

Monitoring the Alternative Habitat of *Kaloula Borealis* and Analysis on Meteorological Factors in Pyeongtaek

Min-Ho Choi¹ and Yang-Seop Bae^{1,2*}

¹Division of Life Sciences, College of Life Sciences and Bioengineering, Incheon National University, Incheon 22012, Korea

²Bio-Resource and Environmental Center, Incheon National University, Incheon 22012, Korea

Received March 20, 2024 / Revised April 23, 2024 / Accepted April 23, 2024

This study is conducted to analyze environmental factors that affect the ecology of boreal digging frog and use them as basic data for selecting (or creating) suitability of alternative habitats for survival and monitoring method from 2020 to 2022 after boreal digging frog were relocated to the alternative habitats in 2019. Analyzing the environment of the alternative habitats showed that the criteria suited the followings: distance from wetlands, grasslands and rivers was within 5 m, the low-rise grassland was 6,000 m², soft soil was at a depth of ≥ 20 cm, and the area of permanent wetlands was 5,000 m² wide. As a result of the correlation analysis between meteorological factors and population (n) and breeding, there was a significant correlation between rainfalls and breeding ($p < 0.01$). During the monitoring, it was confirmed that the SVL (Snout-Vent Length) and BM (Body Mass) of the translocated population were maintained ($p > 0.05$), and it was found that the proximity of the habitat and spawning pond, securing food space (grasslands), soil quality, and wetlands could function as an alternative habitat if conditions were met. As a result of analyzing the meteorological factors affecting the population of boreal digging frog, the SVL had a statistical impact on the minimum temperature, maximum temperature, relative humidity, and the rainfall ($p < 0.05$). In the case of breeding, rainfall was found to be affected ($p < 0.01$), and the population was statistically affected by the average temperature, minimum temperature, and relative humidity ($p < 0.05$).

Key words : Alternative habitat, boreal digging frog, endangered species, long-term monitoring, meteorological factors

서 론

양서류는 생태계의 건강성을 평가할 수 있는 유용한 생물지표 종으로 알려져 왔으며[3, 5, 16, 22, 23], 서식지가 단편화되거나 훼손된다면 생존에 매우 큰 위협을 받게 된다[7, 17]. 현재 전 세계적으로 양서류의 급감 현상이 보고되고 있으며, 그 원인으로는 도시화에 따른 서식지 파괴, 오염, 질병, 오존층 파괴, 지구온난화 등이 지목되고 있다. 그 중 도시화는 집약적인 토지이용에 따른 양서류의 서식지 파괴를 유발한다[4].

맹꽁이과(Microhylidae)는 전 세계적으로 70속 450종이 여러 지역에 널리 분포하고 있으며, 우리나라에는 맹꽁이 한 종만이 서식한다[9]. 맹꽁이(*Kaloula borealis*)는 우리나라

라의 저지대 평지에 서식하고 있는 대표적인 종으로서 과거에는 강원도부터 제주도까지 널리 서식하였으나, 그 후에는 전라남도 광주, 영암, 해남지역과 경상도의 안동, 경주, 창원지역의 일부 습지에서도 관찰된다고 보고되었다[21, 24]. 맹꽁이는 주거지역의 확장 및 택지 개발, 농경 방식의 변화 등의 개발압력이 가중되면서 서식지가 점차 감소하여[19], 앞으로 멸종위기에 처하게 될 것을 고려하여 환경부 멸종위기 야생생물 II급으로 지정되어 보호받고 있다. 개발 예정지역에서 멸종위기 양서류의 서식이 확인되었을 경우, 가능한 현장을 훼손하지 않고 보전하는 것이 가장 바람직하지만, 불가피하게 사업을 시행해야 한다면 양서류의 번식과 서식이 중점적으로 이루어지고 있는 핵심서식지(core zone)를 파악하여 이곳을 중심으로 현 지 내 보전하거나, 근거리에 대체서식지를 선정 또는 조성하여 현지 외 보전하는 등의 생태공학적인 방법을 고려해야 한다[13]. 대체서식지는 이주된 개체들이 안정적인 서식과 산란(번식)을 통해 세대를 이어갈 수 있는 환경이 갖춰져야 하며, 생존에 필수적인 요소를 포함하고 있어야 한다[14].

국내 멸종위기 양서류 대체서식지에 대한 연구는 조성

*Corresponding author

Tel : +82-32-835-8246, Fax : +82-32-835-0754

E-mail : baeys@inu.ac.kr

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.

가이드라인에 대한 연구[1, 20], 평가 및 유지관리 방안에 대한 연구[8, 10, 15]가 진행되었다. 맹꽂이의 서식지 특성 및 서식 환경에 대한 연구는 산란지 분포 연구[9], 개체군 생태 연구[6]가 진행되었으나, 현재 대체서식지로 이주된 개체군을 장기간 모니터링을 통해 생태 및 영향을 분석한 연구는 미흡하다.

본 연구는 평택소사벌 택지개발 조성 사업지구 내 문화 시설 및 공공청사 부지에서 서식이 확인된 맹꽂이에 대한 보전대책의 일환으로 1년차(2019년)에 포획 및 이주, 2-4년차(2020-2022년)에 이주된 개체군의 서식 및 번식 현황 모니터링을 수행하였으며(한강유역환경청, 허가번호 제 2019-23호), 맹꽂이 생태에 영향을 미치는 환경요인을 분석하여 생존에 적합한 대체서식지 선정(또는 조성) 및 모니터링 방안의 기초 자료로 활용하기 위한 목적으로 계획하였다.

재료 및 방법

연구지역

맹꽂이서식지

본 연구 지역은 서해안에 위치한 전형적인 저지대 지형으로 평택소사벌지구 택지개발 사업지구 내 죽백동 일원(면적 24,894 m²)이다. 해당 사업지구 전체가 택지조성이 완료된 상태로 이미 주거지와 도로가 건설되었거나 아파트 건축이 진행 중에 있었으며, 보전녹지로 지정된 야산과 원형 보존된 저수지 및 주변부를 중심으로 자연천이된 나대지 형태의 A·B지점(37°00'18.0"N, 127°07'06.0"E)에 맹꽂이가 분포하여 서식하고 있었다(Fig. 1).

대체서식지

맹꽂이 서식지에서 직선거리로 약 5 km 거리에 위치한 봉골 근린공원 내 ‘봉골지’는 평택시 고덕동 소재(37°02'53.1"N, 127°02'10.9"E)이며, 3변이 약 140 m인 삼각지(약 11,000 m²) 형태의 습지이다. 조성 당시의 원형이 대부분 보존되어 있고, 주위의 수변공원, 저류지(52,457 m²), 하천 등과 연계되어 전체적으로 육상, 습지, 하천 생태계가 하나의 축으로 형성되어 있는 생태적으로 우수한 지역이다(Fig. 1). 대체서식지 사전 조사를 통해 다양한 양서·파충류상을 확인하였으며, 맹꽂이의 서식은 확인되지 않았다.

조사방법

포획·이주(2019)

맹꽂이 포획은 선행 연구[2]의 방법을 개량한 pitfall-trap 방법을 사용하였으며, 맹꽂이가 주로 이동할 것이라 예상되는 지점에 5-10 m 간격으로 총 160개(A지점: 100개, B지점: 60개)를 설치하였다. 맹꽂이 포획·이주는 6월 18일에 트랩을 설치하는 것을 시점으로 트랩을 회수하는 9월 9일까지 총 26회에 걸쳐 실시하였다. 맹꽂이가 트랩 내부의 열기에 장시간 노출되는 것을 방지하기 위해 주 2회 이상 조사하였으며, 맹꽂이의 활동이 활발한 산란 및 장마 시기에는 횡수를 늘려 집중적으로 포획하였다. 포획·이주 기간 중 가뭄 시에는 트랩 내부의 건조를 막기 위해 물을 지속적으로 보충하였으며, 집중호우로 인한 트랩의 침수 시에는 트랩 내부의 물을 제거하고 재설치하였다.

대체서식지 모니터링(2020-2022)

모니터링은 이주된 개체군의 스트레스를 최소화하기

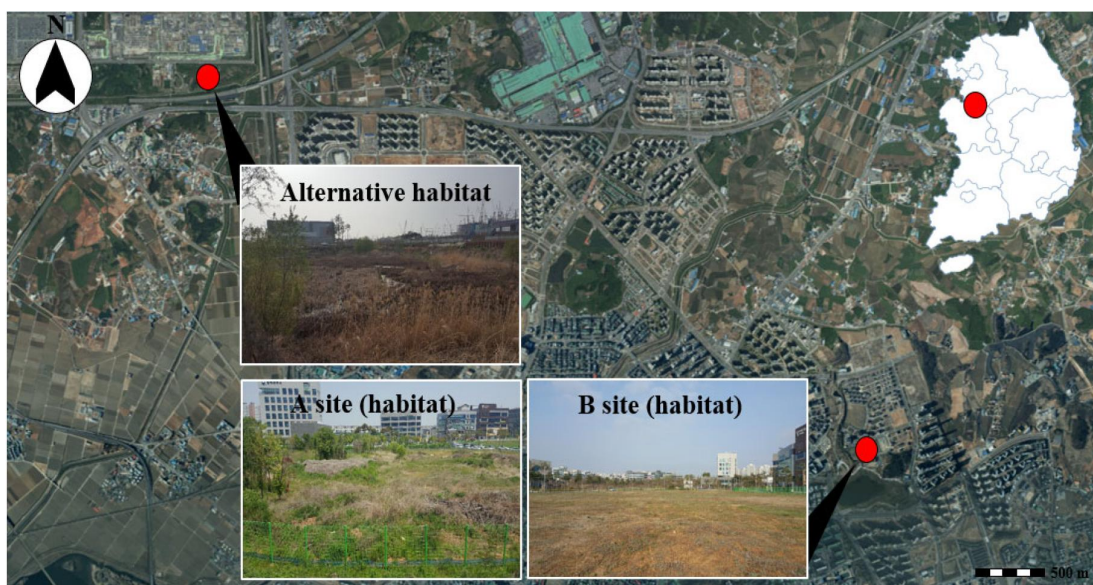


Fig. 1. Alternative habitat and habitat site (A, B) of boreal digging frog in Pyeongtaek.

위해 기간, 인력, 트랩 개수 등을 조절하였으며, 맹꽂이 개체군의 정착 여부 및 번식(산란) 유무 확인에 초점을 두고 진행하였다. 트랩은 기상청 일기예보에 따라 장마가 시작되는 6-7월에 최대 개수를 20개로 제한하여 설치하였다. 모니터링은 대체서식지 사전점검을 포함하여 진행하였고, 2년차(2020년)에는 3월 19일부터 8월 31일까지 총 19회, 3년차(2021년)에는 3월 2일부터 9월 9일까지 총 19회, 4년차(2022년)에는 4월 20일부터 9월 27일까지 총 18회를 진행하였다.

분석방법

서식지 적합성 평가

대체서식지의 적합성 평가는 선행 연구[20]에서 개발한 맹꽂이 서식지 적합성 지수(Habitat Index Suitability, HIS)를 참고하였다. 평가 항목 중 실제 서식지에서 가장 중요시 되는 야생동물의 서식지 4대 구성요소(공간, 먹이, 물, 은신처) [11]를 함축하여 분석하였다. 공간에서는 습지, 초지, 밭, 하천, 논과의 거리, 먹이에서는 저층 초지 공간, 은신처에서는 토질, 물(번식)에서는 상시 습지 면적을 선택하여 평가하였다.

개체군 및 기상요인 분석

맹꽂이 서식지 및 대체서식지는 기상청 평택지점 관측 자료(2019-2022년)를 참고하여 조사기간 동안의 기온, 강수량, 상대습도를 기록하였으며, 통계분석 시 기온은 평균, 최저, 최고로 세분화하여 진행하였다. 개체수 및 번식과의 피어슨 상관분석(Pearson's correlation coefficient, r)을 계산하였으며, 기상요인과 맹꽂이 출현 개체수의 상관관계는 당년생을 제외한 성체 및 아성체를 중심으로 분석하였다. 번식의 경우 산란기에 수컷이 내는 울음소리(Mating call)로 적용하였으며, 청음을 기록한 모니터링 기간(2020-2022년)에 한정하였다. 트랩으로 확인된 맹꽂이는 체장길이(Snout-Vent Length, SVL)와 무게(Body Mass, BM)를 측정하여 기록하였으며, 비모수 분산분석(Kruskal-Wallis test)을 통한 연도별 개체군 비교를 하였다. 성체와 아성체의 체장길이 및 몸무게는 전수 측정하였으며, 당년생은 포획 개체수가 많아 일부 측정된 개체만 분석에 포함하였다. 기상요인 중 체장길이와 무게에 영향을 미치는 주요 변수들을 알아보기 위해 일반화 선형 혼합 모형(Generalized Linear mixed model, GLMM)을 분석에 활용하였다. 종속변수는 체장길이, 무게로 설정하였고, 독립변수는 연도, 성별의 명목형 변수와 개체수, 기상요인의 연속형 변수로 설정하였다. 모든 통계 분석은 SPSS version 25 (SPSS Michigan Avenue, Chicago, IL, USA)를 사용하였다.

결 과

서식지 적합성 평가

대체서식지는 공간 평가에서 습지, 초지, 하천과의 거리가 5 m 이내로 우수한 서식지 기준인 150 m 이내의 조건에 부합하였다. 먹이 평가에서 저층 초지 공간이 6,000 m² 이상으로 1,500 m² 이상을 제시한 기준 보다 큰 규모를 갖추고 있었다. 은신처 평가에서는 깊이 20 cm 이상의 부드러운 토질의 조건에 적합하였으며, 물(산란과 번식)에서 상시 습지의 면적은 5,000 m² 이상으로 500 m² 이상을 제시한 기준에 부합하였다(Table 1).

포획·이주 및 모니터링

포획·이주 및 모니터링이 진행된 2019-2022년의 월별 기상요인과 개체수를 확인한 결과, 성체와 아성체의 비중이 가장 많았을 때는 7월이며, 8월은 대부분 올해 태어난 당년생의 포획 비중이 높게 나타났다(Table 2). 4년 동안의 7월 평균 기온은 23.9±2.9°C, 평균 상대습도는 81.1±9.6%, 평균 총 강수량은 188.6±44.0 mm였으며, 8월은 25.1±2.2°C, 84.5±8.7%, 197.3±105.3 mm로 나타났다. 번식과 관련이 있는 울음소리(Mating call)의 경우 1년차(2019년)를 제외한 3년 동안의 모니터링 과정 중 기록되었으며, 6-7월에 집중적으로 확인되었다(Table 2). 3년 동안의 6월 평균 기온은 25.0±1.8°C, 평균 상대습도는 75.3±10.2%, 평균 총 강수량은 141.5±31.1 mm였으며, 7월은 25.3±2.3°C, 82.0±8.5%, 176±45.4 mm로 나타났다.

개체군 및 기상요인 분석

체장길이 및 무게

연구가 진행된 2019-2022년까지 확인된 맹꽂이의 체장길이 및 무게를 측정하여 분석하였다(Fig. 2). 연도별 개체군 측정 결과, 성체의 경우 수컷의 평균 체장길이 및 무게는 2020년(n=15)에 43.8±4.7 mm, 10.3±2.7 g으로 가장 높게 나타났으며, 그 외 연도에는 큰 차이를 보이지 않았다. 암컷은 2022년(n=2)에 44.3 mm, 10.9±0.6 g, 2020년(n=8) 44.3±4.4 mm, 10.7±3.2 g 순으로 높았으며, 그 외 연도에는 큰 차이가 나타나지 않았다. 포획한 모든 성체의 체장길이와 무게를 연도별로 통계 분석한 결과(Table 3), 유의미한 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$). 맹꽂이의 체장길이와 무게에 영향을 끼친 기상요인을 분석한 결과, 체장길이는 최저기온($\chi^2=5.630$, $p=0.018$), 최고기온($\chi^2=5.974$, $p=0.015$), 상대습도($\chi^2=7.095$, $p=0.008$), 강수량($\chi^2=4.150$, $p=0.042$)과 통계적으로 유의미한 것으로 나타났다(Table 4).

개체수 및 번식

2019-2022년까지의 온도, 습도, 강수량과 맹꽂이 생태의 연관성을 분석하였다(Table 5). 조사기간 동안의 맹꽂이

Table 1. Assessment items and factors for optimal site selection of boreal digging frog habitat restoration by Shim *et al.* (2014)

Assessment area	Assessment item	Assessment factor	Scoring criteria	Suitability	
Space	Distance from wetland, grassland, farm, stream, rice fields	The spatial relationship (distance) between the habitat and its surroundings	under 150 m	100	■
			150-300 m	70	
			300-500 m	40	
			Over 500 m	10	
Feed	Low-rise grassland	Insect habitat space being the food source of the narrow-mouth frog (<i>Kaloula borealis</i>)	Over 1,500 m ²	100	■
			50-1,500 m ²	70	
			Under 50 m ²	40	
			None	10	
Cover	Soil quality	Space that the narrow-mouth frog (<i>Kaloula borealis</i>) can burrow and hide underground	Over 20 cm depth of soft soil	100	■
			Under 20 cm depth of soft soil	70	
			None	40	
Water (breeding)	Area of permanent wetland	Permanent wetland with water	Over 500 m ²	100	■
			300-500 m ²	70	
			Under 300 m ²	40	
			None	10	

Table 2. Average monthly temperature (°C), humidity (%), total rainfalls (mm) of the studied area and population size (n) of boreal digging frog during the study (2019–2022)

Each year of month	Average temperature (°C)	Average humidity (%)	Rainfall totals (mm)	Population size (n)					
				adult	sub-adult	froglet	V* S**	total	
2019	June	21.9±1.5	70.3±9.7	96.5	20	-	-	-	20
	July	25.4±1.9	78.3±12.9	224	76	8	-	-	84
	Agust	26.4±2.3	79.2±6.5	169.5	21	4	470	-	495
	September	21.9±2.5	79.4±11.0	190.5	-	-	7	-	7
2020	June	23.1±1.7	76.3±8.5	119.5	7	-	-	1(V)	8
	July	23.3±1.9	85.3±8.6	229	15	1	-	70(S)	86
	Agust	26.6±1.6	89.5±7.0	353	1	-	61	10(V)	72
2021	July	27.2±2.2	79.1±9.5	155.5	24	19	-	7(S)	50
	Agust	25.4±2.2	82.6±12.0	137	3	4	10	-	17
2022	June	26.8±1.8	74.2±11.8	163.5	1	-	-	30(S)	31
	July	25.4±2.8	81.5±7.5	146	4	-	3	10(S)	17
	Agust	21.9±2.7	86.8±9.1	129.5	-	-	7	-	7

*view, ** sound (mating call)

이 출현 개체수와 기상요인의 상관분석 결과, 2020년의 평균기온($p=0.013$), 최저기온($p=0.000$), 상대습도($p=0.015$)와 유의미한 상관관계가 나타났으며, 번식과 기상요인의 상관분석은 2020년 강수량($p=0.005$), 2022년 강수량($p=0.002$)에서 유의미한 정(正)의 상관관계가 나타났다.

고찰

본 연구는 2019년 사업지구 내 서식하고 있는 맹꽂이를 대체서식지로 이주시켜 2020년부터 2022년까지 모니터링을 진행한 결과로, 모니터링의 효율성 및 생존에 유리

한 대체서식지 선정(조성) 방안을 마련하기 위해 계획되었다. 장기간의 모니터링 과정에서 이주된 개체군의 정착 여부를 판단하기 위해 생체량(SVL, BM) 비교와 번식 유무에 초점을 두었으며, 대체서식지 적합성 평가 및 기상요인과 맹꽂이 생태와의 상관관계를 통해 이주된 개체군의 생존에 영향을 주는 환경을 분석하였다.

조사 기간 동안 확인된 맹꽂이의 성체 및 아성체는 대부분 7월,当年생은 8월에 확인되어 맹꽂이의 번식활동은 주로 8월 전에 이뤄지는 것으로 나타났다. 이를 통해 8월 전까지는 성체 및 아성체, 번식 유무를 확인하고, 8월 이후에는当年생 관찰에 초점을 두고 모니터링을 진행하

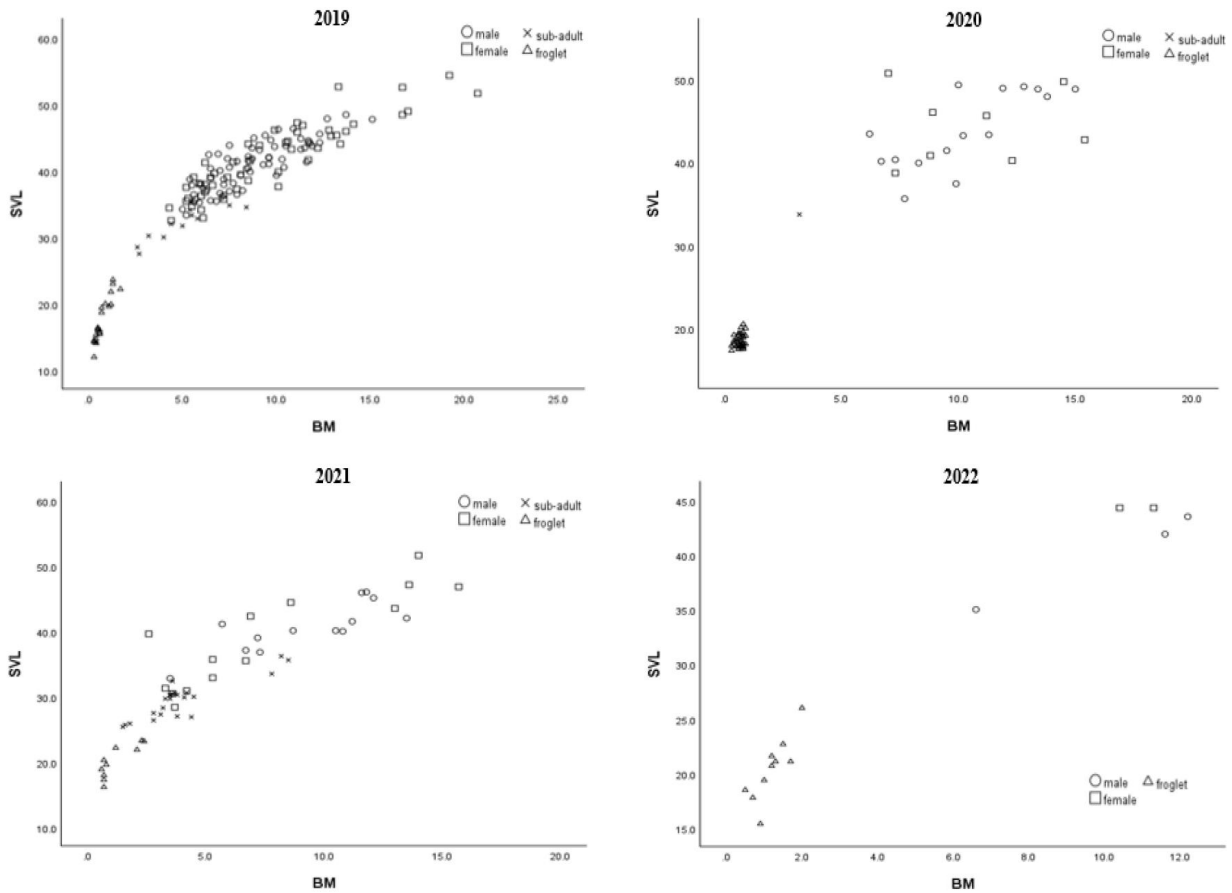


Fig. 2. Measurement of SVL (Snout-Vent Length, mm) and BM (Body Mass, g) of boreal digging frog during the study (2019-2022).

Table 3. Non-parametric statistical analysis (Kruskal-Wallis test) of SVL (Snout-Vent Length) and BM (Body Mass) of boreal digging frog during the study (2019-2022)

Gender	Year (n)	Kruskal-Wallis test	
		SVL	BM
Male	2019(69)-2020(15)-2021(13)-2022(3)	$p > 0.05$	$p > 0.05$
Female	2019(48)-2020(8)-2021(14)-2022(2)	$p > 0.05$	$p > 0.05$

Table 4. Generalized Linear Mixed Model (GLMM) for effects of SVL (Snout-Vent Length) and BM (Body Mass) of boreal digging frog on meteorological factors in the year (2019-2022)

Meteorological factors (year)	SVL			BM		
	df	χ^2	p-value	df	χ^2	p-value
Average temperature	1	0.137	0.711	1	0.419	0.517
Minimum temperature	1	5.630	$p < 0.05$	1	3.086	0.079
Maximum temperature	1	5.974	$p < 0.05$	1	2.117	0.146
Average humidity	1	7.095	$p < 0.05$	1	3.575	0.059
Average rainfall	1	4.150	$p < 0.05$	1	1.532	0.216

는 것이 효율적인 것으로 확인되었다.
 맹꽁이 개체군에 영향을 미치는 기상요인을 분석한 결과, 체장길이의 경우 최저기온, 최고기온, 상대습도, 강수

량이 통계적으로 유의미한 기상요인으로 나타났다($p < 0.05$). 맹꽁이의 크기는 먹이활동에 따라 차이를 나타내며 [6], 이러한 결과는 기상요인을 비롯한 대체서식지의 환경

Table 5. Pearson correlation coefficients of the number of individuals captured boreal digging frog and breeding meteorological factors in survey sites

Meteorological factors	Population size (n)				Breeding (mating call)		
	2019 (1y)	2020 (2y)	2021 (3y)	2022 (4y)	2020 (2y)	2021 (3y)	2022 (4y)
Average temperature	-0.151	-0.646*	-0.086	0.070	-0.107	0.278	0.065
Minimum temperature	-0.122	-0.808**	-0.038	0.039	-0.041	0.274	0.128
Maximum temperature	-0.143	-0.264	-0.154	-0.032	-0.358	0.253	-0.113
Average humidity	-0.133	-0.635*	0.140	-0.047	0.212	-0.085	0.001
Daily rainfall	-0.220	0.000	0.162	0.059	0.707**	-0.013	0.744**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

이 먹이원에 영향을 끼쳤다는 것으로 해석할 수 있다. 개체수 및 번식과의 상관분석 결과, 개체수는 평균기온($p < 0.05$), 최저기온($p < 0.01$), 상대습도($p < 0.05$)와 통계적으로 유의미하였으며, 번식은 강수량($p < 0.01$)과 유의미한 상관관계를 나타냈다. 맹꽂이의 경우 번식, 먹이, 이동에 있어 온도, 습도 강수량 등 다양한 기상 요인에 반응 하는 것으로 알려져 있다[12]. 이는 본 연구와 선행연구[18]의 동일한 결과로 볼 수 있으며, 맹꽂이의 활동성과 습도와 의 관계는 연관성이 높지 않다는 연구[6]와는 대비되는 결과이다. 번식의 경우 청음을 기록한 3년의 모니터링 과정 중 2, 4년차에 유의미한 정(正)의 상관관계가 나타났으므로 강수량이 맹꽂이의 산란과 번식에 영향을 준다는 연구[9, 18]와 일치하는 결과라 할 수 있다.

모니터링 기간 동안 청음은 대체서식지 내에 형성되어 있는 상시 습지에서 확인되었다. 습지는 양쪽의 사면을 통해 비가 오면 물이 잘 모일 수 있는 형태로 되어 있으며, 장마기간 동안 산란과 번식의 공간으로 활용되고 있음을 확인하였다. 습지를 제외한 육상생태부는 부드러운 입자의 토양을 갖추고 있어 맹꽂이의 서식 및 동면지의 역할을 하고 있었다. 조사 기간 동안 맹꽂이 성체(암, 수)의 신체적 특징을 측정하여 연도별 비교 분석한 결과, 통계적으로 유의미하지 않는 것으로 나타나($p > 0.05$), 이주 시 개체군과 대체서식지의 개체군은 체장길이와 무게가 유지되고 있는 것으로 확인되었다. 이는 본 연구 대상지인 대체서식지의 조건이 생존에 부합하는 요소를 갖췄다는 것으로 볼 수 있으며, 대체서식지 선정 및 조성에 있어 야생동물의 서식지 4대 구성요소(공간, 먹이, 물, 은신처)가 반드시 필요하고, 서식지 적합성 기준을 모두 충족시킬 수 없을 경우에는 서식지와 산란지의 근접성, 먹이공간(초지공간) 확보, 토질, 습지 확보에 초점을 맞춰야 하는 것으로 나타났다.

장기간의 연구 결과를 통해 맹꽂이의 생태적 특성과 대체서식지 선정 및 조성조건을 파악할 수 있었으며, 이주된 개체군의 정착 확률을 높일 수 있는 모니터링 방안을 마련할 수 있었다. 본 연구의 결과가 맹꽂이를 비롯한 멸종위기 양서류의 이주 과정에서 현실적으로 적용 가능

한 대안의 기초자료로 활용되기를 바란다.

감사의 글

이 논문은 평택 소사벌지구 택지개발사업의 일환으로 학술용역비 지원을 받아 수행된 연구임.

The Conflict of Interest Statement

The authors declare that they have no conflicts of interest with the contents of this article.

References

1. Cho, D. G. and Shim, Y. J. 2016. Planning of narrow-mouth frog (*Kaloula borealis*) habitat restoration using habitat suitability index (HSI). *Ecol. Resil. Infrastruct.* **3**, 62-69.
2. Corn, P. S. and Bury, R. B. 1990. Sampling methods for terrestrial amphibians and reptiles. pp. 109-117, Prentice Hall: Portland, OT, USA.
3. Cushman, S. A. 2006. Effects of habitat loss and fragmentation on amphibians: A review and prospectus. *Biol. Conserv.* **128**, 231-240.
4. Hamer, A. J. and McDonnell, M. J. 2008. Amphibian ecology and conservation in the urbanizing world: A review. *Biol. Conserv.* **141**, 2432-2449.
5. Heyer, W. R., Donnelly, M. A., McDiarmid, R. W., Hayek, L. A. C. and Foster, M. S. 1994. Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians. pp. 84-91, Prentice Hall: Washington D.C., USA.
6. Hong, S. G., An, C. K., Kim, H. J., Oh, K. C., Park, S. Y., Na, S. M. and Yi, H. B. 2017. Ecological study of narrow-mouthed toad (*Kaloula borealis*) population at Myeongji District in Busan metropolitan city. *J. wetl. Res.* **19**, 172-179.
7. Jeong, S. G., Seo, C. G., Yoon, J. H., Lee, D. K. and Park, J. H. 2015. A study on riparian habitats for amphibians using habitat suitability model. *J. Environ. Impact. Assess.* **24**, 175-189.
8. Kang, J. W. 2020. Alternative micro-habitat strategy of

- the *Kaloula borealis* (Amphibia). Ph. M. Dissertation, Incheon national University, Incheon.
9. Ko, S. B., Jang, M. H., Yang, G. S. and Oh, H. S. 2012. Feeding habits of the *Kaloula borealis* during the breeding season. *Kor. J. Env. Eco.* **26**, 333-341.
 10. Lee, E. Y. and Moon, S. K. 2011. Assessment of characteristics and functions of abandoned rice paddy wetlands as habitats for the amphibia within land development districts. *J. Korean. Env. Res. Tech.* **14**, 35-42.
 11. Lee, W. S., Park, C. Y., Lim, S. J., Heo, W. H., Jeoung, W. S., Choi, C. Y., Park, Y. S. and Lee, E. J. 2017. Wildlife ecology management. pp. 69-81, 2nd ed., Prentice Hall: Seoul, KOR.
 12. McMenamin, S. K., Hadly, E. A. and Wright, C. K. 2008. Climatic change and wetland desiccation cause amphibian decline in Yellowstone National Park. *J. Biosci.* **105**, 16988-16993.
 13. Ministry of Environment. 2013. Guidelines for reintroductions and other conservation translocations. pp. 3-6. KNPS: Wonju, the Korea.
 14. Ministry of Environment. 2019. Guidelines for evaluation and improvement of endangered wildlife habitats. pp. 9-10. In: Park, Y. S., Yoon, G. B., Han, S. H., Yoon, Y. J., Jung, J. W., Jang, R. H., Park, S. W. and Kim, S. R. (eds.), NIE: Seochon, the Korea.
 15. Park, S. C., Han, B. H. and Park, M. J. 2019. A study on the evaluation and maintenance for alternative habitats of the narrow-mouth frog (*Kaloula borealis*) - A case study on the alternative habitats of *Kaloula borealis* at the University of Seoul. *J. KILA.* **47**, 76-87.
 16. Park, S. G., Ra, N. Y., Jang, Y. S., Woo, S. H., Koo, K. S. and Jang, M. H. 2019. Comparison of movement distance and home range size of gold-spotted pond frog (*Pelophylax chosonicus*) between rice paddy and ecological park: Focus on the planning alternative habitat. *Ecol. Resil. Infrastruct.* **6**, 200-207.
 17. Pough, F. H., Andrews, R. M., Cadle, J. E., Crump, M. L., Savitzky, A. H. and Wells, K. D. 2015. Herpetology, 4th ed, Oxford, GBR.
 18. Rho, B. H. 2016. Relationship between abundances of *Kaloula borealis* and meteorological factors based on habitat features. *J. Korean Env. Res. Tech.* **19**, 103-119.
 19. Seo, J. H., Lee, S. H., Kweon, S. M., Koo, Y. B., Lee, K. J. and Lee, B. Y. 2019 Red data book of endangered amphibians and reptiles in Korea. pp. 9-14. NIBR: Incheon, the Korea.
 20. Shim, Y. G., Cho, D. G., Park, S. Y., Lee, D. J., Seo, Y. H., Kim, S. H., Kim, D. H., Ko, S. B., Cha, J. Y. and Sung, H. C. 2014. Development of habitat suitability index for habitat restoration of narrow-mouth Frog (*Kaloula borealis*). *J. Korean. Env. Res. Tech.* **17**, 109-123.
 21. Sung, H. C., Kim, S. K., Cheong, S. W., Park, S. R., Roh, D. C., Baek, K. W., Lee, J. H. and Park, D. S. 2006. Estimating detection probabilities and site occupancy rates of three anuran species using call surveys in Haenam-gun, Korea. *J. Ecol. Field. Biol.* **29**, 331-335.
 22. Vitt, L. J., Caldwell, J. P., Wilbur, H. M. and Smith, D. C. 1990. Amphibians as harbingers of decay. *J. Biosci.* **40**, 418.
 23. Wyman, R. L. 1990. What's happening to the amphibians?. *Conserv. Biol.* **4**, 350-352.
 24. Yang, S. Y., Kim, J. B., Min, M. S., Suh, J. H. and Kang, Y. J. 2001. Monograph of korean amphibia. pp. 33-75, Prentice Hall: Seoul, KOR.

초록 : 평택지역의 맹꽁이 대체서식지 모니터링 및 기상요인 분석

최민호¹ · 배양섭^{1,2*}

(¹인천대학교 생명과학부, ²인천대학교 생물자원환경연구소)

본 연구는 평택시 죽백동 일원에 서식하는 맹꽁이를 2019년에 대체서식지로 이주시킨 후 2020-2022년까지 사후모니터링을 통해 대체서식지가 갖춰야 할 최소 조건과 맹꽁이 모니터링의 효율성 제고를 목적으로 진행되었다. 대체서식지의 서식 환경을 분석한 결과 습지, 초지, 하천과의 거리는 5 m 이내, 저층 초지 공간은 6,000 m² 이상, 깊이 20 cm 이상의 부드러운 토질, 임시 습지의 면적은 5,000 m² 이상으로 서식지 적합성 기준에 부합하였으며, 모니터링 과정에서 이주된 개체군의 체장길이 및 몸무게가 유지되는 것을 확인하여($p > 0.05$) 서식지와 산란지의 근접성, 먹이공간(초지공간) 확보, 토질, 습지의 조건이 갖춰진다면 대체서식지의 기능을 수행할 수 있는 것으로 나타났다. 맹꽁이 개체군에 영향을 주는 기상요인을 분석한 결과, 체장길이는 최저기온, 최고기온, 상대습도, 강수량과 통계적으로 유의미 하였다($p < 0.05$). 개체수 및 번식의 경우 강수량과 번식에서 유의미한 정(正)의 상관관계가 나타났으며($p < 0.01$), 개체수는 평균기온, 최저기온, 상대습도에 영향을 받는 것으로 나타났다($p < 0.05$).