

무당개구리의 생태 및 향아리곰팡이균에 대한 보호대책¹⁾

전영호 · 임헌영²⁾

한국자연환경보전협회 부회장, 사무총장

무당개구리(*Bombina orientalis*)는 개구리목(무미목) 무당개구리과 무당개구리속에 속하는 양서류로 도시를 제외한 우리나라 전역의 산간지대를 비롯한 중국, 러시아에서도 서식한다. 무당개구리라는 이름은 배 부위가 울긋불긋하여 마치 무당 옷 색깔과 비슷하여 붙여진 이름이다. 무당개구리를 지역에 따라서는 뾰쟁이(강원도), 고치메구리(함경북도), 얼룩개구리, 예비균개구리, 독개구리, 비단개구리, 고추개구리 등 여러 가지 이름으로 부른다. 무당개구리는 독성이 있어 영어로는 Fire-bellied Toad, 즉 개구리가 아닌 두꺼비(Toad)라고 부른다. 무당개구리는 다른 개구리에 비하여 사육하기도 쉽고 배면의 피부 색깔이 아름다워 과거에 외국으로 수출되기도 했는데, 최근의 연구에 의하면 한국의 무당개구리에 기생하는 향아리곰팡이균(*Batrachochytrium dendrobatidis*)이 전 세계의 개구리에 감염되어 치명적인 해를 준다고 하는 보고도 있다. 본고에서는 무당개구리의 생태와 향아리곰팡이균의 감염실태 및 양서류 보호대책에 대하여 논하고자 한다.



1. 서식 분포(Inhabitation and Distribution)

무당개구리는 도시 등 낮은 지대에서는 볼 수 없고 주로 산림지대의 계곡, 습지, 하천 주변의 초지, 낙엽, 바위, 돌무덤 등에서 서식한다. 무당개구리는 한국, 중국 동북부, 러시

1)Protection Measures for Ecology and *Batrachochytrium dendrobatidis* of *Bombina orientalis*

2)JEON, Young Ho and LIM, Heon Young, Korean Association for Conservation of Nature,

E-mail: lifephot@hanmail.net

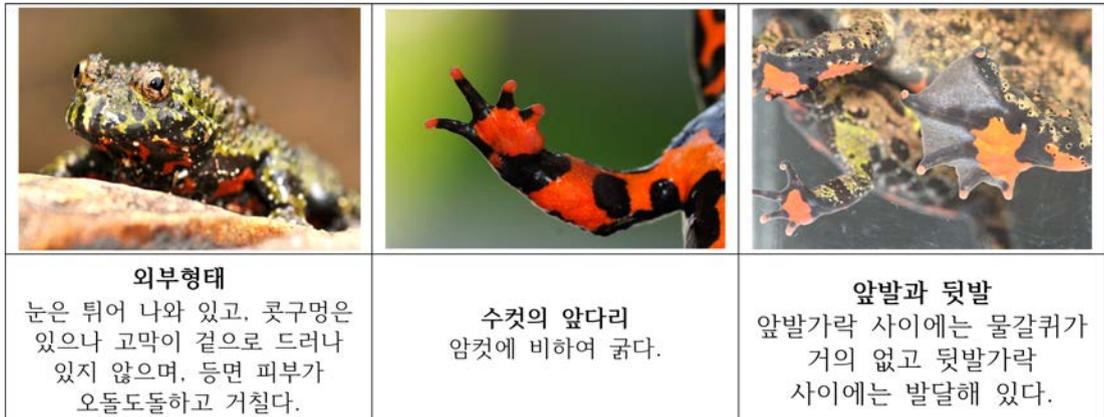
아 연해주 등 동아시아에서 주로 서식하고, 한반도에서는 제주도가 남방 한계선이다.

최근 연구에 의하면 한반도에 다양하게 진화한 무당개구리 집단이 별도로 있는 것으로 밝혀졌다. 브루스 월드만(WALDMAN, BRUCE) 서울대 생명과학부 교수 등 한국과 중국 연구자들은 가평, 춘천, 태백산, 강릉, 연천 등 한국 중북부 지방에 서식하는 무당개구리가 중국 동북부와 러시아 연해주에서 서식하는 북방계 무당개구리와 남한 일대에 서식하는 남방계가 함께 서식하는 것으로 밝혀졌다. 흥미로운 것은 북한산에서 다른 집단과 유전적으로 명확히 구분되는 무당개구리 집단이 사는 것으로 나타났다.



2. 외부형태(External morphology)

무당개구리의 몸길이는 보통 4~5cm이다. 피부의 등면은 거칠어 오돌오돌하고, 색깔은 서식하는 주변 환경에 따라 변이가 심하여 녹색형, 갈색형과 진한 녹색에 불규칙한 검은색 무늬가 섞인 얼룩무늬형이 있다. 배면은 매끄럽고, 붉은색 또는 붉은색 바탕색에 검은색의 불규칙한 무늬가 흩어져 있으며 고막과 울음주머니는 겉으로 드러나 있지 않다. 번식기에는 수컷의 앞다리가 굵어지고, 앞발 1~3번째 발가락에 흑색의 생식혹이 생긴다. 발가락 사이의 물갈퀴는 앞발은 거의 없고 뒷발은 발달해 있다.



3. 암·수 구별(Distinguish the sex)

무당개구리도 다른 양서류와 같이 산란기에만 암·수 특징이 나타나고 그 이후에는 구별하기 어렵다. 수컷은 번식기가 되면 암컷의 가슴이나 배를 잘 움켜질 수 있도록 앞발에 생식혹이 발달한다. 생식혹은 앞발의 1~3번째 발가락과 앞다리 안쪽이 약간 부풀어 검은색의 색소 띠가 형성된다. 또한 수컷의 앞다리는 암컷에 비하여 굵고, 발가락은 암컷이 수컷에 비하여 가늘고 길다. 그리고 수컷은 등면의 색깔이 암컷보다 진하고 돌기가 더 조밀하다. 번식기에 수컷은 목 밑의 피부를 약간 부풀게 하여 ‘꾸웅~꾸웅~꾸웅~’ 하는 낮은 울음소리를 연속적으로 내어 암컷을 유혹한다. 수컷의 울음주머니는 다른 개구리처럼 크게 부풀지 않기 때문에 울음 전후를 자세히 비교해 보아야 알 수 있다.

		
암컷(우하)과 수컷(좌상) 수컷이 색깔이 더 진하다	암컷(좌하)과 수컷(우) 수컷의 앞다리가 더 굵다.	수컷의 울음주머니 수컷은 울음주머니가 있다.

4. 습성(Habit)

무당개구리는 산림지대의 습지, 산골짜기, 하천 주변에 살며, 겨울에는 돌 밑이나 땅 속으로 들어가 동면한다. 번식기에는 습지, 논, 도랑, 물웅덩이 등에 집단으로 모여 암·수 모두 꾸웅-꾸웅-꾸웅- 낮고 가느다란 소리를 내며 매우 격렬하게 짝짓기 행동을 한다. 뱀 등의 천적이 나타나면 자신을 보호하기 위하여 몸을 납작한 상태로 구부리어 턱·배의 빨간색을 드러내면서 앞다리를 높이 쳐들고 뒷다리는 몸통 방향으로 높이 들어 앞다리와 뒷다리 피부의 붉은색을 드러낸다. 그리고 죽은 척하면서 피부의 독샘에서는 독액을 분비한다. 무당개구리의 독액이 사람의 피부에 닿으면 가려움증이나 따가움을 느끼나 생명에 지장을 줄 정도는 아니다.

		
번식기에는 암·수가 물이 고여 있는 산란지에 모여든다.	암컷과 짝짓기 하려고 수컷끼리 치열한 경쟁을 한다.	짝짓기(수컷이 암컷의 배 아래쪽을 움켜 잡는다.)

		
<p>천적이 나타나면 발랑 몸을 구부려 붉은색을 드러낸다.</p>	<p>침처럼 뾰족한 독샘에서 독액이 분비된다.</p>	<p>고무장갑에 묻은 무당개구리의 독액</p>

5. 이동(Movement)

무당개구리는 몸이 편평하고 뒷발에 물갈퀴가 있어 물에서 헤엄을 칠 수가 있다. 그러나 참개구리처럼 뒷다리가 길거나 근육이 발달되어 있지 않아 빠른 속도로 나아가지는 못한다.

		
<p>물에 뜰 때의 자세 몸을 편평하게 하고 눈과 콧구멍은 물 밖으로 내면서 앞·뒷다리를 벌린다.</p>	<p>완만한 물 흐름에서 헤엄칠 때의 자세(물갈퀴가 달린 뒷다리로 물을 밀면서 나아간다.)</p>	<p>물 흐름을 거슬러 헤엄칠 때의 자세(앞다리를 몸에 붙인 채 뒷다리로 물을 힘차게 치고 나아간다.)</p>

땅에서 급하게 이동할 때에도 참개구리처럼 다리가 길거나 근육이 발달되어 있지 않아 점프(Jump)를 하지 않고 폴짝폴짝 뛰기도 한다. 그렇지 않은 경우에는 주로 기어 다닌다. 산간에서는 산기슭의 경사진 곳을 힘겹게 올라가는 장면을 자주 접한다.

		
<p>바위를 기어오르는 무당개구리</p>	<p>바위를 힘겹게 기어오르는 무당개구리</p>	<p>짜짓기한 채 기어오르는 무당개구리 (기어오르다 둥글르기도 한다.)</p>

6. 산란(Oviposition)

무당개구리는 일반적으로 2~3월말에 겨울잠에서 깨어나지만, 산란은 지역 특성에 따라 4~7월까지 폭넓게 이루어진다. 산란 장소는 물이 깨끗하고 수심이 20~30cm 정도의 깊이 않은 논이나, 웅덩이, 길가의 물이 고여 있는 곳 등 2급수 이상의 물 흐름이 없는 곳이다. 알을 낳은 곳이 금방 물이 마르면 부화된 올챙이가 죽으므로 가뭃에도 물이 마르지 않을 곳을 택한다. 이러한 습성은 조상 때부터 시행착오에 의한 학습의 결과로 물이 마르지 않을 장소와 시기를 조절하는 방향으로 진화해 왔을 것이다.

겨울잠에서 깨어난 무당개구리는 물이 고여 있는 얇은 곳으로 암컷과 수컷이 모여든다. 수컷과 짝짓기 한 암컷은 5~15개씩의 알을 물풀, 낙엽, 돌 등에 띄엄띄엄 붙여 산란한다.

		
무당개구리의 산란 장소 물이 고여 있는 곳	무당개구리의 산란 장소 임도에 빗물이 고여 있는 곳	무당개구리의 산란 장소 수심이 낮은 산간 웅덩이
		
고마리에 붙여 산란된 알덩이	물풀에 붙여 산란된 알덩이	지푸라기에 붙여 산란된 알덩이

7. 생활사(Life cycle)

무당개구리 성체의 암·수 짝짓기, 산란, 알(부화), 올챙이(유생), 성체가 되기까지의 과정을 알아보기 위하여 필자는 수년 동안 필드에서 무당개구리의 생활사를 조사하였다.

		
암컷과 수컷의 짝짓기 (2018년 4월 30일)	산란된 알덩이 (5월 1일)	낭배기(수정란의 세포가 안으로 함몰되어 감)

미아배(어린 올챙이 모양으로 발생되어 감)	알에서 어린 올챙이가 부화됨	어린 올챙이(5월 22일)
뒷다리가 나오기 시작함	앞다리가 나옴	꼬리가 서서히 짧아짐 (폐호흡이 시작됨)
꼬리가 짧아짐	폐호흡하기 위해 물 밖으로 자주 나옴	어린 무당개구리가 됨 (9월 17일)

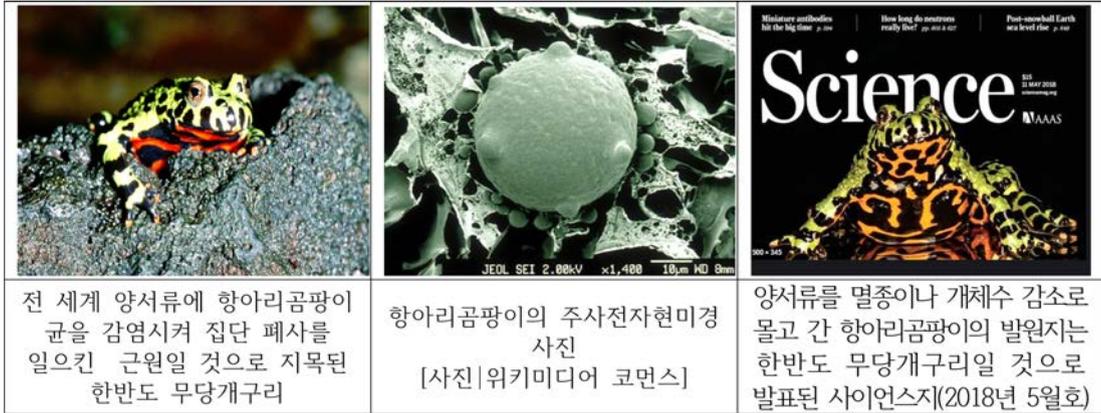
선택한 종을 지속적으로 조사하는 것이 가장 좋은 방법이나 현재로서는 매우 어려우므로 여러 서식지에서 무당개구리의 생활사를 조사하였다.

8. 전 세계 양서류 개체수 감소의 주병원체인 항아리곰팡이(*Batrachochytrium dendrobatidis*)

호주국립대 연구진은 2018년 국제학술지 사이언스에 ‘지난 50년 사이 전 세계 양서류 중 적어도 501종의 개체 수가 감소했으며, 이 가운데 124종은 90% 이상 개체 수가 감소되고 90종은 이미 멸종했다.’는 내용의 연구 결과를 발표했다.

더욱 놀라운 것은 수많은 양서류를 멸종이나 개체수 감소로 몰고 간 균은 항아리곰팡이(*Batrachochytrium dendrobatidis*)라는 것인데, 이 균은 한국에서 퍼졌을 것이라고 추론했다는 것이다. 항아리곰팡이는 개구리나 도롱뇽 등 양서류에서만 전염되는 병원균으로, 이 곰팡이 이름인 ‘키티리드(Chytrid)’는 라틴어로 ‘항아리’라는 의미이다. 양서류 호상균 또는 통곰팡이라고도 불리는 단세포성 진균으로 양서류의 피부를 구성하는 단백질성 케라틴을 먹어서 피부호흡을 방해하는 건 물론 키티리디오마이코시스(Chytridiomycosis)라는

피부병을 유발해 양서류를 죽인다. 이 피부병은 어떤 양서류에게는 100% 치사율을 또는 신발적인 죽음을 일으킨다. 현재로서 야생에서 이 병을 제어할 수 있는 방법이 없다는 것이다.



향아리곰팡이는 1993년 오스트레일리아에서 처음 발견된 균으로 원래 아프리카에서 유래했을 것으로 추정되었으나 이번 연구 결과 한반도가 발원지라는 연구결과가 나왔다. 2018년 5월 11일자 사이언스의 발표에 의하면 21개국 38개 연구기관에서 향아리곰팡이 균 시료를 채취해 분석했더니 한국에서 채취한 향아리곰팡이 균의 유전적 다양성이 가장 높았다는 것이다.

이 균이 세계적으로 퍼지기 시작한 시기는 대략 50~120년 전 쯤으로 추정되는데, 이때는 개구리들이 연구, 애완, 식용 등으로 국제무역이 활발히 거래된 시기와 일치한다. 무당개구리는 한국의 양서류 중 사육하기가 쉽고 턱, 배, 다리의 아래쪽 부위가 울긋불긋하기 때문에 애완용으로의 가치가 높아 과거에 외국으로 반출되었다.

그러면 우리나라에 서식하는 무당개구리를 비롯한 양서류는 향아리곰팡이 균의 피해를 받았다고 하는 보고가 없을까? 연구자들에 의하면 한국의 양서류는 아주 오래전부터 감염되었으나 면역체계를 갖추어 내성을 가지는 쪽으로 진화하여 피해를 상대적으로 덜 받았을 가능성이 높다는 것이다.

한편 국내 연구자에 의하면 무당개구리가 아닌 황소개구리가 향아리곰팡이의 발원지일 것이라는 의견을 내 놓았다. 연구에 의하면 우리나라의 멸종위기종인 수원청개구리가 향아리곰팡이에 감염될 확률은 황소개구리가 서식하는 장소와 동일할 경우 2.5배가 더 높다고 한다.

다행히 2010년 12월부터 향아리곰팡이가 만연되었던 오스트레일리아, 북남미 지역의 개체수가 증가하고 있다고 한다. 양서류의 번식주기가 짧아서 지난 20년 동안 내성 즉 저항성을 갖춘 개체들이 늘어난 결과라는 것이다. 그러나 고립된 섬 지역, 고산지대에 서식

하는 종들에게는 여전히 위험한 상태이다. 이런 점을 감안해 본다면 야생 양서류의 생존을 지키기 위해서 수출입시 검역을 철저히 하여 외부의 병원체를 차단시키는 등의 ‘대륙간 생물안전성’에 지속적인 관심을 기울여야 한다.(※ 출처 : <https://namu.wiki>, <http://www.greenpostkorea.co.kr>)

9. 향아리곰팡이의 특성

향아리곰팡이는 37°C에서는 4시간 만에 죽지만, 26°C 이하에서는 숙주만 있으면 죽지 않는다고 한다. 숙주가 없어도 3주 동안 생존하기 때문에, 야생에 나가면 향아리곰팡이를 제거하기가 어렵다고 한다.

아시아, 유럽, 아프리카의 개구리는 향아리곰팡이에 내성이 있어서 감염되어도 생명에 위험이 없지만, 남아메리카와 호주에서 피해가 큰 이유는 향아리곰팡이에 접해본 적이 없어서 내성이 없기 때문이다.

10. 향아리곰팡이가 어떻게 양서류에 피부병을 일으키는가?

곰팡이 포자(유주자)는 물속을 헤엄쳐서 자유롭게 옮겨 다니며, 숙주 없이도 3주 정도는 살아남는다. 감염된 개체와 직접 접촉하지 않아도, 주변의 양서류들이 모두 향아리곰팡이에 감염될 수 있다.



<그림> 개구리에 기생한 향아리곰팡이병의 생활사(개구리 피부에서 성장 → 포자낭에서 포자 방출 → 개구리 2주 내 사망 → 향아리형 포자낭에서 유주자로 탈출(적정온도 23°C) → 물속에서 유주자로 다른 개구리 피부에 침투하여 증식함)
<http://www.alison-barke.com>

<그림>에서 처럼 향아리곰팡이병의 전염과 개구리 사망 과정은 “개구리 피부에서 성장 → 포자낭에서 포자 방출 → 개구리 2주내 사망 → 개구리 피부의 향아리형 포자낭에서 유주자로 변함(적정 온도 23°C) → 다른 개구리 피부에 침투하여 증식” 하게 된다.

11. 향아리곰팡이에서 양서류의 보호대책

향아리곰팡이로부터 양서류를 보호하기 위한 대책으로는 다음과 같다.

첫째, 국제교류에 따른 한국의 무당개구리가 전 세계에 확산된 향아리곰팡이병의 원인 일 수 있다는 연구 보고가 있었으나, 국내의 양서류에 큰 피해를 가져 오지는 않았다. 그러나 최근 많은 애완 양서류·파충류가 수입되고 있는데, 예상치 못한 향아리곰팡이균처럼 때론 양서류가 멸종위기에 이를 수 있다는 경각심을 가져야 하며 이에 따른 철저한 검역이 필요하다.

둘째, 국내에 서식하는 양서류(7과 19종) 중 무당개구리는 경계색과 더불어 피부에서 독액을 내뿜어 자신을 보호하는가 하면, 위험상황에서는 죽은 척 의태 행동을 보이는 등 오랜 환경속에 생존에 유리하게 진화하여 적응하였다. 무당개구리는 색상이 아름다워 관광용으로 해외에 값싸게 수출되었으나 앞으로는 고부가 가치적으로 서식환경을 잘 보존하여 안정적인 생태계 유지가 필요하다.

셋째, 양서류는 봄부터 여름까지 종류를 달리하여 산란을 한다. 이러한 강점을 이용하여 양서류의 다양성과 개체수를 늘림으로써 해충의 제거는 물론 생태계의 먹이망을 안전하게 구축해야 한다.

넷째, 양서류의 피부에서 분비되는 독소와 분자적 구조를 밝히고 생체 활용을 통한 인간 질병 예방 물질의 발견과 다각적인 연구로 4차 산업으로 발전시켜 나가야 한다.

참고문헌

- 국립환경과학원, 2012. 한국의 주요 외래 동식물, 지오북
 김종범, 송재영, 2010. 한국의 양서류·파충류, 월드사이언스
 심재한, 2001. 생명을 노래하는 개구리. 도서출판 다른세상
 전영호, 임현영 외, 2018. 양서류 탐구도감, 교학사
 나무위키(<https://namu.wiki>)
 미래&과학(http://www.hani.co.kr/arti/science/science_general/844161.html)
 그린포스트코리아(<http://www.greenpostkorea.co.kr/news/articleView.html?idxno=103162>)
 한겨레신문(<http://www.hani.co.kr/arti/society/environment/773795.html>)
 O'Hanlon *et al.*, 2018. Recent Asian Origin of Chytrid Fungi Causing Global Amphibian Declines. *Science* 360, 621-627(2018) 11. May. <http://science.sciencemag.org/on>