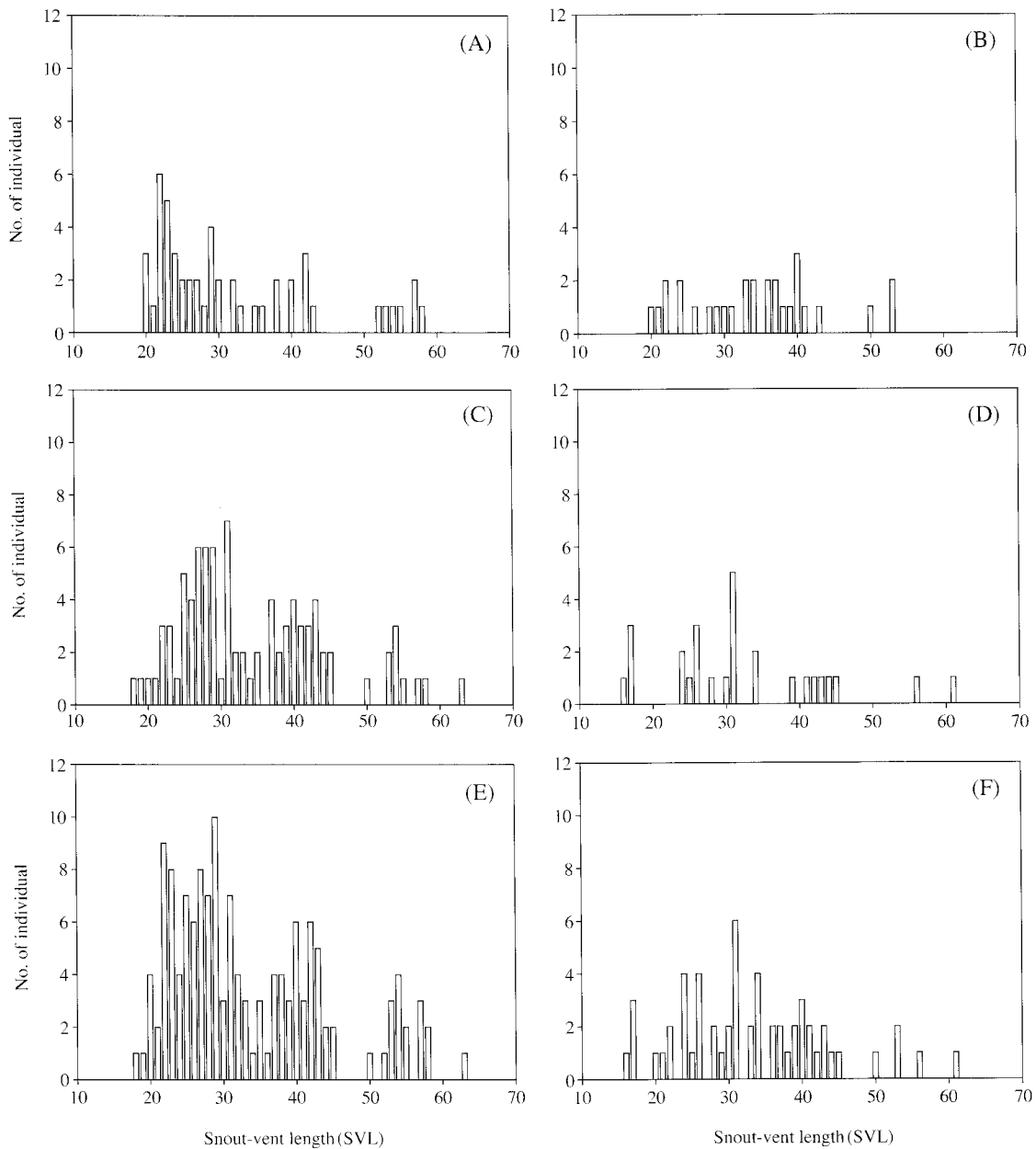


Fig. 2. Size-frequency distribution of Gold-spotted pond frogs captured during monitoring a field population at Cheongwon, Chungbuk, Korea in 2007 (A, C, E) and in 2008 (B, D, F). A and B size-frequency distributions were produced from the data obtained in Spring season. C and D distributions in Autumn season, and E and F distributions were from total year-round data.

제시는 평균±표준오차(SE)를 사용하였다.

결 과

2007년 봄철 60일, 가을철 61일 그리고 2008년 봄철 47일, 가을철 39일, 총 207일에 걸쳐 금개구리 개체군을 모니터링하였다. 연구기간 동안 2007년 봄에는 51개체,

가을에는 90개체, 2008년의 봄에는 29개체, 가을에는 27개체, 총 197마리의 금개구리를 포획, 확인하였다. 2007년 봄철 금개구리 개체는 4월 20일부터 6월 13일 사이에 습지 안으로 이동하였으며, 가을철 동면지 이동은 9월 21일부터 11월 12일 사이에 일어났다. 2008년도에는 봄철 번식지로 이동은 4월 30일부터 6월 13일 사이에 이루어졌으며, 가을철 동면지 이동은 10월 11일부터 11월 16일 사이에 이루어졌다.

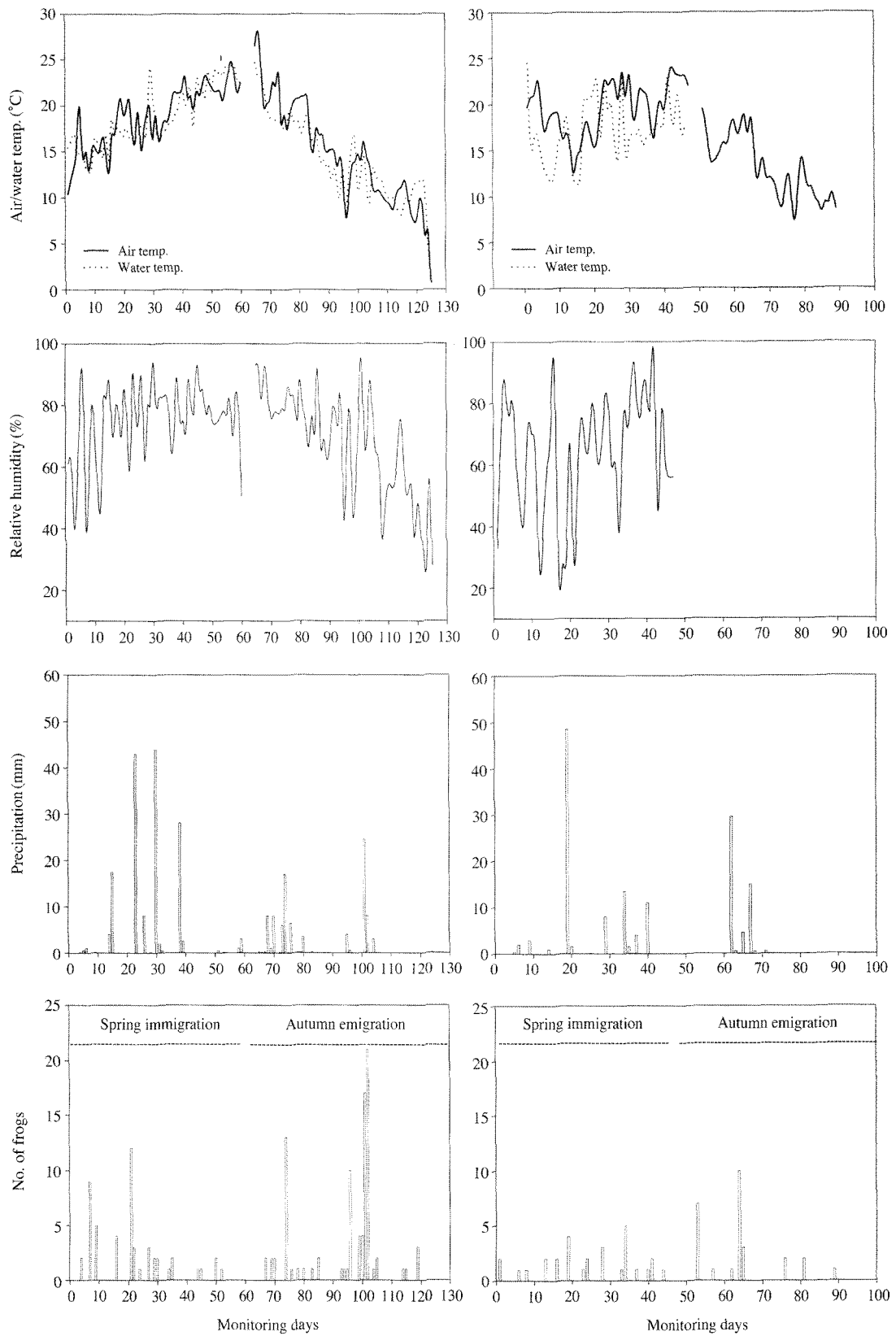


Fig. 3. The number of Gold-spotted pond frogs captured in pitfall traps over the monitoring period between April 17th 2007 and December 16th 2008 was compared with changes in environmental factors such as air and water temperature, relative humidity, and precipitation.

1. 어린개체, 암컷, 수컷의 크기 비교 및 크기별 출현 빈도 분석

연구기간 동안 포획된 개체들 중 일부에 대해서, 어린 개체로 성의 판별이 불가능한 28마리, 암컷 17마리, 수컷 38마리의 성을 확정하였으며, 나머지 개체들의 성별은 결정되지 않았다. 성별이 결정된 개체들의 신체지수 비교에서 어린개체와 암컷, 수컷의 몸길이(SVL)와 몸무게(body weight)는 그룹 간에 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(SVL, $F_{2,82}=31.48, P<0.001$; Body weight, $F_{2,81}=25.67, P<0.001$). SVL의 경우 암컷($43.86 \pm 2.01, n=17$)이 어린개체($28.07 \pm 1.18, n=28$)나 수컷($33.14 \pm 0.91, n=40$)에 비하여 유의미하게 컸으며, 수컷의 SVL 역시 어린개체의 SVL보다는 유의미하게 컸다(Tukey's test, $P<0.05$). 암컷의 몸무게($12.40 \pm 2.03, n=17$)는 수컷($5.06 \pm 0.36, n=40$)이나 어린개체($3.38 \pm 0.41, n=27$)의 몸무게보다 무거웠으나(Tukey's test, $P<0.05$), 수컷과 어린개체 사이의 차이는 유의미하지 않았다(Tukey's test, $P>0.05$).

금개구리 크기별 출현 빈도의 비교에서는 2007년 봄 습지로의 이주 동안 20 mm에서 58 mm SVL의 개체가 출현하였으며(Fig. 2A), 같은 해 가을 이주 시에는 18 mm에서 40 mm 내외의 SVL을 가지는 개체들이 소폭 증가하는 경향을 보여주었다(Fig. 2C). 2008년도에는 2007년도에 비하여 상대적으로 적은 수의 개체들이 확인됨으로 인하여, 봄철 이주 시 비록 20 mm에서 54 mm SVL 크기의 개체들이 습지에 출현하기는 하였지만, 크기별 빈도의 차이는 뚜렷하지 않았다(Fig. 2B). 가을철 이주 시에는 2007년도와 유사하게 20 mm 이하의 SVL를 가진 개체들이 추가되었으며, 25 mm에서 30 mm SVL 크기의 개체들이 소폭 증가하였다(Fig. 2D).

2. 환경요소와 이주경향 및 이주 경로의 분석

대기온도, 수온, 습도, 강우량에 따른 금개구리의 번식지 내·외로의 이주 개체수의 변화관계를 상관 분석한 결과, 2007년 가을($r=0.713, P<0.001, n=61$)과 2008년도 봄($r=0.565, P<0.001, n=47$) 이주 시 이동하는 금개구리의 수와 강수량은 높은 양의 상관관계를 보였다(Fig. 3). 반면, 같은 시기에 대기온도, 수온, 상대습도와 같은 다른 환경요인들과 이주하는 개체수와의 상관관계는 유의미하지 않았으며, 2007년 봄과 2008년 가을의 경우 역시 개체들의 이동은 환경요소들과 유의미한 상관관계를 보이지 않았다(Correlation analysis, $P>0.05$).

금개구리들의 이주 시 주로 이용하는 경로를 알아보기 위하여, 총 20개의 포획 함정을 1~5번, 6~10번, 11

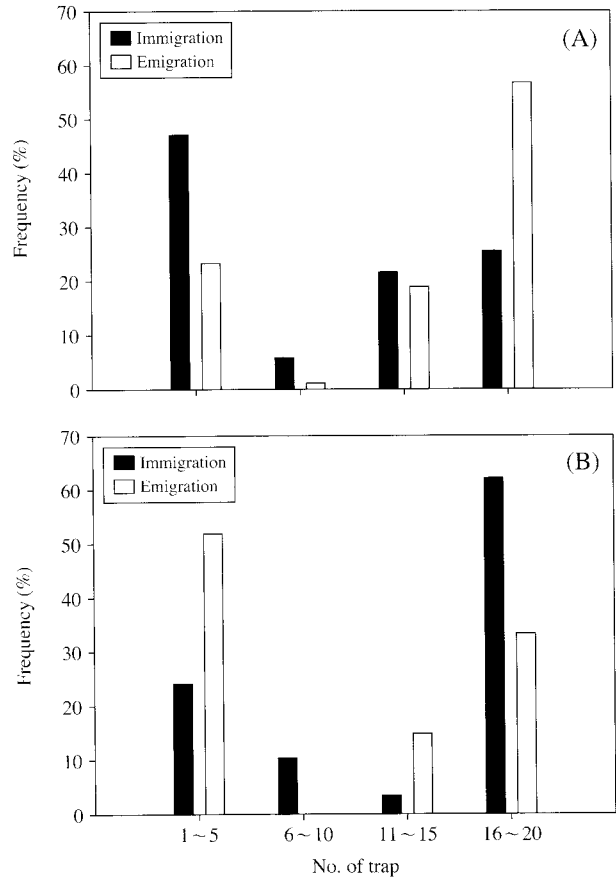


Fig. 4. The number of Gold-spotted pond frogs captured in nineteen pitfall traps during immigration and emigration periods in 2007 (A) and in 2008 (B). Twenty pitfall traps were grouped into four groups (1~5, 6~10, 11~15, and 16~20 traps) based on their connections to environmental conditions outside the wetland such as the existence of abandoned rice paddies and small agricultural waterways.

~15, 16~20번 함정 그룹으로 구분한 분석에서, 금개구리들은 함정 그룹을 그들이 이주하는 동안 유의미하게 다른 빈도로 이용하는 것으로 나타났다($X^2=5.65, df=1, P=0.018, Fig. 4$). 특별히 1~5번과 16~20번 함정에 포획되는 개체의 비율이 6~10번과 11~15번에 비하여 의미 있게 높았다. 2007년도 봄철 번식지 이주와 가을철 동면지 이주 시 이동경로의 사용빈도의 비교에서는 유의미한 차이를 보이지 않았으나($X^2=0.01, df=1, P=0.920$), 2008년도의 비교에서는 유의미한 차이를 보였다($X^2=5.09, df=1, P=0.024$). 2007년도와 2008년도 사이의 봄철과 가을철 이동경로의 이용 빈도의 비교에서는 어느 것도 유의미한 차이를 보이지 않았다(봄철 $X^2=1.10, df=1, P=0.2943$, 가을철 $X^2=0.49, df=1, P=0.484$; Fig. 4).

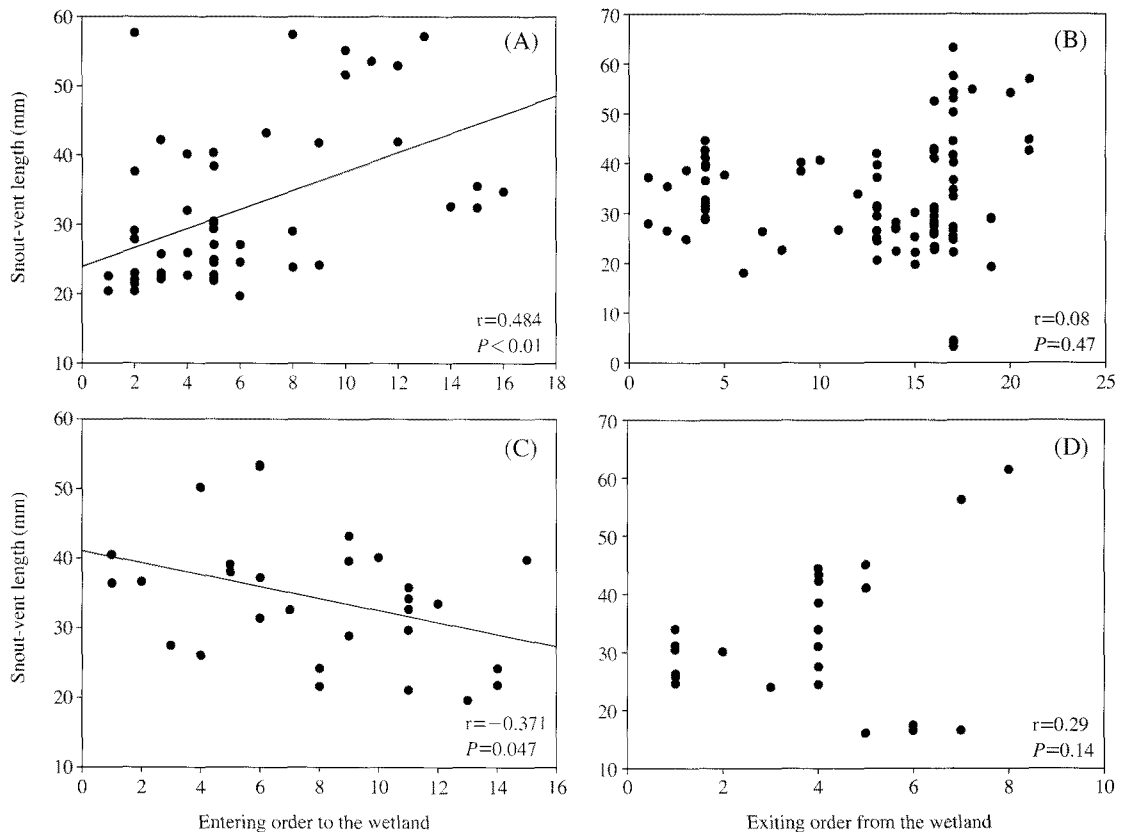


Fig. 5. Relationships between the order of entrance (A, C) to the breeding wetland in Spring and of exiting (B, D) from the wetland in Autumn and individual snout-vent length (SVL) were presented in 2007 (A, C) and in 2008 (B, D).

3. 유입, 유출의 순서와 신체의 크기

2007년도에 봄, 가을에 각각 포획된 51마리와 92마리의 금개구리를 대상으로 습지 내·외로의 이동순서를 신체지수와 비교한 결과, 봄 번식지로 이동의 경우 각각 SVL ($r=0.484$, $n=51$, $P<0.01$; Fig. 5A)이 작고 몸무게 ($r=0.37$, $n=51$, $P=0.007$)가 가벼운 개체들이 습지에 일찍 출현하는 것으로 나타났다. 반면, 가을철 동면지 이동의 경우 몸무게 ($r=0.29$, $n=90$, $P=0.005$)만 유출순서와 유의미한 상관성을 보였다. 2008년의 경우 봄철에는 번식지 유입순서와 금개구리들의 SVL ($r=-0.371$, $n=29$, $P=0.047$; Fig. 5B)과 몸무게 ($r=-0.324$, $n=29$, $P=0.086$)가 각각 약한 음의 상관성을 보였다. 가을철 동면지 이주의 경우 이주의 순서와 SVL ($r=0.29$, $n=27$, $P=0.14$; Fig. 5D)은 유의미한 상관성이 없는 반면, 몸무게와 ($r=0.488$, $n=27$, $P=0.011$)는 높은 상관성을 보였다.

고 찰

청원군의 금개구리 야외 개체군의 번식동태를 연구한

결과 개체들은 4월 중순경에 번식지로 이동하며, 동면지로의 재 이동이 9월 말에 시작하여 11월 중순에 완료되는 것으로 나타났다. 개체의 SVL 크기는 18~60 mm 정도로 나타났으며, 암컷이 수컷에 비하여 유의미하게 컸다. 강수조건은 금개구리 이동에 결정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이동경로는 주로 논둔덕이나 복논과 연결된 경로를 이용하였다. 서식지 내·외로의 이동과 개체 크기는 년과 시기에 따라서 다양하게 변하는 것으로 나타났다.

본 연구에서 금개구리의 번식기 이동은 4월 20일부터 6월 13일 사이에 일어나며, 동면지 이동은 9월 21일에서 11월 16일 사이에 일어나는 것으로 나타났다. 인접한 지역에서 수행된 2005년 금개구리 개체군의 번식기 연구에서 금개구리들은 5월 23일부터 6월 13일 사이에 번식지로 이동하는 것으로 나타났으며 (Sung *et al.* 2007a), Yang *et al.* (1988)은 금개구리들이 5월 중순에 동면으로부터 출현하여 6월 중순에 번식의 절정에 이룬다고 하였다. 또한 인천시 영흥도에 소재하는 개체군들의 연구에 따르면 해당 지역에 서식하는 금개구리들은 5월 중순부터 번식을 시작하여, 늦게는 7월말까지도 번식하는

것으로 나타났다(Ra *et al.* 2008). 비닐하우스로 지어진 실내 금개구리의 인공 증식장에서 실시된 관찰에 따르면, 3월 16일에 최초로 동면에서 깨어난 개체들이 확인되었으며, 산란한 알은 5월 7일에 최초로 관찰되었다(라 등 2007). 이러한 연구결과들을 종합해 볼 때, 금개구리들은 3월 하순 혹은 4월 초순에 동면에서 깨어나며, 본격적인 번식지 이동은 4월 하순부터 시작되는 것으로 판단된다. 금개구리들의 본격적인 산란은 5월 중순부터 시작되며, 늦게는 7월까지 번식하는 것으로 나타나, 지역에 따라서 편차는 있지만 약 1개월 반 정도의 실제 산란시기를 가지는 것으로 보인다.

이 연구에서 금개구리의 동면지 이동은 2007년 9월 21일에 시작되어 11월 16일에 완료가 되었으며, 2008년도는 동면 이주의 시작 시점이 늦고, 반면 완료 시점은 빨라서 2007년도 기간 안에 포함되어 있었다. 금개구리의 동면지 이동에 대해서는 최근에 무선추적법을 이용한 개체추적 연구를 수행한 결과, 인천시 영흥도 금개구리 개체군에서 개체들은 10월 6일부터 동면지로 이동하는 것으로 나타났으며, 빠르게는 10월 29일부터 동면에 들어간 개체가 발견되었다(Ra *et al.* 2008). 춘천시에 위치한 인공 증식장에서는 2007년 10월 9일에 동면하는 개체가 처음 발견되었다(라 등 2008). 이러한 결과들을 종합할 때, 지역 간에 다소의 차이는 있겠지만 금개구리들은 9월 말경에 동면지로의 이동이 시작되어, 11월 중순경에 완료되는 것으로 보이며, 빠른 개체들은 10월 말경부터 실제 동면에 들어가는 것으로 판단된다.

우리의 연구에서 암컷 금개구리는 수컷 금개구리보다 유의미하게 큰 것으로 나타났으며, 이러한 금개구리 성적이형에 대한 결과는 양서류에서 일반적으로 나타나는 성적이형의 유형과 일치하는 결과이다(Katsikaros and Shine 1997; Blanckenhorn 2005). 본 연구에서는 금개구리 암컷의 평균 크기가 수컷보다 약 1.30배 큰 것으로 나타났는데, 2006년 청원군 내의 다른 금개구리 개체군 조사에서는 암컷이 1.28배 컸으며(Sung *et al.* 2007a), 태안군 천리포 개체군의 경우 암컷이 약 1.55배 큰 것으로 나타났다(Cheong *et al.* 2007). 출현한 개체의 크기에서 봄철 이동의 경우 20~60 mm SVL 크기 사이의 개체가 출현하였으며, 가을철의 경우 20 mm SVL 크기 이하의 작은 개체가 출현하는 것으로 판단하여, 번식지 내에서 성공적으로 번식이 이루어지고 있음을 나타낸다. 이러한 양상은 2007년과 2008년에서 동일하게 나타났다. 2007년에 비하여 2008년에 출현한 개체의 수가 상대적으로 적었는데, 이는 2008년의 경우 봄철 강수량이 2007년보다 적었으며, 또한 모니터링도 조금은 늦은 시기인 봄철에는 4월 30일부터, 가을철에는 10월 11일부터 시

작되어, 이른 초기에 이동한 개체들의 경우 연구자들이 실시한 모니터링에서 확인되지 않았음에 기인한 것으로 판단된다.

본 연구에서 금개구리 개체들의 서식지 내·외로의 번식이동과 동면이동에 가장 밀접한 영향을 미치는 환경요소는 강수량으로 나타났다. 이러한 결과는 이전의 연구들과 일치하는데, 2006년 청원군에서의 금개구리 개체군 연구에서는 습도와 강수가 금개구리의 이동과 양의 상관관계를 보여주었으며(Sung *et al.* 2007a), 인천시 영흥도 금개구리 개체군의 연구에서는 비가 오는 날 금개구리들이 더 많이 이동하는 것으로 나타났다(Ra *et al.* 2008). 양서류의 이동과 습도 혹은 강수량의 양의 상관관계에 대해서는 여러 연구에서 잘 밝혀져 있는데(Sung *et al.* 2005; Lee and Park 2008), 이것은 양서류의 피부가 건조로부터 쉽게 피해를 입을 수 있음으로 인하여, 대기나 땅바닥에 습기가 높을 때 이동을 선호하기 때문인 것으로 판단된다.

연구된 서식지에서 경향이 뚜렷하지는 않았지만, 작은 금개구리들이 전반적으로 번식지에 먼저 출현하고, 먼저 가을철 동면지로 이동하는 것으로 나타났다. 양서류들의 번식지 내·외로의 이주 순서를 결정하는 요소들에 대해서는 다양한 가설들이 제시되어 있으며, 최근에는 그러한 가설들에 대한 총설논문이 발표되기도 하였다(Lodé *et al.* 2005). 양서류에 적용 가능한 대표적인 가설로는 번식지 내에서 예상되는 짝짓기의 가능성의 정도가 이주 순서를 결정한다는 가설(Douglals 1979; Iwasa *et al.* 1983; Smelitsch *et al.* 1993)과 주어진 낮은 온도, 혹은과 같은 나쁜 환경요소를 극복하는 정도가 이동의 시기를 결정한다는 가설이 있다(Gauthreaux 1978; Wiklund and Solbreck 1982). 최근에 수행된 유미양서류인 도롱뇽 연구에서는 수컷들의 이주는 주로 짝짓기 가능성 가설을 따르는 반면, 암컷들의 이주는 환경결정 가설을 따르는 것으로 나타났다(Lee and Park 2008). 일본에서 수행된 일본산개구리(*Rana sakuraii*)의 봄철 번식지로의 이동과 관련된 연구에서는 동면기간 동안 특정 온도에 특정기간 이상 노출 여부가 이주를 결정한다는 연구결과를 도출하여, 환경결정 가설을 뒷받침하고 있다(Miwa 2007). 현 단계에서는 금개구리 개체군 내의 짝짓기 경쟁에 대한 연구가 수행된 바가 없으므로 정확한 판단을 하기는 무리가 있지만, 이전의 개체군 연구의 결과(Ra *et al.* 2008)에 따르면, 봄철의 경우 높아지는 대기온도와 가을철의 경우 낮아지는 수온과 습도가 적어도 금개구리들의 번식지 내·외로의 이동을 촉진하는 것으로는 판단된다. 그러나 본 연구에서 확인된 서로 다른 년도와 시기별 이주의 순서와 개체크기의 다양한 관련성에 대한 설명

은 추가적인 연구가 수행되어야 가능할 것으로 보인다.

본 연구에서 금개구리 개체들은 번식지 내·외로의 이동시 특정한 경로를 선호하는 것으로 나타났다. 즉, 습지의 서쪽과 북쪽의 경로를 남쪽과 동쪽보다 자주 이동 경로로 이용하였다. 연구 지역에서 함정 1~5번은 농수로를 넘어 높은 지대의 농경지로 연결되며, 농경지 너머 약 50 m 지점에는 작은 야산이 있었다. 16~20번 함정 너머로는 높은 지대의 휴경중인 밭과 직접 연결되어 있었다. 이러한 결과는 금개구리들이 동면지에서 번식지로의 이동은 주로 연못과 가장 가까운 주변의 논과 밭으로 이루어진 언덕 쪽에서 주로 이동해 오고, 이는 결국 동면지의 선택과 관련되어 있을 것이라는 것을 암시한다. 이러한 유사한 경향이 이전의 금개구리 야외 개체군 연구에서도 확인되었으며(Sung *et al.* 2007a), 인천시 영흥도에서 수행된 금개구리의 동면지 추적결과에서도 나타났다(Ra *et al.* 2008). 영흥도에서 금개구리들은 주 서식지인 농경지형 습지 주변의 30~50 m 떨어진 논두렁이나 밭에서 주로 동면을 하는 것으로 나타났다. 또한, 참개구리 과에 속하는 *Rana sylvatica*의 이주경로 연구에서 밝혀진 것처럼 동면지로 이탈 시 연못 가까이 식생이 있는 땅으로 이동한다는 결과와도 유사하다(Vasconcelos and Calhoun 2004).

한 종을 보존하기 위해서는 그 종의 번식생태를 이해하는 것은 기본적으로도 중요한 정보가 된다. 본 연구에서는 금개구리의 번식지 기간, 개체의 이주에 영향을 미치는 요소, 이주의 이동경로, 개체들의 이주 순서에 영향을 미치는 신체 요소 등에 대한 결과를 제시하였으며, 이러한 결과들은 멸종위기 II급 종인 금개구리의 야외 개체군 보존이나 복원을 위한 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

적 요

환경부지정 멸종위기 II급 종인 금개구리(*Rana plancyi chosonica*)의 번식생태를 연구하기 위하여 충북 청원군 강내면에 위치하는 목논형 습지에 있는 금개구리 개체군을 2007년 4월부터 2008년 11월까지 총 207일에 걸쳐서, 모음담장과 주머니함정을 설치하여 모니터링을 실시하였다. 금개구리들은 봄철 4월 20일부터 6월 13일 사이에 번식지로 이동하였으며, 가을철 동면지 이동은 9월 21일부터 11월 16일 사이에 일어났다. 서식지 내·외로의 이동은 2007년과 가을 이동과 2008년 봄 이동 시 공히 강수와 높은 양의 상관관계를 보였지만, 기온, 수온, 상대 습도와는 유의미한 상관관계를 보이지 않았다. 금개구리

들은 이동 시 주로 논·외로의 언덕이나 목논과 연결된 이동 경로를 다른 경로보다 선호하여 사용하는 것으로 나타났다. 번식지 내·외로의 이동순서와 개체의 신체 요소와는 2007년 봄에는 번식지 내·외로의 이동순서와 개체의 몸길이(snout-vent length)와 양의 상관관계를 보였으며, 이동순서와 몸무게와는 2008년 봄을 제외한 모든 경우에 양의 상관관계를 보여, 작은 개체들이 먼저 출현하고 먼저 동면지로 이주하는 경향을 보였다. 금개구리 암컷은 수컷에 비하여 유의미하게 큰 것으로 확인되었으며, 가을철 동면지 이주 시 20 mm SVL 크기 이하의 작은 개체들의 수가 2007년, 2008년 공히 소폭 증가하여, 개체군 내에 성공적인 번식이 일어나고 있음을 알 수 있었다. 이러한 연구결과는 금개구리 야외 개체군을 보존하는 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

사 사

본 연구는 환경부 “차세대 핵심환경기술개발사업”으로부터 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 라남용, 이정현, 엄준호, 박대식. 2007. IUCN 멸종위기종인 금개구리(*Rana plancyi chosonica*)의 증식 및 복원 기술 개발. 제62회 한국생물과학협회 정기학술대회 초록집. 182pp.
- 라남용, 이정현, 엄준호, 박대식. 2008. IUCN 멸종위기종인 금개구리(*Rana plancyi chosonica*)의 증식 및 복원 기술 개발. 제63회 한국생물과학협회 정기학술대회 초록집. 189pp.
- 방상원, 안선영. 2005. 멸종위기야생동·식물종의 선정 평가 기법 연구. 한국환경정책·평가연구원.
- Blanckenhorn WU. 2005. Behavioral causes and consequences of sexual size dimorphism. *Ethology* 111:977-1016.
- Bland D. 2006. Relocation of California red-legged frogs, California, USA. *Re-introduction News* 25:12-13.
- Boone MD and CM Bridges. 2003. Effects of pesticides on amphibian populations. pp.137-151. In *Amphibian Conservation* (Semlitsch RD ed.). Smithsonian Institution, Washington.
- Cheong SK, DS Park, HC Sung, JH Lee and SR Park. 2007. Skeletochronological age determination and comparative demographic analysis of two populations of the Gold-spotted pond frog (*Rana chosonica*). *J. Ecol. Field Biol.* 30:57-62.
- Cheong SK, HC Sung and SR Park. 2008. Inability of mate and

- species recognition by male Asian toads, *Bufo gargarizans*. Anim. Cell. Syst. 12:93-96.
- Dodd Jr CK and LL Smith. 2003. Habitat destruction and alteration : Historial trends and future prospects for amphibians. pp.94-112. In Amphibian Conservation (Semlitsch RD ed.). Smithsonian Institution, Washington.
- Douglas ME. 1979. Migration and sexual selection in *Ambystoma jeffersonianum*. Can. J. Zool. 57:2303-2310.
- Gauthreaux Jr. SA. 1978. The ecological significance of behavioral dominance. pp.17-54. In Perspectives in Ethology, Vol 3 (Bateson PPG and PH Klopfer eds.). Plenum Press, New York.
- IUCN. 2005. Amphibian conservation action plan. Amphibian Conservation Summit, Washington D.C.
- IUCN. 2008. The IUCN red list of threatened species. IUCN Species Survival Commission.
- Iwasa Y, JF Odendaal, DD Murphy, PR Ehrlich and AE Lauener. 1983. Emergence patterns in male butterflies : a hypothesis and a test. Theor. Pop. Biol. 23:363-379.
- Jensen JB and CD Camp. 2003. Human exploitation of amphibians : Direct and indirect impacts. pp.199-213. In Amphibian Conservation (Semlitsch RD ed.). Smithsonian Institution, Washington.
- Johnson PTJ. 2006. Amphibian diversity : Decimation by disease. PNAS 103:3011-3012.
- Katsikaros K and R Shine. 1997. Sexual dimorphism in the tusked frog, *Adelotus brevis* (Anura: Myobatrachidae) : the roles of natural and sexual selection. Biol. J. Linn. Soc. 60: 39-51.
- Kiesecker JM. 2003. Invasive species as a global problem : Toward understanding the worldwide decline of amphibians. pp.113-126. In Amphibian Conservation (Semlitsch RD ed.). Smithsonian Institution, Washington.
- Kim CG, SR Park and SY Yang. 1995. Acoustic and mating behaviors of *Bombina orientalis*. Korean J. Behav. Biol. 4:131-142.
- Langton T and JA Burton. 2006. Pool frog release in Norfolk, UK in 2005-were IUCN Guidelines for Re-introduction properly followed? Re-introduction News 25:13-14.
- Lee JH and DS Park. 2008. Effects of physical parameters and age on the order of entrance of *Hynobius leechii* to a breeding pond. J. Ecol. Field Biol. 31:183-191.
- Lee SC. 2004. Study on in-situ and ex-situ, and restoration strategy planning for the protected wildlife anura (*Rana plancyi chosenica* Okada) in Korea, M.S. Thesis, Incheon University.
- Lodé T, MJ Holveck and D Lesbarrères. 2005. Asynchronous arrival pattern, operational sex ratio and occurrence of multiple paternities in a territorial breeding anuran, *Rana dalmatina*. Biol. J. Linn. Soc. 86:191-200.
- Min MS, SY Yang, RM Bonett, DR Vieites, RA Brandon and DB Wake. 2005. Discovery of the first Asian plethodontid salamander. Nature 435:87-90.
- Min MS, SK Park, J Che, DS Park and H Lee. 2008. Genetic diversity among local populations of the Gold-spotted pond frog, *Rana plancyi chosenica* (Amphibia: Ranidae), assessed by mitochondrial cytochrome b gene and control region sequence. Korean J. Syst. Zool. 24:25-32.
- Miwa T. 2007. Conditions controlling the onset of breeding migration of the Japanese mountain stream frog, *Rana sakuraii*. Naturwissenschaften 94:551-560.
- Park SR, SM Cheon and SY Yang. 1996. The classification of call types in Genus *Hyla* in habitats around South Korea. Korean J. Zool. 39:207-214.
- Park SR and SY Yang. 1997. Mating call structure and variation of the frog *Rana nigromaculata*. Korean J. Ecol. 20: 423-438.
- Pounds JA, MR Bustamante, LA Coloma, JA Consuegra, MPL Fogden, PN Foster, EL Marca, KL Masters, A Merino-Viteri, R Puschendorf, SR Ron, GA Sanchez-Azofeifa, CJ Still and BE Young. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. Nature 439:161-167.
- Ra NY, HS Sung, SK Cheong, JH Lee, JH Eom and DS Park. 2008. Habitat use and home range of the endangered Gold-spotted pond frog (*Rana chosenica*). Zool. Sci. 25:894-903.
- Rohr JR, AM Schotthoefer, TR Raffel, HJ Carrick, N Halstead, JT Hoverman, CM Johnson, LB Johnson, C Lieske, MD Piwoni, PK Schoff and VR Beasley. 2008. Agrochemicals increase trematode infections in a declining amphibian species. Nature 455:1235-1239.
- Semlitsch RD, DE Scott, J Pechmann and JW Gibbons. 1993. Phenotypic variation in the arrival time of breeding salamanders : individual repeatability and environmental influences. J. Anim. Ecol. 62:334-340.
- Song JY, M Matsui, KH Chung, HS Oh and W Zhao. 2006. Distinct specific status of the Korean brown frog, *Rana amurensis coreana* (Amphibia: Ranidae). Zool. Sci. 23:219-224.
- Sung HC, JH Lee and DS Park. 2005. Entering and exiting routes of *Hynobius leechii* to a breeding site and staying time within the site. Korean J. Ecol. 28:237-243.
- Sung HC, SM Cha, SK Cheong, DS Park and SR Park. 2007a. Monitoring local populations and breeding migration patterns of the gold-spotted pond frog, *Rana chosenica*. J. Ecol. Field Biol. 30:121-126
- Sung HC, SM Cha, SK Kim, DS Park, SR Park and SK Cheong. 2007b. Monitoring extensive breeding populations and daily call activity of the gold-spotted pond frog, *Rana chosenica* in Chungju City and Chungwon Gun. Korean J. Environ.

- Biol. 25:94-99.
- Sung HC, O Park, S Kim, DS Park and SR Park. 2007c. Abundance and breeding migration of the Asian toad (*Bufo garizans*). J. Ecol. Field Biol. 30:287-292.
- Vasconcelos D and AJK Calhoun. 2004. Movement patterns of adult and juvenile *Rana sylvatica* (LeConte) and *Ambystoma maculatum* (Shaw) in three restored seasonal pools in Maine. J. Herpetol. 38:551-561.
- Wiklund C and C Solbreck. 1982. Adaptive versus incidental explanations for the occurrence of protandry in a butterfly, *Leptidea sinapis* L. Evolution 36:56-62.
- Yang SY, CH Yu and BS Park. 1988. Natural hybridization and reproductive isolating mechanisms between two species of *Rana nigromaculata* and *Rana plancyi* (Anura). Korean J. Zool. 31:1-10.
- Yang SY, JB Kim, MS Min, JH Suh and YJ Kang. 2001. Monograph of Korea Amphibia. Academic Press. Seoul.

Manuscript Received: December 9, 2008

Revision Accepted: December 23, 2008

Responsible Editor: Wonchoel Lee