

농촌과 도시 지역에 서식하는 청개구리 (*Hyla japonica*)의 건강도 비교

Comparison of Health Status of Japanese Tree Frog (*Hyla Japonica*) in a Rural and an Urban Area

박소현 · 조강현*

인하대학교 생명과학과

So Hyun Park and Kang-Hyun Cho*

Department of Biological Sciences, Inha University, Incheon 22212, Korea

Received 29 March 2017, revised 30 March 2017, accepted 30 March 2017, published online 31 March 2017

ABSTRACT: Urbanization is a major driver of global amphibian declines. For the study on the effect of urbanization on amphibians, we compared the growth and the health status of *Hyla japonica* amphibians collected in the urban areas of Incheon and in the rural area of Gapyeong, Korea. The size and weight of *Hyla japonica* body in the urban area were smaller than those in the rural area. However, there was no significant difference in their condition factors as a health indicator between the two areas. Our study emphasizes the need for research into the specific mechanism of effects of urbanization on amphibian health status for the further understanding of the relationship between urbanization and amphibians.

KEYWORDS: Amphibian, Condition factor, *Hyla japonica*, Morphology, Urbanization

요 약: 도시화는 전지구적 양서류 쇠퇴의 주요한 원인이 되고 있다. 본 연구에서는 도시화가 양서류 생장에 미치는 영향을 파악하고자, 인천 도시지역과 가평 농촌지역의 논에 서식하는 청개구리의 형태와 건강도를 비교하였다. 도시지역에 서식하는 청개구리의 체장과 체중은 농촌지역보다 작았다. 그러나 건강도를 나타내는 비만도에는 두 지역간에 차이가 없었다. 도시화와 양서류의 관계를 보다 명확히 이해하기 위해서는 도시화가 양서류에 영향을 미치는 구체적인 기작에 대한 연구가 필요하다고 판단된다.

핵심어: 양서류, 비만도, 청개구리, 형태, 도시화

1. 서 론

토지이용 변화는 전세계적으로 양서류 쇠퇴를 유발하는 주요 요인이다 (Stuart et al. 2004). 특히 도시화의 확대는 수생 서식지의 수문 변화, 퇴적물과 오염물의 농도 증가, 도로에 의한 로드킬, 서식지 단편화 등을 유발하고 있다 (Hamer and MacDonnell 2008). 그러나 오랫동안 인간의 주거지에서 나타나는 일부의 양서류는 경관 조성의 변화에 내성을 나타내기도 한다 (Hartel

et al. 2010). 도시화에 따른 어떤 구체적인 환경의 변화가 양서류에 영향을 미치는지에 대하여 잘 알려져 있지 않다 (Naito et al. 2012, Marsh et al. 2017).

양서류는 수생환경과 육상생활을 전 생활사에 걸쳐 서식지로 이용하기 때문에 다양한 환경의 변화에 민감하게 반응할 수 있다 (Sewell and Griffiths 2009). 따라서 양서류를 환경 변화와 교란을 평가하기 위한 지표생물로서 이용하고 있다 (Carignan and Villard 2002). 특히 양서류는 도시화에 따른 환경오염으로 발달단계에

*Corresponding author: khcho@inha.ac.kr, ORCID 0000-0003-4546-3546

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서의 이상, 신경계 손상, 형태적 기형 등의 문제로 그 개체수가 급격하게 감소하고 있다(Hegde and Krishnamurthy 2014). 양서류는 생태계의 먹이사슬에서 중간 소비자로서 중요한 위치를 차지하므로 이들의 쇠퇴가 전체 먹이사슬에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

우리나라의 대표적인 양서류인 청개구리는 한반도 전역에 분포하고 도시화된 지역을 비롯한 다양한 환경에서 서식하고 있기 때문에 이들의 생장과 발달을 이용하여 서식지의 생태환경을 평가하기에 적합한 종이라고 판단된다. 우리나라에서 도시화가 급속하게 진행되어 도시화에 의한 환경변화를 지표생물을 이용하여 모니터링할 필요성이 크다고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 도시지역의 고립된 논 경작지와 산지의 농촌지역에 연결된 논에 서식하는 청개구리 개체군을 대상으로 이들의 외부 형태와 건강도를 비교하여, 도시화가 양서류 생장에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구 대상종

청개구리 (*Hyla japonica*)는 양서강 무미목 청개구

리과에 속하는 양서류이다. 이 종은 한반도 전역을 포함하여 일본, 중국의 중북부, 북만주, 극동러시아 남부에 분포한다(Kuzmin et al. 2017). 청개구리는 논, 산림지대, 초원지대, 습지대, 하천, 호수, 연못 등 다양한 환경에서 서식한다. 특히 이들의 주서식지가 우리나라에서 논으로 알려져 있다. 이 종은 서식지 교란에 다소 내성이 있으며 대도시에서도 발견된다(Kuzmin et al. 2017).

청개구리의 크기는 몸길이 2.5-4 cm로서 암컷이 수컷보다 크다(NIBR 2017). 보통 4, 5월에 물이 고인 농지에서 작은 덩어리로 물풀 등에 부착하여 알을 낳는다. 수컷은 턱 밑에 큰 울음주머니를 이용하여 산란기나 습도가 높은 날에 큰소리로 운다(Ham 2014). 여름에서 가을에 걸쳐 변태하여 물 밖으로 나온다. 번식과 산란을 끝낸 개체는 낙엽, 돌, 흙 아래에서 동면에 들어간다.

2.2 조사지 개황

청개구리의 건강도를 비교하기 위한 조사지는 농촌 지역으로서 강원도 가평군과 도시지역으로서 인천시에 위치한 논을 선정하였다(Fig. 1). 농촌지역 서식지로서 경기도 가평군 설악면 천안리에 위치한 논(위도

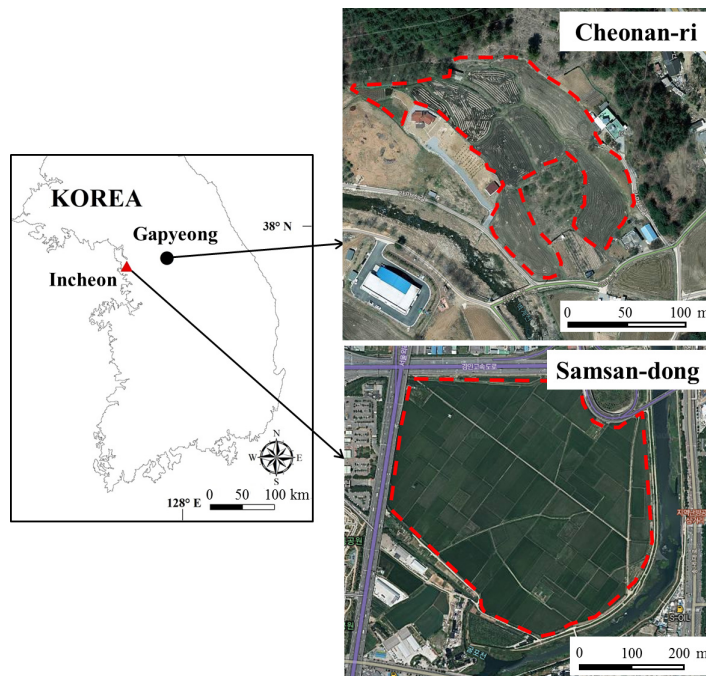


Fig. 1. Map showing the study area in a rural (Gapyeong) and an urban (Incheon) area, Korea. Red dotted lines indicate the sampling areas for *Hyla japonica*.

37°38'27" N, 경도127°28'16" E)이었다 (Fig. 1). 채집 장소인 논은 총면적은 약 12,300 m²이다. 이곳의 논은 해발 650 m의 통방산의 산악지에 위치하며 인가를 제외한 토지는 대부분 논과 밭으로 이용되고 있다. 채집지를 따라서 동쪽에서 북쪽으로 벽계천이 돌아 흐르고 있었다. 이 벽계천을 따라서 채집지 논이 주변의 논과 연결되어 있었다.

한편 도시지역인 인천광역시 부평구 삼산동에 위치한 서운교 주변의 논 (위도 37°31'16" N, 경도 126°45'20" E)은 도로, 거주지, 상업지, 산업지 등의 개발지로 둘러싸여 단편화된 청개구리 서식지이었다. 이곳 총면적 약 451,700 m²의 논은 남쪽과 동쪽으로 굴포천이 돌아 흐르고 있었다.

2.3 현장 조사

청개구리의 주 서식지인 논에서 주로 포접에 참여하는 개체를 위주로 야간에 포획하였다. 농촌지역인 가평에서는 2015년 5월 29일에 일몰 이후부터 저녁 11시까지 총 22개체의 청개구리를 포획하였다. 이날의 날씨는 맑았으며 일평균기온은 21.4°C이었다. 도시지역인 인천에서는 2015년 5월 24일에 일몰 이후부터 저녁 11시까지 총 14개체의 청개구리를 포획하였다. 채집일의 날씨는 쾌청하였으며 일평균기온이 18.6°C이었다.

현장에서 일몰 후에 울음소리가 들리는 곳이나 청개구리가 매달릴 수 있는 물체에 랜턴을 비추어 손과 뜰채를 이용하여 청개구리를 포획하였다. 포획한 개체는 얼음이 들어있는 아이스박스에 넣어 움직임을 둔하게 하였다. 저온 처리된 개체에서 버니어 캘리퍼스와 전자저울을 이용하여 체장 (SVL, snout-vent length), 두폭 (HW, head width) 및 체중 (BM, body mass)을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

농촌지역인 가평과 도시지역인 인천의 논에 서식하는 청개구리의 체형을 비교하면, 체장 (SVL)과 체중 (BM)은 농촌지역의 개체가 도시지역보다 유의하게 컸다 (Table 1). 두폭 (HW)은 두 지역간 유의한 차가 없었으나 농촌지역이 큰 경향을 보였다. 한편 체중과 체장의 비율로 나타내는 비만도 (condition factor, CF) (Froese 2006)는 두 지역간에 유의한 차가 없었다. 그러므로 농촌지역의 청개구리가 도시지역보다 체형은 컸으나 비만도에서는 차이가 나타나지 않았다.

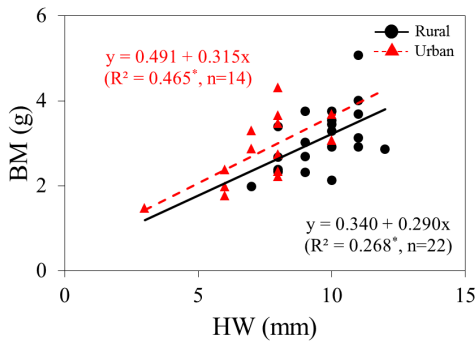
두 지역에서 채집한 청개구리의 체형에 대한 측정 항목간의 직선회귀분석을 실시하였다 (Fig. 2). 두폭 (HW)과 체중 (BM)의 관계에서 두 요인 사이에 유의한 상관성이 있었다. 또한 두폭을 독립변수로 체중을 종속변수로 한 직선회귀식의 기울기가 도시지역의 청개구리가 농촌지역보다 큰 경향이 있었다. 체장 (SVL)과 체중 (BM)의 관계에서는 반대로 농촌지역의 청개구리의 직선회귀식 기울기가 도시지역보다 컸다. 따라서 농촌지역의 청개구리가 체형이 커짐에 따라서 도시지역보다 빠르게 체중이 늘어나는 것으로 판단되었다. 이러한 결과는 동부와 중부 미국에서 도로와 도시화에 따라서 개구리 체형과 운동성에는 영향을 미치지 않는다는 결과와는 차이가 있었다 (Marsh et al. 2017).

청개구리의 성장과 건강도는 온도, 습도, 고도, 서식지의 크기와 연결성뿐만 아니라 기타 다양한 환경 요인에 영향을 받는다 (Hamer and McDonnell 2008). 특히 양서류인 청개구리는 전 생활사에 걸쳐 수생과 육상 생활을 병행하기에 때문에 더욱 많은 환경요소에 영향을 받는다 (Alford 2010). 본 연구의 결과에 따르면 도시지역과 농촌지역에서 청개구리의 주요 서식지인 논

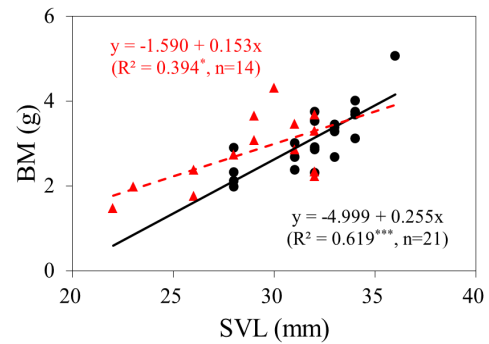
Table 1. Comparisons of morphological phenotypes of of *Hyla japonica* in a rural (Gapyeong) and an urban (Incheon) area, Korea.

Phenotype	Habitat		Significant level
	Rural	Urban	
Head width (HW) (mm)	9.6±1.3	7.4±1.8	ns ($p > 0.05$)
Snout-vent length (SVL) (mm)	31.9±2.2	28.8±3.4	* ($p < 0.05$)
Body mass (BM) (g)	3.1±0.7	2.8±0.8	* * * ($p < 0.001$)
Condition factor (CF) ¹	96.9±17.6	96.6±23.0	ns ($p > 0.05$)

¹CF = (BM/SVL) × 10³



(a) Head width (HW) and body mass (BM)



(b) Snout-vent length (SVL) and body mass (BM)

Fig. 2. Comparisons of the relationships among phenotypes of *Hyla japonica* in a rural (Gapyeong) and an urban (Incheon) area, Korea.

에서 이들의 체형은 농촌지역이 도시지역보다 컸으나 건강도를 나타내는 비만도에는 차이가 없었다. 그러나 본 조사에서는 조사지와 조사개체수가 많지 않았고, 암수의 구분 및 생활사를 고려하지 않고 특정시기만 조사한 연구의 제한점을 가지고 있다. 따라서 청개구리의 생활사에 따라서 다양한 환경, 먹이원, 종간관계 등을 고려하여 도시화에 따른 이들의 건강도 변화에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비 지원 (12기술혁신C02)에 의해 수행되었습니다.

References

- Alford, R.A. 2010. Declines and the global status of amphibians. In, Sparling, D.W., Linder, G., Bishop, C.A. and Krest, S. (eds.), *Ecotoxicology of Reptiles and Amphibians*. SETAC Press, Pensacola, Florida, USA. pp. 13-45.
- Carignan, V. and Villard, M.A. 2002. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment* 78(1): 45-61.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology* 22(4): 241-253.
- Ham, C.H. 2014. Morphology, age structure and mating call characteristics of Japanese tree frog (*Hyla Japonica*) and Suweon tree frog (*Hyla Suweonensis*). Master Thesis, Jeonnam National University, Jeonju, Korea. (in Korean)
- Hamer, A.J. and McDonnell, M.J. 2008. Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: a review. *Biological Conservation* 141(10): 2432-2449.
- Hartel, T., Schweiger, O., Öllerer, K., Cogălniceanu, D. and Arntzen, J.W. 2010. Amphibian distribution in a traditionally managed rural landscape of Eastern Europe: probing the effect of landscape composition. *Biological Conservation* 143(5): 1118-1124.
- Hegde, G. and Krishnamurthy, S.V. 2014. Analysis of health status of the frog *Fejervarya limnocharis* (Anura: Ranidae) living in rice paddy fields of Western Ghats, using body condition factor and AChE content. *Ecotoxicology and Environmental Contamination* 9(1): 69-76.
- Kuzmin, S., Maslova, I., Matsui, M., Liang, F. and Kaneko, Y. 2004. *Hyla japonica*. The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T55519A11323792. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2004.RLTS.T55519A11323792.en>. Assessed 27 March 2017.
- Marsh, D.M., Cosentino, B.J., Jones, K.S., Apodaca, J.J., Beard, K.H., Bell, J.M., ... and Forsys, E.A. 2017. Effects of roads and land use on frog distributions across spatial scales and regions in the Eastern and Central United States. *Diversity and Distributions* 23(2):158-170.
- Naito, R., Yamasaki, M., Natuhara, Y. and Morimoto, Y. 2012. Effects of water management, connectivity, and surrounding land use on habitat use by frogs in rice paddies in Japan. *Zoological Science* 29(9): 577-584.
- NIBR. 2017. https://species.nibr.go.kr/home/mainHome.do?cont_link=014&subMenu=014003&contCd=014003&&tsn=120000001380. National Institute of Biological Resources. Assessed 28 March 2017.
- Sewell, D. and Griffiths, R.A. 2009. Can a single amphibian species be a good biodiversity indicator? *Diversity* 1(2): 102-117.
- Stuart, S.N., Chanson, J.S., Cox, N.A., Young, B.E., Rodrigues, A.S., Fischman, D.L. and Waller, R.W. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science* 306(5702): 1783-1786.