

무당개구리 (*Bombina orientalis*) 번식 연구를 위한 양서류 바이오토프 (amphibian biotope) 조성

윤성일 · 박찬진 · 반영호 · 계명찬*

한양대학교 자연과학대학 생명과학과

Amphibian Biotope Planning to Research on Reproduction of *Bombina orientalis*

Seong-il Yoon, Chan-Jin Park, Young-Ho Bhan and Myung Chan Gye*

Department of Life Science, College of Natural Sciences, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

Abstract – *Bombina orientalis*, or Korean fire-bellied toad is belonging to Class Amphibia, Order Anura, Family Bombinatoridae, Genus *Bombina*. Ecological characteristics, such as small size, slow moving and swimming, gentle attitude to other species, under laboratory and/or wild condition lead the toad as suitable experimental animals with easy handling. Seasonal reproductive biology except breeding season (usually from Apr. to late Jun.) are unknown still caused by sampling methods for hibernating specimens have not been established yet. Most species of amphibian, include *B. orientalis*, are declined around the world related with global warming, therefore, wild caught specimen for any purposes must be limited controled soon. Even though, some pre-studies of biotope for increasing biodiversity have been reported, construction of an artificial biotope to get natural breeding cycling specimen for study of amphibian reproduction is unique modelling and only trial. In an effort to set year-round sampling for study of reproduction of *B. orientalis*, we suggest protocols for planning, construction manual and SOP (Standard Operation Process) to manage amphibian biotope. During pilot operation of a designed and constructed biotope, the seasonal acclimation during winter hibernation of *B. orientalis* were successful. It will be helpful for studying the reproductive biology of wild amphibians in temperate region and allow to get reasonable research conditions in amphibian laboratory.

Key words : biotope, *Bombina orientalis*, year-round sampling, reproduction

서 론

무당개구리 (*Bombina orientalis*, Korean fire-bellied toad)는 양서류 개구리목 무당개구리과 무당개구리속

(Class Amphibia, Order Anura, Family Bombinatoridae Genus *Bombina*)에 속하는 몸길이 4 cm 이하의 소형개구리이다. 동북아시아에 서식하며 우리나라에서는 농경지와 인접한 산림임연부, 1급수가 흐르는 산림계곡부에서 흔히 발견되는 종으로 제주도가 남방한계선으로 알려져 있다(Tinsley and Kobel 1996; 양 등 2001). 움직임이 느리고 크기가 작아서 실험실 내 핸들링이 용이하며, 개구

* Corresponding author: Youn Choi, Tel. 02-2220-0958, Fax. 02-2298-9646, E-mail. mcgye@hanyang.ac.kr

리목의 다른 종들과 비교할 때 초기발생 및 변태시기가 빠르기 때문에 양서류 발생생태 연구 모델로써 많은 장점이 있다. 등에는 청록색의 바탕에 검은 무늬가 불규칙하게 분포되어 있으며, 배는 붉거나 노란 바탕에 불규칙한 흑색의 무늬가 산재되어 있는 외형적 특징을 가지고 있어 전 세계적으로 많은 개체가 애완용으로 거래되고 있다. 봄철 산란기(4~6월)에는 우리나라 전역에서 쉽게 발견되고 채집이 가능하지만, 번식기가 끝나고 나면 주서식지인 산림계곡부로 이동하며 이후에는 쉽게 발견되지 않는 생태적 특징이 있다(양 등 2001). 따라서, 본 종의 산란기 호르몬 및 생식소 변화 등 번식연구를 위한 샘플링은 용이하지만, 추계부터는 계곡 주변의 깊은 암석 지하에서 동면하므로 동면기에 진행되는 번식생리 및 동면생태 연구를 위한 개체확보에 많은 어려움이 있다.

최근에는 지구온난화의 직·간접적인 영향으로 우리나라를 포함해서 전 세계적으로 많은 종의 양서류가 감소하고 있다(Pechmann *et al.* 1991; Wake 1991; Blaustein 1994; 윤 등 1998; Alford *et al.* 2007). 내분비계장애물질(endocrine disrupters) 및 다양한 환경오염물질들이 양서류 감소의 보이지 않는 원인으로 의심되고 있다(Blaustein and Wake 1995; Carey and Bryant 1995; Houlihan *et al.* 2000). 이처럼 양서류의 종과 개체수가 감소하고 있기에 우리나라를 포함한 여러 국가에서 양서류 종다양성의 유지를 위한 보전, 복원사업이 가속화되고 있다(라 등 2007). 이러한 맥락에서 야생의 양서류 개체를 지속적으로 확보하면서 연구하는 방법론에서도 새로운 변화가 요구된다.

환경생태, 생태조정 분야에서 설계, 조성하거나 운영 중인 대부분의 biotope들은 대면적의 자연환경을 모방한 것이 대부분이다. 특정 종을 대상으로 종의 생리생태 연구를 위한 인위적인 biotope을 조성하는 것은 종의 생태적 특징과 환경적 특징을 동시에 고려해야 하는 어려움이 있다. 특히, 양서류의 동면기작은 아직 밝혀지지 않은 요소들이 많기 때문에 인공사육환경에서 이를 재연하는 것은 쉽지 않아 biotope 조성 시에 다양한 시도와 방법론이 필요하다(Schwab 2005). 양서류의 생태와 관계된 시설물 조성지침으로는 양서류와 파충류의 자연동면구조(자연환경연구소 2006a), 생태통로 및 서식지주변의 유도펜스(한국자연환경연구소 2006b) 등이 있다. 습지와 관련된 시설물 조성지침으로는 생물다양성 복원에 적합한 인공 생태늪조성지침(이 2003) 등이 있다. 이들 조성지침들은 생리생태, 발생생태 연구를 위한 공시개체 확보목적보다는 종다양성을 높이기 위한 조성지침이다. 본

연구는 자연환경에서 얻을 수 있는 무당개구리의 생식, 발생, 생태연구를 실험실 환경에서 효과적으로 수행하기 위한 설비조성을 위한 것으로 이전의 시설물과는 차별화된다. 즉, 무당개구리의 자연서식환경을 모방한 인공 biotope 조성지침을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

양서류 biotope 조성방법 및 각 단계별 지침은 다음과 같다.

1. Biotope 기본골격 조성 재질 및 크기

양서류 생태연구를 위한 biotope의 기본골격 조성을 위해서는 목재(미송)를 이용하였다. 목재는 열전도율이 높고 환경친화적인 소재로서 가공이 용이하며 외기의 온도변화에 따른 변형이 작은 장점이 있다. Biotope의 전체높이는 관리의 효율을 고려해서 바닥에서 상부까지 1.0 m 이하로 하는 것이 효율적이다. 가로, 세로, 높이는 각각 3.0, 3.0, 1.0 m를 기본으로 하되 크기가 클수록 많은 개체를 수용할 수 있으며 다양하고 자연스러운 생태환경 조성과 관찰이 가능하다. 제한된 공간에서 사용하는 경우에는 여유공간을 확보하는 문제와 함께 바닥재, 식생, 먹이원 등 환경요인에 구배(gradient)를 주는 것이 대단히 중요하기 때문에 biotope의 크기가 클수록 수질 관리, 지상부관리가 용이한 이점이 있다.

2. 일광 및 난방

Biotope의 조성목적은 한정된 공간에서 자연환경을 재현하는 것이다. 따라서, 기본적으로 외부 조도에 의존하여 증식할 수 있도록 조성장소를 선정하는 것이 중요하다. 다만, 야간조사 등 필요시에 운용할 수 있는 등을 설치해야 한다. 본 연구에서는 조명등 조사에 따른 바이오톱 내의 온도변화를 최소화하기 위해서 발열량이 낮은 뿐 아니라, 파충류 사육 시에 활용하는 방수처리 가능한 형광등(40 W, Reptisun Co., US)¹⁾을 이용하였다(Fig. 1). 지상부는 동남쪽을 향하도록 하여 동면기에도 자연채광에 의해 온도가 올라 갈 수 있도록 하였다. 우리나라의 기후조건에서 biotope의 높이가 너무 낮거나, 서향이나 북향으로 육상부를 조성할 경우에는 혹한기에 지상부 전체가 얼어붙어 동사할 수 있기 때문에 biotope 내 지상부의 깊이는 최소 80 cm로 조성하였다.

1) Reptisun: 40 W, 1등으로 하며, UV등을 활용하는 경우에는 조사량의 경감을 방지하기 위해서 매 6개월마다 교체토록 함.



Fig. 1. The fluorescent lamp for research in an amphibian biotope (overhead view).

3. Biotope의 구성

1) 바닥층

실외에 조성되는 biotope은 외부조건에 직접적으로 영향을 받으며 바닥면에서 올라오는 냉기는 흑한기 biotope 전체가 동결되는 기온으로 떨어뜨리는 요인이 된다. 이를 막기 위해서 바닥면에 5 cm 두께의 스티로폼으로 단열재를 설치하여 냉기를 차단하였다. 바이톱 내부의 물이 어는 경우를 대비하여 바닥면에 요철면을 설치하여 물깊이에 구배를 주었다. 정체된 수표면은 쉽게 얼어버릴 수 있으므로 여과시스템이나 에어레이션을 활용해서 물이 얼지 않도록 수파(surface wave)를 조성하였는데, 수파는 정체된 수환경 표면에 생성될 수 있는 기름막(lipid surface)이 생기지 않도록 하는 데도 효율적인 방법이다.

2) 자갈층

Biotope의 최하부는 수환경 조성을 위해 물에 젖어도 썩지 않는 소재를 활용해야 한다. 또한 제한된 공간 내에 있는 수환경의 생물학적, 생화학적 안정성 유지를 위해 여과시스템을 적용해야 하며, 자갈층은 이러한 목적에 가장 적합한 소재이다(최 등 2000). 본 연구에서는 바닥에서 최소 20 cm 두께로 직경 0.3~0.5 cm 크기의 자갈을 깔아주었다. 시간이 흐름에 따라 바닥면과 자갈층에 혐기성 환경(anaerobic environment)이 조성되기 때문에 잔자갈로 구성된 여과시스템은 생성된 질산염을 효율적으로 제거할 수 있는 환경을 제공한다. 자갈층 위에는 직경 25 cm 이상의 화강암석을 설치하여 돌틈 사이에서 양서류의 동면이 가능한 환경을 조성하였다.

3) 토양층 및 지상부

자갈층 상부는 식생이 발달할 수 있는 환경을 조성한

다. 이를 위해서 부엽토, 마사토 등 상업적으로 판매되는 소재를 활용할 수 있다. 본 연구에서는 가장 이상적인 소재로 이끼가 부패한 피트모스(peat moss)를 활용하였다. 피트모스는 수분의 함량여부에 상관없이 썩지 않을 뿐 아니라, 가볍고 통기성이 좋기 때문에 양서류들의 겨울철 동면을 위한 공간을 조성하는 데 도움이 되는 소재이다. 수환경에 침지된 피트모스는 천연적으로 약산성을 유지하는 화학적 조성을 가지고 있어 수질의 악화, 세균이나 곰팡이성 질병의 발생도 예방할 수 있다. 동면 시 외기의 영향을 받지 않도록 깊이 40~50 cm 이상의 피트모스층을 조성하였다. 최하부에 깔린 자갈층 위에 돌을 놓고서 피트모스를 30 cm 쌓은 다음, 다시 직경 25 cm 이상의 돌을 쌓아둠으로써 월동공간을 조성하고, 그 위에 추가로 30 cm의 피트모스를 덮어주었다. 일부 공간에는 토양층없이 직경 0.5 cm 이하의 자갈층만을 조성하는 것도 공시개체의 동면장소 선호도 연구를 위해서 바람직한 방법이 된다.

4. 식생조성 및 유지

토양층 및 지상부 조성 후에는 자연서식환경과 유사하도록 식생을 유지해야 한다. 자연환경에서 자생하는 토종식물 종자를 확보해서 뿌려주는 것이 필요하지만 상업적으로 판매되는 다양한 초본류 씨앗으로 대체 가능하다. 본 연구에서는 육상부에는 현장(명지산 일대) 농수로에서 채취한 토양을 뿌려주어 춘하게에 걸쳐 발아 활착할 수 있도록 하였다. 수변구역에는 개구리밥(*Spirodela polyrhiza*) 등 부상성 식물을 입식하여 자연환경과 유사하도록 꾸며주는 것과 동시에 자연적인 수질 정화 기능을 유도하였다.

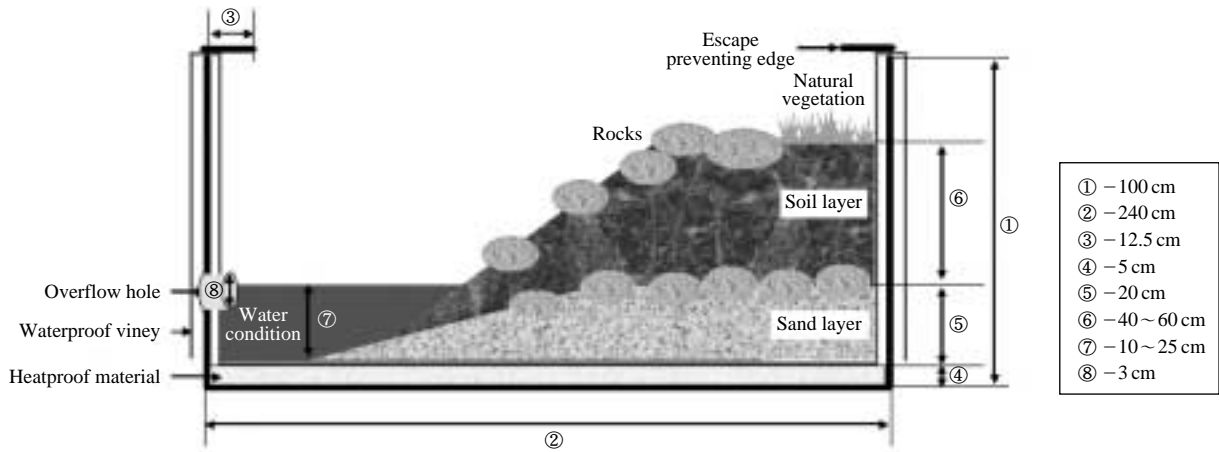


Fig. 2. Schematic diagram of the artificial biotope for amphibian.

5. Biotope 상부

최(1994)에 따라 biotope의 상부가장자리에서 토양층까지 공시개체들이 탈출하지 못하는 높이인 20 cm 이상의 여유를 두도록 하였다. 우리나라에서는 무당개구리에 대해 알려진 포식동물이 없으나, 까치(*Pica pica*), 황조롱이(*Falco tinnunculus*) 등 공격성이 높은 일부 조류종이나 들고양이 등에 의해서 공격, 상해, 폐사로 이어질 수 있기 때문에 천적의 접근을 막을 수 있는 망이 반드시 필요하다. 최근의 도심지역은 비둘기, 고양이 등이 다수 서식하므로 외부 포식자인 포유류나 조류의 침입을 우려하여 망목 10×10 mm의 망을 설치하였다. 지상부의 구성 재질과 수환경 등 biotope 내부구성을 모식도를 통해 나타내었다(Fig. 2).

6. 수환경조성

1) 방수 및 배수

사육수가 새지 않도록 방수포를 바닥면에 깔아서 수환경을 조성하였다. 방수포는 상업적으로 판매되는 비닐 코팅제품을 사용하였으며, biotope의 크기에 맞춰서 재단하여 사용하였다. 방수포의 가장자리인 biotope의 상부는 공시개체들이 빠져나오지 못하도록 넓이 10 cm의 테두리를 over-hang 방식으로 조성하였다. Biotope에 사용하는 사육수는 프리필터, 카본필터, 연수필터 각 1개씩으로 구성된 상업용으로 판매되는 어류 사육용 3단 필터(Free Filter, Eheim GmbH, Germany)를 거친 수돗물을 사용하였다. 걸러진 물은 연수로 바뀌며, 일반적인 수돗물의 경도는 5~7 dh 정도이지만 연수기를 통과한 물은 경도가 0~1 dh로 측정되었다. 프리필터용 하우스는 투명한 케이스를 채택하여 프리필터의 교환시기를 알 수

있도록 하였으며, 카본필터와 연수필터용 하우스는 불투명한 케이스를 채택하였다. 수환경의 높이는 봄철 무당개구리 산란장소 깊이를 고려해서 20 cm 이하로 하는데(McDiarmid and Altig 1999), 비가 오는 경우에도 수위가 높아지지 않으며 공시개체들이 나오지 못하도록 overflow hole을 설치했다. Fitting tap은 직경 3 cm의 배관용동(copper) 제품을 사용하였으며, 방수포와 biotope 사이로 물이 새지 않도록 방수처리를 하였다(Fig. 2). Overflow hole을 통해서 공시개체가 빠져나가는 것을 막기 위해서 망목 2×2 mm의 나일론망을 부착하였다. 찌꺼기에 의해서 overflow가 원활하게 이루어지지 않을 경우를 대비해서 바닥면에서 25 cm 상부에 2차 overflow 장치를 설치하였다. 수환경은 전체 biotope의 55%의 면적을 차지하며, 바닥면의 굴곡에 따라 최대 20 cm, 최저 10 cm의 수심구배를 갖도록 하였다. 수환경은 기본적으로 강우, 강설 등 외부기후조건에 의해서 유지되도록 하였으나, 일일 수심을 측정하여 증발 등 자연적인 현상으로 인해서 수심의 50%가 줄어들게 되면 연수필터를 거친 사육수를 채워주었다.

2) 여과시스템

폐쇄된 수환경이므로 필수적으로 여과시스템을 적용하여야 한다. 본 연구에는 자체 고안한 수중모터를 활용한 wet-dry 방식의 여과방식을 적용하였다. 여과기는 직경×높이, 20×50 cm, 두께 0.5 cm인 아크릴원통을 활용하여 제작하였다. 상부는 개방하였고 하부는 동일한 재질로 막음하였으며 사육수가 빠져나가면서 여과재를 통과할 수 있도록 직경 0.5 cm의 배수구를 다수 타공하였다(Fig. 3). 여과기의 하부는 무게중심을 잡아주기 위해서 화산석(φ 2 cm 이하, Eheim GmbH, Germany)을 5 cm 두



Fig. 3. Wet-dry filtering system.

개로 깔았으며, 그 위에 생물학적 여과를 위한 바이오볼 (Bioball, Eheim GmbH, Germany)를 채웠다. 최상부는 물리적 여과를 위한 스펀지필터 (Symec XK, JBL GmbH, Germany)를 깔아줌으로서 wet-dry 방식의 여과기를 완성하였다. 수중모터는 바이오톱 내부의 수량(2,700L, 300 × 300 × 20 cm)을 고려하여 1,200 L hr⁻¹의 출수량을 갖는 28 W 모터 (Eheim Pro 1250, Eheim GmbH, Germany)²⁾를 설치·운용하였다. 모터는 고장이나 막힘 등 예상치 못한 상황에 대비해서 2개를 최소단위로 운용하였다.

설치장소는 수류를 고려해서 수환경의 가운데 부분에 수중모터를 설치하여 사육수를 가운데로 흐르게 하고 여과기는 수환경의 양끝단에 설치하여 수류가 형성되도록 하였다. 여과기는 완전히 사육수 밖으로 노출하였다. 여과를 거친 사육수가 빠져나오는 여과기 타공부위와 수면과는 높이차를 두어서 사육수가 떨어지면서 용존산소량을 높이도록 하였으며, 동시에 수중 유기물을 제거하는 단백질 제거 (protein skimming) 효과를 거두도록 하였다. 넓은 수환경내에서는 수류를 형성하는 것이 중요하기 때문에 여과시스템만으로 충분한 수류가 생성되지 않을 경우에는 8 W 모터 (Eheim Compact 300, Eheim GmbH, Germany)³⁾ 2개를 운용해서 수류가 정체되는 곳

이 없도록 하였다. 무당개구리의 생태적 특성상 물 속에서 이동이 불가할 정도의 강한 수류는 배제하였으며, 직경 2~3 cm의 자갈을 이용하여 욕상부와 수변으로 이어지는 부분에 수류가 약화된 정체 구역을 조성하여 양서류의 수정과 유생의 발생을 보장할 수 있도록 하였다.

7. 차광막

기온이 떨어진 동절기에는 온도상승의 효과를 고려해서 굳이 차광막을 설치할 필요가 없을 것으로 판단된다. 그러나, 여름철에는 직사광선에 의해서 발생할 수 있는 산소부족, 열사병, 수환경내 녹조류 번창문제 등을 막기 위해서 차광률 50% 이상의 차광막을 설치할 계획이다. 많은 강우가 일시에 내릴 경우에도 차광막은 다량의 빗물이 유입되지 않도록 하는 효과가 있을 것으로 판단되며, 이 경우에는 빗물의 무게에 의해서 가운데가 처지지 않도록 조정해야 한다. 차광막은 biotope으로 유입될 수 있는 외부 포식자를 막는 효과도 함께 거둘 수 있다.

8. 전기시설

여과시스템에 필요한 수중모터와 조명시설을 위한 기본적인 전기시설과 용량을 확보하는 것이 필요하다. 전기는 방수시설을 하는 것이 중요하므로 많은 비가 내리더라도 물이 스며들지 않도록 시설물을 보완해야 한다. 특히, 전선을 따라서 빗물이 스며들 수 있으므로 전선을 hang over 시켜서 물이 흘러 들어가지 않도록 하였다.

9. 먹이원 유인 및 먹이공급

공시동물의 성장에는 동물성 먹이가 필요하므로 과일 등을 이용해서 곤충류를 유인토록 하는 것이 효율적이다. 과일은 구멍이 뚫린 스텐망 속에 집어넣어서 조류 등 목적하지 않았던 동물들이 유인되지 않도록 설치하였다. 동절기에는 곤충류의 유인이 원활하게 이루어지지 못하기 때문에 petri dish (ø 145 mm)를 이용하여 자체 사육한 밀웜, 귀뚜라미 등 먹이를 주 3회 공급하였다. 단, 강우 시 및 기온이 떨어져서 먹이반응이 떨어지는 경우에는 먹이를 공급하지 않았다.

10. 양서류 입식 및 관찰

본 연구에 활용된 biotope의 원형은 2007년 8월 24일 조성되었다. 2005년 이후, 무당개구리 서식지(가평군 북면 명지산 일대)에서 관찰된 성비에 따라서 동년 9월

2) Eheim Pro 1250: 시간당 출수량 1,200L, 최고 물높이 2.0m, 흡입관 ø 17 mm, 출수관 ø 13 mm

3) Eheim Compact 300: 시간당 출수량 300L, 최고 물높이 1.5m, 흡입관 ø 13 mm, 출수관 ø 13 mm

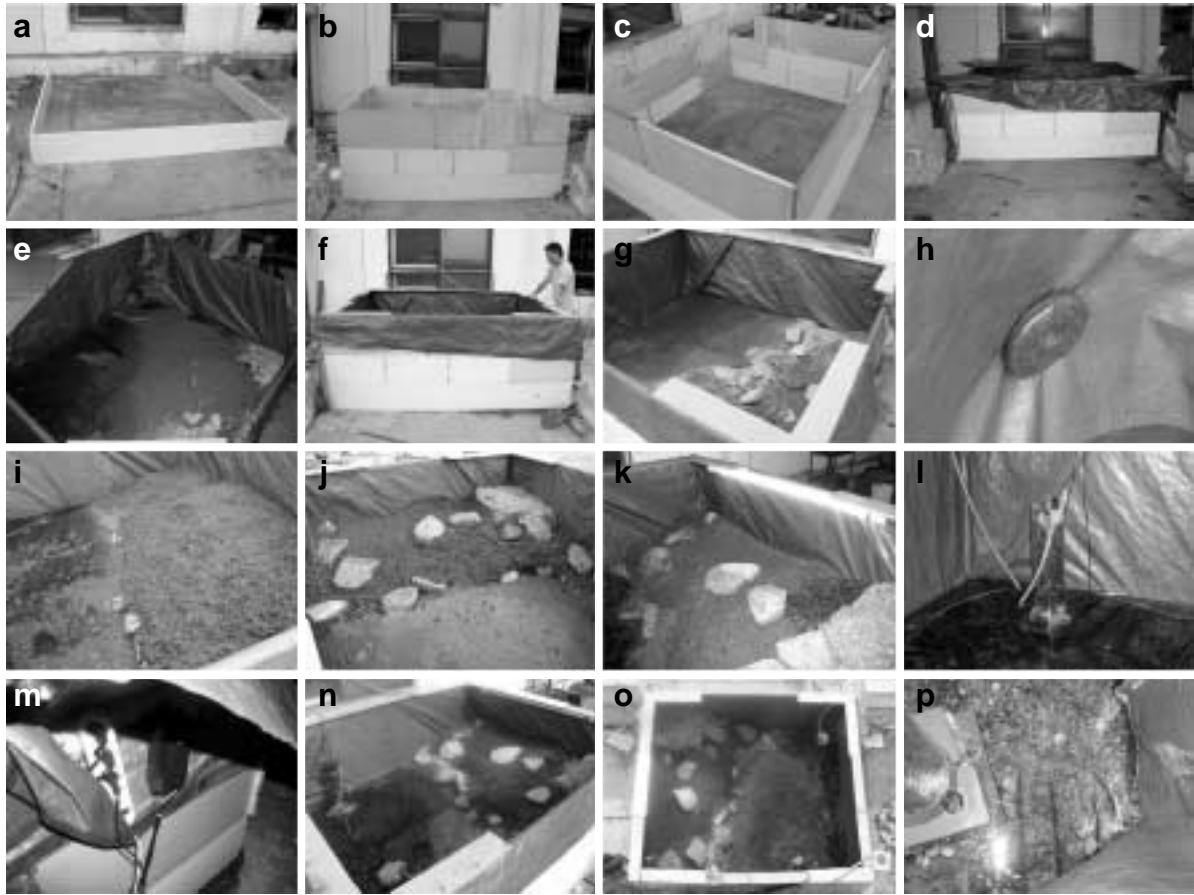


Fig. 4. Construction of an artificial amphibian biotope. a-c, boxing with timber 300×300×80 cm; d, covering a timber skeleton with waterproof materials; e, pouring a 20 cm sand layer; f, amphibian escape preventing edges to a timber skeleton; g, setting rocks on a sand layer up after watering; h, overflow hole with 0.2×0.2 cm mesh; i-k, a 40~60 cm soil layer with peatmoss and setting rocks up for hibernation. l, wet-dry filtering system with 2 underwater pumps (28 W, Eheim 1250); m, waterproof installing electricity gears; n-o, over view of an artificial amphibian biotope; p, swimming *Bombina orientalis*, or Korean fire-bellied toad in an biotope. ※ a to p: from top left to bottom right.

10일 조성된 biotope 내에 수컷 25마리, 암컷 8마리를 입식하였다. 무당개구리의 적응정도와 biotope의 기능 검증을 위해 시간, 날씨, 기온 변화에 따른 입식개체들의 행동을 관찰하였다. Biotope 관찰시 입식개체의 분포를 지상부와 수환경으로 구분하였으며, 관찰되지 않는 개체는 지상부내나 돌 밑에 있는 것으로 간주하였다. 또한, 기온변화에 따른 먹이반응을 살펴보았다. 양서류 번식생태 연구를 위한 본 바이오토프의 단계별 조성과정을 일련의 그림으로 정리하였다(Fig. 4).

결과 및 고찰

양서류 번식생태 연구를 위한 소규모의 biotope 조성하였고, 9월 중 입식한 무당개구리는 biotope 내에 성공

적으로 적응하였으며 입식 후 2개월이 경과한 시점까지 폐사한 개체 및 외부로 탈출한 개체는 없었다. 기후, 기온 변화에 의해 지상부와 수환경에서 관찰되는 개체 수 변화를 확인하였다. 일몰 후에 육상활동이 증가하는 것이 관찰 되었으며, 맑은 날보다는 우천 시 활동성이 높아지는 경향을 보였다. 이는 전형적인 양서류의 행동학적 특징으로 조성된 biotope 내에서 무당개구리의 행동이 자연상태와 가깝게 나타나는 것으로 판단된다. 일중 평균기온이 5°C 이하로 내려가는 시기부터 지상활동이 관찰되지 않았다. 11월초부터 12월말까지 2개월간 33마리의 입식한 개체를 대상으로 주간 매회 10분간 1일 2회 관찰한 결과, 15.0~19.9°C의 온도범위에서 평균적인 외부활동 개체 수는 4.0마리(12.1%), 10.0~14.9°C에서는 4.8마리(14.5%), 5.0~9.9°C에서는 2.3마리(7.0%), 0~4.9°C에서는 0.1마리(0.3%)로 나타났다. 따라서 외부

기온이 동절기로 진행함에 따라 개체의 활동성이 감소하며, 특히 외부 기온 5°C 이하에서 이들이 절대 동면상태로 진입하는 것으로 사료된다. 추후, 장기간의 모니터링을 통해 기후, 기온변화에 따른 무당개구리의 행동학적, 생태학적 특징의 모니터링이 가능할 것으로 사료된다. 본 바이오톱의 조성 목적 중의 하나인 무당개구리의 번식생물학적 연구를 위해서 정소조직을 분석한 결과 실내 사육수조에서 나타난 것과는 달리 계절별로 차이가 나타나는 자연형에 가까운 조직학적 형태변화를 보였다. 동절기로 진입하면서 외부기온이 급감함에 따라 입식개체들이 돌 밑이나 땅속으로 들어가는 동면하는 것이 확인되었다. 따라서 조성한 biotope는 동절기 공시개체를 확보하는 데 효율적인 방법으로 사료되며, 아직 알려지지 않은 무당개구리의 동면생태를 파악하는 데 유리한 샘플링방법이 될 것으로 사료된다. 이러한 방법으로 자연동면을 유도한 양서류로부터 익년 춘계에 성숙한 배우자(정자와 난자)를 얻을 수 있을 것으로 예상되기 때문에 호르몬처리에 의한 배란과 정자형성 유도 없이 인위적인 개입을 최소화한 상태에서 자연번식 생태에 대한 연구가 가능할 것으로 사료된다.

금번에 조성한 biotope은 새로운 연구를 하기 위한 시작단계이다. 향후, 무당개구리를 실험동물로 정착하기 위한 먹이공급방법, 수환경 및 지상부 관리방법, 외기와의 상관관계 등 다양한 관리프로그램 개발연구가 진행되어야 한다. 이와 같은 자연환경을 모방한 생태 biotope은 전세계적으로 개체 수 감소로 인해 종의 보존과 유지 자체에 심각한 도전을 받고 있는 양서류를 대상으로 연중 행동생태, 발생 및 생리, 생화학적 연구에 유용한 실험모델로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

적 요

무당개구리 (*Bombina orientalis*, Korean fire-bellied toad)는 양서강 개구리목 무당개구리과 무당개구리속(Class Amphibia, Order Anura, Family Bombinatoridae Genus *Bombina*)의 무미양서류이다. 소형으로 행동이 느리고 온순하여 취급이 용이하며 실험모델로써 많은 장점이 있으나 번식기를 제외한 개체를 대상으로 한 연구는 시료확보의 난점으로 무당개구리의 계절번식 특성에 대한 연구는 미진하다. 최근 지구온난화의 직간접적인 영향으로 전 세계적으로 무당개구리를 포함한 많은 양서류가 감소하고 있으며 야생채집개체를 활용하는 연구는 점차 규제를 받을 것으로 사료된다. 이전 연구에서 시행되었던 바이오톱 조성 목적과 달리 양서류 번식생물학적 연

구를 위한 자연서식환경 조성은 시도되지 않았다. 본 연구는 무당개구리의 생식, 발생, 생태연구를 실험실 환경에서 수행하기 위한 목적으로 자연서식환경을 모방한 biotope 계획과 조성지침, 그리고 표준처리절차(SOP)를 제시하였다. 조성 후 시험적으로 방사한 개체연구결과로는 실내사육실에서 키웠던 개체와는 달리 자연생태환경에서 관찰되는 계절적 적응현상을 관찰할 수 있었다. 본 지침서를 기초로 조성된 양서류 biotope을 활용하면 온대지방에 서식하는 양서류의 계절번식 생태를 실험실 환경에서 연구하는 데 유용할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 학술진흥재단 중점연구소지원사업(과제번호 KRF-2006-005-J01901)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 문대연. 1999. 동면현상의 분자생물학적 연구. 한국동물학회 뉴스레터. 16:12-16.
- 라남용, 이정현, 박대식. 2007. 먹이 종류에 따른 금개구리 (*Rana plancyi chosonica*) 유생의 성장. 환경생물. 25:8-15.
- 양서영, 김중범, 민미숙, 서재화, 강영진. 2001. 한국의 양서류. 아카데미서적. 187pp.
- 윤일병, 김종인, 양서영. 1998. 한국산 참개구리와 금개구리의 식성에 관한 연구. 환경생물. 16:69-76.
- 이상울. 2003. 생물다양성 복원에 적합한 인공 생태늪. 대한민국의특허청 (KR) 공개특허공보 (A) 10-2003-0007229.
- 최예환, 최중대, 구분준. 2000. 인공습지의 설계방법. 한국관개배수. 7:88-95.
- 최인호. 1994. 개구리의 점프속도와 형태 및 근육 기능과의 관계. 연세대학교 출판부.
- 한국자연환경연구소. 2006. 양서류·파충류 자연 동면구조. 대한민국의특허청 (KR) 등록실용신안공보 (Y1) 20-2006-0002012.
- 한국자연환경연구소. 2006. 양서파충류 서식지용 유도펜스. 대한민국의특허청 (KR) 등록실용신안공보 (Y1) 20-2006-0002016.
- Alford RA, KS Bradfield and SJ Richards. 2007. Ecology: global warming and amphibian losses. Nature 447:E3-4.
- Blaustein AR. 1994. Chicken little or nero's fiddle? A perspective on declining amphibians population. Herpetologica 50:85-97.
- Blaustein AR and DB Wake. 1995. The puzzle of declining amphibian populations. Sci. Am. 272:52-57.

- Carey C and CJ Bryant. 1995. Possible interrelations among environmental toxicants, amphibian development, and decline of amphibian populations. *Environ. Health Perspect.* 103 Suppl. 4:13-17.
- Houlahan JE, CS Findlay, BR Schmidt, AH Myer and SL Kuzmin. 2000. Quantitative evidence for global amphibian population decline. *Nature* 404:752-755.
- McDiarmid RW and R Altig. 1999. Tadpoles - The biology of anuran larvae. The University of Chicago press. London. 444pp.
- Pechmann JHK, DE Scott, RD Semlitsch, JP Caldwell, LJ Vitt and JW Gibbons. 1991. Declining amphibian populations: the problem of separating human impacts from natural fluctuations. *Science* 253:892-895.
- Schwab IR. 2005. An icy stare. *Br. J. Ophthalmol.* 89:1236.
- Tinsley RC and HR Kobel. 1996. The biology of *Xenopus*. Oxford University Press, Oxford, NY. 440pp.
- Wake DB. 1991. Declining amphibian populations. *Science* 253:860.

Manuscript Received: November 22, 2007

Revision Accepted: February 2, 2008

Responsible Editor: Seung Bum Kim