

기본연구 2017-08

대전 주요 산림 내 계곡의 양서류 분포 및 개체군 특성에 관한 기초 연구

이은재

연구책임

- 이은재 / 도시기반연구실 책임연구위원

조사원

- 정지화 / 서울대학교 산림과학부

기본연구 2017-28

대전 주요 산림 내 계곡의 양서류 분포 및 개체군 특성에 관한 기초 연구

발행인 박 재 목

발행일 2017년 11월

발행처 대전세종연구원

34863 대전광역시 중구 중앙로 85(선화동 287-2)

전화: 042-530-3524 팩스: 042-530-3575

홈페이지 : <http://www.dsi.re.kr>

인쇄: ○○○○○ TEL 042-○-○ FAX 042-○-○

이 보고서의 내용은 연구책임자의 견해로서 대전광역시와 세종자치특별시의
정책적 입장과는 다를 수 있습니다.

출처를 밝히는 한 자유로이 인용할 수 있으나 무단 전재나 복제는 금합니다.

차 례

1장 서론	1
1절 연구의 배경 및 필요성	3
2절 연구의 목적 및 방법	5
2장 국내·외 연구 동향	8
1절 국내 양서류 분포 조사	10
2절 양서류 개체군 특성 연구	16
3절 양서류와 환경 요인에 대한 연구	24
4절 양서류와 먹이 자원에 대한 연구	31
5절 대전 내 양서류 조사·연구	38
3장 연구 방법	44
1절 연구 대상지	46
2절 개체 확인	49
3절 산림환경구조 조사	50
4절 먹이 자원 분할	52
5절 통계 분석	54
4장 연구 결과	55
1절 양서류 서식 현황 및 월별 출현 양상	57
2절 선호 서식 환경	62
3절 먹이 자원 분할	68
5장 결론 및 정책 제언	74
1절 결론	76
2절 정책 제언	78
3절 차년도 연구 계획	84
참고문헌	88
부록	93

표 차례

[표 2-1] 우리나라 서식하는 법정보호종 현황	11
[표 2-2] 우리나라 서식하는 양서류 목록 및 법정보호종 현황	11
[표 2-3] 대전광역시 자연환경조사를 통한 양서류 서식 현황	39
[표 2-4] 이끼도롱뇽 서식지 환경 조사 환경 변수	41
[표 3-1] 연구 대상지의 세부 정보	46
[표 3-2] 산림환경구조 조사 시 파악할 환경 요인	50
[표 4-1] 대전 내 연구 대상지의 양서류 서식 현황	57
[표 4-2] 도롱뇽의 서식/비서식 환경의 독립성 검정 결과	62
[표 4-3] 도롱뇽의 선호 서식 환경에 대한 회귀분석 결과	63
[표 4-4] 꼬리치레도롱뇽의 서식/비서식 환경의 독립성 검정 결과	64
[표 4-5] 꼬리치레도롱뇽의 선호 서식 환경에 대한 회귀분석 결과	65
[표 4-6] 이끼도롱뇽의 서식/비서식 환경의 독립성 검정 결과	66
[표 4-7] 이끼도롱뇽의 선호 서식 환경에 대한 회귀분석 결과	67
[표 4-8] 시료로 사용된 도롱뇽 개체 및 안정성 동위원소 정보	68
[표 4-9] 시료로 사용된 꼬리치레도롱뇽 개체 및 안정성 동위원소 정보	69
[표 4-10] 시료로 사용된 이끼도롱뇽 개체 및 안정성 동위원소 정보	70
[표 4-11] 도롱뇽 3종의 안정성 동위원소 값에 대한 평균 비교 결과	72
[표 5-1] 대전광역시 보호야생동물 지정 현황	79
[표 5-2] 대전광역시 야생동물보호구역 지정 현황	81
[표 5-3] 대전광역시 산림 소유 현황	82

그림 차례

[그림 1-1] 연구의 체계	6
[그림 2-1] 전국자연환경조사 현황	12
[그림 2-2] 국내 생태자연도 등급 현황	13
[그림 2-3] 대전의 생태자연도 등급 현황	13
[그림 2-4] 생태계 교란종의 구제(인공산란장 이용 및 낚시대회 개최) ..	15
[그림 2-5] 수심과 양서류 종 사망률과의 관계	17
[그림 2-6] 1950-1997년 동안 936개의 양서류 개체군에 대한 추세	18
[그림 2-7] 도롱뇽의 영향에 따른 무척추동물의 밀도와 낙엽 내 수분 차이	20
[그림 2-8] 임상에 따른 산림환경 및 양서류 밀도 차이	22
[그림 2-9] 산불 및 산불 후 관리에 따른 계절별 양서류 밀도 차이	23
[그림 2-10] 시간 별 도롱뇽 분포와 환경 변수 분석 결과	26
[그림 2-11] 환경 구조에 따른 도롱뇽 두 종의 선호도(활동 빈도) 차이	27
[그림 2-12] 계곡산개구리 산란과 수온 및 음량과의 관계	29
[그림 2-13] 북방산개구리와 옴개구리의 서식지 적합성 평가	30
[그림 2-14] 서식지에 따른 생물상의 안정성 동위원소 차이	32
[그림 2-15] 안정성 동위원소 분석을 통한 영양 단계	33
[그림 2-16] 도롱뇽과 외래어종들의 위 내용물 분석 결과	34
[그림 2-17] 도롱뇽과 외래어종들의 안정성 동위원소 분석 결과	34
[그림 2-18] 이끼도롱뇽의 위 내용물 분석 결과	36
[그림 2-19] 도롱뇽(좌)와 꼬리치레도롱뇽(우)의 먹이원 비율 차이	37
[그림 2-20] 대전광역시 깃대종 3종 캐릭터	40
[그림 2-21] 대전광역시 이끼도롱뇽 분포	42
[그림 2-22] 대전 주요 산림 내 계곡의 이끼도롱뇽 서식 현황 및 밀도 ·	42
[그림 3-1] 연구 대상지인 5개 산림 내 17개 지점	47
[그림 3-2] 연구 대상지 17개 지점의 전경	48
[그림 3-3] 양서류 개체 확인 및 환경 요인 측정 모습	49
[그림 3-4] 환경 요인 측정에 사용한 측정기들	51

[그림 3-5] 사고로 꼬리가 손상된 도롱뇽	52
[그림 3-6] 시료 채취 후 조직이 재생 중인 도롱뇽	53
[그림 4-1] 대전 내 5개 산림 지역의 도롱뇽 종 서식 현황	58
[그림 4-2] 월별 5개 산림 지역의 도롱뇽 활동 현황	59
[그림 4-3] 월별 2개 산림 지역의 꼬리치레도롱뇽 활동 현황	60
[그림 4-4] 월별 3개 산림 지역의 이끼도롱뇽 활동 현황	61
[그림 4-5] 도롱뇽 3종에 대한 안정성 동위원소 결과	71
[그림 5-1] 중분류 수준의 대전 도시생태현황지도	80
[그림 5-2] 대전광역시 산지 소유현황도	83
[그림 5-3] 설치류 3종의 개체군 변동 그래프(상) 및 알 품은 개체(하) ..	84
[그림 5-4] 종의 서식과 환경인자와의 관계 분석의 예	58
[그림 5-5] 안정성 동위원소 분석을 통한 대상종의 먹이 자원 분석의 예	86

1장

서론

1. 연구의 배경 및 필요성
2. 연구의 목적 및 방법

1장 서론

1절 연구의 배경 및 필요성

○ 양서류는 전세계적으로 약 7,100여종이 서식하고 있으며 국내에는 19종(유미목 6종, 무미목 13종)이 서식함(이정현과 박대식 2016; Min et al. 2016)

○ 양서류는 생태계에서 1차 소비자를 섭식하고 고차소비자의 먹이가 되는 중간 단계에 있으며 미세한 환경 변화에도 민감하게 반응하여 생태계의 건강성을 대변하는 생물이라 할 수 있음

○ 현재 전 세계적으로 서식지 교란과 파괴, 기후 변화 등의 위협 요인으로 인해 양서류의 개체수 감소 속도는 매우 빠른 것으로 알려져 있으며 이에 관련된 연구들이 활발하게 진행되고 있음

○ 양서류의 활동과 밀도 추정 등의 개체군 동태 분석, 선호 서식지 형태 및 먹이 자원 분석 등에 대한 연구를 통해 개체군 특성을 파악할 수 있으며 이와 더불어 서식지 분포 예측 등의 연구를 통해 개체군 보전 방안 마련이 가능

○ 그러나 국내의 양서류 연구는 한정적인 분야들 위주로 진행되었으며 일부 진행된 바 있는 생태학 분야 연구는 대부분 무미목이 속해있는 특정 분류군에 대해서만 제한적으로 이루어져 있어 유미목에 대한 연구는 부족한 실정임

○ 특히, 산림 지역에 서식하는 대전시의 깃대종이자 아시아에서 국내에 유일하게 서식하는 유미목 양서류인 이끼도롱뇽의 생태에 대한 정보는 매우 부족한 상황임

○ 따라서, 향후 대전 산림 내 계곡에 서식하는 양서류 특히 유미목 종들의 개체군 보전 방안 마련을 위한 기초 생태 연구가 필요함

2절 연구의 목적 및 방법

○ 대전시 산림에 서식하는 양서류들의 개체군 보전을 위해서 분포 현황, 서식지 특성에 대한 연구와 에너지 흐름, 생태적 역할, 중간 상호작용 등을 알 수 있는 생태적 특성 파악이 시급함

○ 따라서 본 연구에서는 양서류 특히 유미목 양서류의 월별 활동 변화, 환경 요인과의 관계, 중간 먹이 자원 이용 분석을 진행하고자 하며, 이를 통해 대전시 산림 내 계곡에 서식하는 유미목 양서류 개체군의 지속적이고 안정적인 서식을 위한 관리 대책 마련이 가능할 것으로 판단됨

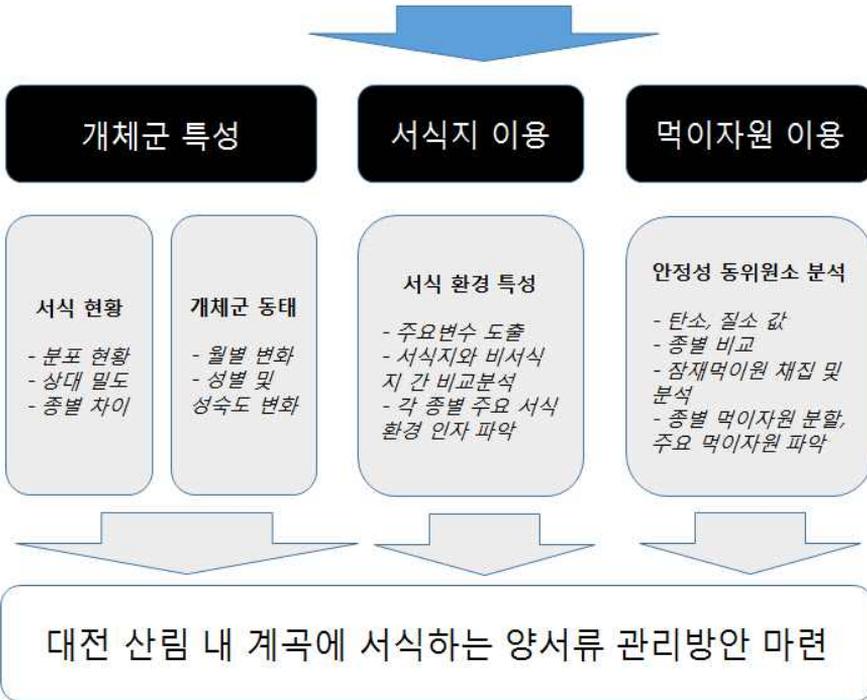
- 대상지 개요

▶ 위치 : 대전 내 산림 지역 일대

- 주요 대상종

▶ 대전의 산림 내 계곡에 서식하는 양서류 중에서 시기별 활동 양상이 비교적 명확하고 충분한 개체들이 확인되었으며 연구가 상대적으로 다소 부족한 유미목(caudata) 도롱뇽(*Hynobius leechii*), 꼬리치레도롱뇽(*Onychodactylus koreanus*), 이끼도롱뇽(*Karsenia koreana*) 등 3종

대전 주요 산림 내 계곡의 양서류 분포 및 개체군 특성에 관한 기초 연구



[그림 1-1] 연구의 체계

2장

국내·외 연구 동향

1. 국내 양서류 분포 조사
2. 양서류 개체군 특성 연구
3. 양서류와 환경 요인에 대한 연구
4. 양서류와 먹이 자원에 대한 연구
5. 대전 내 양서류 조사·연구

2장 국내·외 연구 동향

1절 국내 양서류 분포 조사

1. 국내 양서류 현황

○ 국내에서 현재까지 총 19종의 양서류 서식이 확인됨

- 이 중 무미목은 13종, 유미목은 6종이 기록됨

○ 법정보호종으로는 수원청개구리(환경부 멸종위기야생생물 I)와 맹꽁이(환경부 멸종위기야생생물 II), 금개구리(환경부 멸종위기야생생물 II) 3종이 보호받고 있으며, 관찰종으로 고리도롱뇽과 이끼도롱뇽이 지정됨

- 우리나라 환경부 멸종위기야생생물은 I 급이 51종, II 급이 195종이 지정되어 있으며, I 급은 조류가 12종, 포유류가 11종으로 가장 많고, II 급은 육상식물이 68종, 조류가 49종으로 가장 많음

- 문화재청의 천연기념물에 양서류는 아직 지정되지 않음

○ ‘야생생물 보호 및 관리에 관한 법률’에 따라 야생생물 목록은 5년마다 개정되어 2017년에 멸종위기야생생물은 2012년의 246종에서 266종으로 늘어나며, 이외에 지속적인 조사와 관찰을 하는 생물인 관찰종 34종이 새롭게 선정될 계획임

- 이 중 양서류의 경우 고리도롱뇽은 부산 기장군 일대에만 제한적으로 분포하는 종으로 야생생물보호생물 II 급으로 지정될 계획임

[표 2-1] 우리나라에 서식하는 법정보호종 현황

	계	포유류	조류	양서류	파충류	어류	곤충류	무척추 동물	육상 식물	해조류	고등 균류
전체	246종	20종	61종	3종	4종	25종	22종	31종	77종	2종	1종
멸종위기 야생생물 I 급	51종	11종	12종	1종	1종	9종	4종	4종	9종	-	-
멸종위기 야생생물 II 급	195종	9종	49종	2종	3종	16종	18종	27종	68종	2종	1종

자료: 한반도의 생물다양성 홈페이지(<https://species.nibr.go.kr/index.do>)

[표 2-2] 우리나라 서식하는 양서류 목록 및 법정보호종 현황

	학 명	국 명	법정보호종 현황
1	<i>Bombina orientalis</i>	무당개구리	
2	<i>Bufo gargarizans</i>	두꺼비	
3	<i>Bufo stejnegeri</i>	물두꺼비	
4	<i>Hyla japonica</i>	청개구리	
5	<i>Hyla suweonensis</i>	수원청개구리	멸종위기야생생물 I
6	<i>Kaloula borealis</i>	맹꽁이	멸종위기야생생물 II
7	<i>Glandirana rugosa</i>	옴개구리	
8	<i>Lithobates catesbeianus</i>	황소개구리	
9	<i>Pelophylax chosonicus</i>	금개구리	멸종위기야생생물 II
10	<i>Pelophylax nigromaculatus</i>	참개구리	
11	<i>Rana coreana</i>	한국산개구리	
12	<i>Rana dybowskii</i>	북방산개구리	
13	<i>Rana huanrenensis</i>	계곡산개구리	
14	<i>Hynobius leechii</i>	도롱뇽	
15	<i>Hynobius quelpaertensis</i>	제주도롱뇽	
16	<i>Hynobius yangi</i>	고리도롱뇽*	관찰종
17	<i>Hynobius unisacculus</i>	꼬마도롱뇽	
18	<i>Onychodactylus koreanus</i>	꼬리치레도롱뇽	
19	<i>Karsenia koreana</i>	이끼도롱뇽	관찰종

자료: 한반도의 생물다양성 홈페이지(<https://species.nibr.go.kr/index.do>), 한국양서파충류학회 홈페이지(<http://www.krsh.co.kr/rb>)

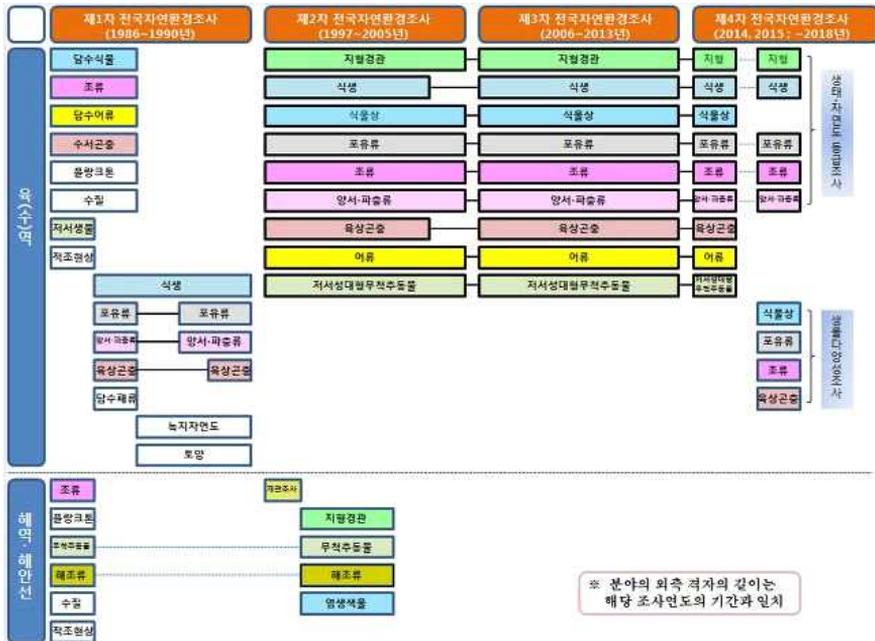
*고리도롱뇽은 2017년 멸종위기야생생물 II 급으로 지정될 계획임

2. 국내 양서류 분포 조사

1) 전국자연환경조사

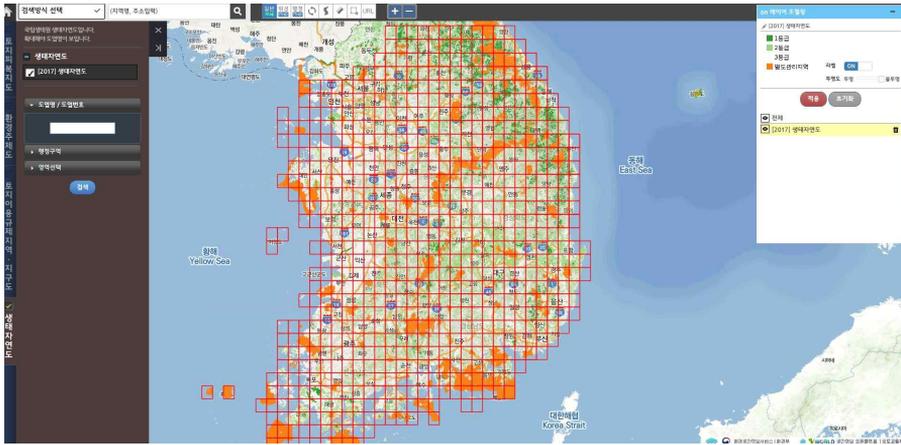
- 「자연환경보전법」 제30조에 의거 5년마다 전국자연환경조사를 수행
 - 1986년부터 시작하여 현재 822개 도읍으로 구분 포유류와 조류, 양서류, 어류, 식물, 무척추동물 등의 분류군에 대해 연차별 조사를 수행
 - 현재 제4차 전국자연환경조사(2014~2018년)가 수행 중에 있음
 - 추가적으로 생태자연도 등급조사와 생물다양성 조사를 수행

- 자연환경조사 자료를 바탕으로 생태자연도 작성 및 활용
 - 환경부 환경공간정보서비스에서 생태자연도 등급 현황 확인 가능



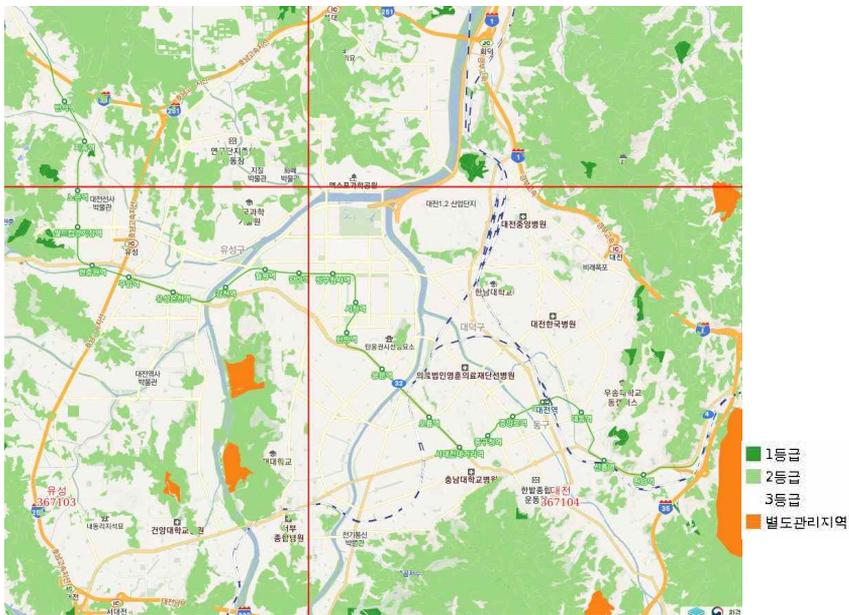
[그림 2-1] 전국자연환경조사 현황

자료: 환경부 홈페이지



[그림 2-2] 국내 생태자연도 등급 현황

자료: 환경부 환경공간정보서비스 홈페이지



[그림 2-3] 대전의 생태자연도 등급 현황

자료: 환경부 환경공간정보서비스 홈페이지

2) 멸종위기야생생물 전국분포조사

○ 2001년부터 멸종위기 야생동물의 체계적 보호를 위해 전국적 분포 및 개체군 변동사항을 파악

- 1989년 92종에서 2012년 246종, 2017년에는 266종으로 증가하는 추세

○ 각 종의 보호대책 수립 및 지정·해제 근거 마련을 위한 과학적 정보 제공

3) 생태계 교란종 모니터링

○ 「야생생물 보호 및 관리에 관한 법률」 제6조(야생생물 등의 서식실태 조사)에 의거 야생생물이나 생태계교란 생물 등 특별히 보호 및 관리가 필요한 야생생물의 서식실태 정밀 조사 수행

- 이 외에 생물다양성 보전 및 이용에 관한 법률 제24조(생태계교란 생물의 관리), 제25조(생태계교란 생물의 수립등 허가의 취소 등), 제27조(기술개발), 제30조(보고 및 검사 등), 제31조(국고 보조), 제32조(청문) 등에 의거하여 관리

○ 2007년도부터 생태계 균형에 교란을 가져오거나 가능성이 있는 생태계 교란종을 생태계교란 야생동·식물로 지정하여 관리

- 현재 포유류 (뉴트리아), 양서류(황소개구리), 파충류(붉은귀거북속 전종) 각 1종, 어류 2종(파랑볼우렁, 큰입배스), 곤충류 1종(꽃매미), 식물 12종(돼지풀 등) 총 18종이 생태계교란 생물로 지정되어 있음

○ 생태계교란종이 서식하는 주요 지역을 대상으로 각 분류군별 조사를 수행하고 있음

- 종별 특성에 따라 직접 포획, 인공산란장을 이용한 번식차단 등의 방

법을 통해 구제를 수행 중에 있음



[그림 2-4] 생태계 교란종의 구제(인공산란장 이용 및 낚시대회 개최)
자료: 국립환경과학원(2009)

2절 양서류 개체군 특성 연구

1. 국외 연구

1) 연구 동향

○ 양서류 종들은 변화에 민감하게 반응하는 특성으로 인해 대표적인 지표종으로 널리 알려져 있으며 이에 따라 개체군 동태, 개체군이 환경에 미치는 영향 등에 대한 연구가 많이 수행되어 왔음

- 다양한 분류군 중에서도 특히 양서류는 전세계적으로 개체군 감소가 매우 심각한 것으로 알려져 있으며 이에 대한 원인 파악, 현황 등에 대한 연구(Houlahan et al. 2000; Kiesecker et al. 2001)가 수행됨

- 양서류 개체군의 변화는 서식지 내 생물량, 먹이종 군집 구성 및 밀도, 낙엽 분해율, 숲 내 영양 순환 등에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며 이에 대한 관련 연구가 수행됨(Burton & Likens 1975; Wyman 1998; Walton 2005; Best & Welsh 2014; Semlitsch et al. 2014)

→ 전세계적 화두로써 양서류의 개체군 특성에 대한 연구는 과거부터 현재까지 다년간 다양하게 진행되었음

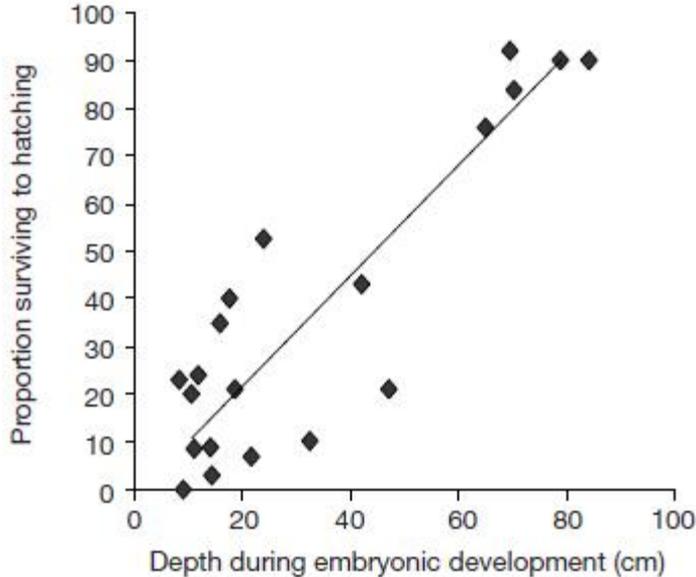
2) 주요 연구내용

○ 양서류 개체군의 국제적 감소 원인에 대한 연구(Kiesecker et al. 2001)

- 기후변화, 자외선 노출, 질병 등이 양서류 개체군에 미치는 영향을 파악하고자 다년간의 기상 자료, 질병 발생 지역 등에 대한 자료를 분석

- 기후변화로 인한 수심 저하가 산란지 축소를 야기하고 자외선 노출 증가가 배아 사망률을 증가시키는 것으로 나타남, 이로 인한 질병 감염 확

률도 증가하는 것으로 분석됨



[그림 2-5] 수심과 양서류 종 사망률과의 관계

자료: Kiesecker et al (2001)

○ 국제적인 양서류 개체군 감소의 현황에 대한 연구(Houlahan et al. 2000)

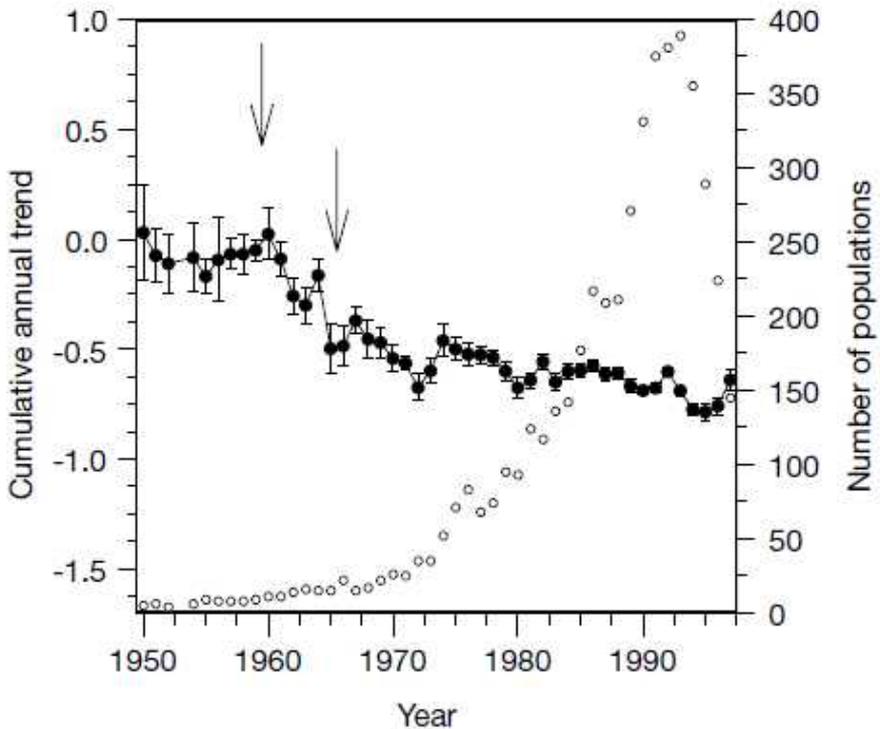
- 국제적인 양서류 개체군의 감소 여부를 파악하기 위한 기존의 연구는 국지적이고 단기적인 정보를 이용하였기 때문에 그 여부에 대한 명확한 입증의 한계적이었음

- 이를 극복하기 위해 전세계(서유럽, 북미, 중남미, 호주, 아시아, 동유럽, 아프리카 및 중동) 936개의 양서류 개체군과 1950년대부터 1990년대에 이르기까지 장기적인 자료를 분석함

- 그 결과, 1950년대 후반부터 1960년대 후반까지 양서류 개체군이 급격하게 감소하였고 1960년대 동안에는 서유럽(영국 포함)과 북미 지역의

개체군이 주로 감소하였으며 1970년대부터 1990년대 후반에는 북미 지역의 개체군이 감소 추세를 보였음

- 큰 규모의 시공간적 다양성을 고려한 분석을 통해 전세계 양서류 개체군은 현재 감소하는 추세이며 이러한 감소는 수십년 전부터 진행되어 왔다는 점을 알 수 있음



[그림 2-6] 1950-1997년 동안 936개의 양서류 개체군에 대한 추세
 자료: Houlahan et al. (2000)

○ 뉴 햄프셔의 시험림에 서식하는 도롱뇽 개체군과 생물량 연구(Burton & Likens 1975)

- 시험림에 서식하는 도롱뇽 개체군 크기와 생물량을 파악하기 위한 기초 연구가 수행됨

- 연구결과, 연구대상지 내 ha당 2,950개체가 서식하는 것으로 파악되었으며 이 중에서 육상종인 *Plethodon cinereus*가 93.5%로 우점하는 것으로 나타났음.

- *Desmognathus fuscus*, *Eurycea bislineata*, *Gyrinophilus porphyriticus*도 서식하는 것으로 확인되었음

- 서식하는 도롱뇽의 생물량은 그 곳에 서식하는 조류의 두 배 정도인 것으로 나타났으며 이는 소형포유류의 생물량과 비슷한 정도로 보임

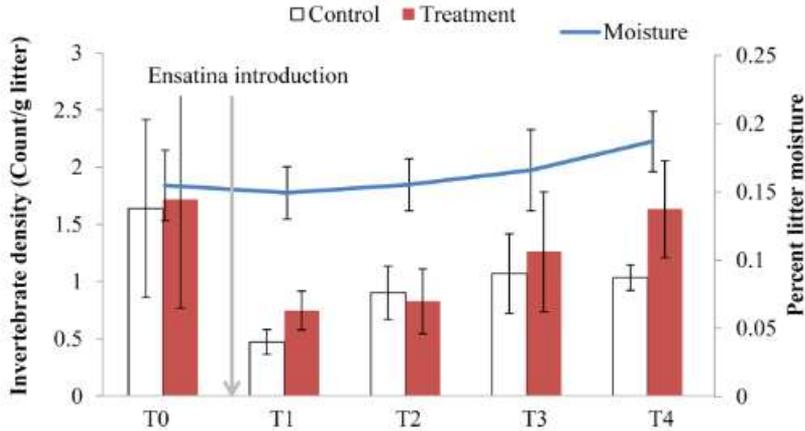
- 이러한 정보는 종의 생태적 지위나 다른 종과의 관계 등을 파악할 수 있는 기초 자료가 될 수 있음

○ 도롱뇽 개체군이 먹이 자원, 서식지 구성 요소에 미치는 영향(Best & Welsh 2014)

- 도롱뇽 개체군은 포식자로서 서식지의 영양 단계에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있으며 이에 따라 무척추동물의 개체수 조절과 낙엽층에 미치는 영향에 대해 알아보하고자 연구를 진행함

- 그 결과, 딱정벌레목과 파리목의 유충, 딱정벌레목, 톱토기목, 개미목의 성충을 감소시켰으며 이러한 경쟁자나 포식자가 줄어들므로 인해 일부 파리목과 딱정벌레목, 배각아강, 거미강에 속하는 종을 증가시킴

- 낙엽 내 수분을 이용한 분석 결과, 도롱뇽 한 개체가 낙엽 보존율(leaf litter retention)을 $13.3 \pm 3.6\%$ 증가시켰으며 이로 인해 ha당 200kg의 탄소가 저장되는 것으로 나타났음



[그림 2-7] 도롱뇽의 영향에 따른 무척추동물의 밀도와 낙엽 내 수분 차이

자료: Best & Welsh (2014)

2. 국내 연구

1) 연구 동향

○ 일부 종에 대한 개체군 규모 추정이나 특정 서식지(산불피해지, 간벌지 등)에서의 양서류 개체군 특성 등의 연구가 수행됨

- 그 외에 특정 지역에서 양서류의 지역별 신장 및 생체량 비교 연구(안치경 2017), 섬진강 두꺼비의 개체군 변동 및 서식처 보전 방안(정진석 2017) 등의 관련 연구가 수행됨

→ 특정 지역에서 양서류 특히 유미목 도롱뇽류의 개체군 동태 및 특성에 대한 다년간의 연구는 매우 부족한 실정임

2) 주요 연구내용

○ 국내 서식하는 멸종위기종 II급 맹꽂이 및 다른 양서류의 지역별 신

장 및 생체량 비교연구(안치경 2017)

- 서울과 논산, 부산 일대에서 맹꽁이와 무미목 양서류의 신장 및 생체량을 비교한 결과 부산의 맹꽁이 암수 모두 타 지역에 비해 더 크고 무거운 것으로 나타남

- 이 외에도 청개구리와 참개구리, 무당개구리 모두 지역별 신장과 생체량이 차이를 보였음

○ 하동군 악양면 습지 내 두꺼비의 개체군 변동과 서식지 보전방안(정진석과 유영한 2017)

- 섬진강 일대의 두꺼비 보전방안 마련을 위해 2014년부터 2016년까지 하동군 악양면 14개 습지에서 모니터링 실시

- 왕버들군락습지와 연꽃군락습지 등 5개 지점에서 두꺼비 산란 확인

- 산란 시기 로드킬 및 포식자에 의한 피해가 크게 나타남

- 또한 주요 위협요인으로는 산림지의 감소 및 축소로 나타남

- 산란 공간 확보와 수로 및 농로 관리, 번식기 수량 유지관리 제시

○ 침엽수림과 활엽수림에 서식하는 양서류와 파충류 개체군 특성(박창득 등 2014)

- 강원도 홍천의 침엽수림과 활엽수림에서 임상별 산림환경과 양서류파충류 개체군 특성을 파악함

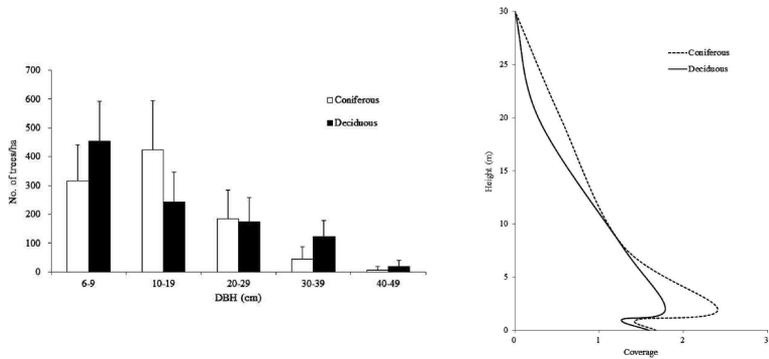
- 임상별 흉고직경 차이는 보이지 않았으며, 1~2m, 2~8m, 20~30m 높이에서의 피도량이 활엽수림에 비해 침엽수림에서 높게 나타남

- 2013년 7~9월 월별 총 12회에 걸쳐 선형횡단조사를 수행하여 5종 52개체의 양서류 서식을 확인하였으며, 무당개구리가 22개체로 가장 우점함

- 임상에 따른 양서류의 평균 관찰 종수와 개체수, 종 다양도 지수 차이는 없었으나, 월별 차이는 보임

- 산림환경 뿐 아니라 강수량 및 대기온도 등 기후적 요인과 수목잔존 물이나 들무덤 등의 요인이 양서류 분포에 영향을 주는 것으로 판단됨

- 양서류 각 종별 임상에 따른 개체군 밀도 차이를 파악한 결과 모두 유의한 차이가 나타나지 않음



	Forests		F	p
	Coniferous	Deciduous		
No. of species	2.50±1.52	1.83±2.23	0.47	0.52
No. of individuals	6.00±4.34	4.50±6.86	0.28	0.61
Species diversity (<i>H'</i>)	0.83±0.49	0.51±0.59	1.77	0.22

	Months			F	p
	June	July	August		
No. of species	3.25±2.22	2.75±0.96	0.50±1.00	3.03	0.12
No. of individuals	8.00±6.98	7.25±4.11	0.50±1.00	2.83	0.12
Species diversity (<i>H'</i>)	0.94±0.63	0.90±0.26	0.35±0.35	4.16	0.06

[그림 2-8] 임상에 따른 산림환경 및 양서류 밀도 차이

자료: 박창득 등(2014)

○ 강원도 삼척 산불 피해지의 산림환경에 따른 양서·파충류 군집 특성 차이(박창득 2012)

- 2000년 산불피해지역인 강원도 삼척 검봉산 일대의 산불 미피해지와 피해 후 자연복원 및 조림을 실시한 지역에서 산림 환경 및 양서·파충류 군집 특성 파악

- 산불 및 산불 후 관리에 따른 산림환경의 차이는 크게 나타남

- 지역별 종수와 개체수, 종 다양도 지수를 비교한 결과 조사지별 차이는 보이지 않았으나 계절별로는 차이를 보임

		Seasons			F	P
		Spring (n=9)	Summer (n=9)	Autumn (n=9)		
	no. of species	0.78±0.15 ^b	2.00±0.37 ^a	0.56±0.24 ^b	7.35	0.00
Amphibian	no. of individuals	2.11±0.65 ^b	7.22±1.56 ^a	1.11±0.51 ^b	12.61	0.00
	diversity(<i>H'</i>)	0.08±0.08	0.42±0.16	0.06±0.06	3.70	0.07
Different letters represent significant differences ($p < 0.05$)						
		Stands			F	P
		Unburned (n=9)	Naturally restored (n=9)	Planted (n=9)		
	no. of species	1.00±0.29	1.00±0.44	1.33±0.29	0.45	0.64
Amphibian	no. of individuals	5.00±1.77	2.44±1.11	3.00±1.00	2.12	0.14
	diversity(<i>H'</i>)	0.06±0.06	0.28±0.15	0.22±0.13	0.67	0.53

[그림 2-9] 산불 및 산불 후 관리에 따른 계절별 양서류 밀도 차이

자료: 박창득(2012)

3절 양서류와 환경 요인에 대한 연구

1. 국외 연구

1) 연구 동향

○ 전세계적인 양서류 감소로 인해 개체군 보전의 필요성이 대두되어 있으며 이러한 양서류 개체군 보호를 위해 각 종별 서식지 특성을 파악하고 이를 정량화하는 연구가 지속적으로 진행되어 옴

- 각 종마다 선호하는 환경 요인의 정도가 달라 이에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있음(Keen 1982; Wyman 1988; Frisbie and Wyman 1991; Sugalski and Claussen 1997; Grover 2000; Dillard et al. 2008)

- 특히 산림에 서식하는 도롱뇽들은 미소 서식 환경부터 경관적 요소에 이르기까지 다양한 규모의 환경 요인들이 서식 조건에 영향을 미침(Burton and Likens 1975; Wyman 1998; Davic and Welsh 2004)

- 이러한 연구들은 양서류 종의 위협 요인 파악 및 평가 등을 통해 서식지 회복 및 개체군 보전의 자료로써 활용됨

→ 양서류 종과 환경 요인과의 관계에 대한 연구가 다양하고 꾸준하게 다년간 진행되었음

2) 주요 연구내용

○ 도롱뇽 두 종에 대한 서식지 선택과 종간 경쟁에 대한 연구(Keen 1982)

- 종 간(*Desmognathus fuscus*, *D. monticola*) 간섭 및 경쟁이 미세 서식지 이용 및 활동 패턴에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해 한 종씩 있는 경우와 두 종이 함께 있는 경우에 대해 각각 비교함

- 기질 선택, 기질 습도의 선호 정도, 커버 크기, 수질 관련 요인, 활동량, 시간적 활동 패턴 등에 대해 비교하였으며 각 종은 함께 있지 않는 경우, 시간적 활동 패턴을 제외한 모든 요인에 대해 유의한 차이를 보임

- 그러나 두 종이 함께 있는 경우, 수질 관련 요인과 활동량에 대해 서로 영향을 미치는 것으로 확인됨

- *D. fuscus*는 물이 있는 지점에서 좀 더 멀리 있는 곳을 미세서식지로 이용하였고 *D. monticola*가 있을 경우 없을 때에 비해 활동량이 감소하는 것으로 나타남

○ 서식지 환경 요인에 대한 도롱뇽의 선호도 연구(Sugalski and Claussen 1997)

- 미주도롱뇽과(Plethodontidae)에 속하는 *Plethodon cinereus* 종의 토양 내 수분, 토양 pH 및 빛의 강도에 대한 선호 정도를 시간(3, 15, 18시간)에 따른 분포 정도로 파악

- 모든 요인들이 대상종의 분포에 유의미한 영향을 주는 것으로 나타났으며 그 중에서도 토양 pH가 가장 큰 영향을 끼침

Parameter	Estimate	SE	Chi-square	P
3 h				
Low SM	-0.5619	0.1559	12.99	0.0003
High SM	0.3308	0.1203	7.56	0.0060
Low pH	-1.0752	0.2126	25.59	<0.0001
High pH	1.1209	0.1551	52.21	<0.0001
Unshaded	-0.4382	0.0946	21.45	<0.0001
Shaded	0.4382	0.0946	21.45	<0.0001
15 h				
Low SM	-0.6604	0.1572	17.64	<0.0001
High SM	0.4491	0.1183	14.41	0.0001
Low pH	-1.2876	0.2644	23.72	<0.0001
High pH	1.1209	0.1551	52.21	<0.001
18 h				
Low SM	-0.6826	0.1630	17.55	<0.0001
Medium SM	0.2451	0.1225	4.01	0.0452
High SM	0.4375	0.1220	12.86	0.0003
Low pH	-1.2083	0.3145	14.76	<0.0001
High pH	1.1869	0.1742	46.40	<0.0001
Unshaded	-0.2416	0.0899	7.22	0.0072
Shaded	0.2416	0.0899	7.22	0.0072

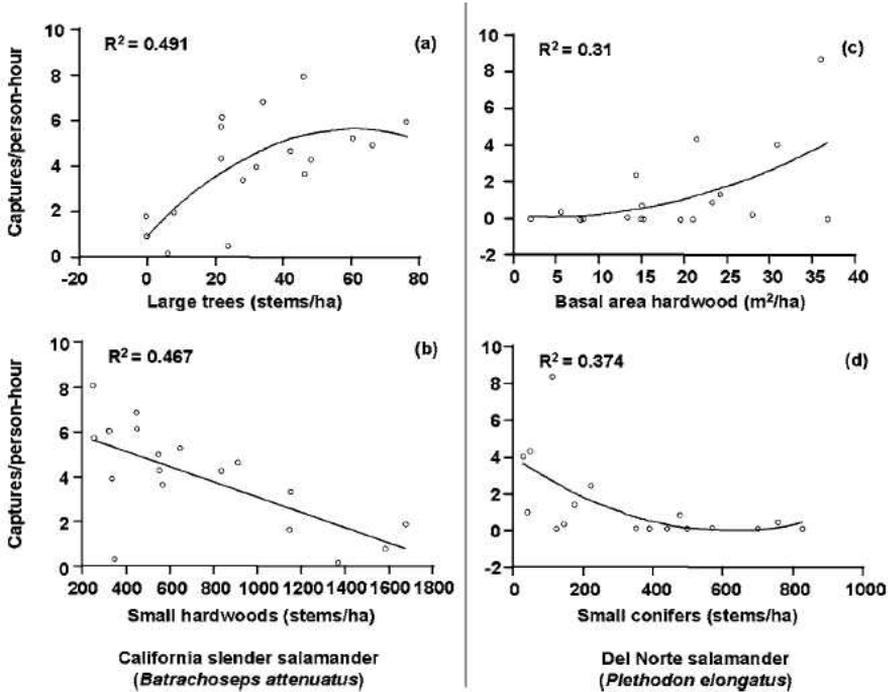
[그림 2-10] 시간 별 도롱뇽 분포의 환경 변수 분석 결과

자료: Sugalski and Claussen (1997)

○ 도롱뇽의 생태적 역할에 대한 연구(Davic and Welsh 2004)

- 다양한 도롱뇽종의 선호 서식지 요인, 환경에 미치는 영향 등에 관한 연구들을 리뷰하여 도롱뇽의 생태적 역할에 대해 고찰

- 도롱뇽은 1) 중간자의 역할로써 직간접적으로 종다양성과 생태계 순환을 조절하고, 2) 이동을 통해 수생태계와 육상생태계에 에너지와 물질을 연결하며, 3) 땅 속에 서식하는 종은 토양의 변화에 기여하고, 4) 생태적 천이를 통해 고차소비자에게 점진적으로 고품질의 에너지 및 영양소를 공급함으로써 생태계 회복과 안정성에 기여함



[그림 2-11] 환경 구조에 따른 도롱뇽 두 종의 선호도(활동 빈도) 차이
 자료: Welsh and Droege (2001)

2. 국내 연구

1) 연구 동향

○ 일부 종 및 양서류 군집에 대한 분포 특성과 서식지 조성 방안 관련 연구가 다수 수행되었음

- 충남 예산군 예당저수지, 모악산 도립공원, 덕유산 국립공원 등

○ 산란지 수온 및 음환경 특성, 양서류 로드킬 현황 및 환경특성, 관광 휴양지 개발에 따른 영향, 묵논습지 기능 평가, 대형 건설 공사에 따른 영향, 서식지 적합성 모형을 이용한 서식지 분석 등 다양한 주제가 확인됨

→ 국내 양서류의 분포 및 선호 서식 환경에 대해 일부 연구가 수행되었으나, 산림 내 계곡부의 양서류 특히 도롱뇽류의 미세 서식지 특성에 대한 연구는 미흡한 실정임

2) 주요 연구내용

○ 충남 예산군 예당저수지 수변 농경지의 어류와 양서류 분포 특성(김수경 등 2016)

- 예당저수지 내 수변과 시수변 농경지에서 양서류 개체수와 생물량, 환경요소, 시기별 개체수 변동 특성 파악

- 전체에서 양서류는 황소개구리, 참개구리, 청개구리, 한국산개구리, 옴개구리 등 총 5종이 확인되었으며, 비수변 농경지는 5종, 수변 농경지는 2종의 양서류 유생이 포획됨

- 비수면 농경지에서는 참개구리, 수변 농경지에서는 황소개구리가 우점하였으며 참개구리는 산 및 저수지와 거리, 황소개구리는 겨울철 담수여부와 저수지와 거리 등이 분포에 영향을 미침

○ 계곡산개구리 산란지의 수온 및 음환경 특성(기경석 등 2016)

- 치악산국립공원 75개소에서 계곡산개구리의 산란시기인 2015년 3월 23일부터 4월 24일까지 수행함

- 알덩이수와 물리적 요인과의 관계를 파악한 결과, 산란지 수온이 높고 음량이 작을수록 알덩이수가 높게 나타남

- 이른 봄철 낮은 온도 극복을 위해 물이 고여있고, 수심이 10cm 내외로 얕은 곳의 수온이 높은 곳에서 산란하며, 알들을 서로 붙여 보온효과를 극대화하는 것으로 나타남

	Paired Difference					t	Degree of freedom	Significant probability (two-sided)
	Average	Standard deviation	Average of standard error	95% Confidence interval of the differences				
				Minimum limit	Maximum limit			
Temperature of oviposition sites-Temperature of mainstream	2.2	3.0948	.3673	1.5000	2.9651	6.078	70	.000
Sound volume of oviposition sites-Sound volume of mainstream	-6.9	9.1703	1.1121	-9.1044	-4.6650	-6.191	67	.000

[그림 2-12] 계곡산개구리 산란과 수온 및 음량과의 관계

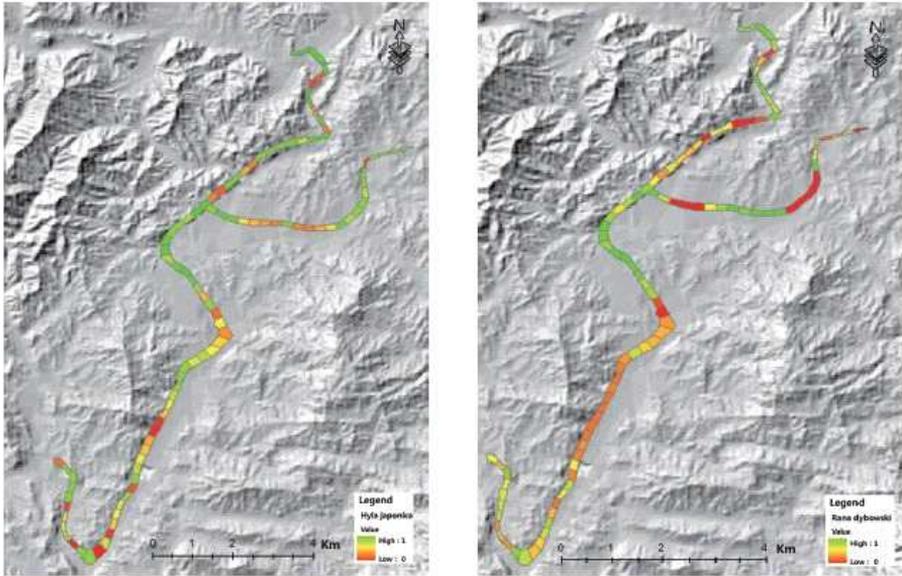
자료: 기경석 등(2016)

○ 서식지 적합성 모형을 이용한 수변지역 양서류 서식지 분석(정승규 등 2015)

- 2013년 3월부터 10월까지 강원도 횡성군과 원주시 섬강 일대의 하천 수변에 대한 양서류 현장조사 실시

- 참개구리는 식생의 거리와 자갈, 청개구리는 농수로와 하천 폭이 영향을 주는 것으로 나타났으며, 북방산개구리와 움개구리는 비슷하게 광범위한 서식처 선호도와 관련이 있게 나타남

- 분포 모형 합산을 통한 종 풍부도 결과에서 산비탈과 계곡 또는 계류 사이를 왕복하는 특성을 보임



[그림 2-13] 북방산개구리와 옴개구리의 서식지 적합성 평가

자료: 정승규 등(2015)

4절 양서류와 먹이 자원에 대한 연구

1. 국외 연구

1) 연구 동향

○ 종의 선호 먹이 자원에 대한 정보는 종의 특성 이해 및 관리 방안 도출 등을 위한 기본 요소이며 종의 생태적 지위를 결정하는 중요 요소 (Krebs 1989)

- 종의 진화, 생존 전략, 생존률과 수명, 종 간 관계 및 서식 환경의 생태적 네트워크(Bar et al. 1984; Zimmerman 1985), 군집 구조, 종 다양성, 자원 분할에 대한 정보(Connell 1975)를 제공함

○ 먹이 자원에 대한 연구는 과거에 위 내용물 및 위 역류 분석이나 배설물 분석 등 직접 확인하는 방법을 이용해왔음(Avery et al. 1993)

- 이 방법들은 소화율의 차이로 인한 단편적인 정보 제공(Kronfeld and Dayan 1998), 먹이에 대한 대표성 부재(Putman 1984), 단기간에 대한 정보만 반영(Inger and Bearhop 2008) 등의 한계점이 있음

- 이에 따라 최근에는 대상 개체의 먹이에 대한 복합적인 정보를 하나의 정량적인 값으로 알 수 있는 장점이 있는 안정성 동위원소 분석(Hobson et al. 1994; West et al. 2006)을 사용

→ 먹이 자원 연구의 중요성을 파악하여 다년간에 걸쳐 관련 연구가 진행되어 왔으며 전통적인 위 내용물 분석부터 근래에는 안정성 동위 원소 분석에 이르기까지 다양한 방법을 사용함

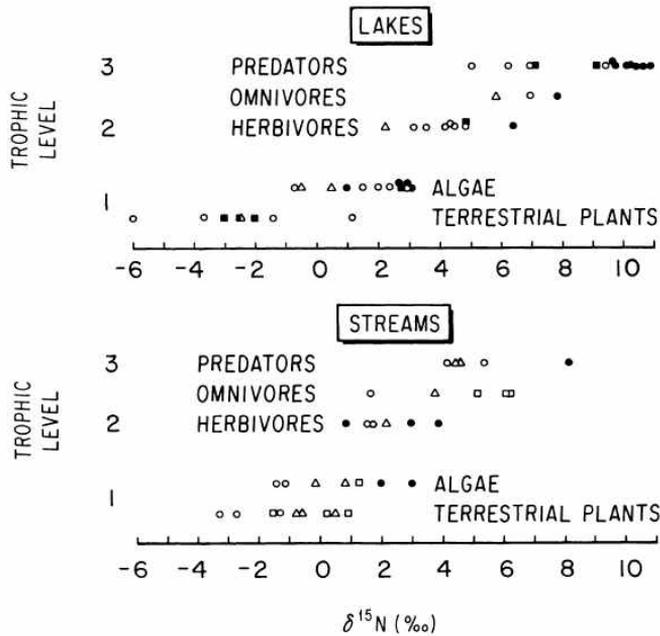
2) 주요 연구내용

○ 안정성 동위원소 분석을 이용한 담수생태계 내의 먹이사슬 구조 파악에 대한 연구(Fry 1991)

- 장기생태연구(Long Term Ecological Research, LTER) 지역 내 수생태계(호수와 하천)의 먹이사슬 구조를 알아보기 위해 안정성 동위원소 분석을 이용함

- 생산자와 소비자(초식성, 잡식성, 육식성)의 영양 단계는 호수와 하천 모두 순차적으로 동일하게 나타났음

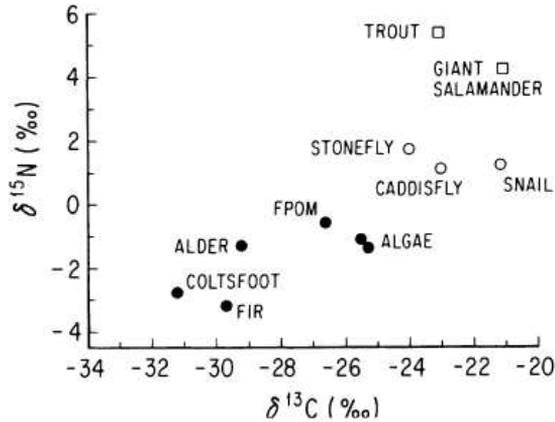
- 그러나 탄소 안정성 동위 원소값이 육상에 있는 호수보다 바다와 연결되는 하천의 조류(algae)가 더 높게 나와 소비자에게 탄소를 공급함에 있어서 호수보다는 하천의 조류가 더욱 중요한 역할을 하는 것으로 나타남



[그림 2-14] 서식지에 따른 생물상의 안정성 동위원소 차이

자료: Fry (1991)

- 또한, 영양 단계는 생산자(식물, 조류), 분해자, 1차 소비자(무척추동물), 2차 소비자(도롱뇽), 3차 소비자(송어) 순으로 나타났음



[그림 2-15] 안정성 동위원소 분석을 통한 영양 단계

자료: Fry (1991)

○ 안정성 동위원소 분석을 이용한 토착 멸종위기 도롱뇽과 외래어종의 먹이 사슬 중첩에 대한 연구(Zambrano et al. 2010)

- 1990년대부터 멕시코 소치밀코 지역에 두 종의 외래어종이 도입된 바 있으며 이 종들은 생태계의 우점종이 됨

- 이 지역은 원래 토착 도롱뇽종(*Ambystoma mexicanum*)의 서식지로 개체수가 급감하고 있는 멸종위기종으로 알려져 있음

- 멸종위기 도롱뇽과 외래어종과의 잠재적 영양 상호작용과 생태적 지위 중첩을 파악하기 위해 위 내용물 분석과 안정성 동위원소 분석을 함께 실시함

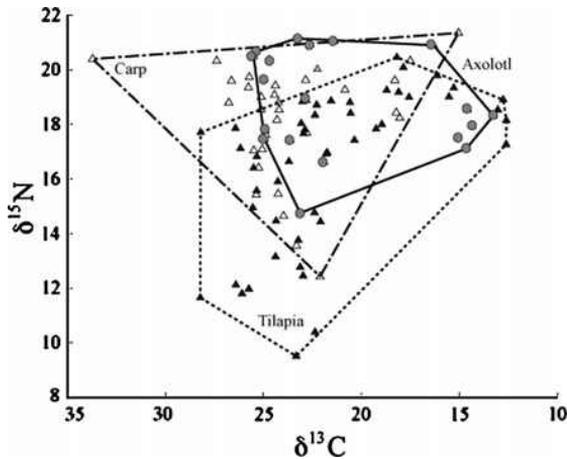
- 분석 결과, 도롱뇽이 외래어종들보다 다양한 먹이 자원을 소비하고 다소 상위 영양 단계에 있는 것으로 확인되나 외래어종의 경우 도롱뇽보다 다양한 범위의 생태적 지위를 가지고 있는 것으로 분석됨

- 이에 따라 도롱뇽 개체군의 회복을 위해 외래어종의 제거에 대한 필요성이 대두됨

Item	Axolotl		Carp		Tilapia	
	Area	%	Area	%	Area	%
POM	0.64	13.50	19.27	27.10	93.05	71.08
Plants	0.65	19.52	23.87	43.98	25.66	20.01
Filamentous algae	0.12	6.25	3.96	5.62	10.37	5.78
Zooplankton	0.08	4.28	5.58	5.64	0.36	0.72
Small Crustaceans	0.30	15.05	4.13	2.65	0.07	0.13
Chironomids	1.11	19.63	6.03	6.60	0.51	2.09
Hemiptera larvae	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00
Unidentified insects	0.25	11.18	3.21	5.26	0.03	0.10
Other invertebrates	0.18	3.29	0.02	0.04	0.01	0.02
Axolotl eggs	0.00	0.00	0.21	1.24	0.00	0.00
Other fish	0.25	7.29	0.53	1.86	0.09	0.09
TOTAL	3.59	100.00	66.81	100.00	130.13	100.00

[그림 2-16] 도롱뇽과 외래어종들의 위 내용물 분석 결과

자료: Zambrano et al. (2010)



[그림 2-17] 도롱뇽과 외래어종들의 안정성 동위원소 분석 결과

자료: Zambrano et al. (2010)

2. 국내 연구

1) 연구 동향

○ 무미류의 경우 황소개구리, 땡깡이, 옴개구리 등 일부 종에 대해서 위 내용물 분석을 통해 먹이원(식이물) 분석이 이루어졌음

○ 도롱뇽과 꼬리치레도롱뇽, 이끼도롱뇽의 식이물 연구도 위내용물 분석을 통해 이루어졌음

→ 국내 양서류의 먹이원 관련 연구는 일부종에 국한되어 위 내용물 분석을 중심으로 이루어졌으며, 특히 유미목 도롱뇽류를 대상으로 안정성동위원소 분석을 통한 종별 먹이자원 분할 연구를 수행한 사례가 파악되지 않음

2) 주요 연구내용

○ 한국산 옴개구리의 식이물 분석(한상호 등 2015)

- 강원도와 경기도 지역 옴개구리를 대상으로 2013~2014년 채집
- 위 내용물 적출 및 에탄올 고정 후 현미경 관찰을 및 서식지 인근 잠재 먹이원 채집을 통해 비교 분석 실시
- 위내용물의 경우 대부분 개미과(Family Formicidae)로 나타남, 특정 먹이를 선호하기 보다는 하천변 우점 무척추동물을 섭식할 것으로 판단

○ 가항늪에 서식하는 황소개구리의 먹이원 분석 연구(이정현 등 2015)

- 2014년 4월부터 9월까지 경남 창녕 가항늪에 서식하는 황소개구리의 주요 먹이원 및 월별 변화 파악
- 118개체의 위내용물 분석 결과 총 4문 10강 20목 46과 62속 63종(미

동정 종 12종 포함) 646마리의 먹이원을 분류함

- 곤충강(Class Insecta) 65.5%, 갑각강(Class Crustacea) 13.5%, 복족강(Class Gastropoda) 7.9%, 양서류강(Class Amphibia) 7.3%, 거미강(Class Arachnida) 4.2%, 경골어강(Class Osteichthyes) 4.2% 순으로 나타남

- 독충류와 두꺼비 및 참개구리, 박새와 등줄쥐, 딱쥐 등도 포식함

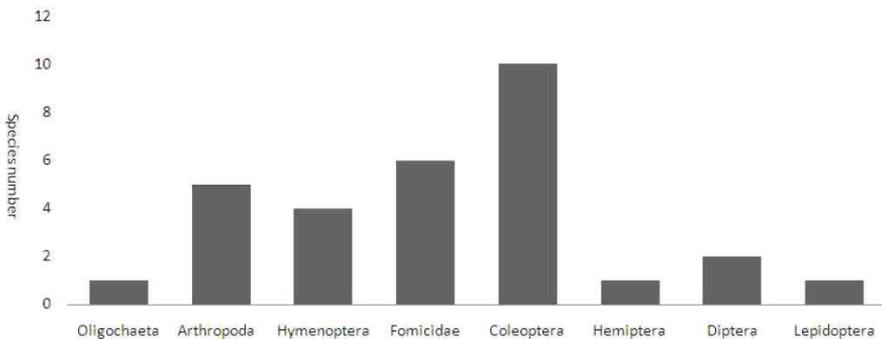
○ 한국고유종 이끼도롱뇽의 해부학적 분류형질 및 식이물 분석(주영돈 2009)

- 강원도 점봉산과 계방산, 가리왕산, 충북 좌구산, 설운산, 대전 장태산, 충남 향적산, 전북 성수산 등 8개 산림 내 계곡부에서 이끼도롱뇽 채집

- 총 39개체에 대해 위내용물 분석을 실시한 결과 11목 30종 208개체 확인

- 발목이 대부분을 차지하고 있었으며, 딱정벌레목과 등각류가 많이 나타남

- 특히 개미류가 전체 먹이의 71.15%를 차지하며 우점하였음



[그림 2-18] 이끼도롱뇽의 위 내용물 분석 결과

자료: 주영돈(2009)

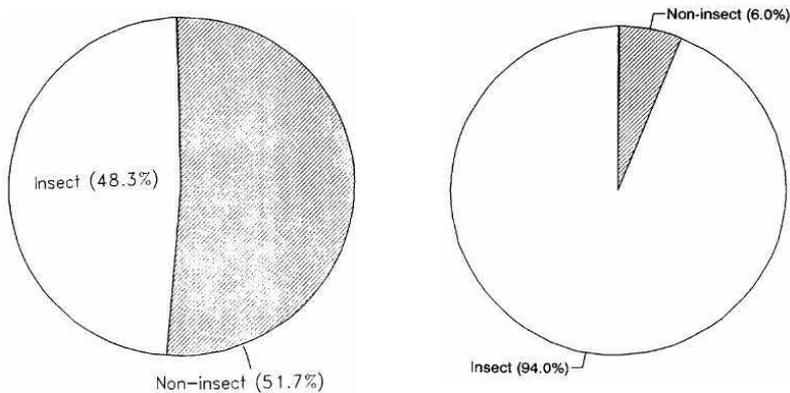
○ 도롱뇽과 꼬리치레도롱뇽의 먹이자원 및 생활사에 관한 연구(윤일병

등 1996)

- 도롱뇽은 광릉과 상주, 양산, 남해에서 채집된 38개체, 꼬리치레도롱뇽은 경기도 가평과 무주에서 채집한 25개체를 대상으로 위 내용물 분석 실시

- 꼬리치레도롱뇽은 지렁이류 2종, 거미류 1종, 날도래류 6종, 파리류 5종, 강도래류 4종, 딱정벌레류 3종 등 총 31종이 확인되었으며, 이 중 대부분은 곤충류가 차지하였고 특히 날도래류가 우점하는 것으로 나타남

- 도롱뇽은 지렁이류 2종, 거미류 2종 등 총 14종이 확인되었으며, 꼬리치레도롱뇽과 달리 수서곤충이 없고 곤충류의 비율이 상대적으로 낮게 나타남



[그림 2-19] 도롱뇽(좌)과 꼬리치레도롱뇽(우)의 먹이원 비율 차이

자료: 윤일병 등(1996)

5절 대전 내 양서류 조사·연구

1. 1, 2차 대전광역시 자연환경조사(2004, 2014)

1) 개요

○ 대전에서는 「대전광역시자연환경보전조례」 제12조에 의거하여 매 10년마다 대전 전역에 대한 자연환경조사를 수행하고 있음

- 1차 : 2002 ~ 2004년

- 2차 : 2012 ~ 2014년

○ 주요 산림과 하천, 계곡 등 야생동식물 서식지를 중심으로 식생 및 식물상, 포유류와 조류, 양서파충류, 어류, 곤충류, 저서무척추동물 등에 대한 서식 현황을 파악하고 있음

2) 조사방법

○ 조사지역은 1차의 경우 대전 외곽 주요 산림과 3대 하천을 대상으로 하였으며, 2차의 경우 산림과 하천, 도식림 등을 모두 포함하여 100개 지점을 임의로 선정 후 조사를 실시하였음

○ 조사는 직접 및 간접확인법, 그리고 청문조사를 통해 이루어졌음

- 직접확인법 : 직접 관찰, 돌 하부 뒤집어 확인, 계곡 등 수변부 내 알과 유생 등 관찰

- 간접확인법 : 기타 울음소리와 서식흔적(사체, 허물) 등을 통해 간접적인 서식 유무를 확인

3) 조사 결과

- 1,2차 조사에서 총 11종의 양서류 서식을 확인하였음
 - 2차 조사에서는 꼬리치레도롱뇽과 한국산개구리가 추가적으로 서식이 확인되었음
 - 이외에 문헌조사를 통해 이끼도롱뇽과 맹꽁이 서식을 추가로 확인하였음

[표 2-3] 대전광역시 자연환경조사를 통한 양서류 서식 현황

	학명	국명	관찰현황
1	<i>Hynobius leechii</i>	도롱뇽	성체, 유생, 난괴
2	<i>Onychodactylus fischeri</i>	꼬리치레도롱뇽*	성체, 청문
3	<i>Bombina orientalis</i>	무당개구리	성체, 유생, 청음
4	<i>Bufo gargarizans</i>	두꺼비	성체, 청문
5	<i>Hyla japonica</i>	청개구리	성체, 청음
6	<i>Rana nigromaculata</i>	참개구리	성체, 유생, 청음, 로드킬
7	<i>Rana coreana</i>	한국산개구리*	성체, 청문
8	<i>Rana rugosa</i>	움개구리	성체
9	<i>Rana dybowskii</i>	북방산개구리	성체, 유생, 사체
10	<i>Rana huanrenensis</i>	계곡산개구리	성체, 청문
11	<i>Rana catesbeiana</i>	황소개구리	성체, 유생, 청음

자료: 대전광역시(2014), * 2차 자연환경조사에서만 확인된 종

2. 깃대종 모니터링 및 보전방안 연구용역(2015)

1) 개요

- 대전에서는 2014년도에 대전의 사회문화적·생태지리학적 특성을 반영하는 깃대종으로 이끼도롱뇽과 하늘다람쥐, 감돌고기 등 3종을 선정함
- 매 10년마다 실시하고 있는 자연환경조사는 대전 전역을 대상으로 전

반적인 동식물상 현황을 파악하고 있어 특정종에 대한 정밀분포 및 생태연구가 미흡한 실정임

○ 이에, 각 종별 생태적 특성을 고려한 정밀분포와 생태적 특성 등을 파악하여 효과적인 보전 및 활용의 목적으로 본 연구를 실시함



[그림 2-20] 대전광역시 깃대종 3종 캐릭터
(좌: 이끼도롱뇽, 중: 하늘다람쥐, 우: 감돌고기)

2) 조사방법

○ 이끼도롱뇽의 경우, 기존에 서식이 확인된 장태산과 빈계산, 만인산의 계곡부 인근에서 조사를 실시하였음

○ 또한, 이전에 서식이 확인되지 않았던 남주의 구봉산과 보문산, 동부의 식장산과 계족산, 북부의 갑하산과 금병산 계곡부 인근에서도 조사를 실시함

○ 조사는 선형횡단조사법(line transect sampling)을 기본적으로 실시함

- 계곡을 따라 걸으면서 좌우 1m 지면에 직접 관찰되거나 바위 혹은 잔존물과 유기물층을 들추어가면서 확인되는 종 및 개체수를 확인

- 이끼도롱뇽이 주로 야행성인 것을 감안하여 주간조사와 야간조사를 병행하여 실시함

- 동면 및 번식생태 조사, 서식지 이용 특성을 파악함
 - 서식지 환경조사의 경우 각 조사지에서 산림구조와 토양환경, 수계환경 등 이끼도롱뇽 서식과 관련한 환경변수를 측정함

[표 2-4] 이끼도롱뇽 서식지 환경 조사 환경 변수

구분	환경변수	설명
산림구조	엽층별 피도량	교목(>8m), 아교목(2-8m), 관목(1-2m), 초본(<1m)
	도목잔존물	통나무수, 그루터기수, 부피(지름 10cm 이상)
	암석피도량	Gravel (2-4mm), Pebble (4-64mm), Cobble (65-256mm), Boulder (>256mm)
토양환경	토양 pH, 상대습도	토양산습도기를 이용. 15cm 깊이에서 측정
	토양입자크기(토성)	외부기관을 통해 토성분석
	낙엽층 두께	1m*1m 내 무작위로 3지점 절적으로 측정
수계환경	수계유형	Scour pool (물 유입 유출없는 웅덩이) Seep (자갈 모래 사이로 물의 유입 유출이 적음) Splash zone (자갈 모래 사이로 물의 유입 유출이 많음) Riffle (급류)
	수온, pH, DO	
	평균폭	10m 조사구 내 30, 50, 70% 지점의 평균길이

자료: 대전광역시(2015)

3) 조사 결과

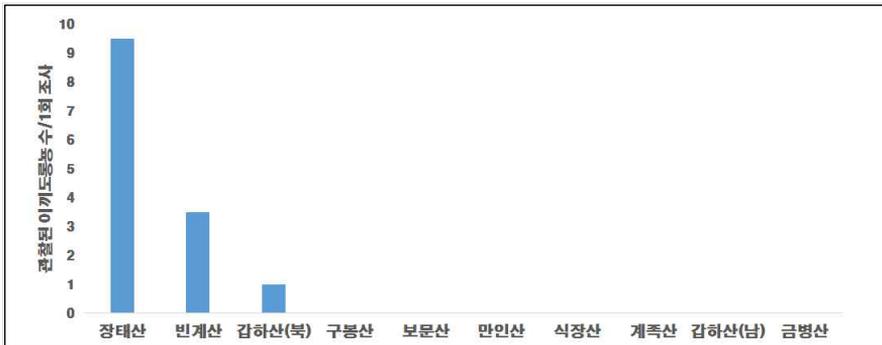
- 조사 결과, 이끼도롱뇽은 장태산과 갑하산, 빈계산에서 서식이 확인됨
 - 만인산에서는 서식 확인이 되지 않았으나, 전문가 자문을 통해 서식할 가능성이 있을 것으로 추정됨
 - 상대 밀도는 장태산이 가장 높은 것으로 확인됨

○ 이끼도롱뇽 서식지(7개 계곡)와 비서식지(6개 계곡) 간 환경요인 분석을 실시한 결과, 아교목층 피도량이 높고, 수계폭이 좁으며, 암석피도량이 낮고 토양의 비율이 높은 환경을 선호하는 것으로 나타남(대전광역시 2015)



[그림 2-21] 대전광역시 이끼도롱뇽 분포

자료: 대전광역시(2015)



[그림 2-22] 대전 주요 산림 내 계곡의 이끼도롱뇽 서식 현황 및 밀도

자료: 대전광역시(2015)

3장

연구 방법

1. 연구 대상지
2. 개체 확인
3. 산림환경구조 조사
4. 먹이 자원 분할
5. 통계 분석

3장 연구 방법

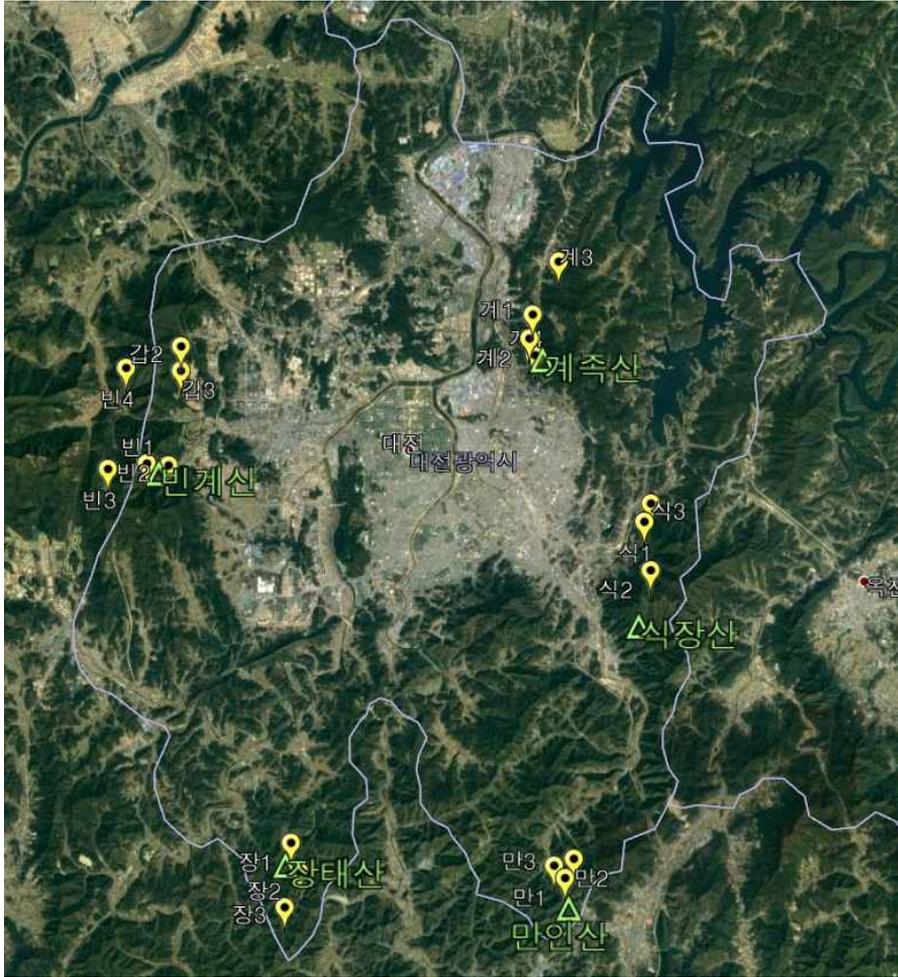
1절 연구 대상지

○ 대전광역시 내 5개의 산림(빈계산, 장태산, 만인산, 식장산, 계족산) 지역의 17개 지점

○ 기존 문헌자료(제23차 전국자연환경조사 및 연관 보고서 등)를 참고하고 2017년 2월, 사전 답사를 통해 대전광역시의 산림 내 유미목 양서류가 서식할 것으로 예상되는 지점들을 선택

[표 3-1] 연구 대상지의 세부 정보

번호	산	지점	주소
1	빈계산	1	대전 유성구 덕명동 산 29
2		2	대전 유성구 계산동 산 1
3		3	충남 공주시 반포면 학봉리 산 30-1
4		4	충남 공주시 반포면 온천리 산 35-12
5	장태산	1	대전 서구 장안동 990-1
6		2	대전 서구 장안동 산 31-1
7		3	대전 서구 장안동 산 25
8	만인산	1	대전 동구 하소동 산 47
9		2	대전 동구 하소동 산 47
10		3	대전 동구 하소동 산 49
11	식장산	1	대전 동구 세천동 577
12		2	대전 동구 세천동 산 43-3
13		3	대전 동구 세천동 393
14	계족산	1	대전 대덕구 연축동 산 32
15		2	대전 대덕구 읍내동 6-3
16		3	대전 대덕구 장동 산 61-2
17		4	대전 대덕구 범동 353-27



[그림 3-1] 연구 대상지인 5개 산림 내 17개 지점



장태산 1



장태산 2



장태산 3



만인산 1



만인산 2



만인산 3



식장산 1



식장산 2



식장산 3



빈계산 1



빈계산 2



빈계산 3



빈계산 4



계죽산 1



계죽산 2



계죽산 3



계죽산 4

[그림 3-2] 연구 대상지 17개 지점의 전경

2절 개체 확인

- 선정된 17개의 조사지점을 2017년 3월부터 11월까지 조사
- 지점 별 120m의 구간을 설정하고 매월 구간 내 주간 및 야간 조사를 병행하여 조사 실시
- 양서류 종 확인
 - 수계를 중심으로 좌우 10m, 길이 120m의 구간에 대해 선형횡단조사법(line transect sampling)과 일정시간조사(time-constrained survey)를 이용하여 정량적으로 개체 확인



[그림 3-3] 양서류 개체 확인 및 환경 요인 측정 모습

3절 산림환경구조 조사

○ 산림성 양서류 종의 생태적 특성을 고려하고 선행 연구에서 사용된 내용을 바탕으로 환경 요인 선정

[표 3-2] 산림환경구조 조사 시 파악할 환경 요인

요인 범주	요인 종류	설명
육상	도목잔존물	크기에 따른 개수, 부피(지름 10cm 이상)
	엽층별 피도량	높이에(>8m, 2-8m, 1-2m, <1m) 따른 피도를 %로 측정
	기질의 비율	Gravel (2-4mm), Pebble (4-64mm), Cobble (65-256mm), Boulder (>256mm) 등 4개의 범주에 대한 비율을 %로 측정
	암석 피도량	조사구 내 암석의 비율을 %로 측정
	낙엽층 두께	조사구 내 1m*1m 크기의 플롯을 지정하여 무작위로 3지점을 측정하고 그에 대한 평균값 이용
	토양 pH	20m 조사구 내 30, 50, 70% 지점에 대해 측정기(Takemura DM-5)를 이용하여 측정
	토양 상대습도	
수계	유형	Scour pool (유입과 유출이 없는 웅덩이), Seep (기질 사이로 유입과 유출이 적음), Splash zone (기질 사이로 물의 유입 유출이 많음), Riffle (급류) 등 4개의 유형
	온도	조사구 내 측정기(Lutron YK-2005WA)를 이용하여 측정
	pH	
	용존산소량	20m 조사구 내에 30, 50, 70% 지점의 폭을 측정하고 평균값 이용
폭		

○ 17개 조사 지점의 120m 구간 내에서 10m 간격으로 산림환경구조 조사를 실시하였으며 조사구의 독립성을 위해 조사구 사이에 10m의 간격을 두었음(120m 구간 내에 6개의 조사구, 총 102개의 조사구를 조사함)



[그림 3-4] 환경 요인 측정에 사용한 측정기들

4절 먹이 자원 분할

○ 안정성 동위원소 분석을 통한 중간 먹이 자원 분할을 분석하기 위해 유미목 3종이 모두 서식하는 빈계산과 장태산 지역에서 시료를 채취

○ 종 별로 10개체씩 총 30개의 시료 채취

○ 개체 확인을 통해 채집된 도롱뇽 꼬리 끝 1cm를 절개하여 시료 채취

- 양서류의 경우 시료 채취를 위해 신체 일부를 자르는 clipping 방법을 사용, 도롱뇽은 조직이 손상되더라도 재생하는 특성을 이용하여 꼬리를 주로 사용

- 실제로 자연 상태에서 도롱뇽이 돌 틈에 끼거나 천적의 공격으로 인한 사고로 조직이 손상되는 경우가 있으며 상처가 심하지 않은 경우 재생을 통해 회복함



[그림 3-5] 사고로 꼬리가 손상된 도롱뇽



[그림 3-6] 시료 채취 후 조직이 재생 중인 도롱뇽

○ 시료 처리 방법

- 증류수에 3~5회 세척
- 드라이오븐에 60°C 온도로 5일 동안 건조
- 시료를 균질화

○ 안정성 동위원소 분석기(Stable Isotope Ratio Mass Spectrometer System with elemental analyzer, Micromass Ltd, UK)로 분석

○ 안정성 동위원소 수치 산출

$$X (\%) = [(R_{sample}/R_{standard}) - 1] \times 1000$$

- X: 안정성 동위원소 값
- $R_{sample}/R_{standard}$: 탄소 및 질소의 시료 및 표준물질 간의 동위원소 비

5절 통계 분석

○ 선호 서식 환경 분석

- 서식지와 비서식지의 환경 변수에 대한 독립성을 분석하기 위해 범주형 변수인 경우 Chi-square test를 이용

- 수치형 변수인 경우 정규성 검정(Shapiro test)을 거쳐 서식지와 비서식지의 환경 요인에 대해 정규분포를 따르는 경우 모수통계분석인 t-test를 이용, 정규분포를 따르지 않는 경우는 비모수통계분석인 wilcoxon test를 이용하여 변수 간 독립성을 검증함

- 서식지와 비서식지의 환경 변수 중 독립성에 대해 유의성이 없는 변수는 제거

- 독립성 검정에 유의한 환경 변수를 독립 변수, 양서류 서식 확인 여부를 종속 변수로 선정하여 회귀 분석을 실시

- 양서류 서식 확인 여부에 사용되는 자료는 번식기간을 제외한 활동기간에 대한 정보를 이용

○ 먹이 자원 분할 분석

- 도롱뇽 종을 독립 변수, 안정성 동위원소(C, N) 값을 종속 변수로 선정하여 통계 분석 실시

- 정규성 검정(Shapiro test) 이후 정규분포를 따르는 경우 모수통계분석인 ANOVA를 이용, 정규분포를 따르지 않는 경우는 비모수통계분석인 Kruskal-Wallis test를 이용하여 분석하고 사후 검정 실시

○ 프로그램 이용

- 그래프는 Microsoft Excel 2016 (Microsoft, USA)으로 도식화하였고, 통계 분석은 SPSS 22 (IBM, USA)로 시행하며 유의 수준은 5%로 설정

4장

연구 결과

1. 양서류 서식 현황 및 월별 출현 양상
2. 선호 서식 환경
3. 먹이 자원 분할

4장. 연구 결과

1절 양서류 서식 현황 및 월별 출현 양상

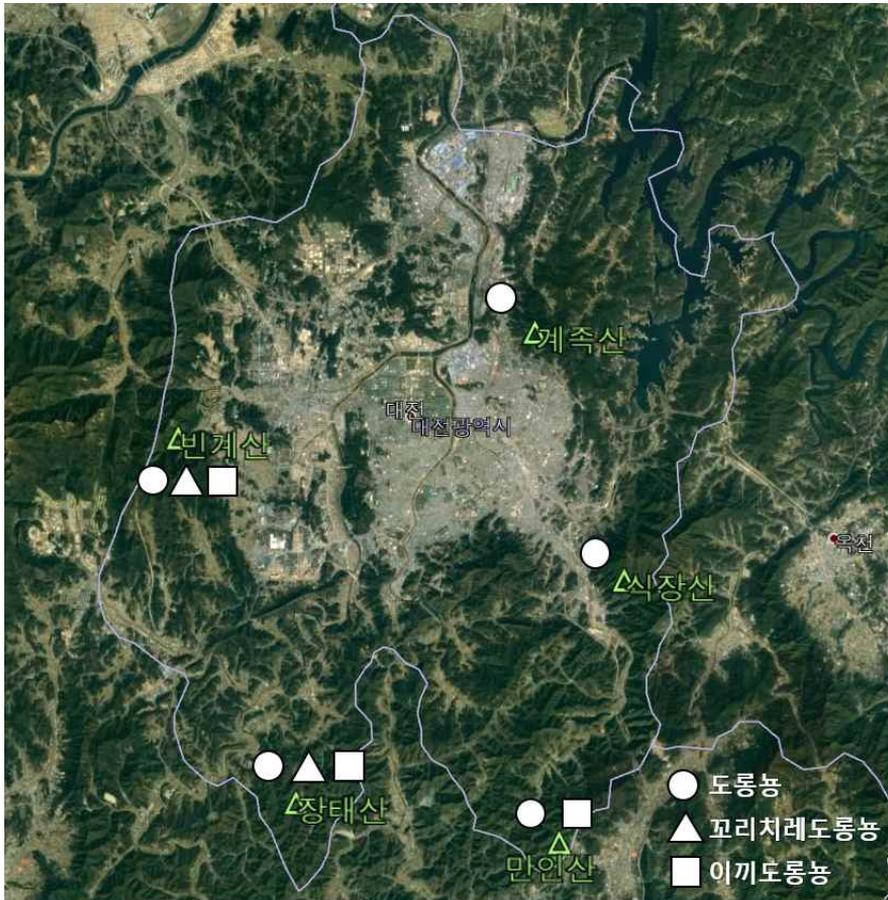
1. 양서류 서식 현황

- 연구 대상지 내 5개 산림의 무미목 양서류 서식 현황
 - 본 결과는 연구 대상지 내 조사 구간에서 발견한 양서류만을 파악한 것임
 - 무당개구리, 움개구리, 북방산개구리는 모든 산림 지역에서 서식 확인
 - 청개구리는 장태산, 만인산 지역에서 서식 확인
 - 참개구리는 장태산, 만인산, 계족산 지역에서 서식 확인
 - 계곡산개구리는 장태산, 만인산, 식장산, 계족산 지역에서 서식 확인

[표 4-1] 대전 내 연구 대상지의 양서류 서식 현황

	학 명	국 명	연구 대상지				
			장태산	빈계산	만인산	식장산	계족산
무미목	<i>Bombina orientalis</i>	무당개구리	+	+	+	+	+
	<i>Hyla japonica</i>	청개구리	+		+		
	<i>Glandirana rugosa</i>	움개구리	+	+	+	+	+
	<i>Pelophylax nigromaculatus</i>	참개구리	+		+		+
	<i>Rana dybowskii</i>	북방산개구리	+	+	+	+	+
	<i>Rana huanrenensis</i>	계곡산개구리	+		+	+	+
유미목	<i>Hynobius leechii</i>	도롱뇽	+	+	+	+	+
	<i>Onychodactylus koreanus</i>	꼬리치레도롱뇽	+	+			
	<i>Karsenia koreana</i>	이끼도롱뇽	+	+	+		

- 연구 대상지 내 5개 산림의 유미목 서식 현황
 - 도롱뇽은 모든 산림 지역에서 서식 확인
 - 꼬리치레도롱뇽은 빈계산, 장태산 지역에서 서식 확인
 - 이끼도롱뇽은 빈계산, 장태산, 만인산 지역에서 서식 확인



[그림 4-1] 대전 내 5개 산림 지역의 도롱뇽 종 서식 현황

2. 도롱뇽 종 월별 출현 양상

1) 도롱뇽

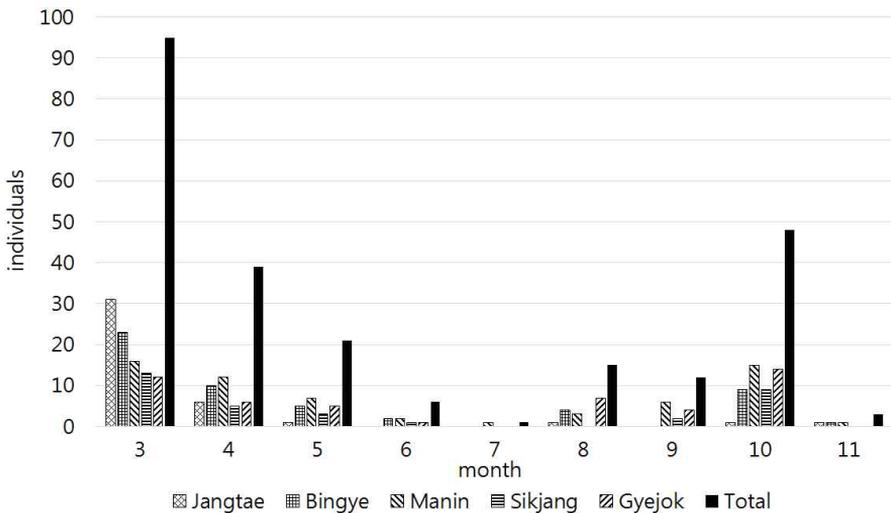
○ 조사 시작인 3월부터 활동이 확인되었으며 7월까지 발견되는 개체수가 꾸준히 감소하다 8월부터 다시 활동이 재개됨

- 2-4월에 걸쳐 수계에 집단으로 번식을 하는 도롱뇽의 특성상 3월이 가장 활발하게 번식하기 때문에 가장 많은 개체가 발견된 것으로 보임

- 번식 후 습도가 유지되는 깊은 산 속으로 분산하기 때문에 3월 이후로 출현하는 개체가 감소하는 것으로 판단됨

- 매우 건조하다 장마가 진행되는 6-8월 동안은 활발하게 활동하지 않다가 날씨가 안정되면 활동을 재개하는 것으로 보임

○ 9-10월 동안 출현이 다시 증가하였으나 11월에 확인된 개체수가 매우 적은 것으로 보아 그 이후로 동면에 들어가는 것으로 판단됨



[그림 4-2] 월별 5개 산림 지역의 도롱뇽 활동 양상

2) 꼬리치레도롱뇽

○ 조사 시작인 3월부터 활동이 확인되었으며 4월까지 증가하다 6월까지 다시 꾸준히 감소함

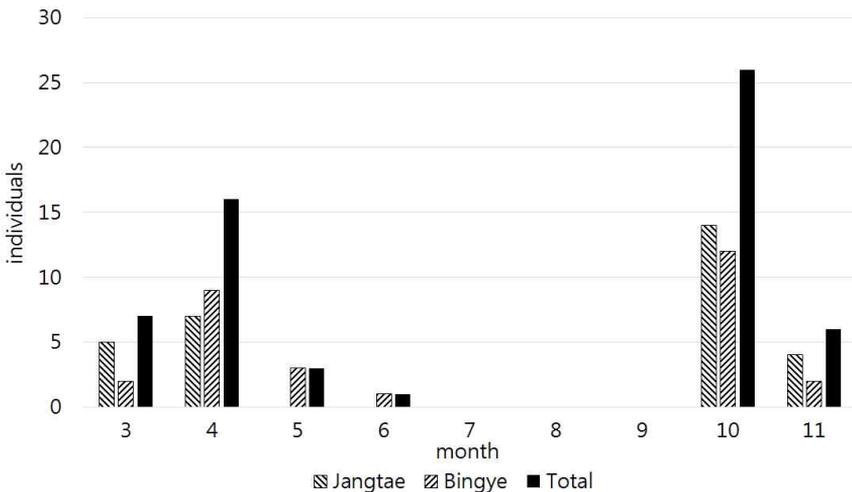
- 5-7월에 걸쳐 온도가 낮은 수계에 집단으로 번식을 하는 꼬리치레도롱뇽의 특성상 지하수가 있는 곳이나 깊은 동굴 속으로 이동하기 때문에 거의 발견되지 않는 것으로 보임

○ 7-9월까지는 발견되지 않음

- 시기적으로 번식기 이후 매우 건조하다 장마가 진행되기 때문에 날씨가 안정될 때까지 활발한 활동을 하지 않는 것으로 보임

○ 10월부터 다시 활발하게 활동을 재개하나 11월부터 다시 대폭 감소함

- 저온을 선호하는 종이기 때문에 동면 전까지 기온 및 수온이 감소하는 가을에 다소 활동을 하다 겨울부터 동면에 들어가는 것으로 보임



[그림 4-3] 월별 2개 산림 지역의 꼬리치레도롱뇽 활동 양상

3) 이끼도롱뇽

○ 조사 시작인 3월에는 활동이 확인되지 않았고 4월부터 발견되기 시작하였으며 6월까지 활동하는 개체수가 다소 증가

- 4-6월에 걸쳐 동면에서 깨어나는 개체들이 늘어나면서 발견되는 개체들이 증가하는 것으로 보임

○ 7월에 활동이 급격하게 줄었다가 8월부터 다시 재개됨

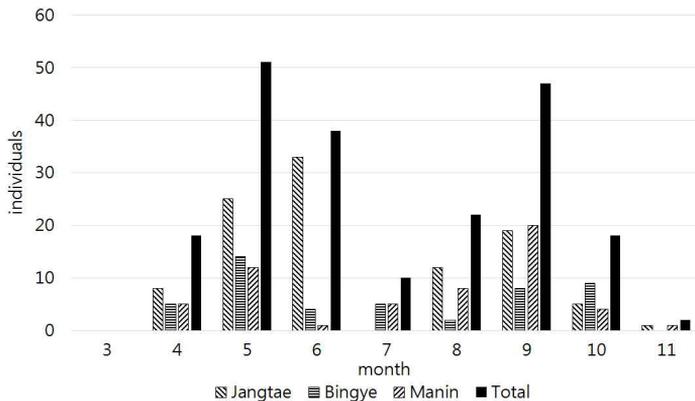
- 매우 건조하다 장마가 진행되는 6-8월 동안 활동 빈도가 감소했다가 날씨가 안정되고 난 이후에 활동을 재개하는 것으로 보임

- 또한 이 기간이 예상 번식기로 추측되기도 함, 이에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단됨

○ 8-9월 동안 활동이 다소 증가했으나 10월부터 11월까지 다시 감소함

- 8월 이후 활동 빈도가 증가했으나 9월 이후 기온 및 수온이 감소하면서 빈도도 함께 감소함

- 11월까지 출현 개체가 꾸준히 감소하다 겨울부터 동면에 들어가는 것으로 보임



[그림 4-4] 월별 3개 산림 지역의 이끼도롱뇽 활동 양상

2절 선호 서식 환경

○ 환경 변수에 대한 정규성 검정 결과, 대부분의 변수들이 정규성을 띠지 않아 비모수 검정을 통한 독립성 검정 및 요인 제거를 진행함

1. 도롱뇽의 선호 서식 환경

[표 4-2] 도롱뇽의 서식/비서식 환경의 독립성 검정 결과

환경 변수 (n=102)		단위	P
육상	상층피도량	scale 0-3	0.722
	중상층피도량	scale 0-3	0.687
	중층피도량	scale 0-3	0.159
	하층피도량	scale 0-3	0.719
	수목잔존물(소)	개	0.262
	수목잔존물(중)	개	0.440
	수목잔존물(대)	개	0.528
	수목잔존물(부피)	m ³	0.337
	암석피도량	scale 0-3	0.027*
	암석피도(G)	%	0.022*
	암석피도(P)	%	0.450
	암석피도(C)	%	0.673
	암석피도(B)	%	0.204
	토양 상대습도	%	0.039*
	토양 pH	-	0.310
	낙엽두께	cm	0.553
	수계	수계 유형	scale 0-3
수온		℃	0.078
물 pH		-	0.143
DO		-	0.014*
수계폭		cm	0.608

*: 0.05 > p

○ 연구 지점에서 도롱뇽의 서식이 확인된 지점은 78개, 확인되지 않은 지점은 24개임

○ 도롱뇽의 서식/비서식 환경은 육상 환경 변수의 경우, 암석피도량, 암석피도(G), 토양 상대습도가 차이를 보이는 것으로 분석됨

○ 수계 환경 변수의 경우, 수계 유형, DO가 도롱뇽의 서식/비서식지 환경에서 차이를 보이는 것으로 분석됨

[표 4-3] 도롱뇽의 선호 서식 환경에 대한 회귀분석 결과

환경 변수		B(SE)	Wald's statistics	P
육상	암석피도량	0.987(0.451)	4.793	0.029*
	암석피도(G)	-0.036(0.103)	0.125	0.724
	토양 상대습도	0.427(0.721)	0.350	0.554
수계	수계 유형	3.191(1.076)	8.799	0.003*
	DO	-0.021(0.012)	3.120	0.077

*: 0.05 > p

○ 육상 환경 변수 중에서는 암석피도량이 도롱뇽의 선호 서식 환경에 있어서 유의한 영향을 주는 변수인 것으로 분석됨

○ 수계 환경 변수 중에서는 수계 유형이 도롱뇽의 선호 서식 환경에 있어서 유의한 영향을 주는 변수인 것으로 분석됨

2. 꼬리치레도롱뇽의 선호 서식 환경

[표 4-4] 꼬리치레도롱뇽의 서식/비서식 환경의 독립성 검정 결과

환경 변수 (n=102)		단위	P
육상	상층피도량	scale 0-3	0.616
	중상층피도량	scale 0-3	0.096
	중층피도량	scale 0-3	0.000*
	하층피도량	scale 0-3	0.002*
	수목잔존물(소)	개	0.001*
	수목잔존물(중)	개	0.156
	수목잔존물(대)	개	0.402
	수목잔존물(부피)	m ²	0.560
	암석피도량	scale 0-3	0.025*
	암석피도(G)	%	0.003*
	암석피도(P)	%	0.278
	암석피도(C)	%	0.736
	암석피도(B)	%	0.119
	토양 상대습도	%	0.000*
	토양 pH	-	0.096
	낙엽두께	cm	0.591
수계	수계 유형	scale 0-3	0.000*
	수온	℃	0.078
	물 pH	-	0.067
	DO	-	0.000*
	수계폭	cm	0.026*

*: 0.05 > p

○ 연구 지점에서 꼬리치레도롱뇽의 서식이 확인된 지점은 30개, 확인되지 않은 지점은 72개임

○ 꼬리치레도롱뇽의 서식/비서식 환경은 육상 환경 변수의 경우, 중층 및 하층피도량, 수목잔존물(소), 암석피도량, 암석피도(G), 토양 상대습도가 차이를 보이는 것으로 분석됨

○ 수계 환경 변수의 경우, 수계 유형, DO, 수계폭이 꼬리치레도롱뇽의 서식/비서식지 환경에서 차이를 보이는 것으로 분석됨

[표 4-5] 꼬리치레도롱뇽의 선호 서식 환경에 대한 회귀분석 결과

환경 변수		B(SE)	Wald' s statistics	P
육상	중층피도량	2.120(0.886)	5.721	0.017*
	하층피도량	-0.203(0.689)	0.087	0.768
	수목잔존물(소)	0.516(0.922)	0.314	0.575
	암석피도량	0.047(0.125)	0.142	0.706
	암석피도(G)	-0.127(0.062)	4.155	0.042*
	토양 상대습도	2.620(1.826)	2.060	0.151
수계	수계 유형	3.503(0.910)	14.800	0.000*
	DO	-0.024(0.029)	0.696	0.404
	수계폭	-0.005(0.004)	1.671	0.196

*: 0.05 > p

○ 육상 환경 변수 중에서는 중층피도량, 암석피도(G)가 꼬리치레도롱뇽의 선호 서식 환경에 있어서 유의한 영향을 주는 변수인 것으로 분석됨

○ 수계 환경 변수 중에서는 수계 유형이 꼬리치레도롱뇽의 선호 서식 환경에 있어서 유의한 영향을 주는 변수인 것으로 분석됨

3. 이끼도롱뇽의 선호 서식 환경

[표 4-6] 도롱뇽의 서식/비서식 환경의 독립성 검정 결과

환경 변수 (n=102)		단위	P
육상	상층피도량	scale 0-3	0.072
	중상층피도량	scale 0-3	0.040*
	중층피도량	scale 0-3	0.001*
	하층피도량	scale 0-3	0.002*
	수목잔존물(소)	개	0.000*
	수목잔존물(중)	개	0.000*
	수목잔존물(대)	개	0.603
	수목잔존물(부피)	m ²	0.745
	암석피도량	scale 0-3	0.011*
	암석피도(G)	%	0.000*
	암석피도(P)	%	0.321
	암석피도(C)	%	0.023*
	암석피도(B)	%	0.008*
	토양 상대습도	%	0.001*
	토양 pH	-	0.093
낙엽두께	cm	0.031*	
수계	수계 유형	scale 0-3	0.000*
	수온	℃	0.286
	물 pH	-	0.881
	DO	-	0.000*
	수계폭	cm	0.000*

*: 0.05 > p

○ 연구 지점에서 이끼도롱뇽의 서식이 확인된 지점은 42개, 확인되지 않은 지점은 60개임

○ 이끼도롱뇽의 서식/비서식 환경은 육상 환경 변수의 경우, 상층피도량을 제외한 모든 엽층별 피도량, 수목잔존물(소, 중), 암석피도량, 암석피도(G, C, B), 토양 상대습도, 낙엽두께가 차이를 보이는 것으로 분석됨

○ 수계 환경 변수의 경우, 수계 유형, DO, 수계폭이 이끼도롱뇽의 서식/비서식지 환경에서 차이를 보이는 것으로 분석됨

[표 4-7] 이끼도롱뇽의 선호 서식 환경에 대한 회귀분석 결과

환경 변수		B(SE)	Wald' s statistics	P
육상	중상층피도량	-2.215(1.063)	4.337	0.037*
	중층피도량	-0.635(1.530)	0.172	0.678
	하층피도량	-0.050(1.060)	0.002	0.963
	수목잔존물(소)	2.981(2.075)	2.065	0.151
	수목잔존물(중)	1.022(0.517)	3.909	0.048*
	암석피도량	0.587(0.361)	2.638	0.104
	암석피도(G)	-0.305(0.161)	3.587	0.058
	암석피도(C)	0.183(0.143)	1.627	0.202
	암석피도(B)	0.028(0.092)	0.091	0.763
	토양 상대습도	14.775(6.919)	4.561	0.033*
	낙엽두께	0.089(0.046)	3.686	0.055
수계	수계 유형	0.585(0.922)	0.403	0.526
	DO	0.071(0.052)	1.848	0.174
	수계폭	-0.040(0.016)	6.522	0.011*

*: 0.05 > p

○ 육상 환경 변수 중에서는 중상층피도량, 수목잔존물(중), 토양 상대습도가 이끼도롱뇽의 선호 서식 환경에 있어서 유의한 영향을 주는 변수인 것으로 분석됨

○ 수계 환경 변수 중에서는 수계폭이 이끼도롱뇽의 선호 서식 환경에 있어서 유의한 영향을 주는 변수인 것으로 분석됨

3절 먹이 자원 분할

○ 종 별 10개체씩 총 30개의 시료에 대해 안정성 동위원소 분석

[표 4-8] 시료로 사용된 도롱뇽 개체 및 안정성 동위원소 정보

위치	번호	안정성 동위 원소 값 (C)	안정성 동위 원소 값 (N)	측정치				
				무게 (g)	전장 (mm)	주둥이 부터 항문 길이 (mm)	머리 길이 (mm)	머리 폭 (mm)
빈계산4	1	-23.12	0.23	2.5	77.85	46.3	12.05	10.85
빈계산3	2	-23.75	3.33	6.2	101.25	58.8	14.3	11.3
빈계산3	3	-24.05	2.22	1.4	62.4	39.35	10.35	8.65
빈계산3	4	-24.70	2.26	0.7	48.7	29.8	8.3	7.25
빈계산2	5	-22.76	2.00	5.3	92.5	58.9	10.8	8.15
빈계산2	6	-23.98	-1.37	1.1	55.4	34.25	8.8	7.05
빈계산1	7	-23.93	0.36	3.6	86.3	50.15	12.15	9.5
빈계산1	8	-23.35	1.12	2.8	75.35	45.6	12.35	9.65
빈계산1	9	-23.66	0.35	0.8	55.3	31.6	9.1	8.4
장태산3	10	-24.45	0.21	1	50.7	33.6	8.3	8.3

[표 4-9] 시료로 사용된 꼬리치레도롱뇽 개체 및 안정성 동위원소 정보

위치	번호	안정성 동위 원소 값 (C)	안정성 동위 원소 값 (N)	측정치				
				무게 (g)	전장 (mm)	주둥이 부터 항문 길이 (mm)	머리 길이 (mm)	머리 폭 (mm)
빈계산3	1	-24.57	3.38	1.9	82.4	48.5	12.2	9.35
빈계산3	2	-23.78	3.52	1.8	82.2	46.8	11.4	9.35
빈계산3	3	-24.20	5.19	1.5	75.2	43.35	11.3	8.4
빈계산3	4	-24.11	3.50	2.1	86.5	48.8	11.75	9.45
빈계산3	5	-24.16	2.86	1.7	76.95	45.4	11.05	9.2
빈계산3	6	-24.15	3.56	2.4	91.8	48.6	12.4	10.3
빈계산3	7	-24.47	3.49	1.6	80.5	45.25	11.95	8.1
빈계산3	8	-24.12	3.60	1.9	83.65	46.6	11.95	8.25
빈계산3	9	-23.67	2.78	1.7	80.85	44.3	11.3	8.7
장태산3	10	-23.43	5.94	5.8	150.05	73	16	11.6

[표 4-10] 시료로 사용된 이끼도롱뇽 개체 및 안정성 동위원소 정보

위치	번호	안정성 동위원소 값 (C)	안정성 동위원소 값 (N)	측정치				
				무게 (g)	전장 (mm)	주둥이 부터 항문 길이 (mm)	머리 길이 (mm)	머리 폭 (mm)
빈계산4	1	-22.49	1.59	3	96.8	51.2	11	8.85
빈계산2	2	-23.68	2.02	2.1	92.5	58.9	10.8	8.15
빈계산2	3	-23.29	1.47	2.1	91.9	47.7	11.05	7.5
빈계산2	4	-26.72	1.55	1.7	63.9	46.55	10.7	8.05
빈계산2	5	-22.52	1.63	1.4	86.55	45.2	10.8	7.6
빈계산2	6	-23.16	1.48	1.4	72.9	45.95	11.2	7.4
빈계산2	7	-23.58	0.91	0.6	57.7	30.15	8	5.8
빈계산1	8	-22.61	1.04	2.1	100.9	52.8	11.65	8
빈계산1	9	-22.93	2.38	1.8	90.9	48	11.1	7.4
장태산3	10	-23.47	2.73	2.4	93.35	51.35	11.5	7.5

○ 도롱뇽 3종에 대한 탄소 안정성 동위원소 값의 양상

- 먹이 자원의 기원을 반영하는 탄소 안정성 동위원소 값의 경우, 그 평균이 이끼도롱뇽, 도롱뇽, 꼬리치레도롱뇽 순으로 높음

- 이끼도롱뇽이 가장 다양한 먹이 자원을 이용한 것으로 파악되나 시료 중에 평균에서 다소 차이가 나는 한 개체의 값(-26.72)을 제외 후 다시 파악하면 3종 간의 먹이 자원 이용 범위는 비슷한 것으로 보임

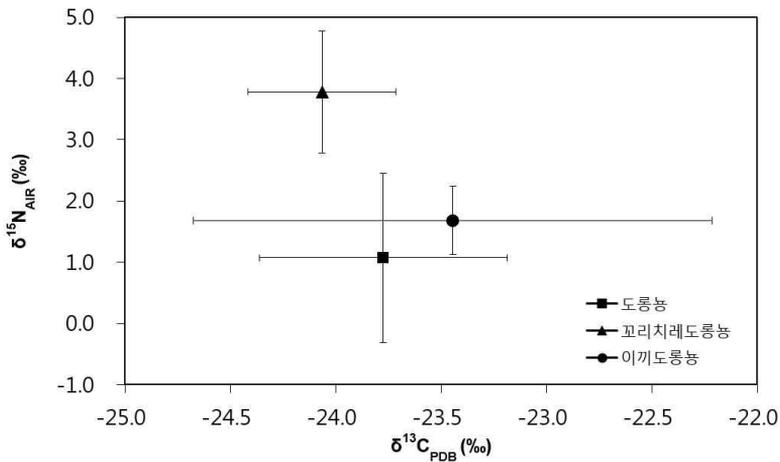
- 종 간 평균값 차이는 나지만 범위가 중첩되는 부분이 많아 유의한 차이는 없을 것으로 보임

○ 도롱뇽 3종에 대한 질소 안정성 동위원소 값의 양상

- 먹이 영양 단계를 반영하는 질소 안정성 동위원소 값의 경우, 그 평균이 꼬리치레도롱뇽, 이끼도롱뇽, 도롱뇽 순으로 높음

- 도롱뇽의 경우, 다른 종에 비해 개체 간 영양 단계의 차이가 다소 높은 것으로 보이며 이끼도롱뇽의 경우, 가장 낮은 것으로 보임

- 이끼도롱뇽과 도롱뇽의 경우, 평균값 차이는 나지만 범위가 중첩되는 부분이 많아 두 종간의 유의한 차이는 없을 것으로 보임



[그림 4-5] 도롱뇽 3종에 대한 안정성 동위원소 결과

○ 도롱뇽 3종에 대한 안정성 동위원소 값의 평균 비교 결과

- 탄소 안정성 동위원소 값의 경우 세 집단(도롱뇽, 꼬리치레도롱뇽, 이끼도롱뇽) 간 유의한 차이는 없는 것으로 분석됨
- 질소 안정성 동위원소 값의 경우 세 집단(도롱뇽, 꼬리치레도롱뇽, 이끼도롱뇽) 간 유의한 차이가 있는 것으로 분석됨
- 특히 질소 안정성 동위원소 값의 사후 검정 결과, 도롱뇽과 이끼도롱뇽 간에는 차이가 없고(같은 범위에 속하고) 꼬리치레도롱뇽은 그 값이 더 높은 것으로 나타남

[표 4-11] 도롱뇽 3종의 안정성 동위원소 값에 대한 평균 비교 결과

변수 (안정성 동위원소 값)	평균±표준편차			F	P
	도롱뇽 (n=10)	꼬리치레 도롱뇽 (n=10)	이끼도롱뇽 (n=10)		
C	-23.7750± 0.58762	-24.0660± 0.34945	-23.4450± 1.23086	1.461	0.25
N	1.0710± 1.3781 ^{b*}	3.7820± 0.99839 ^{a*}	1.6800± 0.55998 ^{b*}	18.883	0.00**

* a > b

** p < 0.001

○ 먹이 자원 분석에 대한 추가 연구의 필요성

- 안정성 동위원소 값을 이용한 먹이 자원 분석의 경우, 해당종의 값뿐만 아니라 먹이 자원에 대한 값도 함께 있어야 완성도 높은 결과를 도출할 수 있음
- 따라서 본 연구의 연장선상으로써 먹이 자원에 대한 안정성 동위원소 분석이 필요함

5장

결론 및 정책 제언

1. 결론
2. 정책 제언
3. 차년도 연구 계획

5장 결론 및 정책 제언

1절 결론

○ 유미목 양서류 종의 월별 출현 양상

- 도롱뇽과 꼬리치레도롱뇽은 2-3월에 활동을 시작하고 이끼도롱뇽은 4월에 활동을 시작함
- 도롱뇽과 꼬리치레도롱뇽은 봄이 시작된 이후 활동 빈도가 꾸준히 감소하다 늦여름-초가을에 다소 증가하며 그 이후로 동면에 들어감
- 이끼도롱뇽은 다른 도롱뇽 종에 비해 날씨가 좀 더 따뜻한 늦봄-초여름까지 활발하게 활동하고 여름이 본격적으로 진행되는 기간 동안 활동 빈도가 급격하게 감소하며 늦여름-초가을 동안 다소 증가하다 기온 하강과 함께 다시 빈도가 감소하며 동면에 들어감
- 유미목 양서류 종의 활동은 기온 상승에 따른 건조와 장마로 인한 서식지 내의 급격한 환경 변화, 종의 생태적 특성(번식기 등) 등에 영향을 받는 것으로 판단됨

○ 유미목 양서류 종의 선호 서식 환경

- 도롱뇽은 암석이 다소 풍부하여 그 아래에서 은신할 수 있는 곳, 물의 유입이 상대적으로 정체된 곳보다는 있는 곳을 서식지로써 선호하는 것으로 보임
- 꼬리치레도롱뇽은 엽층별 피도 중에서도 중층(1-2m) 피도가 풍부하여 그늘이 다소 낮게 진 곳, 2-4mm의 기질이 다소 적은 곳, 물의 유입이 매우 활발한 유속이 빠른 곳을 서식지로써 선호하는 것으로 분석됨
- 이끼도롱뇽은 엽층별 피도 중에서도 중상층(2-8m) 피도가 다소 적은 곳, 은신처로써 활용하기 편한 중간 크기의 수목잔존물(지름이 5-10cm)

이 많은 곳, 토양 상대습도가 다소 높은 곳, 수계폭이 좁은 곳을 서식지로써 선호하는 것으로 판단됨

○ 유미목 양서류 종의 먹이 자원 분할

- 탄소 안정성 동위원소 분석 결과, 종 간 이용하는 먹이의 다양성 정도는 비슷한 것으로 나타남
- 질소 안정성 동위원소 분석 결과, 꼬리치레도롱뇽이 다른 도롱뇽 종에 비해 영양 단계가 높은 것으로 나타났으며 도롱뇽과 이끼도롱뇽 간 영양 단계는 큰 차이를 보이지 않는 것으로 판단됨

2절 정책 제언

1. 대전 내 산림 계곡의 지속적인 양서류 모니터링

- 10년 단위로 시행 중에 있는 「대전광역시 자연환경조사」에서 산림 내 계곡 양서류 분포 및 밀도의 변화 양상을 지속적으로 파악
 - 양서류 종조성과 종풍부도, 종다양도 등 변화 양상 및 원인 분석
 - 산림 및 계곡의 물리화학적 환경 변화 및 인위적 교란 여부 파악

2. 소규모 개발계획에 대한 「생태영향검토제」 운영

- 「대전광역시 자연환경조사」와 「깃대종 모니터링 및 보전방안 연구용역(2016)」, 이번 연구를 통해 산림 내 계곡의 양서류 현황 및 생태적 특성 파악 가능
- 환경영향평가를 실시하지 않는 소규모 개발사업의 경우 사전에 야생생물 서식지 보전 방안을 강구할 수 있는 제도적 장치 미비
 - 장태산의 사방댐 공사로 인한 이끼도롱뇽 서식지 파괴 사례 발생(2014)
 - 대전시는 깃대종 서식지에서 소규모 개발계획 추진 시 생태계 보전대책 등 생태영향평가 협의 추진(2014. 6.~)
 - 「깃대종 모니터링 및 보전방안 연구용역(2016)」에서 ‘생태영향검토제’ 추진 제시
 - 향후 담당 공무원과 논의를 통해 적극적 추진 노력 필요

3. 대전광역시 보호야생생물 검토

- 대전시는 자연환경보전조례에 따라 보호야생생물 41종을 지정·관리

- 시민 공론화를 통해 지정된 깃대종의 보호를 위한 제도적 장치 마련 필요
 - 하늘다람쥐와 감돌고기는 법정보호종*이며, 이끼도롱뇽은 보호종에 해당하지 않아 시 차원에서 보전대책을 수립·시행할 수 있는 근거 부재

* 멸종위기 야생생물, 천연기념물 등은 정부부처에서 보전대책 수립·시행

- 장기적으로는 대전광역시 보호야생생물에 대한 전반적인 검토 및 이를 통한 지정·해제와 정기적 검토를 위한 법적 검토 필요
 - 환경부에서는 ‘야생생물 보호 및 관리에 관한 법률’에 따라 5년마다 멸종위기야생생물에 대한 지정·해제를 검토하고 있음
 - 꼬리치레도롱뇽의 대전광역시 보호야생생물 지정 검토 필요

[표 5-1] 대전광역시 보호야생생물 지정현황(대전광역시 고시 제2008-196호)

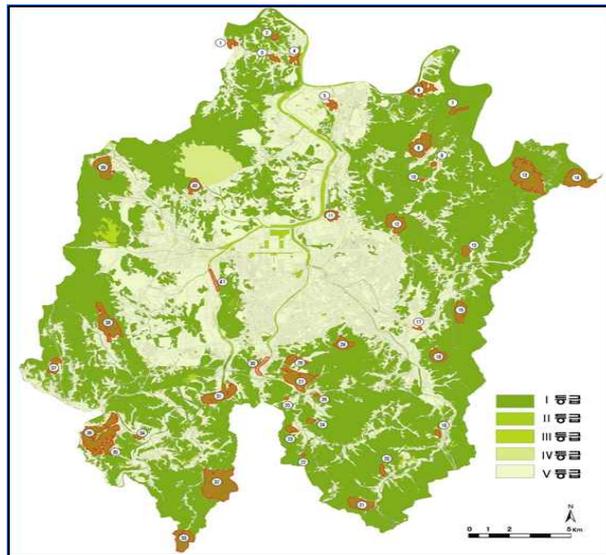
분류군	종 수	종 명 (種名)
계	41	
1. 포유류	3	족제비, 고슴도치, 멧밭쥐
2. 조류	11	해오라기, 삿꾸기, 큰오색딱다구리, 청호반새, 호랑지빠귀, 동고비, 꿩꼬리, 후투티, 깧도요, 개똥지빠귀, 오색딱다구리
3. 양서·파충류	4	두꺼비, 무자치, 도롱뇽, 북방산개구리
4. 어류	6	동사리, 눈동자개, 가시납지리, 동자개, 중고기, 자가사리
5. 곤충류	9	사슴풍뎡이, 왕오색나비, 유리창나비, 장수풍뎡이, 길앞잡이, 큰녹색부전나비, 늦반딧불이, 애반딧불이, 운문산반딧불이
6. 식물류	8	개비자나무, 흰털팽이눈, 넓은잎각시붓꽃, 까치밥나무, 연복초, 사철란, 솔붓꽃, 앵초

4. 대전광역시 도시생태현황도 구축 및 운영

- 도시생태현황도(비오희지도)는 지역의 자연 및 환경생태적 특성과 가치를 반영한 정밀공간생태정보로서 정부에서 전국 비오희지도 작성 추진

- 대전시는 2차 자연환경조사(2012~2014)의 일환으로 비오톱 유형을 12개 대분류, 36개 중분류, 108개 소분류로 구분하고, 중분류 수준의 비오톱지도 구축
- 정부의 2020년까지 전국(인구 10만 이상인 도시)의 비오톱지도 작성 추진계획에 맞춰 대전시 정밀비오톱지도 구축 필요

- 비오톱 등급 평가 시 양서류의 주요 산림 내 계곡에 대한 기준 제시
 - 정밀 비오톱지도 구축 및 제도적 규제 방안 마련



[그림 5-1] 중분류 수준의 대전 도시생태현황지도

자료: 대전광역시 (2014)

5. 대전광역시 양서류 주요 서식지 보호구역 지정

- 이끼도롱뇽 등 양서류의 종풍부도 및 종다양도가 높은 산림 내 주요 수계에 대한 서식지 보호구역 지정 검토
 - 계룡산국립공원은 동학사계곡 일대(37,036.5㎡)를 이끼도롱뇽의 서식지 보호를 위해 자연공원법에 따른 특별보호구역으로 지정·출입통제

- 장기적으로는 대전광역시 야생생물 보호구역으로 지정 검토
 - 현재 대전은 5개 지역이 야생생물보호구역으로 지정·관리되고 있음

[표 5-2] 대전광역시 야생생물보호구역 지정 현황

시군	고시번호	소재지	총면적 (km ²)	주요종
동구	대전 동구 제2008-41호	대전시 동구 세천동 375외 39필지	0.6199	어치, 삿꾸기, 까마귀, 새매, 말뚥가리
서구	대전 서구 제2003-24호	대전시 서구 월평동 산 33 외 5필지	0.4591	백로, 왜가리
서구	대전 서구 제2003-24호	대전시 서구 도안동 산1-1외10필지	0.3877	백로, 왜가리
서구	대전 서구 제2003-24호	대전시 서구 가수원동 산 1 외 14필지	0.1197	백로, 왜가리
대덕구	대전 대덕구 제2008-44호	대전시 대덕구 황호동 산40-1번지 외 16필지	0.3293	청둥오리, 비오리, 쇠오리, 흰뺨검둥오리

자료: 환경부 홈페이지

6. 대전광역시 양서류 주요 서식지 매입 검토

- 대전시 산지 소유형태 현황
 - 대전 전체 면적 중 산림의 면적은 약 56%를 차지하고 있음
 - 이 중 국유림은 15.8%, 민유림은 84.2%를 차지함
 - 특히 사유림의 경우 전체 산지면적의 78.8%로 대부분을 차지하고 있음

○ 현재 정부 차원에서 주요 산지에 대해 지속적인 사유림 매수가 진행되고 있음

- 산림청에서는 2006년부터 백두대간보호지역이나 보안림, 산림유전자원보호림 등 법적 제한지역의 사유지 매입 계획 수립

- 2020년까지 국유지 면적의 비율을 전체의 24%에서 30%까지 연차적으로 확장 계획

○ 대전의 경우 대부분의 산지가 사유림이기 때문에 난개발에 의해 생태적·경관적으로 중요한 산지의 대규모 훼손이 우려됨

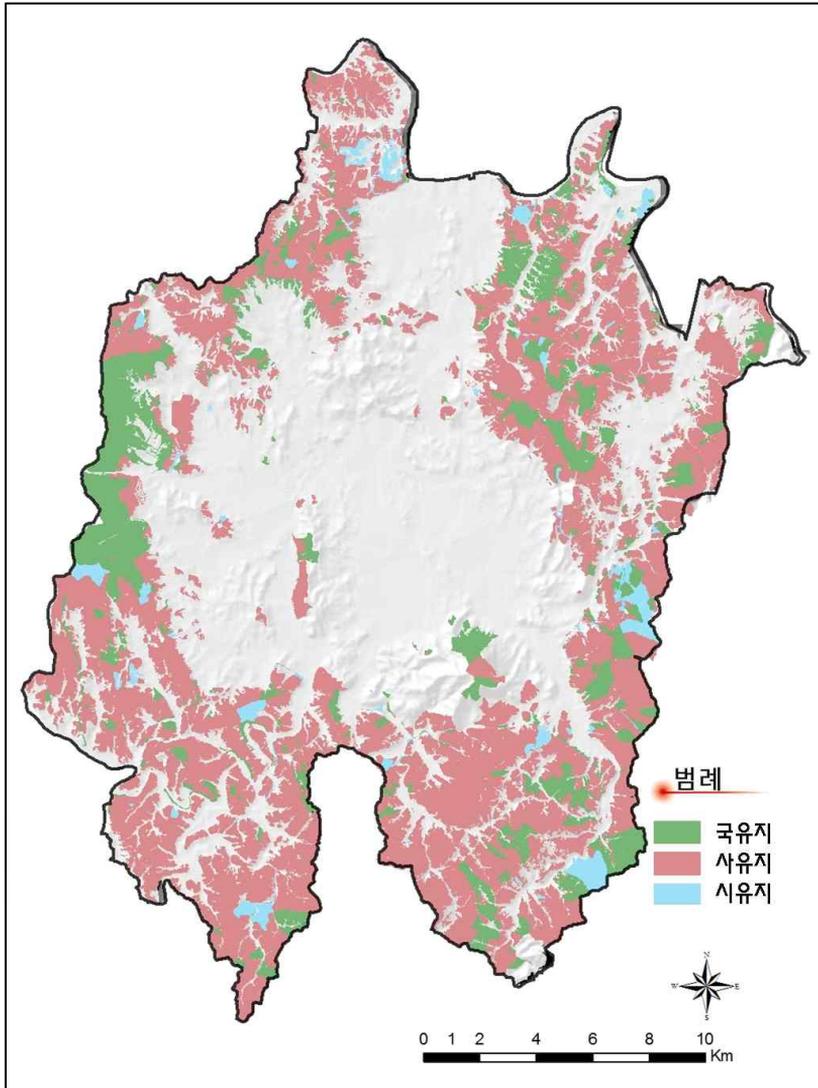
- 따라서, 대전의 공적규제 현황 및 도시생태현황도 등을 통해 핵심 보전지역 설정 후 구역 내 사유지의 연차적 매수 방안 수립 필요

○ 보전이 필요한 주요 사유지에 대한 장기적인 매수 계획 수립

[표 5-3] 대전광역시 산림 소유 현황

구 분	행정구역 면적(ha)	산 립 면 적(ha)						
		합 계	국 유 립			민 유 립		
			계	산림청 소 관	타부처 소 관	계	공유림	사유림
합 계	53,998	30,175 (56%)	4,756	3,357	1,399	25,419	1,654	23,765
동 구	13,679	8,755 (64%)	1,797	1,647	150	6,958	459	6,499
중 구	6,213	3,457 (56%)	493	464	29	2,964	79	2,885
서 구	9,538	5,221 (55%)	457	357	100	4,764	84	4,680
유성구	17,722	9,853 (56%)	1,351	565	786	8,502	965	7,537
대덕구	6,846	2,889 (42%)	658	324	334	2,231	67	2,164

자료: 대전광역시(2014)



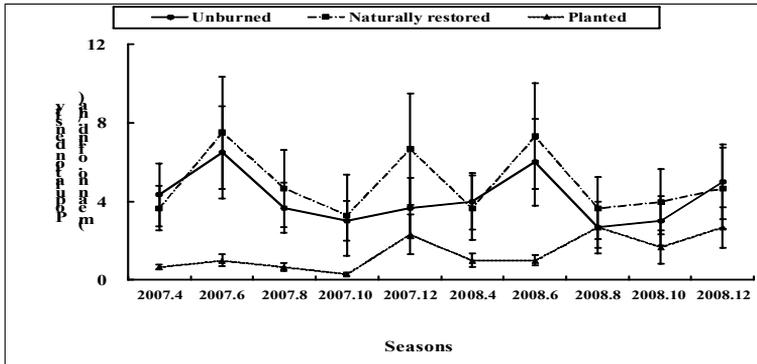
[그림 5-2] 대전광역시 산지 소유현황도

자료: 대전광역시 (2014)

3절 차년도 연구 계획

1. 대전 산림 내 계곡에 서식하는 도롱뇽류의 개체군 동태

- 차년도('18)에도 동일지점에서 매월 유미목의 종별 서식밀도 파악
 - 양서류 전체 밀도, 각 종별 밀도의 변화 파악
 - 각 종의 전장과 체중 변화 파악
 - 월별 알 품은 개체 확인을 통한 주요 번식기 파악
 - 양서류 각 종의 개체군 동태 및 원인 분석



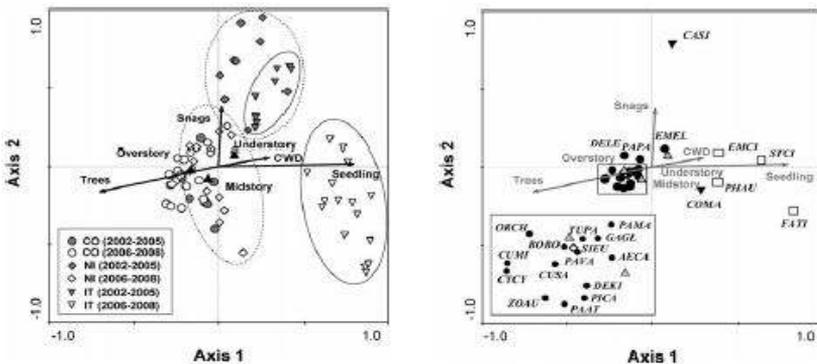
[그림 5-3] 설치류 3종의 개체군 변동 그래프(상) 및 알 품은 개체(하)

자료: 이은재(2011)

2. 유미목 양서류의 선호 서식환경 파악

○ 계곡별 주요 환경인자 추가 조사

- 양서류 전체 및 각 종과 환경인자와의 상관관계 파악
- 환경인자 : 산림구조(엽층별 피도량, 도목잔존물, 암석피도량 등), 토양환경(pH, 상대습도, 토양 입자크기, 낙엽층 두께 등), 수계환경(수계 유형, 수온, 평균폭 등)



[그림 5-4] 종의 서식과 환경인자와의 관계 분석의 예

자료: Choi et al. (2012)

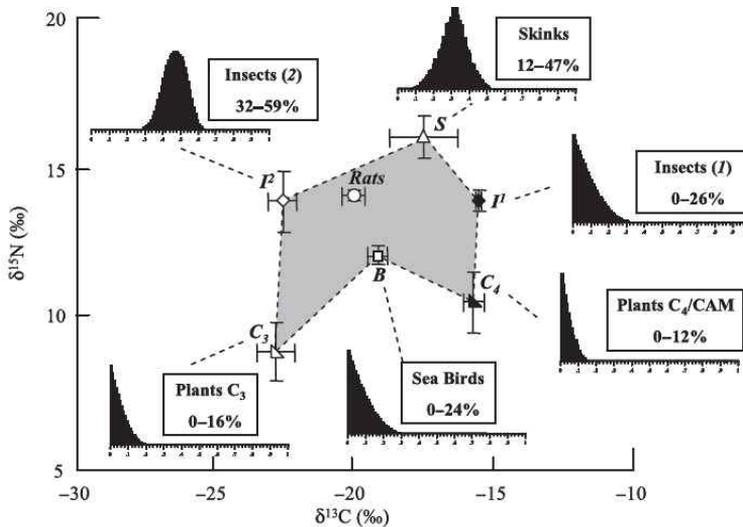
3. 대전 산림 서식 도롱뇽 3종의 잠재 먹이 자원 분석

○ 올해 대전 산림의 계곡 내 서식하는 주요 도롱뇽 3종에 대한 안정성 동위원소 분석 및 먹이 자원 분할 파악

- 종 간 먹이자원 분할에 대한 정보를 얻을 수 있으나, 뚜렷한 먹이원에 대한 정보를 파악하는 데에는 한계가 있음

○ 계곡 내 잠재 먹이자원 채집 및 안정성 동위원소 분석을 통한 도롱뇽 각 종의 주요 먹이자원 파악

- 주요 도롱뇽 3종이 모두 서식하는 대상지를 선정하여, 토양 내 서식하는 무척추동물 채집 및 안정성 동위원소 분석



[그림 5-5] 안정성 동위원소 분석을 통한 대상종의 먹이 자원 분석의 예

자료: Caut et al. (2008)

4. 대전 산림 내 양서류의 종합적인 보전 방안 마련

○ 대전 산림 내 계곡의 양서류 분포 및 밀도, 주요종의 선호 서식환경 특성, 개체군 동태, 잠재 먹이 자원 등 파악

○ 계곡 내 주요 양서류의 종합적인 생태적 특성을 고려하여 종합적인 보전방안 마련

참고문헌

- 국립환경과학원(2009), 멸종위기 야생생물 전국 분포조사.
- 기경석, 김지연, 이재윤. 계곡산개구리 산란지의 수온 및 음환경 특성. 한국환경생태학회지 30: 344-352.
- 대전광역시(2004, 2014) 1,2차 대전광역시 자연환경조사
- 대전광역시(2015) 깃대종 모니터링 및 보전방안 연구용역
- 박창득(2012), 강원도 삼척 산불피해지의 산림환경에 따른 양서류·파충류 군집 특성 차이. 서울대학교 대학원 석사학위논문.
- 박창득, 손승훈, 황현수, 이우신, 이은재(2014) 침엽수림과 활엽수림에 서식하는 양서류와 파충류 개체군 특성. 103: 147-151.
- 안치경(2017), 국내 서식하는 멸종위기종 II급 맹꽂이(*Kaloula borealis*) 및 다른 양서류(무미목: 무당개구리(*Bombina orientalis*), 청개구리(*Hyla japonica*), 참개구리(*Rana nigromaculata*)의 지역별 신장 및 생체량 비교 연구. 서울여자대학교 대학원 박사학위논문.
- 윤일병, 이성진, 양서영(1996), 도롱뇽과 꼬리치레도롱뇽의 먹이자원 및 생활사에 관한 연구. 환경생물학회지 14: 195-203.
- 이정현, 박대식(2016), 한국 양서류 생태 도감. 자연과 생태. 서울.
- 정승규, 서창완, 윤재현, 이동근, 박종훈(2015), 서식지 적합성 모형을 이용한 수변지역 양서류 서식지 분석. 환경영향평가 24: 175-189.
- 정진석(2017), 섬진강 주변 습지 내 두꺼비 개체군 변동 및 서식처 보전방안. 공주대학교 대학원 석사학위논문.
- 정진석, 유영한(2017), 하동군 악양면 습지 내 두꺼비의 개체군 변동과 서식지 보전방안. 한국환경생태학회 학술대회지 61pp.
- 주영돈(2010), 한국 고유종 이끼도롱뇽의 해부학적 분류 형질 및 식이물 분석. 인천대학교 대학원 석사학위논문.
- 한상호, 박찬진, 김대한, 민미숙, 계명찬(2015), 한국산 음개구리의 식이물 분석. 환경생물학회지 33: 338-344.

- Avery H. W., J. R. Spotila, J. D. Congdon, R. U. Fischer Jr., E. A. Standora, S. B. Avery (1993), Roles of diet protein and temperature in the growth and nutritional energetics of juvenile slider turtles, *Trachemys scripta*. *Physiological Zoology* 66(6): 902-925.
- Bar Y., Z. Abramsky, Y. Gutterman (1984), Diet of gerbilline rodents in the Israeli desert. *Journal of Arid Environments* 7(4): 371-376.
- Best M. L. and H. H. Welsh Jr. (2014), The trophic role of a forest salamander: impacts on invertebrates, leaf litter retention, and the humification process. *Ecosphere* 5(2): 1-19.
- Blaustein A. R., D. B. Wake, W. P. Sausa (1994), Amphibian Declines: Judging stability, persistence, and susceptibility of populations to local and global extinctions. *Conservation Biology* 1: 60-71.
- Burton T. M. and G. E. Likens (1975), Salamander Populations and Biomass in the Hubbard Brook Experimental Forest, New Hampshire. *Copeia* 3: 541-546.
- Connell J. H. (1975), Some mechanisms producing structure in natural communities, a model and evidence from field experiments. In *Ecology and Evolution of Communities* (M. L. Cody and J. M. Diamond, Ed.): 460-490. Harvard University Press. Massachusetts.
- Davic R. D. and H. H. Welsh Jr. (2004), On the ecological roles of salamanders. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 35: 405-434.
- Dillard L. O., K. R. Russell, M. W. Ford (2008), Macrohabitat models of occurrence for the threatened Cheat Mountain salamander, *Plethodon nettingi*. *Applied Herpetology* 5: 201-224.
- Fauth J. E. and W. J. Resetarits Jr. (1991), Interactions between the salamander *Siren intermedia* and the keystone predator *Notophthalmus viridescens*. *Ecological Society in America* 72: 827-838.

- Fry B. (1991), Stable Isotope Diagrams of Freshwater Food Webs. *Ecology* 72(6): 2293-2297.
- Frisbie M. P. and R. L. Wyman (1991), The Effects of Soil pH on Sodium Balance in the Red-Backed Salamander, *Plethodon cinereus*, and Three Other Terrestrial Salamanders. *Physiological and Biochemical Zoology* 64(4): 1050-1068.
- Grover M. C. (1998), Influence of cover and moisture on abundances of the terrestrial salamanders *Plethodon cinereus* and *Plethodon glutinosus*. *Journal of Herpetology* 32: 489-497.
- Hobson K. A., J. F. Piatt, J. Pitocchelli (1994), Using Stable isotopes to determine seabird trophic relationships. *Journal of Animal Ecology* 63(4): 786-798.
- Houlahan J. E., C. S. Findlay, B. R. Schmidt, A. H. Meyer, S. L. Kuzmin (2000), Quantitative evidence for global amphibian population declines. *Nature* 404: 752-755.
- Inger R. and S. Bearhop (2008), Applications of stable isotope analyses to avian ecology. *Ibis* 150(3): 398-416.
- Keen W. H. (1982), Habitat Selection and Interspecific Competition in Two Species of Plethodontid Salamanders. *Ecology Society in America* 63: 94-102.
- Kiesecker J. M., A. R. Blaustein, L. K. Belden (2001), Complex causes of amphibian population declines. *Nature* 410: 681-684.
- Krebs C. J. (1989), *Ecological Methodology*. Harper Collins Publishers. New York.
- Kronfeld N. and T. Dayan (1998), A new method of determining diets of rodents. *Journal of Mammalogy* 79(4): 1198-1202.
- Min Mi-sook, Hae-Jun Baek, Jae-young Song, Min Ho Chang, N. A. Poyarkov Jr. (2016), A new species of salamander of the genus

- Hynobius (Amphibia, Caudata, Hynobiidae) from South Korea. *Zootaxa* 4169(3): 475-503.
- Putman R. J. (1984), Facts from faeces. *Mammal Review* 14(2): 79-97.
- Semlitsch R. D., K. M. O' Donnell, F. R. Thompson III (2014), Abundance, biomass production, nutrient content, and the possible role of terrestrial salamanders in Missouri Ozark forest ecosystems. *Can. J. Zool.* 92: 997-1004.
- Sugalski M. T. and D. L. Claussen (1997), Preference for soil moisture, soil pH, and light intensity by the salamander, *Plethodon cinereus*. *J. Herpetology* 31: 245-250.
- Walton B. M. (2005), Salamanders in forest-floor food webs: Environmental heterogeneity affects the strength of top-down effects. *Pedobiologia* 49: 381-393.
- Welsh H. H. Jr. and S. Droege (2001), A Case for Using Plethodontid Salamanders for Monitoring Biodiversity and Ecosystem Integrity of North American Forests. *Conservation Biology* 15(3): 558-569.
- West J. B., G. J. Bowen, T. E. Cerling, J. R. Ehleringer (2006), Stable isotopes as one of nature's ecological recorders. *Trends in Ecology & Evolution* 21(7): 408-414.
- Wissinger S. A., A. J. Bohonak, W. H. Whiteman, W. S. Brown (1999), Subalpine wetlands in Colorado: habitat permanence, salamander predation, and invertebrate communities. *Invertebrates in freshwater wetlands of North America* 31: 757-790.
- Wyman R. L. (1998), Experimental assessment of salamanders as predators of detrital food webs: effects on invertebrates, decomposition and the carbon cycle. *Biodiversity & Conservation* 7(5): 641-650.
- Zambrano L., E. Valiente, M. J. Vander Zanden (2010), Food web overlap among native axolotl (*Ambystoma mexicanum*) and two exotic fishes:

carp (*Cyprinus carpio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Xochimilco, Mexico City. Biol Invasions 12:3061-3069.

Zimmerman E. G. (1965), A comparison of habitat and food of two species of *Microtus*. Journal of Mammalogy 46(4): 605-612.

한반도의 생물다양성 홈페이지

URL: <https://species.nibr.go.kr/index.do>

한국양서파충류학회 홈페이지

URL: <http://www.krsh.co.kr/rb>

환경부 환경공간정보서비스, 토지피복지도

URL: <http://egis.me.go.kr>

부록 1. 국내 양서류의 분류 체계

Class Amphibians 양서강

Order Caudata 도롱뇽목(유미목)

Family Hynobiidae (Cope), 1859 도롱뇽과

Genus Hynobius (Tschudi), 1838 도롱뇽속

Hynobius leechii (Boulenger), 1887 도롱뇽 [Gensan Salamander]

Hynobius yangi (Kim, Min and Matsui), 2003 고리도롱뇽 [Kori Salamander]

Hynobius quepaertensis (Mori), 1928 제주도롱뇽 [Jeju Salamander]

Hynobius unisacculus (Min, Baek, Song, Chang and Poyarkov), 2016
꼬마도롱뇽 [Korean Small Salamander]

Genus Onychodactylus Tschudi, 1838 꼬리치레도롱뇽속

Onychodactylus koreanus (Povarkov, Che, Min, Kuro-o, Yan, Li Lizuaka
and Vieites), 2012 한국꼬리치레도롱뇽 [Korean Clawed Salamander]

= *Onychodactylus fischeri*

Family Plethodontidae Gray, 1850 미주도롱뇽과

Genus Karsenia 이끼도롱뇽속

Karsenia koreana (Min, Yang, Bonett, Vieites, Brandon and Wake),
2005 이끼도롱뇽 [Korean Crevice Salamander]

Order Salientia 개구리목(무미목)

Family Bombinatoridae Gray, 1825 무당개구리과

Genus Bombina Oken, 1816 무당개구리속

Bombina orientalis (Boulenger), 1890 무당개구리 [Oriental Fire-bellied Toad]

Family Bufonidae Gray, 1825 두꺼비과

Genus Bufo Laurenti, 1768 두꺼비속

Bufo gargarizans (Cantor), 1842 두꺼비 [Asiatic Toad]

Bufo stejnegeri (Schmidt), 1931 물두꺼비 [Water Toad]

Family Hylidae Rafinesque, 1815 청개구리과

Genus Hyla Laurenti, 1768 청개구리속

Hyla japonica (Günther), 1859 청개구리 [Japanese Tree Frog]

Hyla suweonensis (Kuramoto), 1980 수원청개구리 [Suweon Tree Frog]

Family Microhylidae Günther, 1858 맹꽂이과

Genus Kaloula Gray, 1831 맹꽂이속

Kaloula borealis (Barbour), 1908 맹꽂이 [Boreal Digging Frog]

Family Ranidae Rafinesque, 1814 개구리과

Genus Rana Linnaeus, 1758 개구리속

Rana coreana (Okada), 1928 한국산개구리 [Korean Brown Frog]

Rana dybowskii (Günther), 1876 북방산개구리 [Dybowski's Brown Frog] = *Rana uenoi*

Rana huanrenensis (Fei, Ye and Huang), 1991 계곡산개구리
[Huanren Brown Frog]

Genus *Pelophylax* Fitzinger, 1843 연못개구리속

Pelophylax nigromaculatus (Hallowell), 1861 참개구리 [Black-spotted
Pond Frog] = *Rana nigromaculata*

Pelophylax chosenicus (Okada), 1931 금개구리 [Pond frog]
= *Rana chosonica*

Genus *Glandirana* Fei, Ye and Huang, 1990 움개구리속

Glandirana rugosa (Temminck and Schlegel), 1838 움개구리
[Wrinkled Frog] = *Rana rugosa*

Genus *Lithobates* Fitzinger, 1843 황소개구리속

Lithobates catesbeianus (Shaw), 1802 황소개구리 [American Bullfrog]
= *Rana catesbeiana*

부록 2. 대전 산림 서식 양서류 종 및 생태

양서강 / 유미목 / 도롱뇽과

도롱뇽

Hynobius leechii 전장: 8-13cm



형태: 등면은 황색·황갈색·암갈색이며 작은 흑색·흑갈색 반점이 산재, 배면은 황색·담황색·회백색이고 작은 흑갈색 반점이 산재

생태: 산지 주변의 계곡, 하천, 습지 근처의 바위, 돌, 고목, 낙엽 아래에 서식, 번식기는 2-4월, 곤충류, 빈모류, 거미류를 섭식

꼬리치레도롱뇽

Onychodactylus koreanus 전장: 12-18cm



형태: 등면은 황갈색·적갈색·암갈색이고 작은 황색 반점이 산재, 배면은 회백색·담적색, 발가락 끝에 흑색 발톱이 있음

생태: 산림 지역의 계곡, 하천 주변의 바위, 돌, 자갈, 고목, 이끼, 부엽토 아래 등에 서식, 번식기는 5-7월, 거미류, 빈모류, 곤충류, 수서곤충류, 갑각류를 섭식

양서강 / 유미목 / 미주도롱뇽과

이끼도롱뇽

Karsenia koreana 전장: 6-10cm



형태: 등면은 갈색·적갈색·흑갈색이고 황색·황갈색 무늬가 척추를 따라 꼬리까지 줄무늬로 나타남, 배면은 갈색·황갈색이고 작은 백색 반점이 산재

생태: 산림지대의 계곡, 하천 주변, 고목, 이끼, 낙엽 아래에 서식, 번식기는 알려지지 않음, 곤충류, 등각류, 다지류 등을 섭식

양서강 / 무미목 / 무당개구리과

무당개구리

Bombina orientalis 전장: 3.5-5cm



형태: 등면은 녹색·청록색·갈색이고 불규칙한 흑색 반점이 산재, 배면은 적색·황적색이고 불규칙한 흑색 반점과 얼룩무늬가 산재

생태: 산림지대의 습지, 계곡 또는 하천 주변, 돌무덤, 논, 밭 등에서 서식, 번식기는 4-6월이나 8월까지 번식하기도 함, 곤충류, 빈모류, 복족류를 섭식

양서강 / 무미목 / 청개구리과

청개구리

Hyla japonica 전장: 3-4cm



형태: 등면은 녹색·암녹색·회백색·암회색·회색 등으로 주변 환경에 따라 수시로 바뀜, 배면은 대부분 황백색·백색, 발가락에 흡판이 있어 주변 사물에 잘 기어오름

생태: 산림지대, 경작지, 해안가, 하천, 계곡, 습지, 초지 등지에서 서식, 번식기는 4-6월, 곤충류를 섭식

양서강 / 무미목 / 개구리과

옴개구리

Glandirana rugosa 전장: 3-6cm



형태: 등면은 갈색·황갈색·암갈색이고 작은 흑색 반점 또는 얼룩무늬가 산재, 배면은 백색·암갈색 등이며 연한 얼룩무늬가 산재, 등면 전체와 네 다리에 짧은 융기선이 뚜렷

생태: 계곡, 하천, 농경지, 수로, 물웅덩이, 저수지, 습지 등에 서식, 태어난 유생이 그 해 동안 변태를 마치지 않고 겨울을 보내는 경우도 있음, 번식기는 5-8월, 거미류, 곤충류를 섭식

참개구리

Pelophylax nigromaculatus

전장: 6-10cm



형태: 등면은 황색·황록색·황갈색·녹색·암녹색·회백색 등이며 흑색 반점과 얼룩무늬가 산재, 배면은 대부분 백색, 등에 줄이 3개 있으며 양쪽 2개는 융기해 있음

생태: 산림지대나 평지의 밭, 논, 도랑, 농수로, 계곡, 하천, 저수지, 습지 주변에 서식, 번식기는 4-6월, 곤충류, 복족류, 빈모류를 섭식

북방산개구리

Rana dybowskii

전장: 4-7cm



형태: 등면은 황색·황갈색·적색·적갈색·암회색이고 작은 흑색 반점이 산재, 배면은 백색·회백색·황색·황적색이며 작은 흑색 반점이 산재

생태: 산림지대의 산사면, 하천, 계곡, 경작지 주변에 서식, 번식기는 2-4월, 곤충류, 빈모류, 거미류를 섭식

계곡산개구리

Rana huarenensis

전장: 3.5-6cm



형태: 등면은 황갈색·황록색·적갈색이고 작은 흑색 반점이 산재, 배면은 백색·담황색·황색·황적색, 수컷은 외부에 울음주머니가 없음

생태: 산림지대의 산사면, 하천, 계곡, 경작지 주변에 서식, 번식기는 2-4월, 곤충류와 빈모류를 섭식

내용 : 이정현과 박대식 (2016)