

Research Paper

새만금호 일대 수달의 서식적합성 평가 및 공간변수와의 상관성 분석

신화용* · 신지훈** · 한성용*** · 노백호** · 이준우*

충남대학교 산림환경자원학과*, 계명대학교 환경계획학과**, 한국수달연구센터***

Habitat Suitability Assessment of the Saemangeum Lake Area for Eurasian Otter (*Lutra lutra*) and Correlation Analysis with Spatial Variables

Hwa-Yong Shin* · Gee-Hoon Shin** · Sung-Yong Han*** · Paikho Rho** · Joon-Woo Lee*

Department of Environmental Forest Resources, Chungnam National University*

Department of Environmental Planning, Keimyung University**

Korea Otter Research Center***

요약: 본 연구는 새만금호 일대 수달의 서식지적합도 분석과 공간변수(수역, 습지, 농경지, 시가지, 도로 등)와의 상관성이 수달 서식에 미치는 영향을 파악하기 위하여 이루어졌다.

서식지적합성 분석결과, 전체 1097개 격자 중 1등급과 2등급이 380개 격자로 전체 34.6%로 확인되었고 4등급과 5등급이 413개 격자로 전체 37.7%로 비교적 낮은 것으로 확인되었다.

새만금 일대의 공간변수 별 수달 서식흔적과의 거리를 비교분석한 결과, 도로와 시가지는 거리가 멀수록 수달의 흔적이 확인되는 것으로 확인되었고 수역과의 거리는 가까울수록 흔적이 확인되었다.

새만금호 내부 공사로 인한 영향은 있으나 수역과 도로의 이격거리를 보면 시가지와 도로에서 이격거리가 근접한 지역과 가장 먼 지역과의 흔적차이가 2배에서 6배 이상 나타나는 것으로 확인되었다. 이는 수달의 서식지 복원시 위협요인으로 작용하는 도로와 시가지는 최소한 500(m) 이상 이격거리가 필요하다고 판단된다.

주요어: 수달, 서식적합성 평가(HSI), 서식지 유형, 간척지

Abstract: This study was conducted to examine the impact of the correlation between habitat suitability of the Saemangeum lake area for otters and spatial variables (watersides, wetlands, farmlands, urban areas, roads, etc.) on the inhabitation of otters.

As a result of the habitat suitability analysis, it was found that 380grids of 1097 grids (34.6%) studied are most suitable and suitable, whereas 413 grids of 1097 grids (37.7%) of the total are marginal and

First Author: Hwa-Yong Shin, Tel: +82-42-825-7850, E-mail: ottershy@naver.com, ORCID: 0000-0002-1897-9718

Corresponding Author: Joon-Woo Lee, Tel: +82-42-821-5749, E-mail: jwlee@cnu.ac.kr, ORCID: 0000-0002-5228-8566

Co-Authors: Gee-Hoon Shin, Tel: +82-53-580-5243, E-mail: gotohoon@naver.com, ORCID: 0000-0002-4047-592X

Sung-Yong Han, Tel: +82-33-441-9798, E-mail: hsy5034@hanmail.net, ORCID: 0000-0002-0256-9781

Paikho Rho, Tel: +82-53-580-5917, E-mail: wildlife@kmu.ac.kr, ORCID: 0000-0002-6601-3432

Received: 24 July, 2020. Revised: 31 July, 2020. Accepted: 5 August, 2020.

unsuitable.

Comparatively analyzing otter traces data against for each spatial variable in the Saemangeum area revealed that the distance to the road or man-made areas is directly proportional to the number of otter traces, while more traces of otters were found areas close to waters.

Despite the impact from the internal construction of Saemangeum lake, there found 2 to 6 times more otter traces in the area farthest from the urban areas and roads compared to the area nearest to the urban areas and roads. Thus, when restoring habitats for otters, a minimum of 500(m) distance to roads or urban areas, which can be considered as a threat to the habitats, must be secured.

Keywords : Eurasian Otter, Habitat Suitability Index (HSI), Habitat types, Land reclamation

I. 서론

세계 최대의 간척공사인 새만금 간척사업은 한국에서 가장 갈등이 심한 환경이슈로 여겨진다(Ko et al. 2010). 1996년에 발생한 시화호 오염사건을 계기로 새만금 사업의 인공 담수호수 수질문제가 사회적 관심사와 이해 당사자의 갈등을 불러일으켰다(Kim 2007). 새만금 매립공사는 기존의 서식지 환경이나 수변 지형조건을 바꿔 새로운 지역을 조성하는 대규모 간척사업이며, 새만금호의 수환경에 다양한 환경변화가 수반될 것으로 예상된다. 특히 만경강·동진강 하구의 자연환경의 변화, 기수역에서 담수역으로 변화 및 유수역에서 정수역으로 변화 등으로 인하여 자연생태계의 변화가 예상된다(Na & Lee 2011; Baek et al. 2015). 따라서 자연생태계의 변화를 지속적으로 조사함으로써 새만금호의 각종 개발에 따라 발생할 수 있는 수생태계의 변화를 미리 예측하여 각종 환경문제 및 생물종 개체수 관리에 대한 대책 마련이 절실하다(Jang et al. 2017; Choi et al. 2013). 이와 관련하여 새만금 일대에는 많은 연구가 진행되어 왔다. 새만금 지역의 어류 연구는 새만금 일대의 어류상(Sim & Lee 1999; Lee et al. 2003; Kim et al. 2011)과 새만금 수역 및 간척지의 생태변화 연구(Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries 2004)가 있었고, 새만금지역으로 유입되는 만경강과 동진강에 관한 연구(Kim & Chung 1998; Kim & Yang 2001)와 염도에 따른 어류 군집의 분포(Park et al. 2013) 등의 연구가 있었다.

본 연구에서는 새만금 일대의 수환경 및 주변지형을 평가하고자 수달(*Lutra lutra*)을 목표종으로 선정하였다. 수달은 하천생태계의 건강성을 나타내는 지표종으로 국제환경보전기구의 RED LIST에 고시되어 보호받고 있다(IUCN, 2014). 수달의 서식지 특성으로는 여러 개의 보금자리를 불규칙적으로 옮겨 다니며, 외부의 인위적인 간섭에 매우 민감한 동물이다(Shin & Rho 2017). 수달의 배설물 수와 지점은 수달의 분포를 나타내는 척도라고 할 수 있다(Manson & Macdonald, 1987). 수달과 관련한 연구에는 Jung (2004)에서는 수달의 배설물 및 배설지 등의 흔적조사를 통해 얻은 GPS좌표를 활용한 수달의 최적 서식지 분석을 실시하였으며, Cha (2001)는 섬진강과 남해 일대에 서식하는 수달의 식이습성을 알아보고자 하였다.

모형을 활용한 현장검증 및 실제 다양한 환경변화가 일어나고 있는 지역에 대한 적합한 모형 선택과 주변의 공간변수와의 상관관계에 대한 연구는 여전히 미흡한 실정인데, 인간이 살아가며 개발은 불가피한 현실로 새만금호와 같은 방조제 및 인공호수(댐)를 만들 때 그 지역에 서식하는 수달의 피해를 최소화하며, 수달의 안정적인 서식지 관리방안을 제시하고자 하였다.

이에 본 연구를 통해 새만금 일대에 서식하는 수달의 서식적합지역 도출을 위한 모형 선택을 위해 서식지적합성 지수(HSI)분석 결과를 토대로 현장조사 및 출현자료를 기반으로 검증을 실시하였으며, 새만금과 같은 개발사업이 활발히 진행중인 지역의 수달 서식지 보전을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상지 및 범위

새만금 지역의 수달 서식지 조사·분석을 위한 공간적 범위는 수달의 활동권, 수계망, 표준유역, 행정구역 등을 반영하였다. 새만금호로 유입되는 만경강과

동진강, 그리고 주변 유입하천을 포함한 24개 행정구역을 추출하였다. 새만금호 지역은 북위 35°40'46"~35°57'01", 동경 126°28'18"~126°51'07" 사이에 위치하고 있으며 행정구역상 전라북도 군산시, 김제시, 부안군의 2개시와 1개 군, 2개 동·읍, 15개 면을 포함하여 총면적 401 km²에 달하였다. 새만금 방조제는

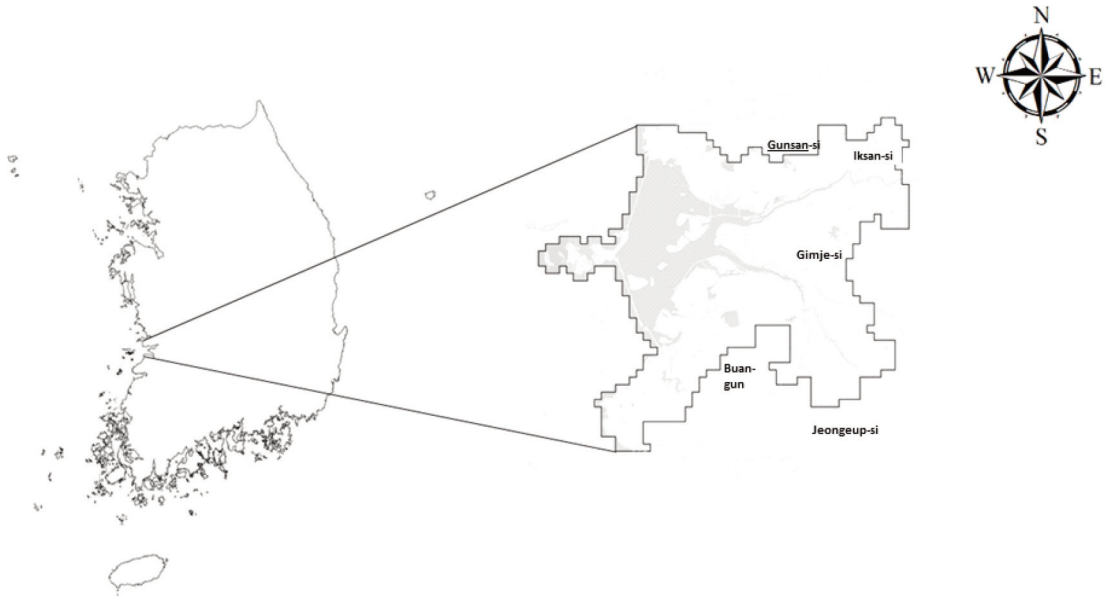


Figure 1. Geographical location and study site of Saemangeum Area.

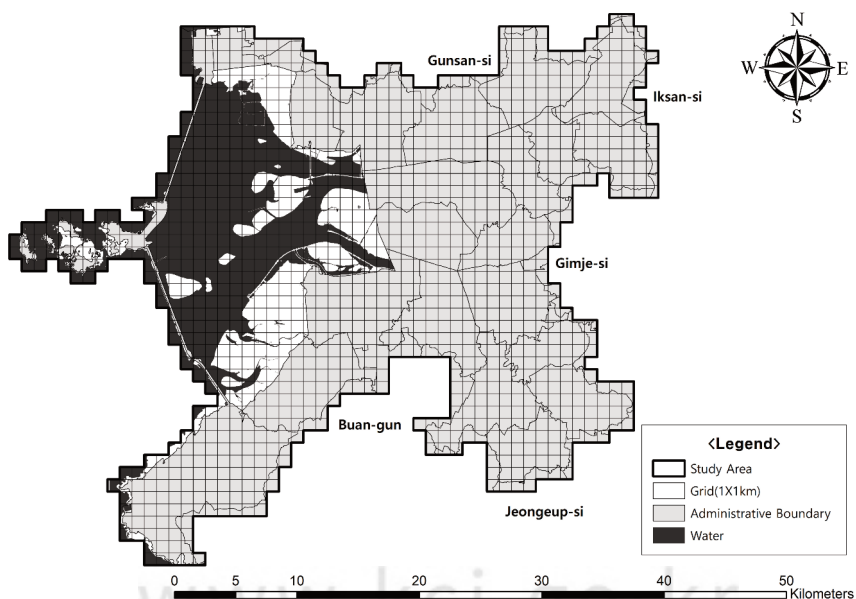


Figure 2. Habitat evaluations grid (1 km x 1 km) for Eurasian otters in Saemangeum Lake.

Table 1. Form variables and available data for otter habitat survey evaluation

Requirements for living	Format variable	Calculation method	Available materials
Food Resources	Amount of food	Composition of water surface by grid	Land cover data (middle classification)
	Food quality (number of fish species)	IDW method	Average survey data for 2015 and 2016
	Food quality (number of fish individuals)	IDW method	Average survey data for 2015 and 2016
Cover Resources	Waterside Department Natural habitat	Natural habitat within 100m of waterside	Land/surface boundaries, land cover
	Land cover	Habitat environment by land cover type	Land cover data
Threat Resources	Road center line	Distance to the center of the road	Road extracted from Korea Transportation DB
	Building density	Habitat environment by land cover type	Distribution map of new address DB
Site Fidelity	Otter distribution	Signs of otters	Appearance data through field survey

1991년에 방조제공사를 시작으로 2006년에 방조제 물막이 공사가 완료되어 현재는 매립을 통한 육지화가 진행되고 있다(Figure 1).

2. 새만금호 일대의 수달 서식적합성분석 (HSI: Habitat Suitability Index)

수달의 서식적합성분석을 위한 새만금 권역은 수역부와 육지로 구분할 수 있다. 새만금호를 비롯한 수역부 면적은 71,713ha으로 전체 분석대상 면적(221,201ha)의 대략 32.4%로 나타났다. 조사대상지의 표준화된 비교를 위해 동일한 격자를 이용한 수달 서식지 분석을 실시하였다. 격자기반의 분석기법을 위해 조사대상지는 동일한 형태와 크기의 격자(grid)로 구분하였다. 격자의 크기는 서식적합성지수를 위한 평가 자료의 가용성을 감안하여 1 km×1 km로 제작하여 총 1,097개 격자를 기반으로 수달의 서식적합성을 평가하였다(Figure 2).

서식적합성지수 조사 분석은 먹이자원, 커버자원, 방해요인, 서식지 충실도로 구분하여 실시하였으며, ArcGIS 10.X 프로그램을 이용한 서식지적합성분석을 통해 새만금 지역의 수달 핵심서식지를 도면화(mapping)하였다. 특히 Table 1은 서식지적합성 분석에 사용된 서식변수에 대한 자료이다.

서식지 조사는 새만금 권역의 서식지 유형에 따라 수달의 영역성을 파악하고, 이를 1:25,000 수치지형도와 고해상도 위성영상과 중첩하여 표시하였다. 서식지 분석평가는 문헌자료, 현지조사와 함께 위성영상/항공사진을 이용하며, 수달의 서식환경과 관련된 문헌과 전문가 의견수렴을 토대로 도출한 서식변수, 서식적합도지수를 계산하여 새만금 권역의 서식처 유형을 통해 수달의 서식적합성모형을 개발하고, 수달 핵심서식지를 패치(patch)형태로 제작하였다. 현지조사 결과는 서식지적합성지수 모형에 의해 핵심서식지와 일반서식지로 구분된 지역의 적합성을 검증하는데 활용하였다.

3. 수달 서식 흔적 조사

2017년 6월부터 2018년 3월까지 새만금 매립지역 및 만경강·동진강 그리고 새만금 외 지역인 신시도, 고군산도 일대에서 고무보트 및 도보로 현지 수달 서식지 조사시 서식현장에 필연적으로 남기게 되는 배설물, 족적 등의 출현흔적 수집 조사뿐만 아니라 직접 육안관찰에 의한 직접조사도 병행하여 조사를 실시하였고, 출현흔적은 족적, 배설물, 털, 섭식흔적, 이동통로 등을 확인하는 현지조사법을 활용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 새만금호 일대 수달 서식적합성분석 결과

수달 서식지 조사결과는 먹이자원, 커버자원, 교란요인, 서식지 충실도로 구분하여 살펴보았다. 먼저 먹이자원 평가결과, 전체 1,097개 격자 가운데 양호한 서식지로 간주할 수 있는 1등급(0.8-1.0) 서식지 격자 13개, 2등급(0.6-0.8) 서식지 격자 202개 격자로 나타나 전체적으로 215개(19.6%) 격자로 나타났다. 상대적으로 먹이자원이 낮은 격자는 수면면적이 32.4%이고, 육지부가 77.6%로 육지지역은 어류가 분포하지 않아 먹이자원이 열악한 것으로 평가할 수 있다. 아울러 2015년과 2016년 어류 조사결과, 만경강에서 어종수와 개체수가 높게 조사되었는데,

이로 인해 새만금호 내부의 어류 개체수가 유입 하천에 비해 낮게 나타난 것도 수달의 먹이자원에서 양호한 면적이 만경강과 동진강 유입부에 한정된 것으로 판단된다.

먹이자원과 비교하여 수달의 커버자원은 새만금 권역에서 상대적으로 높게 나타났다. 수변에서 100m 이내 분포하는 산림, 초지, 습지 등 자연적인 서식지를 수달의 핵심 커버자원으로 간주하였다. 이와 같은 수변부 커버자원은 새만금 권역에 1,446 패치로 조사되었으며, 수변부 커버자원까지의 거리를 토대로 커버자원을 분석한 결과 전체 1,097개 격자 가운데 1등급(0.8-1.0) 서식지 격자는 326개, 2등급(0.6-0.8) 서식지 격자는 474개로 총 800개(72.9%) 격자가 양호한 서식지로 나타났다.

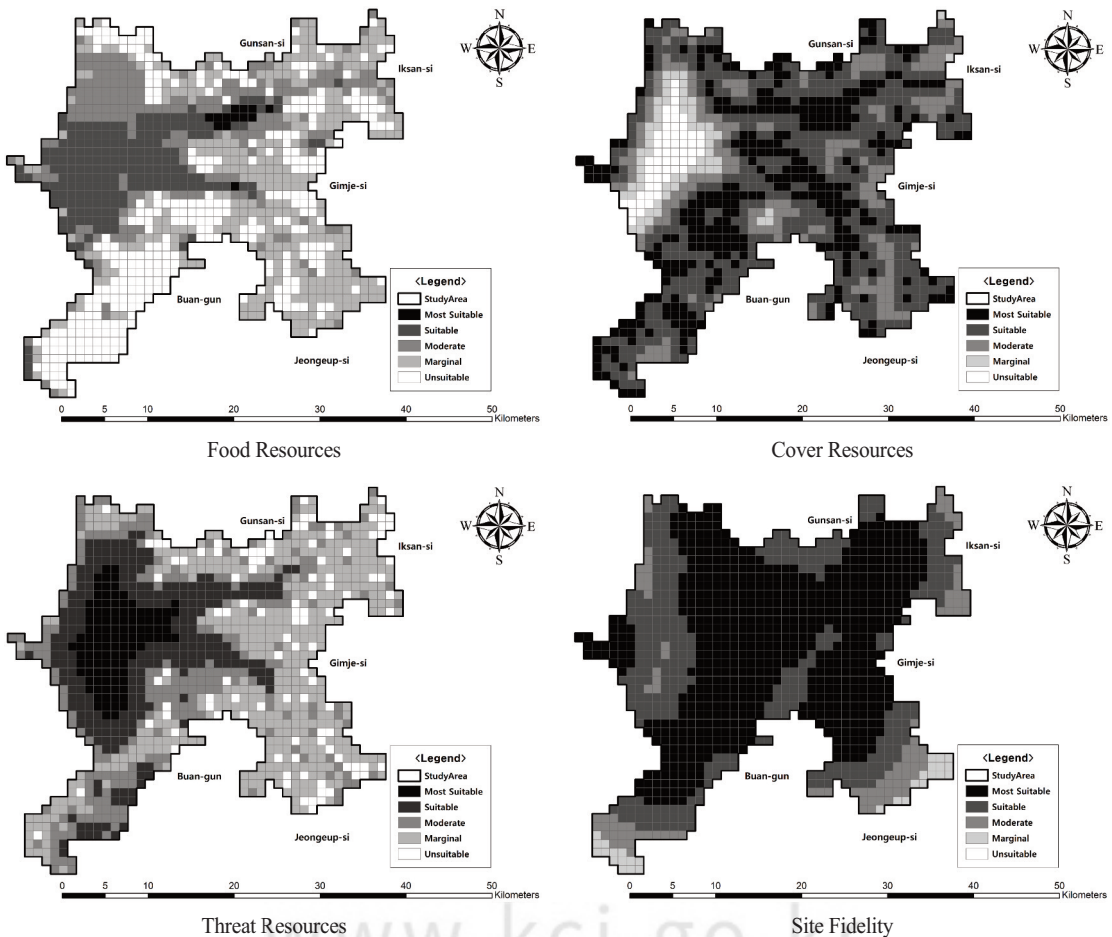


Figure 3. Habitat suitability mapping for each life requisites of Eurasian otters in the Saemangeum Area.

Table 2. Number of grids and percentages of habitat suitability classes for each life requisites

Grade	Food Resources		Cover Resources		Threat Resources		Site Fidelity		HSI analysis	
	Grid	Pct(%)	Grid	Pct(%)	Grid	Pct(%)	Grid	Pct(%)	Grid	Pct(%)
Most Suitable	13	1.2	326	29.7	110	10.0	641	58.4	170	15.5
Suitable	202	18.4	474	43.2	244	22.2	331	30.2	210	19.1
Moderate	216	19.7	183	16.7	228	20.8	96	8.8	304	27.7
Marginal	340	31.0	62	5.7	408	37.2	29	2.6	253	23.1
Unsuitable	326	29.7	52	4.7	107	9.8	0	0.0	160	14.6
Total	1097	100.0	1097	100.0	1097	100.0	1097	100.0	1097	100.0

Table 3. Habitat Suitability Model Verification against Field Survey Presence Data

Grade	HSI Analysis (A)		Presence Site (B)		A/B
	Grid	Pct (%)	Grid	Pct (%)	
Most Suitable	170	15.5	41	48.2	0.24
Suitable	210	19.1	22	25.9	0.10
Moderate	304	27.7	13	15.3	0.04
Marginal	253	23.1	1	1.2	0.00
Unsuitable	160	14.6	0	0.0	0.00
Out of bounds	0	0.0	8	9.4	0.00
Total	1097	100.0	85	100.0	

교란요인과 서식지 충실도에 대한 평가결과 공간 분포는 다음과 같다. 교란요인은 도로중심선과 건물 분포를 이용하였는데, 새만금호 중심부가 교란요인에서 안전한 것으로 나타났으며, 만경강과 동진강, 변산반도 등에 교란요인에서 안전한 서식지 패치가 산재되어 위치하고 있다. 수달의 서식지 충실도는 수달의 배설물과 족흔이 관찰된 85개 지점을 중심으로 도출하였는데, 대개 수변부를 중심으로 수달의 출현 지점이 위치하고 있는 것으로 나타났다. 교란요인 평가에 따르면 1등급 격자는 110개, 2등급 격자는 244개로 4등급 격자 408개 격자에 비해 낮은 것으로 나타났다. 한편 서식지 충실도는 1등급, 2등급 격자가 각각 641개, 331개로 조사되어 기존의 새만금 지역을 이용하는 수달의 출현지점이 넓게 위치하고 있는 것으로 확인되었다(Table 2).

2. 수달 서식 흔적을 기반으로 모형결과 검증 결과

새만금호 일대의 수달 서식적합성 모형의 검증을 위해, 모형을 통해 제작한 서식적합성 평가도면과 수달의 현지조사 결과를 비교분석하였다. 서식적합성

모형 검증을 위하여 현지조사 시 확인된 85지점의 수달 배설물 및 족흔을 등급의 격자 당 지점수를 비교한 결과 1등급 격자수 170개에 수달 흔적 확인지점이 41 지점(48.2%)으로 가장 높게 확인되었고, 2등급 격자수 210개에 수달 흔적은 22지점(25.8%)으로 확인되었다. 3등급 격자는 13지점(15.3%), 4등급 격자는 1 지점(1.2%)으로 확인되었으며, 분석범위 이외의 현장

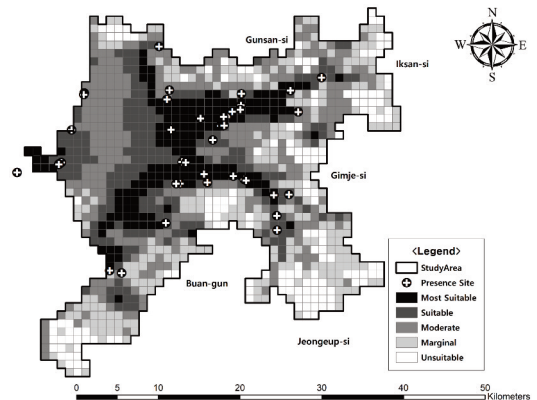


Figure 4. Otter HSI suitability Map and Field Survey Presence Points in the Study Area.

Table 4. Relationship Between the Distance to Each Land Cover Type (i.e., Water Bodies, Wetlands, Agricultural Area, Urban Area, Road) and Otter Presence Traces detected by field survey

Division	Water Bodies	Wetlands	Agricultural Area	Urban Area	Road
0-10(m)	50	15	17	13	4
10-50(m)	18	11	17	8	13
50-100(m)	2	4	1	14	10
100-500(m)	4	17	1	10	17
500-1,000(m)	3	22	22	9	14
1,000(m) 이상	8	16	27	31	27
Total	85	85	85	85	85

조사지점에서 8개가 확인되었다(Table 2). 평가 격자당 흔적 개수를 비교한 결과 1등급지역에서는 격자당 0.24의 흔적수로 수달의 출현이 가장 높은 것으로 나타났으며, 4등급과 5등급 지역에서는 수달의 흔적을 발견하기 어려운 것으로 나타났다(Table 3). 서식적합성지수 모형에서 양호한 서식지로 구분할 수 있는 1등급과 2등급에서 전체 85지점 중 63지점으로 74.1%의 흔적이 확인되는 것으로 나타났다.

3. 수달 서식 흔적과 주변 공간변수들 간의 상관성

새만금호 일대의 수달 서식 흔적을 중심으로 새만금 내부 인공구조물(건축물, 도로 등) 및 수변지역(수역, 습지, 농경지)과의 거리를 비교 분석하였다(Table 4). 현지조사 시 확인된 85지점의 수달 배설물 및 족흔을 GIS를 활용하여 공간 변수들과의 거리별 상관성을 비교·분석하였다.

구간 별 상관성을 비교해본 결과 0~10(m)에서는 수역구간 50지점, 농경지 17지점, 습지 15지점 시가지 13지점, 도로 4지점으로 확인되었고, 1,000(m) 이상에서는 시가지 31지점, 농경지와 도로가 각각 27지점, 습지 16지점, 수역 6지점으로 최단거리와 최장 거리에 수역과 시가지, 농경지, 도로에서 수달 배설물의 차이가 확인되었다.

이를 기준으로 수달의 서식지 이용에 영향이 예상되는 수역과 도로에서 거리에 따른 수달의 흔적지점을 분석한 결과 수역은 0~10(m) 50지점 > 10~50(m) 18지점 > 1,000(m) 이상 8지점 > 100~500(m) 4지점 > 500~1,000(m) 3지점 > 50~100(m) 2지점으로 수역에서 멀어질수록 배설물의 지점이 감소하였으

며, 도로에서는 1,000(m) 이상 27지점 > 100~500(m) 17지점 > 500~1,000(m) 14지점 > 10~50(m) 10지점 > 50~100(m) 10지점 > 0~10(m) 4지점으로 도로와 멀어질수록 수달의 배설물이 증가하는 것으로 확인되었다. 그 외 습지, 농경지, 시가지는 현재 새만금 내부 공사로 인하여 수시로 변하는 상황으로 거리와는 큰 영향이 없는 것으로 확인되었다.

IV. 결론

본 연구에서는 새만금 일대 서식하는 수달의 안정적인 서식지 확보 및 보전을 위한 기초자료와 공간변수와의 거리가 수달의 서식지 이용에 어떠한 영향을 미치는지 확인하기 위하여 실시하였다. 현지조사 결과 총 85개 지점에서 수달의 배설물 및 족적이 확인되었으며, 새만금 매립지역(만경강, 동진강 포함)의 경우 63개 지점, 새만금 내부 및 해안부인 신시도, 고군산도 일대에서 22지점의 수달 흔적으로 새만금 일대 서식하는 수달의 서식지적합성분석 결과, 3등급과 4등급 지역이 각각 304지점, 253지점으로 전체의 50.8%로 높게 확인된 반면에 서식지가 양호하다고 판단되는 1등급과 2등급 지역은 각각 170지점과 210지점으로 전체의 34.6%로 낮게 확인되었다. 모델결과 검증에 위하여 격자당 흔적수를 분석한 결과 1등급지역 170격자에서 흔적수 41지점으로 격자당 0.24 흔적으로 분류되었고, 2등급, 3등급은 각각 격자당 흔적수는 0.10흔적과 0.04흔적으로 등급이 높을수록 이용빈도 수가 높은 것으로 확인되었고 서식지가 부적합한 4등급과 5등급은 격자당 흔적수가 0으로 확

인되었다.

이를 기준으로 1등급 170개 격자 중 1등급 지역에 서 수달 배설물의 출현빈도가 높은 지역은 수달의 핵심서식지로 총 8개 격자가 도출되었으며, 이는 만경강 수계와 만경강 및 동진강 합류부, 계화지역이 수달 핵심서식처로 평가되었다. 이 결과를 보면 현재 새만금 내부는 매립공사가 진행 중으로 수달의 안정적인 서식지보다는 매립공사구간의 환경변화를 어느 정도 피해나가면서, 수달 자신이 보다 안전하게 이용가능한 수환경 영역을 찾아가는 과정에 있다고 판단된다.

서식지외에 주변의 시설물이 수달에게 미치는 영향을 보기 위하여 수역, 습지, 농경지, 시가지, 도로로 구분하여 확인한 결과 영향이 있다고 판단된 시설물은 수역과 도로로 확인되었다. 수역은 0~10(m)가 50지점으로 높게 확인되었고, 500~1,000(m)에서 3지점으로 수역과 멀어질수록 흔적수가 적게 확인된 반면, 도로는 1,000(m)이상에서 27지점으로 가장 높았고 0~10(m)에서 4지점으로 도로와 가까울수록 흔적수가 적게 확인되었다. 그 외에 농경지, 시가지에서도 1,000(m)이상에서 27지점, 31지점으로 인위적인 시설물에서 거리가 멀수록 수달의 출현빈도 수가 높은 것으로 확인되었다.

현재 개발이 진행 중인 새만금은 위 두 가지 결과를 보면 1등급과 2등급지역은 공사가 완료된 새만금호의 지류인 만경강과 동진강 일대로 대부분 수변식생으로 이루어져 있으며, 이는 수달의 보금자리 및 중간 기착지 역할을 할 수 있는 중요한 지점이며, 공사로 인한 영향은 있으나 수역과 도로의 이격거리를 보면 시가지와 도로에서 이격거리가 근접한 지역과 가장 먼 지역과의 흔적 차이가 2배에서 6배 이상 나타나는 것으로 확인되었다. 이는 수달의 서식지 복원시 위협요인으로 작용하는 도로와 시가지는 최소한 500(m) 이상 이격거리가 필요하다고 판단된다.

새만금 간척사업의 과정에서 수달의 서식을 지속적으로 유지시키는 가장 중요한 요점은 수달이 안전하게 잠을 자거나, 안전하게 새끼를 낳아 기를 수 있는 잘 은폐된 은신공간의 존재와 지속적 유지가 가장 중요해 보인다. 이를 위해 하천변의 풍부한 수변식생은 항상 유지되고, 매립사업 이후에도 하천 수변부의

생태적 관리가 매우 중요하다.

또한, 간척사업 전후의 수달 서식지 변화를 알아보기 위한 추가연구가 필요하고, 토지피복의 변화와 주변 핵심서식처의 변화에 따라 다양한 결과가 나올 것으로 판단된다. 본 연구의 결과는 수달 서식에 적합한 지역을 도출하여 개발사업 시 보전 및 보호 방안을 제시하여 기초자료로써 연구의 방향을 제시하고자 한다.

References

- Back MJ, Choi HY, Yoo SH. 2015. Recognition of the impact of the Saemangeum development project on the marine environment. *Journal of Ocean Environment and Safety* 31(5): 492-500.
- Cha SM. 2001. The eating habits of otters inhabiting the Seomjin River and the South Sea. Kyungnam University graduate school master's thesis.
- Choi JH, Oh CS, Cho YC, An CH. 2013. Consideration on the operation of management water level and environmental change in Saemangeum Lake water repellent construction. *Journal of the Korean Society for Marine Environmental Energy* 16(4): 290-298.
- Franklin J. 2009. Mapping species distributions spatial inference and prediction. Cambridge University Press. Cambridge. <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- International Union Conservation Nature (IUCN). 2014. IUCN Red List of Threatened Species. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources.
- Jang NJ, Jeong HO, Park SW, Kwak DH. 2017. Saemangeum SWG technology demand analysis and basic design of test bed.

- Korean Society of Civil Engineers oral presentation, pp. 1687-1688.
- Jeong JC, Cho YS. 2004. Habitat Analysis of Otgokcheon Otter in Bonghwa-gun, Gyeongbuk, using GIS, Journal of Korea Spatial Information System Society 12(1): 29-42.
- Kim BM, Chung LL. 1998. A Study on the fish community from the Mangyong River System. Korean J. Limnol. 31: 191-203.
- Kim JH, Yoon JD, In DS, Jang MH. 2011. Changes of fish community in the Mankyeong and the Dongjin River after construction of Saemangeum dike. J. Korean Nat. 4: 111-119.
- Kim IS, Yang H. 2001. Fish community changes of the Buan Dam, Korea. Korean J. Ecol. 24: 45-50.
- Kim J. 2007. Impact of large-scale reclamation projects on the lives of local residents: focusing on the Saemangeum project. Korean Society for Environmental Sociology 11(2): 285-316.
- Ko CH, Ryu JS, Kim JS. 2010. Saemangeum: History and conflict, Journal of the Korean Society for Marine Environmental Energy. 13(4): 327-334.
- Manson CF, Macdonald SM. 1987. Acidification and otter (*Lutra lutra*) distribution on a British River. Mammalia 51: 81-87.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. 2004. Ecological changes in the Saemangeum water and reclaimed land areas Kim et al. 1998.
- Na JE, Lee HY. 2011. Distribution of birds attached to the tidal flats of Saemangeum Lake. Journal of Environmental Biology 29(1): 46-51.
- Park SH, Lee JW, Ki, JH, Baek SH, Yoon JD, Cho KR, Jang MH. 2013. Distribution of fish according to salinity in Saemangeum. Korean Journal of Environmental Biology 31(4): 411-418.
- Shim KS, Lee CR. 1999. A fish merchant around Saemangeum. Korean Journal of Environmental Biology 17(3): 293-303.
- Shin JH, No BH. 2017. Analysis of the effect of river surface space and water change diameter on the appearance of otters in the Nakdong River area. Korean Society of Environmental Sciences 26(12): 1341-1353.