

부산시 명지지구에 서식하는 맹꽁이 개체군 생태연구

홍성구*·안치경*·김현정*·오기철**·박선영*·나수미·이훈복**

서울여자대학교, 생명환경공학과
*서울여자대학교 대학원, 생물학과
**낙동강유역환경청

Ecological Study of Narrow-mouthed Toad (*Kaloula borealis*) Population at Myeongji District in Busan Metropolitan City

Sung-Gu Hong*·Chi-Kyung An*·Hyun-jung Kim*·Ki Cheol Oh**·Sun Young Park*·Sumi Na·Hoonbok Yi**

Department of Bio & Environmental Technology, Seoul Women's University

*Department of Biology, Graduate School of Seoul Women's University

**Nakdong River Basin Environmental Office

(Received : 11 January 2017, Revised: 04 February 2017, Accepted: 20 February 2017)

요약

본 연구의 목적은 맹꽁이의 현 서식지의 생태적 특성을 분석하기 위해 맹꽁이를 포획하고, 맹꽁이 개체군을 보존하기 위한 것이다. 본 연구는 부산광역시 강서구 명지동 일원에 서식하는 맹꽁이를 2013년 8월 2일부터 2013년 11월 7일까지 포획하였고, 함정 트랩 240개(30 cm height X 20 cm width)를 주요 식생을 위주로 7가지의 맹꽁이 주요 서식지로 구분하고 설치하여 맹꽁이를 포획하였으며, 서식지별 환경 특성 요소들(토양 구성요소, 토양 습도, 대기 습도, 토양온도)을 측정하였다. 맹꽁이의 서식지는 대부분 초지와 아까시나무가 자생하는 평지 초원이었으며, 곳곳에 습지를 포함하고 있는 환경이었다. 맹꽁이는 846개체를 포획하였으며 VIE-tag을 몸에 투입시켜 다시 새로운 서식지에 방사하였다. 맹꽁이 개체군은 물역새군락에서 가장 많은 포획율을 나타냈으며, 나지에서 가장 낮은 포획율이 나타났는데, 이는 한낮의 뜨거운 햇빛으로부터 보호받지 못하며, 또한 천적으로부터 은폐하기에 부적합한 환경이기 때문이다. 포획한 맹꽁이 중 127개체의 성별을 암컷 76개체, 수컷 51개체로 나타냈고, 전장 및 무게를 측정한 결과 평균 길이는 암컷 45.2 ± 0.32 (mm), 수컷 41.8 ± 0.26 (mm)으로 측정되었다. 또한 무게를 측정한 결과, 암컷 13.2 ± 0.17 (g), 수컷 11.1 ± 0.13 (g)으로 측정되었다. 본 연구를 통하여 맹꽁이의 활동에 가장 큰 영향을 주는 기상 요건은 온도인 것으로 나타났고, 본 연구 결과 15.6°C 이하의 온도에서는 활동성이 현저히 낮은 것으로 나타났으며, 그 보다 더 온도가 낮아질 경우 동면에 들어가는 것으로 확인되었다. 본 연구를 통하여 명지지구 개발로 인하여 서식지 파괴 및 개체군의 절멸의 위험에 있던 명지지구 일원에 서식하는 맹꽁이 개체군의 생존연속성을 지속시킬 수 있으며, 나아가 서식지 분석을 통하여 추후 명지지구 내에 생태공원 조성시 맹꽁이가 선호하는 서식환경의 기초자료로 활용 가능할 것으로 예상된다.

핵심용어 : 맹꽁이, 함정트랩, VIE-tag

Abstract

The purpose of this study is to analyze the current original habitat and to conserve the narrow-mouthed toad populations. For this study, we used 240 pitfall traps (30 cm height X 20 cm width) to catch the narrow-mouthed toads that inhabit in Myeongji-dong, Gangseo-gu, in Busan metropolitan city from August 2, 2013 to November 7, 2013. We measured the environmental characteristics (soil composition factors, soil moisture, Humidity, soil temperature) for the seven habitat patterns of narrow-mouthed toads based on vegetation types. Main habitats of narrow mouthed toads were flat grassland where grass and false acacia grew and there was wetland all over the place. When analyzing habitats that main habitats of narrow-mouthed toads prefer after selecting representative seven vegetation, it was found that the most narrow-mouthed toads were caught in amur silver grass colony while the least narrow-mouthed toads were caught in bare land. Totally, we caught 846 narrow-mouthed toads over 68 times, and released them into the newly constructed habitat after injection VIE-tag. It seems that the reason for which the least narrow mouthed toads were caught in bare land is that bare land is not suitable for narrow mouthed toads to protect

* To whom correspondence should be addressed.
Department of Biology, Graduate School of Seoul Women's University
E-mail: yih@swu.ac.kr

themselves from strong sunlight and to hide themselves from natural enemy. We found that temperature had the greatest influence on activities of narrow mouthed toads and at temperature of less than 15.6°C. We also found that the activities of narrow mouthed toads were remarkably low and then temperature was below 15.6°C. It meant that narrow mouthed toads seemed to go into hibernation. From this research, we could find the prefer habitat after analyzing habitats for the narrow-mouthed toads and could suggest for construction for the better habitat of narrow-mouthed toads.

Key words : Gayasan national park, Vegetation distribution, Geographic information system(GIS), Warmth index, Topographic index

1. 서 론

과거 반세기 동안 지구상의 다양한 지역에서 양서류들이 감소되고 있으며(Lips, 1998), 현재까지 알려진 양서류의 32%가 멸종위험을 받고 있고, 그 중 최소 43% 정도는 개체수의 감소가 계속 이루어지고 있는 것으로 알려져 있다. 양서류는 환경 지표종으로 간주되기 때문에 양서류의 감소는 세계 여러 나라에서 문제시 되고 있다(Collins and Storfer, 2003). 양서류의 종수 감소 및 개체수의 감소는 세계인구의 급증과 관련이 깊은데, 인구 증가로 인하여 주거 지역의 확대 및 산업시설의 확장으로 인해서 양서류의 서식지 감소 및 서식지의 단편화 등으로 인한 양서류의 생존 문제가 심각하게 대두되고 있는 실정이다. 우리나라도 예외는 아니어서 과거에 흔히 볼 수 있었던 맹꽁이(*Kaloula borealis*)는 택지개발, 농경지 개발, 과도한 농약사용 등으로 인해 맹꽁이의 개체수가 현저히 줄어든 종이다(Yang et al., 2000). 환경부에서는 1989년에 맹꽁이를 멸종위기 야생생물 II급으로 지정하여 보호하고 있으나, 맹꽁이의 서식지 감소 및 개체수의 감소는 여전하므로 맹꽁이 종 보전에 필요한 기초적 데이터가 절대적으로 필요하며, 맹꽁이 개체군의 생태연구는 지속적으로 수행되어야 한다.

맹꽁이를 비롯한 야생동물들의 서식지 감소 및 서식지 단편화는 생태계 네트워크의 단절을 가져왔으며, 결과적으로 개체수 감소, 종 다양성 감소를 가져왔다(Hwang, 2000). 따라서 야생동물 서식지가 불가피하게 훼손되거나 소실될 상황에 있는 경우에는 서식지 복원 및 대체 서식지 조성이 필요하다. 습지보전법에서 서식지의 한 유형인 습지를 훼손할 경우 일정 면적의 습지를 존치하거나 인공습지 조성을 권장하고 있으며, 환경영향평가 시 습지 등 서식지 훼손 저감 전략으로 대체서식지를 조성하도록 하고 있다(MOE, 2011).

우리나라 맹꽁이 서식지는 제주도를 포함하여 전국에 분포하고 있으며, 맹꽁이 행동 특성은 주간에는 돌 밑 또는 땅속에 은신하고 있어서, 개체 발견 및 포획이 어려우며, 주로 야간에만 활동하는 것으로 알려져 있다(Ko, 2012). 또한 이동성이 낮고, 서식반경이 좁은 특성 때문에 맹꽁이가 서식하는 지역에 대규모 공사가 진행될 경우 국지적 절멸 위기가 큰 종이므로, 적극적인 보호가 필요한 종이다. 그러므로 중요도가 높은 생물자원인 맹꽁이의 서식지는 보전계획을 수립하는 것이 필요하며, 불가피하게 훼손되거나

소실될 상황에 있는 서식지는 효율적인 방법으로 복원하거나 기존의 서식공간을 대체하여 새로운 서식지를 조성해야 할 필요성이 높아지고 있다(Kim et al., 2010).

본 연구는 2008년도 부산·진해 경제자유구역 택지개발 사업의 하나인 부산광역시 명지지구 개발 사업지에 서식하는 맹꽁이 개체군을 보존하기 위해 대체 서식지를 조성하여 이주시키기 위한 것이다. 그러므로 맹꽁이의 서식지 특성을 조사하고 맹꽁이가 선호하는 서식환경을 분석하여, 맹꽁이 서식지 복원 및 대체서식지 조성 시 기초적인 생태자료로 이용하는데 목적을 두고 있다.

한편 대체서식지에 방사한 맹꽁이의 적응 및 서식실태를 파악하기 위하여 모니터링을 실시할 계획이며, 음성신호를 이용한 모니터링 결과(No, 2007) 다른 양서류보다는 맹꽁이의 재발견율은 가장 낮게 나타나므로, 명지지구 대체서식지의 경우 재발견율을 높이기 위하여 유도트랩을 설치하여 모니터링을 실시할 계획이다.

2. 방 법

본 연구지는 2008년도 부산·진해 경제자유구역으로 지정하여 택지개발을 실시하는 부산광역시 강서구 명지동 일원 지역(위도: 35° 06' 13.63", 경도: 128° 54' 17.39" 면적: 4,482 Km²)이며, 1980년대 쓰레기를 매립한 이후 약 30년 동안 큰 간섭없이 자연적인 환경이 자생적으로 유지되고 있던 지역이다. 조사지역의 북도층은 1.5~2.0m 이고, 그 아래 약 4.0m 이상의 깊이에 쓰레기가 매립되어 있는 지역으로 지반이 약하고, 수분 흡수력이 다소 부족하며, 대부분 초지 및 나지로 이루어져 있는 환경이다(Fig. 1). 명지지구 서측 매립지 일원(383 Km²)에서 멸종위기 야생생물 II급인 맹꽁이 개체군 연구를 수행하였다.

2.1 맹꽁이 서식지 환경 특성분석

조사 지역의 기상 자료를 알아보기 위하여 명지지구와 가장 가까운 부산기상청(2013년)의 자료를 참고하여 기온, 강수량, 습도 등을 분석하였다(Fig. 3). 맹꽁이 서식지의 토양 특성을 알아보기 위해 나지를 포함한 주요 식생군락별(침군락; KV, 갈대군락; RE, 초지; GR, 갈대+물억새군락; RE-SG, 물억새군락; SG, 아까시나무 아교목림; BL)로 온습도 측정기(Testo 606-2)를 이용하여 토양의 수분함량, 습도, 토양의 온도를 측정하였으며, 토양을 채취하였다. 토양

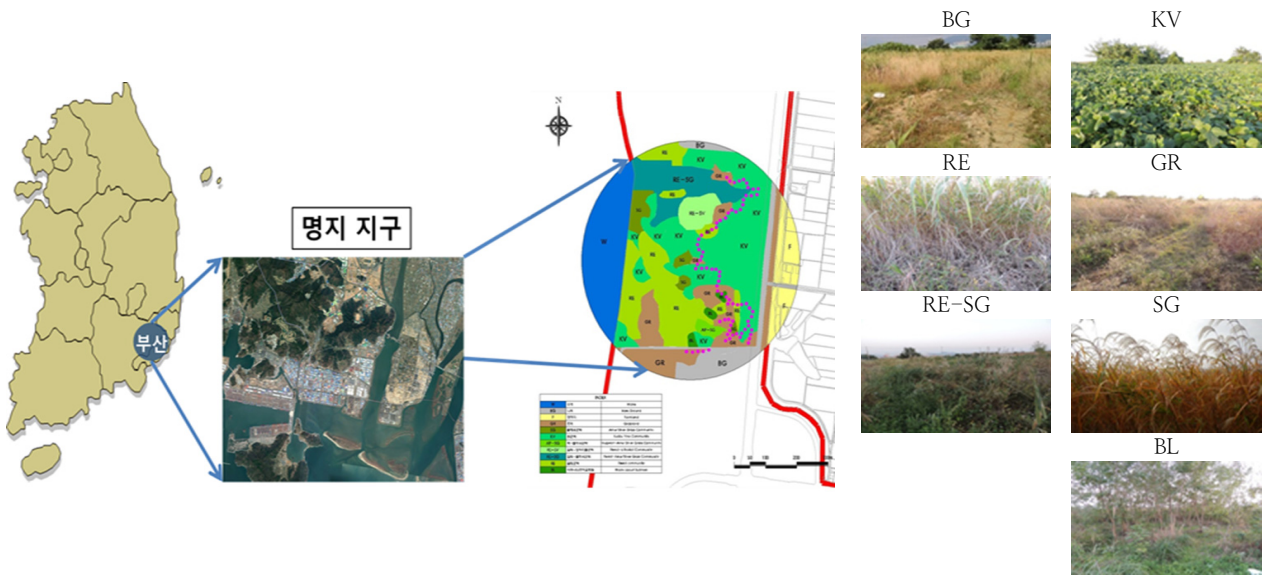


Fig. 1. A study area at Myeongji District in Busan Metropolitan City (A) and 7 representative habitat photos of narrow-mouth toad study area at Myeongji District in Busan City.

BG : Bare Ground, KV : Kudzu Vine(*Pueraria lobata*) Community, RE : Reed(*Phragmites communis Triniius*) Community, W : Water, GR-Grassland, RE-SG : Reed-Amur Silver Grass Community, F : Farmland, SG : Amur Silver Grass(*Miscanthus sacchariflorus*) Community, RE-SV : Reed-a Foxtail Community, AP-SG : Mugwort-Amur Silver Grass Community and BL : Black Locust(*Robinia pseudoacacia L.*) Subtree.

채취는 2013년 8월 27일, 2013년 9월 24일, 2013년 10월 14일 총 3회 실시하였다. 각 지역별로 3개씩의 토양 sampler (30cm depth × 20cm diameter)를 이용하여 총 21개의 토양 샘플을 채취하였다. 채취한 토양 샘플을 일주일간 건조시킨 후 시브(Sieve)를 이용하여 토양 입자의 크기를 구분하였고, 각 입자 별 무게를 측정하여, 토양 입자크기 별 토양의 구성 비율을 측정하였다(Park, 2009; Gu, 2009; Oh, 2006).

2.2 맹꽂이 포획 및 이주

본 연구는 Corn and Bury(1989)의 방법을 개량한 양서류 채집용 함정 트랩(Pitfall trap)을 맹꽂이가 주로 이동할 가능성이 큰 지역에 지름 20cm, 깊이 30cm 규격의 트랩에 알맞은 크기로 흙을 파고 묻은 후 포획된 개체가 뜨거운 태양에 직접 노출되는 것을 막고, 천적으로부터 보호하기 위해 가림 막을 설치하였다. 트랩을 약 2.5m 간격으로 240개 설치하였으며, 2013년 8월 2일부터 2013년 11월 8일까지 총 68회에 걸쳐서 함정트랩에 포획된 맹꽂이 개체군 조사를 실시하였다. 함정트랩에 포획된 맹꽂이의 경우 트랩 내에서 3~4일이 지나면 뜨거운 열기를 식히지 못하여 죽는 상황이 발생하므로 주 2회 이상 조사를 실시하였다. 일반적으로 우기에 맹꽂이의 활동이 증가하므로 장마시기에 집중해서 포획을 실시하였으나, 2013년 7월에 강수량이 적은 관계로 본 연구의 조사 시기는 강수량이 증가되었던 8월부터 집중적으로 조사를 실시하였다.

2.3 맹꽂이표식

본 연구지에서 포획된 맹꽂이 개체는 기존에 서식하던 맹꽂이 개체와 구분하기 위하여 맹꽂이 뒷다리 대퇴부에 눈으로 식별 가능한 탄성중합체를 이식하는 기법인 VIE(Visible Implant

Elastomer)-Tag 을 사용하였다. 표피에 페인트를 칠하거나 표식(Tag)을 붙이는 경우에는 결국 소실될 확률이 높지만 VIE-tag 방법은 물이 묻거나 성장을 지속적으로 한 이후에도 성공적으로 표식이 남으며, 발가락 절단법이나 페인트 표식법과는 다르게 오차율이 거의 없고, 정확히 개체를 식별할 수 있다. 또한 액체 현탁액에 포함된 미립자 물질이 색소의 점진적 손실을 방지하여 지속적으로 색채가 발현되어 채집 후 확인하는 것 이외에도 야간에 VI-Light 를 비추어 확인하는 방법이 가능하다.

3. 결 과

3.1 서식지 특성

본 연구지의 기상자료 분석 결과 맹꽂이가 주로 활동하는 7~10월의 평균기온이 20℃ 이상으로 나타났으며, 연구기간인 2013년 8월 2일부터 11월 8일까지의 평균 기온은 22.8℃, 평균 강수량 2.01mm, 평균 습도는 62.7%로 확인되었다. 맹꽂이 출현지역의 주요 식생은 대부분 칩 군락과 갈대, 물억새군락으로 이루어져 있으며, 곳곳에 버드나무 및 아까시나무가 서식하고 있다. 조사지역은 칩이 우점하고 있으며, 물억새, 부들, 산조플, 닭의장풀 등이 분포하고 있다. 귀화식물은 망초, 족제비싸리, 돼지풀, 다닥냉이, 붉은토끼풀, 미국쭉부쟁이 등이 분포하는 것으로 확인되었다. 조사지역 내에는 칩군락이 27.2% 로 가장 큰 면적을 차지하고 있으며, 갈대가 15.8% 등을 차지하고 있으며, 나지를 포함한 대표적인 우점 식생은 칩군락, 갈대군락, 초지, 갈대+물억새군락, 물억새군락, 아까시나무 아교목림으로 구성되어 있다(Fig. 1). 7가지의 대표적인 서식지 유형에서 채취한 토양의 성분을 측정된 결과 나지에서 자갈 47.2%, 모래 22.8%, 마사

Table 1. Soil elements, soil moisture content, humidity, and soil temperature at the seven different narrow-mouth toad habitat types based on vegetation at Myeongji district in Busan city.

BG: Bare Ground, KV: Kudzu Vine(*Pueraria lobata*) Community, RE: Reed(*Phragmites communis Trinicus*) Community, GR: Grassland, RE-SG: Reed-Amur Silver Grass Community, SG: Amur Silver Grass(*Miscanthus sacchariflorus*) Community, and BL: Black Locust(*Robinia pseudoacacia L.*) Subtree
Soil particle sizes: Granule (Over 2mm), Sand (0.02~2mm), Silt (0.005~0.02mm), and Clay (0.005mm).

Habitat Type	Soil Elements (%)				Moisture (%)
	Granule	Sand	Silt	Clay	
BG	47.2	22.8	27.4	2.6	6.8
KV	43.8	22.7	31.7	1.8	3.8
RE	44.8	23.8	27.6	3.8	5.9
GR	49.6	19.9	24.1	6.4	0.8
RE-SG	44.9	19.3	19.4	16.4	8.2
SG	43.6	25.4	26.6	4.4	2.8
BL	45.6	23.5	20.0	10.9	5.5

27.4%, 점토 2.6%, 침근락에서 자갈 43.8%, 모래 22.7%, 마사 31.7%, 점토 1.8%, 갈대군락에서 자갈 44.8%, 모래 23.8%, 마사 27.6%, 점토 3.8%, 초지에서 자갈 49.6%, 모래 19.9%, 마사 24.1%, 점토 6.4%, 갈대+물억새군락에서 자갈 44.9%, 모래 19.3%, 마사 19.4%, 점토 16.4%, 물억새군락에서 자갈 43.6%, 모래 25.4%, 마사 26.6%, 점토 4.4%, 아까시나무 아교목림에서 자갈 45.6%, 모래 23.5%, 마사 20.0%, 점토 10.9% 의 비율로 각각 측정되었다(Table 1)(Fig. 5).

또한 각 서식지별로 측정된 수분함량은 나지 6.8%, 침근락 3.8%, 갈대군락 5.9%, 초지 0.8%, 갈대+물억새군락 8.2%, 물억새군락 2.8%, 아까시나무 아교목림 5.5% 이었으며, 토양습도는 나지 52.7%, 침근락 62.5%, 갈대군락 86.2%, 초지 51.2%, 갈대+물억새군락 82.2%, 물억새군락 61.6%, 아까시나무 아교목림 71.5% 이었고, 토양온도는 나지 23.6°C, 침근락 24.7°C, 갈대군락 19.5°C, 초지 26.9°C, 갈대+물억새군락 20.3°C 물억새군락 23.8°C, 아까시나무 아교목림 22.4°C 로 각각 측정되었다(Table 1).

3.2 맹꽁이 개체군

연구기간 동안에 포획된 맹꽁이 개체수는 총 846개체로 확인되었으며, 월별로는 8월 403개체, 9월 185개체, 10월 255개체, 11월 6개체가 확인되어 8월에 가장 많은 개체수가 포획되었다. 또한 일별로 포획된 개체수를 확인해 보면, 8월 중 가장 많은 개체가 포획된 날은 8월 23일(Julian Date; 235) 45개체였으며, 두 번째는 8월 27일(Julian Date; 239) 43개체로 확인되었고, 9월 중 가장 많은 개체가 포획된 날은 9월 23일(Julian Date; 266) 32개체였으며, 두 번째로 높게 포획된 날은 9월 30일 (Julian Date; 273) 23개체로 확인되었고, 10월 중 가장 많은 개체가 포획된 날은 10월 1일(Julian Date; 274) 41개체였으며, 두 번째는 10월 21일(Julian Date; 294) 33개체로 확인되었다. 11월의 경우 동면을 앞둔 기간이었으며, 소수의 개체만이 확인되었다(Table 3). 조사지역 내에서 산란한 것을 확인하기 위해서 지속적으로 유지되는 수계와 물웅덩이를 확인하였는데, 지속적으로 유지되

었던 수계에서는 산란을 확인하지 못하였으며, 염도를 측정 한 결과 315psu 로 나타났다. 반면 산란을 실시한 일시적 물웅덩이의 경우는 염도가 107psu 로 측정되었다.

맹꽁이 개체수, 온도와 습도와의 관계를 살펴보면, 8월의 경우 평균온도는 28.1°C 이었으며, 가장 많은 개체가 포획된 8월 23일 26.4°C, 두 번째로 많이 포획된 8월 27일 27.0°C 로 나타났으며, 습도의 경우 8월 평균습도는 69.5% 로 나타났으며, 8월 23일 78.9%, 8월 27일 61.6% 로 나타났다. 9월의 경우 평균온도는 23.4°C 로 나타났고, 가장 많은 개체가 포획된 9월 23일의 경우 23.8°C, 두 번째로 많이 포획된 9월 30일의 경우 22.7°C 로 나타났으며, 습도의 경우 9월 평균습도는 61.1% 로 나타났으며, 9월 23일 55.6%, 9월 30일 71.8% 로 나타났다. 10월의 경우 평균온도는 19.0°C 로 나타났고, 가장 많은 개체가 포획된 10월 1일의 경우 22.7°C, 두 번째로 많이 포획된 10월 21일의 경우 18.4°C 로 나타났으며, 습도의 경우 10월 평균습도는 58.5% 로 나타났으며, 10월 1일 66.8%, 10월 21일 50.3%로 나타났다.

포획된 846개체 중 성별이 확인된 성체 127개체의 암수 비율, 개체의 길이 및 무게를 측정하였으며, 아성체의 경우 암수 구분이 명확하지 않아 암수 비율, 개체 길이 및 무게를 측정하지 않았다. 암수비율은 암컷 76개체, 수컷 51개체로 나타났으며, 평균 길이는 암컷 45.2±0.32mm, 수컷 41.8±0.26mm 으로 측정되었다. 또한 무게를 측정한 결과, 암컷 13.2±0.17g, 수컷 11.1±0.13g 으로 측정되었다(Fig. 2). 암컷이 수컷보다 평균적으로 컸으며, 성비율은 암컷 76개체(59.8%), 수컷 51개체(40.2%)의 비율로 확인되어 명지구에 서식하는 성비율은 암컷이 다소 높은 것으로 나타났다.

7개의 서식지 유형별 확인된 개체수를 비교하였는데, 각각의 서식지 유형별 함정트랩수가 달랐기 때문에 트랩에 잡힌 맹꽁이 개체수로 계산하여 평균값을 측정 한 결과, 나지 0.50 ± 0.16 개체, 침근락 3.63±0.22 개체, 갈대군락 2.14±0.42 개체, 초지 4.05±0.45 개체, 갈대+물억새군락 4±0.89 개체, 물억새군락 6.5±1.55 개체, 아까시나무 아교목림 3.42±1.28 개체로 각각 확인되었다. 맹꽁이 개체수를 종속변수로 사용하여

포획된 시기별 또는 서식지 유형간의 차이를 비교하기 위하여 단변량 분석인 ANOVA (Analysis of Variance)를 수행하였다. 그 결과, 물억새군락에서 가장 많은 평균개체수가 확인되었으며, 나지에서 가장 적은 개체수가 확인되었다(Table 2).

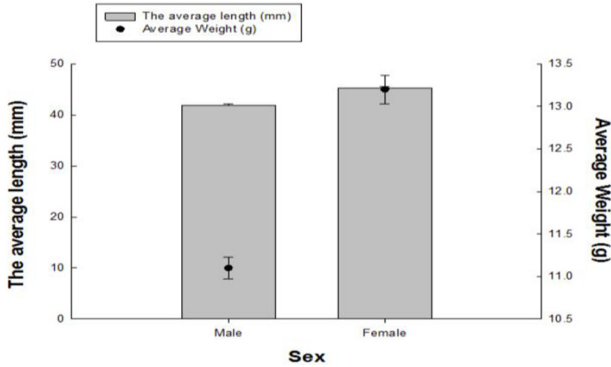


Fig. 2. The average length (mm) and the average weight (g) of trapped male (n = 51) and female (n = 76) narrow-mouthed toads at Myeongji District in Busan city in 2013.

연구기간 동안에 잡힌 맹꽁이 개체수를 주 단위별로 평균 온도, 야간 평균온도, 평균습도와 관계성을 확인해 본 결과 가장 많은 개체가 포획된 8월 셋째 주 평균기온이 $28.86 \pm 0.66^{\circ}\text{C}$, 야간평균기온 $28.16 \pm 0.34^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 월별 평균온도는 8월 28.1°C , 9월 23.4°C , 10월 19.0°C 로 각각 나타났다. 또한 일별로 가장 많은 개체수가 확인된 날은 8월 23일 45개체였으며, 온도는 26.4°C 로 나타났다. 43개체로 두 번째로 많이 포획된 8월 27일의 온도는 28.0°C , 41개체가 확인된 10월 1일의 온도는 22.7°C 등으로 각각 확인되었다. 조사기간 중 최고기온은 30.1°C 로 나타났고, 동면시기인 11월 최소온도는 15.6°C 로 확인되었는데, 위의 결과 맹꽁이는 $15.6^{\circ}\text{C} \sim 30.2^{\circ}\text{C}$ 사이의 온도에서 활동하는 것으로 나타났으며, 많은 개체수가 포획된 상위 3일의 평균온도는 25.7°C 로 확인되어 25.7°C 의 온도에서 가장 많은 활동성을 보이는 것을 확인하였다. 또한 하루 평균온도 및 야간 평균온도별 포획된 개체수를 나타낸 그래프를 확인한 바 $20^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 구간에서 많은 개체수가 포획된 것을 확인할 수 있다(Fig. 3) (Table. 3).

Table 2. Individual numbers and average numbers per a trap of narrow-mouthed toades caught by 240 pitfall traps during the study periods (August 2 through November 8, 2013) on different habitat types divided by plant community on Myeongji district in Busan city. Soil characteristics, soil moisture content, humidity, and soil temperature at the seven different narrow-mouth toad habitat types based on vegetation at Myeongji district in Busan city. BG: Bare Ground, KV: Kudzu Vine Community, RE: Reed Community, GR: Grassland, RE-SG: Reed-Amur Silver Grass Community, SG: Amur Silver Grass Community, and BL: Black Locust Subtree.

Habitat types	No. of pitfall traps used (n = 240)	Individual numbers of narrow-mouthed toades caught by the pitfall traps ($\Sigma = 846$)	Average numbers of narrow-mouth toads caught by a trap at each habitat type
BG	10	5	0.50 ± 0.16
KV	134	487	3.63 ± 0.22
RE	21	45	2.14 ± 0.42
GR	58	235	4.05 ± 0.45
RE-SG	6	24	4.00 ± 0.89
SG	4	26	6.50 ± 1.55
BL	7	24	3.42 ± 1.28

Table 3. The narrow-mouthed toads population size (n), average temperature ($^{\circ}\text{C}$), average night temperature ($^{\circ}\text{C}$), and average humidity (%) by each week of each month during the study periods (August 2 ~ November 8, 2013) on Myeongji district in Busan city.

Each week of each month	Population Size (n)	Average Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Average night Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Average Humidity (%)
The first week of August	99	28.13 ± 0.32	26.80 ± 0.34	77.88 ± 1.36
The second week of August	59	28.72 ± 0.25	27.44 ± 0.44	69.16 ± 1.22
The third week of August	143	28.86 ± 0.66	28.16 ± 0.34	64.66 ± 4.24
The fourth week of August	101	26.86 ± 0.53	25.64 ± 0.36	64.40 ± 4.59
The first week of September	31	22.92 ± 0.59	22.18 ± 2.77	50.48 ± 4.69
The second week of September	28	24.96 ± 0.49	23.34 ± 0.65	80.36 ± 4.18
The third week of September	14	23.86 ± 0.31	22.16 ± 0.63	50.56 ± 1.73
The fourth week of September	89	22.36 ± 0.50	21.14 ± 1.12	56.50 ± 7.27
The first week of October	93	21.87 ± 0.56	20.67 ± 0.94	55.45 ± 10.63
The second week of October	90	22.48 ± 0.66	21.96 ± 0.82	68.34 ± 4.34
The third week of October	25	17.50 ± 1.20	15.84 ± 1.33	61.28 ± 4.87
The fourth week of October	57	17.70 ± 0.46	16.76 ± 0.19	47.67 ± 1.65
The fifth week of October	16	16.68 ± 0.32	14.66 ± 0.58	60.28 ± 3.67
The first week of November	1	15.64 ± 0.49	14.50 ± 0.55	61.68 ± 6.09

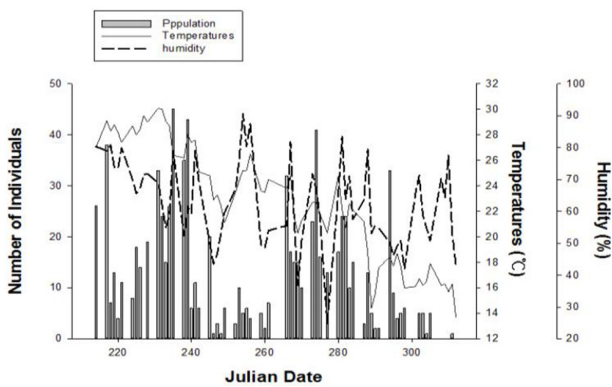


Fig. 3. The change of narrow-mouthed toad population size, temperatures, and humidity per sampling date expressed as Julian date during the study periods (August 2 ~ November 8, 2013).

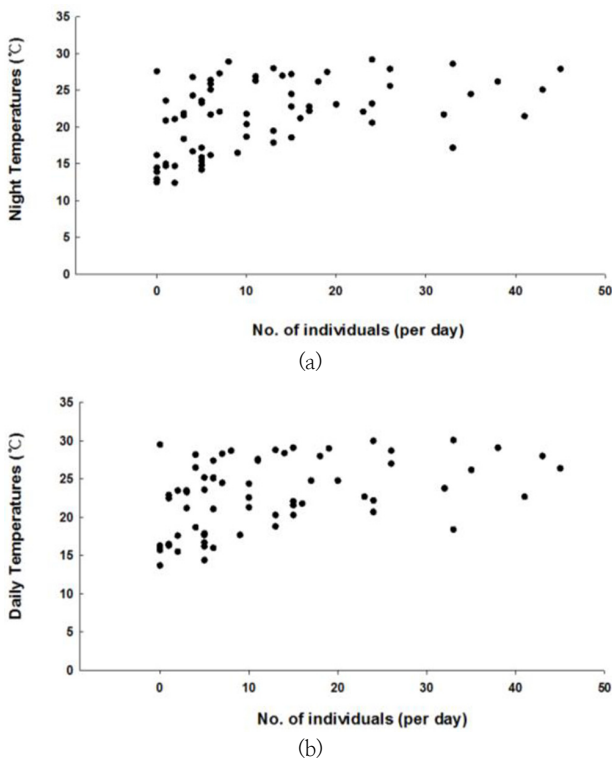


Fig. 4. The relationship between night temperature of each day and number of individuals (A) and between the daily temperature and number of individuals (B).

강수량이 맹꽁이의 생활사에 중요한 역할을 하는 기상요인으로 작용하는 특성에 따라 연구시기 동안 강수량과 포획율에 대하여 조사하여 각 조사일에 따른 포획된 5단위 개체수로 구분하여 각각의 강수량 및 습도를 평균으로 비교하였다. 한 마리도 포획되지 않은 날의 경우 평균강수량은 0.41 ± 0.41 mm, 평균습도는 $65.41 \pm 4.80\%$ 로 각각 나타났으며, 36개체 이상 확인된 일별 평균강수량은 7.62 ± 7.62 mm, 평균습도는 $71.55 \pm 4.37\%$ 로 각각 나타났다(Fig. 3). 조사시기 중 평균 강수량이 가장 높은 시기에 확인된 개체수 범위는 21~25개체 구간이었으며, 평균습도는 70.27 ± 4.86 로 확인되었다. 반면 가장 많은 개체수가

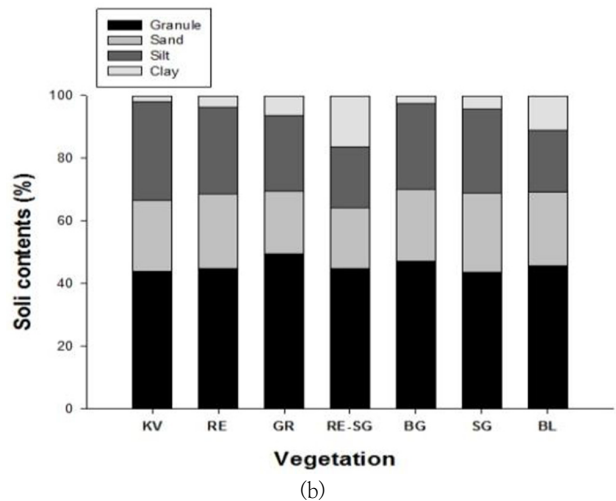
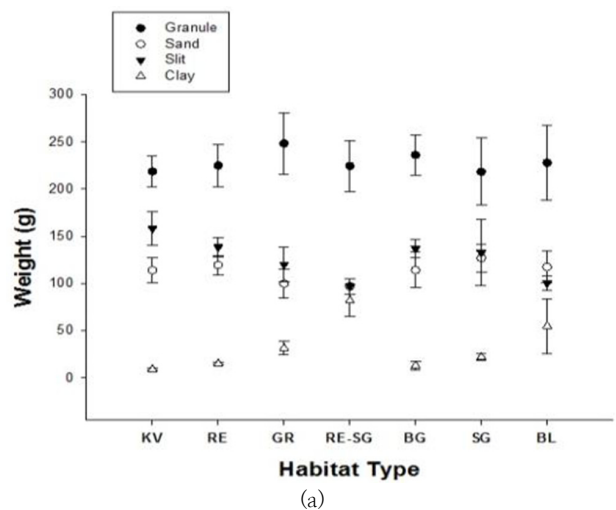


Fig. 5. Soil particle weight (A) and soil proportion (B) of Granule (Over 2mm), Sand (0.02~2mm), Silt (0.005~0.02mm), and Clay (0.005mm) at the seven different narrow-mouth toad habitat types based on vegetation at Myeongji district in Busan city.
KV: Kudzu Vine(*Pueraria lobata*) Community, RE: Reed(*Phragmites communis Trinicus*) Community, GR: Grassland, RE-SG: Reed-Amur Silver Grass Community, BG: Bare Ground, SG: Amur Silver Grass(*Miscanthus sacchariflorus*) Community, and BL: Black Locust(*Robinia pseudoacacia L.*) Subtree.

확인된 35개체 구간의 강수량은 7.62 ± 7.62 로 나타났고, 평균습도는 71.55 ± 4.37 로 확인되었다. 또한, 26~30개체가 확인된 구간 및 31~35개체가 확인된 구간의 강수량을 살펴보면 두 구간 평균이 0.25mm 로 극히 적은 강수량을 확인할 수 있었다.

4. 고찰

본 연구가 시작 된 2013년 8월 2일부터 2013년 11월 8일까지 강수량은 총 269mm 이었으며, 2011년도와 2012년도의 같은 시기의 강수량은 각각 358mm와 664mm이었으며, 조사 년도인 2013년도의 강수량이 적은 것으로 확인되었다. 장마시기가 포함된 6~7월의 강수량이 평년보다 현저

히 적었기 때문에, 맹꽂이 서식지에 물웅덩이가 많이 생성되지 않아서 맹꽂이 이주의 빈도가 높지 않은 것으로 확인되었으며, 번식시기를 놓친 개체들도 발생한 것으로 나타났다. 같은 해 8월 말경 며칠 동안 50mm 이상 강수가 지속되어 형성된 물웅덩이에 평소보다는 늦은 시기에 산란을 하였다. 일반적으로 7월까지 산란을 하여 아성체가 충분히 먹이공급을 하고 적당한 크기로 성장하여야 하는데 산란시기가 늦어짐에 따라 일부 어린 개체의 생존율에 악영향을 미치는 것으로 확인되었다. 맹꽂이 산란지의 염도는 대부분의 내륙지역의 경우 일시적으로 생성된 물웅덩이의 경우 염도가 극히 낮은 것으로 알려져 있지만 본 명지지구의 경우 해안가에 위치한 지리적 특성으로 염도가 상대적으로 높게 나타난 것으로 판단되며, 지속적으로 유지되는 수계의 경우 훨씬 높은 염도로 맹꽂이가 산란을 꺼려하는 것으로 확인되었다. 장마시기 일시적으로 생성된 웅덩이의 경우 염도가 낮고, 또한 소금쟁이 및 맹꽂이 난괴를 포식하는 저서성대형무척추동물의 서식이 제한적인 공간으로 나타나 일시적으로 생성된 물웅덩이를 산란지로 선호하는 것을 알 수 있었다. 아울러 장마시기의 번식시기에 일시적으로 형성되는 물웅덩이에서 산란하는 맹꽂이의 특성상 토양의 함수량이 충분하게 높은 지역을 포함하고 있어야 하며, 맹꽂이 서식지의 토양을 분석한 결과 대부분의 지역이 강우시 토양 함수량이 좋고, 일부 지역은 장시간 물웅덩이를 유지하고 있어 번식에도 큰 문제가 없는 지역으로 확인되었다. 그러므로 강수량은 맹꽂이의 수분섭취뿐만 아니라 번식에 더욱 관련이 있는 것으로 알려져 있다는 Ko (2012)의 연구를 뒷받침 한다고 할 수 있다.

서식지 별 토양 특성에 따른 맹꽂이 활동성을 알아 본 결과, 땅속에서 생활하는 맹꽂이의 특성상 입자가 작고 부드러운 토양을 선호하는 것으로 알려져 있지만 명지지구 내에서 채집한 토양의 경우 각 식생에 따른 서식지 별 토양의 입자가 크게 다르지 않고 비슷한 비율로 구성된 것을 알 수 있었다. 연구 결과 맹꽂이가 선호하는 식생은 물억새군락으로 나타났으며, 물억새군락의 경우 자갈의 비율이 평균보다 낮고, 모래와 마사의 비율이 평균보다 다소 높은 것으로 나타났다. 또한 수분함량과 습도 모두 평균보다 낮은 것으로 측정되었다. 그 외 갈대군락, 갈대+물억새군락과 같이 피도가 높은 식생에서 맹꽂이가 높은 활동성을 나타냈으며, 갈대의 경우 토양의 습도가 가장 높게 나타났고, 갈대+물억새군락의 경우 두 번째로 높게 나타나는데, 갈대가 생육하는 토양의 경우 습도가 높게 나타나는 것을 확인하였다. 또한 수분함량도 갈대와 물억새군락에서 비교적 높게 나타났는데, 그 이유는 초본들이 밀집해 있어 뿌리들이 토양에 많이 뻗어 있어 토양이 높은 습도를 유지하기 좋기 때문인 것으로 판단된다. 반면 초지의 경우 수분함량과 습도가 낮게 나타났는데 이는 피도가 낮고 식물의 밀도가 낮아서 수분 손실이 많았기 때문이다. 나지의 경우 개방된 공간으로 맹꽂이가 천적을 피할 수 없어 맹꽂이가 기피하는 지역으로 나타났다. 또한 피도가 높은 서식처는 그들이 생성되어 번

온동물인 양서류의 서식에 알맞은 환경을 제공하는 것으로 확인되었다(Kim and Lee, 2010).

본 연구가 수행된 부산시 명지지구내의 맹꽂이 포획 결과를 통해서 맹꽂이의 활동성이 높은 시기와 이에 따른 온도와 습도를 살펴보면, 시기적으로 8월 셋째 주에 가장 활발한 움직임을 보이는 것으로 확인되었으며, 8월 셋째 주의 평균기온은 28.86°C, 야간평균기온 28.16°C, 평균습도는 64.66% 로 각각 측정되었다. 이와 같은 결과를 바탕으로 맹꽂이는 28°C 에 가장 활발한 움직임을 보이는 것으로 예상되었다. 반면 11월 이후 16.5°C 이하로 기온이 급격히 낮아지는 경우 대부분 동면에 들어간 것으로 나타났다. 연구 결과, 맹꽂이 생태는 온도와 가장 연관성이 높은 것으로 나타났다. 맹꽂이 개체수와 관련된 온도는 25°C 이상일 때 활발한 움직임을 보이는 것으로 확인되었으며, 습도는 65~70% 일 때 활발한 움직임을 보이는 것으로 조사되었다. 또한 11월 첫째 주 기온이 15.64°C 이하로 떨어진 경우 맹꽂이가 더 이상 포획되지 않아 15.64°C 이하의 온도에서는 활동성이 떨어지고 동면에 들어가는 것으로 조사되었다. 이는 일반적으로 4월 말 동면에서 깨어나 활동하는 시기의 온도인 15.0°C 와 비슷한 온도를 보였다. 맹꽂이의 개체수와 강수량의 관계를 살펴볼 때, 대체적으로 높은 빈도인 31~35개체가 확인된 시기의 일별 강수량이 0mm 이었으며, 평균습도는 56.77±4.18% 로 확인되어 강수량과 맹꽂이의 활동성과는 항상 연관성이 높은 것만은 아닌 것으로 판단되며, 습도 역시 0개체부터 36개체 이상 확인된 일별 평균습도의 범위가 56.77±4.18% 에서 71.55±4.37% 사이의 범위 내로 나타나 맹꽂이의 활동성과 습도와 관계는 연관성이 높지 않은 것으로 조사되었다. 하지만 번식기의 경우 우기시인 6~7월에 비가 온 뒤 생성된 웅덩이에 산란을 하는 특성상 강수량과 연관성이 있으며(Ko et al., 2011a), 실제 연구시기에 비가 오는 날 울음소리가 확인된 것으로 미루어 봐 맹꽂이의 활동성에 강수량이 일부 영향을 미치는 것으로 나타났다.

명지지구에서 포획된 개체 중 크기 및 무게를 측정한 127개체 맹꽂이의 측정결과 암컷 45.2±0.32mm, 수컷 41.8±0.26mm 로 측정 되었으며, 암컷이 수컷보다 평균적으로 컸으며, 우리나라에 서식하는 대부분의 양서류의 경우도 암컷이 더 크게 자란다고 조사되었다(Lee et al., 2008). 명지지구의 맹꽂이 개체의 크기와 다른 지역인 청원군의 경우 30개체를 포획하여 길이를 측정한 결과 암컷 40.7±6.74mm, 수컷 38.3±5.23mm 로 명지지구보다 다소 작은 것으로 나타났고(Hwang, 2000), 제주도에서 52개체를 포획하여 길이를 측정한 결과 암컷 47.6±2.9mm, 수컷 44.3±4.7mm 로 확인되어 명지지구보다 다소 큰 것으로 확인되었다(Ko, 2012a). 위 결과로 미루어 봐 양서류인 맹꽂이의 경우 우리나라를 기준으로 남쪽에 서식하는 개체들이 비교적 크기가 큰 것을 알 수 있었는데, 이는 기온이 높을수록 활동시간이 늘어남에 따라 먹이섭취 시간이 길어지기 때문에 크기가 큰 것으로 유추해 볼 수 있다. 일반적으

로 양서류의 경우 계절변화 및 온도에 따른 먹이양이 연결되어 있다(Toft, 1980, 1981; Duellman and Trube, 1994).

대체서식지 조성 및 서식지보전을 위하여 맹꽁이를 포획할 경우 가장 활발하게 움직이는 7~8월 동안 포획·이주를 실시하여야 높은 포획을 보일 것으로 기대되며, 위와 같은 연구를 바탕으로 맹꽁이가 선호하는 서식환경을 고려하여 추후 맹꽁이 대체서식지 조성 시 맹꽁이에게 적합한 환경을 제공하는 기초자료가 되기를 바란다.

References

- Collins, JP and Storer, A (2003). Global amphibian declines: sorting the hypotheses, *Diversity and Distributions*, 9(2), pp. 89-98.
- Duellman, WE and Trueb, L (1994). *Biology of amphibians*, JHU press. [the United States Literature] pp. 677.
- Hwang, YS (2000). Study in the Korean Narrow-mouth frog (*Kaloula borealis*) In-situ Conservation, *JHU press*, 9(2), pp. 89-98.
- Kim, JB and Song, JY (2010). *Amphibians and reptiles of Korea*, World science. [Korean Literature]
- Kim, JC and Lee, GJ (2010). A Study on Habitat Improvement for Narrow-mouth frog (*Kaloula borealis*) In-situ Conservation, *Korean Journal of Environment and Ecology*, 20(1), pp. 152-153.
- Ko, SB (2012). Ecological Study of *Kaloula borealis* on Jeju Island, *The Korean Research Society of Herpetologists*, pp. 14-16.
- Ko, SB, Jang, MH, Yang, GS and Oh, HS (2012a). Feeding Habits of the *Kaloula borealis* during the Breeding Season. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 26(3), pp. 333-341.
- Ko, SB, Ko, YM and Oh, HS (2011a). Distribution of Spawning Sites of *Kaloula borealis* in Jeju Island, *Korean Journal of Environment and Ecology*, 25(6), pp. 846-852.
- Lee, JH and Park, DS (2008). Effects of physical parameters and age on the order of entrance of *Hynobius leechii* to a breeding pond. *Journal of Ecology and Field Biology*, 31(3), pp. 183-191.
- Lips, KR (1998). Decline of a tropical montane amphibian fauna, *Conservation Biology* 12(1), pp. 106-117.
- MOE (2011). A Guideline on the Environmental Impact Assessment for the Constructing and Managing Substitute Habitats, pp. 51-52.
- Oh, YJ (2006). *Korean herbivorous plant*, Sungshin Women's University a publishing department. [Korean Literature]
- Park, SY (2009). *Korean Naturalized Plant Illustrated Book*, Ilchokak. [Korean Literature]
- Toft, CA (1980). Feeding ecology of thirteen syntopic species of anurans in a seasonal tropical environment. *Oecologia*, 45(1), pp. 131-141.
- Toft, CA (1981). Feeding ecology of Panamanian litter anurans: Patterns in diet and foraging mode. *Journal of Herpetology*, 15(2), pp. 139-144.
- Yang, SY, Kim, JB, Min, MS, Suh, JH and Kang, YJ (2000). Genetic diversity and population structure of *Kaloula borealis* (Anura, Microhylidae) in Korea. *Korean Journal of Biological Sciences*, 4(1), pp. 39-44.