

수원시 황구지천수계 수달 모니터링 및 보호방안 연구

Monitoring and Conservation Plan for the Otter in the Hwanggujicheon, Suwon

김은영

연구진

- 연구책임자 김은영 (수원시정연구원 연구위원)
참여연구원 정경민 (수원시정연구원 위촉연구원)
김재원 (수원시정연구원 비상근연구원)
공동연구진 이상민 (서울대학교 농업생명과학연구원 박사)
김휘문 (단국대학교 박사과정)

연구 자문위원

- 김한수 (경기연구원 연구위원)
송원경 (단국대학교 교수)
이동근 (서울대학교 교수)
이은재 (대전세종연구원 책임연구위원)
한창욱 (한국생물자원연구소 박사)
홍은화 (수원환경운동센터 사무국장)

© 2021 수원시정연구원

발행인 김선희
발행처 수원시정연구원
경기도 수원시 권선구 수인로 126 더합파크
(우편번호) 16429
전화 031-220-8001 팩스 031-220-8000
<http://www.suwon.re.kr>

인쇄 2021년 12월 31일

발행 2021년 12월 31일

ISBN 979-11-6819-021-4 (93400)

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처 표시해 주십시오.

김은영. 2021. 「수원 황구지천수계 수달 모니터링 및 보호방안 연구」. 수원시정연구원.

비매품

주요 내용 및 정책제안

■ 주요 내용

- 수원시 황구지천 수계에서 서식이 확인 된 환경부 지정 멸종위기 야생생물 I 급인 수달에 대한 보호방안 마련
- 황구지천수계 내 수달 모니터링을 통해 수달 분포현황과 개체 수를 파악
 - 1마리가 지속서식하며, 2~3마리가 이동처로 활용하고 있는 것으로 추정
 - 금곡교, 일월천 합류부, 금곡교, 당수교 등 중상류에서 집중적으로 활동
- 황구지천수계 내 서식 적합성 분석을 실시
 - 하천여부, 하천 폭 다양성이 서식여부에 대한 설명력이 있으며, 교량존재 여부가 서식여부에 영향을 미치는 것으로 분석
 - 서수원IC, 금곡교의 서식가능성이 높은 것으로 분석
- 수원시 수달보호를 위한 전략으로 안정적 보금자리 조성, 건강한 서식 기반 마련, 수달 보호를 위한 시민역량 제고를 제안

■ 정책제안

- ① (수달보호를 위한 지속적인 모니터링 체계 구축) 즉각적이고 체계적인 수달보호정책 수립을 위한 지속적인 모니터링 체계 구축
 - 수달보호정책 추진의 근거 마련, 수달보호를 위한 홍보콘텐츠를 위한 기초자료 활용
- ② (수달 서식지 조성사업 추진) 수달 서식환경을 개선하기 위한 사업 추진
 - 황구지천수계 내 제한적인 서식환경 개선사업을 통해 수달 서식 및 휴식공간 확보
- ③ (광역적 협력체계 지속 필요) 지속적인 수달 보호 협의체 구성 필요
 - 상류지역인 왕송저수지를 포함한 지속적인 모니터링 및 수달 보호사업 추진 필요
- ④ (시민 공감대 및 지지를 위한 역량강화) 수달보호를 위한 교육·홍보
 - 수달서식에 대한 홍보와 수달보호활동에 대한 교육 및 시민참여 확대

국문요약



■ 서론

○ 연구의 배경

- `19년부터 환경부 지정 멸종위기 야생생물 I 급인 수달(*Lutra lutra*)이 황구지천수계에 서식하고 있음이 확인되고 있음
- 수달은 건강한 수생태계의 지표종이자 하천 생물다양성의 조절자 역할을 하는 수생태계 핵심종으로 황구지천수계의 생물다양성 증진을 위해 보호가 필요함
- 수원시 자체적인 수달 보호를 위한 구체적이고 지속적인 모니터링 및 보호전략이 부재하여, 수원시 환경정책과 연계하여 보호방안을 마련할 필요가 있음

○ 연구의 목적

- 황구지천에 서식하는 수달 개체에 대한 모니터링 및 서식지 확보를 통한 보호방안을 수립하고 황구지천 내 서식하는 야생생물의 보호 등 수원 시 생물다양성 증진에 기여함

■ 이론적 고찰

○ 수달 생육 및 서식지 특성

- 수달의 서식지는 주로 하천이기 때문에 서식공간이 일차원적인 직선형태를 가지고 있으며, 일반적으로 수컷 15km, 암컷 7km가량의 세력권을 가짐
- 수달은 풍족하고 다양한 먹잇감(어류)과 수달의 보금자리가 인간의 간섭을 피할 수 있는 한적한 부지, 하천 수변과 제방이 풍부한 초지를 제공할 수 있는 강지역을 선호함

○ 수달 서식 위협요인

- 국내 수달의 주요 위협요인은 하천오염, 하천변 콘크리트화, 수중보 설치 등의 서식지 훼손, 낚시, 그물 및 양식장의 피해, 위락활동 등 인간의 활동, 로드킬임

○ 수달 서식지 적합성 분석 및 국내외 사례

- 수달 서식지 적합성 분석을 하는 방법은 주로 전문가지식기반모형, 통계분석기반모형으로 구분되며, 조사연구가 일부 진행 된 종을 대상으로 현지조사 및 통계자료를 활용하는 통계분석기반 모형이 객관성을 유지할 수 있음
- 수달 및 야생생물 보호 사례분석 결과, 우선적으로 민간, 학계, 공공 등 거버넌스를 구성하고 각각의 이해관계자들의 통합된 노력이 필요함

■ 황구지천수계 수달 모니터링 현황

○ 황구지천수계 수달 모니터링

- 황구지천수계에 수달 1마리가 지속적으로 서식하는 것으로 파악되며, 2~3마리가 왕송저수지 및 지천을 통해 이입 및 이출이 이루어지는 것으로 판단됨
- 수달 서식 흔적 조사결과 총 43개 흔적이 관찰되었으며, 특히 금곡교와 일월천 합류부, 당수천 합류부와 금곡보, 당수교 부근 등 중상류 부근임

○ 황구지천수계 수달 서식 위협요인

- 황구지천수계 수달의 위협요인은 수질오염, 서식지 단절 및 악화, 인간에 의한 교란행위임
- 이는 수달의 장기적인 서식에 악영향을 끼치고, 다른 서식지에서 이입된 개체들이 지속적으로 서식하기 않고 다시 이출되는 요인으로 작용할 가능성이 커, 수달 보호를 위해 이러한 요인을 보완할 필요가 있음

■ 황구지천수계 수달 서식지 적합성 분석

○ 수달 서식지 적합성 분석 요인

- 황구지천에서 확인된 수달의 흔적을 토대로 잠재 서식지 적합성을 도출하기 위해 종출현 자료를 요구하며 국내·외에서 보편적으로 활용되는 MaxEnt를 활용하여 분석함

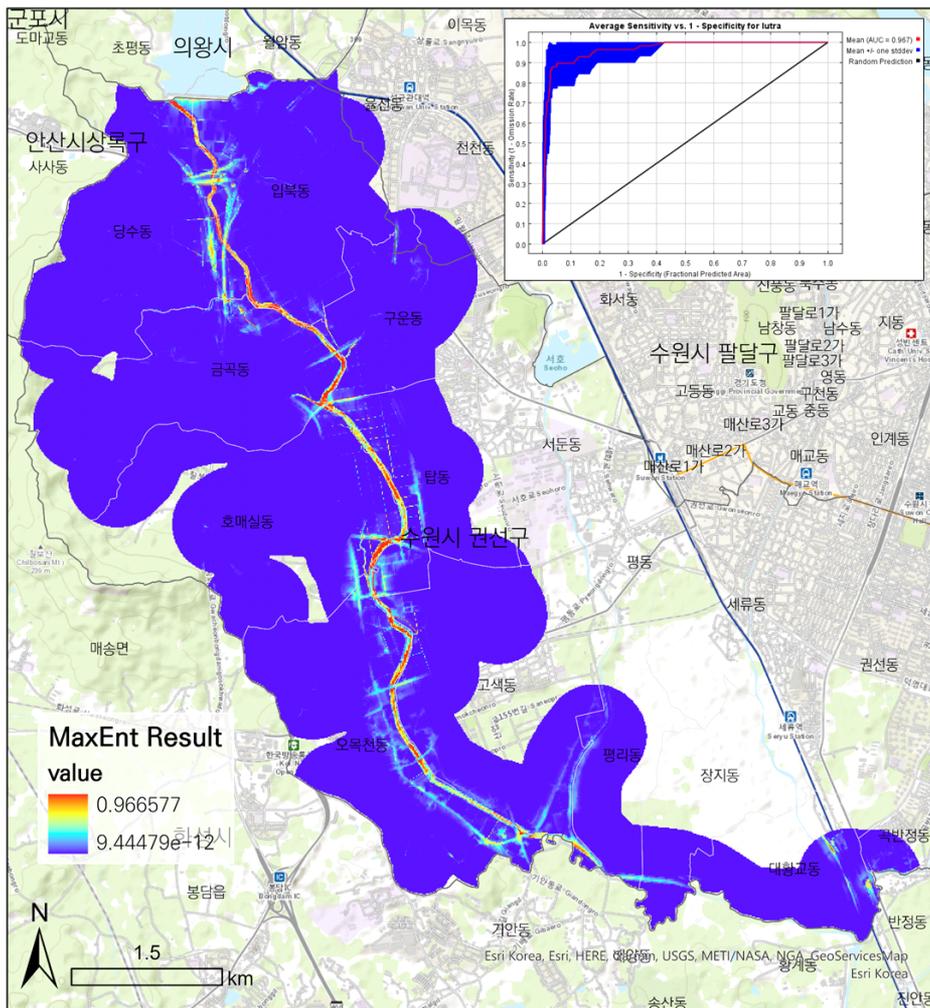
○ 수달 서식지 적합성 분석

- 분석결과 대부분의 황구지천 수계에서 수달의 서식 가능성이 확인되었으며, 모형을 설명

하는 공간변수는 비오톱지도 범주 중 하천 유형이 가장 높게 평가되고 하천 폭 다양성, 하천 자연도, 산림으로부터 거리 등이 주요한 모형의 설명 변수로 확인됨

- 수달은 어떠한 환경 변수보다 우선적으로 하천이 있거나 휴식이 가능한 교량 등이 존재한다면 서식가능성이 높은 것으로 해석됨
- 서식지 적합성 분석결과 서수원 IC일대와 금곡교 일원이 서식 가능성이 높게 나타남

수달 잠재 서식지 분석 MaxEnt 결과



■ 황구지천수계 수달 보호방안 수립

○ 전략 및 보호방안

- 수달과 함께 다양한 생물이 노니는 황구지천 수계를 비전으로 세부적인 전략과 이행계획을 수립함
 - 첫 번째 전략은 안정적인 보금자리 조성으로 생태적 연결성을 강화하고 수달 서식환경을 개선의 필요성을 제시함
 - 두 번째 전략은 건강한 서식 기반 마련으로 중장기적으로 수질환경을 개선하고 제도적 지원 기반을 마련이 필요함
 - 세 번째 전략은 수달 모니터링 체계를 마련하고, 시민들이 지속적으로 참여할 수 있도록 주민 역량강화 교육과 수달 서식 홍보방안이 필요함

비전	수달과 함께 다양한 생물이 노니는 황구지천 수계		
목표	시민이 함께하는 지속가능한 수달 서식환경 구축		
전략	전략1 안정적인 보금자리 조성 ① 생태적 연결성 강화 ② 수달 서식환경 개선	전략2 건강한 서식 기반 마련 ① 황구지천수계 수질환경 개선 ② 제도적 지원 기반 마련	전략3 수달보호 시민역량 제고 ① 수달 모니터링 체계 구축 ② 주민 역량 강화 교육 ③ 수달 서식 홍보
전략	이행계획	주요내용	
전략1 안정적인 보금자리 조성	① 생태적 연결성 강화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달서식 완충지대 설정 ▪ 서식지의 연결성 확보를 위한 위협요인 저감 	
	② 수달 서식환경 개선	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달 인공보금자리 조성 ▪ 인간교란 최소화를 위한 차폐막 설치 	
전략2 건강한 서식 기반 마련	① 황구지천수계 수질환경개선	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 인근 주거·공업·군부대 등에 대응한 통합적 물관리 정책 실시 ▪ 인근 농경지 대상 환경 친화적 농업활동 확산 	
	② 제도적 지원 기반 마련	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 각종개발사업 추진 시 수달에 미치는 영향 최소화 방안 마련 ▪ 수달보호지원을 위한 조례 제정 	
전략3 수달보호 시민역량 제고	① 수달 모니터링 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달모니터링 협력체계 구축 ▪ 무인센서 카메라 조사, 현장 모니터링, DNA비교분석 	
	② 주민 역량강화 교육	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달활동가 육성 및 교육 ▪ 수달보호 캠페인 운영 	
	③ 수달 서식홍보	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 브랜드 구축, 홍보 콘텐츠 개발, 매체 활용 	

○ 정책제언

- (수달보호를 위한 지속적인 모니터링 체계 구축) 즉각적이고 체계적인 수달보호정책 수립을 위한 지속적인 모니터링 체계 구축
 - 수달보호정책 추진의 근거 마련, 수달보호를 위한 홍보콘텐츠를 위한 기초자료 활용
- (수달 서식지 조성사업 추진) 수달 서식환경을 개선하기 위한 사업 추진
 - 황구지천수계 내 제한적인 서식환경 개선사업을 통해 수달 서식 및 휴식공간 확보
- (광역적 협력체계 지속 필요) 지속적인 수달 보호 협의체 구성 필요
 - 상류지역인 왕송저수지를 포함한 지속적인 모니터링 및 수달 보호사업 추진 필요
- (시민 공감대 및 지지를 위한 역량강화) 수달보호를 위한 교육·홍보
 - 수달서식에 대한 홍보와 수달보호활동에 대한 교육 및 시민참여 확대

주제어: 멸종위기 야생생물, 수달 모니터링, 서식지 적합성 분석, 먹이자원, 위협요인

차례

제1장 서론	1
제1절 연구의 배경 및 목적	3
1. 연구의 배경	3
2. 연구의 목적	4
제2절 연구의 범위 및 방법	5
1. 연구의 범위	5
2. 연구의 방법	6
제3절 연구의 주요내용	7
제2장 이론적 고찰 및 선행연구	9
제1절 수달 생육 및 서식지 특성	11
1. 수달의 생육특성	11
2. 서식지 특성	17
제2절 수달 서식 위협요인	25
1. 세계 수달 위협요인	25
2. 국내 수달 위협요인	26
제3절 수달 서식지 적합성 분석	30
1. 서식지 적합성 분석의 개념	30
2. 수달 서식지 적합성 분석 사례	36
3. 국내사례	46
4. 국외사례	61
제4절 소결	67
제3장 황구지천수계 수달 모니터링 현황	69
제1절 황구지천수계 수달 개체 수 모니터링	71
1. 조사방법	71
2. 황구지천수계 수달 개체 수 모니터링	78

제2절 황구지천수계 수달 서식환경 모니터링	100
1. 황구지천수계 수달 흔적 조사	100
2. 황구지천수계 수달 흔적 밀도 분석	106
제3절 황구지천수계 수달 서식 위협요인	108
1. 수질 오염	108
2. 황구지천수계의 서식지 단절	109
3. 인간의 교란 행위	109
제4절 소결	111
제4장 황구지천수계 수달 서식지 적합성 분석	113
제1절 수달 서식지 적합성 분석 요인	115
1. 분석 개요	115
2. 수달 서식 적합성 분석을 위한 환경 공간변수 구축	120
제2절 수달 서식지 적합성 분석	123
제3절 소결	128
제5장 황구지천수계 수달 보호방안 수립	131
제1절 황구지천수계 수달 보호를 위한 종합분석	133
1. SWOT분석	133
2. SWOT분석에 따른 전략 방향 제시	135
제2절 수달 보호 전략 수립	138
1. 비전 및 목표	138
2. 전략	138
제3절 전략별 이행계획 수립	141
1. 안정적인 보금자리 조성	141
2. 건강한 서식기반 마련	150
3. 수달보호 시민 역량 제고	157
제6장 결론	171
제1절 연구의 의의 및 한계	173
제2절 정책제언	175

표 차례

〈표 1-1〉 연구 방법	6
〈표 1-2〉 연구의 주요내용	7
〈표 2-1〉 세계 수달 13종의 분류	11
〈표 2-2〉 세계 수달 위협정도 평가	12
〈표 2-3〉 세계의 수달 위협요인 유형	25
〈표 2-4〉 수달 위협요인의 주요유형	25
〈표 2-5〉 포유류 로드킬 상위 7종 현황	27
〈표 2-6〉 수달 로드킬 지점 주변 토지피복 현황	28
〈표 2-7〉 수달 로드킬 예측 모델별 건수 및 AUC 값 결과	29
〈표 2-8〉 조사대상지 범위에 따른 서식지 지도 구분	32
〈표 2-9〉 서식지 모형별 평가	33
〈표 2-10〉 주요 종분포모형 특징	35
〈표 2-11〉 수달의 서식환경 구성요소	37
〈표 2-12〉 수달의 서식지조사평가를 위한 서식변수 및 가용자료	37
〈표 2-13〉 흑산도 수달 서식지특성 분석	38
〈표 2-14〉 요인별 범위	39
〈표 2-15〉 서식환경 중 서식수변환경 평가 항목 및 내용	39
〈표 2-16〉 지수의 부문과 평가항목	40
〈표 2-17〉 수달 서식지평가를 위한 변수와 분석방법	42
〈표 2-18〉 서식지 분석을 위한 투입변수	45
〈표 2-19〉 산양 응급구조체계의 역할과 기능	54
〈표 3-1〉 하천현황	72
〈표 3-2〉 황구지천 지방하천 주요지점별 유역면적, 유로연장 및 유역형상계수	72
〈표 3-3〉 황구지천 지방하천 주요구간별 하상경사 비교	73
〈표 3-4〉 황구지천 지방하천 구간별 횡단형	73

〈표 3-5〉 황구지천 구간별 하도특성	74
〈표 3-6〉 황구지천 지방하천 기본계획 수립연도별 계획홍수량	75
〈표 3-7〉 황구지천 지방하천 구간 내 하천시설물	75
〈표 3-8〉 황구지천 구간별 유속	75
〈표 3-9〉 황구지천 수질측정 결과	76
〈표 3-10〉 황구지천 생물측정망(어류 개체밀도) 조사 결과	76
〈표 3-11〉 황구지천수계 어류 생물다양성 조사 결과	77
〈표 3-12〉 황구지천 수달 조사 방법	78
〈표 3-13〉 6월 날짜별 촬영된 수달의 카메라 지점	83
〈표 3-14〉 6월 날짜별, 시간별 수달 촬영 및 마리 수	84
〈표 3-15〉 8월 날짜별 촬영된 수달의 카메라 지점	88
〈표 3-16〉 8월 날짜별, 시간별 수달 촬영 및 마리수	89
〈표 3-17〉 9월 날짜별 촬영된 수달의 카메라 지점	93
〈표 3-18〉 9월 날짜별, 시간별 수달 촬영 및 마리수	93
〈표 3-19〉 9월 날짜별 촬영된 수달의 카메라 지점	98
〈표 3-20〉 10월 날짜별, 시간별 수달 촬영 및 마리 수	98
〈표 4-1〉 서식변수 및 환경요소 비교	118
〈표 4-2〉 종분포모형 적용 공간화 변수 목록	120
〈표 4-3〉 황구지천 수계 수달 서식 적합성 변수 기여도	125
〈표 4-4〉 황구지천 수계 수달 서식 적합성 변수 기여도	127
〈표 5-1〉 SWOT분석 및 전략 수립	137
〈표 5-2〉 수달보호 전략별 이행계획	140
〈표 5-3〉 농식품부 농업환경보전프로그램 사업 활동	152
〈표 5-4〉 수달 보호 정책과 사업의 법적 근거	153
〈표 5-5〉 수달보호 관련 조례 제정 사례	155
〈표 5-6〉 황구지천 수달 모니터링 방법론	158
〈표 5-7〉 황구지천 수달 생태교육 단계	161
〈표 5-8〉 시민참여형 수달 모니터링 프로그램 예시	162
〈표 5-9〉 수달 보호 캠페인 예시	162

〈표 5-10〉 단계별 수달 홍보 전략	164
〈표 5-11〉 수원시 8대 깃대종	165
〈표 5-12〉 페이드 미디어 활용 전략	166
〈표 5-13〉 온드 미디어 활용 전략	167
〈표 5-14〉 언드 미디어 활용 전략	169

그림 차례

〈그림 1-1〉 공간적 범위	5
〈그림 1-2〉 연구 흐름도	6
〈그림 2-1〉 수달의 분류체계	12
〈그림 2-2〉 수달의 먹이사슬 위치	13
〈그림 2-3〉 수달의 외형	14
〈그림 2-4〉 수달의 먹이 비율	15
〈그림 2-5〉 계절별 서식지 유형에 따른 수달의 서식흔적 관찰 지점 수와 이용 비율 ..	18
〈그림 2-6〉 보금자리 형태 스케치 예시	18
〈그림 2-7〉 수달의 선형 서식권	19
〈그림 2-8〉 수달 기초 세력권 크기	19
〈그림 2-9〉 댐 지역 수달의 행동권 변화	20
〈그림 2-10〉 자연형 하천 수달의 행동권 변화	21
〈그림 2-11〉 복합형 하천 수달의 행동권 변화	22
〈그림 2-12〉 수달의 서식지에 따른 월별 이동거리 변화	23
〈그림 2-13〉 수달의 시간과 계절에 따른 이동거리 변화	24
〈그림 2-14〉 그물과 닛에 걸린 수달	27
〈그림 2-15〉 수달 서식지 및 로드킬 예측 모델링 결과	29
〈그림 2-16〉 수달 로드킬	29
〈그림 2-17〉 서식지 적합성 분석 절차 모식도	31
〈그림 2-18〉 매핑된 종과 환경데이터, 환경 공간, 모형을 통해 예측 매핑 결과 예시 ..	34
〈그림 2-19〉 종분포모형 중 대표적인 활용 모형 사례	36
〈그림 2-20〉 수달 서식지 적합도 최종 평가 결과	38
〈그림 2-21〉 평면도 및 대상구간	41
〈그림 2-22〉 수달의 서식적합성지도 및 서식흔적지점	42
〈그림 2-23〉 수달의 서식지 변수에 대한 HSI지도	43
〈그림 2-24〉 하천자연도 및 서식지적합성 평가 지도	45

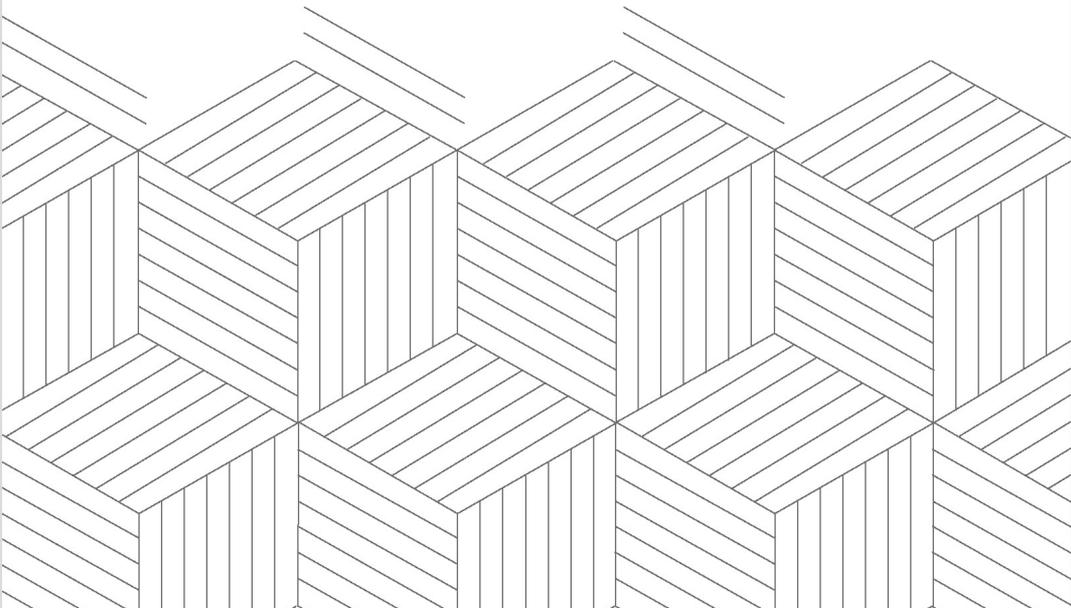
〈그림 2-25〉 대구 수달 보호활동	47
〈그림 2-26〉 대구 수달 홍보활동	48
〈그림 2-27〉 수달 서식지 제공 활동	49
〈그림 2-28〉 수달 인공보금자리 조성 사례	51
〈그림 2-29〉 시민참여 수달 보호활동	52
〈그림 2-30〉 울진 산양 보호활동	54
〈그림 2-31〉 울진 산양 홍보활동	55
〈그림 2-32〉 철원평야 두루미 분포	56
〈그림 2-33〉 철원평야 두루미 취식지 분포	57
〈그림 2-34〉 철원평야 두루미 보호활동	58
〈그림 2-35〉 철원평야 두루미 생태관광프로그램 루트	58
〈그림 2-36〉 네이처링 주요 프로젝트	60
〈그림 2-37〉 사우스다코다주 수달 발견 보고 건 수(1979~2016)	61
〈그림 2-38〉 일본장수도롱뇽 사례	65
〈그림 2-39〉 몽골 고비곰 사례	66
〈그림 3-1〉 황구지천수계 수달 모니터링 대상지	71
〈그림 3-2〉 황구지천수계 횡단면도	74
〈그림 3-3〉 시민 참여 수달 모니터링 조사 구간	79
〈그림 3-4〉 서치라이트를 이용한 시민 참여 수달 모니터링	79
〈그림 3-5〉 황구지천수계 무인센서 카메라 설치 지점	81
〈그림 3-6〉 무인센서 카메라 설치	81
〈그림 3-7〉 6월 무인카메라 지점별 수달 촬영 일수	82
〈그림 3-8〉 6월 시간대별 수달 촬영 수	83
〈그림 3-9〉 각 카메라 지점별 수달 촬영 사진	85
〈그림 3-10〉 8월 무인카메라 지점별 수달 촬영 일수	87
〈그림 3-11〉 8월 시간대별 수달 촬영 수	87
〈그림 3-12〉 각 카메라 지점별 수달 촬영 사진	90
〈그림 3-13〉 9월 무인카메라 지점별 수달 촬영 일수	92
〈그림 3-14〉 9월 시간대별 수달 촬영 수	92
〈그림 3-15〉 촬영 시간과 촬영 거리에 따른 개체 판별	94

〈그림 3-16〉 각 카메라 지점별 수달 촬영 사진	95
〈그림 3-17〉 10월 무인카메라 지점별 수달 촬영 일수	97
〈그림 3-18〉 10월 시간대별 수달 촬영 수	97
〈그림 3-19〉 각 지점별 수달 촬영 사진	99
〈그림 3-20〉 봄철 수달의 흔적	100
〈그림 3-21〉 봄철 황구지천 전경	101
〈그림 3-22〉 봄철 수달의 흔적 분포	101
〈그림 3-23〉 여름철 수달의 흔적	102
〈그림 3-24〉 여름철 황구지천수계 전경 및 당수지구 공사 현장	102
〈그림 3-25〉 여름철 수달의 흔적 분포	103
〈그림 3-26〉 가을철 수달의 흔적	104
〈그림 3-27〉 가을철 황구지천수계 전경 및 당수지구 공사 현장	104
〈그림 3-28〉 가을철 수달의 흔적 분포	105
〈그림 3-29〉 황구지천수계 내 2020년과 2021년의 수달 흔적 분포	106
〈그림 3-30〉 황구지천수계 내 수달 흔적 커널 밀도 분석	107
〈그림 3-31〉 황구지천의 수질 오염	108
〈그림 3-32〉 황구지천수계 내 서식지 단절 예시	109
〈그림 3-33〉 황구지천의 어획 불법 행위	110
〈그림 3-34〉 수달 무리 촬영	111
〈그림 4-1〉 MaxEnt 모형의 기준값(threshold)에 따른 ROC, AUC 평가	116
〈그림 4-2〉 황구지천 내 수달 잠재 서식지 분석을 위한 연구 대상지 현황	117
〈그림 4-3〉 수달 잠재 서식지 분석 MaxEnt 모형 입력자료	122
〈그림 4-4〉 수달 잠재 서식지 분석 MaxEnt 결과	123
〈그림 4-5〉 황구지천수계 수달 서식에 영향을 미치는 변수 기여	124
〈그림 4-6〉 황구지천 수계 내 주요 우수 수달 서식지 평가 지역	126
〈그림 4-7〉 황구지천 수계 수달 출현 밀도와 MaxEnt 평균 value 값 간 관계	127
〈그림 4-8〉 황구지천 수계 내 오목천보 수달 서식 가능성 평가 결과	128
〈그림 4-9〉 광교저수지 내 수달 DNA 검출 지점	129
〈그림 5-1〉 비전체계	139

〈그림 5-2〉 생태적 연결성 강화 지점	142
〈그림 5-3〉 수달의 관개수로 이동	143
〈그림 5-4〉 황구지천 수계 수중보	144
〈그림 5-5〉 수중보 수달 이동통로 설치(안)	144
〈그림 5-6〉 월류형 수중보	144
〈그림 5-7〉 황구지천과 수달 서식밀도가 높은 자연형 하천 비교	145
〈그림 5-8〉 안산 시화습지 수달의 인공 보금자리	146
〈그림 5-9〉 당수천 굴다리 부근 환경	146
〈그림 5-10〉 안산 시화호 수달 쉼터(물웅덩이)	147
〈그림 5-11〉 대구 수달 서식환경 개선사업 계획안	147
〈그림 5-12〉 수달의 휴식지로 가능한 교량과 불가능한 교량 예시	148
〈그림 5-13〉 LED 가로등이 설치된 교량 하부 산책로	148
〈그림 5-14〉 안산 시화호 차폐막 예시	148
〈그림 5-15〉 수달 서식환경개선 지점	149
〈그림 5-16〉 황구지천수계 수달 휴식지로 가능한 교량	149
〈그림 5-17〉 황구지천 주변 농경지	151
〈그림 5-18〉 모니터링 수행 예시	159
〈그림 5-19〉 DNA분석 방법	159
〈그림 5-20〉 줍깅 예시: 송파구 줍깅운동회	163
〈그림 5-21〉 페이드 미디어 광고 예시	167
〈그림 5-22〉 온드 미디어 광고 예시	169
〈그림 5-23〉 언드 미디어 광고 예시	169

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 목적
제2절 연구의 범위 및 방법
제3절 연구의 주요내용



제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경

- 수달은 강, 해안가, 계곡, 습지, 저수지 등 습지 및 수환경 권역에 특화된 종으로서 건강한 수환경의 지표종이며 하천 생물다양성의 조절자 역할을 하는 수생태계의 핵심종임 (Forster-Turley et al, 1990)
- 수달의 활동영역 특성으로 인해 서식지 단절, 번식 및 유전자 확산에 제한적인 취약성을 가지고 있어 다른 육상포유동물에 비해 낮은 개체군 밀도를 보이는 취약종임
- 황구지천 내 환경부 지정 멸종위기 야생동물 I급인 ‘수달(*Lutra lutra*)’이 서식이 확인됨에 따라 멸종위기종에 대한 보호대책마련이 시급함
- 수원시는 경기남부수계 수달 복원을 위한 업무협력 협약(용인, 화성, 오산, 평택, 안성시, 한국수달보호협회)과 경기남부수계 수달 정밀 모니터링 및 보호방안 연구(한국수달연구센터, 2019)를 통해 황구지천 내 수달 서식을 확인하였음
 - 2019년 20회차의 모니터링(조사기관: 수원환경운동센터)을 통해 왕송저수지에서 배양 교에 이르는 약 11km구간 전역 내 21개소에서 수달의 서식흔적 발견
 - 황구지천 유역 내(황구지천 최상류 ~ 진위천 합수부) 서식 수달 개체 수 추정 결과 2~3마리로 추정
- 이후 수원환경운동센터의 2020년 수원시 지속가능도시재단 주민제안공모사업 ‘수달이 살아야 황구지천이 산다’를 통해 수달서식지 모니터링을 실시하여 다시 한 번 황구지천 내 수달의 서식을 확인함(수원환경운동센터, 2020)
 - 모니터링을 통해 수달 서식지와 번식하였음을 확인하였고 수달 외 멸종위기야생생물 삼 서식을 확인함
 - 장기간 조사가 필요한 작업으로 지속적인 조사 및 연구 활동을 제안하였으며, 수달보호를 위한 서식지 관리체계 마련 제언
- 기초연구를 통해 경기남부수계를 대상으로 한 전반적인 보호방안을 마련하였으나, 수원

시 내 수달 보호를 위한 구체적이고 지속적인 모니터링 및 보호방안은 부재함

- 수원시는 자연과 공생하는 환경실현을 위해 생물다양성 확보 및 하천관리를 포함한 다양한 환경정책을 펼치고 있으며, 이와 연계한 수달 보호방안을 마련할 필요가 있음
- 수원시 내 수달보호와 생물다양성 증진을 위해서 서식지 관리정책과 함께 시민들과 관심과 참여가 동반되어야 하므로 지속적이고 체계적인 수달보호를 위해 수달 서식지 보호 및 관리방안과 함께 시민을 대상으로 한 교육과 홍보방안을 마련할 필요가 있음

2. 연구의 목적

- 본 연구의 목적은 황구지천에 서식하는 수달 개체에 대한 모니터링 및 서식지 확보를 통한 보호방안을 수립하는데 있음. 이를 통해 황구지천 내 서식하는 야생생물의 보호 등 수원시 생물다양성 증진에 기여하고자 함
- 본 연구의 세부적인 목적은 다음과 같음
 - 첫 번째, 황구지천수계 내 수달 모니터링을 통해 수달 분포현황과 개체 수 파악
 - 두 번째, 모니터링 결과를 바탕으로 황구지천 내 수달 서식 적합성 분석을 실시
 - 마지막으로 수원시 수달 보호를 위한 전략과 이행계획을 수립하여 보다 체계적인 수달 개체 및 서식지 보호 및 관리방안을 마련하고자 함
- 본 연구의 결과를 바탕으로 수달 서식지를 관리하기 위한 보호지점과 위협요인을 분류하여 보호대책을 마련하는데 활용하고자 함

제2절 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

- 본 연구의 공간적 범위는 수원시 황구지천수계 전역을 대상으로 하며, 황구지천의 합수부, 황구지천 상류 왕송저수지까지 포함하였음
- 시간적 범위는 2021년으로 하고 수달 모니터링은 봄철과 가을철에 실시하였음
- 연구의 내용적 범위는 다음과 같음
 - 문헌연구를 통해 수달의 생육 및 서식지 특성, 위협요인을 파악하고 과거 수달 서식지 적합성 분석사례를 연구하여 황구지천수계 내 수달의 서식지 적합성 분석을 위한 기초자료를 도출함
 - 황구지천수계 수달 모니터링을 통해 수달 분포, 서식환경, 서식 위협요인을 파악함
 - 수달 서식을 위해 필요한 요인을 정리하고 이를 기반으로 황구지천수계를 대상으로 수달이 서식하기 적합한 구역을 도출함
 - 황구지천수계 내 수달 보호를 위한 전략과 이를 위한 이행계획을 수립함

〈그림 1-1〉 공간적 범위



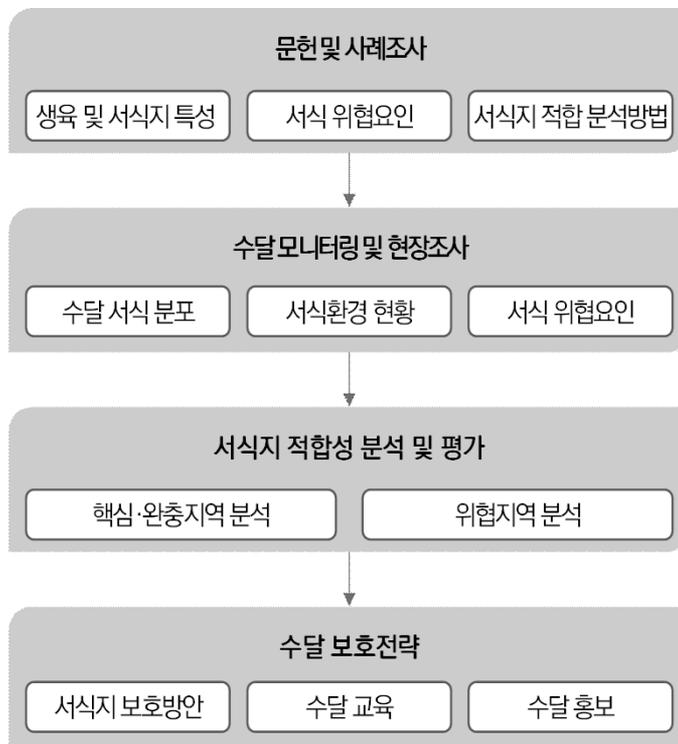
2. 연구의 방법

- 황구지천수계 내 수달 보호방안 마련을 위해 다양한 연구방법을 적용함
 - 종합적인 수달 보호방안 마련을 위해 문헌 검토 및 사례연구, 전문가자문, 모니터링 및 현장조사, 서식지 적합성 분석 등을 실시함
- 도출된 연구결과를 바탕으로 향후 수달보호를 위한 서식지 보호방안, 수달보호를 위한 시민 대상의 교육 및 홍보방안을 도출함

〈표 1-1〉 연구 방법

구분	내용
문헌 및 사례연구	• 수달의 생육, 서식특성, 서식지 적합성 분석 사례
전문가 자문	• 서식지 적합성 분석, 보호방안에 대한 전문가 자문 실시
모니터링 및 현장조사	• 황구지천수계 수달 출현지점, 서식환경, 위협요인 등
서식지 적합성 분석(GIS분석)	• 수달 서식을 위한 핵심·완충·위협지역 분석

〈그림 1-2〉 연구 흐름도



제3절 연구의 주요내용

- 황구지천수계 수달보호를 위한 학술적 이해와 현장조사 및 모니터링, 서식 시 적합성 분석을 실시함

〈표 1-2〉 연구의 주요내용

구분	내용
서론	<ul style="list-style-type: none"> • 황구지천수계 수달 모니터링 및 보호방안 연구를 위한 추진 배경 및 목적, 구체적인 연구 방법과 범위 설정
이론고찰	<ul style="list-style-type: none"> • 수달 보호방안 도출을 위한 생육, 서식 특성에 대한 문헌조사 실시 • 수달 서식에 위협이 될 수 있는 요인에 대한 사례연구 실시 • 수달 서식지 적합성 분석을 실시한 선행연구 분석을 통해 수달 서식지 분석을 위한 요인과 방법론 설정 • 이론적 고찰을 통해 수달 보호를 위해 필요한 요인을 종합적으로 도출
황구지천수계 수달 모니터링 현황	<ul style="list-style-type: none"> • 황구지천수계 내 수달 출현지점, 출현흔적 등 분포현황을 파악함 • 지속가능한 수달 서식을 위한 수달 서식환경을 파악함 • 수달 서식이 위협이 될 수 있는 요인을 파악함
황구지천수계 수달 서식지 적합성 분석	<ul style="list-style-type: none"> • 황구지천 내 서식지 적합성 분석을 위한 분석요인을 제시함 • GIS분석을 통해 황구지천수계 내 핵심, 완충, 위협지역을 도출함
황구지천수계 수달 보호방안 수립	<ul style="list-style-type: none"> • 황구지천수계 내 수달보호를 위한 목표와 비전, 세부전략을 제시함 • 수달 서식지 보호 및 관리, 시민 대상의 교육 및 홍보방안 등 주요 전략별 이행계획을 수립함

제2장

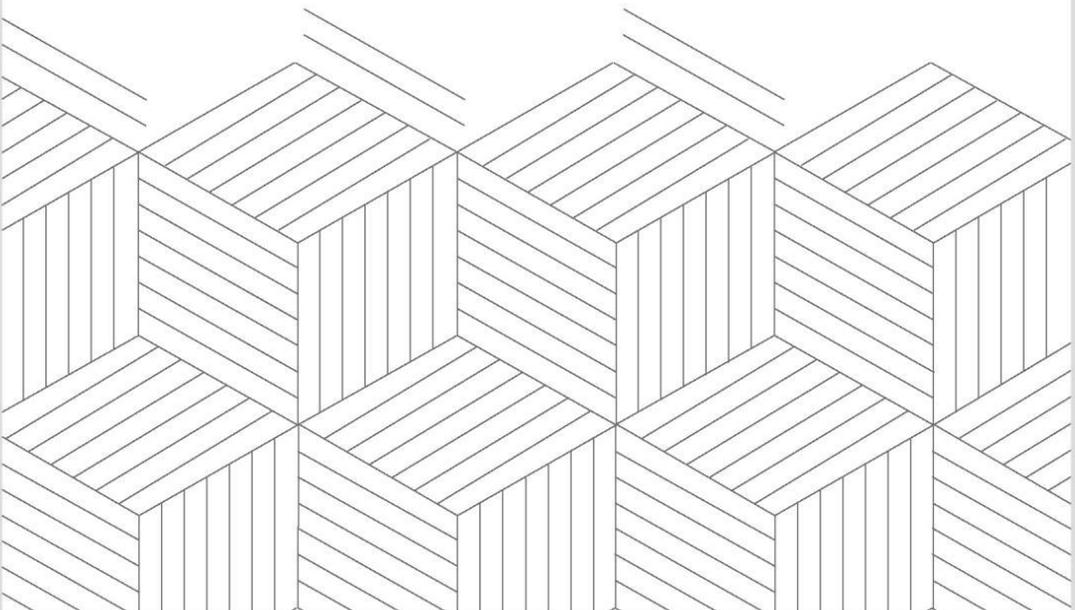
이론적 고찰 및 선행연구

제1절 수달 생육 및 서식지 특성

제2절 수달 서식 위험요인

제3절 수달 서식지 적합성 분석

제4절 소결



제2장 이론적 고찰 및 선행연구

제1절 수달 생육 및 서식지 특성

1. 수달의 생육특성

1) 분류

- 수달은 반수생 포유류로 족제비, 오소리, 담비 등과 같은 식육목 족제비과에 속하며, 그 중 특별히 수달아과로 분류됨
- 13종의 수달 분류체계 중 국내에는 Eurasian Otter(*Lutra lutra*)라고 불리는 1종이 서식하며, 천연기념물 제330호(문화재보호법) 및 멸종위기야생생물 I 급으로 지정하여 보호중임(한국수달보호협회, 2019)
- 국제적으로는 IUCN의 적색리스트에서 Vulnerable급으로 “멸종 위기에 처한 야생동식물종의 국제거래에 관한 협약(CITE)” 부속서 I 에 포함되어 멸종위기에 처한 종으로 규정하고 상업목적을 위한 국제 거래를 금지하고 있음(대구광역시, 2015)

〈표 2-1〉 세계 수달 13종의 분류

국명	영명	학명
해달	Sea otter	<i>Enhydra lutris</i>
북미수달	North American otter	<i>Lontra canadensis</i>
긴꼬리수달	Neotropical otter	<i>Lontra longicaudis</i>
남미수달	Southern river otter	<i>Lontra provocax</i>
바다수달	Marine otter	<i>Lontra felina</i>
큰수달	Giant otter	<i>Pteronura brasiliensis</i>
아프리카민발톱수달	African clawless otter	<i>Aonyx capensis</i>
콩고민발톱수달	Congo clawless otter	<i>Aonyx congicus</i>
아시아작은발톱수달	Asian Small-clawes otter	<i>Aonyx cinerea</i>
얼룩목수달	Spotted-necked otter	<i>Lutra maculicollis</i>
유라시아수달	Eurasian otter	<i>Lutra lutra</i>
수마트라수달	Hairy-nosed otter	<i>Lutra sumatrana</i>
비단수달	Smooth-coated otter	<i>Lutrogale perspicillata</i>

자료: THE IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES(<https://www.iucnredlist.org/>)

〈그림 2-1〉 수달의 분류체계



자료: 한국수달연구센터(<http://www.ottercenter.org>)

〈표 2-2〉 세계 수달 위협정도 평가

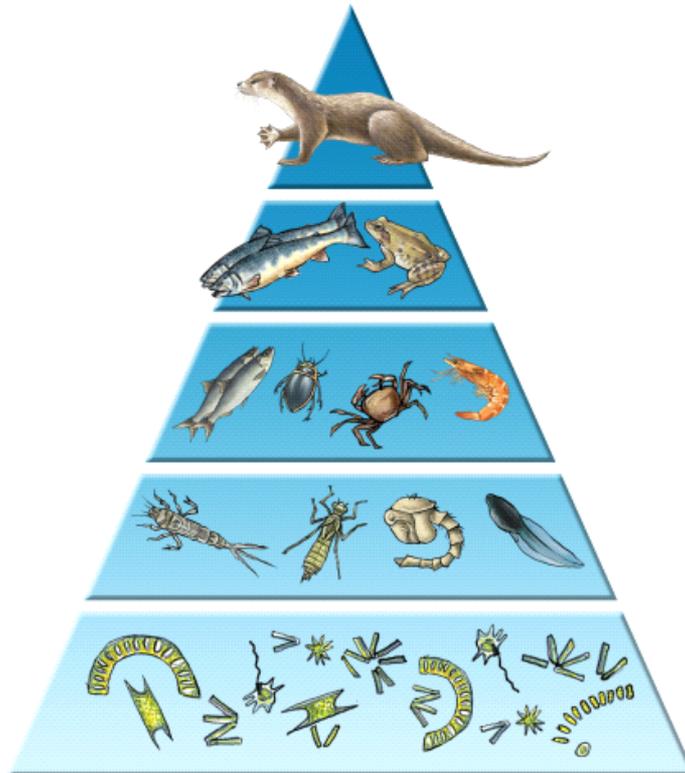
학명	IUCN 보호등급	감소추이
<i>Enhydra lutris</i>	Endangered	decreasing
<i>Lontra canadensis</i>	Least Concern	stable
<i>Lontra longicaudis</i>	Data Deficient	decreasing
<i>Lontra provocax</i>	Endangered	decreasing
<i>Lontra felina</i>	Endangered	decreasing
<i>Pteronura brasiliensis</i>	Endangered	decreasing
<i>Aonyx capensis</i>	Least Concern	stable
<i>Aonyx congicus</i>	Least Concern	unknown
<i>Aonyx cinerea</i>	Vulnerable	decreasing
<i>Lutra maculicollis</i>	Least Concern	decreasing
<i>Lutra lutra</i>	Near Threatened	decreasing
<i>Lutra sumatrana</i>	Endangered	decreasing
<i>Lutrogale perspicillata</i>	Vulnerable	decreasing

자료: THE IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES(<https://www.iucnredlist.org/>)

2) 생태적 지위

- 세계자연보존연맹(IUCN, 1990) Otter Action Plan 보고서에 따르면 수달은 인위적 방해가 없고 오염이 없이 깨끗하며 먹이가 충분히 공급될 수 있는 해양, 강, 호수, 늪 지역에서 주로 서식하는 종으로서, 전 세계 많은 지역의 습지와 수로에 있어서 건강한 수환경의 지표종으로 수달의 보호필요성에 언급하고 있음(한국수달보호협회, 2019)
- 행동권이 큰 동물의 서식지 보존이 공간 내의 다른 종들을 함께 보호해 생물의 다양성이 유지되는 것을 나타내는 종을 우산종이라고 하는데 수달은 하천생태계의 우산종임(대구광역시, 2015)
- 수달은 먹잇감 사냥 시 충분히 배불리 먹을 수 있는 약 20cm이상의 큰 물고기를 주로 사냥하기 때문에 상대적으로 크기가 작은 어종들을 보호하게 되므로 수달은 수생태계의 생물다양성을 유지하는 조절자의 역할을 하고 있음

〈그림 2-2〉 수달의 먹이사슬 위치



자료: 한국수달보호협회(2019)

3) 분포

- 전 세계적으로 13종의 수달이 유럽, 시베리아, 아프리카, 아시아, 아메리카 대륙까지 폭넓게 분포하고 있음
- 일본의 경우 1983년 수달이 확인된 이후 현재까지 보고 된 적이 없으며, 파키스탄 동부, 인도 중앙지역 등에서는 멸종된 것으로 보고 있음
- 우리나라에서는 주로 하천, 저수지, 호수 등에서 확인되며, 최근 무선추적에 의한 수달의 활동반경 및 바다에서 배설물을 이용한 수달의 이동 및 생태에 대한 연구결과(낙동강환경유역청, 2006; 한창욱, 2012)가 발표되기도 하였음(대구광역시, 2015)

4) 형태적 특성

- 수달은 수중생활에 적합한 유선형의 몸으로 몸길이는 1,020~1,3700m이며, 앞발과 뒷발의 5개의 발가락사이에 물갈퀴를 가지고 있음
- 수달의 털은 17~18mm의 바깥털(자모, guardhair)과 8~9mm의 속털(underfur) 두 가지층으로 나누어져있으며, 잠수 시에는 바깥털이 속털과 공기층을 덮어 방수와 보온 기능을 가지고 있음(한국수달보호협회, 2019)

〈그림 2-3〉 수달의 외형



자료: 한국수달연구센터(<http://www.ottercenter.org>)

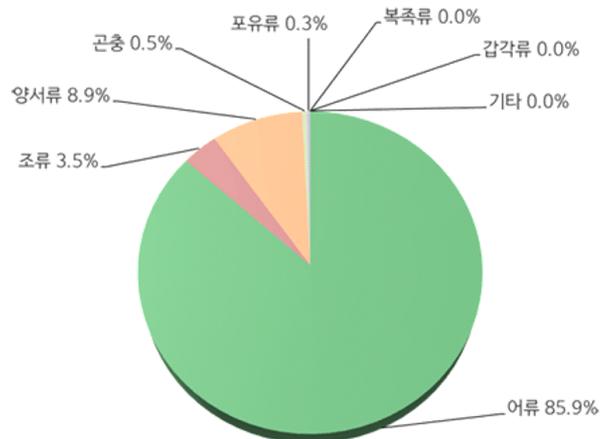
5) 번식 시기

- 수달은 주로 겨울에 짝짓기를 통하여 봄에 출산을 하나 위도와 환경적 요소에 따라 변화가 많은 것으로 보고되고 있음. 수달의 임신기간은 60~64일이며, 주로 2~3마리의 새끼를 낳음. 국내 새끼 수달의 성장에 따른 체중과 길이의 변화를 측정하여 추론한 결과 국내 수달은 늦은 1월부터 이른 9월 사이 출산을 하는 것으로 파악됨(한성용, 1997)
- 부산 연도에서 활동하는 수달은 주로 4~5월에 교미하여 6~7월에 출산하는 것으로 추정됨. 출산 후 1~3개월의 수유기를 거쳐 11월부터 어미와 함께 사냥을 하며, 태어난지 12~14개월 후인 다음해 6~9월 사이 독립하는 것으로 추정됨(한창욱, 2012)

6) 먹이자원

- 한국의 수달들은 기본적으로 어류 종을 가장 선호하며 그 외에 양서류, 조류, 갑각류가 선택되고 간혹 소형 포유동물과 곤충, 복족류의 섭취도 나타나고 있음. 이러한 식이습성은 수달이 육식성 동물이라는 특성뿐만 아니라 해당 서식환경의 생물다양성을 미루어 짐작 할 수 있는 다양한 정보를 제공함(한성용, 1997)
- 수달 먹이종의 계절적 차이는 계절에 따른 먹이군집의 활동량과 활동시기, 번식시기, 기타 환경요인의 변화에 따른 결과로 알려져 있으며, 일반적으로 먹이군집이 급격하게 변화되는 지역은 이러한 계절적 차이가 크게 나타나고, 먹이군집의 변화가 거의 일정한 지역은 계절적 변화가 적음(Melquist et al., 1981; Stenson et al., 1984)

〈그림 2-4〉 수달의 먹이 비율



자료: 한국수달연구센터(<http://www.ottercenter.org>)

- 수달의 서식지역과 계절에 따라 식이물의 차이가 나타나는 것으로 조사되었음. 수달의 식이물에 있어 어류는 연중 지속적으로 발견되었으나, 양서류, 조류, 갑각류 등은 계절에 따라 차이를 보였으며, 주로 여름철에 높은 빈도로 섭식하는 것으로 나타남(박보현, 2011)
 - 거제 연초담에서 식이물 분석 결과 어류 > 조류 > 새우류 > 개구리류 > 포유류 > 계순으로 발견되었으며, 어류는 주로 경골성 어류, 조류는 수면성 오리류가 주로 발견되었음, 설치류와 같은 소형동물 및 작은 크기의 곤충도 일부 발견되었음(한성용, 1997)
 - 부산시 가덕도의 5개 지역(두문, 천성, 대항, 외양포, 새바지), 가덕도 주변의 섬(토도, 입도, 호남도, 대죽도, 중죽도) 및 창원시 연안의 섬(연도, 송도, 수도, 우도, 초리도, 음지도) 등 총 16개 지역에서 수달의 식이물을 조사한 결과 어류는 모든 배설물에서 발견되었으며, 갑각류(5.48%), 복족류(2.21%), 조류(0.29%), 곤충류(0.10%)는 비교적 낮은 빈도로 관찰되었음(최진우와 윤명희, 2012)
 - 홍천강에서 분석한 수달의 식이물 결과는 어류, 양서류, 조류, 갑각류, 파충류 순으로 나타났음, 어류는 전체 식이물에서 80.5%를 차지하였으며, 주로 잉어과의 갈겨니(*Zacco temminckii*), 꺾지(*Coreoperca herzi*), 피라미(*Zacco platypus*), 어름치(*Hemibarbus mylodon*), 가는 돌고기(*Pseudopungtungia tenuicarpa*) 등으로 나타났음(박보현, 2011)
 - 안산 시화습지에서 관찰된 수달의 먹이는 경골어강, 연갑강, 조강, 양서강, 곤충강 순으로 나타났음, 수달은 경골어강을 가장 빈번하게 섭식하는 것으로 나타났으며, 잉어는 전체 생물량에서 58.68%를 차지하는 것으로 나타남(김지현, 2018)
 - 경골어강에서는 붕어(*Carassius carassius*), 잉어(*Cyprinus carpio*), 풀망둑(*Synechogobius hasta*)의 비율이 높게 나타남
 - 조강에서는 오리과, 백로과, 물떼새과를 섭식하였으며, 오리과인 흰뺨검둥오리(*Anas poecilorhyncha*)의 비율이 높게 나타남
 - 시화습지에서 겨울과 여름을 강(綱) 수준에서 비교한 결과 수달의 먹이자원은 큰 차이가 나타나지 않았으나 겨울보다는 여름에 더 다양한 먹이자원을 섭식하는 것으로 나타남(김지현, 2018)
- 어류 중 송어목이 가장 높은 빈도(61.75%)로 출현하였으며, 가자미목(20.95%), 농어목(18.55%), 청어목(13.79%), 대구목(11.63%), 쏨뱅이목(7.35%) 순으로 출현하였음. 어류는 모든 계절에 걸쳐 출현하였으며, 출현 생물상은 여름이 가장 높게 나타났음. 조류는 여름과 겨울, 곤충류는 여름에만 출현하였음(최진우와 윤명희, 2012)

- 양서류 중 개구리는 전반적으로 꾸준히 출현하였으며, 조류는 굴뚝새(*Troglodytes troglodytes*), 노랑할미새(*Motacilla cinerea*), 물까마귀(*Cinclus pallasii*), 개개비(*Acrocephalus arundinaceus*) 등 주로 하천에 서식하는 조류들을 섭식하는 것으로 나타났음, 수달의 먹이물에서 드물게 나타난 종류는 갑각류와 파충류였으며 갑각류는 가재류, 파충류는 무자치(*Elaphe rufodorsata*)였음

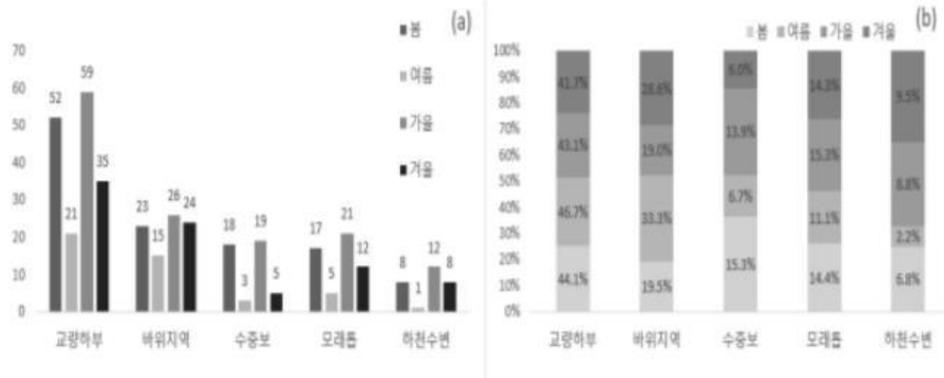
2. 서식지 특성

1) 커버 자원

- 수달의 커버자원으로는 보금자리, 은신처, 휴식공간 등이 있으며, 국내에 서식하는 수달의 서식지 조건은 풍족하고 다양한 먹잇감과 수달의 동굴(보금자리)이 인간의 간섭을 피할 수 있는 한적한 부지 그리고 하천수변과 제방에 풍부한 초지를 제공할 수 있는 강을 필요로 함(한국수달보호협회, 2019)
- 하천변에서는 종종 수달이 낮 동안 은신할 피난처를 필요로 하며 강가에 자신의 굴을 파거나 또는 다른 동물의 버려진 굴이나 울창한 초목을 은신처로 이용함(이상돈, 2012)
- 수달은 주로 물가의 바위틈, 갈대류 초지대, 큰 나무뿌리 밑, 인공구조물의 틈에서 잠을 자거나 휴식을 취함(한국수달보호협회, 2019)
- 비상시 쉽게 대피할 수 있는 구조나 여러 개의 입구를 가진 곳을 선호하며 한 마리의 수달이 여러 개의 보금자리를 옮겨 다니면서 이용하기도 함(Hewson, 1969, 재인용; 한국수달보호협회, 2019)
- 영산강 유역의 수달 흔적이 발견된 장소는 모든 계절에서 교량 하부와 바위지역 순으로 빈도가 높았으며, 하천수변 지역에서 가장 드물게 확인됨, 교량의 하부는 체온 유지를 위해 털을 말리거나 영역 표시, 먹이 자원을 관망하는 장소로 이용됨(한성용, 1997; 한창욱, 2012; 하정욱 외, 2020)
- 진양호 댐 지역의 수달 서식환경을 조사한 결과 우점종은 물억새(*Miscanthus sacchariflorus*)가 10.1%로 가장 우점하였고, 개망초(*Erigeron annuus*), 미나리(*Qwnanthe javanica*), 소리쟁이(*Rumx crispus*), 환삼덩굴(*Humulus japonicus*)가 각각 5.2%로 우점하는 것으로 나타남, 수달의 보금자리 이용은 서식지 환경 중 식생의 종 다양성은 큰 영향을 미치지 않는 것으로 생각되며, 단일 수종이라도 피도가 높아 몸을 숨길 수 있는 장소와 수면과 수변으로 연결된 바위와 밀생된 관목층이 혼합된 지역

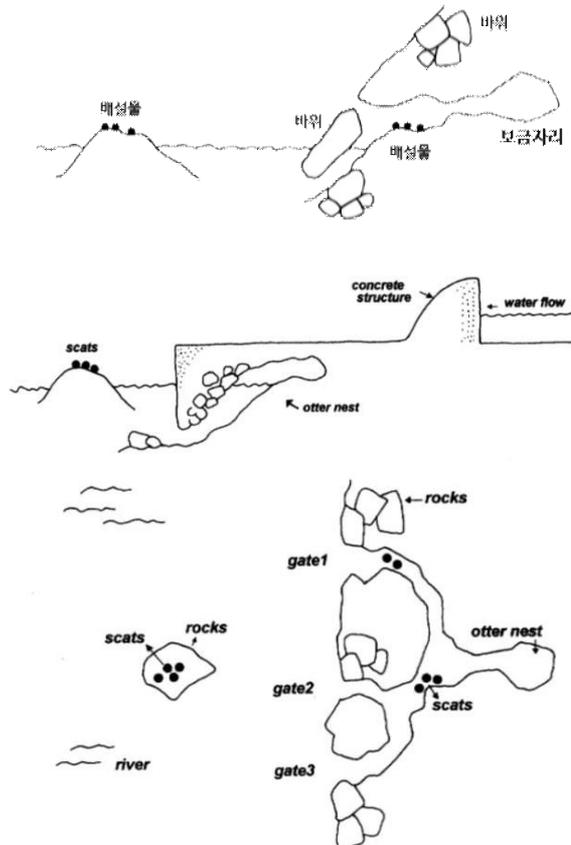
을 보금자리와 휴식 장소 등으로 활용하는 것으로 나타남(민희규 외, 2013)

〈그림 2-5〉 계절별 서식지 유형에 따른 수달의 서식흔적 관찰 지점 수(a)와 이용 비율(b)



자료 : 하정욱 외 (2020), 영산강 유역에 서식하는 수달의 서식지 이용 특성분석

〈그림 2-6〉 보금자리 형태 스케치 예시(섬진강-구례)

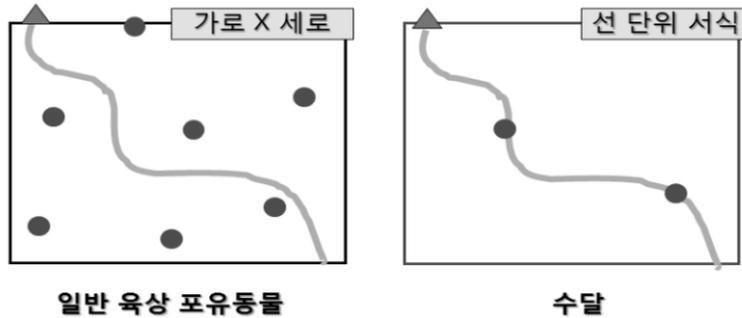


자료: 한국수달연구센터(<http://www.ottercenter.org>), 한성용(1997)

2) 세력권

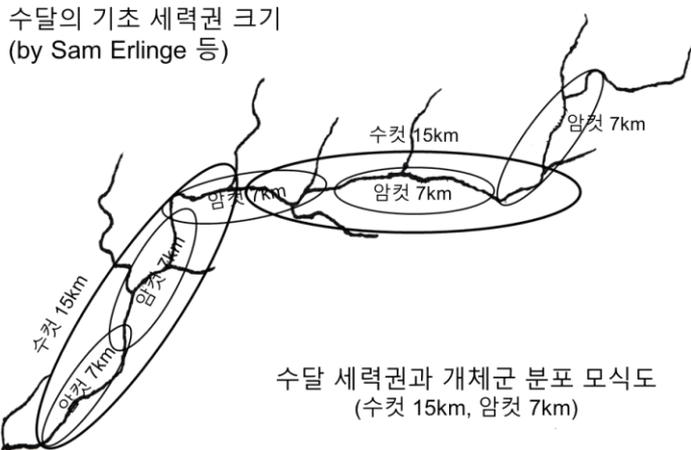
- 수달의 서식지는 주로 하천이기 때문에 서식공간이 일차원적인 직선 형태를 가지고 있으며 수달의 행동권역을 표시할 때도 km라는 길이 단위를 사용함. 수달의 행동권역은 수컷 15km, 암컷 7km의 세력권을 가지며 각각의 세력권들은 서로 중첩되는 부분이 있음

〈그림 2-7〉 수달의 선형 서식권



자료: Hans Kruuk(1995); 한국수달보호협회(2019)

〈그림 2-8〉 수달 기초 세력권 크기

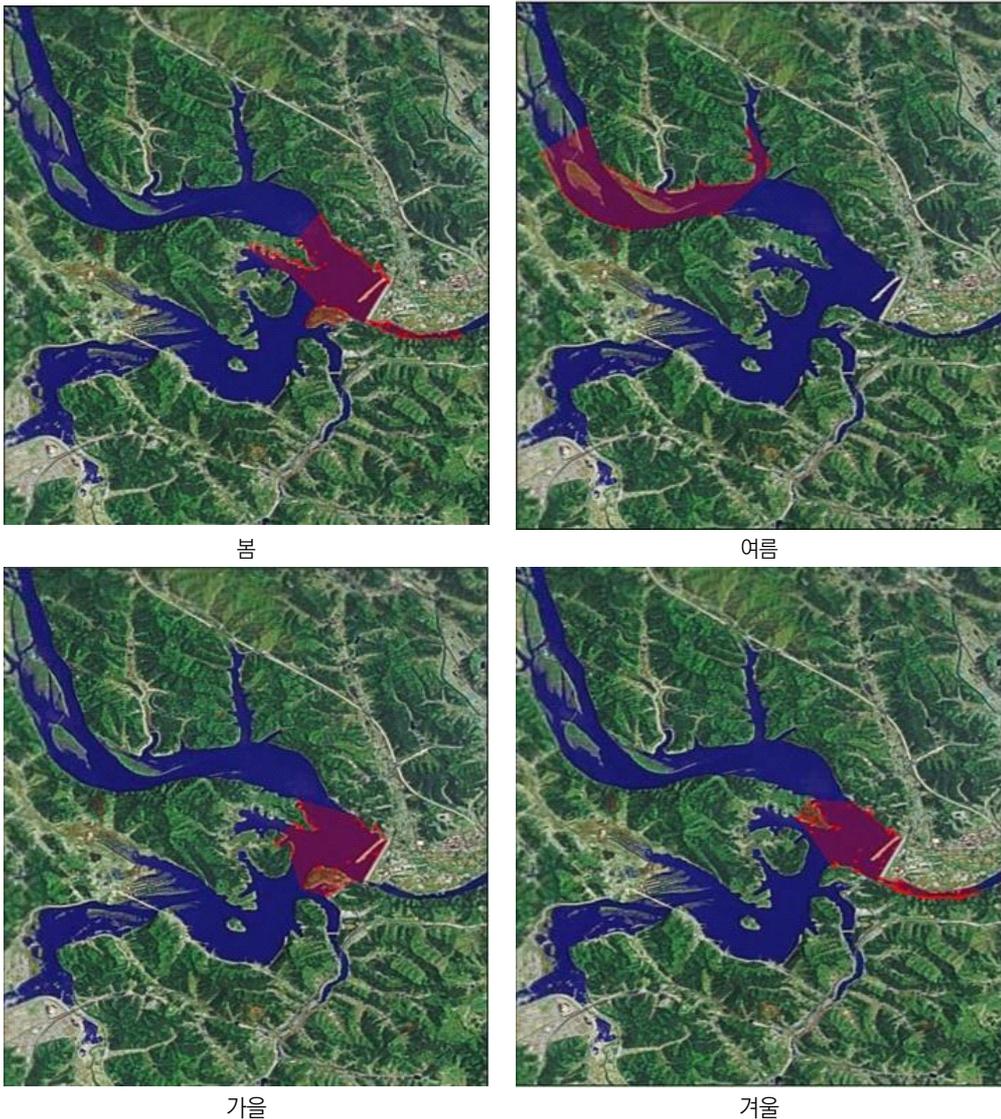


자료: Sam Erlinge(1986); 한국수달보호협회(2019)

- 수달은 하천을 따라 직선형의 활동영역을 가지므로 면적단위 활동영역을 가진 다른 동물들보다 자주 충돌하며 경쟁을 하게 되며, 제한적인 공간을 생활영역으로 가지는 동물 이므로 수달은 우리나라에서 전역에 넓게 분포 하는 것처럼 보이나 실제 개체 수는 적 음(한국수달보호협회, 2019)

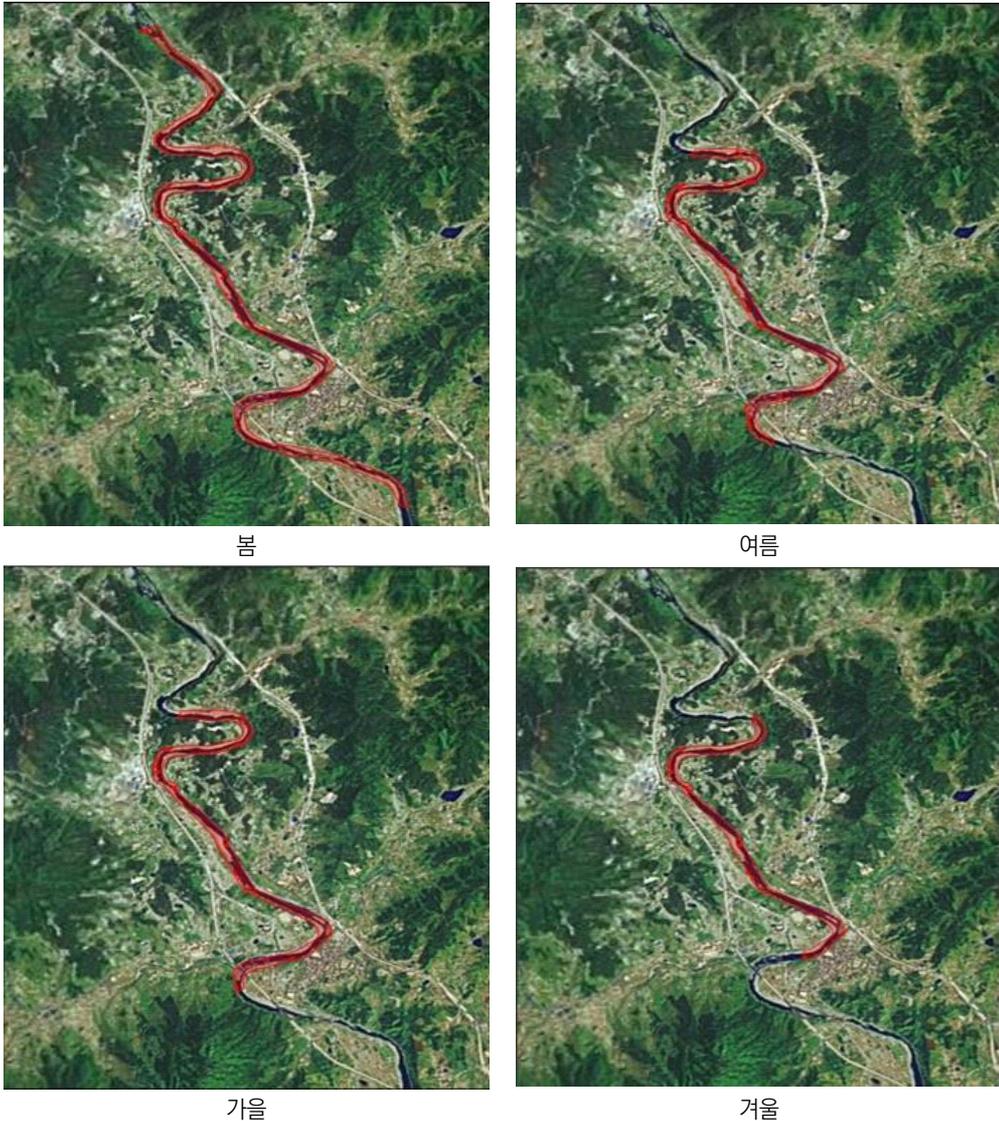
- 우리나라의 댐 지역(남강), 자연형 하천(경호강), 복합형 하천(황강)을 대상으로 수달의 행동권을 조사한 결과 평균 426.7ha로 나타났다. 댐 지역에서 669ha, 자연형 하천 190ha, 복합형 하천 421ha로 댐 지역에서 가장 넓게 나타남
- 댐 지역과 자연형 하천에서는 여름에 행동권이 가장 크며, 복합형 하천에서는 봄에 가장 크며, 3개 지역에서 모두 겨울이 가장 좁게 나타남

〈그림 2-9〉 댐 지역 수달의 행동권 변화



자료: 민희규(2007), 무선추적에 의한 수달의 행동생태 및 서식지 환경에 관한 연구

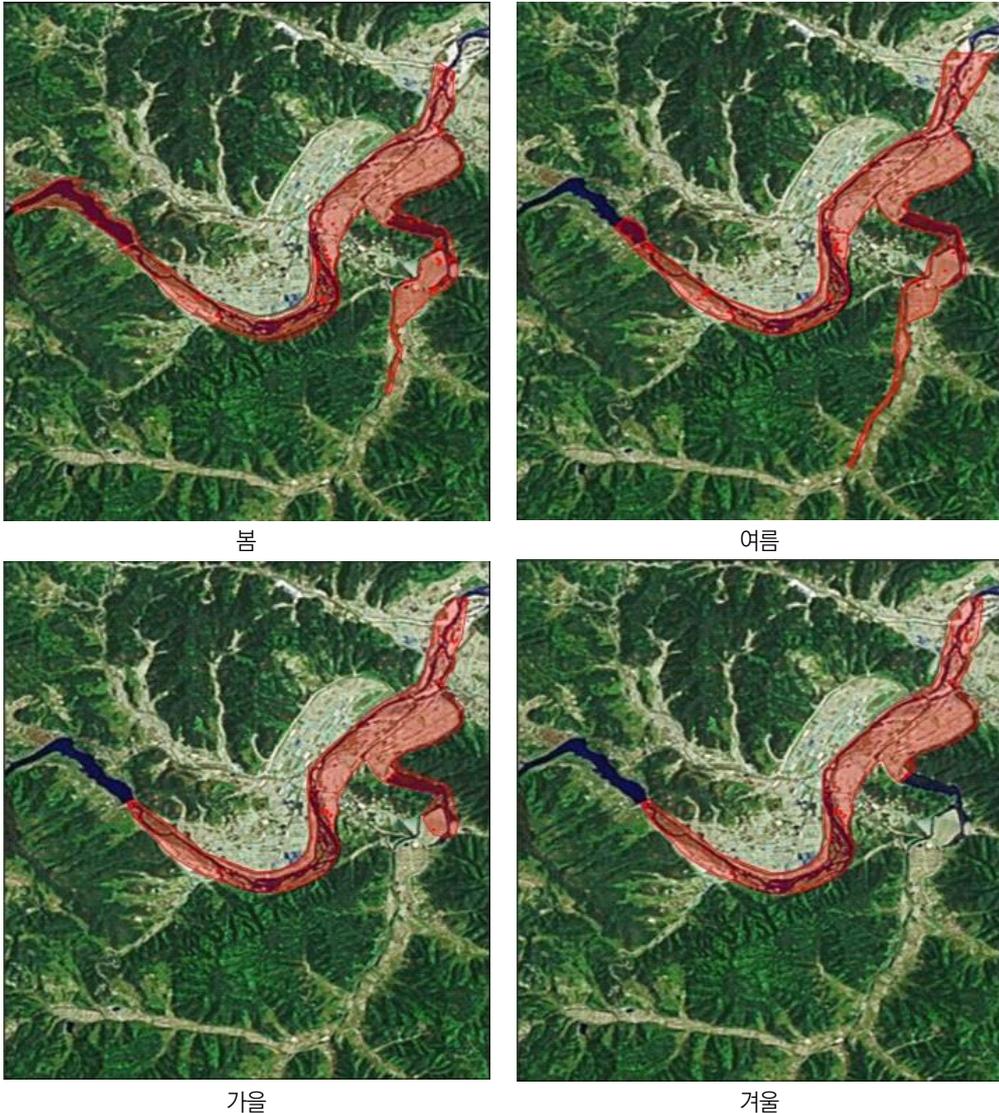
〈그림 2-10〉 자연형 하천 수달의 행동권 변화



자료: 민희규(2007), 무선추적에 의한 수달의 행동생태 및 서식지 환경에 관한 연구

- 수달의 선형 이동거리는 댐 지역에서 평균 5,178m, 자연형 하천에서 4,167m, 복합형 하천에서 12,117m로 나타나 복합형 하천이 평균 이동거리가 가장 긴 것으로 나타남
- 댐 지역에서는 최대 이동거리는 9월 6,557m 였으며, 최소 이동거리는 11월 2,794m, 자연형 하천에서 최대 이동거리는 6월 6,385m, 최소 이동거리 10월 3,565m, 복합형 하천에서 최대 이동거리 16,063m, 최소 이동거리 11월 7,142m로 나타났음

〈그림 2-11〉 복합형 하천 수달의 행동권 변화

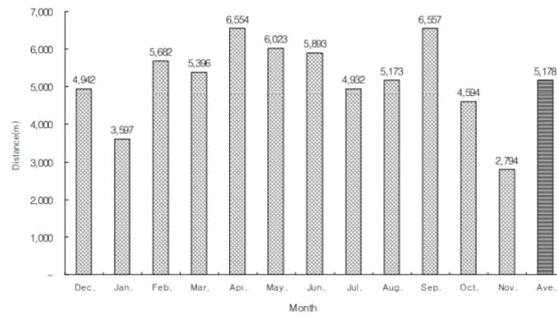


자료: 민희규(2007), 무선추적에 의한 수달의 행동생태 및 서식지 환경에 관한 연구

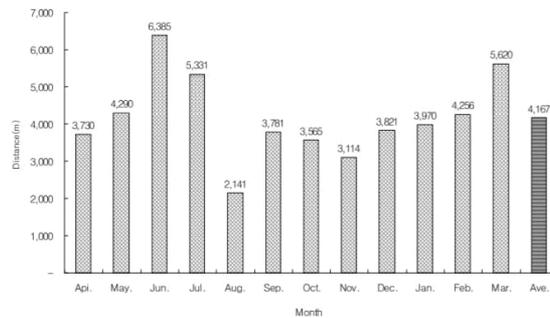
- 수달의 이동거리는 주로 강수량 등 기상 변화에 따른 하천의 수심 변화로 인한 먹이 종의 분포의 변화, 피서객 등 인간의 영향으로 인한 회피 효과 등으로 이동거리가 변화하는 것으로 추정됨(민희규, 2007)
- 댐 지역에서 시간대별 평균 이동거리는 995m로 나타났고, 최대 이동거리는 00시 ~ 03시 사이 1,394m였음, 봄에 평균 이동거리가 5,991m로 가장 길게 나타났고, 겨울은 평균 4,740m로 가장 짧게 나타났음

- 자연형 하천에서 수달의 시간대별 이동거리는 1,204m로 나타났고, 최대 이동거리는 06시 ~ 09시 사이 1,457m였음, 겨울에 평균 이동거리가 4,636m로 가장 길게 나타났고, 가을이 평균 3,785m로 가장 짧게 나타났음
- 복합형 하천에서는 시간대별 평균 이동거리가 1,884m로 나타났고, 00시 ~ 03시 사이 3,707m로 가장 길게 나타났음, 가을에 평균 이동거리가 15,141m로 가장 길게 나타났고, 겨울이 9,153m로 가장 짧게 나타났음

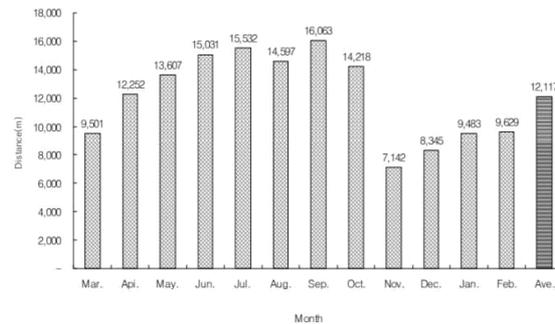
〈그림 2-12〉 수달의 서식지에 따른 월별 이동거리 변화



댐 지역



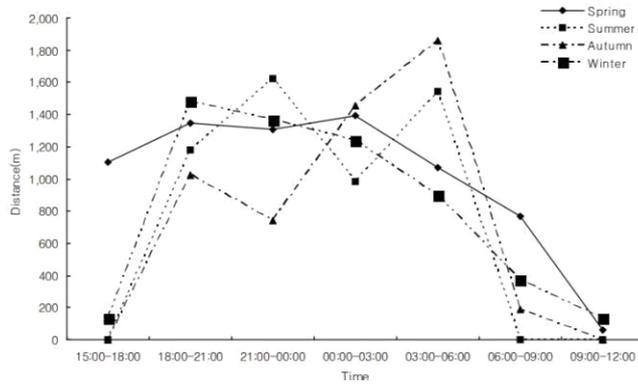
자연형 하천



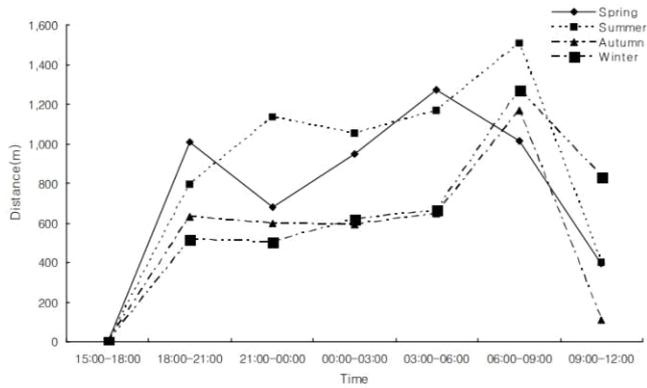
복합형 하천

자료: 민희규(2007), 무선추적에 의한 수달의 행동생태 및 서식지 환경에 관한 연구

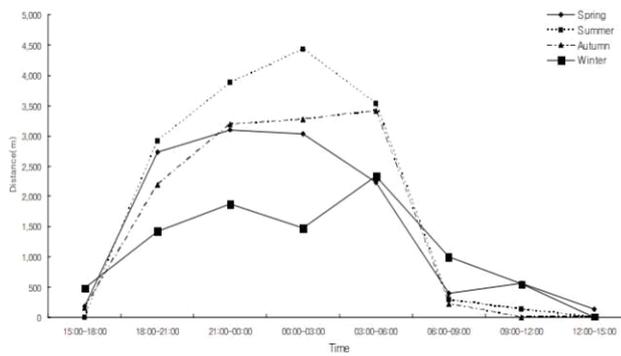
〈그림 2-13〉 수달의 시간과 계절에 따른 이동거리 변화



댐 지역



자연형 하천



복합형 하천

자료: 민희규(2007), 무선추적에 의한 수달의 행동생태 및 서식지 환경에 관한 연구

제2절 수달 서식 위협요인

1. 세계 수달 위협요인

- 수달 위협요인은 국가별, 지역별, 환경특성별로 서로 다르게 나타날 수 있지만 수달의 특성상 수환경에서 살아가야하는 반수생 포유류 종이기 때문에 전 세계의 수달에게 위협요인이 되는 요소들은 유사함(한국수달보호협회, 2019)
- 수달 서식지를 위협하는 요인에는 각종 질병, 인간활동의 증가, 무분별한 하천개발에 따른 서식지 감소, 사냥과 밀렵, 수환경의 오염 등이며, IUCN(1990)의 보고에서 의하면 전세계적으로 서식처의 감소와 인간 활동이 수달의 가장 큰 위협요인으로 보고하고 있음(한성용, 2001)

〈표 2-3〉 세계의 수달 위협요인 유형

원인별 대륙별	서식지 변화	오염	사고	직접적 위협	2차적 오염	간접적 인간교란	직접적 인간교란
유럽	90	59	45	41	31	34	3
아프리카	71	15	0	38	18	3	24
아시아	89	42	11	53	11	0	5
아메리카	75	35	15	40	10	0	0
계	325	151	71	172	70	37	32

자료: 한성용(2001), 수달 서식실태 및 보호방안 연구

〈표 2-4〉 수달 위협요인의 주요유형

수달 위협 요인	
오염(Pollution)	· 축산단지, 생활하수, 공장폐수 · 농약오염, 중금속, PCB 등
서식지 훼손(Habitat Destruction)	· 로드킬 · 하천 직선화 및 수변 식생 파괴 · 콘크리트 호안화(수중보, 댐, 저수지)
밀렵 등 위협(Trapping)	· 땃, 밀렵 행위 · 정치망 등 그물 위협
기타(Other threats)	· 인간의 직·간접적 교란 행위 · 낮은 보호 의식

자료: 한국수달보호협회(2019), 경기남부수계 수달 정밀모니터링 및 보호방안 연구

2. 국내 수달 위협요인

1) 하천오염

- 축산폐수, 생활하수, 공장폐수, 농약 등이 하천으로 유입됨으로써 PCB, 중금속 등 오염이 증가하며 오염을 야기함(한성용, 2001)
- 이러한 하천오염은 수달의 주요 먹이자원이 어류의 다양성과 개체 수에 영향을 미칠 뿐만 아니라 중금속의 경우 생체 내에 축적되며, 먹이사슬에 따른 독성물질의 체내 축적 부하량이 큰 것으로 나타남(조희선과 이상돈, 2005)
- 수은과 같은 중금속은 수달의 건강과 생식 및 번식 능력에 영향을 미칠 수 있으며, 나아가 개체 수 감소까지 이어질 수 있기 때문에 이에 대한 관리가 필요함(유혜진, 2018)
- 이와 함께 농업활동과 수달의 중금속 농도가 관련 있는 것으로 나타났는데, 농업활동으로 인한 농약 및 살충제에 의한 주위 환경 오염으로부터 수달에게 간접적인 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타남(조희선과 이상돈, 2005)

2) 서식지 훼손

- 하천변의 콘크리트화(식생훼손), 수중보의 설치, 댐, 저수지의 축조, 하천공사를 주요원인으로 들 수 있음
- 콘크리트 하천의 경우 수달 서식지 이용빈도가 친환경 생태 하천과 비교했을 때 약 24%로 수달의 서식에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 나타남(한성용, 2001)
 - 수상형동물인 수달은 수계를 따르는 직선형 서식지를 가지는 것이 일반적이며 따라서 주로 큰 수계를 따라 서식하며 보급자리를 호수나 하천주변에 만들기 때문에 하천을 직강화하고 해안을 콘크리트로 덮을 경우에 이동의 자유도에 영향을 미쳐 서식지를 잃게 됨(이상돈, 2013)
- 수중보, 댐, 저수지는 물이 연중 평균수위 이상의 물을 저수할 수 있어, 비교적 안정적인 먹이조건을 가질 수 있는 반면에 어류의 이동통로 단절로 인해 어류종의 감소와 수달 서식지 감소 및 다른 곳으로의 이동을 유도할 수 있음(한성용, 2001)
 - 또한 수중보, 댐, 저수지 등으로 인해 수달 이동에 제약을 받게 되면 번식가능한 배우자 개체를 만나 유전적 교류기회를 얻기가 어려워, 수달의 번식에 영향을 미칠 수 있음(한강유역환경청, 2016)
- 그 외에 하천정비, 택지개발 등 공사 등으로 인한 수로가 차단되거나 기존 서식처의 훼손, 오염원 등의 유입으로 수달 서식에 어려움을 겪을 수 있음(이상돈, 2005)

3) 인간의 활동

- 낚시, 그물 및 양식장의 피해, 위락이용증가 등 인간의 활동도 위협요인 중 하나임
 - 특히 낚시 활동과 관련하여 인간과 수달의 활동영역이 겹칠 수밖에 없는데, 이때 설치하는 그물은 수달의 위협요인이 될 수 있음(이상돈, 2005)
 - 그물 안에 걸린 물고기를 섭식하기 위해 수달이 그물 안으로 들어간 후 빠져 나오지 못해 익사하는 경우가 발생함(환경부, 2014)
 - 낚시꾼의 어획고나 양식장의 물고기를 잡아먹거나, 그물을 손상시킬 수 있기 때문에 인간과 수달의 공존을 위한 대책방안이 필요함(한성용, 2001)

〈그림 2-14〉 그물과 닷에 걸린 수달



세종시



안동 임하호

자료: 김종술(2017), 심용훈(2008)

4) 로드킬

- 2018년 6월~2019년 9월까지 국립생태원의 로드킬 분석 자료를 보면 고라니가 2,606건으로 가장 많았으며, 다음으로 너구리 454건, 노루 420건으로 나타났음, 로드킬 발생 상위 7종에 법정보호종(천연기념물, 멸종위기 I, II급)인 수달이 포함됨

〈표 2-5〉 포유류 로드킬 상위 7종 현황

구분	고라니	너구리	노루	삿	족제비	오소리	수달	기타
2018	443	138	21	43	6	4	14	49
2019	2,163	316	399	49	78	68	35	193
전체	2,606	454	420	92	84	72	49	242
비율(%)	64.8	11.3	10.5	2.3	2	1.7	1.2	6

※ 고양이 1,228건, 개 281건 제외

자료: 국립생태원(2019b), 로드킬 다발구간 정밀조사

- 대분류 기준으로 수달의 로드킬 지점 주변 토지피복 현황을 분석한 결과 농경지와 산림, 초지의 비율이 높았음, 수달은 산림(39.1%), 농경지(30.9%), 초지(11.4%) 순으로 나타남

〈표 2-6〉 수달 로드킬 지점 주변 토지피복 현황

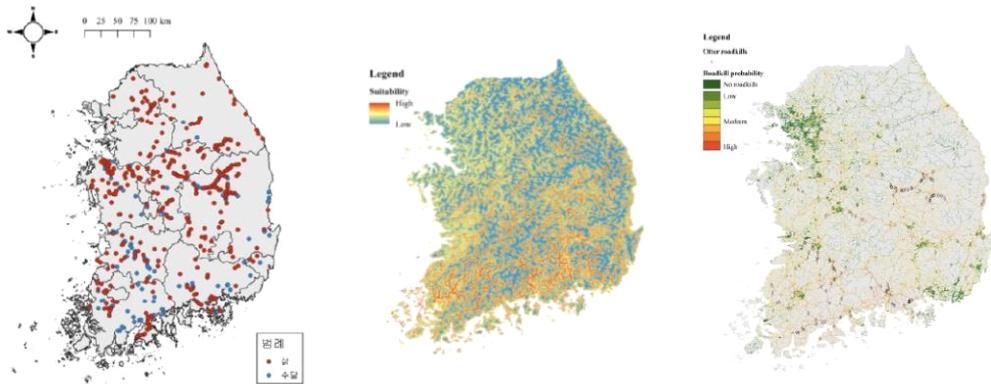
대분류	중분류	수달	
		면적(m ²)	비율(%)
시가화지역	주거지역	1,964,597	1.3
	공업지역	196,214	0.1
	상업지역	835,338	0.5
	문화·체육·휴양지역	98,354	0.1
	교통지역	10,746,370	7.0
	공공시설지역	1,085,572	0.7
농경지	논	24,184,060	15.7
	밭	15,125,082	9.8
	시설재배지	1,130,015	0.7
	과수원	6,086,685	4.0
	기타재배지	956,944	0.6
산림	활엽수림	16,780,809	10.9
	침엽수림	28,084,248	18.3
	혼효림	15,195,244	9.9
초지	자연초지	5,276,503	3.4
	인공초지	12,198,568	7.9
습지	내륙습지	2,961,181	1.9
	연안습지	1,585,315	1.0
나지	자연나지	430,698	0.3
	기타나지	5,486,635	3.6
수역	내륙수	3,304,204	2.1
	해양수	27,281	0.0
합계		153,739,914	100.0

자료: 국립생태원(2019b), 로드킬 다발구간 정밀조사

- 수달의 로드킬은 전국에서 발생하고 있으며, 2020년 67건을 포함하여 총 167건의 수달 로드킬 예측 모델을 개발하였음, 모델은 수달의 잠재 서식지를 파악하고 서식지에서 이동하거나 분산하는 경로를 파악하기 위해 핵심 서식지와 이동 가능 경로를 모델링함
- 핵심 서식지는 암컷의 평균 행동 서식지 크기 이상인 경우만 도출하며, 최소 7.5km 이상의 수계를 포함하도록 함
- MaxEnt 프로그램과 Linkage Mapper 프로그램을 이용하여 모델을 개발한 결과 수달의 서식지 적합성 모델의 AUC(Area Under the Receiver Operating Curve) 값이 0.78 ± 0.01 이었으며, 수계까지의 거리와 기온이 모델의 기여도에 크게 영향을 미치는 것으로 나타남

- 로드킬 예측 모델링 결과 AUC 값은 0.88 ± 0.04 였으며, 고도, 제한속도, 식생지수 순으로 영향을 끼치는 것으로 나타남
- 계절별 로드킬 모델링 결과 수달의 로드킬 모델 AUC 값은 봄 0.97 ± 0.04 , 여름 0.87 ± 0.08 , 가을 0.91 ± 0.08 , 겨울 0.92 ± 0.17 로 봄의 로드킬 예측 모델의 정확도가 가장 높은 것으로 나타남

〈그림 2-15〉 수달 서식지 및 로드킬 예측 모델링 결과



- 1) 수달 로드킬 위치(파란색) 2) 수달 서식지 예측 모델링 3) 수달 로드킬 예측 모델링

자료: 국립생태원(2020b), 로드킬 다발구간 정밀조사

〈표 2-7〉 수달 로드킬 예측 모델별 건수 및 AUC 값 결과

종명	구분	전체	봄	여름	가을	겨울
수달	건수(건)	165	21	71	58	15
	AUC	0.88	0.97	0.87	0.91	0.92

자료: 국립생태원(2020b), 로드킬 다발구간 정밀조사

〈그림 2-16〉 수달 로드킬



경남 진주



세종시

자료: 이선규(2019), 김봉균(2014)

제3절 수달 서식지 적합성 분석

1. 서식지 적합성 분석의 개념

1) 목적과 필요성

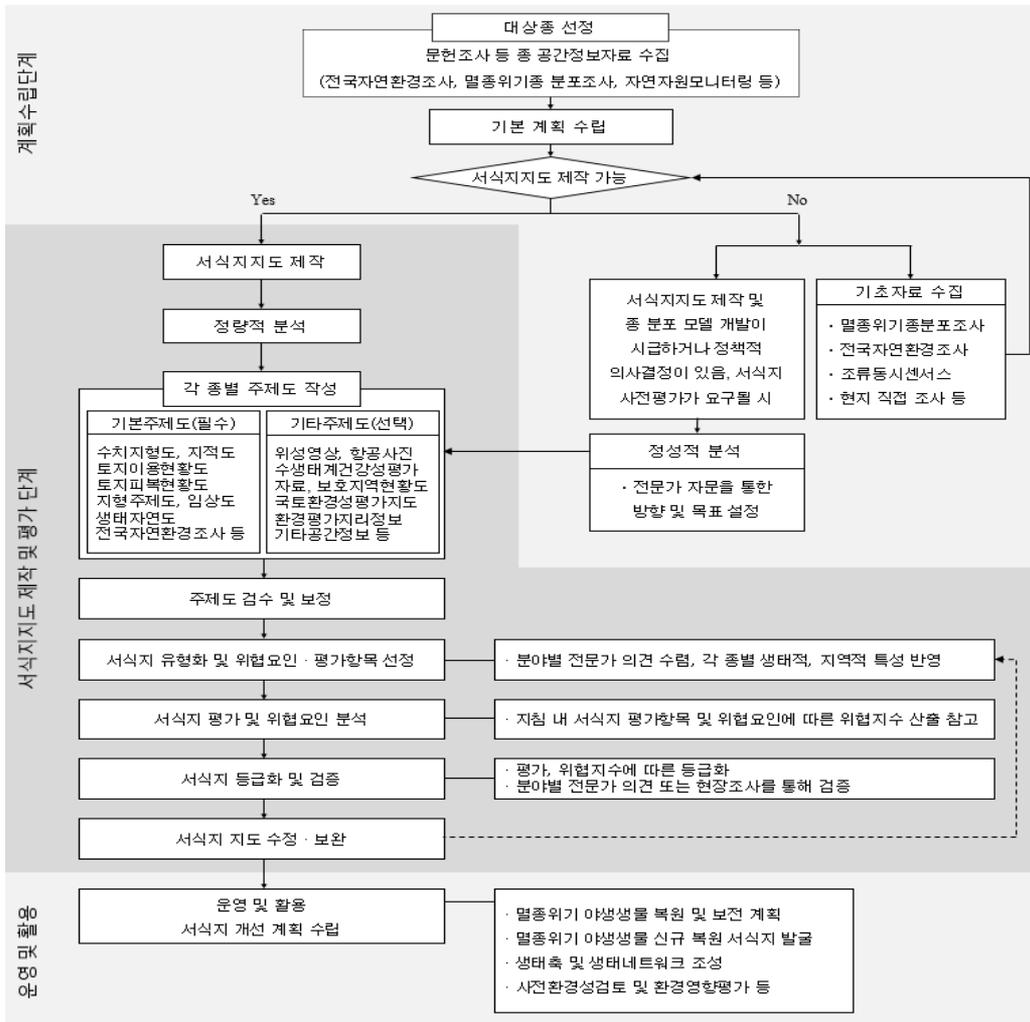
- 서식지 적합성 분석은 멸종위기야생생물의 보호전략 수립을 위한 기본적인 도구로서 지리적 관점의 맥락에서 적합한 서식지 분포지도를 제작하는 방법임(Barbosa et al., 2003)
- 환경부에서는 멸종위기야생생물 서식지 평가 및 개선을 위한 서식지와 서식지 개념을 다음과 같이 정의하고 있음(환경부 외, 2019)
 - 「서식지」라 함은 특정 종의 개체 또는 개체군이 거주하는 생태적 또는 환경적 공간을 말하며, 서식지 구성요소는 생물의 생활에 필요한 직간접적 모든 생활조건을 제공하는 생물적 요인과 비생물적 요인을 모두 포함함(환경부 외, 2019)
 - 특정 생물종이 일생에 걸쳐 필요로 하는 자원이나 생활조건을 획득하기 위한 공간 또는 토지유형으로, 현재 생물종이 점유하고 있거나 과거 점유하였으며 다시 재점유할 가능성이 있는 지역, 향후 중 복원을 위한 후보지 모두를 포함함
 - 「서식지지도」라 함은 특정 종의 개체 또는 개체군의 서식공간을 환경생태적 특성과 가치를 반영하여 분석한 정밀공간생태정보지도로서 각 종별 확산·분포를 예측하여 멸종위기 야생생물 보전과 복원을 위한 지속가능한 토지이용 및 환경관리를 위한 기초자료로 활용하는 지도임
 - 서식지 지도는 각 종별 서식지의 생태적 특성을 나타내는 기본 주제도를 바탕으로 서식지 평가 과정을 거쳐 각 종별 서식지의 가치를 등급화하여 표현한 지도
- 이러한 서식지 적합성 분석의 목적은 크게 2개 유형으로 구분할 수 있음(한국수달보호협회, 2019)
 - 첫째는 대상지 서식 환경을 평가하여 수렵, 보호구역 설정에 활용하기 위한 서식지 예측모형을 제작하여 양호한 서식지를 찾고 이를 보호하는 데 목적은 둠
 - 둘째는 하천 종합개발사업과 같은 하천정비 및 수중보 건설, 위락시설 등으로 훼손된 하천환경의 개선을 위한 서식지 환경 비교 및 창출기법으로 활용할 수 있음
- 본 연구에서는 황구지천수계의 수달 보호전략 마련을 위해 서식지 적합성 분석을 실시하고자 함

2) 분석방법론

(1) 분석 과정

- 서식지 적합성 분석과정은 계획수립, 제작, 운영·관리 및 서식지 개선 계획 수립 단계로 구분되며 세부내용은 아래 <그림 2-17>과 같음

<그림 2-17> 서식지 적합성 분석 절차 모식도



자료: 환경부·국립생태원(2019), 멸종위기야생생물 서식지 평가·개선 지침

○ 계획수립단계

- (목표종 발굴 및 선정) 서식지 개선이 시급한 목표종 선정

- (기초 자료 수집) 효과적인 서식지 지도 제작을 위한 기초 자료 및 주제도
- (기본 계획 수립) 목표종 특성에 맞는 주제도 목록 작성, 서식지 평가계획 수립
- 제작단계
 - (서식지 지도 제작) 서식지 유형 분류, 각 폴리곤별 속성자료를 종합하여 작성
 - (분류군별 서식지 유형화) 서식지 유형 분류는 대분류 - 중분류로 표현되어야 하며, 필요시 분류군에 따라 추가적인 유형 추가
 - (평가항목 및 위협요인 선정) 평가항목은 종별로 생태적·지역적 특성을 반영
 - (서식지 등급화) 기존 자료와 현장조사 기반으로 구축된 위협요인 및 평가항목 자료를 서식지 지도에 적용하며 서식지 지도를 제작하여 이를 검증
- 운영·관리 및 서식지 개선 계획 수립단계
 - 서식지 지도 및 등급화 자료를 활용, 서식지 복원·보전 목적에 따라 개선계획 수립

(2) 분석모형

- 서식지 적합성 분석은 조사대상지의 범위에 따라 선별적 서식지 지도(selective habitat mapping), 대표적 서식지 지도(representative habitat mapping), 전면적 서식지 지도(overall habitat mapping)로 구분하여 작성함(환경부 외, 2019)
 - 선별적 서식지 지도: 자연보전 가치가 높은 서식지를 조사대상으로, 상세한 서식지 현장조사 수행이 필요한 경우
 - 대표적 서식지 지도: 각 종별 대표적인 서식지 유형을 조사하며, 현장조사를 통해 상세한 서식지 조사수행이 필요한 경우
 - 전면적 서식지 지도 작성과 비교하여 비용과 시간을 절약할 수 있으나 각 종별 서식지 관련 기초자료가 충분한 경우에만 작성 가능

〈표 2-8〉 조사대상지 범위에 따른 서식지 지도 구분

구분	조사대상	조사강도	조사수단	평가순서	장점	단점
선별적	보전가치가 높은 서식지	서식지 조사	현장조사	선평가 후조사	짧은 시간 내 지도 작성	조사결과를 바탕으로 보편적 적용은 가능
대표적	전체 서식지가 유형 표본	서식지 조사	현장조사	선조사 후평가	비용과 시간 절약	서식지에 관한 자료가 충분한 경우 가능
전면적	전체 서식지	서식지 유형조사	항공사진 판독, 현장조사 보완	선조사 후평가	전체적인 서식지 지도 구축 가능	많은 비용과 시간, 인력 소모

자료: 환경부·국립생태원(2019), 멸종위기야생생물 서식지 평가·개선 지침

- 멸종위기 야생생물의 서식지 적합성 분석방법은 ① 전문가 지식기반 모형, ② 통계분석기반 모형, ③ 통합적서식지 모형으로 구분할 수 있음(환경부 외, 2019)
- 전문가 지식기반 모형의 경우 분야별 전문가 확보를 전제로 시행하며, 짧은 개발기간 내 전문가 의견과 적은 자료를 통해서 서식지 지도를 제작할 수 있다는 장점이 있으며 대표적으로 서식지 적합성 지수 HSI(Habitat Suitability Index)가 있음
 - 목표종과 관련된 전문가 의견수렴을 통해 해당종의 서식 특성에 대한 자연적, 인공적 서식변수를 도출하고, 전문가의 경험과 기존자료 및 문헌을 이용하여 목표종의 예측모형 개발에 필요한 서식변수를 제시하여, 수집된 서식변수 간의 상대적 중요도는 계층 분석법(AHP)에 의한 쌍대비교를 통해 결과를 획득하는 방법임(한국수달협회, 2019)
- 두 번째는 통계분석기반모형으로 조사연구가 일부 진행된 종을 대상으로 현지조사와 통계 및 GIS자료를 통해 분석하는 방법임
 - 조사한 자료(출현/비출현, 출현/미확인, 개체 수, 번식률 등)와 관련된 물리적 서식환경 및 인위적 교란요인을 통계적 기법에 의해 개발하는 방법임(정승규, 2014)
 - 통계모형은 1980년 후반부터 1990년대 초반까지는 주로 GLM(Generalized Linear Models), GAM(Generalized Additive Models)이 사용되었으며, 최근까지 MARS(Multivariate Adaptive Regression Spline)가 사용되어 왔음(권혁수, 2011)
 - 이러한 통계분석기반 모형은 연구자의 주관을 최대한 배제하고 현지조사를 통해 수집한 자료를 이용하기 때문에 객관성을 유지할 수 있으나, 관찰이 어려운 희귀종, 멸종위기종 등을 분석하기에는 어려움이 있음(한국수달협회, 2019)
- 세 번째 통합적서식지 모형은 앞 선 두 가지 모형을 통합하여 추진하는 방법임
 - 서식지적합성지수의 결과는 대상종의 서식을 나타내는 절대적인 값은 될 수 없기 때문에 서식지적합성지수 외에도 전문가적인 판단을 함께 병행하여 결과를 도출해야함

〈표 2-9〉 서식지 모형별 평가

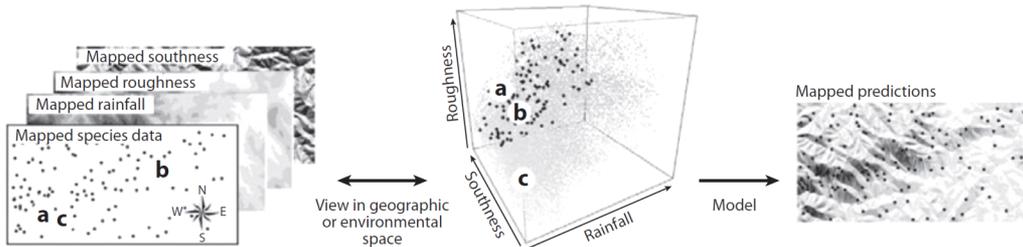
구분	전문가지식기반모형	통계분석기반모형	통합적서식지모형
적용모델	Habitat Suitability Index	Habitat Suitability Conditional	Habitat Suitability Mixed
평가기간	짧은 개발 기간	오랜 개발 기간(현지조사)	오랜 개발 기간
전제조건	분야별 전문가 확보	생물종의 분포현황자료 확보	조사자, 연구자가 많은 종
자료형태	전문가 의견, 서술형태	현지조사, 통계 및 GIS자료	서술형태, 통계 및 GIS자료
목표종	조사·연구 자료가 부족 종	조사·연구 일부 진행된 종	조사·연구 자료가 많은 종
분석방법	결정수 접근방식, 퍼지이론	회귀분석	회귀분석
비고	서식지적합성지수모형	경험모형	-

자료: 환경부·국립생태원(2019a), 멸종위기야생생물 서식지 평가·개선 지침

3) 종분포모형

- 종분포모형(SDM, Species Distribution Models)은 종의 생태학적 내성을 가장 잘 반영하는 것을 목표로 하는 통계적으로 종의 출현 및 점유 특성을 기반으로 예측하는 경험적 모형임(Guisan et al., 2007)
- 전 세계적으로 다양한 규모의 생물 공간 정보 데이터베이스의 수집은 보전 노력을 지원하기 위해 종의 출현 예측을 분석할 수 있는 새로운 기회를 제공함(Jet et al., 2012)
- 종분포모형(SDM, Species Distribution Models)은 다음과 같은 관련 용어로도 정의되어, 생물이 분포하는 위치 및 환경 인자와의 관계를 통해 해석하고 이를 통해 분포지역을 예측함
 - 서식지적합모형(Habitat Suitability Model; Helfer and Metral, 2001)
 - 생물기후모형(Bioclimate Model; Prentices and Cramer, 1996)
 - 생물기후범위모형(Bioclimate Envelope Model; Pearson and Dawson, 2003)
 - 생태지위모형(Ecological Niche Model; Peterson and Vieglais, 2001)
 - 종지위모형(Species Niche Model; Schurr et al., 2012)
 - 환경적합모형(Environmental Suitability Model; Kaschner et al., 2006)
 - 환경지위모형(Environmental Niche Model; Van Der Wal et al., 2009)

〈그림 2-18〉 매핑된 종과 환경데이터(왼쪽), 환경 공간(가운데), 모형을 통해 예측 매핑 결과(오른쪽) 예시



자료: Elith and Leathwick(2009), Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time

- 지난 20년 간 SDM은 생태학적 관점과 공간의사결정 관점 등에서 보전 및 관리, 위험 평가 등 6,000건의 연구 및 보고서를 통해 최적의 의사결정을 지원함
 - 생태학 관점에서의 종분포모형 활용 분야는 다음과 같음
 - 종 수집 확대를 위한 효과적인 지역 선정 및 우선 보전 필요지역 예측
 - 기후변화에 따른 잠재적인 변화 예측 지역 확인

- 유해종 침입 예측 및 야생동물 이동 예측
- 공간의사결정을 위해 종분포모형은 다음과 같이 활용됨
 - 전염병 관련 역학 및 작물 재배적지 모델링 연구
 - 토지이용변화 예측
 - 기후변화에 따른 작물 생산량 예측 및 산사태 취약지역 발생 예측 등
- IPBES, IUCN, IPCC 등 생물다양성 관련 범환경 국제기구에서 과학적 합의를 수립하기 위해 SDM 결과를 바탕으로 정책에 반영함. 그러나 SDM에서 종의 반응을 예측하기 위해 신뢰할 수 있는 종의 부재 데이터를 거의 없기 때문에 종의 존재 데이터만을 이용하거나, 인위적으로 생성된 종의 부재 데이터를 활용하는 경우가 많음
- SDM은 대상지 특성, 환경변수, 희귀종 등 여부에 따라 적절한 모형을 선정하여 다양한 결과 및 해석으로 활용할 수 있으나, 어떤 모형이 더 적합한지 일반화는 어려운
- 단일 모형에 의한 예측의 불확실성이 제기되고 있으며, 모형 간 결과를 앙상블하여 사용하는 추세임
- SDM 유형은 크게 환경 범위(Environmental envelope), 통계 분석(Regression Analysis), 머신러닝(Machine Learning)으로 분류되며, 또한 종의 출현자료 유형에 따라 출현/비출현(Presnet-Absent) 데이터를 모두 사용하는 모형과 출현자료(only Presnet) 데이터만을 사용하는 모형으로도 구분할 수 있음

〈표 2-10〉 주요 종분포모형 특징

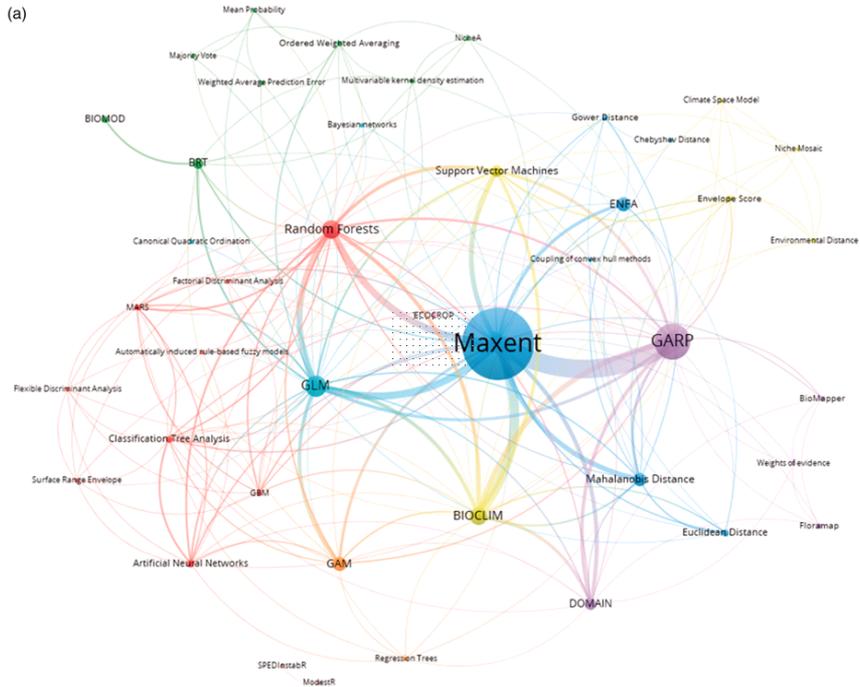
Concept	Model	SDT	PI	HnLF	Cat	DD	Det	Reference
Environmental Envelope	BIOCLIM	PO	N	N	N	Y	Y	Busby (1991)
	DOMAIN	PO	N	N	N	Y	Y	Carpenter et al. (1993)
	ENFA	PE	Y	N	N	N	Y	Hirzel et al. (2002)
Regression Analysis	GLM	PA	Y	Y	Y	N	Y	Guisan et al. (2002)
	GAM	PA	Y	Y	Y	N	Y	Guisan et al. (2002)
	MARS	PA	Y	Y	Y	Y	Y	Friedman (1991)
Machine Learning	CART	PA	Y	Y	Y	Y	N	Sinclair et al. (2010)
	RF	PA	Y	Y	Y	Y	N	Brieman (2001)
	BRT	PA	Y	Y	Y	Y	N	Elith et al. (2008)
	ANN	PA	Y	Y	Y	Y	Y	Pearson et al. (2002)
	SVM	PA	Y	Y	Y	N	Y	Guo et al. (2005)
	MaxEnt	PE	Y	Y	Y	N	Y	Phillips et al. (2006)
GARP	PA	Y	Y	Y	Y	N	Elith et al. (2006)	

자료: 이상혁(2020), 종분포모형 활용방안, 재구성

SDT = Species Data Type, PO = only presence data used, PE = presence compared against the entire region, PA = presence and some form of absence(or pseudo-absence) required, PI = Predictor Interactions, HnLF = Highly non-Linear Functions, Cat = Categorical predictors usage, DD = Data Dependency, Det = Deterministic

- 25년간 수행된 약 1,000편의 SDM 연구에서 73.5%가 MaxEnt를 사용하는 연구로 압도적으로 많았으며, GARP(18.7%), GLM(6.4%), BIOCLIM(4.6%), Random Forests(5%) 순으로 확인됨

〈그림 2-19〉 종분포모형 중 대표적인 활용 모형 사례



자료: Urbina-Cardona et al.(2019), Species Distribution Modeling in Latin America: A 25-Year Retrospective Review

2. 수달 서식지 적합성 분석 사례

1) 전문가지식기반모형

- 관찰이 어려운 멸종위기종인 수달의 특성 상 대부분의 연구가 전문가 지식기반모형을 통해 수달 서식지 적합성을 분석하고 있음
- 전문가 지식기반 모형은 전문가 경험과 기존 자료를 통해 모형개발에 필요한 커버자원, 먹이자원, 방해요인, 서식자원 등을 서식변수를 정하는데, 이는 연구자에 따라 다양하게 나타남
- 한국수달보호협회(2019)는 경기남부수계를 공간적 범위로 수달서식지적합성지수(OHSI: Otter Habitat Suitability Index)를 개발하여 서식지 적합성 분석을 실시함

- 분석을 위해 생활요구 사항을 커버자원, 먹이자원, 방해요인, 서식지 충실도로 구분하여 세부적으로 서식분석변수를 구성하였고, GIS프로그램 이용해 수달 핵심서식지를 도면화함

〈표 2-11〉 수달의 서식환경 구성요소

적용지역 적용단위	적용 시기	생활 요구사항	서식변수	적합도 지수 부여방법 설명	가용자료
연구대상지역 (오산천 상류 및 경기남부 수계 일원) 총 길이: 584.2km	연중	커버자원 (번식, 휴식 등)	수변식생 지역	수변부(하중도, 수변습지 등) 자연식생까지 거리	하중도, 수변식생 (핵심지역)
			토지피복	토지피복도에 의한 대상지 및 주변 토지이용 파악	중분류 지도
			사행구간 길이	곡률도(1.5 이상) 계산, GIS 이용	수계망 자료 (수자원공사)
		먹이자원	수면부 면적	수달의 먹이자원으로 이용되는 어류의 서식지(수면면적 계산)	수자원공사 (수계망도)
			어류 개체수	어류의 개체수 밀도 계산 및 공간내삽법(IDW방법)	수생태계건강성 조사자료
서식지 적합성 평가단위: 선형태 (1km 구간 별) 해상도:30m	연중	방해요인	도로 및 시가지 구성비율	도로 및 시가지 지역의 구성비율이 낮아짐에 따라 서식지 안정성은 높아짐	중분류지도
		서식지 충실도	흔적 조사지점	분석범위 내 흔적 개수	현장조사 자료
			핵심 서식지역	분류와 지류 합수부 및 하천 주변 환경 반영결과	현장조사 자료

자료: 한국수달보호협회(2019), 경기남부수계 수달 정밀모니터링 및 보호방안 연구

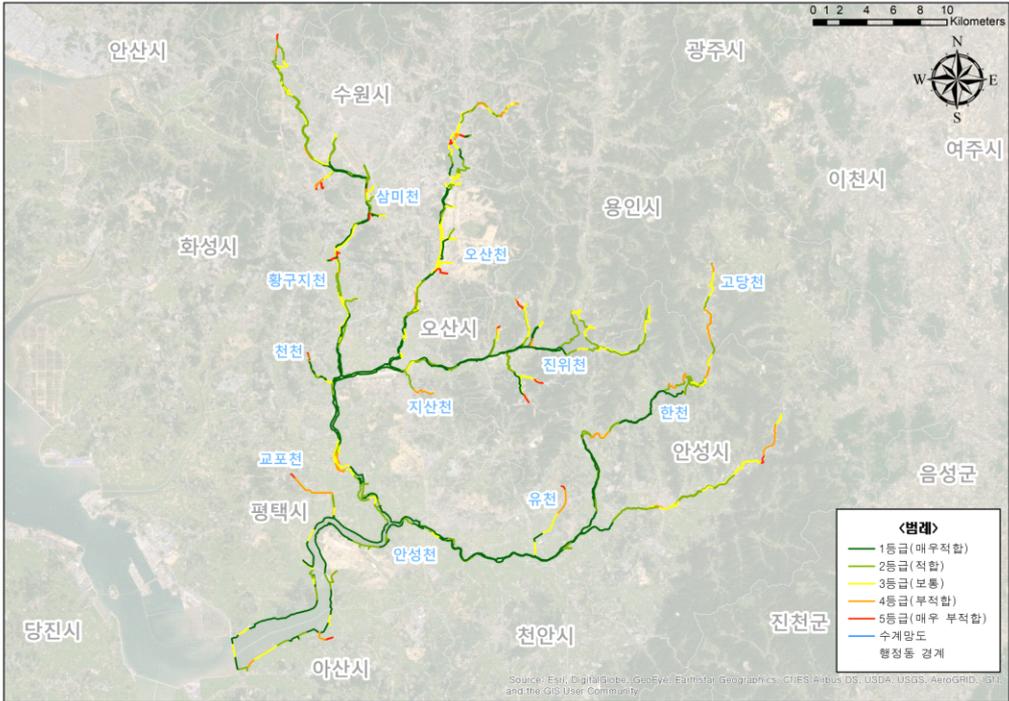
〈표 2-12〉 수달의 서식지조사평가를 위한 서식변수 및 가용자료

생활요구조건	서식변수	계산방법	가용자료
먹이자원	먹이의 양	IDW계산법	수생태계 건강성 DB
	먹이의 질(어종수)	IDW계산법	수생태계 건강성 DB
커버자원	수변부 자연서식지	수변100m이내 자연서식지	육지/수면 경계선, 토지피복
	토지피복	토지피복 유형별 서식환경	토지피복자료
	사행구간길이	곡률도(1.5 이상) 계산, GIS이용	수계망자료 (수자원공사)
방해요인	도로 및 시가지 구성비율	도로 및 시가지 지역의 구성비율이 낮아짐에 따라 서식지 안정성 높아짐	중분류지도
서식지충실도	수달 흔적 조사지점	배설물, 발자국	현장조사를 통한 출현지점 자료

생활요구조건	서식변수	계산방법	가용자료
	핵심서식지역	분류와 지류 합수부 및 하천 우수 환경 등	현장조사 결과 반영

자료: 한국수달보호협회(2019), 경기남부수계 수달 정밀모니터링 및 보호방안 연구

〈그림 2-20〉 수달 서식지 적합도 최종 평가 결과(종합)



자료: 한국수달보호협회(2019), 경기남부수계 수달 정밀모니터링 및 보호방안 연구

- 장은미 외(2008)는 홍도와 대흑산도 일대를 중심으로 지형, 높이, 등지위치의 지형, 식생, 담수와의 관계, 양식장과의 거리를 요인으로 분석함

〈표 2-13〉 흑산도 수달 서식지특성 분석

흑산도 수달 서식지특성 분석	
지형	해식동
전체높이 비율 높이	1/4
등지위치의 지형	해식애와 만
식생	관계없음(상층보다는 하층식생 조사가 필요)
담수와의 관계	하천과 인접함
주위에 양식장과의 거리	500m 이내

자료: 장은미 외(2008), GIS기법을 이용한 다도해국립공원의 수달서식 가능지 분석과 지역개발 정책에 관하여

- 정종철과 조영석(2004)은 수달의 배설물 및 배설지 등의 흔적조사를 통한 GPS좌표를 중심으로 Arcview를 이용해 서식지 적합성을 분석함
 - 분석요인을 먹이, 식생, 물리적 요인, 공간적 요인으로 구분하였으며, 이와 함께 배설지와 어류풍부도, 어류풍부도와 PO⁴농도, PO⁴농도와 배설지의 상관관계를 분석함.
 - 건물과 조사구의 배설물 집중지에 대한 분석을 통해 주거 등의 인적인 영향이 수달의 서식지 이용에 명확한 영향을 주고 있음을 확인함

〈표 2-14〉 요인별 범위

빌딩과의 거리	배설지 점수	어류풍부도	PO4
0-20	23-24	0-0.29	0
21-50	51-53	0.43-0.76	0-0.01
50-100	59-64	0.88-0.99	0.01-0.05
101-200	99-104	1.48-1.52	-

자료: 정종철·조영석(2004), GIS를 이용한 경북 봉화군 운곡천 수달의 서식지 분석

- 신지훈(2016)은 수달 출현지점을 중심으로 수생태계건강성 DB를 활용하여 식이습성 및 서식환경을 분석함
 - 출현빈도에 따른 수달 출현지역의 어류상 조사 및 분석을 통해 선호 먹이를 분석함.
 - 수달의 출현비율이 높게 나타나는 하천은 주로 중·상류임을 알 수 있음
 - 수달의 출현빈도가 높은 지역에서 많이 발견된 어종은 꺾지, 돌마자, 나일틸라피아, 납사루, 모래무지, 기름종개, 돌고기, 꼬리, 동사리, 배스, 누치, 밀어로 나타남
 - 수달의 출현빈도가 높은 지역의 어류의 전장 조사결과 선호하는 먹잇감의 전장은 10~20cm미만으로 조사됨
 - 서식환경 중 서식수변 환경을 조사를 통해 수달의 선호 서식환경을 분석함

〈표 2-15〉 서식환경 중 서식수변환경 평가 항목 및 내용

구분	평가항목	평가내용
1	자연적인 중형사주	물흐름의 다양성 유발하는 자연적인 중형구조물의 발생횟수
2	하도정비 및 하도특성의 자연성정도	하도의 자연성
3	유속의 다양성	
4	하천변 폭	수로폭과 제방 내 폭간비율
5	저수로 하안공	저수로 하안공의 특성평가
6	제방하안 재료	제방 하안재료의 인공화 정도
7	저질상태	하상의 지배적인 현재 저질상태 평가

구분	평가항목	평가내용
8	황구조물	어류이동을 방해하는 인공구조물의 방해정도
9	제내지토지이용	둑 안쪽의 지배적인 토지이용의 인공화 정도
10	제외지토지이용	둑 바깥쪽의 토지이용 상황이 하천생태계에 미치는 영향

자료: 신지훈(2016), 수생태계건강성 DB를 활용한 수달 서식환경 분석에 관한 연구

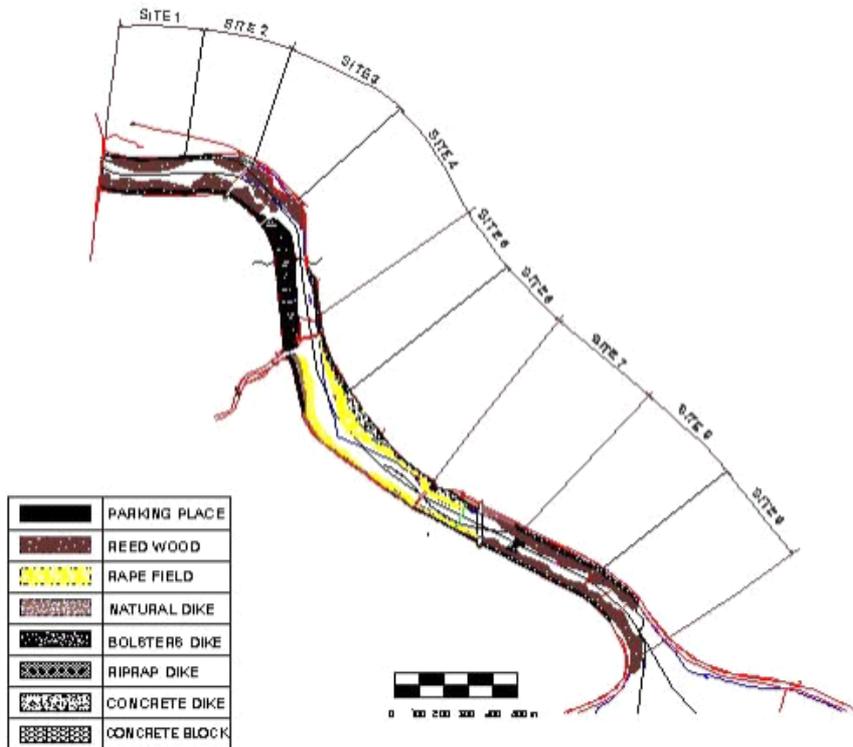
- 신지훈·노백호(2017)는 낙동강 권역의 수변환경에 따른 수달의 출현특성을 분석함
 - 문헌자료를 통해 수달의 생태적 특성, 세력권, 은신처, 먹이자원, 교란요인 등을 파악하고 전문가 의견을 반영하여 광역차원의 수달의 분포에 미치는 서식변수를 취합함
 - 수달의 출현지점과 미출현 지점의 범주형 변수에 따른 변수간의 환경변수 차이를 검증하기 위해 카이제곱(교차분석)을 실시하였고, 집단간 평균파이를 비교하여 수달의 출현지점과 관련성이 높은 낙동강권역의 수면 및 수변부 환경요인을 도출하기 위해 SPSS통계분석을 활용함
 - 하천수면부의 서식환경과 수달 출현특성을 분석한 결과, 자연적인 종횡사주, 2.0m이 상의 하천변 폭, 자갈이나 호박돌로 구성된 하천 저질, 보와 같은 황구조물 미설치 지역, 느린거나 빠른 유속이 공존하는 지점에서 출현하는 것으로 나타났음
 - 하천 수변환경과 수달의 출현특성을 분석한 결과, 미정비 사행하천, 투수성재료의 사석으로 쌓아 놓은 제방이나 자연형 하안블록으로 이루어진 하천, 하안공사가 없는 자연 상태의 하천 선호, 시가지 및 도심지 제외 식생지역에서 출현하는 것으로 분석됨
- 김석규 외(2006)는 수달이 서식하고 있는 하천을 대상으로 하천의 특성에 따라 하천구간을 구분하여 각 구간의 수리 및 생태학적 특성과 수달의 개체수와의 관계를 규명하는 연구를 수행함
 - 수달의 인공적인 서식지 조성 시 수달이 살기 적합한 수리학적, 생태학적 조건을 갖춘 서식지 조성이 가능함을 주장하며 수달의 배설물 및 흔적 등으로부터 개체수를 추정하고 개체수와 수리학적, 생태학적 조건에 대한 관계를 분석함

〈표 2-16〉 지수의 부문과 평가항목

부 문	평가항목
수리수문	수로의 굴곡, 하상경사, 흐름의 다양성, 황구조물, 세굴 및 퇴적, 횡단면 유형, 제방재료, 호안공, 평수위, 수면폭, 하상재료
수질	BOD, 탁도, 부유물, 악취
생태	식생피복, 식생안정화, 수생식물피복, 양서·파충류의 종수, 양서·파충류의 개체수, 어류의 종수, 어류의 개체수, 조류의 종수, 조류의 개체수

자료: 김석규 외(2006), 수달서식지와 하천의 물리적, 화학적, 생태적 특성과의 상관관계 분석

〈그림 2-21〉 평면도 및 대상구간



자료: 김석규 외(2006), 수달서식지와 하천의 물리적, 화학적, 생태적 특성과의 상관관계 분석

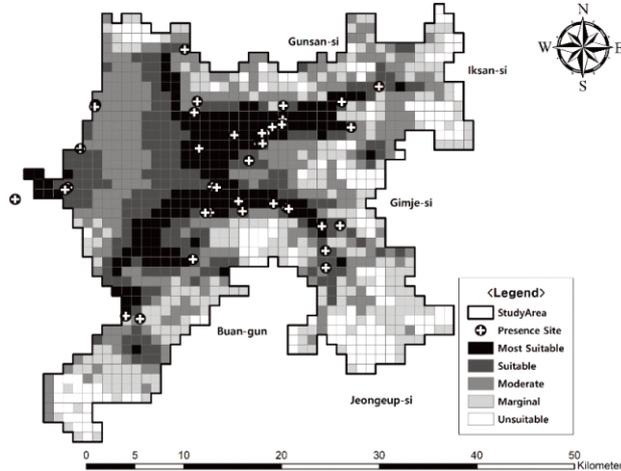
- 신화용 외(2020)는 새만금호 일대 수달의 서식지적합도 분석과 공간변수(수역, 습지, 농경지, 시가지, 도로 등)와의 상관성이 수달 서식에 미치는 영향을 파악함
 - 서식지적합성 분석을 위해 서식변수를 먹이자원, 커버자원, 방해요인, 서식지충실도로 구분하여 실시하였으며, GIS를 이용하여 수달핵심서식지를 도면화함
 - 수달의 서식흔적을 중심으로 새만금내부 인공구조물(건축물, 도로 등) 및 수변지역(수역, 습지, 농경지)과의 거리를 분석했을 때 수역에서 멀어질수록 배설물의 지점이 감소하고, 도로에서 멀어질수록 배설물의 지점이 증가함

〈표 2-17〉 수달 서식지평가를 위한 변수와 분석방법

생활요건	변수	분석방법	이용자료
먹이자원	먹이의 양	격자별 수면구성	토지피복도(중분류)
	먹이의 질(생선의 종 다양성)	IDW방법	2015~2016년 평균조사데이터
	먹이의 질(생선 개별 종의 수)	IDW방법	2015~2016년 평균조사데이터
커버자원	수변서식지	수면 100m내 서식지	육지, 수면 경계, 토지피복
	토지피복	토지피복에 따른 서식환경	토지피복 데이터
방해요인	도로중심선	도로중심선에서의 거리	한국교통DB 도로데이터
	건물밀도	토지피복에 따른 서식환경	새주소 DB
서식지충실도	수달분포	수달흔적	현장조사데이터

자료: 신화용 외(2020), 새만금호 일대 수달의 서식적합성 평가 및 공간변수와의 상관성 분석, 재구성

〈그림 2-22〉 수달의 서식적합성지도 및 서식흔적지점



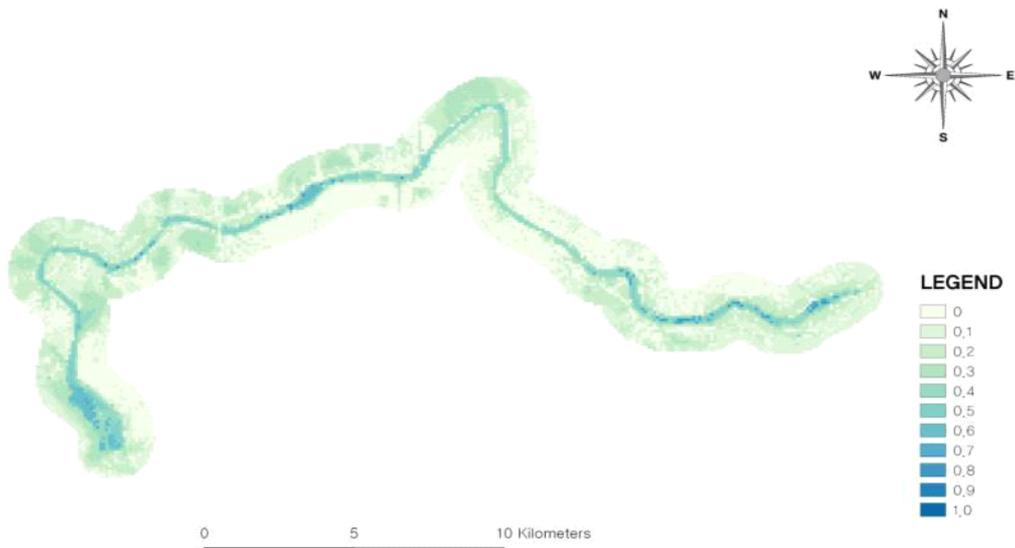
자료: 신화용 외(2020), 새만금호 일대 수달의 서식적합성 평가 및 공간변수와의 상관성 분석, 재구성

- 강정훈(2012)은 한강수계를 대상으로 서식지 환경에 따른 특성을 비교하고 서식지 이용형태를 분석함
 - 수계별 환경요소의 차이와 상관성, 서식에 영향을 주는 요인의 분석을 통하여 서식지 이용특성을 밝히고자함
 - 서식지의 특성 : 해발고도, 서식지조건, 하천폭, 하천깊이, 유속, 바닥면 상태, 제방경

사면 식생

- 인접지의 환경 : 토지이용 유형, 임상, 초본 높이, 관목 높이, 피도량
- 직·간접적 방해요인 : 인공구조물, 물이용, 오염원, 그물수, 낚시객 수
- 교각이 존재하고 오염원이 없는 보전지역의 요건을 만족할 때 수달 서식율이 높음
- 지천이 많이 형성, 서식지 조건 우수, 제방경사면 식생 발달, 상류
- 100m이상의 해발고도, 4m이상 1km이하의 하천 폭, 0.5 이하의 수심, 유속 0.3 m/s, 서식지점의 바탕면은 바위 혹은 암반, 67% 이상의 피도량의 주변식생, 길이 120cm 이상의 초본과 2m이상의 관목이 자라는 미경작지, 활엽수림
- 심윤진 외(2020)은 반변천 일대 수달 HSI 모델을 개발, 이를 활용하여 수달의 대체서식지를 정량적으로 평가하고 분석함
- 서식지 변수는 하천의 지형(하천 폭, 하중도 유무, 수중보 유무), 하천변 형태, 하천 및 습지의 면적, 수변부로부터 1km이내 토지피복 현황, 털을 말릴수 있는 여건(초지, 모래 등 유무), 도로및 시가화건조지역으로부터의 거리, 양식장 유무 등으로 설정함

〈그림 2-23〉 수달의 서식지 변수에 대한 HSI지도



자료: 심윤진 외(2020), 반변천일대 수달서식지 적합성 지수(HSI)모델을 활용한 대체서식지평가

2) 통계분석기반모형

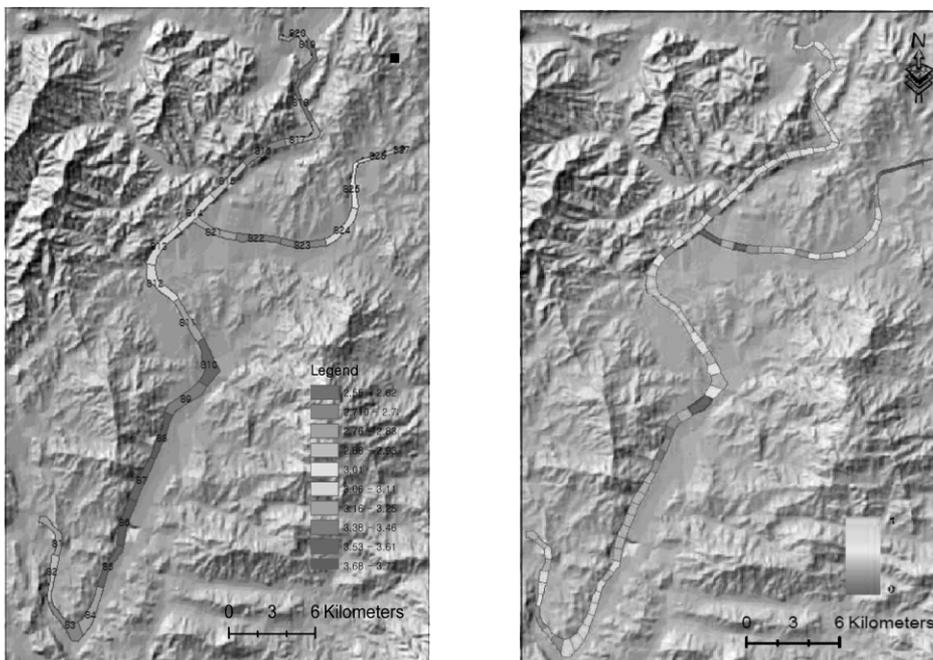
- 통계분석기반모형은 장기간의 시간과 충분한 조사를 수행할 수 있을 때 활용할 수 있는 방법으로 멸종위기종인 수달의 특성으로 고려했을 때 일부 연구에서만 활용함
- 박보현·이상돈(2012)은 강원도 홍천강 유역을 대상으로 수달이 선호하는 서식환경을 알아보기 위하여 배설물을 이용한 서식 환경 분석과 육안분석방법을 수행하였음
 - 조사는 수달배설물에 의존하여 하천환경의 구성 요소들을 찾아내는 방법을 이용함
 - 수달 선호 서식환경을 조사하기 위해 총 7가지 세부요소로 서식지 변수를 구분함
 - 자연환경요소(하천폭, 수심, 유속, 바위크기, 하천형태, 바위의 수), 인위적 요소(도로와의 거리)
 - 수달의 선호 서식 환경 분석결과 하천폭, 수심, 유속과 유의한 관계가 있는 것으로 분석되었고, 하천형태 미 바위의 수 도로와의 거리는 유의하게 나타나지 않음
- 정승규 외(2015)는 수변지역 핵심보전지역 설정을 위해 한강의 제1지류인 섬강을 대상으로 통계분석기반모형을 활용하여 분석함
 - 수달출현을 확인하기 위해 GPS와 무인카메라를 이용하여 수달의 배설물과 흔적조사를 실시하였으며 RCS(River Corridor Survey)를 이용하여 하천의 물리적인 요소와 자연환경요소에 대한 자료구축 및 평가모형에 반영하였음. 수달의 서식환경(수변지역의 토지피복, 하천시설물, 지형지물 등)과 수달의 선호 및 위협요인 변수는 기존 연구 자료를 토대로 설정하였음
 - 종과 서식지의 관계는 다변량 통계분석 중 로지스틱 회귀모형을 활용한 서식지적합성 평가 모형을 적용함으로써 핵심보호구역을 설정하고 하천자연도와 비교 평가함
 - 분석결과, 수달이 선호하는 환경변수가 수면에 위치한 바위가 풍부하고, 인접한 농경지 비율이 높은 지역임을 확인되었으며, 하천자연도와 서식지 적합성 평가결과가 유사하게 나타남

〈표 2-18〉 서식지 분석을 위한 투입변수

구분	변수구분	변수설명	데이터	
토지이용		수변 토지피복지역	RCS (River Corridor Survey)	
		수변 토지피복정도(%)		
		인접지역의 토지피복지역		
		인접지역의 토지피복정도(%)		
거리	연속변수	에서부터 거리 (m)		건축물
				농경지
				초목
				맨땅
				물
				총적도
하천시설	명목변수	수로	1:5000 Digital map	
		총적도		
		제방		
도로		도로(농수로, 지방도, 국도, 고속도로)		

자료: 정승규 외(2015), 서식지 적합성 평가를 이용한 수변지역 핵심 보전지역 선정

〈그림 2-24〉 하천자연도 및 서식지적합성 평가 지도



하천자연도평가지도

서식지적합성평가지도

자료: 정승규 외(2015), 서식지 적합성 평가를 이용한 수변지역 핵심 보전지역 선정

3. 국내사례

1) 대구 낙동강 수계 수달 보호활동 사례

(1) 낙동강 수계 수달 특성

- 대구광역시는 낙동강을 중심으로 신천, 금호강과 같은 지류가 풍부하게 분포하고 있어, 수달 서식에 유리한 자연조건을 갖추고 있음
 - 금호강을 중심으로 팔거천, 옥수천, 도원지, 안심습지 등에서 발견
- 대구광역시는 지속가능한 생명의 수달 도시를 목표로 2000년대 초반부터 수달을 모니터링하고 이를 보전하기 위한 정책을 지속해왔음
- 지속적인 모니터링을 통해 수달 서식의 주요 위협요인으로 금호강과 인근 소하천 간 이동 시 차량 등으로 인한 로드킬, 낚시행위, 야생들개로 분석하고 이를 위한 다양한 정책, 시민참여 활동 등을 시행함
 - 문화재청과의 지속적인 수달 서식 모니터링 결과 최근 5년 간 폐사한 23마리 중 13마리의 사인을 교통사고로 분석됨
- 모니터링 결과 2006년 16개체에서 2019년 현재 24개체로 증가한 것으로 나타남

(2) 보호 및 홍보 활동

- 수달 연구활동
 - 지속적인 서식환경 및 개체 수 모니터링 실시, 무선추적기 모니터링, 수달 행동생태, 보호전략 연구
 - (2010) 신천, 금호강 서식수달 생태환경 조사, (2015) 수달 생태환경조사 용역, (2018) 수달 행동생태 및 보호전략 연구용역
- 수달 서식환경 조성
 - 로드킬 방지를 위한 안내판 및 반사판 설치, 수달 홍보안내판 설치, 하천변 차폐식생 등의 사업을 추진함
 - 신천수달서식환경개선사업, 신천생태하천 복원 사업 등 직접적인 수달 휴식을 위한 인공섬 설치, 수변생태공원조성, 보와 어도개선사업을 추진함
 - 이와 함께 시민단체와 함께 수달서식지 통발, 수중쓰레기 제거사업을 실시함
- 수달 방사 및 구조활동
 - 수달의 서식지 보전 연구 및 지역 간 교류와 유전적 다양성 증진을 위한 범 기관적

협력사업 목적으로 전남지역에서 구조한 수달 개체를 자연 적응 훈련 실시 후, 대구 지역에 방사, 무선추적기로 모니터링 연구를 실시함

- 수달 개체 수 확대를 위해 2019년 수달 두 마리(암컷 한 쌍)를 방사하고, 무선추적 장치 신호를 통해 위치추적 실시
 - 방사 10일 후 암컷 1마리가 방사지 주변 폐통발에 갇혀 익사한 채 발견되었으나, 이를 기초로 위협요인제거를 위한 정책 추진
- 2020년 저수지 인근 경작지 울타리에 끼인 채로 발견된 수달새끼를 구조하여 동물병원으로 인계

〈그림 2-25〉 대구 수달 보호활동



수달 생태섬

방사한 수달

수증정화활동



수달 안내판

자료: 김용민(2021.06.08.), 박원수(2019.12.30.), 최창현(2021.06.01.)

■ 수달 홍보활동

- 대구광역시의 친환경적인 이미지를 제고하기 위해 공식 캐릭터로 도달쭈(도시 달구벌 수달)를 개발하고 이를 적극적으로 활용하고 있음
 - 주요행사, 시정홍보, 이모티콘 개발 등

- 도시활력증진 지역개발사업을 통해 대구 중구의 동인동, 삼덕동지역을 수달을 주요 테마로 한 생태문화골목길을 조성함
 - 노후주택개선, 신천강변 생태트레일, 커뮤니티센터조성, 주민역량강화사업 시행
 - 특히 신천강변 생태 트레일사업을 통해 수달 생태벽화, 조형물 설치, 식재터널, 울타리식재, 수달터널 조성을 통해 해당 지역의 생태이미지를 강화

〈그림 2-26〉 대구 수달 홍보활동



도달수 캐릭터



수달수 활용 이모티콘



생태문화골목길

자료: 대구광역시 홈페이지(<https://www.daegu.go.kr/>), 대구광역시 도시재생지원센터(<https://jgursc.com/>)

(3) 주요주체별 역할

- 지방자치단체(대구광역시청, 대구광역시 달서구청)
 - (서식지 개선사업) 생태하천 복원, 생태섬 설치, 보와 어도개선, 로드킬 예방 표지판, 홍보안내판 설치
 - 신천 수달 서식환경개선사업, 신천 수달지 조성사업
 - (연구용역 및 모니터링) 지속적인 서식환경 및 개체 수 모니터링 실시, 무선추적기 모니터링, 수달 행동생태, 보호전략 연구
 - (홍보활동) 도달수 캐릭터(대구광역시 공식 캐릭터) 및 활용 이모티콘 개발, 수달 하트 포토존 개발, 도시활력 증진개발사업(생태문화골목길 조성)
 - (지원활동) 시민단체 활동 지원
- 광역단체(국립생태원 멸종위기복원센터, 한국수달보호협회, 전남야생동물 구조센터)
 - (수달방사) 수달 방사 및 모니터링
- 광역 시민단체((사)한국수달보호협회, (사)대구·경북 야생동물 연합)
 - 수달 생태환경 모니터링 및 보호전략 연구 용역 실시
- 지역시민단체(시민구조봉사단, 대구경실련, 대구환경운동연합)
 - (보호활동) 금호강 수중 정화작업(통발, 수중쓰레기 제거작업), 새끼 수달 구조 등
 - (기타활동) 수계인근 골프장 건립반대운동, 대구대공원 생태동물원 환경 개선활동, 서식지 인근 개발행위 반대활동

2) 안산시 안산갈대습지 공원

(1) 대상지 특성

- 안산갈대습지는 시화호의 상류부에 입지하고 있으며, 총 면적 1,037,500㎡로 시화호로 유입되는 비점오염물질을 저감하기 위해 반월천, 동화천, 삼화천 합류지점에 인위적으로 조성됨(김지현, 2018)
 - 식물 식재여부에 따라 폐쇄수역과 개방수역으로 구분되며, 폐쇄수역은 인공습지의 수질정화기능을 담당하는 갈대와 부들이 식재되어 있음
 - 개방수역은 식물이 식재되어 있지 않은 구간으로 수심이 1.0m-1.1m를 유지하고 있어 어류 및 야생동물에 서식공간을 제공해주고 있어 수달이 서식하기에 용이함

(2) 수달보호사례

- 안산시는 환경정책과에 안산갈대습지를 담당하는 전문계약직을 배치하여, 지속적인 관리에 초점을 두고 있음
- 타 지자체와 달리 수달보호를 위한 연구를 진행하기 보다는 전문계약직의 관리활동으로 수달 보금자리 및 휴식처를 제공하고 있으며, 안산갈대습지의 환경적 요인과 지속적인 관리활동이 수달 서식에 긍정적인 영향을 미치고 있는 것으로 판단됨
 - 소규모 웅덩이 조성, 생물 가림막, 인공휴식처, 인공보금자리 등

〈그림 2-27〉 수달 서식지 제공 활동



소규모 웅덩이

생물 가림막

교량하부 휴식처

수달 휴식처

인공섬

인공굴

3) 서울특별시 한강수계

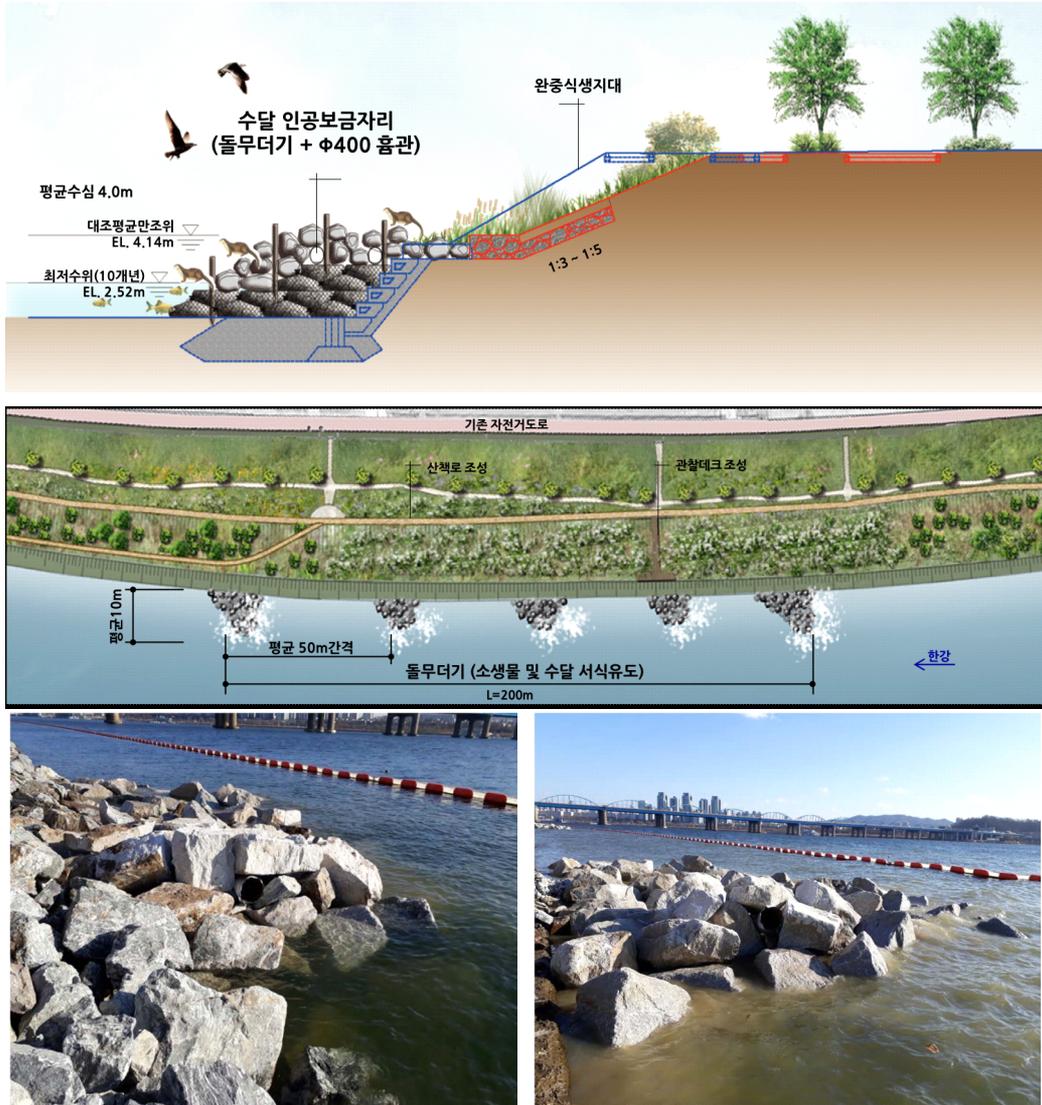
(1) 대상지 특성

- 2016년 한강 수계에서 수달서식흔적인 발견됨에 따라 본격적인 수달 보호노력이 진행되고 있음
 - 1997년 수달 사체 발견 보고 이후 부재하였으나, 2016년 탄천에서 생존 수달이 발견되었음(한강유역환경청, 2016)
 - 최초발견 이후 2016년 한강수계 생물상 조사 및 수달 복원 타당성 조사, 2017년 한강수계 수달 정밀 모니터링 및 보호방안 연구로 이어지며 수달보호를 위한 노력을 추진하고 있음
- 서울특별시의 수계는 한강본류를 중심으로 국가하천 중랑천, 안양천이 있으며 지류로 청계천, 탄천 등으로 구성되어 있음
- 2017년 연구결과, 성내천 합수부와 광진교 부근에서 수달의 흔적을 발견하였으며, 한강수계 내 총 4개체가 생존하고 있을 것으로 판단하였으며(한강유역환경청, 2017), 이후 지속적으로 수달이 발견되고 있음
 - 팔당댐 상류에서 도로를 통해 넘어온 것으로 추정(한강유역환경청, 2017)

(2) 수달보호방안

- 인공 보금자리 조성
 - 팔당댐 상류에서 건너오는 수달을 보호하고 인근으로 보금자리를 마련하기 위해 시범적으로 인공 보금자리를 조성함
 - 바위 쌓기 공법을 통해 바위 인근으로 수생식물을 자라게 하고, 이를 통해 조류, 포유류, 양서류 등 소형 동물들이 유입될 수 있도록 할 수 있음
 - 이를 통해 은폐된 수달 보금자리로 역할을 할 수 있음

〈그림 2-28〉 수달 인공보금자리 조성 사례



■ 서울수달네트워크 활동

- 지속적으로 서울 내 한강 수계에서 수달서식이 확인 됨에 따라 시민사회를 중심으로 서울수달네트워크를 출범하고 다양한 활동을 추진하고 있음
 - 사회적협동조합 한강, 생태보전시민모임, 에코맘코리아 등 15개 환경단체, 조합, 시민
- 서울 하천 곳곳에서 수달 모니터링과 보호활동을 추진하고 있음
 - 중랑천환경센터(중랑천, 청계천), 고덕천을 지키는 사람들-생태보전시민모임(고덕천), 숲여울기후환경넷(탄천), 사회적협동조합 한강(여의도 샛강)

- 시민들의 참여를 위한 시민참여 여의도 셋강 수달놀이터 만들기 활동, 수달언니들 활동, 펀딩활동 등을 진행하고 있음
- 사회적 협동조합 한강의 경우, 여의셋강생태공원 운영관리를 담당하며, 수달 등 서식 환경 개선활동을 진행함
- 시민펀딩을 통해 수달모니터링, 서식지활동에 대한 자발적인 기금 마련

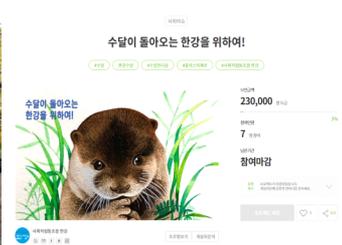
〈그림 2-29〉 시민참여 수달 보호활동



시민참여 수달 모니터링



셋강 수달 놀이터 만들기 활동



수달보호활동 펀딩

수달언니들 모집

한강의 수달을 돌봐줄 자원봉사자를 모집합니다. 수달언니들이 되어주세요. 수달언니들은 수달에 관한 생태교육을 받고, 수달 서식지의 모니터링과 먹이주기 활동을 진행합니다.

☎ 모집인원: 30명
☎ 모집기간: 11월 25일(목) ~ 12월 1일(수)

일정	장소	강사	방법
1/21(목) 오후4시	수달의 이해	윤라민 (oom)	온라인
1/25(금) 오후4시	수달 모니터링 방법론, 모니터링 보고서 작성법	시민과학연구소 윤라민, 최종민 (oom)	온라인
1/27(수) 2/5(목)	생태현	한강 백영은	현장
	고려현	한강 백영은	현장
	청계천대	한강 백영은	현장
2/8(목) 오후4시	모래방 보고서 작성 실습	최진우, 박영수	온라인 (oom)
2/7(목)	달빛 모니터링 진행 / 먹이 실습	달빛	현장

사회적협동조합 코오롱

수달 활동가 육성프로그램

한강 물길 가을 기행

태백 검룡소부터 서해 하구까지

514km에 달하는 한강에서 가장 맑고 좋은 구간을 알려드립니다. 가을이 가장 아름다운 계절이 되기도 하는 맑고, 거대한 강이여 할 기쁨을 드립니다. 태백 검룡소에서 우리 사냥개 송곳니 여의도를 경유 용강에서 가을 단풍과 비오리의 비상을, 한탄강에서 수은 년 가을에 달인 대재의 승경을, 여강에서 양서류 길에서 남한강의 여의도를, 여의도에서 도심 속 초록한 자연을 경험할 수 있습니다.

주최: 국립자연휴양림관리국, 주관: 사회적협동조합 코오롱

시민참여 트레킹 활동

한강 상종하류 시민과학자 및 대중 공동조사 결과공유 및 정책토론회

2021년 11월 25일(목) 14:00~16:00

여의셋강센터

기조발제
한강 상종하류 시민과학자 공동조사 결과 공유: 상종하류 하구 하류에 서식하는 수달의 서식지 특성

사회적협동조합 코오롱
- 한강 상종하류 시민과학자 공동조사 결과 공유: 상종하류 하구 하류에 서식하는 수달의 서식지 특성

지침토론회
- 수달 서식지 특성
- 수달 서식지 특성
- 수달 서식지 특성

참석대상: 시민과학자, 시민단체, 전문가, 학생, 시민과학자, 시민단체, 전문가, 학생, 시민과학자, 시민단체, 전문가, 학생

주최: 주관: 후원: K-water

정책토론회

자료: 사회적협동조합 한강 홈페이지(coophangang.kr)

4) 기타 멸종위기종 보호사례

(1) 경북 울진 산양 보호활동 사례

■ 울진지역 산양 특성

- 산양(Long-tailed Goral, Naemorhedus caudatus, Milne-Edwards, 1867)은 우제목(Artiodactyla) 소과(Bovidae)에 속하는 종으로서 계통진화학적으로 소과의 조

상형질을 가진 원시적인 현존동물임(국립생태원, 2020a)

- 산양은 아시아 동부와 북부 산맥 위치한 러시아 동부(시호테 알린, 프리모스키, 하바롭스키 등), 중국 북동부(소싱안링산맥, 지린 및 흑룡강 일원), 북한, 한국(비무장지대, 설악산, 울진, 삼척 등의 백두대간과 낙동정맥 일원)에 분포하고 있음
 - 이후 산업화가 진행됨에 따라 산림 개간, 벌채 등 산림 이용 증가와 서식지 감소, 산림을 관통하는 도로와 임도, 등산로 개설 등으로 인해 서식지 파편화 현상 점차 증가
- DMZ 일원, 백두대간(설악산, 월악산, 오대산), 울진·삼척 권역은 비교적 안정된 개체군을 형성하고 있으며, '17년 기준 야생개체 89마리임(환경부, 2018)
 - 주로 바위가 많은 산악지대로 600~1,000m에서 서식, 경사도는 30~35°, 남향 선호
 - 여름철은 높은 고도, 겨울철은 낮은 고도 선호, 수계와의 거리 100m 이내 선호
- 세계자연보전연맹 적색목록(IUCN Red List) 취약종(VU, Vulnerable)으로 지정, 멸종위기에 처한 야생동식물의 국제거래에 관한 협약(CITES) 부속서 I에 속함
 - 환경부 멸종위기 야생생물 I 급('98년), 문화재청 천연기념물 제217호('68년) 지정
- 직접적 위협요인
 - 밀렵 : 약용 및 박제 등을 위한 사냥으로 산양 개체 수 감소
 - 개발압력 : 도로 건설, 채석장 건설, 대체 에너지 개발(풍력발전, 태양광), 송전탑 건설, 삭도(케이블카)건설 등으로 인한 서식지 파편화 및 감소
 - 로드킬 : 차량 충돌로 인한 야생 개체 수 감소
 - 질병확산 : 호흡기성, 소화기성, 전염성 질병
 - 기후변화 : 저온, 폭설, 일조량 부족 등 이상기후에 따른 먹이 부족 폐사
- 간접적 위협요인
 - 보전 인식 부족 : 야생동물 보신문화, 개발 제한 불만, 개발우선 정책
 - 유해조수 저감 : 농작물 피해 예방 및 유해조수 구제 과정에서 발생
 - 생태정보 부족 : 개체군 유전 및 질병 관리 미흡
 - 서식지 관리 미비 : 개발사업에 의한 서식지 훼손 및 보호지역 지정·관리를 위한 효율적 정책 대응 미흡

■ 보호 및 홍보 활동

- 울진 산양보호활동
 - (연구활동) 산양서식 실태조사, 산양전수조사 및 모니터링
 - (2003년) 삼척, 울진, 봉화지역 산양서식실태조사 및 보호방안 연구, (2013~2017

년) 울진 산양 서식실태 및 행동특성 연구

- (구조활동) 응급구조처치, 먹이주기 행사(급이대 설치)
 - 폐사관리를 위한 산양 응급구조체계, 급이대 설치 등의 활동을 추진함(환경부, 2015.02.24.)
 - 대구지방환경청, 왕피천 환경출장소, 울진군, 국립공원관리공단 종복원기술원, 지역주민으로 구성된 산양응급구조 체계 마련
 - 산양구조매뉴얼 개발 및 보급(국립생태원, 2020a)을 통해 응급구조 체계 확산
- (멸실관리) 36번 국도 산양 로드킬 방지를 위한 안내판 및 현수막 설치, 네비게이션 안내방송 게시, 보호웬스 설치

〈표 2-19〉 산양 응급구조체계의 역할과 기능

기간	대구지방환경청	왕피천환경출장소	울진군 (문화관광과)	국립공원관리공단 종복원기술원	지역주민
수행 역할	<ul style="list-style-type: none"> • 총괄계획 • 행, 재정지원 • 먹이공급 • 밀렵단속 	<ul style="list-style-type: none"> • 응급구조 • 보호활동지원 	<ul style="list-style-type: none"> • 법적처리 • 폐사체처리 	<ul style="list-style-type: none"> • 치료, 적응훈련 • 방사계획 수렴, 시행 	<ul style="list-style-type: none"> • 현장순찰 • 상황전파 • 지원활동

〈그림 2-30〉 울진 산양 보호활동



자료: 환경부(2016.02.24.)

- 울진 산양홍보활동
 - (캐릭터 개발) 울진군에서는 힐링관광도시사업 추진의 일환으로 지역 내 주요 보호종인 산양을 테마로 한 산양캐릭터를 개발함
 - 캐릭터를 이용한 기념품 및 상품제작, 마스코트 활용 등 다양하게 활용하고 있음.
 - (생태관광 프로그램) 금강 소나무숲길 예약가이드제 운영, 생태관광프로그램 개발 및 운영, 십이령 주막 문화촌과 연계한 마을 소득 활동 등
 - 금강소나무숲길은 울진 지역 산양이 집중적으로 서식하는 지역이자, 산림유전자원 보호구역으로 생태적가치가 높은 지역

- 예약가이드제 운영은 이용자 수 제한으로 인근 지역주민 소득에 영향을 미칠 수 있는 사안이나 지역주민, 전문가, 행정의 참여한 실무협의회를 통해 운영 합의

〈그림 2-31〉 울진 산양 홍보활동



울진 산양캐릭터



십이령주막문화촌

자료: 울진군청 홈페이지(<http://www.uljin.go.kr/>)

■ 주요주체별 역할

- 지방자치단체(울진군청)
 - 산양캐릭터 개발, 홍보활동, 보호활동 지원
 - 산양위협요인 제거활동, 로드킬방지 보호대 설치
- 광역단체(대구지방환경청, 국립공원관리공단, 국립생태원)
 - 산양 모니터링 및 연구활동, 밀렵단속, 산림관리
 - 먹이공급행사, 급이대 설치, 응급구조활동, 치료 및 적응훈련, 방사활동
 - 금강소나무숲길 예약가이드제 운영
- 시민단체(녹색연합, 산양사향노루보호협회 울진군지회, 야생동물연합 등)
 - 먹이공급행사, 응급구조활동 지원, 모니터링 지원
- 지역주민(금강송면)
 - 산양 모니터링 활동 지원, 소득사업 활동(식음료판매, 숙박)

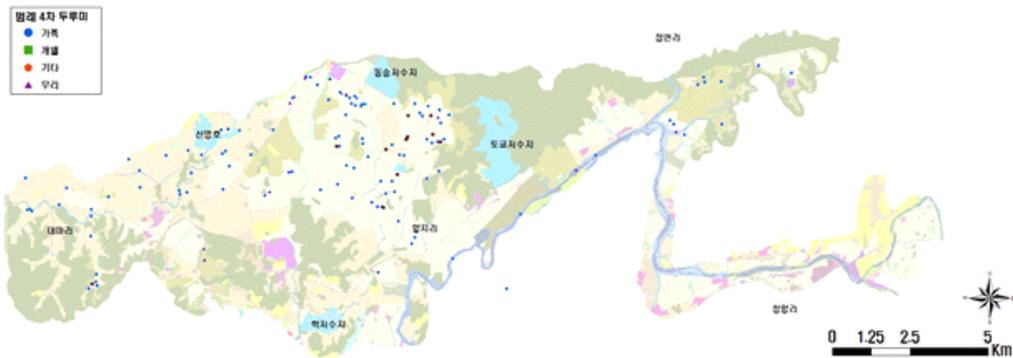
(2) 강원 철원 두루미 보호활동 사례

■ 철원지역 두루미 특성

- 두루미는 IUCN Red List 위기종, 환경부 지정 멸종위기 야생생물 I 급, 문화재청 지정 천연기념물 제2020호로 지정되어 있는 보호종임
- 두루미는 생태계의 우산종(umbrella species)으로 야생에서 두루미를 보호하는 것은 광범위한 서식지에 존재하는 깨끗한 물과 흙, 공기는 물론 다양한 동물군과 식물군을 보호하는 것을 의미(Petter, 2001)

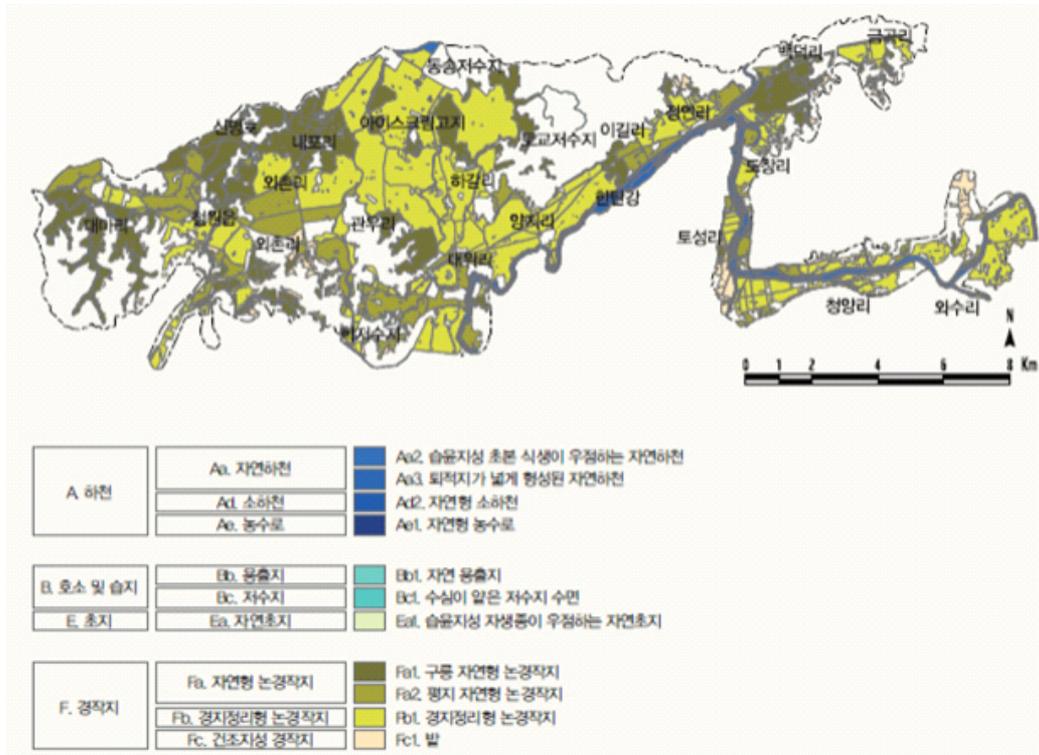
- 두루미는 동북아시아 일대에 서식하며, 전 세계적으로 두루미는 약 2,750개체로 추정됨(세계자연기금, 2016). 번식기에는 러시아 동남부와 중국 동북지역, 몽골에 서식하며, 월동지는 북한, 한국, 일본 중국의 농경지와 습지임(Meine and Archibald, 1996)
- 국내에서는 철원평야, 연천, 파주, 강화도, 김포, 순천만 주남저수지 등지에서 월동하는 것으로 조사되었으며, 가장 많은 개체 수가 분포하고 있는 지역은 철원평야임(환경부, 2019)
- 두루미는 방해요인이 적고 넓은 면적을 가진 농경지를 선호하는데, DMZ인근으로 인간으로부터의 간섭이 적고 농경지가 넓게 분포하고 있는 철원평야가 이러한 조건을 충족시킬 수 있음
- 최근 20년 간 철원평야 두루미 개체수가 증가하고 있는데, 1980년대~90년대 북한으로부터의 유입, 2000년대 먹이주기 활동으로 증가하는 것으로 판단(유승화 외, 2011)
- 최근 습지의 파괴와 훼손, 토지이용의 파편화 등으로 인해 두루미 서식에 위협이 되고 있음(세계자연기금, 2016)
- 2019년 12월 현재 1,029마리 서식 확인(환경부, 2019)

〈그림 2-32〉 철원평야 두루미 분포



자료: 한국생태관광협회(2017), 철원두루미 서식지 보전 및 현명한 이용을 위한 2차년도 사업의 연구

〈그림 2-33〉 철원평야 두루미 취식지 분포



자료: 한국생태관광협회(2017), 철원두루미 서식지 보전 및 현명한 이용을 위한 2차년도 사업의 연구

■ 보호 및 홍보활동

○ 철원 두루미 보호활동

- (연구활동) 철원군의 두루미는 환경부, 철원군 등 공공기관을 중심으로 지속적으로 연구활동을 진행하고 있으며, DMZ라는 특수성을 고려하여 생태·평화공원 조성 등 DMZ개발 등을 위한 기초연구 등 다양하게 진행되고 있음
- 또한 철원평야가 겨울철 철새도래지로 중요한 역할을 하고 있어 겨울철 조류 동시 센서스(환경부)를 통해 두루미를 지속적으로 모니터링 하고 있음
- (서식지 관리) 겨울철 철새의 서식지와 먹이 보전을 위한 노력을 민,관이 협력하고 진행하고 있음
 - 먹이제공을 위한 우렁이와 볏씨제공, 전신주 표식 부착
 - 벼 미 수확 존치, 볏짚남기기, 논물 가두기(무논)로 잠자리 공간 제공

〈그림 2-34〉 철원평야 두루미 보호활동



자료: 철원생태관광협회의 홈페이지(<https://cwdetour.com/>)

- 철원 두루미 홍보활동
 - (생태관광) 환경부에서 2018년 철원 DMZ철새도래지를 생태관광지역으로 선정하고 이에 대한 보전활동과 생태관광프로그램 운영을 위해 생태관광협회를 조직하고 다양한 활동을 진행하고 있음
 - 생태관광지역 인근 4개 마을(대마리, 양지리, 이길리, 정연리)을 두루미 생태마을로 조성하여, 두루미와 관련된 체험프로그램개발하고 운영하며, 그 외에도 숙박, 식당을 운영함
 - 두루미평화관(대마리), 두루미평화타운(양지리), 두루미체험관(이길리) 등
 - (홍보활동) 철원군에서는 두루미를 활용한 캐릭터와 마스크트를 개발하여 다양한 군정활동에 활용하고 있음

〈그림 2-35〉 철원평야 두루미 생태관광프로그램 루트



자료: 철원생태관광협회의 홈페이지(<https://cwdetour.com/>)

(3) 주요주체별 역할

- 지방자치단체(철원군청)
 - 두루미 캐릭터 및 마스코트 개발
 - 두루미 관련 기초연구, 두루미 관련단체 지원
 - 관련 조례 제정(철원군 DMZ 두루미평화타운 및 철새도래지 관리·운영 조례)
 - 철새를 보호하고 지역주민의 소득 창출에 기여함을 목적으로 2020.12.31 시행
- 광역단체(환경부, 원주지방환경청)
 - 두루미 서식 모니터링, 관련연구
 - DMZ 생태·평화공원 조성 계획
 - 생태관광지역 선정 및 관련 활동 지원
 - 두루미 서식지 보전사업 확대(먹이주기 행사, 서식지 보전 활동 지원 등)
- 시민단체(사단법인 한국생태관광협회, 세계자연기금 등)
 - 먹이공급행사, 응급구조활동 지원, 모니터링 지원
 - 철원 두루미 가이드북 제작 등 홍보활동
- 지역주민(철원 DMZ 생태관광협의체, 마을지역주민, 지역농민)
 - 논물가두기, 벼짚남기기, 볍씨남기기 활동 참여
 - 생태관광프로그램 개발 및 운영, 숙박 및 식당 및 소득활동

(4) 네이처링

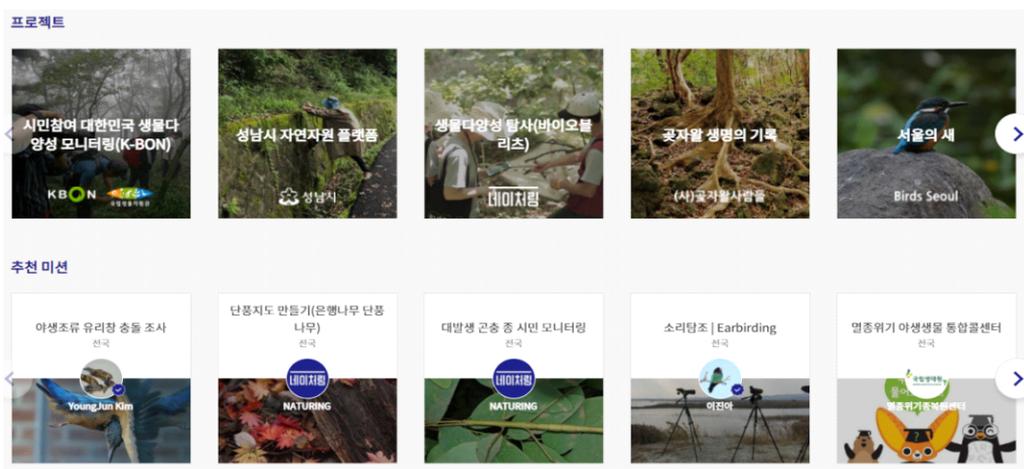
■ 플랫폼 개요

- 네이처링은 언제 어디서나 쉽게 사용할 수 있는 온라인 기반 자연활동 공유플랫폼으로 누구나 쉽게 자연관찰결과를 공유할 수 있고 이를 데이터베이스를 축적해나가고 있음
 - 시민과학자(자연관찰자, 자연안내자)의 자발적인 참여로 이루어지는 생물다양성 시민 과학 플랫폼으로 의미가 있음
- 단순 자연관찰 플랫폼 역할 뿐만 아니라 다양한 단체와 함께 특정종에 대한 데이터베이스 미션, 모니터링 호라동 생물다양성 탐사 등의 활동을 운영함

■ 플랫폼 활동

- 시민참여 대한민국 생물다양성 모니터링(K-BON)
 - K-BON(Korea Biodiversity Observation Network-시민참여 한국생물다양성 관측 네트워크)은 환경부 국립생물자원관이 전문연구기관, 시민과학자, 동호회와 함께 국가 기후변화 생물지표종의 모니터링 등을 통해 한반도 생물다양성의 변화 관측과 보전을 위해 활동하는 프로그램임
 - 국가 기후변화 생물지표종을 중심으로, 지속적인 조사·관리가 필요한 종을 기록하여 대한민국 생태계 변화를 예측하기 위해 진행되며, 국민 누구나 참여할 수 있음
 - 현재 참여자는 1,102명이며 관찰기록은 97,934건임
- 생물다양성 탐사(바이오블리츠)
 - 바이오블리츠(Bioblitz)는 특정지점에 어떤 생물이 함께 사는지 찾고 기록하는 생물다양성 탐사의 한 형태임
 - 1996년 미국 국립공원에서 처음 진행된 프로그램으로 생물분류군별 전문가와 시민이 함께 모여 일정한 공간의 생물종을 찾아 목록으로 만드는 활동
 - 다양한 지자체와 시민단체, 학교, 마을 등에서 네이처링과 함께 생물다양성 탐사대회를 시행하고 있음
- 지자체 연계 미션
 - 지자체와의 협력을 통해 자연환경모니터링 플랫폼으로 활용하고 있음
 - 성남시에서는 지역 환경문제와 환경시책 추진 상황에 대한 의견수렴, 자연자원 현황 파악 등을 위해 11개 분야의 모니터링을 진행하고 이에 대한 데이터베이스를 구축함

〈그림 2-36〉 네이처링 주요 프로젝트



자료: 네이처링 홈페이지(<https://www.naturing.net/>)

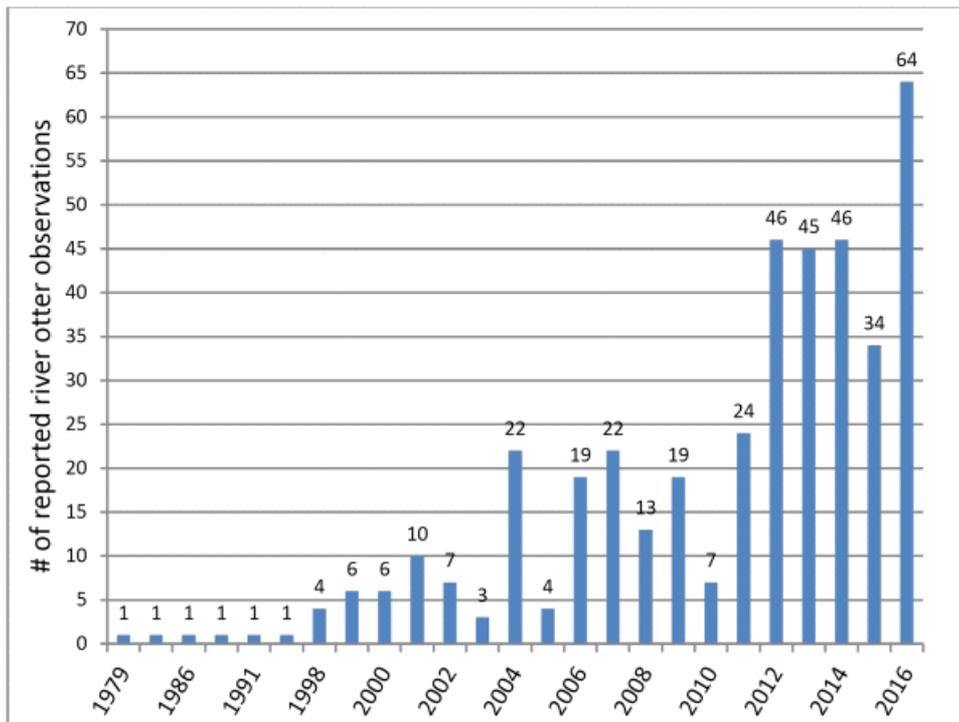
4. 국외사례

1) 미국 사우스 다코타강 수달 보호사례

(1) 보호종 특성

- 미국 사우스다코타주에서는 수달(북미수달, River Otter) 보호를 위해 1979년 보고서 발간을 시작으로 다양한 활동을 하고 있음(SDGFD, 2020)
 - (주단위 지위) 위협받는 포유류 목록, 사우스다코타 자연유산 프로그램의 모니터링 대상, 국가 유산 등급 S2(위기종), 사우스다코다 야생생물 액션플랜 내 보존이 가장 필요한 종으로 포함
 - (연방단위 지위) NatureServe 글로벌 순위 G5(좋은 안전함), 미국 산림청 지역2에서 민간한 종으로 간주, CITES에 따른 부록II
- 이를 통해 1979년 연간 0~1마리 수준에서 2019년 현재 총 58개체의 발견빈도를 보이고 있는 등 좋은 성과를 보이고 있으며, 사우스다코타주 전역에서 발견되고 있음

〈그림 2-37〉 사우스다코다주 수달 발견 보고 건 수(1979~2016)



자료: SDGFD(2020)

- 그리고 2012년부터는 사우스다코타 강 수달관리계획을 수립하여 체계적인 관리체계를 구축했으며, 2020~2029년 관리계획을 신규로 조성하여 이전 성과를 바탕으로 앞으로의 수달보전활동을 위한 계획을 마련함

(2) 보호노력

- (1998년) Flandreau Santee Sioux부족을 중심으로 Big Sioux강에 수달 재도입을 위해 1998년~1999년 2년간 총 35마리의 수달을 방사하였음
 - 단 방사한 수달은 추후로 모니터링 되지 않았다는 단점이 있음
 - 추후 모니터링에서 Big Sioux강 인근을 중심으로 발견되어 수달 보전에 큰 역할을 한 것으로 고려됨
- (2000년) SDGFP(사우스다코타 사냥, 어류 및 공원부, South SOUTH DAKOTA DEPARTMENT OF GAME, FISH AND PARKS PIERRE)와 사우스다코타 주립대학교 생물학과의 협력으로 주 내 수달 분포와 수달 재도입 가능성 평가를 실시함
- (2005년) SDGFP를 중심으로 지속적으로 수달의 상태를 검토하고, 사체 수집 및 부검의 필요성을 제기하고 이를 시행함
- (2008년) SDGFP에서 수달에 대한 기본정보를 제공할 수 있는 브로셔를 만들고 배포하고, 위협요인 중 하나인 모피 수집 면허소유자에게 우편으로 발송함
- (2012년) 사우스다코타강 수달관리계획 수립 이후, 지속적으로 학계와 함께 수달 분포, 서식지평가, 위협요인 및 서식, 추적조사 등을 실시함

(3) 보호목표와 전략

- 사우스다코타주의 수달 보호를 위해 SDGFP에서는 수달관리계획을 수립함
- 기본적인 개체 수 추정 및 사망원인 분석 등에 초점을 맞춰 공식적인 데이터를 확보하기 위한 구체적인 방법을 제시하고 있으며, 지역주민과의 관계를 고려하여 수립시기 수달관리를 위한 이행사항 전달, 대중들을 대상으로 한 정보제공에 대한 내용을 포함함
- 목표: 수달이 적합한 서식지에서 살 수 있도록 하고 사회적 관용 수준 내에서 지속가능한 사용과 즐거움을 제공하기 위해 과학적으로 건전한 데이터와 기술로 강 수달 개체군을 관리함
- 전략1) 수달관찰하기
 - 수달 개체 수 정보 수집
 - 수달에 대한 정보를 수집하기 위해 필요한 경우 사체에 대한 부검을 실시하여 연령,

성비, 생식, 형태, 식이 및 신체 상황에 대한 정보 수집 및 분석을 실시

- 오염물질 및 유전 분석에서 저장된 조직 샘플의 사용 필요성을 결정
- 장기 모니터링 프로그램 개발 및 구현
 - 과학적으로 건전하고 실행가능한 모니터링 방법 식별 및 검토
 - 조사 기술로서 현장카메라의 타당성을 평가
 - 종 점유모델 및 개체 수 추정할 수 있는 방법 개발 필요성을 결정
- 전략2) 지속가능한 수렵 허용
 - 매년 기존 데이터를 검토 및 분석하여 수렵 시기에 이행해야하는 사항을 알림
 - 수렵 이행 및 보고에 필요한 주 및 연방 요구조건 준수
 - 원주민 부족 및 연방 토지 관리기관과 같은 보존 파트너와 협력
- 전략3) 정보 제공 및 지원
 - 관리 요구와 과제를 포함하여 수달에 대한 대중 인식을 증진
 - 사고로 인한 수달의 사망을 줄이는 방법에 대해 정보를 제공
 - 수달에 대한 대중의 태도를 평가할 수 있는 기회를 탐색
 - 수달과 다른 수중 서식 종과 상충될 수 있는 상황에 대해 대응
 - 2021년 하천 수달관리계획에 명시된 하천 수달 포획 및 이동 프로토콜 구현
 - 위치 프로토콜을 검토하고 필요에 따라 업데이트
 - 서비스 요청 빈도와 범위 평가
- 전략4) 계획평가
 - 2025년 12월 31일까지 본 계획에 대한 중간 계획평가를 실시
 - 지역 자원감독자를 포함한 주요 경영계획 인력과의 회의를 통해 관련되지 않거나 필요하지 않거나 효과적이지 않은 목표, 전략 및 조치를 확인
 - 평가를 요약하고 야생동물 프로그램 관리자에게 제공
 - 2029년 12월 31일까지 최종 평가계획을 실시
 - 핵심 경영계획 인력과의 회의를 통해 완료되지 않았거나 필요하지 않거나 효과적이지 않은 목표, 전략 및 조치를 확인
 - 야생동물 프로그램 관리자와 협력하여 새로운 계획 또는 업데이트된 계획의 필요성을 판단
 - SDGFP위원회에 요청 및 필요에 따라 계획 구현 진행상황에 대한 업데이트 제공

2) 일본 히가시히로시마시 장수도롱뇽 보호사례

(1) 보호종 특성

- 일본장수도롱뇽(*Andrias Japonicus*)는 양서류 도롱뇽목 일본장수도롱뇽과에 속하며 일생을 하천에서 보내는 양서류임(박아연 외, 2019)
- 일본 고유종으로 1952년 일본 국가 특별 천연기념물로 지정되었고, 유네스코 조약에 의한 국제희소야생동식물종 지정, IUCN Red List의 위기근접종(NT), 일본 환경성의 취약종(VU)으로 지정되어 보호받고 있음
- 서식지는 혼슈 서부, 시코쿠와 큐슈 북부지역 산간부로 한정되었으며, 히로시마현이 소재한 주고쿠지역 산지에도 서식하고 있음
- 야행성이며, 낮에는 강가의 구멍이나 큰 돌 아래에 숨어 있다가 밤이 되면 활동하며, 본 사례의 대상지인 히가시히로시마시 도요사카정 역시 주요 서식지임

(2) 주요주체별 활동

- 연구기관-히로시마대학 종합박물관
 - 일본장수도롱뇽 보호활동 네트워크의 지역 전문가 집단 및 연구기관으로 활동
 - 박물관을 활용한 체험형, 실증형 교육과 사회 연계를 추진
 - 도요사카 내 일본장수도롱뇽 생태 연구, 도요사카 소학교 물환경 출장수업 지원
- 시민단체-히가시히로시마시 자연연구회
 - 일본장수도롱뇽 모니터링 지원, 정기 및 비정기 서식분포 조사
- 시민단체-도요사카 내 주민단체(도요사카의 자연을 지키는 모임, 일본장수도롱뇽서식지를 지키는 모임)
 - 일본장수도롱뇽이 사는 마을 간판 설치
 - 골프장 및 산업폐기물 처리장 건설 반대운동
- 시민단체-히가시히로시마시 일본장수도롱뇽의 모임
 - 히가시히로시마시 자연연구회, 도요사카의 자연을 지키는 모임, 일본장수도롱뇽의 서식지를 지키는 모임 3개 단체의 연합모임
 - 일본장수도롱뇽의 분포와 개체 수 파악, 지역에서의 교육·보급활동
- 광역규모 시민단체-일본장수도롱뇽회
 - 일본 전역의 일본장수도롱뇽 연구조사, 보호활동 그 외 관련사업에 연관된 사람들 간의 정보교환 활동

- 연 1회 일본장수도롱뇽 대회 실시를 통한 홍보활동
- 행정-히가시히로시마시
 - 천연기념물 조사를 위해서는 행정 허가가 필수적이므로 행정협력이 반드시 필요함
 - 보호활동에 대한 예산 사용, 홍보용 소책자제작 및 전시 허가 지원
 - 환경기본계획 입안과 시내 학교 대상 환경수업 실시
- 행정-도요사카 소학교
 - 지역하천과 일본장수도롱뇽을 주제로 도요사카 소학교 4학년 대상 환경수업을 실시하고 있으며, 시 행정, 히로시마대학교, 주민단체, 지역주민이 함께 진행

〈그림 2-38〉 일본장수도롱뇽 사례



자료: 박아연·문원섭(2019)

3) 몽골 고비곰 보호사례

(1) 보호종 특성

- 몽골 고비곰은 몽골 자국 멸종위기동물 적색책자 등재종, IUCN Red List 절멸위급종, 멸종위기 야생동물 국제거래에 관한 협약 부속서 I 종, 이동성 동물과 조류의 보전을 목적으로 하는 본협약 부속서 I 종으로 등재된 절멸직전의 보호종임(쿨란·윤순진, 2021)
- 고비곰은 따뜻한 고비사막 일대에 서식하는 종으로 전체 길이는 138~151cm이고 몸무게는 52~78kg 정도로 불곰 중에서는 작은 편에 속함
- 주요 먹이는 고비사막의 루바브의 뿌리, 니르라리아의 열매, 산쑥 등 식물류이며, 간헐적으로 죽은 토끼, 양서류, 설치류, 산양 등의 사체를 먹은 흔적이 발견됨
- 멸종위기 원인으로서는 식수부족, 가축 및 사람에 의한 교란, 함정, 물과 음식에 접근하기 위한 이동, 가축과 인간 활동과의 먹이 및 서식지 경쟁 등임

(2) 주요주체별 활동

- 행정기관(몽골 환경부)
 - 1930~1940년대 고비곰 사냥금지 조치, 1975년 서식지 특별보호구역 지정
 - 1985년부터는 봄 시기에 먹이와 물 제공해주는 사업
 - 2013년 대중인식제고를 위한 고비곰의 해 선언
 - 먹이와 물 사업 확대, 카메라 추가 설치 등
 - 시민단체, 민간기관 활동 지원, 곰 보호국가 프로그램 계획 문건 작성
 - 고비곰 홍보 홈페이지 개설(www.mazaalai.org)
- 연구기관(국제학자, 미국 곰학회, 등)
 - 고비곰 프로젝트: 고비곰에 추적장치를 장착한 후 곰의 행동 방식, 이동경로, 성격에 대한 새로운 정보를 수집하여 유전적 정보와 번식, 생존율에 대한 정보를 생성
 - 중국과 몽골 공동조사단 구성으로 곰 서식지 식물 자원 조사
- 시민 및 민간단체(방송국, 시민단체 마마, 고비의 곰-마잘리아 NGO단체 등)
 - 곰에 대한 TV프로그램, 책 발행, 세미나 주최, 기록 영화 제작
 - 옥수수, 콩, 토마토 등의 야채를 심어 영양가 있는 사료 생산
 - 통신사(모비콤)과 연계한 곰 22마리에 발신기 부착 지원
 - 멸종위기종 고비곰에 대한 글짓기와 그림그리기 대회 개최
 - 행사와 이벤트의 상징으로 고비곰 활용(몽골 오프로드 대회, 국제 미인대회 등)
 - 몽골무역개발은행 지원을 통해 곰 서식지 내 노후 우물 수리와 부품 교체, 샘물 원천 가꾸기 등 물사업 일환 추진, 관리사무소 지원
 - 고비곰을 활용한 전자사전, 운동화와 의류상품, 음료수, 휴지, 포도주, 어린이 축구팀, 연극단 캠페인

〈그림 2-39〉 몽골 고비곰 사례



서식흔적조사

위치추적기 설치

치료활동

자료: 고비곰 재단 홈페이지(www.mazaalai.org)

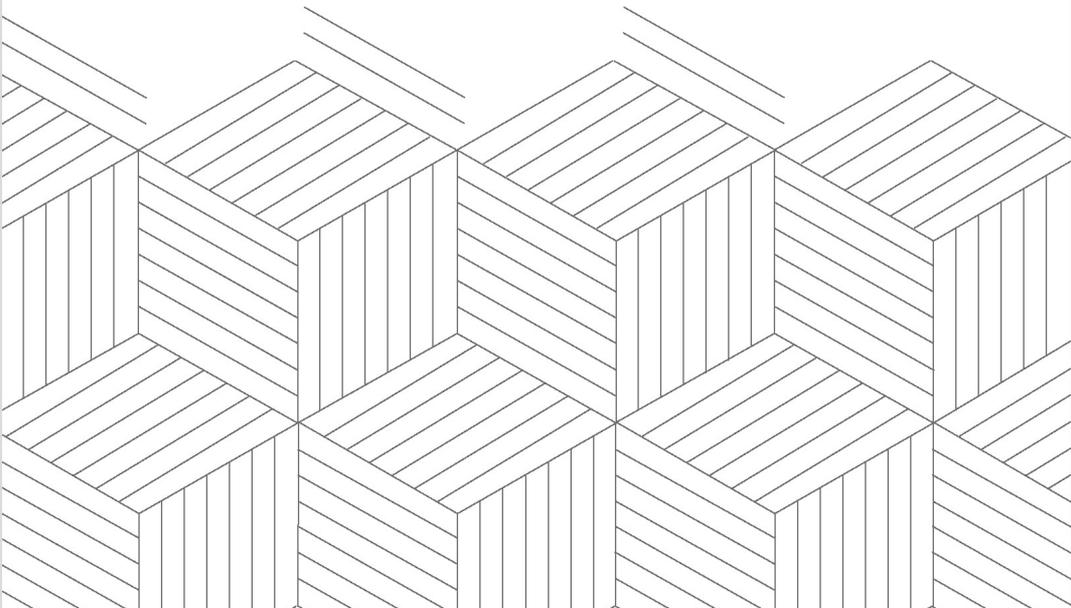
제4절 소결

- 수달은 천연기념물 제330호 및 멸종위기야생생물 I 급으로 지정된 보호종이자 건강한 수환경의 지표종, 생물다양성 유지하는 조절자의 역할을 하는 종으로, 하천 생태계의 생물 다양성 유지를 나타내는 중요한 야생생물임
 - 주요 먹이자원으로는 어류 종을 가장 선호하며, 양서류, 조류, 갑각류가 선택됨
- 수달의 커버자원으로는 보금자리, 은신처, 휴식공간이 있으며, 국내 서식 수달의 경우 풍족하고 다양한 먹잇감, 수달의 동굴(보금자리), 인간의 간섭을 피할 수 있는 한적한 부지, 하천수변, 제방에 풍부한 초지를 제공할 수 있는 강을 필요로 함
- 하천이 주요 서식지이기 때문에 서식공간이 일차원적인 직선형태를 띠고 있으며, 수달 수컷은 15km, 암컷은 7km의 세력권을 가지며 서로 중첩됨
 - 넓은 세력권을 가지고 있어, 수계 내 실제 개체 수는 적음
- 수달의 위협요인은 크게 하천오염, 서식지훼손, 인간의 활동, 로드킬, 수달보호를 위한 시민의식 부족을 꼽을 수 있음
 - 하천오염의 경우 축산폐수, 생활하수, 공장폐수, 농약 등의 하천유입으로 부영양화, PCB, 중금속 등으로 인해 주로 발생
 - 서식지 훼손의 경우 하천변의 콘크리트화, 수중보 및 댐의 설치, 저수지의 축조, 보금자리 공간의 부족으로 인해 발생
 - 인간의 활동의 경우 낚시와 그물설치, 양식장, 위락활동 증가가 주된 이유임
 - 로드킬의 경우, 세력권 및 이동경로 내 있는 도로에서 발생하는 경우임
 - 수달보호를 위한 시민의식 부족의 경우에는 수달을 대상으로 한 텃 설치, 밀렵행위가 주요 원인
- 수달 보호전략 수립을 위해 서식지 적합성 분석을 실시할 수 있음
 - 분석모형은 전문가 지식기반 모형과 통계분석기반 모형, 통합적 서식지 모형으로 구분할 수 있으며, 수달이 관찰하기 어려운 멸종위기종이라는 특성으로 인해 주로 전문가 지식기반 모형이 활용되고 있음
 - 서식지 적합성 분석을 위한 변수는 크게 커버자원, 먹이자원, 방해요인, 서식지 충실성으로 구분될 수 있으며, 분석에 활용되는 변수는 대상지의 특성과 수집 가능한 데이터, 분석기간 등을 종합적으로 고려하여 선정해야 함
- 모니터링 및 현장조사 결과를 기반으로 서식환경, 위협요인을 파악하고 이를 기반으로 서식변수 결정이 필요함

제3장

황구지천수계 수달 모니터링 현황

- 제1절 황구지천수계 수달 개체 수 모니터링
- 제2절 황구지천수계 수달 서식환경 모니터링
- 제3절 황구지천수계 수달 서식 위협요인
- 제4절 소결



제3장 황구지천수계 수달 모니터링 현황

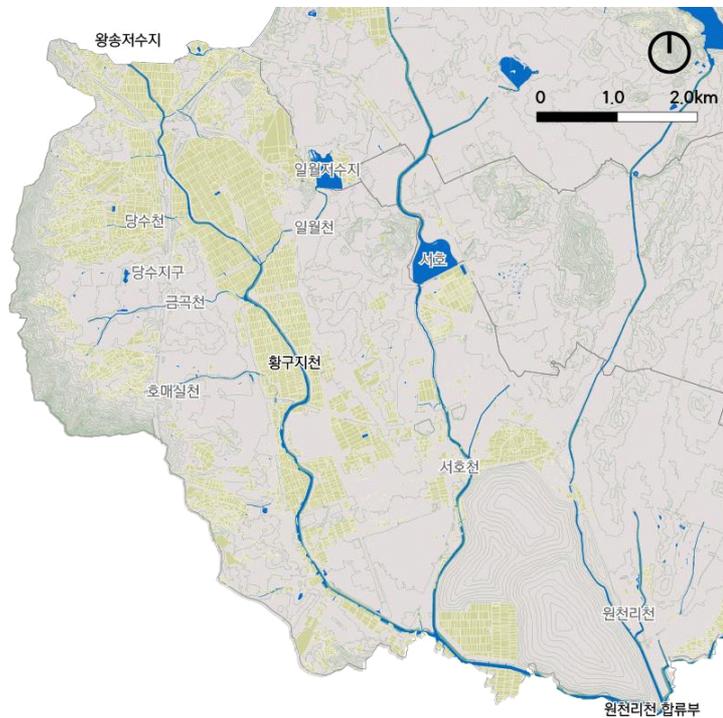
제1절 황구지천수계 수달 개체 수 모니터링

1. 조사방법

1) 조사범위

- 조사범위는 수원시 내 황구지천수계로 북쪽으로 의왕시 왕송저수지부터 남쪽 원천리천 합류부까지로 함(13.2km)
- 황구지천은 당수지구 하천, 일월저수지 합류 하천, 호매실 하천, 서호천의 수계와 연결되어 있어 해당 지천까지를 포함하여 모니터링을 실시함

〈그림 3-1〉 황구지천수계 수달 모니터링 대상지



2) 조사범위의 특성

(1) 황구지천 일반현황

- 황구지천은 안성천의 제2지류로서 유역면적은 84.75km², 유로연장이 18.81km²인 지방하천으로 본류인 황구지천(국가하천) 유역의 중·상류부에 위치함
- 의왕시 오봉산에서 발원하여 왕송저수지를 지나 남류하여, 서호천을 합류한 후 본류인 황구지천(국가하천)에 이름
 - 행정구역으로는 경기도 수원시·화성시·군포시·의왕시 일부를 포함하고 있으며 북측으로는 군포시 삼성산과 의왕시 오봉산, 동측으로는 수원천을 경계로 서측으로는 칠보산을 잇는 능선을 분수령으로 하고 있음
- 황구지천 유역의 토지이용상황은 도시 및 주거지가 약 47.3%, 농경지 약 23.5%, 임지가 약 25.6%로서 대부분 유역이 하천주변으로 주거지가 이루어져 있으나, 수원시내 타하천과 비교하여 농경지 및 임지의 비중이 높게 나타남
 - 유역 내 최근 지속적인 택지개발사업 등으로 인해 도시화율이 점차적으로 증가하는 추세이며, 장래에는 농경지 및 임지가 줄어드는 반면 도시 및 주거지 비율의 증가가 예상됨
- 유역상류부에 위치한 왕송저수지를 비롯하여 서호천의 파장저수지, 서호저수지, 영화천의 일왕저수지 등 농업용 저수지가 다수 위치하고 있음

〈표 3-1〉 하천현황

등급	과업구간		유역 면적 (km ²)	유로 연장 (km ²)	하천 연장 (km ²)	평균 고도 (EL,m)	평균 경사 (%)	하천 지정 고시
	시점	종점						
지방 하천	경기도 의왕시 초평동	경기도 화성시 황계동 시대항교 (황구지천(국가)기점)	85.75	18.81	13.04	56.20	8.67	'65. 03.01

자료: 국토교통부 서울지방국토관리청(2014), 진위천권역 하천기본계획 보고서

〈표 3-2〉 황구지천 지방하천 주요지점별 유역면적, 유로연장 및 유역형상계수

주요지점	유역면적 (km ²)	유로연장 (km ²)	유역평균폭 (A/L, km)	유역형상계수 (A/L ²)
황구지천 지방하천 하구	84.75	18.81	4.51	0.24
서호천합류전	45.38	15.67	2.90	0.18
호매실천합류전	33.17	11.81	2.81	0.24
일월천합류전	22.86	9.08	2.52	0.28
왕송저수지 출구	15.37	5.51	2.79	0.51

자료: 국토교통부 서울지방국토관리청(2014), 진위천권역 하천기본계획 보고서

- 황구지천 지방하천의 경우 하류구간의 하상경사가 1/1,530으로 매우 완만한 하상경사를 이루고 있음
- 일반적인 하도의 횡단형은 하도 중앙에 유심부가 이는 형상으로 나타나지만 자연흐름에서 대부분 하도는 여러 가지의 복합적인 요소에 의하여 유심부가 자완 또는 우완측으로 치우쳐 하도가 발달하게 되고 만곡부를 이루는 하도 외에는 큰 홍수 발생 후에 유심부의 변동이 발생하게 됨

〈표 3-3〉 황구지천 지방하천 주요구간별 하상경사 비교

주요지점	기본계획 축점	하상경사(m/m)	
		2007	2014
황구지천(국가)경제 ~ 기안교	No.0+000 ~ No.3+215	1/1,083	1/1,530
기안교 ~ 오목천교	No.3+215 ~ No.5+670	1/852	1/945
오목천교 ~ 금곡교	No.5+670 ~ No.9+095	1/788	1/795
금곡교 ~ 당수천교	No.9+095 ~ No.11+350	1/450	1/440
당수천교 ~ 황구지체2낙차공	No.11+350 ~ No.13+002	1/379	1/390
황구지체2낙차공 ~ 과업시점	No.13+002 ~ No.13+037	-	1/175

자료: 경기도의회(2018), 황구지천을 중심으로 한 경기도 하천관리방안에 관한 연구

- 하도의 횡단형은 통수단면의 크기와 형태를 의미하는 것으로 하도에 있어 단면 확대부와 축소부는 유속에 영향을 미쳐 궁극적으로 수위 변화와 하상의 세굴 또는 퇴적요인으로 작용함
- 횡단형은 크게 단단면형, 복단면형, 복복단면형 등으로 구분할 수 있음
 - 단단면형: 유량이 작은 중소규모의 하천에서 주로 띄는 형태
 - 복단면형, 복복단면형: 비교적 유량의 규모가 큰 중대하천에서 나타나는 경향
- 황구지천은 주로 편복단면과 복단면의 하천 형상을 보이고 있음

〈표 3-4〉 황구지천 지방하천 구간별 횡단형

구간	횡단형
No.0+000 ~ No.1+780 (하류구간)	<ul style="list-style-type: none"> • 양안에 군부대가 위치 • 저수로 정비가 미비하고, 고수부지가 비교적 적은 편복단면의 하천형상
No.1+780 ~ No.4+615 (중류구간)	<ul style="list-style-type: none"> • 대부분의 구간이 농경지로 이용되고 있으며 좌안에 수원산업단지 위치 • 편복단면과 복단면의 하천형상을 나타내고 있으며, 일부구간 석축으로 저수호안이 설치
No.4+615 ~ No.13+037 (상류구간)	<ul style="list-style-type: none"> • 대부분의 구간이 농경지로 이용되고 있으며 좌안에 권선행정타운이 위치 • 편복단면과 복단면의 하천형상을 나타내고 있으며, 제방호안은 호안블럭과 돌망태로 구성

자료: 경기도의회(2018), 황구지천을 중심으로 한 경기도 하천관리방안에 관한 연구

〈그림 3-2〉 황구지천수계 횡단면도



자료: 경기도의회(2018), 황구지천을 중심으로 한 경기도 하천관리방안에 관한 연구

- 황구지천 주요 하폭은 26m~120m로 좁은 편으로 이는 유속과 계절별 수심의 차이에 영향을 미칠 수 있음

〈표 3-5〉 황구지천 구간별 하도특성

측점(No.)	하폭(m)	저수로폭(m)	대표입경 (d50, mm)	비중(Gs)
0+000	100	61	0.52	2.65
1+780	75	35	0.96	2.59
2+080	74	41	0.13	2.66
3+080	120	76	1.40	2.58
4+115	62	30	0.71	2.57
5+115	52	33	0.05	2.66
6+115	71	37	0.72	2.66
7+115	59	41	0.98	2.57
8+120	52	35	2.45	2.57
9+085	72	36	2.49	2.56
1+055	38	19	0.57	2.56
11+255	36	18	1.08	2.57
12+055	26	14	1.12	2.56
12+965	42	21	0.99	2.57

자료: 경기도의회(2018), 황구지천을 중심으로 한 경기도 하천관리방안에 관한 연구

- 황구지천 유역 내 지방하천 중 황구지천은 하천 주변의 토지가 농경지 및 일부주거지로 이용하고 있는 점을 고려하여 계획홍수량을 결정하고 이를 기반으로 다양한 하천 시설물을 설치함
- 취수보의 경우 4개소가 위치하고 있으며, 최대 2.5m에 달하고 있어 생태단절의 원인이 될 수 있음

〈표 3-6〉 황구지천 지방하천 기본계획 수립연도별 계획홍수량

주요지점	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	계획홍수량(m ³ /s)			계획빈도
			1991	2007	2014	
황구지천 지방하천 하구	84.75	18.81	800	865	870	80년
서호천합류전	45.38	15.67	475	510	495	80년
호매실천합류전	33.17	11.81	-	355	385	80년
일월천합류전	22.86	9.08	235	265	265	80년
왕송저수지 출구	15.37	5.51	205	175	195	80년

자료: 경기도의회(2018), 황구지천을 중심으로 한 경기도 하천관리방안에 관한 연구

〈표 3-7〉 황구지천 지방하천 구간 내 하천시설물

치수시설물			이수시설물			기타 시설물
배수암거 (개소)	배수통관 (개소)	펌프장	양수장 (개소)	취수장 (개소)	취수보 (개소)	교량 (개소)
31	80	1	4	-	4	26

자료: 경기도의회(2018), 황구지천을 중심으로 한 경기도 하천관리방안에 관한 연구

- 황구지천의 유속은 1.21 ~ 3.73m/s으로 최대 유속의 경우 하폭의 영향을 미치는 것으로 나타남. 특히 주거 및 산업단지가 형성되어 있어, 하폭이 좁은 중류구간의 유속이 높은 것으로 나타남

〈표 3-8〉 황구지천 구간별 유속

구간	유속 (m/s)	소류력 (kg/m ²)	연장 (m)	독마루 폭기준	계획 홍수량 (m ³ /s)	여유고 기준	계획 하폭 (m)	사면 경사
하류구간 No.0+000~No.4+870 (신대황교 ~ 솔대교)	1.34~ 2.18	0.65~ 2.86	4,870	5.0m 이상	495~ 870	0.8m 이상	70~ 128	제내 1:2.0 제외 1:2.0
중류구간 No.4+870~No.4+870 (솔대교 ~ 금곡교)	1.21~ 3.73	4.27~ 13.53	1,396	5.0m 이상	265~ 385	0.8m 이상	39~ 65	제내 1:3.0 제외 1:3.0
상류구간 No.9+085~No.13+037 (금곡교 ~ 왕송저수지)	1.34~ 2.18	1.65~ 2.86	4,870	5.0m 이상	495~ 870	0.8m 이상	70~ 128	제내 1:2.0 제외 1:2.0

자료: 경기도의회(2018), 황구지천을 중심으로 한 경기도 하천관리방안에 관한 연구

(2) 황구지천 생태환경현황

- 수질측정망을 통해 수집되는 황구지천 수계의 수질 측정결과(BOD, COD기준) 약간 좋음 ~ 매우나쁨 사이로 나타남
- 총 2개소의 측정지점이 있는데 하류지역인 황구지천1지점보다 상류인 황구지천-2지역이 더 우수한 것으로 나타났으며, 최근 5년간의 데이터 분석결과, 전반적으로 수질이 개선되고 있음

〈표 3-9〉 황구지천 수질측정 결과

구간	연도	수온 (°C)	DO (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	TOC (mg/L)
황구지천1 (배양교)	2017	15.3	11.3	6.9	11.5	36.4	4.41	0.18	6.2
	2018	15.4	12.1	6.8	8.7	21.8	4.54	0.12	6.4
	2019	18.4	12.7	8.8	10.3	18.3	3.94	0.11	7.4
	2020	18.1	11.9	7.1	9	15.2	3.99	0.08	6.6
	2021	17.5	10.6	6.8	8.7	15.8	4.11	0.08	6.9
황구지천-2 (왕송저수지유출구)	2017	15.9	12.3	6.4	11.9	23.3	3.16	0.13	5.4
	2018	17.5	12.3	5.6	11.1	18.7	3.31	0.13	5.1
	2019	15.8	11.6	5.7	12.6	20.2	3.37	0.13	5.6
	2020	15.3	12.4	6.8	12	19.5	3.08	0.12	5.7
	2021	18.9	10.9	3.8	9.4	10.8	2.44	0.07	4.9

자료: 환경부(2021), 물환경정보시스템

- 수달의 주요 먹이자원인 어류 조사결과 황구지천(대황교동 지점) 내 어류 건강성 평가 등급은 2016년 D등급(나쁨)에서 2019년 C등급(보통)으로 좋아지는 추세이나 전반적으로 C~E등급으로 어류 개체수나 다양성이 좋지는 않음
- 붕어와 모래무지가 대체적으로 많이 조사되었으며, 수달이 해당 수계 내의 우점종을 중심으로 섭취하므로 붕어, 모래무지 등이 주요 먹이자원의 역할을 할 것으로 판단됨

〈표 3-10〉 황구지천 생물측정망(어류 개체밀도) 조사 결과

구간	건강성 평가 등급	붕어	모래무지	피라미	잉어	배스	가물치	치리
2016년	1차	D(나쁨)	15	24	10	-	-	-
	2차	D(나쁨)	30	44	25	5	-	-
2019년	1차	E(매우나쁨)	20	-	-	3	15	-
	2차	C(보통)	12	20	-	3	13	1

자료: 환경부(2021), 물환경정보시스템

- 지난 3년 간 황구지천수계 내 어류 다양성 조사결과, 오목천보, 탐리보 등 유속이 느리고 수심이 깊은 보 근처에 어류들이 다양하게 분포하는 것을 확인할 수 있음
 - 종 다양성 측면에서는 오목천보 인근이 18종으로 가장 많이 발견되었으며, 다음으로 금곡교(16종), 일월천(13종)순으로 다양하게 나타났음
- 모든 지점에서 배스, 잉어, 피라미, 붕어가 발견되었으며, 그 밖에 종은 지점별로 차이가 있으나 참붕어, 얼굴동사리 역시 대부분의 지점(5개소)에 발견되고 있음
- 메기, 꼭저구, 줄물개, 대륙송사리, 동자개 등은 오목천보와 일월천 인근에서만 발견됨

〈표 3-11〉 황구지천수계 어류 생물다양성 조사 결과

구분	왕송 제2 낙차공아래	금곡교	탐리보	오목천보	일월천	당수천
종 수	12	16	11	18	13	6
치리	0			0		0
배스	0	0	0	0	0	0
참붕어	0	0	0	0	0	
미꾸리	0	0			0	0
가물치	0	0			0	
잉어	0	0	0	0	0	0
떡붕어	0	0			0	
피라미	0	0	0	0	0	0
붕어	0	0	0	0	0	0
모래무지		0	0	0		
얼굴동사리	0	0	0	0	0	
밀어		0	0	0		
블루길		0	0	0	0	
동자개			0	0		
갈문망둑	0	0		0		
드렁허리		0				
메기		0		0		
꼭저구				0		
큰납지리				0		
줄물개				0		
흰줄납줄개					0	
대륙송사리				0	0	

자료: 수원환경운동센터 현장조사결과(2019~2021)

3) 조사방법

- 수달 서식환경 모니터링 현황조사와 수달서식지 조사를 실시함
- 수달 서식환경 모니터링 조사를 통해 수달 개체수를 추정하며 야간 전수조사와 무인센서 카메라를 통해 실시함
- 수달서식지 조사는 황구지천수계를 도보로 이동하면서 하천에 남겨진 수달의 흔적으로 조사하며, 서식지 현황과 위협요인을 조사함

〈표 3-12〉 황구지천 수달 조사 방법

구분	조사방법	조사내용	조사일시
개체수 모니터링	야간전수조사	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시민참여방식으로 21시부터 24시까지 각자 서치라이트를 활용하여 도보를 통해 수달 서식 확인 	21.04.08.
	무인센서 카메라 조사	<ul style="list-style-type: none"> ■ 서식흔적 발견지점 중심 수계 내 총 16대 설치(수원환경운동센터 카메라 4대 포함)하여 수달 서식 확인 	21.06.~10. ¹⁾
서식지 조사	현장조사	<ul style="list-style-type: none"> ■ 황구지천수계를 도보로 이동하며, 수달 흔적 조사 	21.04.~10.

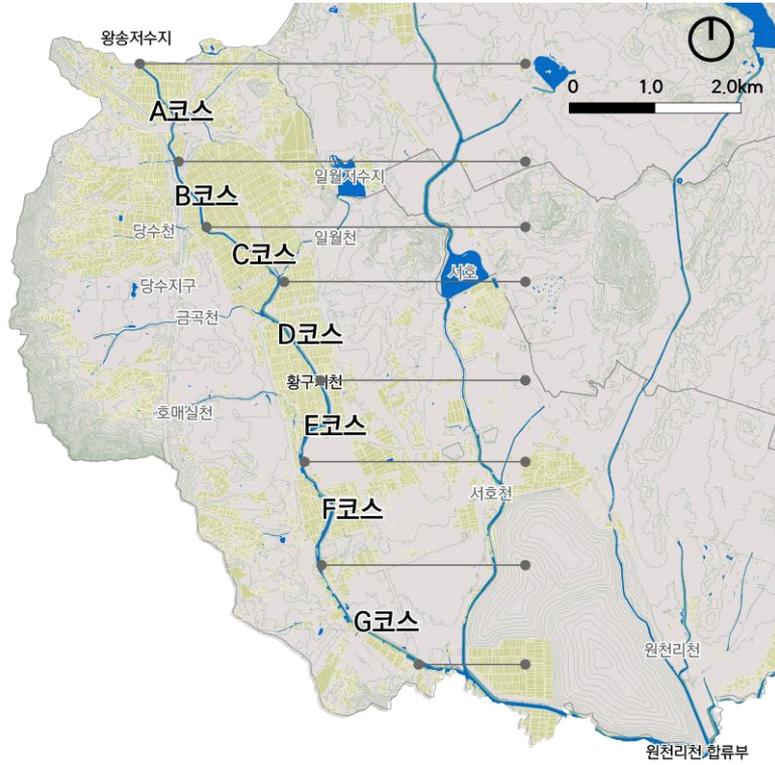
2. 황구지천수계 수달 개체 수 모니터링

1) 시민참여 수달 모니터링

- 2021년 4월 8일 시민 8명과 연구원이 참여하여 21시부터 24시까지 각자 서치라이트를 켜고 황구지천을 도보로 이동하면서 야간 수달을 탐색함
- 시민들은 모두 각자의 구간(A: 왕송낙차공~당수교, B: 당수교~오룡골천, C: 당수천~금곡보, D: 농심교~일월천 합류부, E: 금곡교~우방APT 징검다리, F: 우방APT 징검다리~호매실교, G: 원호매교~오목천교)을 할당받고(공군비행장 구간 제외), 구간의 시작 지점에서 출발하여 하행하면서 서치라이트를 이용하여 수달을 탐색하고 구간 종료 지점에서 하천을 건너 다시 상행하면서 시작 지점까지 탐색하는 이중 탐색을 수행함
- 수달 발견 시 중복으로 기록되는 것을 방지하기 위해 단체 대화방을 개설하여 각자 탐색 진행 상황을 실시간으로 보고함
- 24시까지 탐색한 결과 수달 흔적 외 실체는 발견하지 못함

1) 7월은 장마로 인한 하천범람 위험으로 무인센서 카메라 운용하지 않음

〈그림 3-3〉 시민 참여 수달 모니터링 조사 구간



〈그림 3-4〉 서치라이트를 이용한 시민 참여 수달 모니터링



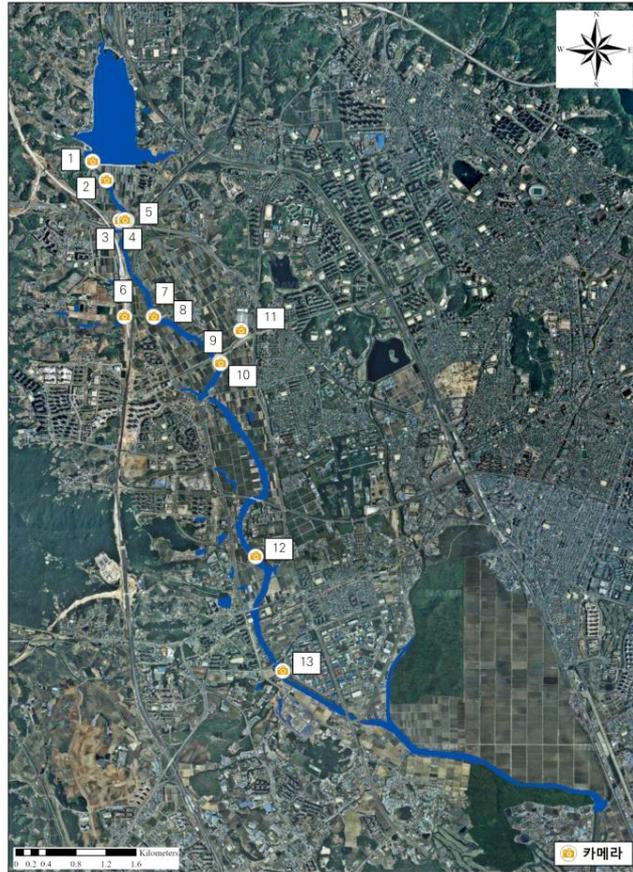
2) 무인센서 카메라를 이용한 수달 개체 수 모니터링

(1) 개체 수 모니터링 개요

- 황구지천수계 내 수달의 흔적이 자주 발견되는 지점과 보, 굴다리 등 수달의 이동통로가 되는 곳에 무인센서 카메라를 설치함. 황구지천과 왕송저수지의 이동성을 살펴보기 위하여 왕송저수지 하류부 수달 흔적 발견 지점에 1대를 포함하여 총 13대를 설치함
- 수달이 배설하는 돌이나 이동통로 역할을 하는 굴다리 등에는 무인카메라를 설치할 구조물이 없어 삼각대를 세우고 설치. 하천의 특성상 무인카메라가 강우에 휩쓸려 가는 경우가 많아 5월은 잦은 강우로 무인카메라를 운용하지 못하였고 6월부터 10월 20일까지 모니터링 하였음
- 그 외 하천과 가까운 곳에 설치한 무인카메라는 일기예보 강수량을 확인하고 강수량이 많이 예보된 날은 일시적으로 철수한 후 비가 그친 뒤 다시 설치하였음, 또한 장마철(7월)은 카메라 운용을 하지 않았음
- 일부 구역은 수달이 무인카메라에 이질감을 느끼지 않도록 카메라와 삼각대에 위장막을 설치하였으며, 카메라는 매달 건전지 및 메모리 용량을 점검하여 데이터를 백업하거나 건전지를 교체하였음
- 수달의 개체 수 분석 방법에 있어 수달은 각 개체의 외형적 형태가 유사하고, 암수 성적 이형성(sexual dimorphism)을 뚜렷하게 나타내지 않기 때문에 다음과 같은 방법으로 개체수를 추정하였음
 - 개체수가 서로 다른 무리가 촬영 시 각각 다른 무리로 추정
 - 같은 개체수의 무리라도 무리 내 크기의 차이가 명확하고, 다른 무리와 구분이 확실한 경우 다른 무리로 판단함
 - 단독 개체와 무리가 따로 촬영 시 각각의 마리수로 추정
 - 단독 개체 촬영 시 인접한 카메라와 연계 분석하여 특정 방향으로 연속적으로 촬영되었을 경우 같은 개체의 이동 동선으로 판단
 - 단독 개체가 촬영 시 서로 다른 방향의 인접한 카메라에 비슷한 시간대에 촬영되었을 경우 다른 개체로 판단
 - 비슷한 시간대에 서로 다른 지역에서 촬영 시 다른 개체로 판단
 - 촬영 시간과 카메라의 거리를 고려하여 거리가 먼 카메라에서 짧은 시간 간격으로 촬영된 경우 다른 개체로 판단

- 촬영 사진 분석 시 같은 지점에 중복 설치되어 있는 수원환경운동센터 카메라 4대를 추가로 보완 분석하여 연구용 카메라에 촬영되지 않은 수달 촬영분이 있을 경우 분석에 활용하였음

〈그림 3-5〉 황구지천수계 무인센서 카메라 설치 지점



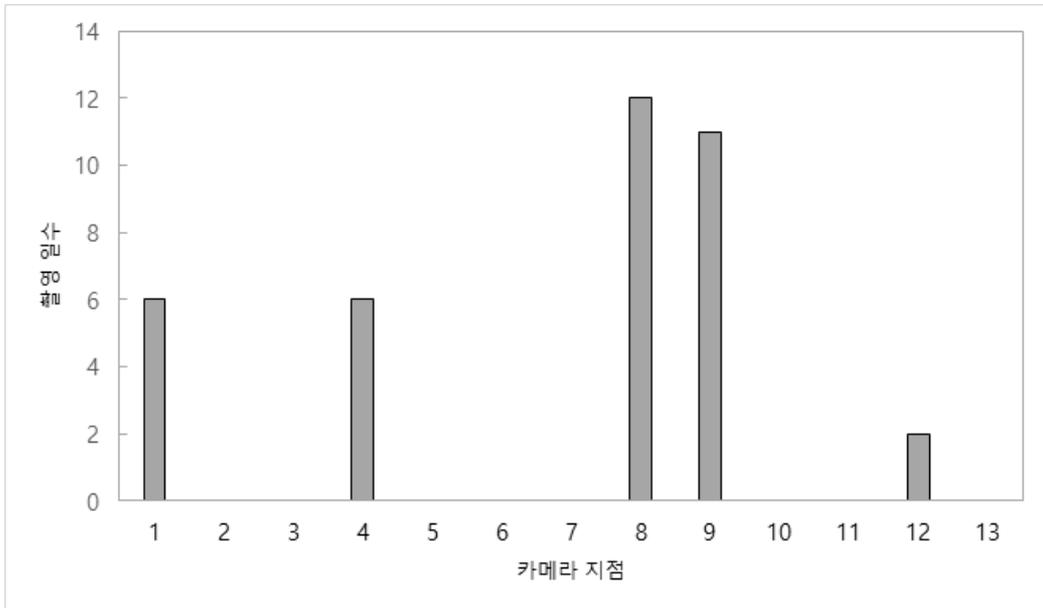
〈그림 3-6〉 무인센서 카메라 설치



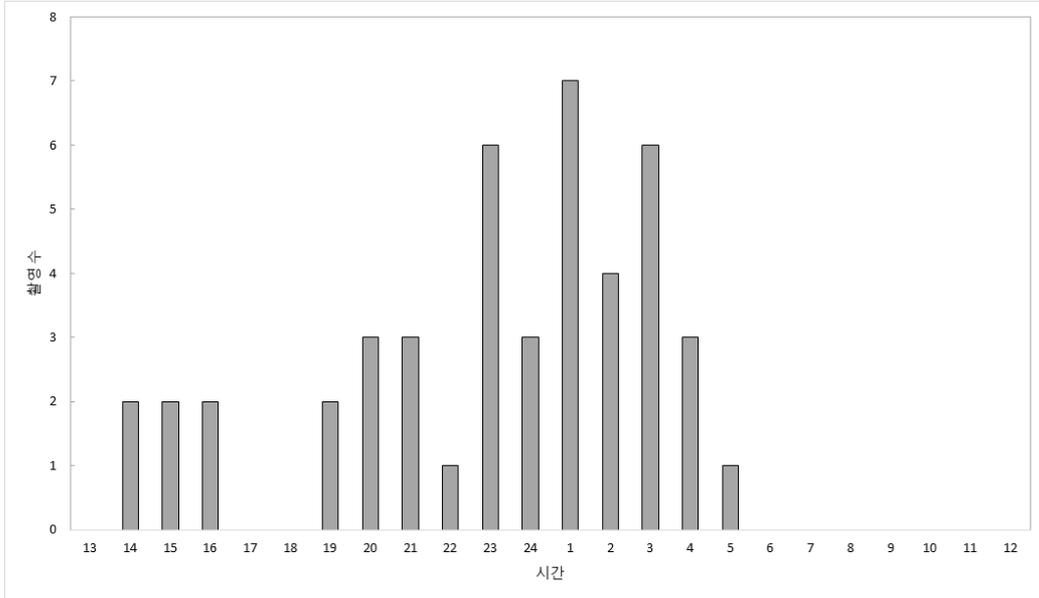
(2) 6월 수달 개체 수 모니터링

- 6월에는 5대의 카메라 지점에서 총 17일 촬영되었으며, 8번 지점에서 12일 촬영으로 가장 높은 빈도를 나타냄
- 황구지천 수달은 가끔 주행성(오후)의 활동도 보였으나 주로 야행성의 활동 패턴을 보이며, 23-3시 사이의 활동이 가장 활발하였으며, 일출 시간 후 오전 중에는 전혀 활동을 하지 않은 것으로 나타났는데 이는 아침-오전의 산책하는 사람의 영향인 것으로 생각됨
- 6월에 촬영된 수달은 모두 1마리 단독 개체만 촬영되었으며 무리는 촬영되지 않았음
- 사진의 메타정보에 기록되어 있는 촬영 시간과 카메라 간 촬영 거리를 고려해볼 경우 왕송저수지에 황구지천과 별개의 개체가 서식하고 있는 것으로 파악됨
- 황구지천수계에서는 비슷한 시간대에 다른 곳에서 촬영되거나 인접한 무인카메라의 서로 다른 방향에서 촬영된 개체가 나타나지 않아 1마리가 지속적으로 서식하고 있는 것으로 파악됨

〈그림 3-7〉 6월 무인카메라 지점별 수달 촬영 일수



〈그림 3-8〉 6월 시간대별 수달 촬영 수



〈표 3-13〉 6월 날짜별 촬영된 수달의 카메라 지점

카메라 날짜	1번	4번	8번*	9번*	12번2)
6. 1					
6. 2					
6. 3					
6. 4					
6. 5					
6. 6					
6. 7					
6. 8					
6. 9					
6. 10					
6. 11					
6. 12					
6. 13					
6. 14					
6. 15					
6. 16					
6. 17					
6. 18					
6. 19					
6. 20					
6. 21					
6. 22					
6. 23					
6. 24					

카메라 날짜	1번	4번	8번*	9번*	12번 ²⁾
6. 25					
6. 26					
6. 27					
6. 28					
6. 29					
6. 30					

〈표 3-14〉 6월 날짜별, 시간별 수달 촬영 및 마리 수

날짜 카메라	시간	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	6.2	8															42(1)								
	9													21(1)											
	12								26(1)																
6.3	1								27(1)																
6.4	8													57(1)	54(1)										
6.5	8							36(1)																	
	9															14(1)									
6.6	4										58(1)														
6.7	8	29(1)	22(1)										07(1)												
6.8	4																26(1)								
	8	21(1)											51(1)					11(1)							
6.10	9												22(1)												
	9												22(1)				20(1)								
6.12	4							18(1)																	
	8				10(1)																				40(1)
	9										35(1)														
	12															42(1)									
6.13	4																								01(1)
	8		30(1)													41(1)									
	9															11(1)									
6.16	8												25(1)												
6.17	1															59(1)									
6.18	1															59(1)									
	9											48(1)													
6.19	9															53(1)									
6.20	9																28(1)								
	1												38(1)												
6.22	4															05(1)									
	8																								10(1)
	9																								27(1)
6.23	1												52(1)												
	8				52(1)																				
6.24	1																02(1)								
	8																								15(1)
6.26	8																								
	9																								
6.28	4																								
																									47(1)

※ 1. 셀안의 값은 촬영 시간의 분을 의미함
 2. 괄호안의 값은 촬영된 수달의 마리 수를 의미함

2) 수원환경운동센터 추가 촬영 지점

〈그림 3-9〉 각 카메라 지점별 수달 촬영 사진



1번 지점



4번 지점



8번 지점





9번 지점



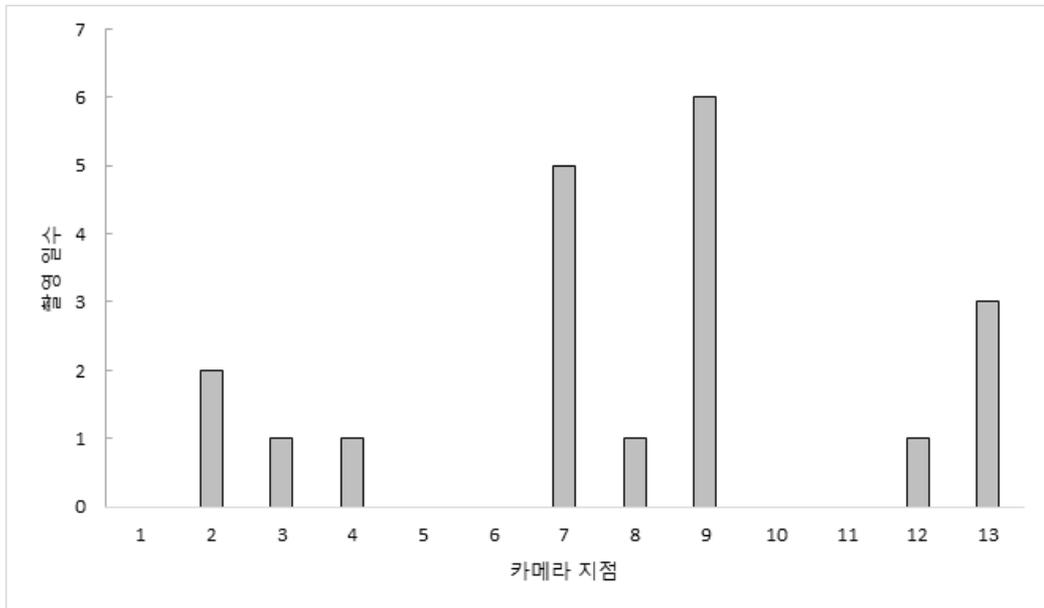
12번 지점



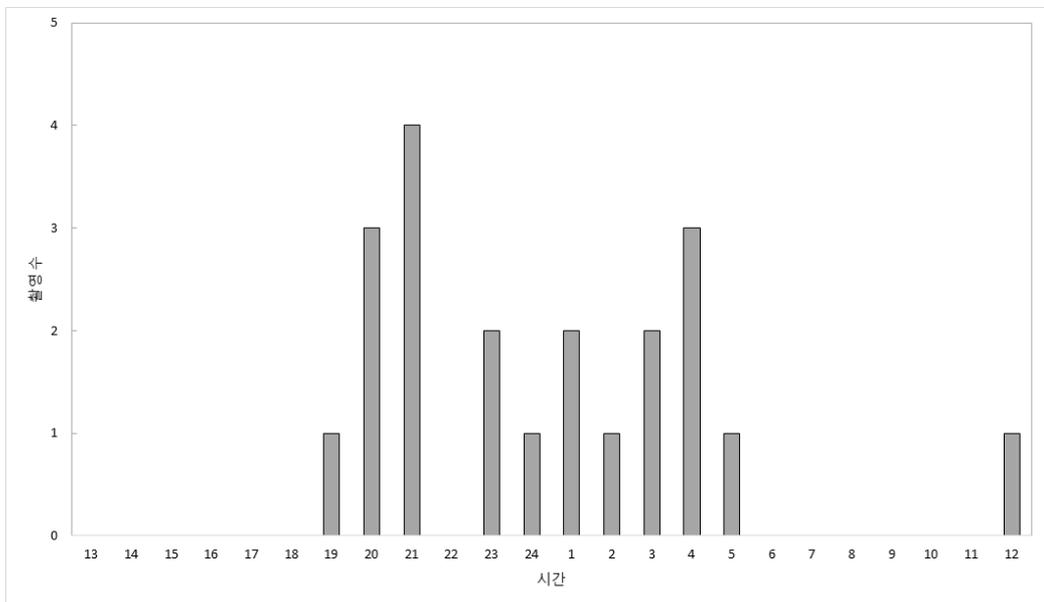
(3) 8월 수달 개체 수 모니터링

- 8월에는 8대의 카메라 지점에서 총 16일 동안 수달이 촬영되었으며, 9번 지점에서 6일 촬영으로 가장 높은 빈도로 나타남
- 8월 21일 7번 촬영을 제외하고 야행성의 활동 패턴을 보이며, 20-21시 사이, 4시에 활동이 가장 활발함, 여름철 낮의 길이가 길고, 물놀이 등 사람들의 영향으로 낮 동안에는 활동을 하지 않는 것으로 생각됨
- 8월에 촬영된 수달은 모두 1마리 단독 개체만 촬영되었으며 무리는 촬영되지 않았음
- 사진의 메타정보에 기록되어 있는 촬영 시간과 카메라 간 촬영 거리를 고려해볼 경우 8월의 수달은 주로 7, 8, 9번 카메라에서 촬영되었으며, 이 지점들과 거리가 있는 지점에서 촬영되었을 경우에는 동시에 촬영되지 않은 것으로 보아 1마리가 지속적으로 서식하고 있는 것으로 생각됨

〈그림 3-10〉 8월 무인카메라 지점별 수달 촬영 일수



〈그림 3-11〉 8월 시간대별 수달 촬영 수



〈표 3-16〉 8월 날짜별, 시간별 수달 촬영 및 마리 수

날짜	시간 카메라	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		8.2	7								45(1)	15(1)													
8.3	2											57(1)													
8.4	13									40(1)															
8.5	7														00(1)										
8.8	4									37(1)															
8.11	9											47(1)													
8.12	9																23(1)								
8.14	8									31(1)															
	9															34(1)									
8.15	9															10(1)									
8.18	13											44(1)													
8.19	9												24(1)												
	12																52(1)								
8.20	2							34(1)																	
8.21	7																								26(1)
8.24	9								05(1)																
8.25	3								39(1)																
	7																59(1)								
8.29	13																03(1)								
8.31	7													51(1)											

※ 1. 셀안의 값은 촬영 시간의 분을 의미함

2. 괄호안의 값은 촬영된 수달의 마리수를 의미함

〈그림 3-12〉 각 카메라 지점별 수달 촬영 사진



2번 지점



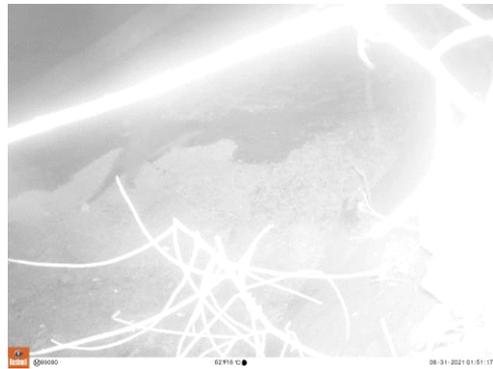
3번 지점



4번 지점



7번 지점





8번 지점



9번 지점



12번 지점

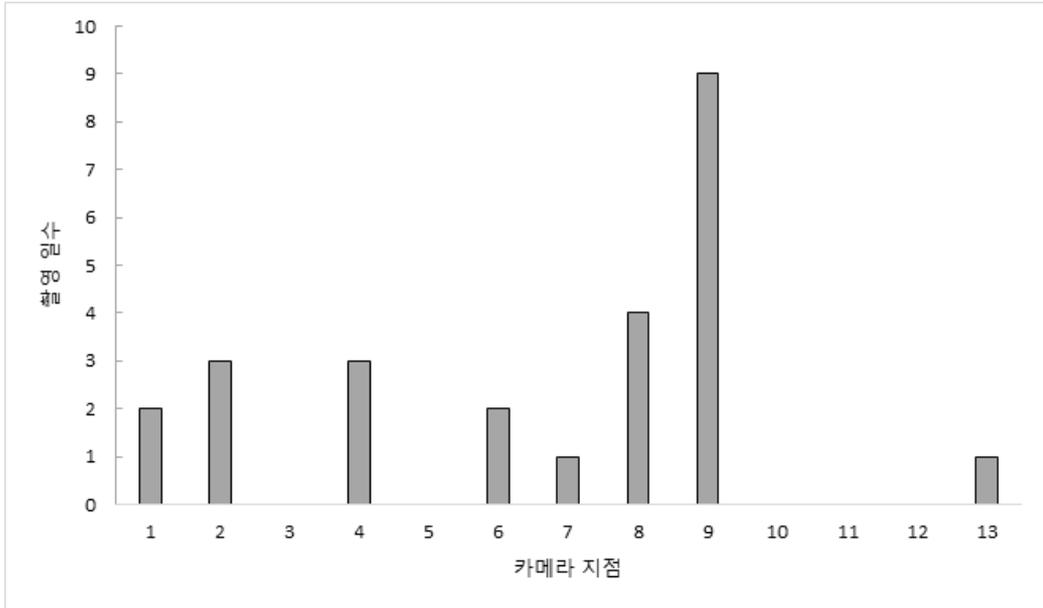


13번 지점

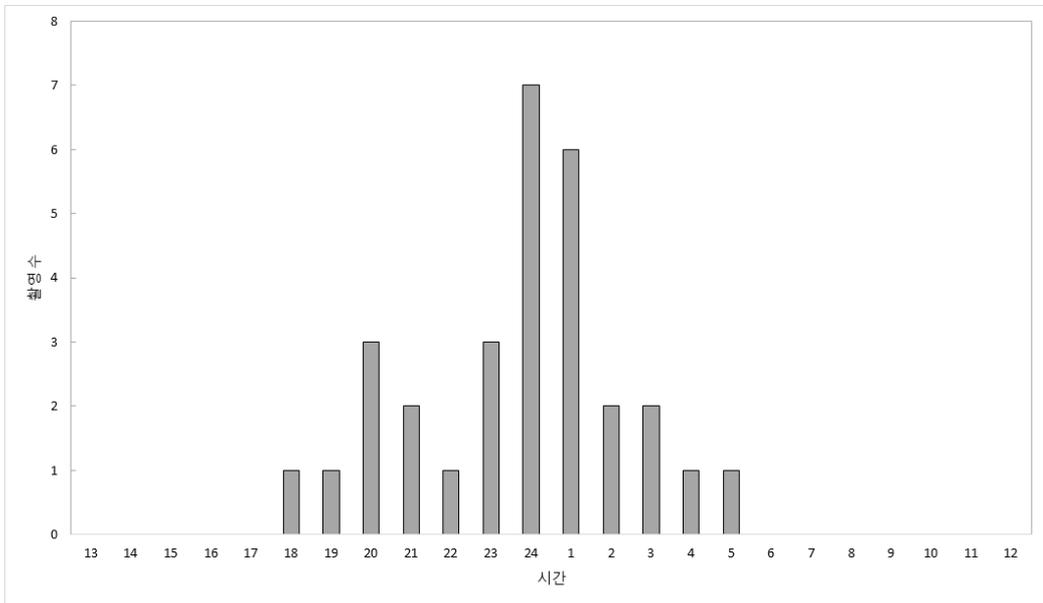
(4) 9월 수달 개체 수 모니터링

- 9월에는 8대의 카메라 지점에서 총 17일 동안 수달이 촬영되었으며, 9번 지점에서 9일 촬영으로 가장 높은 빈도를 나타냄
- 완전한 야행성의 활동 패턴을 보이며, 24-1시 사이에 활동이 가장 활발함
- 9월에 촬영된 수달은 1마리 단독 개체와 새끼와 어미가 같이 촬영된 2마리 무리가 촬영되었음
- 사진의 메타정보에 기록되어 있는 촬영 시간과 촬영 거리를 고려해볼 경우 9월의 수달은 1마리가 지속적으로 서식하면서 왕송저수지 개체와 별개인 것으로 판단됨. 2번 카메라에서 9월 16일, 22일에 어미와 새끼가 촬영되어 다른 곳에서 번식한 수달이 황구지천에 일시적으로 이동한 것으로 생각됨
- 9월 11일의 4번과 13번의 촬영 시간을 고려할 경우 황구지천 화성시의 개체가 일시적으로 이동한 것으로 판단되어 9월 황구지천은 지속적으로 서식하는 개체 1마리와 일시적으로 이동한 개체 3마리로 추정됨

〈그림 3-13〉 9월 무인카메라 지점별 수달 촬영 일수



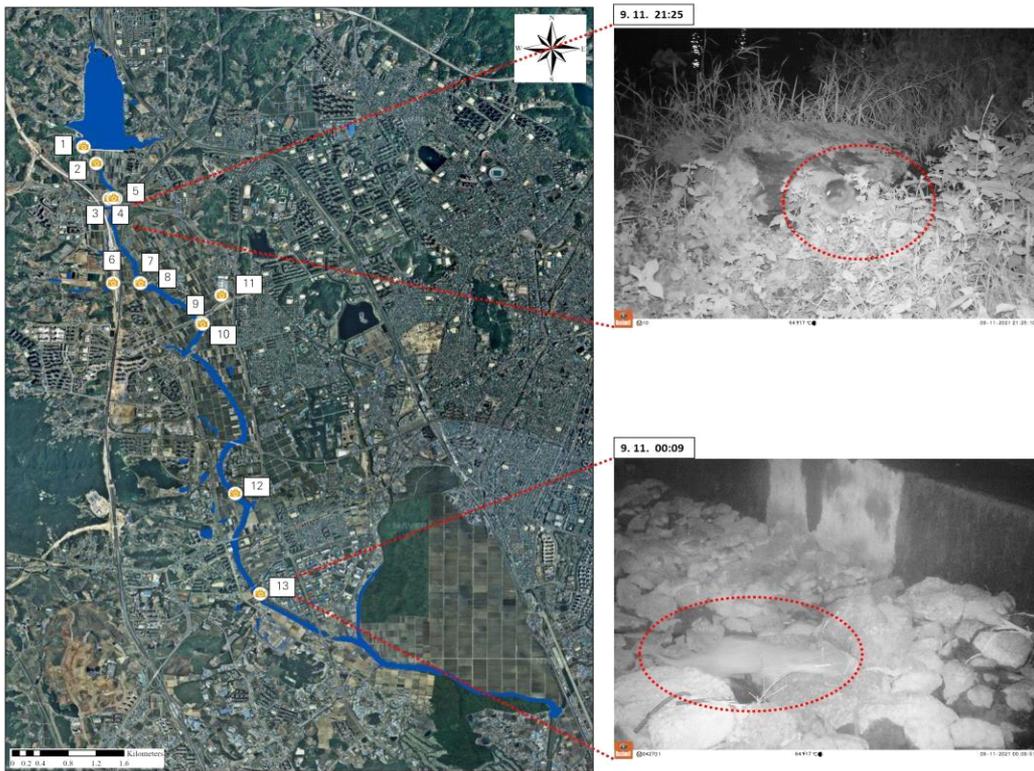
〈그림 3-14〉 9월 시간대별 수달 촬영 수



날짜	시간 카메라	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
9.10	2																08(1)								
	4									01(1)															
9.11	4									25(1)															
	9																08(1)								
9.12	13												09(1)												
	1													26(1)											
9.14	9												41(1)	59(1)			08(1)								
	9															35(1)									
9.15	6													08(1)											
	9															55(1)									
9.16	2							01(2)						06(2)											
9.19	9												54(1)												
9.21	1												32(1)												
9.22	2											25(2)													
9.25	9									49(1)															
	9													19(1)											
9.28	9																								
	6							49(1)																	
9.29	13										10(1)														

※ 1. 셀안의 값은 촬영 시간의 분을 의미함
 2. 괄호안의 값은 촬영된 수달의 마리 수를 의미함

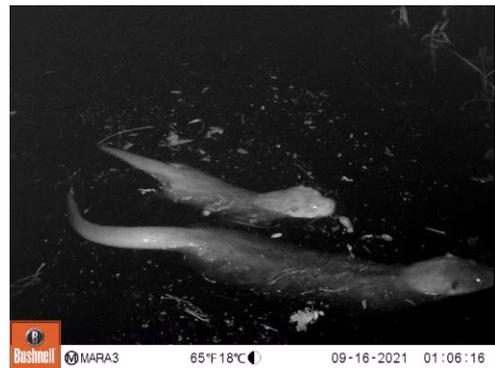
〈그림 3-15〉 촬영 시간과 촬영 거리에 따른 개체 판별



〈그림 3-16〉 각 카메라 지점별 수달 촬영 사진



1번 지점



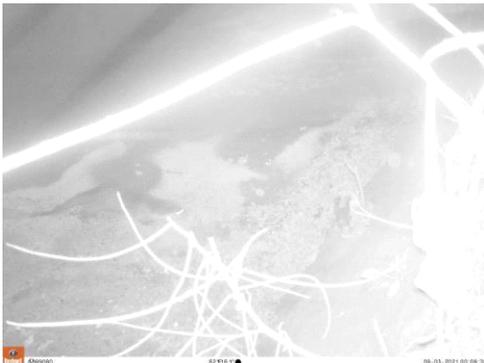
2번 지점



4번 지점



6번 지점



7번 지점



8번 지점



9번 지점

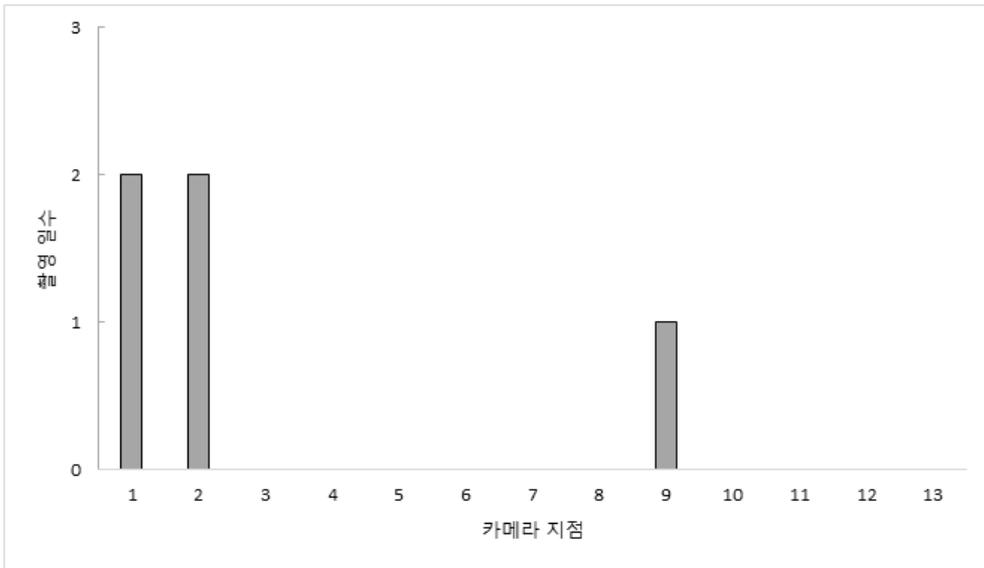


13번 지점

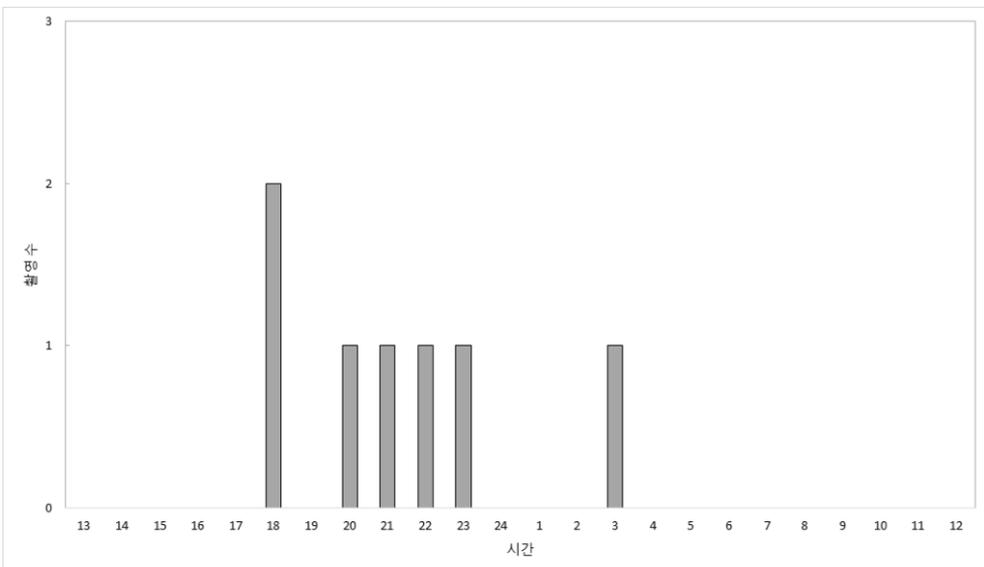
(5) 10월 수달 개체 수 모니터링

- 10월에는 3대의 카메라 지점에서 총 3일 동안 수달이 촬영되었으며, 1번과 2번 지점에서 각각 2일이 촬영되었음
- 10월에도 주로 야행성의 행동 패턴을 나타냈으니 촬영 빈도수가 적어 신뢰성은 낮음.
- 사진의 메타정보에 기록되어 있는 촬영 시간과 촬영 거리를 고려해볼 경우 10월의 황구지천 수달은 왕송저수지와 별개의 개체 1마리가 서식하고 있는 것으로 파악됨

〈그림 3-17〉 10월 무인카메라 지점별 수달 촬영 일수



〈그림 3-18〉 10월 시간대별 수달 촬영 수



〈표 3-19〉 9월 날짜별 촬영된 수달의 카메라 지점

카메라 날짜	1번	2번	9번
10. 1			
10. 2			
10. 3			
10. 4			
10. 5			
10. 6			
10. 7			
10. 8			
10. 9			
10. 10			
10. 11			
10. 12			
10. 13			
10. 14			
10. 15			
10. 16			
10. 17			
10. 18			
10. 19			
10. 20			

〈표 3-20〉 10월 날짜별, 시간별 수달 촬영 및 마리 수

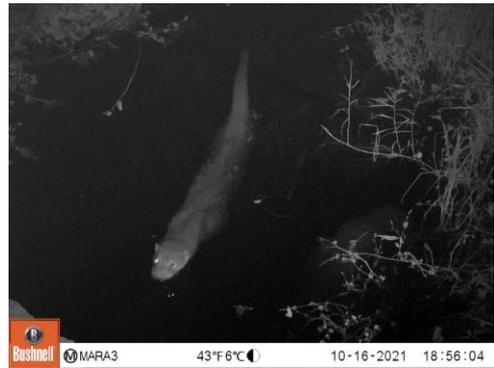
날짜	시간 카메라	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		10.1	2									49(1)	01(1)												
10.2	1														07(1)										
10.16	1						42(1)		31(1)																
	2						56(1)																		
	9									12(1)															

※ 1. 셀안의 값은 촬영 시간의 분을 의미함
 2. 괄호안의 값은 촬영된 수달의 마리수를 의미함

〈그림 3-19〉 각 지점별 수달 촬영 사진



1번 지점



2번 지점



9번 지점

제2절 황구지천수계 수달 서식환경 모니터링

1. 황구지천수계 수달 흔적 조사

- 수달의 서식지 이용을 알아보기 위하여 황구지천수계 전 구간의 수달 흔적을 조사함, 황구지천을 도보로 이동하면서 하천에 남겨진 수달의 흔적(발자국, 배설물, 휴식처 등)을 조사함
- 흔적을 발견하였을 경우 GPS 기기(가민 몬타나 650)를 이용하여 좌표와 흔적의 유형을 현지조사표에 기록하고, 흔적 및 주변 서식환경을 사진 촬영함
- 흔적 조사는 봄(4월-5월), 여름(6월-8월), 가을(9월-10월) 각 1회를 기본으로 조사하였으며, 그 외 카메라 상시 점검 등 황구지천을 이동할 시 발견되는 흔적을 추가로 야장에 기록함, 같은 계절, 같은 장소에 흔적이 남아 있는 경우 중복 기록은 하지 않았음

1) 봄철 수달의 서식 흔적

- 봄철 황구지천수계에서 총 11개의 수달 흔적을 기록하였으며, 배설물 7개, 족적 4개를 발견하였음
- 흔적은 황구지천 전 구간 나타났으며, 당수천-일월천 합류부-금곡보 구간에서 발견 빈도가 다른 곳보다 높았음
- 흔적은 주로 교량 아래나 하천 합류지점 바위에서 자주 발견되었음

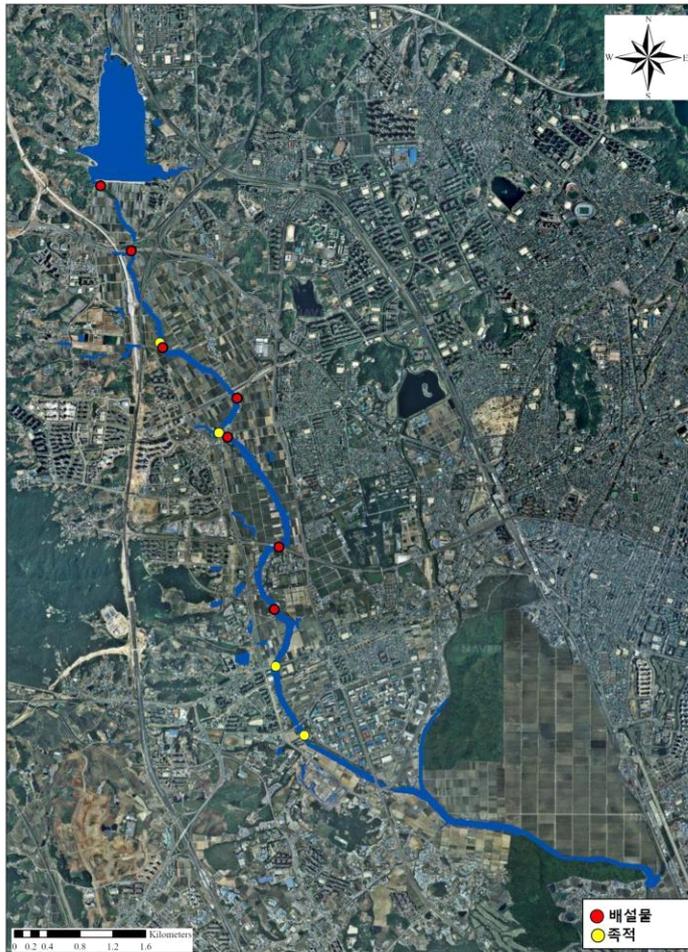
〈그림 3-20〉 봄철 수달의 흔적(좌: 배설물, 우: 족적)



〈그림 3-21〉 봄철 황구지천 전경



〈그림 3-22〉 봄철 수달의 흔적 분포



2) 여름철 수달의 서식 흔적

- 여름철 황구지천수계에서 총 9개의 수달 흔적을 기록하였으며, 배설물 7개, 족적 2개를 발견함
- 흔적은 당수교부터 일월천 합류부까지 주로 나타났으며, 오목천교에서 족적 1개가 발견됨
- 여름철은 잦은 비로 인하여 흔적이 오래 남지 않고 쉽게 쓸려가 흔적 발견 빈도가 적음
- 당수지구 공사지역의 굴다리에서 수달의 배설물 및 족적이 발견되었으나 공사 구간부터는 흔적이 발견되지 않아 공사가 수달의 이동에 영향을 주는 것으로 판단됨

〈그림 3-23〉 여름철 수달의 흔적(좌: 배설물, 우: 족적)



〈그림 3-24〉 여름철 황구지천수계 전경 및 당수지구 공사 현장

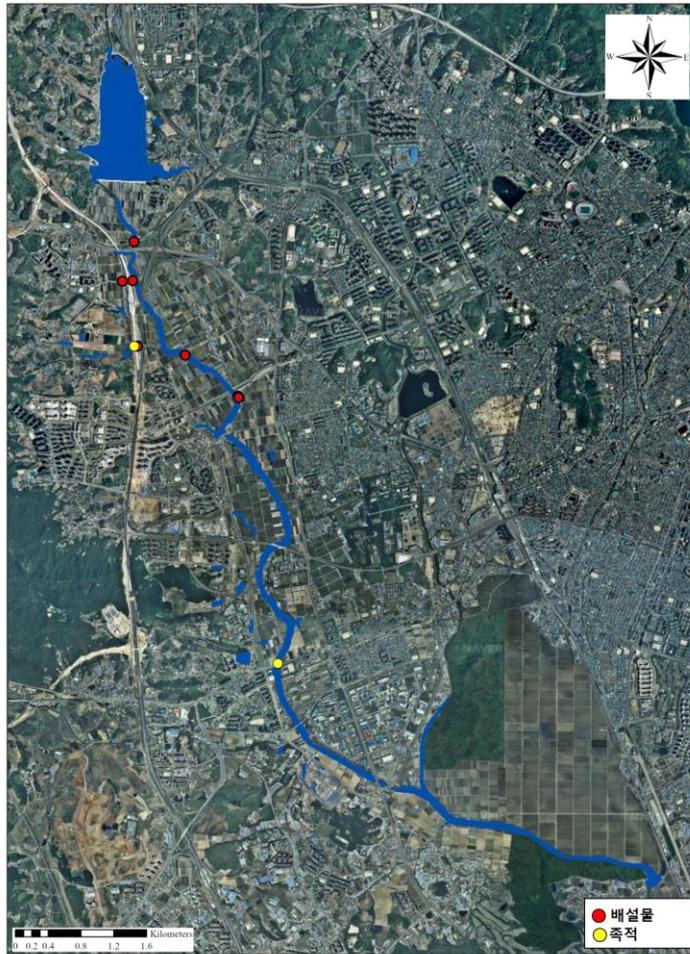


황구지천 여름 전경



당수지구 공사 현장

〈그림 3-25〉 여름철 수달의 흔적 분포



3) 가을철 수달의 서식 흔적

- 가을철 황구지천수계에서 총 23개의 수달 흔적을 기록하였으며, 배설물 19개, 족적 4개를 발견함
- 수달의 흔적은 왕송저수지 배수로부터 오목천교까지 고르게 분포하였음, 흔적은 주로 당수교, 금곡교, 황구지교, 원호매교 등 교량 아래와 당수천 합류지점, 일월천 합류 지점에서 발견함
- 무인센서 카메라 모니터링 결과에서와 같이 왕송저수지와 화성시의 개체가 유입되어 일시적으로 서식한 것이 흔적 수와 분포에 영향을 끼친 것으로 생각됨
- 당수지구 공사 현장 앞 굴다리에 설치한 무인센서 카메라에 수달이 처음으로 촬영되었으나 공사 굴다리를 지나서는 흔적이 발견되지 않아 당수지구 공사현장이 지속적으로 수달의 이동에 영향을 끼치고 있는 것으로 분석됨

〈그림 3-26〉 가을철 수달의 흔적(좌: 배설물, 우: 족적)



〈그림 3-27〉 가을철 황구지천수계 전경 및 당수지구 공사 현장

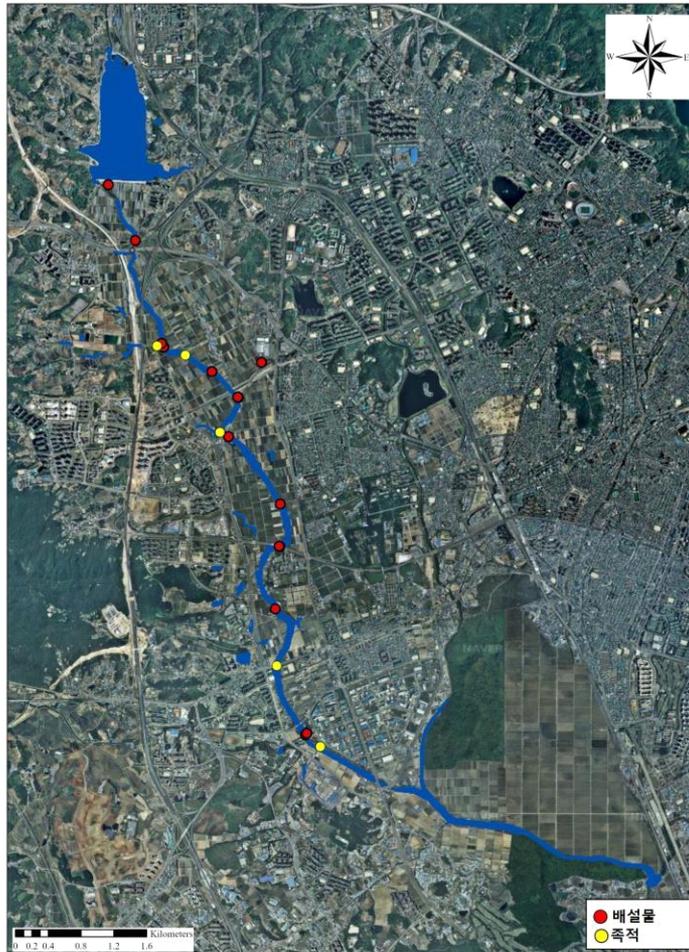


황구지천 가을철 전경



당수지구 공사 현장과 하천 굴다리

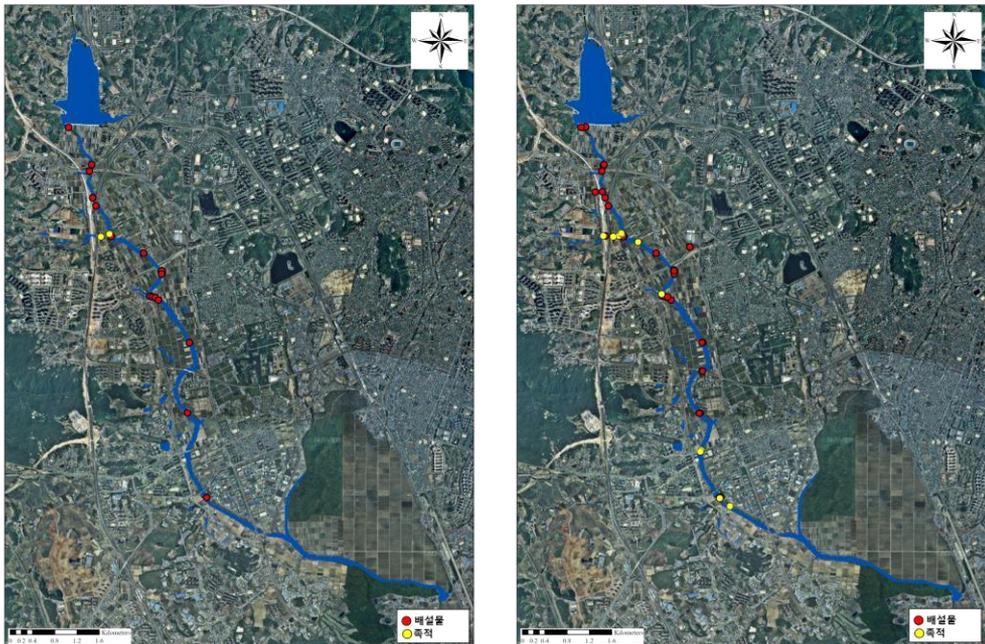
〈그림 3-28〉 가을철 수달의 흔적 분포



2. 황구지천수계 수달 흔적 밀도 분석

- 황구지천수계에서 수달 흔적 밀도의 분포 양상에 대한 분석을 위하여 수원환경운동센터에서 수집한 2020년의 수달 흔적과 2021년 봄, 여름, 가을에 수집한 흔적을 대상으로 커널 밀도 추정(kernel density estimation)을 수행하였음
- 2020년 황구지천 수달 흔적은 총 18개로 14개의 배설물과 4개의 족적 흔적이며, 2021년에 수집한 43개의 흔적과 통합하여 총 61개의 흔적으로 분석하였음
- 수달의 흔적 밀도가 가장 높은 곳은 금곡교와 일월천 합류부 구역이었음, 그 다음 당수천 합류부와 금곡보, 당수교 부근 순으로 나타났음
- 수달의 흔적은 왕송저수지로부터 하류보다는 주로 중-상류지점에서 자주 관찰되는 것으로 나타났는데 이 결과는 상류부 주변은 상대적으로 하류보다 주변 농경지가 많고, 주택 등 인위적인 시설이 적은 것과 연관이 있어 보임
- 또한 하류부는 산책하는 시민들의 왕래가 잦고, 수심이 깊어지면서 수달이 털을 말리거나 휴식, 배설할 수 있는 구조물이 상대적으로 적은 것과 연관이 있어 보임

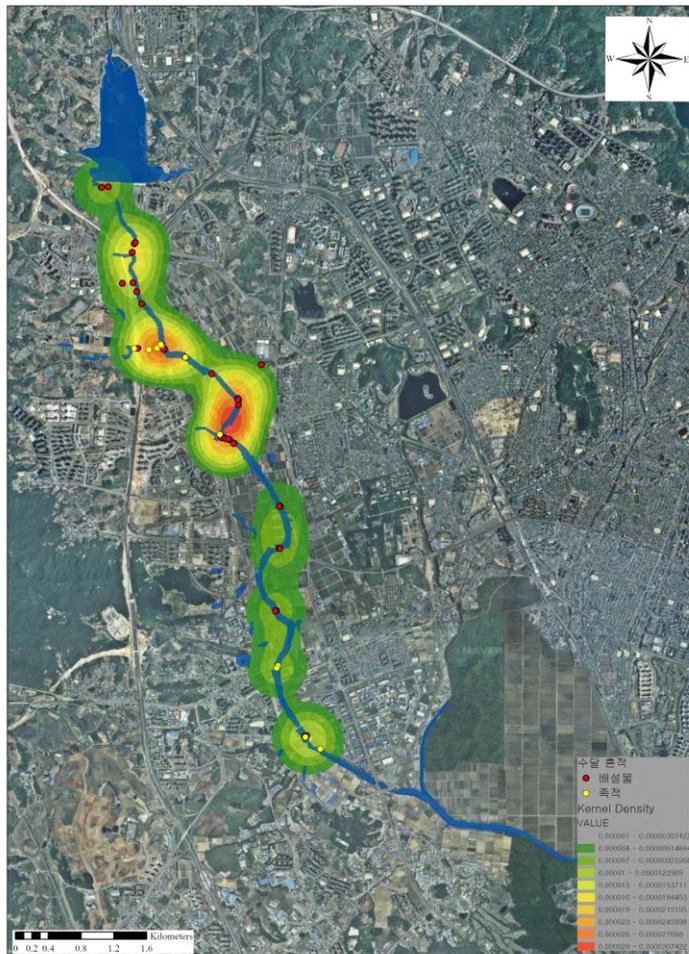
〈그림 3-29〉 황구지천수계 내 2020년과 2021년의 수달 흔적 분포



2020년(수원환경운동센터)

2021년

〈그림 3-30〉 황구지천수계 내 수달 흔적 커널 밀도 분석



제3절 황구지천수계 수달 서식 위협요인

1. 수질 오염

- 봄철과 여름철의 황구지천은 강수로 인한 지속적인 외부 오염물질과 인근 주택지에서
의 생활폐수 유입으로 인해 하천에서 악취가 나고 녹조 등 부영양화로 인해 수질이 타
해져 있었음
- 강수 후 주변 농경지에서 쓰레기가 빗물을 따라 유입되고, 인근 농민 및 외국인 노동자
들이 지속적으로 음식물 쓰레기를 투기하고 있어 수질 오염을 가속화 하고 있음

〈그림 3-31〉 황구지천의 수질 오염



강수 후 녹조



생활 폐수 유입



음식물 쓰레기 투기



쓰레기 유입

2. 황구지천수계의 서식지 단절

- 수달의 흔적 밀도가 집중된 곳은 인구 수계의 합류부로 황구지천의 수달은 황구지천만 상하로 이동하는 것이 아니라 인근 수계(당수천, 일월천, 서호천 등)를 지속적으로 이동하고 있는 것으로 나타났음
- 하지만 지속적인 황구지천 인근 지역 공사로 인하여 수달의 이동이 제약을 받는 것이 확인됨, 특히 당수천의 경우 공사 구간 굴다리까지는 무인카메라에 수달이 촬영되고, 흔적이 지속적으로 확인되었으나 공사 구간부터는 흔적이 나타나지 않음
- 또한 왕송저수지와 황구지천수계에 설치된 낙차가 높은 수중보가 수달의 이동에 장애가 있을 것으로 생각됨

〈그림 3-32〉 황구지천수계 내 서식지 단절 예시



당수지구 공사 현장



낙차가 높은 수중보

3. 인간의 교란 행위

- 황구지천수계 전 구간이 낚시 금지 구역이나 봄부터 가을에 걸쳐 지속적으로 주간 및 야간에 낚시를 하고 있었으며, 일부는 투망, 족대, 통발을 이용한 어획 행위와 넓적털조개(*Sinanodonta lauta*) 채취가 이루어지고 있음
- 황구지천의 수달은 주로 야행성의 활동 패턴을 나타내고 있어 특히 야간의 어획 행위는 수달의 활동을 제한시키는 요인으로 작용할 수 있으며, 이러한 교란 행위는 수달의 장기적인 서식에 부정적인 영향을 끼칠 수 있음

〈그림 3-33〉 황구지천의 어획 불법 행위



낚시 금지 팻말



낚시



족대



통발



투망



넓적털조개 채취

제4절 소결

- 황구지천수계는 수원시 내 유일한 자연형 하천으로 하천 인근으로 넓은 농경지가 있고 먹이자원이 풍부하여 수달이 서식하기에 용이한 조건이나, 수계의 유속이 빠르고 유량 변화가 커 서식지, 휴식처가 다양하게 형성되지는 못하고 있는 단점이 있음
- 황구지천수계에는 수달 1마리가 지속적으로 서식하고 있는 것으로 파악되며, 왕송저수지에 서식하는 개체와는 다른 개체로 판단됨
- 일시적으로 왕송저수지 혹은 화성시 황구지천에 서식하는 개체들이 수원시 황구지천에 이입되어 서식하는 것이 관찰되나 지속적으로 서식하지는 않는 것으로 생각됨
 - 9월의 무인센서 카메라에서 어미와 새끼 1마리의 무리가 촬영되었으나 9월 전까지는 촬영이 되지 않았고, 2회 촬영 후 다시 촬영되지 않는 것으로 보아 다른 곳에서 번식 및 출산 후 일시적으로 황구지천에 이입되었던 것으로 생각됨
- 수원환경운동센터에서 2020년 6월 번식 개체와 2021년 4월 성체 2마리의 무리가 촬영된 것으로 미루어 보아 황구지천에 다른 서식지 수달의 지속적인 이입 및 이출이 이루어지고 있는 것으로 판단됨

〈그림 3-34〉 수달 무리 촬영



2020년 수달 번식



2021년 수달 성체 2마리

자료: 수원환경운동센터

- 수달의 서식 흔적 조사 결과 총 43개의 흔적이 관찰되었음. 황구지천수계 전 구간에서 발견되었으며, 금곡교와 일월천 합류부, 당수천 합류부와 금곡보, 당수교 부근에 흔적 밀도가 높게 나타났음. 흔적은 주로 하류보다는 중-상류에 집중되어 있었으며, 이 지역이 수달의 서식지로서 더 적합한 것으로 생각됨

- 현재 황구지천에서 발견되는 수달 서식의 위협요인으로 수질 오염, 서식지 단절 및 악화, 인간에 의한 교란 행위들이 나타났음. 이러한 위협요인은 수달의 장기적인 서식에 악영향을 끼치고, 다른 서식지에서 이입된 개체들이 지속적으로 서식하지 않고 다시 이출되는 요인으로 작용할 가능성이 크므로 수달의 보전을 위해 향후 위협요인을 저감시킬 필요성이 있음

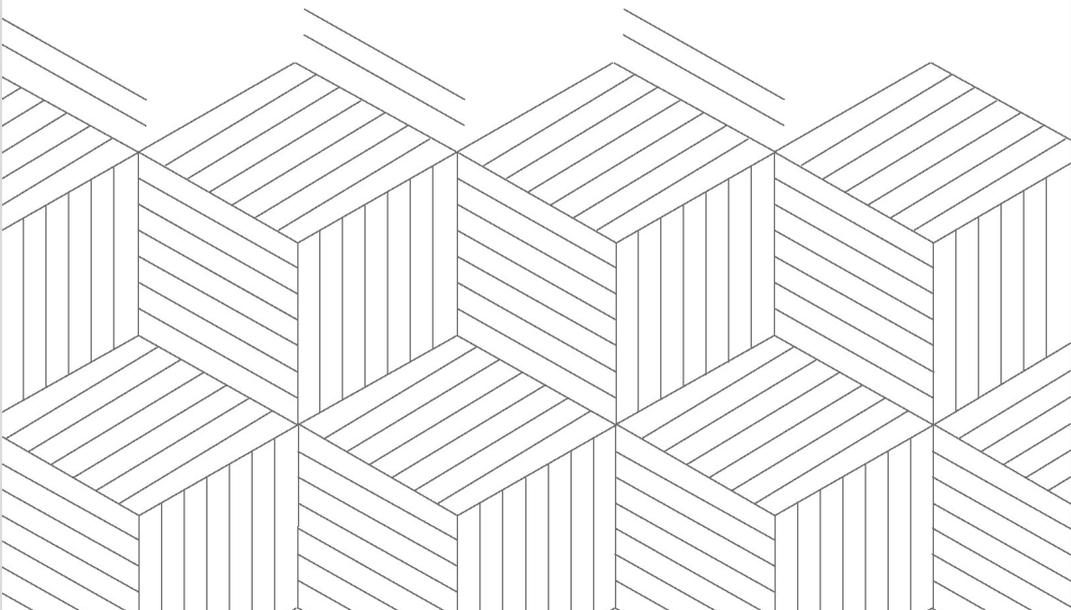
제4장

황구지천수계 수달 서식지 적합성 분석

제1절 수달 서식지 적합성 분석 요인

제2절 수달 서식지 적합성 분석

제3절 소결



제4장 황구지천수계 수달 서식지 적합성 분석

제1절 수달 서식지 적합성 분석 요인

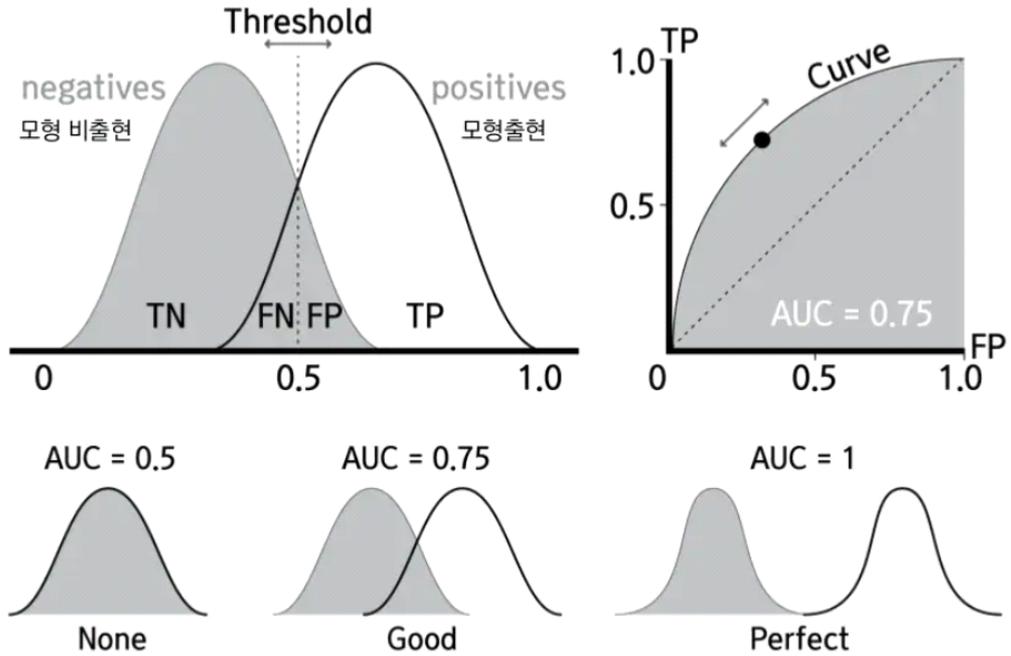
1. 분석 개요

1) 분석모형

- 본 연구에서는 황구지천에서 확인된 수달의 흔적을 토대로 잠재 서식지 적합성을 도출하기 때문에, 종의 출현 자료만을 요구하며 국내·외에서 보편적으로 활용되는 MaxEnt를 활용하고자 함
 - MaxEnt는 생물종분포의 무질서도(entropy)를 극대화할 수 있는 값을 추정하여 공간에서 확률분포를 나타냄
 - MaxEnt는 연구자가 연구 대상 생물종의 출현 위치 표본을 입력했을 때 컴퓨터 스스로 출현 위치의 환경 특성을 학습하여 대상종의 출현 여부를 모르는 지점의 출현 확률을 추정하고, 이를 기반으로 야생동물의 분포 및 점유를 예측하는 기계학습 방법임
 - MaxEnt는 GUI 기반 소프트웨어로 별다른 코딩 작업이 필요없어 연구자가 csv 형식의 생물종 위치자료와 Ascii Grid 형태의 환경변수만을 입력하면 기본 분석이 수행되며 기후변화 자료 및 모형 구동 시 추가적으로 결정 사항 등을 옵션으로 입력하면 분석에 반영됨
 - 분석 후, MaxEnt는 html 기반 형식의 결과 리포트를 제공하며, 모형에 대한 ROC(Receiver Operating Characteristics) Curve와 AUC(Area Under the Curve)을 통해 정확성을 평가할 수 있음
 - ROC는 ‘수신자 조작 특성 곡선’으로 기준값(threshold)이 달라짐에 따라 분류 모델의 성능이 어떻게 변하는지 나타내는 곡선으로, y축에 민감도(sensitivity), x축에 ‘1-특이도’의 그래프를 그려 성능 평가 지표의 값이 변하는지 확인할 수 있음
 - 여기서 기준값(threshold)은 분류 모델의 y값이 기본적으로 확률값으로 출력이 되는데, 이를 분류 결과로 변환해 주기 위해서 0과 1사이의 일정한 값(threshold)을

- 기준으로 이보다 크면 참, 작으면 거짓으로 판단함
- AUC는 ROC 커브 하단 영역의 넓이를 구한 값으로 0과 1사이의 값을 갖고, 일반적으로 AUC 0.75 이상의 값을 갖을 때 우수한 모형으로 신뢰될 수 있음

〈그림 4-1〉 MaxEnt 모형의 기준값(threshold)에 따른 ROC, AUC 평가



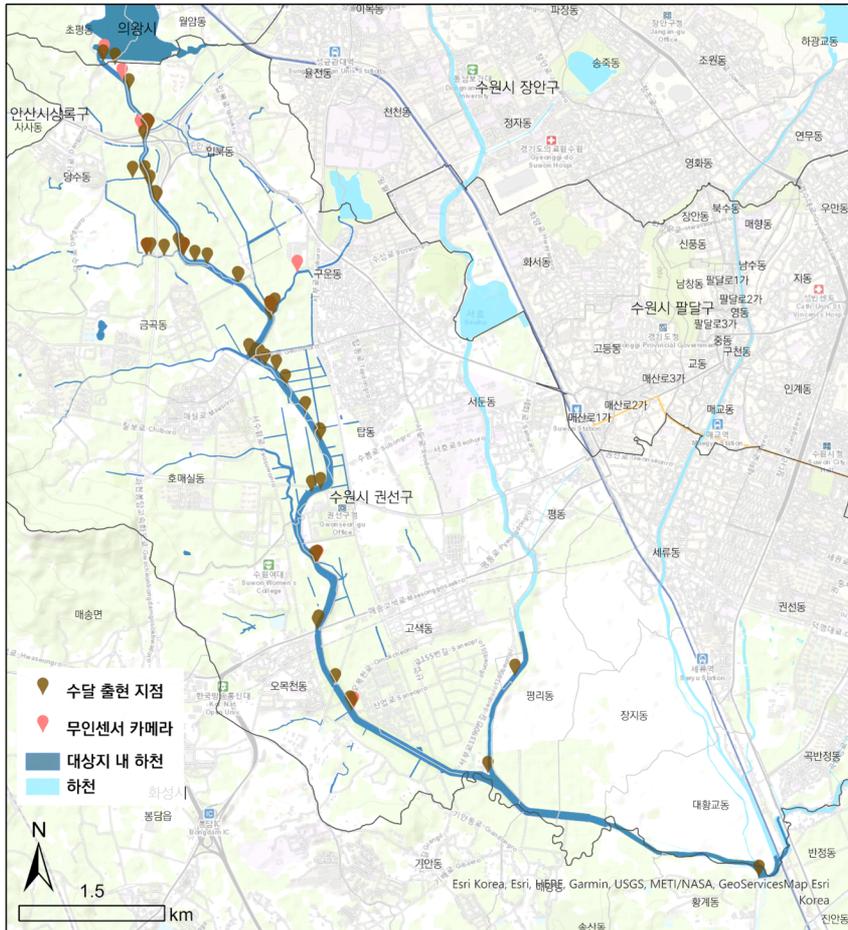
자료: 이상혁(2020), 종분포모형 활용방안, 재구성

TN = True Negatives, FN = False Negatives, FP = False Positives, TP = True Positives

2) 서식변수 및 환경요소

- 황구지천 내 수달 서식지 적합성 분석을 위해 황구지천수계 북쪽 의왕시 왕송저수지부터 남쪽 원천리천 합류부 지점 약 12.75km를 연구 대상으로 선정함
- 수달의 선형 행동권 특성을 고려하여 분석 경계는 황구지천 수계 반경 500m 내 환경 공간 변수만 확인함
- 수달 출현 지점은 전문가 및 시민참여 방식으로 황구지천 수계를 도보로 이동하며 2019년부터 2021년 여름까지 배설물, 발자국 등 흔적 자료 64개 데이터를 수집하고 이를 분석에 활용함

〈그림 4-2〉 황구지천 내 수달 잠재 서식지 분석을 위한 연구 대상지 현황



자료: 저자 작성(ArcGIS Pro 2.8.2 활용)

- 수달의 서식지 적합성 분석 사례를 종합한 결과 대체적으로 서식지 적합성 분석을 위해 커버자원, 먹이자원, 방해요인, 서식지 충실도로 구분하고 있음
 - 번식, 휴식을 위한 커버자원의 변수는 연구자 별로 다양하게 나타나며, 조사 지역 특성에 따라 세분화하여 조사하는 경우가 많았으며, 대체로 토지피복, 하천의 폭, 고도 변수를 많이 활용하고 있음
 - 먹이자원의 경우 먹이의 양, 먹이의 질 등을 조사하여 활용하고 있음
 - 방해요인은 조사대상지 특성에 맞게 인공시설물, 건물밀집, 도로, 그물, 오염원뿐만 아니라 관광과 레크레이션, 가축의 밀도 등을 고려하고 있음
 - 서식지 충실도는 흔적조사지점(배설물, 발자국 등), 핵심서식지역(발견지점), 서식지 조건, 보호지역 등을 활용함

〈표 4-1〉 서식변수 및 환경요소 비교

구분	서식변수	선행연구
커버자원	토지피복	한국수달보호협회(2019), 신화용 외(2020), 심윤진 외(2020), 정승규 외(2015), Ali et al.(2010), Mirzaei et al(2009)
	제내지 토지이용	신지훈(2016), 신지훈 외(2017), 김석규 외(2006)
	제외지 토지이용	신지훈(2016), 신지훈 외(2017)
	토지이용유형	강정훈(2012)
	하천 및 습지의 면적	심윤진 외(2020)
	수변부 자연서식지	한국수달보호협회(2019), 신화용 외(2020)
	식생	정종철 외(2004), 김석규 외(2006), 강정훈(2012)
	식생안정화	김석규 외(2006)
	수생식물피복율	김석규 외(2006)
	초목까지의 거리	정승규 외(2015), Ali et al.(2010)
	제방경사면식생	강정훈(2012)
	초본, 관목 높이	강정훈(2012)
	수목피복율, 산림율	Gomez et al(2009)
	고도	장은미 외(2008), 강정훈(2012), Mirzaei et al(2009), Gomez et al(2009)
	경사	장은미 외(2008), 김석규 외(2006)
	사행구간길이	한국수달보호협회(2019)
	자연적 종횡사주	신지훈(2016), 신지훈 외 (2017)
	하천의 폭	신지훈(2016), 신지훈 외(2017), 김석규 외(2006), 박보현 외(2012), 강정훈(2012), Gomez et al(2009)
	하천의 저질	신지훈(2016), 신지훈 외(2017)
	횡구조물	신지훈(2016), 신지훈 외(2017), 김석규 외(2006)
	유속의 다양성	신지훈(2016), 신지훈 외(2017), 김석규 외(2006), 박보현 외(2012), 강정훈(2012)
	하도의 자연성	신지훈(2016), 신지훈 외(2017)
	제방하인재료의 인공화	신지훈(2016), 신지훈 외(2017), 김석규 외(2006)
	저수로 하안공	신지훈(2016), 신지훈 외(2017), 김석규 외(2006)
	수로의 굴곡	김석규 외(2006)
	세굴 및 퇴적	김석규 외(2006)
	횡단면 유형	김석규 외(2006)
	평수위(수심)	김석규 외(2006), 박보현 외(2012), 강정훈(2012)
	하상재료	김석규 외(2006)
	수로	정승규 외(2015), Mirzaei et al(2009)
	제방유형	정승규 외(2015)
	바위크기	박보현 외(2012)
	하천형태	박보현 외(2012)
	바위의 수	박보현 외(2012)
	하천의 지형(충적 등)	심윤진 외(2020), 정승규 외(2015)
	하천변의 형태	심윤진 외(2020)
	하천길이	Gomez et al(2009)
	PO ⁴ 농도	정종철 외(2004)
	탁도	김석규 외(2006)
	부유물	김석규 외(2006)

구분	서식변수	선행연구
	BOD	김석규 외(2006)
	약취	김석규 외(2006)
	COD	Mirzaei et al(2009)
	DO	Mirzaei et al(2009), Gomez et al(2009)
	pH	Mirzaei et al(2009)
	질산염	Gomez et al(2009)
	인산염	Gomez et al(2009)
	대장균	Gomez et al(2009)
	담수의 위치	장은미 외(2008), 정승규 외(2015), Ali et al.(2010), Mirzaei et al(2009)
	농경지까지 거리	정승규 외(2015)
	맨땅까지 거리	정승규 외(2015)
	범람원 면적	Gomez et al(2009)
	양서파충류 종 및 개체수	김석규 외(2006)
	조류 종 및 개체수	김석규 외(2006)
	털을 말릴수 있는 여건	심윤진 외(2020)
	피난처 가용성	Mirzaei et al(2009)
	후퇴가능성	Mirzaei et al(2009)
먹이자원	먹이의 양	한국수달보호협회(2019), 신화용 외 4인(2020), 정종철 외 1인(2004)
	먹이의 질(어종 수)	한국수달보호협회(2019), 신화용 외 4인(2020), 김석규 외 4인(2006)
	먹이의 질(물고기 대체 수)	신화용 외 4인(2020), 김석규 외 4인(2006)
	양식장과의 거리(유무)	장은미 외(2008), 심윤진 외 5인(2020)
방해요인	인공시설물	장은미 외(2008), 강정훈(2012)
	건물과의 거리	정종철 외(2004), 정승규 외(2015)
	건물밀도	신화용 외(2020)
	도로와 시가지 구성비율	한국수달보호협회(2019), 심윤진 외(2020)
	도로차선	정승규 외(2015)
	도로와의 거리	박보현 외(2012), Mirzaei et al(2009), 정승규 외(2015)
	물이용	강정훈(2012)
	오염원	강정훈(2012)
	그물수	강정훈(2012)
	관광과 레크레이션 활동(낚시 등)	강정훈(2012), Mirzaei et al(2009), Gomez et al(2009)
서식지 충실도	가축의 밀도	Mirzaei et al(2009)
	흔적조사지점	한국수달보호협회(2019)
	핵심서식지역	한국수달보호협회(2019), 신화용 외(2020), Gomez et al(2009), Mirzaei et al(2009)
	서식지 조건	강정훈(2012)
	보호지역	Gomez et al(2009)

2. 수달 서식 적합성 분석을 위한 환경 공간변수 구축

- 황구지천 내 수달 잠재 서식 적합성 분석을 위해 SDM 중 MaxEnt를 사용하여 수달이 출현하거나 점유하는 지역을 예측하는데 가장 영향력 있는 변수를 식별함
- 분석 경계는 수달의 하천 횡단 이동성을 고려하여 황구지천 주변 수계 지역 반경 500m를 포함하는 지역과 수원시 외 행정구역에 대한 환경 특성은 고려하지 않았음
- <표 4-1> 선행연구를 통해 수달 서식에 영향을 미치는 것으로 검토된 4개 유형, 77개 후보 데이터 세트를 검토함
- 데이터 세트 가운데 GIS 상 공간 데이터 수집 및 활용이 가능한 레스터 데이터 세트 13개 공간변수(토지피복, 식생 안정화, 고도, 경사, 향, 농경지/초지/산림/도로로부터 거리, 하천의 폭/면적, 수생태계 안정성, 하천자연도 등)를 최종적으로 선정함
 - 여러 연구에서 수달의 개체 수 및 서식지 선택에 영향을 미치는 변수로 수질의 변화 및 교량 유무를 주요 원인으로 간주하고 있으나, 위치 데이터가 적어 모형의 공간 변수로 활용하는데 한계가 있다고 판단하여 추후 모형 분석 결과를 검증하는 변수로 활용함

<표 4-2> 종분포모형 적용 공간화 변수 목록

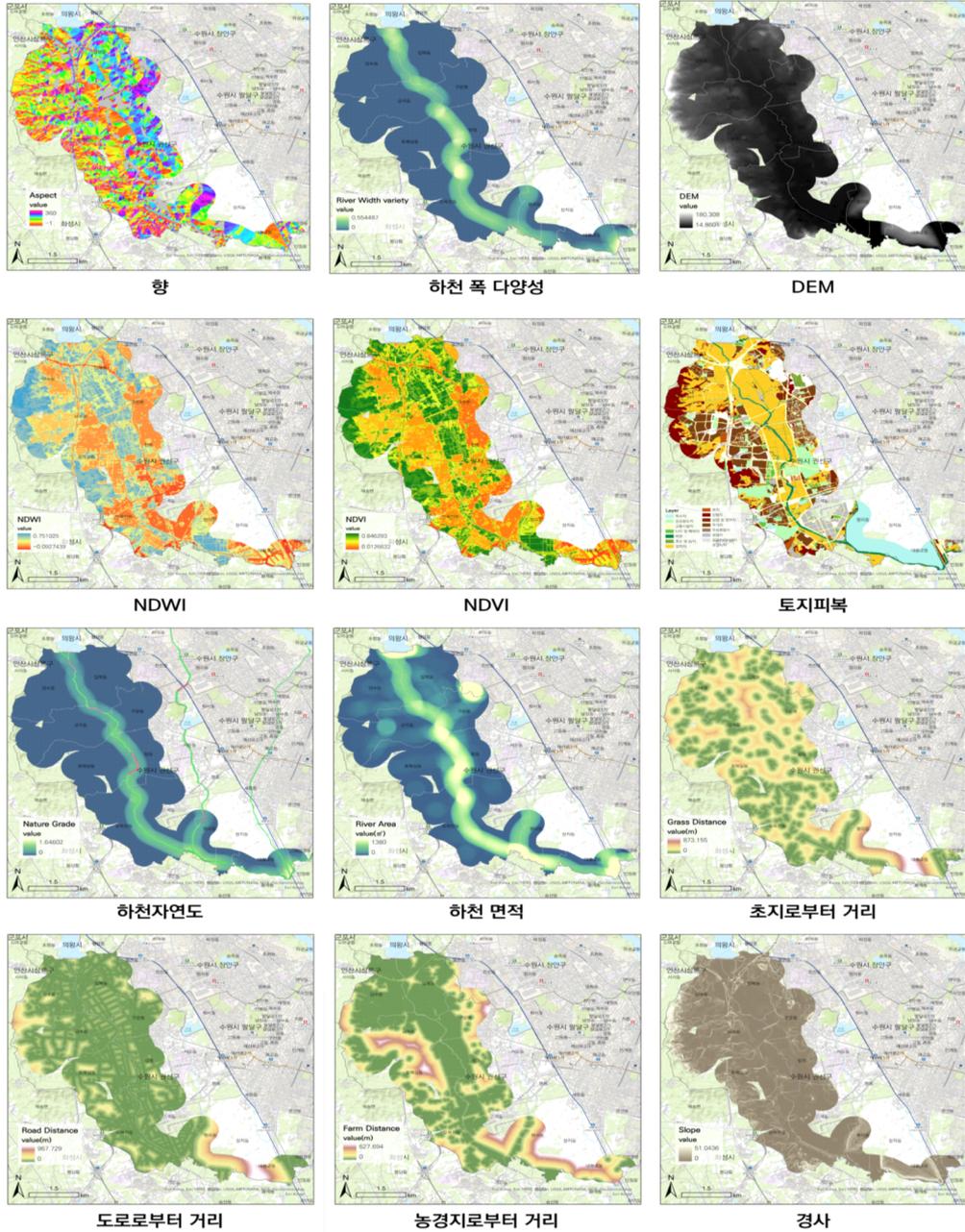
구분	서식변수	구축 데이터	reference
커버자원	토지피복	수원시 대분류 비오톱지도 15개 유형	수원시 도시생태현황도
	식생 안정화	공간해상도 10m NDVI	USGS Sentinel-2
	고도	DEM	국토지리정보원 수치지형도
	경사	Slope	
	향	Aspect	
	농경지로부터 거리	수원시 비오톱지도	수원시 도시생태현황도
	초지로부터 거리		
	산림으로부터 거리		
	하천의 폭	반경 300m 내 평균 하천 폭 다양성	수원시 하천자연도
	하천 면적	반경 300m 내 평균 하천 면적	수원시 도시생태현황도
수질	수원시 수질 측정망 2개 지점	환경부 물환경정보시스템	
먹이자원	수생태계 안정화	공간해상도 10m NDWI	USGS Sentinel-2
	하천 자연도	반경 300m 내 평균 하천 자연도 등급	수원시 하천자연도
방해요인	도로로부터 거리	수원시 비오톱지도	수원시 도시생태현황도
서식지 총실도	교량 유무	황구지천 시설물 데이터	수원시 도시생태현황도

※ 음영 처리된 변수는 모형에 적용 가능한 변수로 활용하는데 한계가 있어 모형 결과 검증용으로 활용

- 토지피복도는 수원시 도시생태현황도를 활용했으며, 대분류 유형 15개(특수지, 공공용도지, 교통시설지, 나지 및 폐허지, 하천, 호소 및 습지, 경작지, 초지, 산림지, 상업 및 업무지, 주거지, 주상혼합지, 공업지, 공급처리시설지, 조경녹지) 범주형 공간변수로 활용함
- 해당 도시생태현황도에서 수달 서식에 영향을 미칠 것으로 판단되는 농경지, 초지, 산림으로부터 거리, 그리고 교란 요인인 도로로부터 거리를 변수로 활용함
 - ArcGIS “Distance Accumulation” 공간 분석 기능을 활용하여 하나의 셀로부터 가장 가까운 농경지, 초지, 산림, 도로로부터의 거리를 측정함
- 분석 대상지 내 식생 및 수계 안정성을 평가하기 위해 각각 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, 정규화식생지수)와 NDWI(Normalized Difference Water Index, 정규화수역지수)를 활용하였음
 - NDVI 및 NDWI는 빛의 다중분광역 내 근적외선 및 R,G,B 등의 차이를 활용해 식생 및 수계를 간접적으로 평가하는 방법임
 - 분광영상은 USGS에서 제공하는 공간해상도 10m Sentinel-2 영상을 취득하여 2020-2021년 여름철 7월부터 10월 사이의 평균 변화량을 확인했으며, SNAP을 통해 운량 및 강수 등 대기 효과를 제거하는 방사 보정을 함께 수행함
- 대상지 내 지형 정보 등 물리적 공간 변수를 반영하고자 국토지리정보원에서 제공하는 수치지형도의 표고점과 등고선을 활용해 DEM(고도), 경사, 향 변수를 구축함
- 수달의 하천에 대한 폭다양성, 면적, 자연도 등급은 수원시 하천자연도 및 도시생태현황도를 참고하였으며, 수달의 하천으로부터 횡적 이동 능력을 고려하여 반경 수집 지점 반경 300m 내 평균 폭다양성, 면적, 자연도 등급을 활용함
 - ArcGIS “Focal Statistics” 공간 분석 툴을 사용하여 하나의 셀로부터 반경 300m 내 레스터 데이터의 평균값을 취득함
- MaxEnt 종분포모형을 활용하기 위해 취득된 공간 데이터는 모두 10m 공간해상도의 레스터 데이터로 통일하여, 수달의 지역적인 서식 적합성을 확인하고자 함
- MaxEnt 모형의 신뢰도 평가를 위해 ROC 곡선을 분석했으며, AUC 값을 신뢰도의 기준으로 이용하였음
 - MaxEnt 구동 시 “fold cross validation”을 10회 반복 수행하여 1회 구동 시 발생할 수 있는 모형의 불확실성을 최소화하였음
 - MaxEnt 결과 황구지천 수계 내 수달 출현 경향을 이진법(유/무)으로 표기하기 위한 임계값을 설정하기 위해 보편적으로 활용하는 10회 평균 ‘최대 테스트 민감도 + 특이도

임계값(Maximum test sensitivity plus specificity Logistic threshold)'을 사용하였음(Liu et al., 2005)

〈그림 4-3〉 수달 잠재 서식지 분석 MaxEnt 모형 입력자료

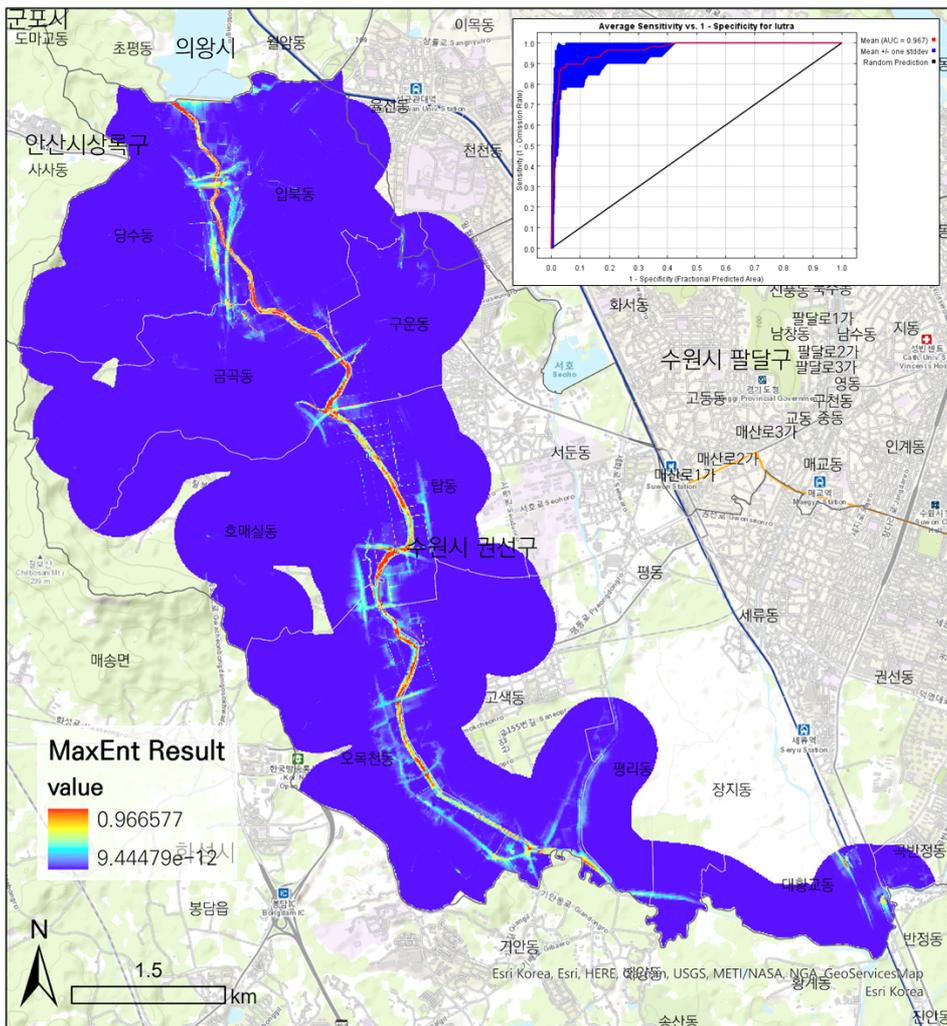


자료: 저자 작성(ArcGIS Pro 2.8.2 활용)

제2절 수달 서식지 적합성 분석

- 황구지천 내 수달의 흔적 및 탐지 데이터를 활용하여 구축된 MaxEnt 모형은 우수하게 평가되었음(AUC=0.967±0.028)
 - 보편적으로 AUC 값이 0.9 이상일 경우 모형의 신뢰도가 매우 좋다고 판단하는데, 특히 목표종이 동물일 경우 AUC가 0.8 이상이면 모형을 신뢰할 수 있다고 판단함(Hansson et al., 2005; Carter et al., 2016)
- 분석 결과를 토대로 황구지천 내 수달 출현 유/무를 이진으로 평가하기 위한 10회 평균 최대 테스트 민감도 + 특이도 임계값은 0.2496으로 확인함

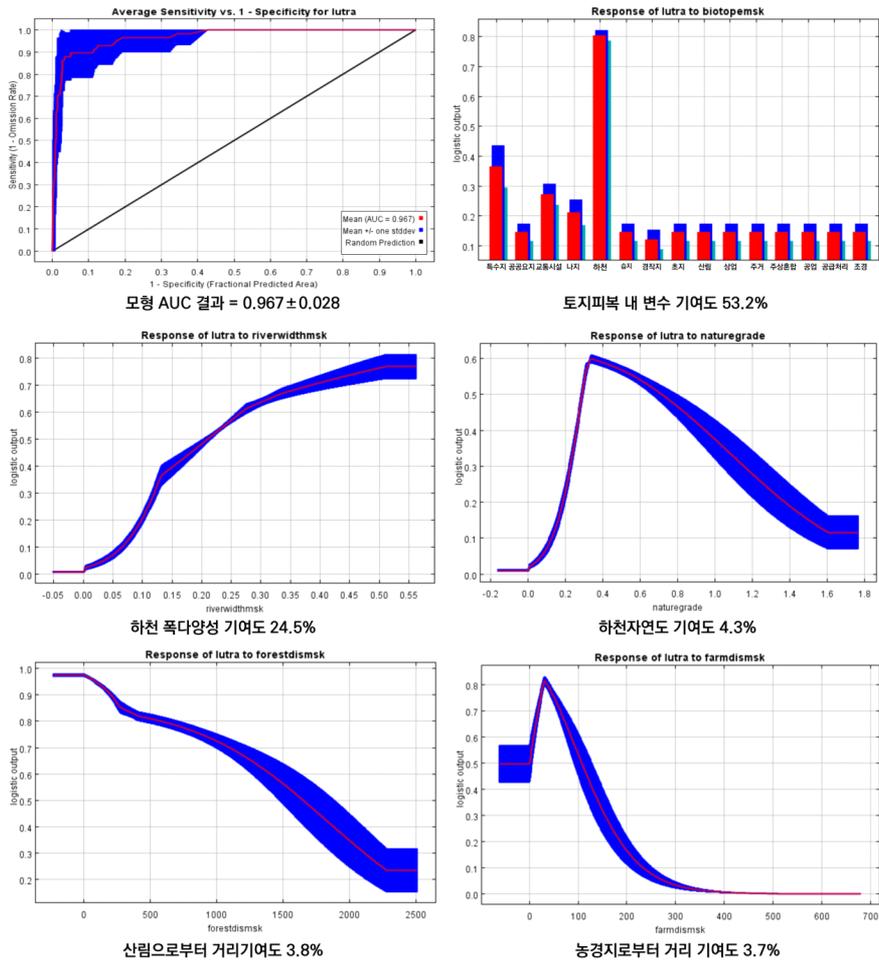
〈그림 4-4〉 수달 잠재 서식지 분석 MaxEnt 결과



자료: 저자 작성(ArcGIS Pro 2.8.2 활용)

- 해당 모델을 구축하는데 포함된 공간 변수 간 기여도(모형에 대한 적합도)를 확인한 결과, 범주형 변수인 비오톱 유형이 모형의 53.2%로 가장 높은 설명력으로 확인됨
 - 비오톱지도 범주 중 하천이 수달의 서식 적합성을 평가하는데 가장 설명력이 높았으며, 다음으로는 특수지, 교통시설지, 나지 및 폐허지 순으로 확인되었으나, 하천(0.7 이상)에 비해 설명력이 매우 낮았음
- 비오톱 유형 이외에 하천 폭 다양성 24.5%, 하천자연도 4.3%, 산림으로부터 거리 3.8% 순으로 공간 변수 간 기여도가 확인되었음
 - 모형을 3.5% 이상 설명하는 변수에 대한 기여도를 확인한 결과, 하천의 폭 다양성이 높을수록, 하천 자연도가 0.3에 가까울수록, 산림으로부터 거리가 가까울수록, 농경지로부터 거리가 50m 이내일수록 수달의 서식 확률이 높아지는 것으로 확인함

〈그림 4-5〉 황구지천수계 수달 서식에 영향을 미치는 변수 기여



자료: 저자 작성(MaxEnt 3.4.3 활용)

- 반대로 향 0.1%, 경사 0.8%, NDVI 1.1% 순으로 확인되었으며, 전체 13개 변수 가운데, 8개의 변수가 3.5% 이상 모형을 설명하지 못한 것으로 확인됨
- 특히 하천의 면적 변수가 모형을 설명하는데 1.1%만 기여한 것으로 분석되었는데 이는 하천 면적을 고려할 때 황구지천에서 뺀어 나온 지류까지 계산되어, 수달 출현 및 흔적 지점과 상이한 지점이 발생한 것으로 모형 설명력 감소에 영향을 미친 것으로 판단됨

〈표 4-3〉 황구지천 수계 수달 서식 적합성 변수 기여도

공간 변수	기여도(%)	공간 변수	기여도(%)
비오름 유형	53.2	초지로부터 거리	1.6
하천 폭 다양성	24.5	NDWI	1.2
하천자연도	4.3	NDVI	1.1
산림으로부터 거리	3.8	하천 면적	1.1
농경지로부터 거리	3.7	경사	0.8
도로로부터 거리	2.4	향	0.1
DEM	2.2		

자료: 저자 작성

- 수달 서식지 적합성 분석 및 변수 기여도를 확인한 결과, 황구지천 수계 지역을 따라서 수달의 높은 서식 가능성이 확인되었음
- 대상지 내 세부적으로 수달 서식지 적합성을 평가하기 위해 10회 평균 최대 테스트 민감도 + 특이도 임계값 결과인 0.2496을 기준으로 서식 유무를 예측함
 - 수원시 당수동과 입북동과 당수동 경계 중 서수원 IC 일대가 수달의 서식 가능성이 높게 평가되었는데, 황구지천 수계와 연결된 서수원 IC의 입체적인 구조물이 수달의 휴식 및 서식처 기능에 유리한 것으로 알려진 교량 역할을 대체했기 때문으로 판단됨
 - 또한 금곡동, 호매실동, 구운동, 탑동을 잇는 황구지천 금곡교 수계에서 수달의 서식 가능성이 높을 것으로 확인되었음
- 금곡교 10m 내 차량 통행이나 달걀 재배장 등 공장이 분포하고 있었음에도 해당 위치 남쪽에 위치한 사람이나 교통 등 인위적인 교란이 없는 농경지 위주의 황구지천에서 서식가능성이 낮게 평가되어, 도시생태계 내 수달의 서식 환경을 유지하기 위해 교란 요인 보다도 교량 등 휴식터가 될 수 있는 공간의 유무가 더 중요한 것으로 판단됨

〈그림 4-6〉 황구지천 수계 내 주요 우수 수달 서식지 평가 지역



자료: 저자 작성(ArcGIS Pro 2.8.2 활용)

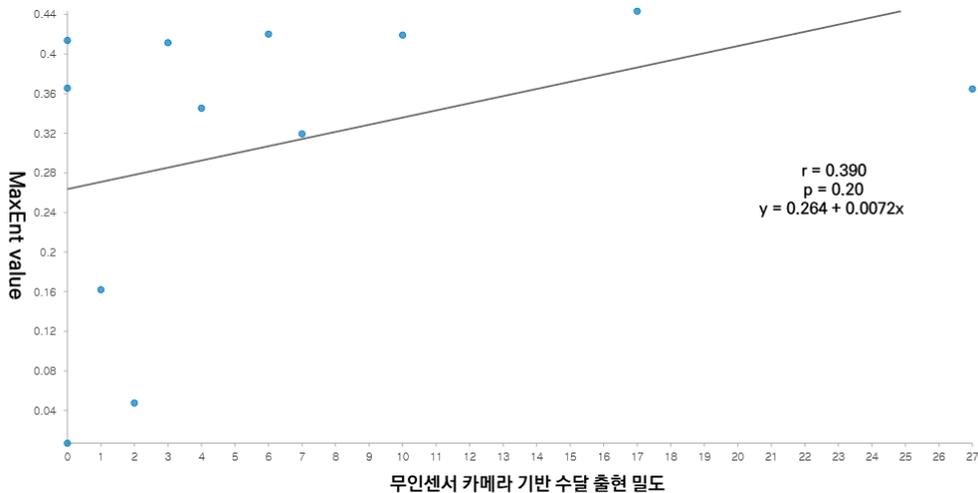
- 모형의 결과를 검증하기 위해 어류 종다양성 DB와 무인센서 카메라를 통해 수집된 황구지천 내 수달 밀도와 MaxEnt 모형 결과 간 비교 수행
 - 하천 내 어류 종다양성을 평가하기 위해 환경DNA(eDNA)을 활용할 수 있으며, 일부 연구에서는 PO4 농도를 기준으로 어류 풍부도를 추정하는 방식도 활용되고 있음 (Sjoasen, 1997; 송영근 등, 2020)
 - MaxEnt 모형 결과를 검증하기 위해 황구지천 내 4개 포인트에서 2019년에 수행된 송영근 등(2020) eDNA 연구를 참고하였으며, eDNA 채수 지점 반경 50m 내 평균 MaxEnt 결과와 관계를 확인하였음
 - 4개의 수집 지점은 왕송 제 2낙차공, 금곡교, 탑리보, 제1산업단지보 아래에서 각각 수행되었으며, eDNA 분석 결과 왕송 제 2낙차공에서는 4목 6과 12종의 어류가 확인 되었으며, 금곡교에서는 3목 4과 11종, 탑리보에서는 4목 4과 12종, 마지막 제1산업단지보에서는 5목 6과 13종의 어류가 검출됨
 - 황구지천 내 어류 종다양성 현장조사 데이터는 eDNA 수집 지점 4곳과 일월천과 당수천 2곳의 대상지에서 2016년부터 2019년까지 3년간 수집된 자료를 활용함
 - 그러나 eDNA 및 현장조사로 확인된 어류 종 수와 평균 MaxEnt value 값 간에는 관계를 확인할 수 없었는데, 이는 어류 종다양성 수집 지점이 적고 어류 종다양성 수집 시기와 MaxEnt 분석에 활용한 수달 흔적 시기가 다른 한계가 있어 통계적인 유의성을 확인할 수 없었음

〈표 4-4〉 황구지천 수계 수달 서식 적합성 변수 기여도

	eDNA(종 수)	현장조사(종 수)	MaxEnt
왕송 제 2 낙차공 아래	12	12	0.47
금곡교	11	16	0.52
탑리보	12	11	0.34
곳집말보	13	18	0.34
일월천	-	13	0.34
당수천	-	6	0.42

- 무인센서 카메라로 취득된 황구지천 내 수달 밀도와 MaxEnt 결과 간 관계를 확인하기 위해 6-10월, 5개월 간 13개의 카메라를 통해 수집된 수달 확인 데이터를 활용함
 - 개별 무인센서 카메라별로 최소 0회부터 최대 27회까지 모니터링된 특징이 있음
 - 수달의 출현 밀도와 모형 결과 간 상관 관계를 확인한 결과, 수달 출현의 빈도가 높을 수록 모형의 결과 값이 함께 증가하는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의한 수준은 아니었음($r=0.390$; $p=0.20$)

〈그림 4-7〉 황구지천 수계 수달 출현 밀도와 MaxEnt 평균 value 값 간 관계



자료: 저자 작성(ArcGIS Pro 2.8.2 활용)

제3절 소결

- 황구지천 내 수달 서식지 적합성을 분석하기 위해 2019년부터 2021년 간 수집한 수달 흔적 DB를 바탕으로 수달의 서식환경에 영향을 미치는 것으로 알려진 환경공간정보 간의 관계를 중분포모형 MaxEnt를 통해 확인하였음
- 해당 분석에서는 카메라 기반 수달 출현 빈도, 어류 먹이원 데이터를 모형의 검증용으로 활용하여 모형 결과와의 관계를 파악하였음
- MaxEnt 분석 결과, 대부분의 황구지천 수계에서 수달의 서식 가능성이 확인되었으며, 모형을 설명하는 공간 변수는 비오톱지도 범주 중 하천 유형이 가장 높게 평가됨
- 그 외, 하천 폭 다양성, 하천 자연도, 산림으로부터 거리 등이 주요한 모형의 설명 변수로 확인되었음
- 그러나 하천 면적 또는 NDVI, NDWI, 도로로부터 거리 등 수달 관련 서식지 적합성 연구에서 중요한 변수로 작용했던 일부 공간 데이터의 설명력이 높지 않은 특징이 있어, 수달은 어떠한 환경 변수보다도 우선적으로 하천이 있거나 휴식이 가능한 교량 등이 존재한다면 서식 가능성이 높아지는 것으로 해석됨
- 수중보 및 댐의 설치가 수달 서식에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있으나 황구지천 수계 내 오목천보 등에서 출현한 점을 볼 때 소규모 보의 경우 수달 서식에 큰 영향이 없는 것으로 확인되었음

〈그림 4-8〉 황구지천 수계 내 오목천보 수달 서식 가능성 평가 결과



자료: 저자 작성(ArcGIS Pro 2.8.2 활용)

- 황구지천 수계뿐만 아니라, 수원시 광교저수지에서 eDNA 기술을 통해 하천 물을 수집해 수달 흔적을 추적한 결과, 저수지 내 20개 수집 지점에서 9개에서 수달 DNA가 확인되었음(환경부, 2021)
- 따라서 수원시 내 황구지천 외 지천 및 저수지 등에서도 정기적인 현장 모니터링, 카메라 트래핑 또는 환경DNA 등을 통해 수달의 서식 가능성을 확인할 필요가 있으며, 특히 수원시 내 수달 흔적이 발견된 수생태계에서는 수질 및 어류 종풍부도 등 환경 기초자료 수집이 함께 수반될 필요가 있음

〈그림 4-9〉 광교저수지 내 수달 DNA 검출 지점

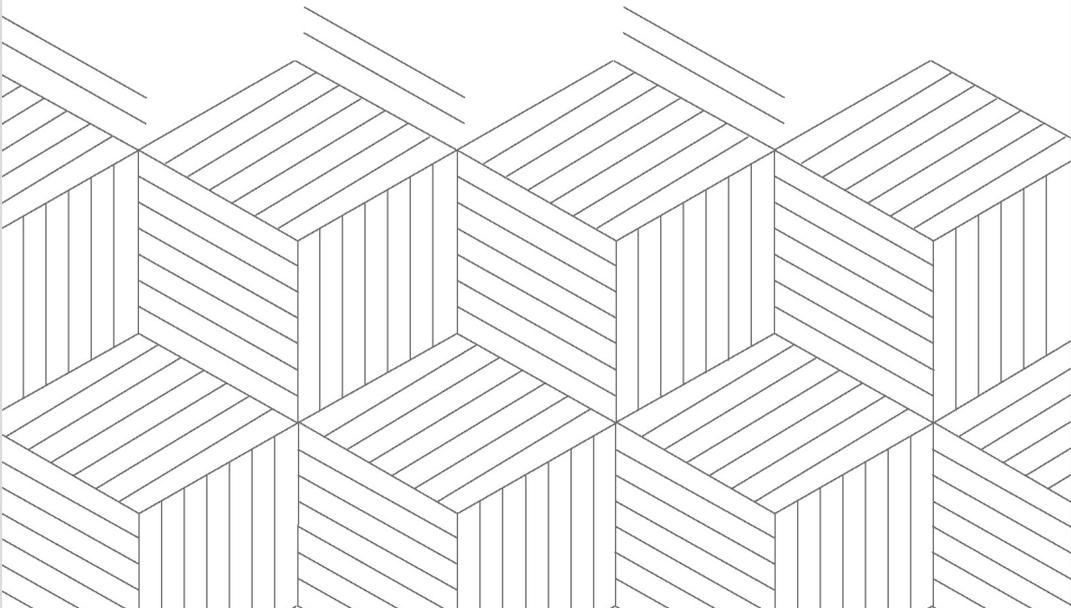


자료: 저자 작성(환경부, 2021 수정; ArcGIS Pro 2.8.2 활용)

제5장

황구지천수계 수달 보호방안 수립

- 제1절 황구지천수계 수달 보호를 위한 종합분석
- 제2절 수달 보호 전략 수립
- 제3절 전략별 이행계획 수립



제5장

황구지천수계 수달 보호방안 수립

제1절 황구지천수계 수달 보호를 위한 종합분석

1. SWOT분석

1) 강점(Strength)

- 황구지천수계 내 수달 출현 및 먹이자원 등 일부 서식환경을 구성하고 있음
 - 수원시 관내에서 유일한 자연형 하천이자 인근으로 인구밀집도가 낮아 타 하천에 비해 상대적으로 유리한 수달 서식 조건을 갖추고 있음
 - 황구지천수계는 국가하천 황구지천의 상류로 생태환경이 우수한 왕송저수지와 연계하여 수달 이동이 용이
 - 황구지천 인근 넓은 농경지 분포로 은식처, 휴식공간을 제공 가능
 - 수중보 인근으로 먹이자원이 풍부함
- 멸종위기야생생물에 대한 보호활동 및 주민대상으로 하는 교육 및 활동을 지원할 수 있는 지원체계가 마련되어 있음
 - 「수원시 자연환경 보전 및 생물다양성 증진을 위한 조례」(2016.08.12.)에 따른 자연환경 모니터링 및 보호방안 마련
 - 「수원시 환경교육진흥 조례」(2012.11.14.)에 따른 교육활동 지원
- 수원시와 환경단체 등 생물다양성 증진에 대한 의지가 강함
 - 수원시 2030 지속가능발전목표 중 「목표2 건강하고 조화로운 생물다양성」을 설정하고 「8대 깃대종과 기후변화 지역지표종 모니터링」을 세부목표로 실천하여 이에 대한 모니터링 실시
- 수달보호를 위한 경기남부지자체 업무협약 및 시민단체의 지속적인 모니터링을 통한 서식지 보호에 대한 대책 마련을 촉구하고 있음
 - 수원시 황구지천수계 내 1~2마리 서식, 3~4마리 활동 추정되며 인접 지자체와 연계하여 보호활동 지속 추진 가능

2) 약점(Weakness)

- 황구지천수계 내 수달의 출현이 확인되고 있으나 좁은 하천폭으로 인해 유량변화가 크고 유속이 빨라 수달 서식에 불리한 조건이 있음
 - 황구지천은 하천이 직선형으로 바위가 없고, 밀생한 수생식물로 인해 수달이 충분히 휴식할 수 있는 공간이 부족
 - 유량이 많은 시기에는 수달이 하천변에서 휴식하거나 서식할 수 있는 공간 부족
 - 유속이 빠르고 쉽게 범람하여 수달 임시서식처 조성 등에 불리
 - 교량하부에 산책로 및 가로등 설치, 토사유실 등으로 수달 휴식공간 활용하기에 부족
 - 일부 낙차 폭이 큰 수중보로 인해 어류와 수달의 이동에 한계
- 황구지천수계 하류 군부대, 산업단지가 위치하고 있어 오염원 발생 가능성이 있으며, 황구지천의 지속적인 수질개선 노력이 필요함
 - 수질 등급(COD기준) 왕송저수지 유출구-보통, 배양교-약간나쁨
 - 생물측정망조사(2019년) 등급 보통~매우나쁨
- 도로 개설과 도시 개발행위 등 도시 확장으로 인간의 간섭, 오염원 유입 등이 증가하여 수달 서식에 영향을 미칠 수 있음

3) 기회(Opportunity)

- 인근 지자체와 연계한 수달 보호 협약을 체결하였으며, 오산시에 수도권 수달보호센터 조성('23년) 예정으로 수달 보호를 위한 인프라가 구축되고 있음
 - 2018년 경기남부수계 지자체인 수원시-안성시-오산시-용인시-화성시-평택시간의 수달 복원을 위한 업무협력 협약 체결
- 수달보호를 위한 행정, 연구기관, 시민단체 간 협력관계가 구축되어 있음
- 수달개체 및 흔적발견에 대한 언론 홍보를 통해 시민관심이 증대되고 있음

4) 위협(Threat)

- 모니터링결과 황구지천 수계에서 지속적으로 낚시 등 어획행위가 목격되고 있음. 이는 인간간섭으로 인한 수달 활동에 제약이 될 수 있으며, 먹이 부족을 포함하는 서식지 질에 영향을 미칠 수 있음
 - 어획에 사용되는 그물, 통발 등은 수달에 대한 직접적인 위협이 됨
- 황구지천인근 농경지에서 과도한 화학비료 사용으로 인한 토양산성화 및 비료 잔류, 농

약 및 제초제 사용과 잔류, 영농폐기물 등으로 인한 비점오염이 발생할 수 있음

- 황구지천 주변 농경지 훼손 및 개발사업 추진 등으로 도로 조성 시 수달 로드킬 등이 발생 가능함
- 수원시 및 인근 지자체 택지개발로 인한 인간간섭 및 오염원 발생이 우려되며, 공사기간 동안 오염원 배출이 예상됨
 - 당수1지구(969,678㎡, 계획세대 7,855세대, 계획인구 18,729명)
 - 당수2지구(684,444㎡, 계획세대 5,000세대, 계획인구 12,220명)
 - 왕송저수지 인근에 초평지구, 월암지구 등 택지개발이 추진되어 황구지천 상류부 오염 및 생태계 훼손 우려

2. SWOT분석에 따른 전략 방향 제시

1) S-O전략(기회를 강점으로 활용)

- 민관협력 거버넌스를 기반으로 지속적인 수달모니터링 및 보호·연구 활동을 추진함.
- 경기남부수계 지자체와 지속적인 협력을 통한 수달보호협력체계를 구축하고 보호기반을 마련함
 - 왕송저수지가 위치한 의왕시까지 포함된 협의체 구성을 통해 수달 서식지 보호방안 마련 필요
- 시민을 대상으로 한 수달 보호활동, 수달 보호 교육프로그램을 개발하여 수달보호에 대한 공감대 형성과 인식을 제고함
- 지속적인 홍보활동을 통해 수달보호와 생물다양성에 대한 필요성과 중요성을 효과적으로 전달함

2) S-T전략(위험에 대해 강점으로 대응)

- 택지개발사업 공사로 인한 오염원 유입에 대한 민관협력 모니터링 및 오염원 차단 활동을 실시함
- 어획행위에 대한 단속활동과 안내 등을 실시하고, 그물·통발, 영농·생활 폐기물 등 위협요인 제거 활동을 실시함

3) W-O전략(약점을 기회요인을 보완)

- 황구지천 내 수달 휴식처 및 은신처를 조성함
 - 황구지천 및 당수천, 일월천 등 합류부지역 내 수달 서식환경을 고려한 은신처, 휴식처 등 조성
 - 황구지천 내 휴식처, 은신처 제공
- 지역주민을 대상으로 한 교육 및 시민참여 활동으로 자발적인 보호활동을 유도함.
- 인근 농경지 농민을 대상으로 환경 친화적 농업활동을 유도하여 비점오염원에 최소화를 위한 노력을 실시함
 - 적정시비, 농약 및 제초제 사용 최소화, 영농·생활폐기물 관리 등
- 민관협력을 통해 수질 개선 및 먹이자원 확보를 위한 노력을 시행함
 - 주거·공단·군부대에서 발생하는 생활·공업폐수관리를 통한 점오염원 및 비점오염원 관리

4) W-T전략(위협과 약점을 보완)

- 높은 수증보에 대한 보수 및 어도 설치, 교량하부 환경개선을 통해 수달 휴식공간 제공 및 먹이자원을 확보함
- 황구지천수계의 특성을 고려한 인공보금자리, 휴식처를 조성하여 환경수용능력을 높임
 - 빠른 유속과 잦은 범람을 고려한 파이프관 보금자리 조성(수상 보금자리 배제)
- 인간의 교란 영향 저감 등 위협요인 제거를 통한 서식환경을 확보함
 - 인간활동과 적정거리 확보를 위한 차폐막 설치를 통한 서식환경 확보
 - 교량 아래 LED 점등시간 조정 등을 통한 수달 서식환경 확보

〈표 5-1〉 SWOT분석 및 전략 수립

외부요인	내부요인	강점 (Strength)	약점 (Weakness)
		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수원시 유일한 자연형 하천 ▪ 넓은 농경지 분포 ▪ 수중보 인근 먹지자원 풍부 ▪ 생태자원이 우수한 왕송저수지, 당수천·일월천 등 연계 수계 풍부 ▪ 멸종위기종 보호를 위한 법적·제도적 체계 구축 ▪ '19년부터 지속적인 모니터링 실시, 민관협력거버넌스 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 도로개설 및 도시개발로 수달서식의 부정영향 요인 확대 ▪ 수질개선 필요 ▪ 군부대, 산업단지, 주거단지로 인한 오염원 발생 우려 ▪ 빠른 유속, 잦은 범람 등 좁은 하천폭으로 인한 서식 불리 ▪ 직선형 하천, 큰 바위 부재 등 수달 서식공간 부재 ▪ 높은 수중보로 인한 어류 및 수달 이동 불리
기회 (Opportunity)		[S-O 전략] 기회를 강점으로 활용	[W-O 전략] 약점을 기회요인으로 보완
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 인근 지자체와의 수달보호 협력체계 구축 ▪ 수도권 수달보호센터 조성 예정(오산시) ▪ 수달보호를 위한 민관협력체계 구축 ▪ 수달개체 및 흔적 발견에 대한 지속적인 홍보활동 전개 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 민관협력 거버넌스 기반 수달 모니터링 및 보호·연구활동 ▪ 타 지자체와의 수달 보호협력체계 구축 ▪ 시민 대상 수달보호활동, 수달보호교육프로그램 운영 ▪ 수달홍보활동 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지역주민 자발적 보호활동 유도 ▪ 인근 농경지 환경친화적 농업활동 유도 ▪ 민관협력을 통한 수질 개선 및 먹이자원 확보 노력
위협 (Threat)		[S-T 전략] 위협에 대해 강점으로 대응	[W-T 전략] 위협·약점을 보완
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 택지개발로 인한 인간간섭 및 오염원 발생 우려 ▪ 잦은 공사로 인한 오염원 유입 ▪ 지속적인 불법 어획행위 발견 ▪ 하천 내 영농 및 생활폐기물 등 오염원 발견 ▪ 인근 농경지로 부터의 비점오염원 발생 우려 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ 택지개발사업 오염원 유입 모니터링 및 오염원 차단 ▪ 어획행위 단속활동 및 안내 ▪ 그물·통발, 영농·생활폐기물 제거 활동 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 높은 수중보, 교량하부 환경개선 ▪ 황구치천 수계 특성을 고려한 인공 보금자리 및 휴식처 조성 ▪ 인간 교란 영향 감소를 위한 차폐막 설치
계획과제		<ol style="list-style-type: none"> 1. 수달이 지속적으로 서식할 수 있는 쾌적한 보금자리 조성 2. 지속적인 수달 보호를 위한 환경적·제도적 기반 마련 3. 수달보호를 위한 시민 역량 제고 	

제2절 수달 보호 전략 수립

1. 비전 및 목표

1) 비전설정

- 수달은 종 자체로도 적극적으로 보호가 필요한 멸종위기야생생물이자 천연기념물로서 보호 가치가 있음. 또한, 수달은 생물의 다양성을 유지하고 있음을 나타내는 우산종이며, 건강한 수환경의 지표종으로 수달의 서식이 해당 수계의 생물 다양성을 증명할 수 있음
- 황구지천은 수원 내 유일한 자연형 하천으로 지속가능한 생태도시를 표방하는 수원시의 시정방향을 고려했을 때 수달의 서식은 멸종위기야생생물의 서식보다 더 큰 의미를 내포하고 있음
- 따라서 황구지천수계 수달 보호방안의 비전을 수달의 보호와 함께 황구지천 수계의 생물다양성을 의미하는 「수달과 함께 다양한 생물이 노니는 황구지천 수계」로 설정함

2) 목표설정

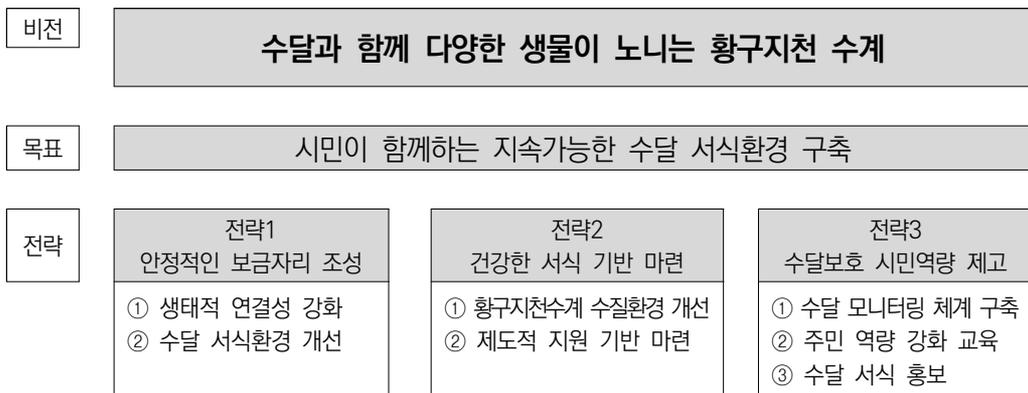
- 비전을 달성하기 위한 목표는 「시민이 함께하는 지속가능한 수달 서식환경 구축」으로 설정하고 이에 대한 구체적인 전략을 수립함. 목표 설정 시 황구지천수계 내 수달의 지속가능한 서식환경을 구축하도록 하고 인위적인 개체 도입 및 먹이자원 제공은 등은 검토하지 않음
- 인위적인 수달 개체 도입 및 먹이자원 제공이 기존의 생태계에 부정적인 영향을 미칠 수 있으므로 인위적인 투입은 최소화하고 지속가능한 휴식공간 등을 제공함으로써 지속가능한 서식지가 유지·관리되도록 계획을 수립함

2. 전략

- 멸종위기종 보호를 위한 관리 기본방향은 ① 생태계 변화관찰, ② 멸종위기종 지정·관리, ③ 멸종위기종 서식·분포 실태조사, ④ 상시모니터링 및 서식지 보전·관리, ⑤ 서식지의 보전, ⑥ 증식·복원 기술 개발, ⑦ 증식·복원, ⑧ 모니터링·사후관리로 구분(환경부, 2018)되며, 황구지천수계의 수달 보호방안 역시 이를 기초로 세부전략을 수립함

- 수달의 서식환경 조성을 위한 전략으로 안정적인 보금자리 조성, 건강한 서식기반 마련, 수달보호를 위한 시민역량 강화로 설정함
- 첫 번째 전략인 안정적인 보금자리 조성은 생태적 연결성 확보 및 수달의 서식환경 조성을 통해 수달의 지속적이고 안정적인 서식환경 조성에 목적이 있음
 - 생태적 연결성 강화를 위해 수달 서식을 위한 완충지대를 설정하고 연결성 확보가 필요함
 - 수달 서식환경 개선을 위해서는 수달의 휴식처, 안식처 등 인공 보금자리를 조성하고 인간의 교란을 최소화할 수 있는 차폐막 설치가 필요함
- 두 번째 전략인 건강한 서식 기반 마련은 지속가능한 수달 서식을 위해 황구지천 수계 수질개선 및 제도적 지원을 위한 기반 마련이 필요함
 - 인근 주거지역, 공업지역 등에서 나오는 오폐수 관리 및 주변 토지이용에서 발생하는 비점오염원에 대한 관리 필요
 - 각종 개발사업 추진 시 수달 및 수달서식지에 미치는 부정적인 영향 최소화 및 적절한 저감방안 마련
 - 수달 보호를 위한 조례 개정 등 제도적 지원 기반 마련 필요
- 세 번째 전략인 수달보호 시민 역량 제고는 지속적인 인간의 간섭을 최소화할 수 있는 방안임
 - 시민참여를 통한 수달 모니터링 체계 구축을 통한 수달 개체 및 서식지 정보 구축
 - 수달보호를 위한 주민교육 및 캠페인 실시, 활동가 육성 필요
 - 수달 서식 및 위협요인 저감을 위한 교육·홍보 필요

〈그림 5-1〉 비전체계



〈표 5-2〉 수달보호 전략별 이행계획

전략	이행계획	주요내용
전략1 안정적인 보금자리 조성	① 생태적 연결성 강화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달서식 완충지대 설정 ▪ 서식지의 연결성 확보를 위한 위협요인 저감
	② 수달 서식환경 개선	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달 인공보금자리 조성 ▪ 인간교란 최소화를 위한 차폐막 설치
전략2 건강한 서식 기반 마련	① 황구지천수계 수질환경개선	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 인근 주거·공업·군부대 등에 대응한 통합적 물관리 정책 실시 ▪ 인근 농경지 대상 환경 친화적 농업활동 확산
	② 제도적 지원 기반 마련	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 각종개발사업 추진 시 수달에 미치는 영향 최소화 방안 마련 ▪ 수달보호지원을 위한 조례 제정
전략3 수달보호 시민역량 제고	① 수달 모니터링 체계 구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달모니터링 협력체계 구축 ▪ 무인센서 카메라 조사, 현장 모니터링, DNA비교분석
	② 주민 역량강화 교육	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달활동가 육성 및 교육 ▪ 수달보호 캠페인 운영
	③ 수달 서식홍보	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 브랜드 구축, 홍보 콘텐츠 개발, 매체 활용

제3절 전략별 이행계획 수립

전략

1. 안정적인 보금자리 조성

전략 1-① 생태적 연결성 강화

목적	▪ 황구지천수계 내 수달의 이동 편의성 제고
목표	▪ 안전한 수달 서식지 확보를 위한 하천 및 주변지역 관리
주요내용	▪ 안전한 수달서식지 확보를 위한 주변 완충지대 설정 ▪ 서식지의 연결성 확보를 위한 위협요인 저감

관련부서 : 환경정책과, 도시계획과, 하수관리과

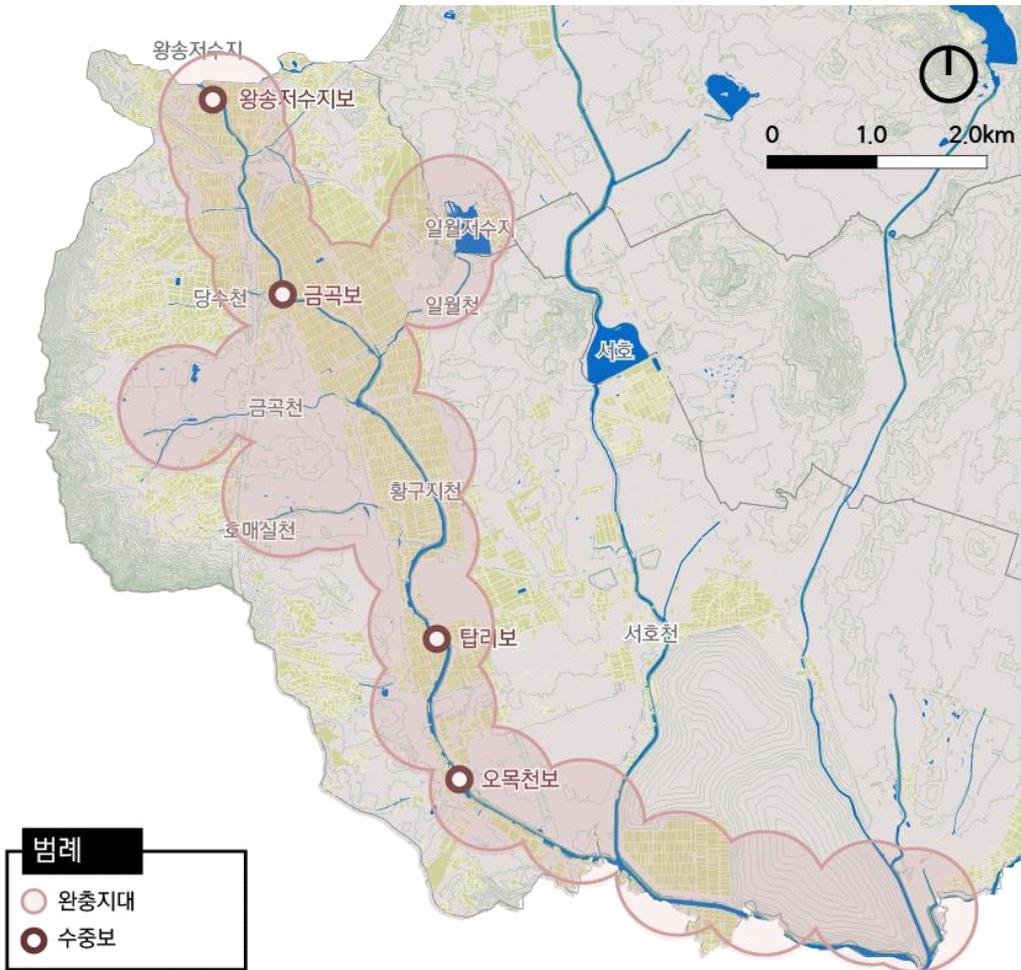
□ 배경 및 필요성

- 수달은 일생을 한줄기 하천 수계 환경에서 살아가는 종으로서 하나의 가족그룹은 일정한 길이의 수환경을 자신들의 세력권으로 이용함(한국수달보호협회, 2019)
- 수계 내의 생태적 연결성은 해당 서식지에 있는 수달 개체군에게 도움이 줄 수 있는데, 특히 근친교배의 위험에 빠지지 않으면서 타 개체군의 번식기회를 통해 상호 유전자 교환을 끊임없이 유지하는 것이 중요함
 - 황구지천의 수달은 주로 야행성의 활동 패턴을 나타내며 당수지구 공사 구간 등 여러 공사 행위에 대해 회피하는 경향이 나타남
 - 황구지천을 상하로만 이동하는 것이 아니라 연결된 수계(일월천, 당수천 등)를 따라서도 이동하는 것이 관찰되었으며, 봄부터 여름철까지 관개수로를 따라 벼논을 이용하는 것으로 추정됨
- 향후 지속적인 수달의 서식지를 보호하기 위해서는 황구지천 뿐만 아니라 주변 완충 지역을 설정하고 완충 지역을 포함한 서식지 보호가 필요함
- 황구지천수계에 있는 수중보는 낙차가 높거나 하천의 빠른 유속으로 아래쪽 토사가 유실되어 수달이 양쪽 혹은 한쪽 끝으로만 이동하는 등 이동에 어려움이 있으므로 장기적으로 이에 대한 개선이 필요함

□ 완충지대 설정

- 황구지천수계의 수달은 상류인 왕송저수지, 하류인 국가하천 황구지천뿐만 아니라 일월천, 호매실천, 당수천 등 황구지천의 지류 전역을 활동 대상으로 하고 있음
 - 하천 인근뿐만 아니라 수로를 따라 농경지 일대에서도 활동하고 있으므로 황구지천 인근 농경지와 지류를 전역을 수달서식 완충지대로 설정하고 보호전략을 수립함
- 완충지대 내를 대상으로 모니터링을 지속하고, 수달보호 캠페인 및 안내판 설치 등 보호활동을 집중적으로 시행함
- 또한 완충지대에서 인근에서 발생하는 도로 및 택지 개발 등 각종 개발활동 추진 시 수달서식 및 이동에 미치는 영향을 면밀히 고려하여 이를 도로 노선 및 토지이용계획을 수립할 수 있도록 유도함

〈그림 5-2〉 생태적 연결성 강화 지점



〈그림 5-3〉 수달의 관개수로 이동



벼논과 연결된 관개수로



관개수로를 이동하는 수달(3번 카메라 지점)

□ 서식지 연결성 확보

- 황구지천수계의 수중보는 크게 4개소가 설치되어 있음. 수중보의 낙차로 인해 어류나 수달의 이동에 제약이 있어, 먹이자원이 감소하거나 수달이 충분히 이동하지 못해 서식에 어려움이 발생할 수 있음
 - 황구지천수계는 수달의 이동을 차단하는 완전한 형태의 수직형 수중보는 아니며, 모니터링결과 호안사면을 이용하여 이동하고 있어 수달이동에 필요한 최소한의 여건을 마련되어 있는 것으로 판단됨
 - 제방 인근으로 도로가 있는 경우 차량 로드킬이 발생할 우려가 있기 때문에 장기적으로는 이를 개선할 필요가 있음
- 기존 수중보의 경우, 호안사벽으로 계단 혹은 완경사로 설치하는 등 계단형 수달통로와 생태어도를 추가로 조성할 필요가 있음
- 수달이 지류나 타 수계로 이동에 불편을 겪지 않게 환경을 개선하고 수달의 먹이자원이 어류 및 각종 생물종들이 전체 하천 수역에 풍부하게 서식하기 위한 기반을 마련할 수 있음

〈그림 5-4〉 황구지천 수계 수중보



〈그림 5-5〉 수중보 수달 이동통로 설치(안)



자료: 대구시(2019)

〈그림 5-6〉 월류형 수중보(예시)



자료: 한국수달보호협회(2019)

전략 1-② 수달 서식환경 개선

목적	▪ 황구지천수계 내 수달서식환경 조성
목표	▪ 수달의 서식공간, 휴식공간 조성을 통한 지속가능한 개체 확보
주요내용	▪ 수달 인공보금자리 조성 ▪ 인간교란 최소화를 위한 차폐막 설치

관련부서 : 환경정책과, 하수관리과

□ 배경 및 필요성

- 수달은 바위틈 사이에 굴을 파서 새끼를 낳고, 먹이활동 후 바위 위에 배설을 하며 모래톱 등 마른 흙에서 털을 말리는 습성이 있는데 이러한 활동하기 위한 요건을 만족하는 서식지를 선호함
- 하지만 황구지천은 바위가 없고 하천이 직선이며, 밀생한 수생식물로 인해 수달이 휴식할 곳이 충분치 않음
- 황구지천수계 서식환경의 한계를 극복하기 위해 수달 서식에 필요한 구성 요소를 인위적으로 확충함으로써 환경수용능력(carrying capacity)을 높이고, 장기적이고 안정적인 수달의 서식지를 제공할 필요성이 있음

〈그림 5-7〉 황구지천과 수달 서식밀도가 높은 자연형 하천 비교



황구지천 상류 전경



황구지천 하류 전경



경남 거창 수달 서식지



전북 남원 수달 서식지

□ 수달 인공 보금자리 제공

- 바위가 없는 황구지천에 인공 보금자리를 제공하여 장기적으로 수달이 서식하고 번식 및 개체 수 유지가 필요함
- 수달 인공보금자리는 크게 수상 인공생태섬 조성과 파이프관을 활용한 보금자리로 구분할 수 있음
 - 황구지천은 강우 시 쉽게 범람하고 유속이 빠르기 때문에 수상 인공 보금자리보다는 파이프관 보금자리가 유리할 것으로 생각됨
- 황구지천수계에서 수달이 이용하는 서식지이면서 인간의 영향이 적은 곳이나 수달의 흔적 밀도가 높은 곳을 선정하여 지하 파이프관을 묻고 그 안에 인공 보금자리를 조성하여 수달의 정착 및 번식을 위한 서식지를 제공함

〈그림 5-8〉 안산 시화습지 수달의 인공 보금자리



자료 : 다큐온,(2021)

- 당수지구로 연결되는 당수천은 수달이 정기적으로 이용을 하면서 인간의 교란이 적은 지역이고, 일월천 합류부와 금곡교 부근은 수달의 흔적 밀도가 가장 높게 나타난 지역
이므로 이러한 지역을 선별하여 인공 보금자리를 제공하는 것이 필요함

〈그림 5-9〉 당수천 굴다리 부근 환경

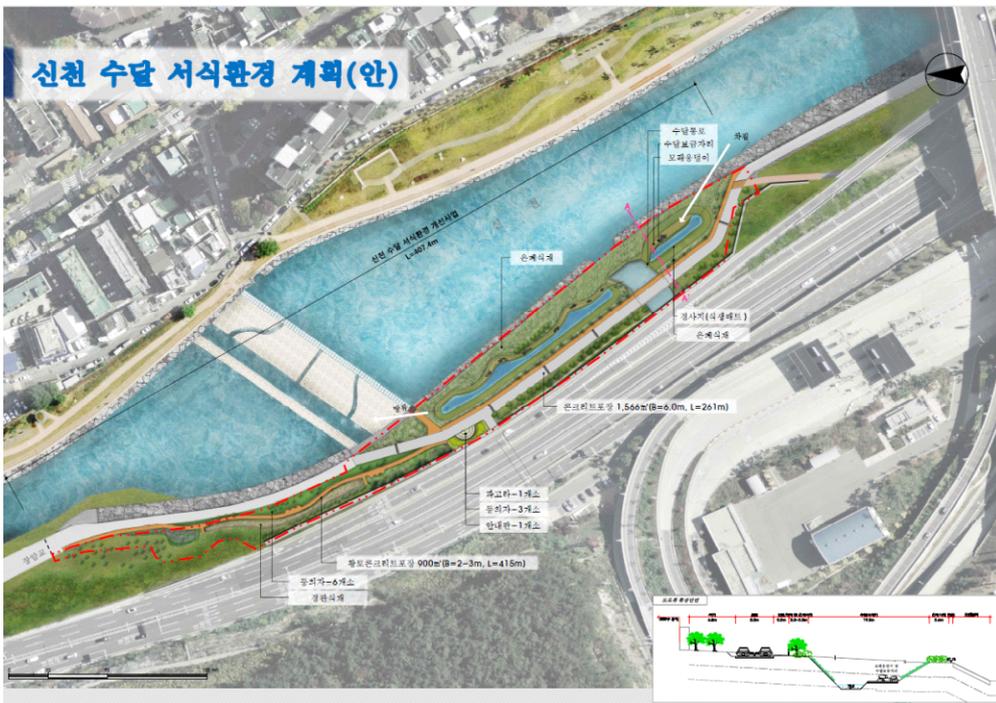


- 인공보금자리 외에도 수달이 야외에서 휴식을 취할 수 있는 쉼터를 조성하고, 장기적으로는 수달생태공원 등을 조성하여 지속적인 수달서식여건을 마련할 필요가 있음
 - 하천폭이 넓은 지역에 준설작업을 통해 수달 물웅덩이와 돌무더기 쉼터 설치

〈그림 5-10〉 안산 시화호 수달 쉼터(물웅덩이)



〈그림 5-11〉 대구 수달 서식환경 개선사업 계획안



□ 인간의 교란 영향의 감소를 위한 교량 하부 차폐막 설치

- 수달은 배설 및 행위를 위해 인간을 회피하여 주로 교량 하부에서 휴식을 하거나 배설을 하는 경우가 많음
- 황구지천 교량은 수달이 휴식과 배설을 할 수 있는 요건을 갖추고 있는 교량이 있으나

산책로와 하천이 너무 가깝고, 산책로를 위해 가로등이 켜 있음

- 그리고 교량 아래에 산책하는 시민이 휴식을 하는 경우가 있어 실제 수달이 휴식지로 이용하기 어려운 것으로 판단됨
- 따라서 수달이 휴식할 수 있는 교량일 경우 교량의 좌우로 최소 50m 이상의 하천 방향으로 차폐막을 설치하여 인간의 영향을 줄이고, 수달의 휴식지 역할 제공으로 서식지 구성요소 확보가 필요함

〈그림 5-12〉 수달의 휴식지로 가능한 교량과 불가능한 교량 예시



휴식지로 가능한 교량



불가능한 교량

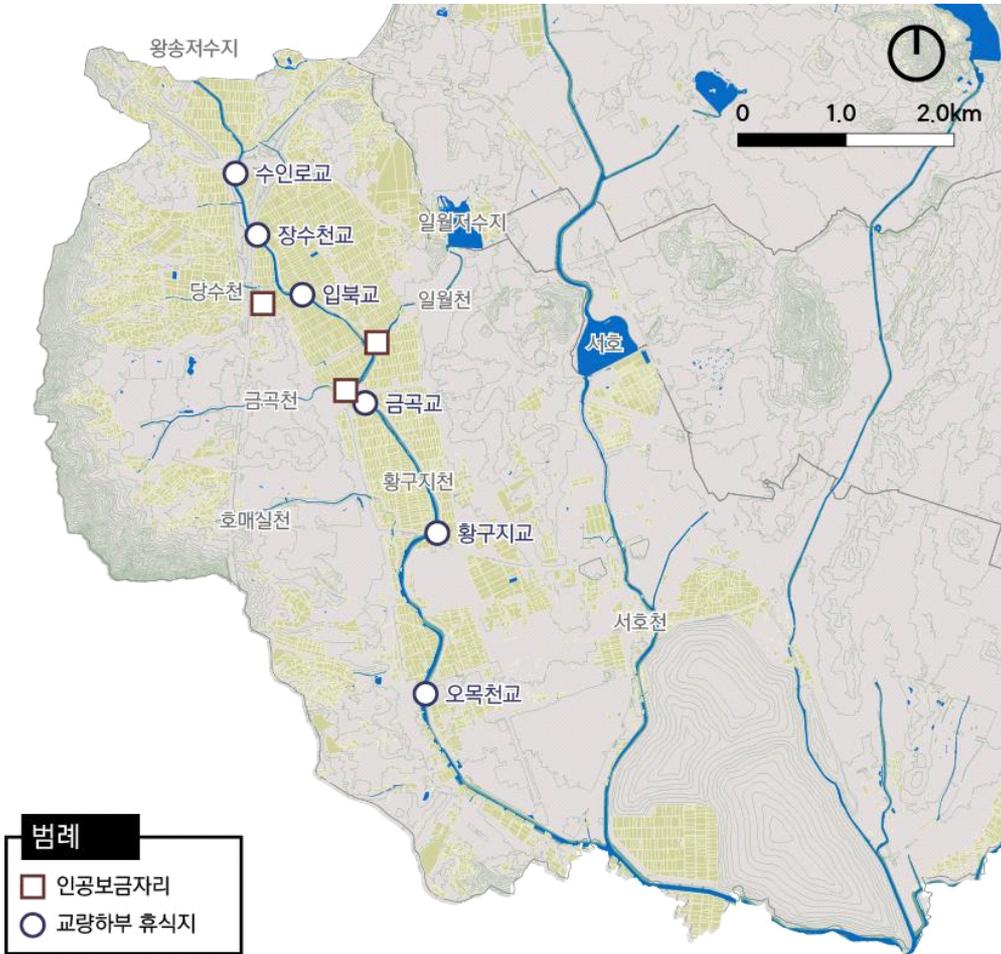
〈그림 5-13〉 LED 가로등이 설치된 교량 하부 산책로



〈그림 5-14〉 안산 시화호 차폐막 예시



〈그림 5-15〉 수달 서식환경개선 지점



〈그림 5-16〉 황구지천수계 수달 휴식지로 가능한 교량



전략

2. 건강한 서식기반 마련

전략 2-① 황구지천수계 수질환경개선

목적	▪ 황구지천수계 내 수달서식환경 개선
목표	▪ 점오염원 및 비점오염원 관리를 통한 수질개선 및 먹이자원 확보
주요내용	▪ 인근 농경지 대상 환경 친화적 농업활동 확산 등 비점오염원 저감 대책 마련 ▪ 수질환경개선을 통한 어류 다양성 증진 및 수달의 먹이자원 확보

관련부서 : 환경정책과, 수질환경과, 하수관리과

□ 배경 및 필요성

- 수달은 반수생 생물로 대부분을 물에서 생활하며, 주요 먹이는 80% 이상이 어류가 차지함, 수질 오염은 수달의 먹이가 되는 어류를 감소시키거나 중금속 축적으로 인해 하천 최상위 포식자인 수달에 부정적인 영향을 끼칠 수 있음
- 하천의 오염으로 인한 악취, 낮은 탁도(turbidity) 등은 다른 서식지에서 이입된 수달이 지속적으로 서식하지 않고 다시 이출하는 요인으로 작용할 수 있으므로 장기적으로 수질 개선이 필요함
- 황구지천의 수질은 위치에 따라 좋음~매우 나쁨 사이이며, 전반적으로 개선되고 있는 경향이나 하류로 갈수록 악화됨
- 황구지천의 경우에도 하수처리장 설치를 통해 이를 관리하고 있기 때문에 점오염원에 대한 관리를 이루어지고 있으나 황구지천 인근으로 도로, 농경지, 군사지역, 산업단지, 주거단지가 분포하고 있으며, 지속적인 도시개발이 이루어지고 있어 비점오염이 발생하고 있으며 이에 대한 관리가 필요함
 - 농경지에서는 과다투입 된 화학비료, 농약, 가축의 배설물, 비처리 축산폐수, 영농폐기물 등이 위협요인으로 꼽힐 수 있음
 - 군사지역, 산업단지, 주거단지에서는 도로에 있는 생활폐기물, 미처리된 공사 및 군사폐기물 등이 위협이 될 수 있음
 - 공사지역에서는 토사, 쓰레기, 잔재물, 중금속 등이 강우로 인해 하천으로 유입될 수 있어 이에 대한 관리가 필요함
- 모니터링을 통해 강수 후 쓰레기 및 생활 폐수 유입 등으로 인해 지속적으로 하천이 오염되고 있는 것이 관찰되었음

- 향후 황구지천 수계의 도시개발(당수지구 등)로 인한 유입 오염물질에 대한 관리도 필요함

〈그림 5-17〉 황구지천 주변 농경지



□ 수질개선사업

- 수원시 황구지천은 경기남부수계의 상류지역이자 지역 내 주요 자연형 하천, 농업용수로 활용되기 때문에 수달 보호 외에도 통합적인 수질관리가 필요한 하천임
- 수질 개선은 단기간이고 단편적인 활동이 아닌 중장기적이고 통합적인 전략이 필요함
수원시에서는 2019년 수원시 통합 물관리 종합계획 수립 연구를 통해 수원시 전반적인 수질관리를 위한 지침과 실행방안을 설정하였음
- 황구지천의 농경지에서 배출될 수 있는 잔류 화학비료, 농약, 제초제 등을 미리 방지하기 위해 중장기적으로 적절한 사용량을 이용하도록 유도하거나, 환경친화적 농업으로 전환할 수 있는 정책이 필요함
 - 적절한 화학비료사용의 경우 현재 공익형직불제 준수사항으로 이를 실제 이행할 수 있도록 유도할 필요가 있음
 - 농약 및 제초제의 사용의 문제와 영농폐기물 투기 문제는 농식품부의 농업환경보전프로그램 지구로 지정하여, 농민 스스로 이러한 활동을 할 수 있도록 유도함
- 그 외 도시개발과정에서 발생할 수 있는 공사폐기물, 생활폐기물, 적재되어 있는 금속물질, 잔재물, 토사 등에 대한 관리를 철저히 할 필요가 있음

〈표 5-3〉 농식품부 농업환경보전프로그램 사업 활동

구분	분야	단위과제	세부활동
개인활동	토양	1.적정 양분 투입	①완효성 비료 사용하기
		2.외부 양분 투입 감축	①농사 후 남은 농업부산물 잘라 논밭에 환원
			②휴경기 녹비작물 재배 및 토양환원
	3.토양침식 및 토양분유출 방지	①벼짚 등 농업부산물로 경사진 밭 덮기	
		②경사진 밭 돌레에 빗물이 돌아가는 이랑 만들기	
		③경사진 밭 끝에 초생대 설치하기	
		④경사진 밭 끝에 침사구 설치하기	
	생태	1.농약사용 저감	①천적으로 해충 방지하기
			②제초제 없이 잡초 제거하기
			③과수원에서 초생 재배하기
④태양열로 토양 소독하기			
⑤시설하우스에 방충망 설치하기			
대기	1.온실가스 감축	①경운 최소화	
	2.축산악취 저감	①축산악취 저감을 위한 미생물 제제 사용하기	
공동활동	용수	1.농업용수 수질개선	①오염된 하천·저수지 청소 및 수생식물 식재
		2.양분유출 방지 등	①논 배수물꼬 설치 및 물관리
	생활	1.생활환경 개선 * 농촌비점 발생 최소화	①영농폐기물 공동수거 및 분리배출
			②생활폐기물 공동수거 및 분리배출
	생태	1.농업생태계 보호	①생태계에 유해한 생물 제거
			②덤벙(생태 물 웅덩이) 조성 및 관리
			③농경지 이용 멸종위기종 조류 먹이공급
	경관	1.농촌경관 개선	①공동공간 관리 및 청소
			②공동공간에 꽃과 나무 심기
			③빈집 및 불량시설 경관 정비
유산	1.농업유산 보전	①농경의례 및 공동체문화 전승	
		②전통적 농업기술의 유지 및 계승	
		③전통적 토지이용 경관의 보전	
		④전통적 수리관개시설의 활용 및 보전	

자료: 농식품부(2021) 2021년 농업환경보전프로그램 가이드라인

□ 먹이자원 확보

- 수질개선은 수달의 직접적인 서식에 긍정적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 주요 먹이자원인 어류 서식에 도움을 줄 수 있음
 - 현재 황구지천수계의 어류건강성은 평균적으로 나쁨 수준으로 수질 개선을 통해 수원의 어류 다양성과 개체 수 확보를 통해 건강한 먹이사슬 체계를 마련해야 함
- 수중보는 유속을 낮추고 수심을 유지하는 기능을 하기 때문에 어류가 살기에 좋은 환경이지만 반대로 지나치게 높은 보는 어류 이동에 제약이 있어 개체 수 및 다양성 감소에 영향을 미침. 따라서 이를 해소할 수 있는 어도 설치 및 생태형 수중보 개선 등의 노력이 필요함

전략 2-② 제도적 지원 기반 마련

목적	▪ 지속적인 수달보호정책 추진 기반 마련
목표	▪ 수달보호 관련 사업, 정책, 재정지원 등에 대한 법적근거 마련
주요내용	▪ 수달보호 지원사업을 위한 조례 제·개정

관련부서 : 환경정책과

□ 배경 및 필요성

- 수달보호를 위한 관련 정책과 사업의 추진, 정기적인 모니터링 및 시민참여활동, 교육 프로그램 운영을 지속하기 위해서는 관련 법률과 제도가 필요함
 - `19년부터 진행해온 수달 모니터링활동은 매년 진행되어 데이터가 축적되긴 했으나, 모니터링활동을 위한 재원은 각각 달라 향후 활동에 대한 담보가 어려운 상황임
- 현재 수달보호와 관련된 수원시 조례는 환경기본조례를 기본으로 수원시 자연환경 보전 및 생물다양성 증진을 위한 조례, 수원시 환경교육 진흥 조례가 있으나, 수달 보호 정책과 사업, 지원에 대한 사항은 구체적으로 명시되어 있지 않음

〈표 5-4〉 수달 보호 정책과 사업의 법적 근거

조례명	세부항목	연계추진 가능 사업
환경기본조례	제4조~제8조	▪ 시장, 사업자, 시민, 언론 및 단체, 학교에서의 환경과 관련된 권리와 책무를 제정
자연환경 보전 및 생물다양성 증진을 위한 조례	제8조 자연환경조사	▪ 멸종위기 및 보호 야생생물, 고유 생물종의 서식현황
	제11조 야생동물의 구조·치료	▪ 수달 구조 및 치료
	제12조 자연환경보전 및 생물다양성 증진을 위한 재정지원	▪ 수달관련 연구 활동 ▪ 수달보호 및 관리 정책 및 사업, 시민활동 ▪ 수달관련 교육 및 홍보활동
	제13조 교육·홍보	▪ 수달 관련 교육 및 홍보활동
수원시 환경교육 진흥 조례	제11조 학교환경교육의 진흥	▪ 수달보호 관련 학교연계 프로그램 운영
	제12조 사회환경교육의 진흥	▪ 수달보호 관련 시민대상 프로그램 운영
	제13조 사업자 환경교육의 진흥	▪ 수달보호 관련 사업자대상 프로그램 운영

- 수원시에서 수달보호와 관련된 활동을 할 수 있는 근거는 수원시 2030지속가능발전목표가 될 수 있음. 수원 SDGs 목표 중 두 번째 목표는 건강하고 조화로운 생물다양성으로 수원에 서식하는 깃대종 및 기후변화 지표종을 대상으로 모니터링을 하도록 제시함
- 현재 전국 지자체의 수달과 관련된 조례는 총 2개가 제정되어 있어 수원시 역시 수달을 포함한 멸종위기 야생생물의 보호 근거 마련이 필요함

- 구례군 섬진강 수달생태공원 관리 및 운영 조례와 오산시 수달 등 야생생물 보호 및 환경교육센터 설치·운영에 관한 조례가 있으며, 수달과 관련된 시설 지원과 연결하여 제정하였으며, 세부항목으로 수달 보호 관리에 대한 내용을 명시하고 있음
- 구례군 조례의 경우 수달보호 관리사업의 범위, 시행사업자, 재정지원에 대한 내용을 세부적으로 명시하고 있어, 수달보호 정책과 사업 추진의 법적인 근거를 구체적으로 마련한 사례로 볼 수 있음
- 오산시 조례의 경우 내용적으로 수원시 자연환경보전 및 생물다양성 증진을 위한 조례와 유사하나, 조례명에 수달을 명시함에 따라 주요하게 보호대상으로 강조하고 있다는 점이 타 지자체와 차별화 됨
- 수달뿐만 아니라 단일 야생생물 종에 대한 보호 조례도 찾아볼 수 있음
- 창녕군 우포따오기 관리에 관한 조례, 양구군 산양증식·복원센터 설치 운영조례, 철원군 DMZ 두루미평화타운 및 철새도래지 관리·운영조례, 충청남도 점박이물범 및 서식지 보전에 관한 조례, 무주군 반딧불이 연구소 설치·운영조례 등이 있음
- 해당 지역의 주요 멸종위기종의 보호를 위한 목적으로 제정되었으며, 종 보호를 위한 재정지원, 관련계획수립, 관련 거버넌스 구축 및 운영 등에 대한 세부 근거를 마련함

〈표 5-5〉 수달보호 관련 조례 제정 사례

조례명	관련항목	제정일시
구례군 섬진강 수달생태공 원 관리 및 운영 조례	<p>제4장 수달보호 관리</p> <p>제26조(수달 보호 관리 등) 군수는 섬진강 수달 서식지 등에서 서식하고 있는 수달에 대해 보호, 관리, 교육, 연구 등을 위하여 각 호의 사업을 실시 할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 수달 보호, 관리, 교육, 연구 등의 사업 2. 수달 서식지 환경조성 사업 3. 생태영상 제작·보급 활동과 생태영상 진흥산업 4. 수달 보호 등의 사업 관련 국제회의 개최 및 참가 등 국내·외 협력활동 5. 기타 군수가 필요하다고 인정하는 하는 사항 <p>제27조(사업자) 제26조의 수달 보호 관리 등의 사업을 할 수 있는 자는 다음 각 호와 같다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 국·공립 연구기관 2. 환경부 및 문화재청 소속의 법인 및 단체 3. 고등교육법에 의한 대학 또는 부설 기관 4. 야생생태계 보호와 관련한 법인 또는 단체 5. 국외 연구기관 및 대학, 국제보호단체와 기타 군수가 인정하는 자 <p>제28조(재정지원 등) ① 제26조의 사업을 위하여 군수는 시설 및 물품과 예산의 범위에서 필요한 자금을 지원·보조할 수 있다.</p> <p>② 제1항에 따른 보조금의 신청 및 지원은 「구례군 지방보조금 관리 조례」를 준용한다.</p>	2021. 05.31.
오산시 수달 등 야생생물 보호 및 환경교육센 터 설치·운영 에 관한 조례	<p>제5조(생물다양성 증진을 위한 재정지원 등) 시장은 야생생물을 보호하고 생물 다양성을 증진하는 등의 활동을 촉진하기 위하여 예산의 범위에서 다음 각 호의 사업에 정보·기술·재정 등을 지원할 수 있다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 야생생물 보호 및 생물다양성 증진을 위한 시설의 설치·운영 2. 야생생물 보호 및 생물다양성 증진을 위한 조사·연구 및 기술개발 3. 야생생물 보호 및 생물다양성 증진을 위한 교육·홍보 및 실천 사업 4. 그 밖에 시장이 야생생물 보호 및 생물다양성 증진을 위해 필요하다고 인정하는 사업 	2020. 07.10.

□ 수달 등 멸종위기 야생생물 보호관련 조례 제·개정

- 지속적으로 수달보호 관련 정책과 사업을 추진하기 위해서는 수달보호관리 활동에 대한 내용, 이를 지원할 수 있는 거버넌스와 재정지원에 대한 근거가 필요함
- 신규제정 혹은 기존 조례(자연환경 보전 및 생물다양성 증진을 위한 조례) 개정을 통해 근거를 마련할 수 있음
- 수달보호를 위한 다양한 사업을 명시하여 지속적으로 수달보호사업이 진행될 수 있도록 하며, 특히 모니터링 활동에 대한 내용을 명시하여 안정적이고 체계적으로 모니터링을 할 수 있도록 지원할 필요가 있음
 - 수달보호관리 활동의 지원에 대한 사항
 - 수달 개체, 서식환경 및 위협요인 모니터링 사업

- 수달 보호, 관리, 교육, 연구 등의 사업
- 수달 서식지 환경조성 사업
- 홍보콘텐츠 제작·보급 활동
- 수달 보호 등의 사업 관련 국제회의 개최 및 참가 등 국내·외 협력활동
- 기타 시장이 필요하다고 인정하는 하는 사항
- 수달보호와 관련하여 도시개발 시 고려해야 할 사항
 - 도시개발행위 시 수달서식에 위협이 될 수 있는 사항에 대한 사전 고려 필요성
 - 환경영향평가 시 수달관련사항 검토 필요성
 - 수원시 도시계획 및 환경보전계획의 통합관리에 관한 규칙 연계
- 두 번째는 거버넌스 운영에 대한 근거 마련이 필요함. 수달보호활동을 하기 위해서는 담당 행정, 연구기관, 시민단체, 지역주민뿐만 아니라 도시계획, 하천관리, 농업, 도로, 건축, 타 지자체 등 다양한 분야의 기관과 협력이 필요한 활동으로 이에 대한 거버넌스를 운영할 필요가 있음
- 수달보호를 위한 거버넌스는 수달보호 계획의 수집, 조사와 연구, 모니터링 결과 점검, 다양한 단체와의 교류와 협력, 기술자문에 대한 사항 등의 역할이 필요 함
 - 거버넌스 운영 근거 및 거버넌스 구성원의 기준, 구성기준, 임기, 역할, 위원회의 기능 및 운영 등을 포함하여야 함
- 수달보호활동을 할 수 있는 재정지원에 대한 근거를 명시하고 예산 지원에 대한 기준을 명시함
 - 재정지원 근거 및 범위, 예산지원 기준, 출처 등을 제시할 필요가 있음

전략

3. 수달보호 시민 역량 제고

전략 3-① 수달 모니터링체계 구축

목적	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지속가능한 수달 서식을 위한 활동패턴 및 위협요인 파악 ▪ 수달 보호 정책수립을 위한 기초데이터 확보 ▪ 수달 홍보를 위한 기초콘텐츠 확보
목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달모니터링 체계 구축
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달모니터링 협력체계 구축 ▪ 무인센서 카메라 조사, 현장 모니터링, eDNA비교분석

관련부서 : 환경정책과

□ 배경 및 필요성

- 실질적이고 체계적인 수달 보호전략 수립을 위해서는 기초적인 데이터 구축이 필요함.
- 2019년부터 연구기관, 시민단체의 협력을 통해 지속적인 수달흔적, 배설물, 무인카메라 설치하여 모니터링을 실시하고 관련 데이터를 축적하고 있음
 - `19년 2~3마리(한국수달연구센터, 수원환경운동센터)
 - `20년 2~3마리, 번식확인(수원환경운동센터, 황구지천생태보전위원회, 녹색보전환경협회)
 - `21년 1~3마리(수원환경운동센터)
- 현재까지의 모니터링 활동은 해당 사업 기간에만 일시적으로 이루어져 계절별·연차별 차이를 분석하기에는 한계가 있음
- 따라서 개체 수의 변화(개체 수, 번식활동, 사망), 위협요인, 행태조사(이동루트, 휴식, 먹이활동 등)을 지속적인 모니터링을 실시하고 해당결과를 바탕으로 여건변화에 즉각적으로 대응하여 지속적인 보호전략 수립 및 주민홍보 등을 실시해야 함
- 그리고 모니터링을 지속적으로 추진하기 위해서는 행정의 지원뿐만 아니라 실제 시행할 수 있는 연구기관, 시민단체, 시민 등이 적극적으로 협조할 필요가 있음

□ 수달 모니터링 체계 구축

- 수달 모니터링을 위한 행정, 시민단체, 시민, 연구기관 등의 협력적 체계를 구축할 필요가 있음
- 모니터링을 위한 다양한 방법론을 도입하여 체계적인 모니터링이 필요함

〈표 5-6〉 황구지천 수달 모니터링 방법론

조사방법	조사목적	조사방법	조사 시기	참여 주체
무인센서 카메라 조사	<ul style="list-style-type: none"> 수달 행태 확인 수달 개체수 확인 	<ul style="list-style-type: none"> 주요 지점에 무인센서 카메라 설치 매월 1회 모니터링 시 해당 데이터 분석 	상시	시민단체
현장 모니터링	<ul style="list-style-type: none"> 수달 흔적 확인 수달 위협요인 확인 	<ul style="list-style-type: none"> 도보로 이동하며, 수달 흔적(발자국, 배설물, 먹이활동흔적 등), 위협요인 조사 	월 2회	시민단체
eDNA비교분석	<ul style="list-style-type: none"> 개체수 확인 서식지 범위 확인 	<ul style="list-style-type: none"> 수달 배설물을 활용한 DNA분석 	매 5년	연구기관

- 첫 번째는 무인센서 카메라 설치를 통한 상시적인 모니터링 체계를 구축하는 것임
 - 본 연구에서는 이전 연구결과를 기반으로 서식흔적 발견지점을 중심으로 총 17대(수원환경운동센터 4대 포함)를 설치하여 조사하였음
 - 본 연구의 설치지점 13개소 중 총 9개소에서 촬영되었으며, 해당 데이터와 서식지 적합성 분석결과를 기반으로 설치지점을 매년 초에 지정하여 1년 간 조사를 실시할 필요가 있음
 - 상시적으로 설치하여 조사하되, 홍수, 장마 등 유실상황에 대해 유연한 대응 필요
 - 본 조사의 결과는 수달의 행태와 수달 개체 수, 이동패턴 등을 종합적으로 분석하는데 있으며, 이와 함께 불법낙시행위 등 인간의 간섭 등을 부수적으로 확인할 수 있음
 - 또한 녹화데이터는 시민을 대상으로 한 홍보자료로 활용하여 주민들의 관심도를 높일 수 있도록 함
- 두 번째는 현장모니터링을 통해 도보로 이동하면서 수달흔적과 위협요인, 황구지천수계 및 수달 서식지 인근의 환경변화를 전반적으로 이동하는 조사방법임
 - 하천에 남겨진 수달의 흔적(발자국, 배설물, 휴식처 등)을 조사하고, 흔적을 발견했을 경우 GPS기기를 활용하여 좌표를 적고, 이와 함께 유형을 현장조사표에 기록하고 사진촬영을 실시함
 - 모니터링 시 수달 서식에 위협이 될 수 있는 그물, 생활 및 영농폐기물 등의 배출현황과 도시개발 등 서식환경의 변화를 기록하여 지속적으로 변화상을 기록함
 - 이를 통해 수달 이동패턴, 행태의 변화를 모니터링하고, 위협요인에 대응할 수 있는 정책을 수립할 수 있으며, 중장기적으로는 수달 서식환경 조성 등 관련 정책성과를 평가할 수 있음
 - 본 방식은 전문가만으로 구성하여 참여할 수 있으나, 시민역량 및 참여 제고를 위해

시민교육을 통해 시민참여형으로 진행할 수 있음

〈그림 5-18〉 모니터링 수행 예시



카메라 설치 예시

배설물 예시

수달 흔적

- 세 번째는 DNA분석방법임. 최근 eDNA분석 등 채수를 통해 서식 여부를 판단하는 방법 등이 사용됨. 해당 서식지의 수달 개체 수와 서식 범위, 수달 혈연관계 추정 등을 목적으로 실시할 수 있음
 - 수달 배설물을 수집하여 DNA를 추출하여 DNA염기서열, 모계혈통 유전자 분석 등을 실시하며, 수달 생태계에 대한 면밀한 조사가 필요 시 실시
 - 분석 시 배설물의 신선도가 중요하기 때문에 현장모니터링조사와의 연계 필요

〈그림 5-19〉 DNA분석 방법



배설물

DNA추출실험

DNA염기서열분석결과

자료: 환경부 낙동강유역환경청(2011)

전략 3-② 주민 역량 강화

목적	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지속적인 수달보호활동을 위한 시민 참여 제고 ▪ 수달보호정책 실현을 위한 시민 관심도 제고
목표	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달보호활동 참여를 위한 시민역량 제고 ▪ 수달보호 실천 활동에 대한 교육 실시
주요내용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달 생태교육 및 수달활동가 육성 ▪ 수달보호 캠페인 운영

관련부서 : 환경정책과

□ 배경 및 필요성

- 황구지천수계의 가장 큰 위협요인 중 하나는 인간의 교란행위임. 황구지천의 수달은 전형적인 야행성의 활동 패턴을 나타냈으며, 야간의 낚시를 포함하는 어획 행위는 수달의 활동을 제약할 수 있는 요인으로 작용할 수 있음
- 모니터링조사 결과 황구지천수계 내에서 지속적인 생활폐기물이 발견되고 있으며, 불법어획행위가 계속되고 있는 것으로 나타남
 - 투망을 이용한 어획 행위는 빠르게 어류의 양을 감소시킬 수 있으며 이는 수달의 먹이 부족을 포함하는 서식지 질(habitat quality) 악화로 연결될 수 있으며, 나아가 수달이 그물·어망·통발에 걸려 사망에 이르기까지 직접적인 영향을 미칠 수 있음
 - 낚시 금지 팻말이 있으나 전혀 단속이 되지 않고 있어 시민 혹은 외국인 노동자가 다양한 방법으로 어획 행위를 지속적으로 하고 있으므로 수원시 차원의 단속이 필요함
 - 이러한 활동을 최소화하기 위해서는 시민들의 수달보호와 관련된 인식을 제고하여 이러한 행위를 1차적으로 예방할 수 있도록 할 필요가 있으며, 상호 감시를 통해 활동을 억제할 수 있도록 해야 함
- 시민을 대상으로 수질환경 개선과 수달 서식지 보호활동에 직접적으로 참여할 수 있는 기회 제공 등의 구체적인 교육활동이 필요함

□ 수달 생태교육 및 수달 활동가 육성

- 수달의 보호를 위해서는 전문가뿐만 아니라 시민들의 적극적인 참여와 인식변화가 필요하며, 이를 위해 다양한 계층별로 수달과 수생태계를 주제로 한 교육이 필요함
 - 다양한 계층을 대상으로 한 교육을 통해 수달 보호에 대한 공감대를 형성할 수 있음

〈표 5-7〉 황구지천 수달 생태교육 단계

단계	교육대상	교육목적	교육내용
1단계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달 보호활동 활동가 ▪ 수달생태에 관심이 높은 시민 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달교육을 시행할 수 있는 역량강화 ▪ 수달모니터링 및 관련 생태활동을 할 수 있는 활동가 육성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달의 생태 ▪ 황구지천 수계의 특징과 수달분포현황 ▪ 수달 모니터링 방법론 ▪ 수달 교육방법론
2단계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공무원 ▪ 일반시민 ▪ 학생 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수달모니터링 참여지식 습득 ▪ 수달보호정책 관심제고 및 공감대 형성 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 황구지천 수계의 특징과 수달분포현황 ▪ 수달 모니터링 참여

- 1단계로는 더욱 다양한 시민을 대상으로 교육을 진행하고 생태활동을 할 수 있는 활동가를 양성이 필요함
 - 수달의 생태와 서식환경에 대한 기초 및 이론교육, 수달 모니터링 및 보호방안 교육을 실시하여 지속적으로 활동할 수 있는 활동가 양성
 - 수달의 생태에 대한 이론과 실습, 황구지천수계에 대한 특징과 수달분포현황, 수달 모니터링 방법론, 수달생태환경 강습법 등을 통해 수달과 황구지천 수생태계에 대한 전반적인 이해를 제고하고 이를 일반시민을 대상으로 교육하거나 생태활동을 할 수 있는 방법론에 대한 교육 실시
- 2단계로는 일반시민과 학생 등이 수달과 수생태계에 대한 관심을 제고할 수 있는 체험형 프로그램 개발 및 운영이 필요함
 - 황구지천 수생태계, 수달에 대해 흥미를 유발할 수 있는 교육프로그램을 개발하고 이를 체험과 연계하여 수달보호정책에 대한 관심을 제고하고 공감대를 형성 유도
 - 운영대상은 일반시민, 학생뿐만 아니라 공무원, 중간지원조직 활동가 등으로 확대하여 관련 사업 및 정책을 시행할 시 수달서식환경에 대한 고려를 할 수 있도록 유도
 - 수달의 서식환경은 환경관련부서 뿐만 아니라 도시개발, 건설, 도로, 농업 등과 밀접하게 관련되어 있기 때문에 이에 대한 교육이 필요
 - 학교교육프로그램과 연계하여 더욱 다양한 학생들이 참여할 수 있도록 유도
 - 이와 관련하여 수원시에서는 환경교육을 전문적으로 실시하는 칠보 생태환경체험교육관, 광교 생태환경체험교육관, 기후변화체험교육관, 수원시환경성질환아토피센터와 같은 거점 공간 구축
 - 또한 찾아가는 수원이 환경교실 등을 실시할 수 있는 인프라가 구축되어 있어 이와 연계한 세부 프로그램을 개발하여 운영하기에 유리

〈표 5-8〉 시민참여형 수달 모니터링 프로그램 예시

회차	주제	내용	방법
1회차	수달의 이해	<ul style="list-style-type: none"> 수달의 생태적 특성에 대한 이해 황구지천 수계 수달 발견 현황 	강의
2회차	수달 모니터링 방법론	<ul style="list-style-type: none"> 수달 모니터링 방법론 모니터링보고서 작성법 	강의
3회차	현장답사	<ul style="list-style-type: none"> 수달 모니터링 실습 	현장
4회차	모니터링보고서 작성 실습	<ul style="list-style-type: none"> 모니터링 보고서 작성 실습 	워크숍
5회차	모니터링단 운영	<ul style="list-style-type: none"> 모니터링 운영 	현장
6회차	결과공유회	<ul style="list-style-type: none"> 모니터링 결과 공유 	워크숍

□ 수달 보호 캠페인

- 수달에 대한 관심제고를 위한 다양한 시민 참여캠페인을 운영함
- 황구지천수계의 시민들이 수달 보호 및 교육활동에 다양하게 참여할 수 있도록 지원할 필요가 있음
- 황구지천수계 줍깅, 굿즈 만들기 공모 등 아래 제시된 프로그램 외에도 다양한 시민참여 프로그램을 통해 아이디어를 받아 실행할 수 있도록 함
 - 수원시 지속가능도시재단에서는 매년 주민제안공모사업을 실시하고 있으며, 이러한 프로그램을 활용하여 시민들의 수달보호활동을 지원할 수 있음
 - 그 외에도 별도 예산을 마련하여 시민아이디어 공모 등을 통해 활동을 지원함

〈표 5-9〉 수달 보호 캠페인 예시

활동명	활동내용	기대효과
황구지천수계 줍깅	<ul style="list-style-type: none"> 황구지천 수계를 따라 트래킹을 하며, 수계에 있는 생활 및 영농폐기물 수집 황구지천 수계에 수달 서식흔적 발견 및 학습 	<ul style="list-style-type: none"> 황구지천 수계 환경과 수달 서식환경에 대한 이해와 관심 제고
수달 굿즈 만들기	<ul style="list-style-type: none"> 수달을 주제로 한 기념품 제작 공모전 	<ul style="list-style-type: none"> 수달보호 정책에 대한 친밀도 제고
수달보호지도 만들기	<ul style="list-style-type: none"> 수달 흔적과 발견지도 제작 및 배포 	<ul style="list-style-type: none"> 수달보호 활동에 대한 공감대 형성
수달보호매뉴얼 제작 및 배포	<ul style="list-style-type: none"> 수달의 생태특성과 시민참여 보호방법 매뉴얼 제작 및 배포 	<ul style="list-style-type: none"> 수달보호 활동에 대한 지식 공유
수달 사진전	<ul style="list-style-type: none"> 황구지천수계에서 촬영된 수달 사진전 개최(수원시내 공공기관 등 주요 지점) 	<ul style="list-style-type: none"> 수달보호 정책에 대한 친밀도 제고
수달보호 아이디어 공모전	<ul style="list-style-type: none"> 수달보호와 관련된 시민아이디어 공모 및 활동지원 	<ul style="list-style-type: none"> 수달보호 정책에 반영 수달보호 활동에 대한 공감대 형성

〈그림 5-20〉 줍깅 예시: 송파구 줍깅운동회



자료: 송파구청(<https://www.songpa.go.kr/>)

전략 3-③ 수달 홍보

목적	▪ 수달보호정책에 대한 시민 공감대 형성
목표	▪ 수달서식의 필요성과 중요성 인식 제고
주요내용	▪ 브랜드 구축, 홍보 콘텐츠 개발, 매체 활용

관련부서 : 환경정책과

□ 배경 및 필요성

- 수달 보호와 관련된 재정적 · 행정적 지원, 사업을 수행하기 위해서는 시민의 공감대 형성을 기반으로 한 정책 지지가 필요함
- 현재 수달 개체와 흔적 발견과 관련하여 지속적인 언론보도를 통해 이에 대한 인식을 위한 노력을 지속하고 있으나, 체계적인 홍보체계를 갖추어지지 않은 상황임
- 현재 수원시 깃대종을 중심으로 추진하고 있는 환경홍보정책과 연계하여, 시민들이 수달보호 정책에 대해 공감하고 지지할 수 있는 기반을 마련할 필요가 있음

□ 수달 보호를 위한 홍보전략 수립

- 정책홍보는 공중의 의견을 파악하여 정책 프로세스에 반영하고, 결정된 사실이나 의도가 잘 이해될 수 있도록 적절한 시기에, 적절한 사람들에게, 그리고 가장 효과적인 방법으로 전달해 이해와 동참을 이끄는 일임(경기도, 2019)
- 이를 위해서는 일방적인 홍보에만 집중하지 않고 정책안내와 홍보주체의 이미지제고, 공중의 여론파악, 우호적인 여론 형성 등을 목표로 하는 종합적인 전략이 필요함

〈표 5-10〉 단계별 수달 홍보 전략

단계	전략	방향
1단계	브랜드 구축	▪ 수달정책을 위한 정책 브랜드 발굴 - 수원시 깃대종 정책 브랜드와 연계
2단계	홍보 콘텐츠 개발	▪ 수원시 수달 매체 대응 유형별 콘텐츠 개발
3단계	매체 활용	▪ 페이드 미디어(paid Media) 전략 ¹⁾ ▪ 온드 미디어(Owned Media) 전략 ²⁾ ▪ 언드 미디어(Earned Media) 전략 ³⁾

1) 유료로 집행하는 매체(모텔광고, 4대매체광고, 옥외광고 등)
 2) 기관이 자체 보유한 매체(홈페이지, 자체 SNS, 시정홍보물, 안내판 등)
 3) 소비자의 신뢰, 평판이 담긴 매체(블로그, 타 기관 SNS, 타 기업 및 기관 연계 등)

- 따라서 소통, 관심유도, 정보제공, 편견극복, 적대감해소를 위한 전략을 수립해야 하고 이를 위해 브랜드 구축, 홍보콘텐츠 개발, 매체활용방안에 대한 전략을 수립함
- 1단계 브랜드 구축
 - 수원시 수달보호 정책을 추진하기 위한 브랜드를 구축할 필요가 있음. 현재 수원시에 서 지역의 생태적 특성을 반영하는 상징 동식물을 선정한 깃대종 정책과 연계하여 추진하는 것이 효율적일 것으로 판단됨
 - 현재 수원시 깃대종은 총 8종류로 칠보치마, 백로, 애반딧불이, 수원청개구리, 땀꿍이, 얼룩동사리, 수원땅거미, 곤줄박이가 있으며 수원시 캐릭터로 수원청개구리인 '수원이'가 브랜드로 구축되어 있음
 - 이에 수달을 수원시 깃대종으로 포함하여 수원시 자체적으로 보호해야할 야생생물로 지속적으로 홍보할 수 있는 기반을 마련해야 함
 - 이와 함께 경기 남부수계 수달 복원 협약식을 통해 협력 거버넌스를 구축한 지자체와 함께 수달 복원·보호를 위한 공동협력사업을 추진하여, 수달의 대표적인 보호종으로서 브랜드를 구축함

〈표 5-11〉 수원시 8대 깃대종

깃대종	내용
칠보치마	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 칠보산에서 처음 발견되어 이름지어졌으나 현재는 경남일원에서 자생하는 다년생 초본 ▪ 2012년 멸종위기종 2급으로 지정되었으며 칠보치마 복원을 위한 칠보산 습지환경보호(보전) 필요
백로	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 원시의 시조이며 여기산에 서식 ▪ 집단서식지인 여기산 보호뿐만 아니라 취식지인 서호저수지와 농경지에 대한 관리가 필요
애반딧불이	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2급수(청정지역)의 오염되지 않은 물에서 서식하는 수질지표종으로 광고산, 칠보산에 분포 ▪ 다슬기, 우렁이 등이 살 수 있는 하천 생태 보전
수원청개구리	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수원이라는 지역명을 가진 유일한 생물종으로 2012년 멸종위기종 1급으로 지정 ▪ 서식지 생태환경보전을 위한 논습지 보호
땀꿍이	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 기후변화에 민감하게 반응하여 변화를 예측하고 확인할 수 있는 중요한 지표종
얼룩동사리	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 수원의 4대 하천에 고루 분포되어 있으며 우리나라에서만 서식하는 고유종 ▪ 환경변화와 수질오염에 강하지만 서식하지 못하면 하천환경이 극도로 악화되었음을 알리는 생태지표
수원땅거미	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 여기산 일대에서 발견된 국제적 보호종
곤줄박이	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 사계절 볼 수 있으며 시민들에게 친숙한 박새과의 소형조류

■ 2단계 홍보 콘텐츠 개발

- 홍보콘텐츠는 특정기업이나 기관 등에서 자신들의 제품이나 사업 등을 대중에게 알릴 목적으로 제작하여 매체를 통해 전달되는 모든 내용물을 일컫음(경기도, 2019)
- 홍보콘텐츠는 매체에 의해 유통되므로 매체의 종류에 따라 구분 될 수 있으며, 영상, 사진, 글 등으로 구분될 수 있음
- 수달 홍보에서 가장 중요한 핵심 콘텐츠는 모니터링 활동 결과와 주민역량강화활동으로 볼 수 있으며, 해당 콘텐츠를 활용할 수 있는 매체에 적합하게 가공하여 정책홍보에 활용함
 - 모니터링을 통해 촬영, 정리된 결과물을 홍보콘텐츠로 활용함(수달 촬영, 수달 흔적 촬영, 위협요인, DNA분석결과 등)
 - 주민역량강화 활동 결과, 교육프로그램 내용, 주민 공모사업 결과물을 홍보콘텐츠로 활용함
- 홍보콘텐츠 제작은 홍보여건에 따라 다양하게 활용해야 함.
 - 홍보의 배경과 목표, 홍보타겟, 근거에 따라 Key Message와 콘텐츠 내용, 활용 매체를 선정하여 집행함

■ 3단계 매체 활용

- 페이드 미디어(Paid Media)
 - 페이드 미디어는 고전적인 4대 매체(TV, 라디오, 신문, 잡지)광고, 옥외광고와 온라인, 페이스북, 유튜브 광고, G버스 TV와 같은 형태로 기관이 광고매체비를 지불하고 사용하는 매체로 즉각적인 반응이 올 수 있는 광고임
 - 수달보호 목적을 고려했을 때 높은 광고비용과 유료광고에 대한 소비자의 거부감이 발생할 수 있어, 신중한 접근이 필요함
 - 다만, 시민들을 대상으로 한 광고로서, 옥외광고, 교통광고를 통해 우리 지역에 수달이 서식하고 있으며, 보호가 필요하다는 메시지를 제공하기에는 효율적임

〈표 5-12〉 페이드 미디어 활용 전략

구분	내용
목표	▪ 수달서식정보, 수달보호 필요성 제고
타겟	▪ 수원시민 전체
메세지	▪ 수달이 황구지천 수계에 서식하고 있음 ▪ 시민들이 함께 수달을 보호해야하며, 이를 통해 수원의 생물다양성을 보전할 수 있음

〈그림 5-21〉 페이드 미디어 광고 예시



자료: 정기숙(2019.11.29.), 김민규(2014.12.24.)

- 온드 미디어(Owned Media)
 - 온드 미디어는 기관이 자체적으로 보유한 미디어로 자 기관의 홈페이지와 SNS채널, 사내외보와 상품패키지, 매장POP, 건물 현수막 등이 여기에 해당됨
 - 행정기관인 수원시의 경우에는 시청홈페이지를 비롯하여 수원itv, 공보, e수원뉴스, 블로그, 페이스북, 유튜브 채널 등을 운영하고 있으며, 행정기관이라는 특성 상 안내판까지 포함될 수 있음
 - 수달과 관련된 홍보콘텐츠를 위해 별도의 채널이나 SNS계정을 따로 생성하지 않고 기존의 채널을 활용하여, 적극적인 홍보를 시행할 수 있음
 - 보유한 홍보채널이기 때문에 더욱 자세하고 자주 홍보콘텐츠를 제공할 수 있음
 - 홍보내용은 정기적인 수달모니터링 결과, 수달 개체, 수달 흔적, 관련사업, 위협요인에 대한 홍보 등, 공식적인 채널을 통해 시민들에게 수달과 관련된 정보를 지속적으로 제공함
 - 수원시 공식 매체는 전체 지역에 대한 정보를 모두 포함하기 때문에, 정기적으로 수달홍보콘텐츠를 제작할 필요가 있음

〈표 5-13〉 온드 미디어 활용 전략

구분	내용
목표	▪ 지속적인 수달 정보 제공으로 시민 관심 제고 및 공감대 형성
타겟	▪ 수원시민 전체
메세지	▪ 수달의 모니터링 결과(올해는 00마리가 관찰, 수달새끼 발견 등) ▪ 수달 흔적(수달 흔적 구분하는 방법 등) ▪ 수달 관련 캠페인, 주민역량강화 결과 공유 ▪ 수달 위협요인 홍보(낚시 활동, 인간의 간섭 최소화 등) ▪ 수달을 활용한 이벤트(흔적찾기, 이름맞추기, 문제내기 등)

〈그림 5-22〉 온드 미디어 광고 예시



수달 공무원 총주씨 유튜브 채널



코엑스 아쿠아리움 페이스북 수달 이벤트

- 언드 미디어(Earned Media)
 - 미디어로 구전, 게시판후기, SNS, 댓글, 기업 후원 등의 언드 미디어는 별도의 광고매체비 지불 없이 ‘소비자의 신뢰와 평판을 획득할 수 있는 미디어’로 정의할 수 있음(경기도, 2019)
 - 시민, 관련기관의 적극적인 참여가 필요하며 이를 활성화하기 위해서는 페이드미디어, 온드 미디어를 통한 시민들의 공감대 형성과 관심도 제고가 사전에 선행될 필요가 있음
 - 언드 미디어 채널은 주로 소비자나 제3자에 의한 홍보이기 때문에 가장 높은 투명성과 신뢰도를 가지게 되며, 자체 생산과 비교할 수 있는 많은 양의 콘텐츠가 생산이 가능하다는 특징이 있음
- 단, 메시지를 컨트롤 할 수 없다는 단점이 있기 때문에 부정적인 메시지가 발생하지 않도록 주의가 필요함
 - 실질적인 홍보콘텐츠의 예로는 주민참여 역량강화, 주민교육프로그램, 홍보콘텐츠 제작을 유도할 수 있는 사인물 등이 해당 채널을 통한 홍보가 확산될 수 있는 계기가

될 수 있음

- 주민참여 역량강화사업 참여 후기
 - 교육프로그램, 시민참여 모니터링 등 참여 프로그램 참여 후기
 - 사인물을 배경으로 한 SNS 콘텐츠
- 그 외에도 수원시 소재의 기업이나 스포츠 단체와 연계하여 홍보를 진행할 수 있음
- 수원 소재 스포츠 구단(수원FC, 수원삼성블루윙즈, kt위즈 등)의 콜라보 유니폼 등
 - 수원시 깃대종과 수달을 주제로 한 상품개발 연계 등

〈표 5-14〉 언드 미디어 활용 전략

구분	내용
목표	▪ 수달에 대한 시민 관심 제고 및 공감대 형성
타겟	▪ 수원시민 전체
메세지	▪ 수달 관련 캠페인, 주민역량강화, 시민교육, 참여프로그램 후기 ▪ 수달관련 싸인물, 홍보물에 대한 후기 ▪ 기업 및 스포츠단 연계 콜라보 상품 제작 및 판매 ▪ 수달 콘텐츠 제작 유도(수달 사인물 제작 등)

〈그림 5-23〉 언드 미디어 광고 예시



대구시 수달 벤치



수원시 SNS서포터즈



수원FC, kt위즈 수원 시승격 70주년 기념 유니폼

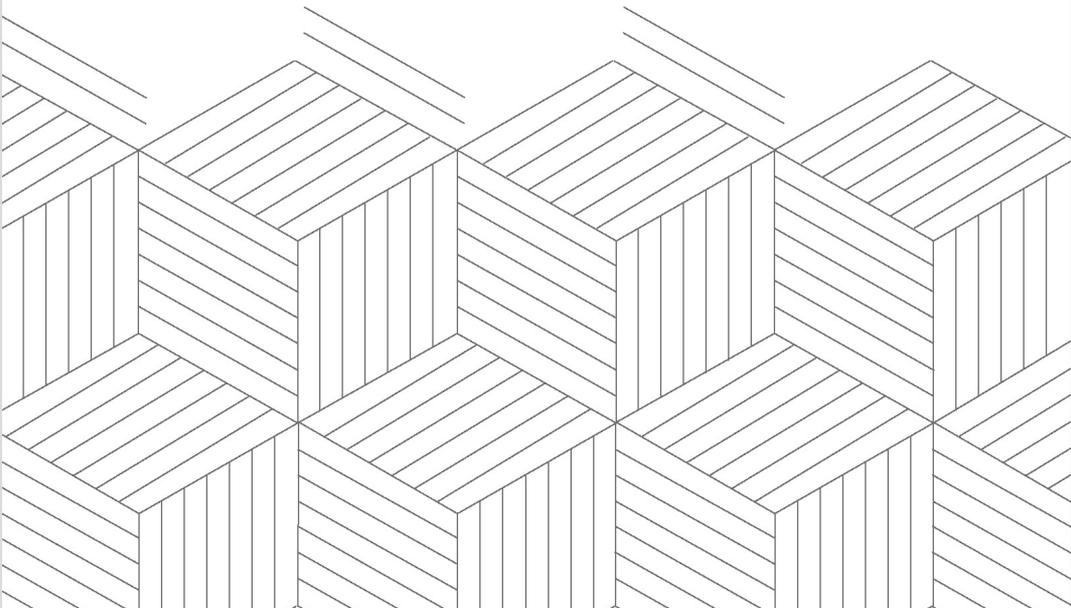


멸종위기종 콜라보 상품

자료: 황인옥(2020.12.18.), 이광희(2019.08.19.), 빈폴공식물(<https://www.ssfshop.com/beanpole/>)

제6장 결론

제1절 연구의 의의 및 한계
제2절 정책제언



제6장 결론

제1절 연구의 의의 및 한계

- 본 연구에서는 수원시 황구지천 수계에서 서식이 확인 된 환경부 지정 멸종위기 야생생물 I급인 수달에 대한 보호방안을 마련함
 - 수달은 강, 해안가, 계곡 습지 저수지 등 습지 및 수환경 권역에서 활동하면서 최상위 포식자의 역할을 하고 있어, 건강한 수환경의 지표종이자 하천 생물다양성의 조절자 역할을 수행하고 있음
 - 따라서 수달의 서식은 보호종의 서식을 의미함과 동시에 생물다양성 증진을 의미하기 때문에 지속적이고 체계적인 보호방안이 필요함
- 이를 위해 첫째, 황구지천수계 내 수달 모니터링을 통해 수달 분포현황과 개체 수를 파악하였음
 - 황구지천수계에서는 수달 1마리가 지속적으로 서식하는 것으로 파악되며, 그 외 2~3마리가 이동처로 활용하고 있는 것으로 추정됨
 - 수달서식흔적은 황구지천수계 전 구간에서 총 43개가 관찰되었음
 - 흔적은 주로 하류보다는 중상류에서 집중되어 있으며, 금곡교, 일월천 합류부, 금곡보, 당수교 부근의 밀도가 높게 나타남
 - 주요위협요인은 수질오염, 서식지 단절 및 악화, 인간에 의한 교란행위로 나타남
- 둘째, 황구지천수계 내 서식 적합성 분석을 실시함
 - MaxEnt분석 결과, 대부분의 황구지천 수계에서 수달의 서식가능성이 확인되었으며, 모형을 설명하는 공간 변수는 비오톱지도 범주 중 하천유형이 가장 높게 평가됨
 - 그 외 하천 폭 다양성, 하천 자연도, 산림으로부터의 거리가 주요 설명변수로 확인됨
 - 우선적으로 하천이 있거나 휴식기 가능한 교량 존재 시 서식 가능성이 높은 것으로 해석할 수 있음
- 마지막으로 수원시 수달 보호를 위한 전략과 이행계획을 수립함
 - 첫 번째 전략은 안정적인 보금자리 조성으로 생태적 연결성을 강화하고 수달 서식환

경을 개선의 필요성을 제시함

- 두 번째 전략은 건강한 서식 기반 마련으로 중장기적으로 수질환경을 개선하고 제도적 지원 기반을 마련이 필요함
- 세 번째 전략은 수달 모니터링 체계를 마련하고, 시민들이 지속적으로 참여할 수 있도록 주민 역량강화 교육과 수달 서식 홍보방안이 필요함
- 본 연구의 한계로는 첫 번째로 지난 3년 간 지속해 온 모니터링 결과를 기초로 하고 있으나, 매년 활동 지원 주체가 달라 연속성이 있는 자료를 확보하기에는 어려움이 있었음
- 향후 체계적인 모니터링 계획을 수립하여 연속적이고 체계적인 데이터를 수집할 수 있는 기반을 마련해야 함
- 두 번째로는 황구지천 수계 내에서만 진행하여, 수원시 내 타 수계나 타 지자체와 연계성있는 계획을 수립하기에 한계가 있었음
- 여러 지자체에 걸쳐있는 수계의 특성 상 수달 역시 한 지자체 내 수계에 머물러 활동하지 않기 때문에 광역적인 접근이 필요함
- 수원시 광교저수지에서 eDNA기술을 활용해 수달 흔적을 추적한 결과 20개 수집지점 중 9개 지점에서 수달 DNA가 확인됨(환경부, 2021)
- 따라서 향후 연구에서는 수원시 및 황구지천과 연계되는 수계 전체를 대상으로 한 광역적인 대안마련이 필요함
- 세 번째로는 발견된 위협요인에 대한 대응방안의 한계임
- 모니터링을 통해 수달 서식에 영향을 미칠 수 있는 개발사업(당수지구)으로 인한 수질 오염 및 서식지 파괴, 불법남시 행위 등이 발견되었으나 이에 대응할 수 있는 방안이 부재하였음
- 후속 연구에서는 장기적인 수달 보호 및 수원시내 생물다양성 제고를 위한 개발 행위와 인간 활동에 대응할 수 있는 제도적 기반에 대한 구체적인 연구가 필요함

제2절 정책제언

- 수원시의 수달보호와 생물다양성 증진을 실현하기 위해서는 다음의 정책 및 행정적인 절차가 뒷받침되어야 함
- 첫 번째는 수달보호를 위한 즉각적이고 체계적인 대응을 위한 지속적인 모니터링체계가 필요함
 - 2019년 수원시 수달 모니터링을 실시하였으나, 모니터링 수행체계가 모두 달라 연속성있는 데이터를 확보하기에 한계가 있었음
 - 또한 환경부(2021)의 연구에 따르면 광고저수지 인근으로도 수달 서식이 추정됨
 - 따라서 수원시 전역을 대상으로 하고 책임과 수행조직의 연속성 확보를 위해 수원시 수달 모니터링 거버넌스를 구축하여 매년 모니터링을 실시할 필요가 있음
- 두 번째는 수달 서식지 확보를 위한 서식지 조성사업을 적극적으로 실시할 필요가 있음
 - 황구지천 수계는 하폭이 좁고 유속이 빨라, 범람이 잦기 때문에 수달이 지속적으로 서식하기에 불리한 조건임
 - 황구지천수계 내 수중보와 교량하부의 여건이 수달이 이동하거나 휴식을 취하기에 제약이 있어 이에 대한 개선이 필요함
 - 따라서 수달이 지속적으로 서식할 수 있는 환경을 조성하기 위해서는 적극적인 인공보금자리 마련, 수중보 및 교량하부의 환경 친화적인 개선이 필요함
- 세 번째는 지속적인 광역적 협력체계의 추진이 필요함
 - 현재 경기남부수계 수달 복원사업을 위한 협약으로 수원시를 비롯한 여러 지자체가 협약을 체결하고 있음(수원시, 안성시, 오산시, 용인시, 화성시, 평택시)
 - 황구지천수계인 상류인 의왕시 왕송저수지에서 이동과 서식이 확인되었기 때문에 효과적인 정책수립을 위해서는 경기남부수계 수달 복원사업 협의체에 의왕시를 포함하여 지속적인 모니터링 및 수달 보호 사업을 추진할 필요가 있음
- 마지막으로 수달 보호 정책을 추진하기 위한 시민들의 공감대 및 지지가 필요함
 - 수달 보호 정책을 추진하기 위해서는 시민들이 수달의 보호 필요성과 중요성을 인식하고 이에 대한 예산 투입에 대한 지지가 필요함
 - 따라서 수원시 내 수달이 서식하고 있으며, 이를 보호하기 위한 정책들이 실현되고 있음을 시민들이 인지할 수 있도록 적극적으로 홍보할 필요가 있음

| 참고문헌 |

〈국문 자료〉

- 경기도. (2019). 홍보야 놀자 - 정책홍보 가이드.
- 경기도의회. (2018). 황구지천을 중심으로 한 경기도 하천관리방안에 관한 연구.
- 국립생태원. (2019a). 멸종위기 야생생물 서식지 평가·개선 지침.
- 국립생태원. (2019b). 로드킬 다발구간 정밀조사.
- 국립생태원. (2020a). 경북지역 산양보전을 위한 산양구조 매뉴얼.
- 국립생태원. (2020b). 로드킬 다발구간 정밀조사.
- 국토교통부 서울지방국토관리청(2014). 진위천권역 하천기본계획 보고서.
- 권혁수. (2011). 보호지역계획을 위한 생물다양성 통합평가모형: 지리산과 덕유산, 가야산 권역을 중심으로. 박사학위 논문. 서울: 서울대학교 대학원.
- 김석규, 김철, 장남익, 이수형, 조양석. (2006). 수달서식지와 하천의 물리적, 화학적, 생태적 특성과의 상관관계 분석. 2006년도 대한토목학회 정기 학술대회. p1,530 - 1,533.
- 김지현. (2018). 수달(*Lutra lutra*)의 먹이와 활동성의 계절적 차이. 서울대학교 석사학위 논문. 서울.
- 낙동강환경유역청. (2006). 무선추적에 의한 수달의 행태 및 서식환경 연구.
- 농림축산식품부. (2021). 2021년 농업환경보전프로그램 가이드라인.
- 대구광역시. (2015). 신천·금호강 등 서식 수달 생태환경 조사 연구용역.
- 민희규, 김종갑, 권요규. (2013). 진양호 댐 지역 수달의 서식지 환경과 이용형태에 관한 연구. 농업생명과학연구. 47(3). pp. 81-92.
- 민희규.(2007). 무선추적에 의한 수달의 행동생태 및 서식지 환경에 관한 연구. 경상대학교 박사학위 논문. 진주.
- 민희규.(2007). 무선추적에 의한 수달의 행동생태 및 서식지 환경에 관한 연구. 경상대학교 박사학위 논문. 진주.
- 박보현, 이상돈. (2012) 강원도 홍천강 유역에 서식하는 수달의 서식지이용에 관한 연구. 한국습지학회지. 14(3). p413-418.
- 박보현. (2011). 홍천강 지역 수달(*Lutra lutra*)의 서식환경과 식이물 분석에 관한 연구. 이화여자대학교 석사학위 논문. 서울.
- 박아연, 문운섭. (2019). 야생동물 보호활동에서 환경 거버넌스 성공을 위한 지역주체들의 역할과 시사점: 일본장수도롱뇽 사례. 환경교육. 32(1): 63-91.
- 세계자연기금. (2016). DMZ 철원 두루미 가이드북. 세계자연기금 한국본부.

- 송영근, 김종희, 원수연, 박찬. (2020). 환경DNA 메타바코딩 기술을 활용한 수생태계 어류종 군집 조사의 가능성 - 도시 생태하천 초기분석 자료를 중심으로. 한국환경복원기술학회지. 22(6). p125-138.
- 수원환경운동센터. (2020). 2020 수원시지속가능도시재단 주민제안공모사업 <수달이 살아야 황구지천이 산다> 최종결과보고서.
- 신지훈, 노백호(2017). 낙동강 권역의 하천 수면공간 및 수변환경이 수달의 출현에 미치는 영향 분석. 한국환경과학학회지. 26(12). p1,341-1,353.
- 신지훈. (2016). 수생태계건강성 DB를 활용한 수달 서식환경 분석에 관한 연구. 석사학위 논문. 대구: 계명대학교 대학원.
- 신화용, 신지훈, 한성용, 노백호, 이준우. (2020). 새만금호 일대 수달의 서식적합성 평가 및 공간변수와의 상관성 분석. 환경영향평가학회지. 29(4). p298-306.
- 심윤진, 김선령, 윤광배, 정진우, 박선옥, 박용수. (2020). 반변천 일대 수달 서식지 적합성 지수(HSI) 모델을 활용한 대체서식지 평가. 한국환경복원기술학회지. 23(1) p.63-76.
- 유승화, 이기섭, 김진한, 박종화(2011). 철원지역에서 월동하는 두루미류의 장기 모니터링 및 개체군 변화 요인-역사적 변화와 MODIS에 의한 기상변화 영향의 평가. 한국조류학회지 18(1): 59-71.
- 유혜진(2018). 대청호 주변 수달의 중금속 노출 모니터링. 서울대학교 대학원 국내석사논문. 서울
- 이상돈, (2013). 홍천강 유역에 서식하는 멸종위기종 수달의 개체군변이분석을 통한 생태모니터링 연구. 「환경영향평가」. 22(5): 525-528.
- 이상돈. (2005). 우리나라 멸종위기종인 수달의 서식환경 및 관리방안에 관한 연구. 한국과학재단.
- 이상돈. (2012). 강원도 홍천강 유역에 서식하는 수달의 식물 분석에 관한 연구. 한국습지학회지. 14(4). p591-596.
- 이상혁. (2020). K-BON 데이터 활용을 위한 생물 종 분포 모형 활용 방안. 국립생물자원관 세미나 발표자료.
- 장은미, 박경, 채희영. (2008) GIS기법을 이용한 다도해국립공원의 수달서식가능지 분석과 지역개발 정책에 관하여. 한국GIS학회지. 16(3). p343-357.
- 정승규, 박종화, 우동걸, 이동근, 서창완, 김호걸. (2015). 서식지 적합성 평가를 이용한 수변지역 핵심 보전지역 선정. 환경복원녹화학회지. 18(2). p19-32.
- 정승규. (2014). 수변 코리더 연결성 평가모형 (RHSM)-강원도 섬강유역을 사례로. 박사학위 논문. 서울: 서울대학교 환경대학원.
- 정종철, 조영석. (2004). GIS를 이용한 경북 봉화군 운곡천 수달의 서식지 분석. 한국GIS학회지. 12(1). p29-42.
- 조희선, 이상돈. (2005). 우리나라 거제지역에 서식하는 수달의 식물 중금속 및 미량원소 분석에

- 관한 연구. 한국환경생물학회지. (24): 315-321.
- 최준우, 윤명희. (2012). 수달의 식이습성 및 부산 신히 공사가 수달 먹이에 미치는 영향에 대한 연구. 생명과학회지. 22(6). pp. 736-743.
- 쿨란, 윤순진(2021). 멸종위기종 보호를 위한 환경거버넌스 모색: 몽골 고비곰 보호 사례를 중심으로. 아시아리뷰 11(1): 105-146.
- 하정욱, 안경환, 배양섭, 김형후, 신화용, 송세규. (2020). 영산강 유역에 서식하는 수달의 서식지 이용 특성분석. 한국도서연구. 32(4) pp. 253-267.
- 한강유역환경청. (2016). 한강수계 생물상 조사 및 수달 복원 타당성 조사.
- 한강유역환경청. (2017). 한강수계 수달 정밀 모니터링 및 보호방안 연구.
- 한국생태관광협회. (2017). 철원두루미 서식지 보전 및 현명한 이용을 위한 2차년도 사업의 연구.
- 한국수달보호협회. (2019). 경기남부수계 수달 정밀모니터링 및 보호방안 연구. 오산시.
- 한성용. (1997). 한국 수달(*Lutra lutra*)의 생태에 관한 연구. 박사학위 논문. 경남: 경남대학교 대학원.
- 한성용. (2001). 천연기념물 수달의 서식실태 및 보호방안 연구. 문화재청.
- 한창욱. (2012). 부산신히만 주변에 서식하는 수달의 생태학적 연구. 박사학위 논문. 부산: 경성대학교 대학원.
- 환경부, 국립생태원. (2019). 멸종위기 야생생물 서식지 평가개선 지침.
- 환경부. (2014). 멸종위기종 수달 서식지의 복원을 중심으로 하는 하천정비모델 개발.
- 환경부. (2018). 2018~2027 멸종위기 야생생물 보전 종합계획.
- 환경부. (2019). (2018-2019년도) 겨울철 조류 동시 센서스.
- 환경부. (2021). 도시생태계 건강성 증진 기술개발 사업.

〈영문 자료〉

- Ali, H., Saleem, R., Qamer, F. M., Khan, W. A., Abbas, S., Gunasekara, K., ... & Akhtar, M. (2010). Habitat evaluation of smooth-coated otter (*Lutrogale perspicillata*) in Indus plains of Pakistan using remote sensing and GIS. *Remote Sensing and Spatial Information Science*, 38(8), p. 127-132.
- Barbosa, A. M., Real, R., Olivero, J. and Vargas, J. M. (2003). Otter (*Lutra lutra*) distribution modeling at two resolution scales suited to conservation planning in the Iberian Peninsula. *Biological Conservation*. 114(3). p. 377-387.
- Carter, J. V., Jianmin P., Shesh N. Rai and Susan Galandiuk (2016). ROC-ing along: Evaluation and interpretation of receiver operating characteristic curves. 「Surgery」.

- 159(6). p. 1638-1645.
- Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: ecological explanation and prediction across space and time. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 40, p. 677-697.
- Forster-Turley, Pat., Macdoldald, S. M. and Mason, C. F. (1990). Otters: An action plan for their conservation. IUCN/SSC Otter Specialist Group.
- GOMEZ, J. J., TU ´NEZ, J. I., FRACASSI, N. AND CASSINI, M. H. (2014). Habitat suitability and anthropogenic correlates of Neotropical river otter (*Lontra longicaudis*) distribution. *Journal of Mammalogy*, 95(4). p. 824-833.
- Guisan, A., Zimmermann, N.E., Elith, J., Graham, C.H., Phillips, S. & Townsend Peterson, A. (2007). What matters for predicting the occurrences of trees: techniques, data or species characteristics?. *Ecological Monographs*. 77, p. 615-630.
- Hansson, S., Svanströmröjvall, A., Rastam, M., Gillberg, C., Gillberg, C. and Anckarsäter, H. (2005). Psychiatric telephone interview with parents for screening of childhood autism - tics, attention-deficit hyperactivity disorder and other comorbidities (A-TAC): Preliminary reliability and validity. *British Journal of Psychiatry*, 187(3). p. 262-267.
- Jetz, W., McPherson, J.M. & Guralnick, R.P. (2012). Integrating biodiversity distribution knowledge: toward a global map of life. *Trends Ecol. Evol.* 27. p. 151-159.
- Liu, C., P. M., Berry, T. P., Dawsong and Pearson, R. G. (2005) Selecting thresholds of occurrence in the prediction of species distributions. *Ecography*. 28(3). p. 385-393
- Meine C. D. and G. A. Archibald(1996) *The Cranes: Status Survey and Conservation Action Plan*. IUCN, Gland, Switzerland, and Cambridge.
- Melquist, W. E., Whitman, J. S. and Hornocker, M. G. (1981). Resource partitioning and coexistence of sympatric mink and river otter populations. *Worldwide Furbearer Conference*. 1. p. 187-220.
- Mirzaei, R., Karami, M., Danehkar, A and Abdoli, A (2009). Habitat selection of the Eurasian Otter, *Lutra lutra*, in Jajrood river, Iran. *Zoology in the Middle East*. 47(1). p. 13-19.
- Peter, M.(2001). *The Bird of Heaven*. North Point Press, New York, p. 349.
- SDGFD. (2020). *South Dakota River Otter Management Plan, 2020-2029* South Dakota. South Dakota Department of Game, Fish And Parks Pierre, South Dakota.
- Sjoasen, T. (1997) *Movements and establishment of reintroduced European otters Lutra*

- Lutra. *Journal of Applied Ecology*. 34. p. 1070-1080.
- Stenson, G. B., Badgero, G. A. and Fisher, H. D. (1984). Food habits of the river otter *Lutra canadensis* in the marine environment of British Columbia. *Canadian Journal of Zoology*. 62(1) p. 88-91.
- Urbina-Cardona, N., Blair, M. E., Londono, M. C., Loyola, R., Velásquez-Tibatá, J., & Morales-Devia, H. (2019). Species distribution modeling in Latin America: A 25-year retrospective review. *Tropical Conservation Science*, 12,

〈인터넷 매체〉

- 고비곰재단. (2021). <http://www.mazaalai.org>
- 네이처링. (2021). <http://www.naturing.net>
- 다큐온. [KBS]. (2021). 시화습지의 겨울나기.
https://www.youtube.com/watch?v=HM35B_nYuLU
- 대구광역시 도시재생지원센터. (2021). <http://www.dgucenter.or.kr/contents/main/>
- 대구광역시. (2021). <https://www.daegu.go.kr/>
- 물환경정보시스템. (2021). <http://water.nier.go.kr/>
- 빈폴공식몰. (2021). <http://www.ssfshop.com/beanpole/>
- 사회적협동조합 한강. coophangang.kr
- 송파구청. (2021). <http://www.songpa.go.kr/>
- 울진군청. (2021). <http://www.uljin.go.kr/>
- 철원생태관광협의회. (2021). <http://cwdetour.com/>
- 한국수달보호협회. (2021). <http://www.ottercenter.org>
- THE IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES. (2021). <https://www.iucnredlist.org/>.

〈신문기사〉

- 김민규. (2014). 수원 의 버스정류장 변신은 어디까지?. 2014.12.24.
- 김봉균. (2014). 1년 100만마리 희생, 로드킬 누구 잘못?. 한겨레. 2014.12.22.
- 김용민. (2021). 인공 섬으로 멸종위기종 동물 구하기 나선 지자체. 연합뉴스. 2021.06.08.
- 김종술. (2017). 백제보 버리진 그물에 수달이 갇혀 죽었다. 오마이뉴스. 2017.12.09.
- 박원수. (2019). “수달 살기엔 아직 불안”... 대구습지에 방사한 수달 암컷 통발에 갇혀 익사. 조선일보. 2019.12.30.

- 심용훈. (2008). 수달 때문에 고기잡이 힘들어요. 경북일보. 2008.05.26.
- 이광희. (2019). KT위즈 · 수원FC, 프로구단 최초異조속 공동 유니폼 착용. 경기일보. 2019.08.29.
- 이선규. (2019). 경남 진주 도십에서 보호야생동물 수달(천연기념물330호) 폐사체 발견. 부산일보. 2019.05.22.
- 정기숙. (2019). 수원시, “노숙인에게는 비난이 아닌 관심이 필요합니다”. 수원뉴스. 2019.11.29.
- 최창현. (2021). 대구시, 수달 서식지 깨끗하게…한달간 수중 정화활동 나서. 일요신문. 2021.06.01.
- 확인욱. (2020). 달서구, 대구 첫 공공미술 프로젝트 ‘우리동네미술’ 사업 추진. 대구신문. 2020.12.28.
- 환경부. (2016). 울진 산양, 이번 겨울도 잘 지내고 있어요!. 보도자료. 2016.02.24.

| 저자 약력 |

김은영

공학박사

수원시정연구원 도시공간연구실 연구위원(현)

E-mail : eykim@suwon.re.kr

주요 논문 및 보고서

「수원수목원 이용프로그램 활성화 방안」. (2021, 수원시정연구원)

「공간생태학적 특성을 고려한 수원시 그린인프라 구축기법 연구」. (2020, 수원시정연구원)

「생태적 가치 증진을 위한 수원시 공원녹지 관리방안」 (2018, 수원시정연구원)

「수원시 도시 회복력 평가 및 증진방안 수립」 (2017, 수원시정연구원)

정경민

조경학석사

수원시정연구원 도시공간연구실 위촉연구원(현)

E-mail : km3737@suwon.re.kr

김재원

관광학석사

수원시정연구원 도시공간연구실 위촉연구원(비상근)

E-mail : zayouk00@naver.com

