

## 서식지 특성에 따른 맹꽁이 개체수와 기상요인과의 관계 분석\*

노 백 호

계명대학교 환경계획학과

### Relationship between Abundances of *Kaloula borealis* and Meteorological Factors based on Habitat Features\*

Rho, Paikho

Department of Environmental Planning, Keimyung University.

#### ABSTRACT

This study aims to assess habitat feature on the large-scale spawning ground of the Boreal Digging Frog *Kaloula borealis* in Daemyung retarding basin of Daegu, and to analyze the relationships between species abundance and meteorological factors for each habitat. Fifty-seven(57) pitfalls were installed to collect species abundance of 4 survey regions, and high-resolution satellite image, soil sampling equipment, digital topographic map, and GPS were used to develop habitat features such as terrain, soil, vegetation, human disturbance. The analysis shows that the frog is most abundant in sloped region with densely herbaceous cover in southern part of the retarding basin. In the breeding season, lowland regions, where *Phragmites communis* and *P. japonica* dominant wetlands and temporary ponds distributed, are heavily concentrated by the species for spawning and foraging. Located in between legally protected Dalsung wetlands and lowland regions of the retarding basin, riverine natural levee is ecologically important area as core habitat for *Kaloula borealis*, and high number of individuals were detected both breeding and non-breeding seasons. Temperate- and pressure-related meteorological elements are selected as statistically significant variables in species abundance of non-breeding season

---

\* 본 연구는 2014년도 대구녹색환경지원센터에서 시행한 환경기술연구개발사업(연구과제 고유번호: 14-2-70-76) 지원으로 수행되었음.

**First author** : Rho, Paikho, Dept. of Environmental Planning, Keimyung University,  
Tel : +82-53-580-5917, E-mail : wildlife@kmu.ac.kr

**Corresponding author** : Rho, Paikho, Dept. of Environmental Planning, Keimyung University,  
Tel : +82-53-580-5917, E-mail : wildlife@kmu.ac.kr

**Received** : 29 April, 2016. **Revised** : 15 June, 2016. **Accepted** : 20 June, 2016.

in lowland and highland regions. However, in sloped regions, only a few variables are statistically significant during non-breeding season. Moreover, breeding activities in sloped regions are statistically significant with minimum temperature, grass minimum temperature, dew point temperature, and vapor pressure. Significant meteorological factors with habitat features are effectively applied to establish species conservation strategy of the retarding basin and to construct for avoiding massive road-kills on neighboring roads of the study sites, particularly post-breeding movements from spawning to burrowing areas.

Key Words : *Daemyung retarding basin, Habitat, Boreal Digging Frog, Rainfall, Spawning site, Temperature.*

## I. 서 론

양서류는 기후변화와 생물다양성, 생태계 건강성을 나타내는 지표로 많은 학자에 의해 연구되고 있으며(Boll et al., 2013), 육지와 수환경을 함께 이용하기 때문에 개발사업이나 환경오염에 민감하게 반응하여, 지역의 종합적인 환경질을 평가하는데 효과적이다. 유생단계에서는 수중생태계의 유기물, 조류(algae) 등을 먹이로 이용하여 녹조현상을 줄이고 수질정화에 기여하며, 성체는 육상생태계와 수생태계의 먹이사슬을 연결시켜주는 생태계 중간고리 역할을 담당한다(NIBR, 2012). 도시로의 인구집중에 의한 도로건설, 택지개발은 양서류의 서식지 축소와 파편화를 야기하였고, 이는 환경질 악화와 양서류 개체군의 감소로 나타났다(Dodd and Smith, 2003; Perret, 2014). 피부호흡을 하는 양서류는 습지 내 독성물질을 쉽게 흡수하며, 습도와 강수량, 온도 변화에 민감하게 반응하는 특징을 지니고 있다(Kim and Song, 2010; Lee et al., 2011). 이런 이유로 양서류의 조사·연구는 대상 지역의 환경질을 측정하는데 널리 이용하며 해당 지역의 생태계 건강성을 평가하는데 유용하게 활용하고 있다(McMenamin et al., 2008; Ra et al., 2012; Song, 2015).

우리나라에는 17종의 양서류가 서식하며, 그

중 맹꽂이(*Kaloula borealis*)를 비롯한 금개구리(*Rana chosonica*), 수원청개구리(*Hyla suweonensis*) 3종이 환경부에서 멸종위기종으로 지정되었다(Lee et al., 2011). 멸종위기에 처한 양서류는 지역의 생태계 건강성을 나타내는 지표 역할을 수행하기 때문에 개체군 크기를 조사하고 서식환경을 지속적으로 관찰하여야 할 것이다. 국지적으로 분포하는 금개구리, 수원청개구리와 달리 맹꽂이는 제주도를 비롯한 전국에 걸쳐 서식하고 있어 도로건설이나 개발사업에 따른 개체군 감소와 서식지 보전 요구가 늘어나고 있다(Jang and Suh, 2010; Kim, 2010). 이에 MOE(2013)는 맹꽂이의 대체서식지 조성을 위한 입지선정과 적정규모, 서식지 조성절차 등을 규정하여 도시개발로 인한 맹꽂이 개체군 감소와 서식지 훼손을 줄이고자 하였다. 그러나 맹꽂이의 개체군 보전 노력에도 불구하고 산란지가 주로 저지대의 습지에 분포하여 개발압력에 취약한 실정이다. 멸종위기종 정밀조사 결과, 전국 67개 지점에서 대략 2,550개체가 추정되었으나, 대부분 저습지로 개발위협에 직면해 있다(Jang and Suh, 2010; NIBR, 2011). 국내 맹꽂이 개체군 크기의 변화에 대한 직접적인 조사결과는 없으나, 전국자연환경조사 자료를 이용한 비교결과에서 맹꽂이 개체수는 급격히 감소하는 것으로 추정되었다(NIBR, 2011). 양서류의 감소원인으로는

서식지 훼손, 환경오염, 질병확산, 외래종 유입, 기후변화 등을 제시할 수 있다(Min, 2008). 최근 맹꽁이 개체군 크기에 영향을 미치는 것으로 부각된 기후변화는 3가지 경로를 통해 맹꽁이 개체수에 영향을 준다(McMenamin et al., 2008). 첫째, 기온 상승은 맹꽁이의 행동, 생체리듬, 번식, 신체구조, 생존율 등 생활사 변화를 야기한다. 수문학적 물순환 체계, 장마철 변화는 양서류 유생이나 성체의 생존전략에 영향을 미친다. 둘째, 기후변화는 맹꽁이의 서식환경을 파괴하기도 한다. 기온 상승이나 강수일수 감소는 산란처를 훼손할 수 있다. 지구차원의 기후변화와 건조지역 확대는 맹꽁이가 선호하는 습한 환경이나 부엽질 토양을 줄게 한다. 셋째, 기온상승은 맹꽁이가 질병이나 병원균 감염에 취약한 상태에 처하게 한다.

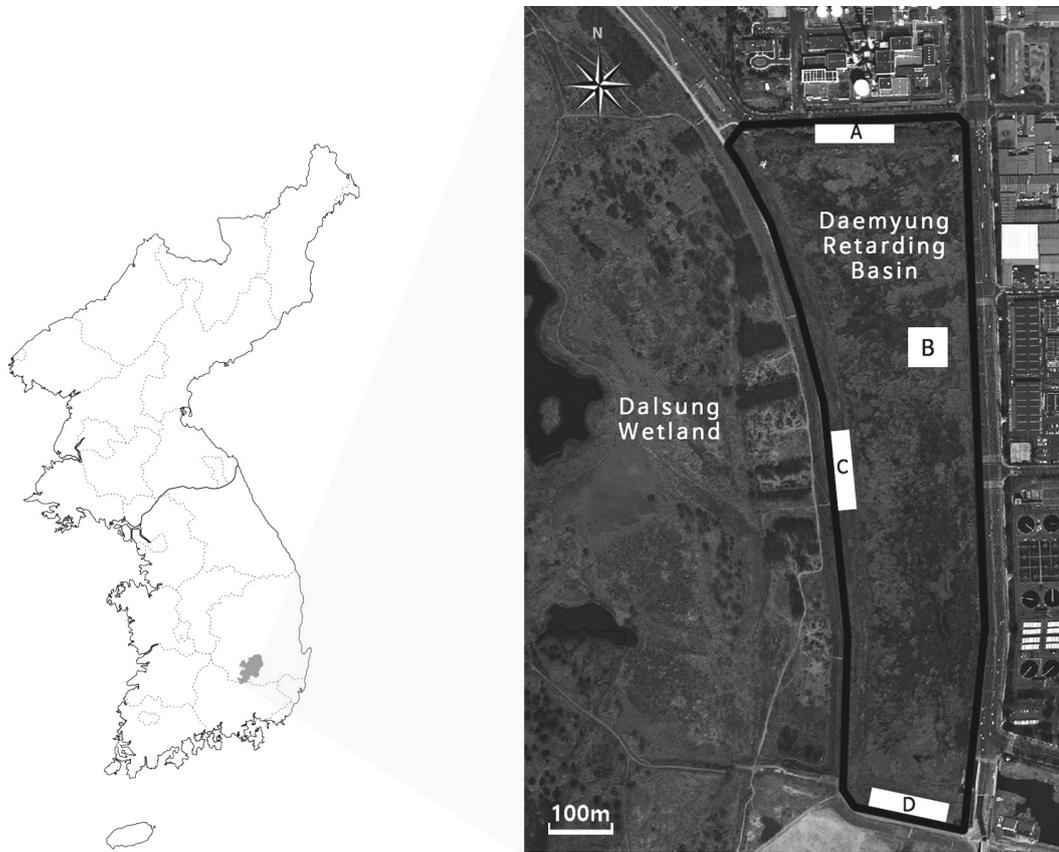
맹꽁이의 개체수 보전과 생태적 역할을 밝히기 위해 다양한 조사·연구가 진행되었다. 초기에는 유전적 특성(Yang et al., 2000), 먹이습성, 울음소리 등 생태적 특성(Han and Park, 1996)을 중심으로 진행되었으며, 점차 군집특성(Ra et al., 2012), 질병확산(Baek et al., 2011), 산란조건 및 산란지 분포(Ko et al., 2011; Ko, 2012; Chen et al., 2015) 등에 대한 연구로 발전하였다. 최근에는 맹꽁이의 서식지 분석 및 대체서식지 조성(Jung, 2008; Shim et al., 2014; Chang and Wu, 2015; Garnham et al., 2015)에 대한 연구가 실시되었다. 맹꽁이 개체수는 적정 서식지의 확보와 서식환경의 질, 포식자, 기상요인 등의 영향을 받는다(Shim et al., 2015). Ko et al.(2012)은 제주지역 대상으로 실시한 연구를 통해 많은 비가 내리는 날에 맹꽁이의 산란활동이 활발해진다는 점을 밝혀냈으며, 습도와 기압도 맹꽁이의 번식에 영향을 주는 것을 알아냈다. 한편, Hong and Yi(2016)은 맹꽁이 활동에 영향을 미치는 가장 중요한 기상인자로 기온을 제시하였다. 그러나 아직까지 우리나라에서는 서식지 유형을 바탕으로 맹꽁이 개체수와 기온,

강수량, 습도 등 기상요인과의 관계를 살펴본 연구는 미흡하다. 이에 본 연구에서는 맹꽁이가 대규모로 서식하는 대구지역의 대명유수지를 대상으로 서식지 특성을 밝혀내고, 이를 바탕으로 서식지 유형에 따른 맹꽁이 출현밀도와 기상요인과의 상관관계를 도출하고자 한다.

## II. 대상지 및 방법

### 1. 연구 대상지

연구 대상지는 2011년 맹꽁이 대규모서식지로 밝혀진 대구 지역의 대명유수지로 크기는 가로 398m, 세로 1,185m 총면적 31.2ha이다. 지리적으로 위도 35.49°N, 경도 128.29°E 중위도 온대성 기후대에 위치하며, 여름철 고온다습한 북태평양 기단의 영향을 받는다. 대명유수지는 2003년 성서국가산업단지를 홍수로부터 보호하기 위한 목적으로 과거 농경지로 이용되던 범람원 지역을 유수지로 변경하였는데, 유수지 서측에는 낙동강과 금호강 수계의 합류부에 형성된 달성습지보호지역이 자리잡고 있다. 한편, 유수지 북측과 동측에는 교통량이 많은 간선도로가 위치하여 맹꽁이의 번식기 및 이동시기에 대규모 로드킬이 발생하고 있다. 남측에는 대명천과 월성빗물펌프장이 있으며, 펌프장의 준설계획고는 14.4m로 관리되고 있다. 유수지의 해발고도는 13.5m-29.5m로 조사되었는데, 달성보의 관리수위가 14.0m로 운영되어 보 건설에 따라 유수지의 많은 지역이 지하수위 상승으로 영향을 받는다. 지형이나 서식지 환경에 따라 연구대상지를 4개 조사지역으로 구분하였다. 해발고도와 경사도, 식생층위구조, 수환경, 도로까지 거리 등을 반영하여, 교목식생군락으로 이루어진 평탄지(Site A), 물웅덩이가 산재되어 있는 저습지(Site B), 갯벌-버드나무군락으로 이루어진 사면부(Site C), 물억새 등 초본군락으로 이루어진 사면부(Site D)를 조사지역으로 하였다(Figure 1).



**Figure 1.** Study area in the Daemyung retarding basin neighboring the Dalsung wetland and survey sites of A, B, C, D location of the basin.

## 2. 연구 방법

### 1) 서식지 조사

서식지 조사는 연구 대상지의 4개 조사지역에 대해 실시하였다. 본 연구의 대상종인 맹꽁이의 생태적 특성을 반영하기 위해 기존 문헌에서 맹꽁이 서식지 모형에 포함된 물리적 환경변수를 중심으로 서식지 조사항목을 선정하였다. 서식지 항목은 지형, 토양, 식생, 인위적 교란으로 구분하였다. 지형요소로는 해발고도, 경사도, 사면방향, 물웅덩이까지 거리 등이 서식지 형성에 중요하게 작용한다. 이에 따라 대명유수지의 4개 조사지역을 2014년 4월 중 3회에 걸쳐 현지 답사를 실시하여 지형특성을 파악하였다. 해발고도, 사면방향은 GPS Garmin Montana 650 TK

로 3회 측정값의 평균을 구하였으며, 경사도는 유수지 제방의 하단부와 상단부의 해발고도와 수평거리를 이용하여 계산하였다. 물웅덩이까지 거리는 근적외선 고해상도 위성영상(WorldView imagery, 해상도 50cm)과 drone 영상(2014. 4. 21 촬영)을 참고하였다.

토양요소를 나타내는 변수로는 유효토심, 토성, 토색, 배수를 선택하였다. 유효토심이 깊고 점토질의 구성비율이 높을수록 맹꽁이가 동면할 수 있는 서식환경을 제공하는 것으로 알려져 있다(Shim, 2015). 동면활동을 반영하기 위해 토양의 유효토심, 토성, 토색, 배수자료를 현지 조사와 정밀토양도를 이용하여 확보하였다. 맹꽁이 함정트랩 설치시 Munsell 토색표를 이용하

여 토양 깊이와 토색을 측정하였으며, 토성은 정밀토양도를 참고하고 현지조사에서 확보한 토양표본의 점토 구성비를 산정하였다. 한편 조사지역 B는 지하수위 상승으로 토양관련 자료를 확보하는 것이 무의미하여 토양조사에서 제외하였다.

조사지역의 식생은 문헌조사와 영상판독, 현지조사를 병행하였다. Daegu Metropolitan City (2011) 등 문헌자료를 통해 대상지의 개략적인 식물상 및 식생분포현황을 파악하였으며, 고해상도 위성영상을 판독하여 교목이나 관목 패치군락을 도면화하였다. 식생은 조사지역에서 30×30m<sup>2</sup> 방형구를 이용하여 교목, 관목, 초본(육상식물 및 수생식물)의 식피율을 계산하였다. 한편 조사지역에서 가장 가까운 교목까지의 거리는 현지조사와 위성영상을 도면화한 후 ArcView GIS Program를 이용하여 측정하였다.

대상지역이 위치한 대구지역은 인구밀도가 높고 사회경제활동이 활발하여 서식지를 평가하는데 인위적 교란요소를 고려하였다. 본 연구에서는 도로까지의 거리, 인위적 활동정도를 교란 변수로 포함하였다. 도로까지의 거리가 멀수록 또한 인위적 활동정도가 낮을수록 해당 지역의 맹꽂이 서식조건은 양호한 것으로 평가할 수 있다. 도로에 인접한 지역은 오염물질이나 소음, 불빛 등으로 맹꽂이의 산란환경이나 서식조건에 악영향을 미칠 것으로 판단된다. 도로까지의 거리는 지형도를 이용하여 계산하였으며, 인위적 활동은 조사지역의 자전거도로, 산책로, 준설, 제방 등의 현황자료를 이용하였다.

## 2) 기상요인 조사

기상자료는 대명유수지 조사지역에서 12km 떨어진 대구기상대(지점번호: 143) 일별 관측자료를 기상청 기상자료개방포털에서 확보하였는데, 이와 같은 조사자료 수집은 다른 연구에서도 유사한 방법으로 실시하고 있다(Shahriza et al., 2010; Ko et al., 2012). 기상요인은 기온,

강수량, 태양광, 습도, 압력, 바람 6개 부문에 24개 기상자료를 선택한다. 기온은 평균기온, 최저기온, 최고기온, 평균 지면온도, 최저 초상온도 5가지로 구성하고, 강수량은 1시간 최다강수량, 일강수량, 최근 1주일 강수량, 최근 1주일 강수일수를 파악한다. 태양광 부문은 가조시간, 함께 일조시간, 1시간 최다 일사량, 함께 일사량으로 이루어진다. 한편, 습도는 평균 이슬점온도, 최소 상대습도, 평균 상대습도에 의해 평가하고, 평균 증기압, 평균 현지기압, 최고 해면기압, 최저 해면기압, 평균 해면기압으로 압력 부문을 측정한다. 마지막으로 바람 부문은 최대 순간풍속, 최대풍속, 평균풍속 3가지를 확보한다. 기상요인과 맹꽂이 개체수와의 상관분석을 위해 본 연구에서는 2014년 5월부터 10월까지 맹꽂이 개체수 조사가 진행된 45일에 걸쳐 해당 날짜의 대구기상대 일별 관측자료를 확보하였다(KMA, 2014).

## 3) 맹꽂이 개체수 조사

사전답사와 기존 자료분석을 바탕으로 맹꽂이 개체수 산정을 위해 4개 조사지역을 선정하였다. 조사자가 도보로 접근할 수 있으며, 사람이거나 차량의 간섭에서 배제된 지역을 현지조사 후보대상지로 추출하고, 대명유수지의 지형, 식생, 토양, 수문 등을 반영하여 최종 조사지역을 결정하였다. 함정트랩은 평지부(A지점), 저습지(B지점), 달성습지와 인접한 동사면 제방(C지점), 물억새군락으로 이루어진 북사면 제방(D지점)에 배치하였다. A지점은 11개의 선형 함정트랩과 2개의 고립 함정트랩으로 구성하였으며, C와 D 지점은 각각 11개의 선형 함정트랩을 설치하였다. 저습지에 위치한 B 지점은 22개 함정트랩을 격자형태로 배치하였다. 함정트랩은 토양이 부드러운 장소에 30-40cm 깊이로 함정을 파고, 햇빛이나 강우의 영향을 줄이기 위해 함정트랩의 뚜껑을 덮어주었다(Heyer et al., 2014). 맹꽂이 개체수 조사는 4개 조사지역에 설치한

57개 함정트랩을 대상으로 2014년 5월 22일부터 2014년 10월 31일까지 매주 2회 총 45회 조사를 실시하였다. 현지조사는 2인 1조로 진행하였으며, 매번 조사결과와 더불어 특이사항을 포함한 조사야장을 작성하였다.

#### 4) 맹꽁이 개체수와 기상요인 분석

맹꽁이의 개체수 분석은 대명유수지의 4개 조사지역별 산란기와 비산란기 출현빈도로 살펴보았다. 조사지역별 맹꽁이의 출현 개체수는 산란기 21회, 비산란기 24회로 이루어졌다. 산란기와 비산란기의 맹꽁이 개체수 출현빈도에 대한 차이를 비교하기 위해 t-test를 실시하였으며, 유의수준 0.05에서 통계적 유의성을 파악하였다. 또한 서식지 유형별 개체수 차이는 분산분석(ANOVA)을 실시하고, 서식지 유형별 맹꽁이 개체수에 영향을 미치는 영향요인을 도출하고자 상관분석을 수행하였다. 대명유수지를 지형, 토양, 식생, 수문 등에 따라 서식지 유형을 4개로 구분하고, 유형별 맹꽁이 개체수와 기상요인과의 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient, r)를 계산하였다. 분산분석과 상관분석은 IBM SPSS Statistics (ver. 23) 프로그램을 이용하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 대명유수지의 서식지 분포특성

대명유수지는 지형학적 측면에서 저습지 범람원으로 구분할 수 있으나, 미소지형에 의해 서식지를 분류하면 저습지(lowland wetland), 평지부(highland), 관목군락의 사면부(sloped area with shrub), 초본군락의 사면부(sloped area with herbaceous)로 세분할 수 있다. 대명유수지의 북측에 위치한 A 조사지역은 평지부로 해발고도 20.2m 편평한 지형이며, 맹꽁이 산란지로 이용하는 물웅덩이(Gomez-Rodriguez et al., 2012)가 43m 인접해 있다. 그러나 교통량이 많

은 간선도로가 25m 거리에 위치할 뿐만 아니라 산책로와 자전거길에 의한 인위적 간섭이 상대적으로 높으며, 유효토심이 얇고 초본이나 관목식생의 발달정도가 미약하다. 묘목장이 있던 지역으로 느티나무, 메타세콰이어, 은행나무 등이 식재되어 있다(Table 1).

저지대 습지로 이루어진 B 조사지역은 갈대(*Phragmites communis*) 식생군락과 달뿌리풀(*Phragmites japonica*) 식생군락이 우점하고 있다. 수생식물의 식피율이 60%에 이르며, 수고가 1.6-2.2m에 이른다. B 지점의 해발고도는 14.5m인데, 경사도는 인접한 준설 웅덩이로 인해 1.2%로 나타났다. 달성보 관리수위(EL. 14.0m) 영향으로 대명유수지 내 저습지의 지하수위가 높아져 대명유수지 남측을 중심으로 개방수면이 넓게 형성되었으며, 유수지 북측에 위치한 B 지점도 지하수위가 높아져 반영구적인 물웅덩이가 산재되어 있다. 지하수위 상승으로 토양특성을 파악하지 못했으며, 상대적으로 도로 등 교란요인이나 교목과의 거리가 멀리 이격되어 있다.

생태적으로 보호가치가 높은 달성습지에 인접한 사면부에는 갯버들(*Salix gracilistyla*), 생강나무(*Lindera obtusiloba*) 등 관목군락과 큰도꼬마리(*Xanthium canadense*), 가시박(*Sicyos angulatus*), 망초(*Conyza canadensis*), 금방동사니(*Cyperus microiria*), 팽이사초(*Carex neurocarpa*), 털도깨비바늘(*Bidens biternata*) 등이 우점하고 있다. 사면부 제방의 소단부에 위치한 C 지점은 해발고도 19.1m로 조사되었고, 경사도를 측정한 결과 43.7%로 급경사면을 형성하고 있다. 사면부의 하단 최저고도 14.5m, 상단 최고고도 28.5m로 제방의 높이는 14m이고, 제방의 폭은 32m로 나타났다. 사면은 동남동(ENE) 방향이며, 유효토심 41cm, 점토질에 갈색토양으로 맹꽁이가 땅속에서 생활하는데 적합한 환경조건을 갖추고 있다. 다만 물웅덩이까지 거리가 168m로 4개 조사지역 가운데 가장 멀다.

**Table 1.** Microhabitat variables on terrain, soil, vegetation, and anthropogenic disturbance measured for each survey site.

	Variables	units	A site	B site	C site	D site
Terrain	Elevation	m	20.2	14.5	19.1	18.5
	Slope	%	0.0	1.2	43.7	51.6
	Aspect	-	flat	flat	ENE	NNE
	Distance to sink	m	43	3	168	66
Soil	Depth of soil	cm	25	n.a	41	52
	Soil texture	-	coarse silty	n.a	fine clayey	sandy
	Water drainage	-	poor	n.a	very poor	good
	Soil color	-	brown	n.a	brown	brown
Vegetation	Distance to nearest tree	m	2	123	3	20
	Herbaceous terrestrial cover	%	10	0	80	50
	Herbaceous aquatic cover	%	0	60	0	0
	Shrub cover	%	10	0	50	20
	Tree canopy cover	%	40	0	10	0
	Dominant spp.	-	Metasequoia spp.	Phragmites spp.	Salix spp.	Miscanthus spp.
Disturbance	Distance to paved road	m	25	83	220	82
	Human activities	-	trail and bicycle	drained pit	levee	levee

관목과 초본군락이 혼재된 달성습지 방향의 사면부와 달리 D 조사지역은 일부 관목이 산재되어 있으나 물억새 등 초본식물이 우점한다. 조사지역의 해발고도는 18.5m로 나타났으며, 경사도는 51.6%로 급경사를 이루고 있다. D 지점은 대명유수지에서 가장 해발고도가 낮은 저습지(해발고도 13.5m)와 접하고 있으며, 월성땀물펌프장에 인접해 있다. 사면방향은 북북동(NNE)이며 물웅덩이까지 거리는 66m로 조사되었다. 유효토심은 52m이고 사질 토양에 배수가 좋아 맹꽁이의 서식지로 적합하다. 과거 대명유수지에 대한 준설흔적이 있으며, 월성땀물펌프장 주변의 토사를 D 조사지역에 성토하여 상대적으로 유효토심이 높게 형성된 것으로 파악된다.

4개 조사지역의 서식지 특성을 살펴본 결과,

3가지 유형으로 분류할 수 있다. 즉 산란환경을 갖춘 B 조사지역과 인위적 교란이 심한 A 조사지역, 토양환경이나 식생층위구조로 인해 서식환경이 양호한 C 조사지역과 D 조사지역으로 서식환경을 세분화하였다. 비가 오면 일시적으로 형성되는 물웅덩이를 선호하는 맹꽁이의 산란특성을 고려할 때(NIBR, 2012), 저지대 습지부에 위치한 B지역은 적절한 산란지로 판단된다. 달성보 건설에 의한 지하수위 상승으로 연구 대상지 남쪽의 저지대 습지부는 개방수면이 형성되고 상시적인 물웅덩이로 맹꽁이의 산란환경이 악화되고 있다. 또한 연구 대상지 북쪽의 평지부는 대구외곽순환고속도로 건설로 인해 서식지 악화가 우려된다.

서식지 특성을 기반한 유형분류를 통해 맹꽁

이의 산란기와 비산란기의 개체수를 비교하는 것이 필요하다. 본 연구에서 도출한 서식지 환경분석에 따르면 저지대는 산란지 특성을 지니고 있으며, 평지부와 사면부는 동면지, 휴식처 등 서식지 특성을 나타내고 있다. 특히 사면부와 평지부는 저지대 산란지에 비해 협소하여 저지대에서 산란한 많은 맹꽂이 유체와 성체가 동면할 수 있는 서식지를 확보하는데 어려움이 있다. 부족한 서식지로 많은 맹꽂이가 도로변 가로수 녹지대와 도로 비탈면의 구조물 사이 토양층에서 월동하고 있다. 산란기 이후 다수의 로드킬 발생을 줄이기 위해서는 산란지 면적에 대응하는 서식지 면적을 확보하여야 한다. 서식지 연결대책의 일환으로 달성습지와 대명유수지의 단절된 구간을 연결하여 유전적 다양성을 높일 수 있다. 또한 대명유수지 주변의 각종 개발사업(달성습지탐방나루조성사업, 대명유수지 맹꽂이 생태학습장 조성, 대구외곽순환고속도로 건설공사 등)에 의한 맹꽂이 개체군 및 서식지 보전에 있어 본 연구에서 제시한 서식지 유형을 반영한 차별화된 보전대책을 마련하여야 한다.

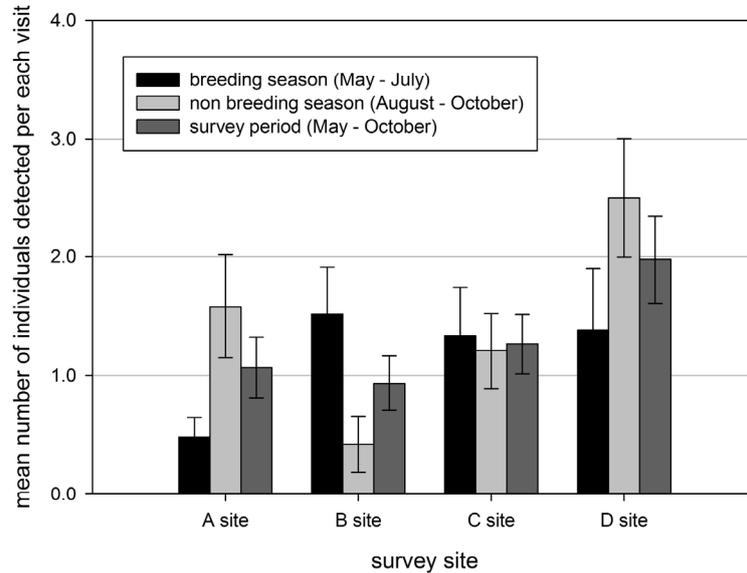
## 2. 서식지 특성에 따른 맹꽂이 개체수 비교

대명유수지의 조사지역별 맹꽂이의 출현 개체수를 산란기(5월-7월)와 비산란기(8월-10월)로 구분하여 살펴보았다(Figure 2). 과거 목포장이었던 연구 대상지 북측의 평지부에 설치된 A 조사지역은 산란기에 비해 비산란기에 맹꽂이 개체수가 크게 증가하였으며, 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $t=-2.388$ ,  $p=0.024$ ). 산란기 21회 조사에서 10개체를 발견하여 평균 0.48에 머물렀으나, 비산란기에 진행된 24회 조사에서 38개체가 출현하여 회당 평균 1.58로 급증하였다. 산책로, 자전거길, 도로 등으로 인위적 간섭이 높고 토양환경이 열악한 지역에서의 동면 개체는 거의 없었다(Perret, 2014). 물웅덩이를 비롯하여 산란지가 인접하여 산란 이후 맹꽂이 개체가 동면지로 이동하는 과정에서 빈번하게 관

찰되었다. 그러나 이 지역은 유효토심이 낮고 충분한 규모의 서식지가 없어 로드킬에 의해 죽는 경우가 많으며, 특히 대구외곽순환고속도로의 건설로 잔존 서식지마저 훼손될 경우 대명유수지 저습지에서 산란한 맹꽂이 개체군의 보전은 더욱 힘들어질 것이다.

갈대군락-달뿌리풀군락으로 이루어진 저지대 습지부에 위치한 B 조사지역의 산란기와 비산란기의 맹꽂이 개체수 출현빈도를 비교한 결과, 통계적으로 유의성을 지니고 있다( $t=2.448$ ,  $p=0.020$ ). 현지조사에 따르면 저지대 습지부에는 산란기에 평균 1.52개체를 나타냈으나, 비산란기에는 0.42개체로 크게 줄어들었다. 저지대 습지부에 설치된 22개 함정트랩에서 산란기 동안 32마리의 맹꽂이를 포획하였는데, 이는 연구 대상지에 설치된 4개 조사지역 가운데 가장 많다. 개체수의 출현빈도가 증가한 것은 저지대 습지인 B 지역이 맹꽂이 산란환경으로 적합하기 때문이다. 그러나 비산란기에 맹꽂이 출현 개체수는 크게 감소하였다. 비산란기 24회 조사에서 4회 조사에서만 맹꽂이를 관찰하였다. 산란기 직후인 8월 초순에 일부 발견되었으나, 8월 중순 이후에는 1개체(9월 15일) 관찰에 불과하여 저지대 습지부는 비산란기에 맹꽂이 활동이 거의 없는 것으로 나타났다.

조사지역에서 가장 안정적인 개체수를 유지하는 지역은 달성습지 방향의 갯벌들군락 사면부 제방으로 보인다. 이는 산란환경과 서식환경이 동시에 충족되는 조사지역의 특성을 반영한 것으로 판단된다. C 조사지역에서는 산란기에 28개체를 관찰(평균 1.3개체)하였으며, 비산란기에 29개체가 확인(평균 1.2)되었으나, t-test 분석결과에 따르면 통계적 유의성은 낮다( $t=0.244$ ,  $p=0.809$ ). 달성습지와 연결된 C 조사지역은 물웅덩이와 멀리 떨어져 있음에도 불구하고 산란기에 상대적으로 많은 출현개체수를 나타낸 것은 맹꽂이가 주변 제방에서 월동하고 산란지로 이동하는 과정에서 빈번하게 관찰되기 때문으



**Figure 2.** Mean number of individuals detected per each visit between breeding and non-breeding season during survey period on four sites, Daemyung retarding basin, Daegu. Error bars represent standard errors of the mean individuals detected.

로 판단된다. A 조사지역은 물웅덩이에 인접해 있음에도 불구하고 인위적 간섭이 심한 반면, C 조사지역은 물웅덩이가 멀리 떨어져 있으나 인위적 간섭에서 상대적으로 자유로운 상태에 있어 맹꽂이가 서식지로 선호하는 것으로 생각된다(Perret, 2014).

전체 조사기간에 걸쳐 출현빈도가 가장 높은 지역은 대명천 방향의 대명유수지 남측 사면부 제방 D 지역으로 45회 현지조사를 통해 총 89 개체를 확인하여 평균 1.98 출현개체수를 나타냈다. 비록 통계적으로 산란기와 비산란기의 개체수 차이가 유의하지 않은 것으로 나타났으나 ( $t=-1.544$ ,  $p=0.130$ ), 산란기에 실시한 21회 조사에서 맹꽂이 29개체를 확인하여 평균 1.38 개체수가 출현한 반면 비산란기에 진행한 24회 조사에서는 60개체를 발견(1회 평균 2.50)하여 다소 증가하였음을 알 수 있다. 물억새군락과 일부 관목이 산재되어 있는 대명천 사면부 제방은 산란기에 비해 비산란기에 맹꽂이 출현빈도가 급증하였는데, 이는 조사지역에 인접한 대명유수

지 남측의 해발고도가 다른 지역에 비해 낮고 월성빗물펌프장에 의한 개방수면의 증가로 산란기 이후 맹꽂이가 서식할 수 있는 공간이 줄어들어 사면부 제방으로 이동하는 개체가 늘어나기 때문으로 유추할 수 있다.

서식지 특성을 반영한 4개 조사지역별 맹꽂이 개체수를 F-검정을 이용한 분산분석으로 비교한 결과, 산란기는 조사지역별로 맹꽂이 개체수에 통계적으로 의미있는 차이가 없는 것으로 나타났다(ANOVA,  $F=1.619$ ,  $p=0.191$ ), 비산란기에는 4개 조사지역간 유의성있는 개체수 차이가 있는 것으로 조사되었다(ANOVA,  $F=4.487$ ,  $p=0.006$ ). 비산란기에는 사면부 지역에서의 맹꽂이 출현빈도가 높게 나타났으나, 산란기에는 저습지에서의 맹꽂이 활동이 활발하나 통계적 유의성은 낮다. 향후 산란기와 비산란기로 구분하여 대명유수지 내 맹꽂이의 출현지역을 도면화하고 차별화된 보전대책을 마련하는 것이 필요하다. 분석결과, 산란기에는 조사지역간 차이가 명확하지 않아 대명유수지 전체를 대상으로

보전대책을 마련하는 것이 필요하고, 비산란기에는 사면부를 중심으로 보전대책을 강구하는 것이 필요하다.

### 3. 기상요인과 맹꽂이 개체수

2014년 대구기상대 일별 평균기온, 강수량 등 25개 기상요인의 평균값과 표준편차를 계산하였다. 피부호흡을 하는 맹꽂이는 번식, 먹이, 이동에 있어 습도와 온도, 기압, 빛의 세기, 강수량, 바람 등 다양한 기상요인에 반응한다(McMenamin et al., 2008). 연구 대상지의 조사 기간 평균기온은 23.1°C이고, 최저기온 19.0°C, 최고기온 28.3°C로 나타났다(Table 2). 맹꽂이 활동과 관련 있을 것으로 생각되는 평균 지면온도와 최저 초상온도는 각각 25.9°C와 15.9°C로 맹꽂이의 활동 임계기온(15.6°C)보다 높은 것으로 조사되었다(Hong and Yi, 2016).

강수량은 맹꽂이의 번식에 영향을 주는 중요한 기상요인으로 알려져 왔다(Gomez-Rodriguez et al., 2012; Ko et al., 2012). 조사기간 중 1시간 최대강수량 평균값은 1.64mm, 일강수량 평균값은 2.9mm를 보이고 있다. 조사기간에서 1시간 최대강수량은 7월 1일 21.5mm로 관측되었다. 대구지역의 2014년도 강수량 총량은 1,072.1mm이었으며, 조사기간(5월 15일-10월 31일)에 내린 강수량 총량은 776.7mm로 2014년 총 강수량에서 대략 72%가 조사시기에 내렸다. 45회 걸쳐 실시된 현지조사 이전 1주일간의 강수량 총량과 강수일수는 평균 33.9mm와 2.6일로 높다(Table 2).

조사기간에 기록된 태양광 관련한 기상요인으로 가조시간은 하루 평균 13.2시간, 일조시간 합계는 6.2시간을 나타냈다. 대구기상대의 조사기간 중 1시간 최대 일사량은 2.5MJ/m<sup>2</sup>, 합계 일사량은 16.3MJ/m<sup>2</sup>를 보이고 있다. 습도관련 기상요인으로 평균이슬점온도를 측정하였는데, 연구 대상지의 평균이슬점온도는 16.0°C로 조사되었으며, 최소상대습도는 42.7%, 평균상대

습도는 68.2%이다. 연구 대상지의 바람과 관련된 기상요인으로 최대순간풍속은 7.4m/s, 최대 풍속 4.1m/s, 평균풍속 1.8m/s으로 관측되었다(Table 2). 압력과 관련된 기상요인으로 평균증기압 19.0hPa, 평균현지기압 1,004.2hPa, 최고해면기압 1,013hPa, 최저해면기압 1,009.3hPa, 평균해면기압 1,011.5hPa로 나타났다.

맹꽂이의 출현 개체수와 기후요인과의 상관 분석 결과, 산란기와 비산란기에 따라 상이하게 나타났다. 산란기에는 최저기온, 최저초상온도, 이슬점온도, 상대습도, 증기압 요인과 맹꽂이 출현빈도가 높은 상관관계를 보이고 있다(Table 3). 한편 비산란기에는 온도(평균기온  $p=0.015$ , 최저기온  $p=0.026$ , 최고기온  $p=0.013$ , 지면온도  $p=0.008$ )와 관련된 기상요인과 압력(현지기압  $p=0.008$ , 최고해면기압  $p=0.015$ , 최저해면기압  $p=0.006$ , 평균해면기압  $p=0.007$ )과 관련된 기상요인에서 통계적으로 유의한 관계를 나타내고 있다. 온도와 관련된 평균기온, 최저기온, 최고기온, 지면온도가 높을수록 맹꽂이 개체수가 증가하는데 비해, 압력과 관련된 현지기압, 최고해면기압, 최저해면기압, 평균해면기압이 증가하면 맹꽂이 개체수는 감소하는 것으로 분석되었다(Table 3).

서식지별 맹꽂이 개체수와 기상요인과의 관계를 산란기와 비산란기로 구분하여 분석한 결과, 비산란기에 평지부 A 지역과 저지대 B 지역은 상대적으로 비슷한 특성을 갖는 것으로 밝혀졌다. 비산란기에는 평지부와 저지대에서 기온 관련 기상요인과 통계적으로 유의미한 정(正)의 상관관계를 보이고 있다(Table 3 참조). 평지부 A 지역의 평균기온( $p=0.011$ ), 최저기온( $p=0.008$ ), 최고기온( $p=0.014$ ), 지면온도( $p=0.019$ ), 최저초상온도( $p=0.021$ )와 저지대에 위치한 B 지역의 평균기온( $p=0.020$ ), 최저기온( $p=0.020$ ), 최저초상온도( $p=0.014$ )는 유의수준( $\alpha=0.05$ )보다 낮아 통계적으로 유의하다. 즉 비산란기에 대명유수지의 평지부와 저지대 출현하는 맹꽂이는 기온과

**Table 2.** Daily meteorological characteristics of the study site derived from the nearest Daegu weather station during survey period (May, 2014-Oct. 2014).

Category	Factor	Abbreviation	Unit	Average	Standard deviation
Temperature	Mean temperature	AVG_TEMP	°C	23.1	4.4
	Daily Minimum temperature	MIN_TEMP	°C	19.0	4.3
	Daily maximum temperature	MAX_TEMP	°C	28.3	5.1
	Land surface temperature	SFC_TEMP	°C	25.9	5.9
	Grass minimum temperature	GRS_TEMP	°C	15.9	5.5
Rainfall	Hourly maximum rainfall	HR_RAIN	mm	1.64	3.7
	Daily rainfall	DAY_RAIN	mm	2.9	5.6
	Rainfall in last week	WEEK_RAIN	mm	33.9	44.9
	Number of days with rainfall	NUM_RAIN	Day	2.6	1.7
Sunlight	Possible duration of sunshine	SUNSHINE	Hr	13.2	1.2
	Total sunshine	SUN_SUM	Hr	6.2	4.3
	Hourly maximum solar radiation	MAX_SOLAR	MJ/m <sup>2</sup>	2.5	0.8
	Total solar radiation	SUM_SOLAR	MJ/m <sup>2</sup>	16.3	6.8
Humidity	Mean dew point temperature	DEW_PNT	°C	16.0	5.0
	Lowest relative humidity	LOW_REL_HUMID	%	42.7	16.3
	Mean relative humidity	REL_HUMID	%	68.2	13.9
Pressure	Vapor pressure	VAPOR_PRESS	hPa	19.0	5.5
	Mean station air pressure	AIR_PRESS	hPa	1,004.2	5.4
	Highest sea level air pressure	MAX_SEA_PRESS	hPa	1,013.9	5.9
	Lowest sea level air pressure	MIN_SEA_PRESS	hPa	1,009.3	5.3
	Mean sea level air pressure	AVG_SEA_PRESS	hPa	1,011.5	5.5
Wind	Highest gust speed	MAX_GUST_WIND	m/s	7.4	2.4
	Highest wind speed	MAX_WIND	m/s	4.1	1.3
	Mean wind speed	AVG_WIND	m/s	1.8	0.6

Data source: Korea Meteorological Administration (2014) Daegu Weather Station (# 143)

관련된 기상요인과 관련이 있는 것으로 나타났다. 비산란기의 맹꽁이는 최저기온이 높은 날에 많이 출현했다. 산란기에 있어 맹꽁이 개체수는 평지부에서는 기상요인과 통계적으로 유의미한 관계를 얻을 수 없었으나, 산란환경을 갖추고 있는 저지대에서 맹꽁이의 개체수와 통계적으

로 유의미한 기상요인은 일강수량( $p=0.037$ ), 이슬점온도( $p=0.036$ ), 상대습도( $p=0.027$ )와 증기압( $p=0.039$ )인 것으로 밝혀졌다. 물웅덩이가 산재되어 있으며 갈대, 달뿌리풀 군락으로 이루어진 저지대의 맹꽁이 산란활동은 일강수량, 상대습도 등과 정(正)의 상관관계를 나타냈는데, 이는

**Table 3.** Pearson correlation coefficients between the number of individuals captured Boreal Digging Frog and meteorological factors in survey sites by breeding(B) or non-breeding(NB) season.

Meteorological factors	Site A		Site B		Site C		Site D		Total	
	Breeding	Nonbreeding	Breeding	Nonbreeding	Breeding	Nonbreeding	Breeding	Nonbreeding	Breeding	Nonbreeding
AVG_TEMP	-0.198	<b>0.509*</b>	-0.050	<b>0.472*</b>	0.375	0.366	0.389	0.046	0.296	<b>0.492*</b>
MIN_TEMP	-0.030	<b>0.526**</b>	0.146	<b>0.470*</b>	<b>0.573**</b>	0.275	<b>0.441**</b>	0.018	<b>0.502*</b>	<b>0.454*</b>
MAX_TEMP	-0.290	<b>0.494*</b>	-0.166	0.382	0.218	<b>0.454*</b>	0.274	0.057	0.117	<b>0.498*</b>
SFC_TEMP	-0.331	<b>0.476*</b>	-0.249	0.361	0.171	0.392	0.318	0.179	0.082	<b>0.528**</b>
GRS_TEMP	0.186	<b>0.469*</b>	0.323	<b>0.493*</b>	<b>0.615**</b>	0.266	<b>0.516*</b>	-0.038	<b>0.659**</b>	0.402
HR_RAIN	-0.098	-0.325	0.398	-0.051	-0.064	-0.271	0.068	-0.101	0.144	-0.303
DAY_RAIN	-0.030	-0.331	<b>0.457*</b>	-0.059	-0.052	-0.277	0.063	-0.011	0.179	-0.263
WEEK_RAIN	0.036	-0.029	0.249	0.179	<b>0.540*</b>	0.035	-0.012	<b>-0.442*</b>	0.309	-0.191
NUM_RAIN	0.097	0.088	-0.063	<b>0.494*</b>	0.251	0.102	-0.045	<b>-0.489*</b>	0.069	-0.063
SUNSHINE	0.154	0.374	0.064	<b>0.507*</b>	-0.194	0.231	<b>-0.540*</b>	-0.056	-0.302	0.340
SUN_SUM	-0.289	0.027	-0.377	-0.102	-0.077	0.239	0.009	0.086	-0.215	0.112
MAX_SOLAR	-0.359	0.221	-0.338	0.158	-0.062	0.342	-0.083	0.125	-0.252	0.318
SUM_SOLAR	-0.385	0.145	-0.392	0.034	-0.192	0.302	-0.141	0.115	-0.358	0.235
DEW_PNT	0.151	0.367	<b>0.457*</b>	<b>0.450*</b>	<b>0.658**</b>	0.316	<b>0.532*</b>	-0.173	<b>0.729**</b>	0.290
LOW_REL_HUMID	0.287	-0.079	0.371	0.210	0.254	-0.122	0.150	-0.323	0.363	-0.195
REL_HUMID	0.276	-0.032	<b>0.482*</b>	0.190	0.322	0.083	0.175	-0.390	<b>0.443*</b>	-0.146
VAPOR_PRESS	0.116	0.356	<b>0.453*</b>	<b>0.523**</b>	<b>0.704**</b>	0.330	<b>0.563**</b>	-0.215	<b>0.756**</b>	0.285
AIR_PRESS	-0.246	<b>-0.463*</b>	0.212	<b>-0.528**</b>	-0.002	-0.395	0.134	-0.112	0.108	<b>-0.529**</b>
MAX_SEA_PRESS	-0.255	<b>-0.430*</b>	0.163	<b>-0.587**</b>	-0.083	-0.357	0.043	-0.063	0.010	<b>-0.489*</b>
MIN_SEA_PRESS	-0.200	<b>-0.483*</b>	0.259	<b>-0.469*</b>	0.034	-0.369	0.150	-0.159	0.155	<b>-0.540**</b>
AVG_SEA_PRESS	-0.239	<b>-0.470*</b>	0.213	<b>-0.529**</b>	-0.010	-0.397	0.121	-0.113	0.100	<b>-0.534**</b>
MAX_GUST_WIND	-0.205	-0.058	-0.128	-0.072	-0.149	-0.297	0.034	0.253	-0.124	-0.009
MAX_WIND	-0.207	-0.056	-0.131	0.004	-0.107	-0.232	0.069	0.133	-0.090	-0.032
AVG_WIND	-0.194	-0.152	-0.208	0.067	-0.166	-0.256	-0.279	0.248	-0.317	-0.007

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

Ko et al. (2012)에서 제시한 제주지역의 맹꽁이 산란활동에 강수량이 미치는 영향과 일치한다.

달성습지 방향의 경사지 제방에 위치한 C 조사지역에서 산란시기에 출현한 맹꽁이 개체수는 24개 기상요인 가운데 최저기온( $p=0.007$ ), 최저 초상온도( $p=0.003$ ), 1주일 강수량 총량( $p=0.012$ ), 이슬점 온도( $p=0.001$ ), 증기압( $p=0.000$ )과 통계

적으로 유의성있는 상관관계를 지니고 있다. 예를 들어, 산란시기에 맹꽁이는 최저기온이나 최저 초상온도가 높아질수록 증가한다(Table 3). 또한 이슬점 온도가 높아지거나 조사전 1주일 강수량 총량이 늘어나면 맹꽁이의 활동도 증가한다. 한편 비산란기의 맹꽁이 개체수는 최고기온( $p=0.026$ )에서만 통계적으로 유의미한 값을 나

타냈으며, 일조시간이 증가하거나 일사량이 늘어나면 맹꽁이 개체수도 증가하는 것을 알 수 있었으나 통계적으로 유의미한 관계를 얻지는 못하였다(Pearson's correlation, 일조시간  $r=0.239$ ,  $p=0.102$ ,  $N=24$ ; 일사량  $r=0.302$ ,  $p=0.151$ ,  $N=24$ , Table 3).

가장 많은 맹꽁이 개체수가 출현한 대명천 방향의 경사지 D 조사지역은 다른 조사지역과 마찬가지로 산란기와 비산란기에 맹꽁이 개체수와 관련된 기상요인에 있어 통계적으로 상이한 특성을 얻을 수 있었다. 산란기에는 최저기온( $p=0.046$ ), 최저초장온도( $p=0.017$ ), 가조시간( $p=0.011$ ), 이슬점온도( $p=0.013$ ), 증기압( $p=0.008$ ) 5개 기상요인이 맹꽁이 개체수와 통계적으로 유의한 상관관계를 나타냈는데, 이는 조사지역 C와 비슷하다. 즉, 사면방향과 식생군락, 물웅덩이까지 거리 등 서식환경에 일부 차이가 있으나, 경사지 제방에 위치한 C지역과 D지역은 산란기 맹꽁이 개체수와 기상요인에 있어 유사한 특성을 보여주고 있다. 2개 조사지역에 공통적으로 나타나는 기상요인을 통해 대명유수지의 맹꽁이 산란지 이동특성을 찾아낼 수 있었다. 산란기에 있어 경사지의 맹꽁이 활동은 최저기온, 최저초장온도, 이슬점온도, 증기압이 높아질수록 활발해진다. 비산란기에는 조사 이전 1주일 강수량과 강수일수에 의한 영향이 있었으나, 특이한 것은 산란기와 달리 비산란기에는 1주일 강수량 및 강수일수가 높은 날보다는 낮은 날에 맹꽁이 활동이 활발했다는 것이다. 산란기와 달리 비산란기에는 경사지에 비가 내리는 것과 관계없이 맹꽁이 활동이 이루어지는 것을 알 수 있었다.

이와 같은 분석결과를 통해 대명유수지의 서식지 특성에 따라 맹꽁이 활동에 영향을 주는 기상요인은 다양하게 나타나는 것을 확인하였다. 전체적으로 평지부와 저지대, 그리고 경사지로 구분하여 맹꽁이의 출현특성을 구분할 수 있다. 평지부는 산란기에는 통계적으로 유의미

한 기상변수가 없었으나 비산란기에는 기온과 압력관련 기상변수와 높은 상관관계를 나타냈다. 저지대는 산란기에는 일강수량, 이슬점온도, 상대습도, 증기압과 관련있는 것으로 밝혀졌으며, 비산란기에는 온도, 기압 등 11개 기상변수와 통계적으로 유의미한 관계를 얻을 수 있었다(Table 3). 경사지인 C와 D 지역에서 조사한 산란시기 맹꽁이는 최저기온, 최저초장온도, 이슬점온도, 증기압 등의 기상변수와 높은 상관관계를 보여졌다. 한편 비산란기에는 달성습지 방향에 위치한 C 지역은 최고기온, 대명천에 인접한 경사지 D 지역은 강수량에 의한 영향을 알아낼 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 대구지역의 맹꽁이 집단산란지를 대상으로 지형, 토양, 식생, 수문 등 서식지 특성을 도출하고, 서식지에 따른 개체수와 기상요인과의 관계를 산란기와 비산란기로 나누어 살펴보았다. 낙동강과 금호강이 합류하며 달성습지에 인접한 대명유수지는 2011년 맹꽁이의 집단산란과 대규모 로드킬 발생으로 국가 및 지역차원의 맹꽁이 보전노력이 집중되고 있으나, 최근 대구외곽순환고속도로 건설과 달성습지탐방나루 조성사업, 대명유수지 맹꽁이 생태학습장 조성 등 개발사업으로 맹꽁이의 서식지가 위협에 처해 있다. 달성보 건설 이후에는 대명유수지의 지하수위 상승으로 맹꽁이의 산란환경이 악화되었으나, 서식지 특성을 파악하지 못한 상태에서 도로건설과 로드킬로 맹꽁이 개체군의 절멸이 우려되고 있다. 현지조사를 통해 연구 대상지의 맹꽁이 개체수 크기와 변동추이를 살펴보고, 고해상도 위성영상, 기상관측자료 및 문헌검토를 통해 대명유수지의 서식지를 평지대, 저지대, 경사지(초본식물군락), 경사지(관목군락) 4가지로 세분화하였다.

연구결과, 4개 서식지의 맹꽁이 개체수를 분

석한 결과, 물억새군락으로 이루어진 경사지에서 가장 많은 맹꽂이가 확인되었으며, 다음으로 갯버들군락으로 이루어진 경사지, 평지부, 저습지 순으로 나타났다. 대명유수지에서 가장 넓은 면적을 차지하고 있는 갈대군락, 달뿌리풀군락으로 이루어진 저습지(B 조사지역)는 산란환경에 적합한 것으로 평가되는데, 최근 지하수위 상승에 따라 개방수면이 확대되면서 산란지 면적이 감소하고 있다. 저습지에 설치된 22개 함정트랩에서 산란기(5월-7월)에 관찰된 맹꽂이는 평균 1.52개체로 조사되었는데, 이는 연구 대상지 내 다른 조사지역인 평지부, 경사지에 비해 높다. 한편 비산란기에 접어들면 저습지에서의 맹꽂이는 0.42개체로 크게 감소하는데, 이는 산란 이후 대부분의 맹꽂이가 저습지를 둘러싼 주변의 고지대, 경사지로 이동하기 때문으로 생각된다. 특히 대명유수지 북측에 위치한 평지부(A 조사지역)는 산란기에 비해 비산란기에 맹꽂이 개체수가 3배 이상 관찰되었다. 경사지 제방은 산란기와 비산란기에 관계없이 안정적인 맹꽂이 개체수를 확인할 수 있었다. 초본식물군락으로 이루어진 대명유수지 남측의 경사지 제방(D 조사지역)은 인접한 저습지가 지하수위 상승으로 산란환경이 악화되면서 산란 이후 맹꽂이가 제방으로 집중하고 있는 것으로 유추할 수 있다. 연구 대상지의 4개 조사지역에서 가장 안정적인 맹꽂이 개체수는 달성습지와 인접한 경사지 제방(C 조사지역)으로 핵심지역으로 설정하여 보전하는 것이 필요하다. 경사지 제방은 맹꽂이가 산란할 수 있는 물웅덩이가 멀리 떨어져 있어 산란기에 맹꽂이 출현이 낮을 것으로 생각했으나(Gomez-Rodriguez et al., 2012), 조사결과 저습지와 비슷한 개체수의 맹꽂이가 관찰되었다. 이는 토양환경이 양호하고 인위적 간섭에서 이격되어 있으며 무엇보다 달성습지와 연결된 경사지 제방의 특성으로 C 조사지역이 주변지역을 동면지로 이용하는 맹꽂이가 산란을 위해 동면에서 깨어나 저습지로 이동하는 주요한 이

동로로 판단된다. 또한, 비산란기에도 많은 맹꽂이가 제방을 이용하고 있는데, 이 같은 조사 결과를 통해 대명유수지와 달성습지의 생태적 연결을 도모하며, 경사지 제방을 핵심권역으로 보전하는 것을 강구하는 것이 필요하다.

서식지 특성별 맹꽂이 개체수에 어떤 기상요인이 영향을 미치는지 살펴보았다. 비생물학적 요소 가운데 지형, 토양, 수문 등은 서식지 특성으로 정량화하고, 기온이나 강수량, 상대습도, 이슬점온도 등의 기상자료가 맹꽂이의 산란활동에 어떤 관계를 맺고 있는지 파악하였다. 서식지 특성에 따라 맹꽂이의 산란기 및 비산란기 활동에 영향을 미치는 기상요인은 생활사에 따라 상이하게 나타났다. 저습지에서는 산란기에 일강수량, 상대습도, 이슬점온도, 증기압이 통계적으로 유의성있는 기상요인으로 밝혀졌다. 한편, 평지부는 산란기에 맹꽂이가 거의 나타나지 않아 기상요인과 통계적으로 의미있는 상관분석이 어려웠다. 경사지는 초본식물군락이나 관목군락이 우점하는 조사지역 C와 조사지역 D에 관계없이 산란활동에 관계있는 변수로 최저기온, 최저초상온도, 이슬점 온도, 증기압 등으로 나타났다. 산란 이후에는 평지부와 저지대에서 관찰되는 맹꽂이 개체수는 온도와 압력과 관련된 기상변수와 통계적으로 유의성있는 결과를 얻을 수 있었다. 그러나, 바람과 관련된 3가지 기상변수는 산란기와 비산란기에 관계없이 맹꽂이 개체수와 관련이 없는 것으로 분석되었다.

기존 연구에서는 맹꽂이 개체수에 영향을 미치는 요인으로 서식지 특성과 기상요인을 별도로 분석한 경우는 있으나, 본 연구에서는 비생물학적 요소 가운데 토양, 지형, 수문 등을 바탕으로 서식지 특성을 구분하고 이를 바탕으로 맹꽂이 개체군과 기상요인과의 관계를 분석하였다는 점에서 의미를 찾을 수 있다. 본 연구에서도 출된 맹꽂이의 핵심권역에 대한 보전대책의 수립과 더불어 서식지 특성에 따른 차별화된 기상변수의 적용을 통해 맹꽂이 생활사 기반의

로드킬 예방에 활용할 수 있을 것이다. 다만 본 연구에서는 2014년에 실시된 조사결과를 바탕으로 진행되어 향후 지속적인 조사자료의 축적과 함께 저습지의 유형 세분화를 통해 연구결과의 신뢰성을 높일 후속 연구가 진행되어야 할 것이다.

## References

- Baek HJ · Jeong A · Yang HJ · Lee H and Min MS. 2011. Chytridiomycosis pathogen survey in wild population of Korean amphibian. Year 2011 Conference Proceeding of the Korean Research Society of Herpetologists: 20. (in Korean)
- Boll, S. · Schmidt, B. · Veith, M. · Wagner, N. · Rodder, D. · Weinmann, C. · Kirschey, T. and Loetters, S. 2013. Anuran amphibians as indicators of changes in aquatic and terrestrial ecosystems following GM crop cultivation: a monitoring guideline. *BioRisk* 8: 39-51.
- Chang YH and Wu BY. 2015. Designation of amphibian corridor referring to the frog's climbing ability. *Ecological Engineering* 83: 152-158.
- Chen, W. · Ren, L. · He, D. · Wang, Y. and Pike, D. 2015. Reproductive ecology of Sichuan digging frogs (Microhylidae: *Kaloula rugifera*). *Acta Herpetologica* 10(1): 17-21.
- Daegu Metropolitan City. 2011. Ecological Survey Report of Protected Areas on Wild Fauna and Flora. (in Korean)
- Dodd, C.K, Jr. and Smith, L.L. 2003. Habitat destruction and alteration. Historical trends and future prospects for amphibians. Pp. 94-112 In: R.D. Semlitsch(ed.), *Amphibian Conservation*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Garnham, J.I. · Stockwell, M.P. · Pollard, C.J. · Pickett, E.J. · Bower, D.S. · Clulow, J. and Mahony, M.J. 2015. Winter microhabitat selection of a threatened pond amphibian in constructed urban wetlands. *Austral Ecology* 40(7): 816-826.
- Gomez-Rodriguez, C. · Bustanante, J. · Diaz-Paniagua, C. and Guisan, A. 2012. Integrating detection probabilities in species distribution models of amphibians breeding in Mediterranean temporary ponds. *Diversity and Distributions* 18(3): 260-272.
- Han ED and Park SY. 1996. Call characteristics and call overlap avoidance of *Kaloula borealis*. Year 1996 Conference Proceeding of the Zoological Society of Korea: 87. (in Korean).
- Heyer, W.R. · Doneelly, M.A. · Foster, M. and McDiarmid, R. 2014. Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for amphibians. Smithsonian Institution.
- Hong SG and Yi HB. 2016. The ecological study of endangered species II (Boreal Digging Frog, *Kaloula borealis*) population at Myeongji District in Busan City. (in Korean)
- Jang HJ and Suh JH. 2010. Distribution of amphibian species in South Korea. *Korean Journal of Herpetology* 2: 45-51. (in Korean with English summary)
- Jung YS. 2008. A Planning model for a substitute habitat of wildlife based on wetland-case of shinki village dang dong in gunpo city-. Ph.D. Dissertation. Graduate School of Sangmyung University. (in Korean with English summary)
- Kim JB and Song JY. 2010. Amphibian and Reptile in Korea. World Science Publishing Co. (in Korean)

- Kim JC. 2010. A study on habitat improvement for narrow-mouth frog (*Kaloula borealis*) in-situ conservation. Master thesis. Graduate School of University of Seoul. (in Korean with English summary)
- Ko SB. 2012. Ecological study of *Kaloula borealis* on Jeju island. Ph.D. Dissertation. Graduate School of Jeju National University. (in Korean with English summary)
- Ko SB · Chang MH · Song JY and Oh HS. 2012. Meteorological factors influencing breeding biology of *Kaloula borealis*. Korean Journal of Environment and Ecology. 26(6): 876-883. (in Korean with English summary)
- Ko SB · Ko YM and Oh HS. 2011. Distribution of spawning sites of *Kaloula borealis* in Jeju island. Korean Journal of Environment and Ecology 25(6): 846-852. (in Korean with English summary)
- Korea Meteorological Administration(KMA). 2014. Annual climatological report. Seoul, Korea. (in Korean)
- Lee JH · Jang HJ and Suh JH. 2011. Ecological Guide Book of Herpetofauna in Korea. National Institute of Environmental Research. (in Korean)
- McMenamin, S.K. · Hadly, E.A. and Wright, C.K. 2008. Climatic change and wetland desiccation cause amphibian decline in Yellowstone National Park. PNAS 105(44): 16988-16993.
- Min MS. 2008. Declining amphibian with UV radiation, water pollution and climate change. Donga Science 23(3): 48-53. (in Korean)
- Ministry of Environment(MOE). 2013. Offset habitat creation and management guideline in environmental impact assessment. Ministry of Environment(MOE) administrative guideline serial number 2013-18. (in Korean)
- NIBR. 2011. Red Data Book of Endangered Amphibians and Reptiles in Korea. National Institute of Biological Resources. (in Korean with English summary)
- NIBR. 2012. Intensive ecological survey on endangered amphibian species of Boreal Digging Frog and habitat restoration assessment reports. National Institute of Biological Resources. (in Korean)
- Perret, M. 2014. Amphibians, Affect and Agency: On the Production of Scientific Knowledge in the Anthropocene. Berkeley Undergraduate Journal 27(2): 132-159.
- Ra NY · Kim JK · Lee JH · Heo JH and Park DS. 2012. Long-term monitoring of herpetofauna in Odaesan National Park. Year 2012 Conference Proceeding of the Korean Research Society of Herpetologists: 8. (in Korean)
- Shahriza, S. · Ibrahim, H.J. and Anuar, M.S.S. 2010. The correlation between total rainfall and breeding parameters of White-lipped frog, *Rana labialis* (Anura: Ranidae) in Kedah, Malaysia, Tropical Natural History 10(2): 131-139.
- Shim YJ. 2015. A study on the wildlife habitat restoration model through developing habitat suitability index -focusing on narrow-mouth frog (*Kaloula borealis*)-. Ph.D. Dissertation. Graduate School of Dankook University. (in Korean with English summary)
- Shim YJ · Cho DG · Hong JP · Kim DH · Park YS and Sung HC. 2015. Site selection of narrow-mouth frog (*Kaloula borealis*) habitat restoration using habitat suitability index. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology 18(2): 33-44. (in Korean with English summary)

- Shim YJ · Cho DG · Park SH · Lee DJ · Seo Y H · Kim SH · Kim DH · Ko SB · Cha JY and Sung HC. 2014. Development of Habitat Suitability Index for Habitat Restoration of Narrow-mouth frog (*Kaloula borealis*). Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology 17(2): 109-123. (in Korean with English summary)
- Song WK. 2015. Habitat analysis of *Hyla suweonensis* in the breeding season using species distribution modeling. Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology 18(1): 71-82. (in Korean with English summary)
- 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): 39-44.