한국습지학회지 제14권 제3호, 2012년 8월 (413 - 418)

강원도 홍천강 유역에 서식하는 수달의 서식지이용에 관한 연구

박 보 현* / 이 상 돈**+

Studies on river otter habitat use pattern on Hongchun river in Gangwon province

Bo-hyun Park* / Sangdon Lee**+

요약 : 본 연구는 수달이 선호하는 서식환경 알아보기 위하여 수달의 배설물을 이용한 서식 환경 분석과 육안 분석 방법을 수행하였다. 강원도 홍천군 화촌면 일대의 홍천강 상류 수계인 내촌천과 군업천 두 하천을 연구지역으로 선정하였다. 2009년5월, 6월, 7월, 8월, 9월, 10월, 11월, 2010년 11월 총 8회의 조사기간 동안 총 478개의 수달의 서식흔적 (배설물, 분비물, 족흔 등)을 발견하였다. 수달의 서식흔적이 발견되는 지점의 하천환경은 대체로 하천의 깊이가 얕은 곳(0.5-1m)과 유속이 느린 곳(5m/sec)으로 나타났다. 또한, 바위와 기반암에서 많은 서식흔적을 발견하였지만, 제방과 같은 인공구조물에서는 거의 서식흔적을 발견하지 못하였다. 이러한 수달의 서식환경과 식이물 분석을 통한 수달의 생태학적 연구는 수달 개체군의 보전과 수달 서식지의 보호를 위한 기초자료로 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 수달, 서식환경, 배설물, 내촌천, 군업천

Abstract : In this study, both habitat use analysis by rumen contents of Eurasian river otter (*Lutra lutra*) were carried out to investigate the preference of habitat environment and diet using their fecal samples. As the target sites, two streams (the Naechon-cheon and the Koonup-cheon) were selected in the upstream of the Hongcheon river, Hongcheon County, Gangwon Province. A total of 478 track samples (e.g., feces, scent and footprint) were found during the survey periods (May to November, 2009 and November, 2010). The dominant points, where the tracks of river otters were observed, were areas with the low depth(0.5-1m) and the slow flow velocity (5m/sec). Also, both rocks and rock-beds were preferred but artificial facilities were avoided. This ecological study of river otters using habitat use analysis and diet analysis by rumen contents will be useful fundamental information to conserve the river otter populations, and to protect their habitats.

Keywords : *Lutra lutra*, habitat, feces, Naechon-cheon, Koonup-cheon

1. 서 론

수달(*Lutra lutra*)은 식육목(Carnivora) 족제비과(Mustelidae)의 동물로서 하천과 강 등의 수환경의 먹이사슬에서 최고 정점에 자리 잡고 있으며, 수환경의 조절자 역할을 수행하고 있다. IUCN에 의하여 VU(vulnerable)급으로 분류되고 있으며, 또한 수달은 멸종위기에 놓인 종의 관한 조약인 CITES 협약에 의해 국제적으로 보호를 받고 있는 종이며, 수생생태계의 질서를 조절해 주는 핵심종(keystone species)으로 그 역할이 중요시되고 있다(Foster-Turley et al., 1990,

+ Corresponding author : lsd@ewha.ac.kr
* 이화여자대학교 공과대학 환경공학과
Department of Environmental Science & Engineering, College of Engineering, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea
** 이화여자대학교 공과대학 환경공학과
Department of Environmental Science & Engineering, College of Engineering, Ewha Womans University, Seoul 120-750, Korea

Prigioni et al. 2007). 또한 일본 등은 수달이 멸종되어 현재 복원사업이 진행중인 국제적인 보호종이다(Ando, 1995).

우리나라에서도 수달이 생태계에 미치는 영향을 인식하고 1982년 이래 천연기념물 제330호로 지정하여 보호하고 있다. 한국의 수달은 과거 한반도 전역에 걸쳐 폭넓게 분포하고 있었으나, 현재 그들의 생존개체군은 크게 감소된 상태에 이르고 있다(한성용, 1997).

이에 본 연구는 강원도 홍천군 화촌면 일대의 홍천강 상류 수계를 중심으로 수달서식지의 체계적인 생태학적 연구를 시도하였다. 홍천강 상류 수계의 일부는 2008년부터 시작된 홍천-인제 구간의 고속도로 공사(총 연장 71.67 km)로 인해 하천에 서식하고 있는 생물종들의 서식지에 변화가 불가피한 것으로 보이며, 수달의 서식환경에게 큰 변화를 야기할 것으로 판단된다. 이에 수달의 서식 환경의 질을 결정하는 요소들을 알아내고 이를 보다 개선시킬 수 있는 방안을 마련하여 도로공사가 시행되는 홍천강 유역의 수달 종 보존 및 서식지이용변화를 파악하고자 본 연구는 수행되었다.

2. 연구지역 및 방법

본 연구는 2009 5월-2010 11월까지 총 8회의 조사기간 동안 강원도 홍천군 화촌면 일대의 홍천강의 지류인 내촌천과 군업천을 조사하였다(그림 1).

내촌천은 강원도 홍천군 서석면에서 발원하여 두촌면으로 이어져 홍천강과 합류하게 되는 유로 57.4km, 유역면적 345.09km^2 한강 수계 지방 2급 하천이며. 홍천강의 지류이다. 내촌천은 시설물 지수가 0.34로 보(118개) 가 많으며, 비교적 큰 규모이나 대부분 어도가 설치되지 않았거나 제 기능을 하지 못하고 있으며 보에 의해 퇴적이 많이 되었거나 육역화가 진행되는 지점이 관찰되었다. 군업천은 화촌면을 기점으로 홍천강과 합류하게 되며, 유로 21.04km, 유역면적 81.99km^2

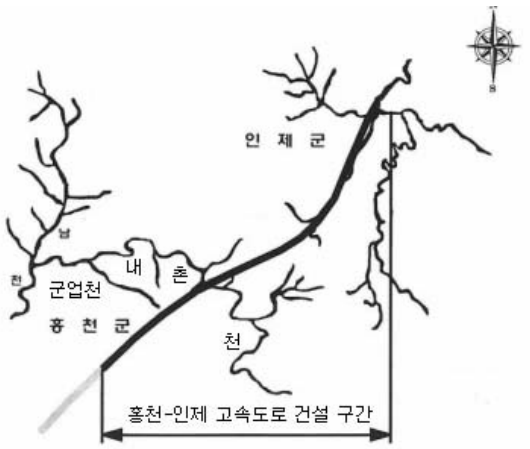

그림 1. 수달의 서식지연구가 수행된 강원도 홍천강 유역의 군업천 및 내촌천. 현재 홍천-인제간의 고속도로 건설이 진행중임. 동홍천-인제구간은 49.41km, 인제-양양구간은 22.26km으로 총 연장은 71.67km 임.

으로 한강 수계 지방 2급 하천이며. 홍천강의 지류이다.

수달의 서식환경을 연구하기 위해서 본 조사지역을 대상으로 강이나 하천을 도보로 답사하면서 수달의 배설물을 채집하였으며, 분비물, 족흔 등을 파악하는 방법으로 조사하였고, 한국도로공사 환경영향평가서(홍천-인제간 건설사업) 수달서식분포도를 참고하였다(한국도로공사, 2008). 하천 주변의 특성상 도보로 조사가 가능하지 않은 지역은 쌍안경과 텔레스코프를 이용하여 조사하였다.

2.1. 수달의 선호 서식 환경 조사

수달이 선호하는 서식환경을 조사하기 위해 서식지 변수는 총 7가지 세부 요소로 구분하였다(표 1).

첫째, 하천폭은 조사대상지별 배설물 채집 지점을 중심으로 좌우 50m 지점 내에 2개소를 선정하여 강폭의 최대지점과 최소지점을 조사하였고, 최대지점은 홍수기 때의 최대 침수지점을 측정하였고 최소지점은 갈수기 때의 수면 폭을 측정하였다. 하천폭의 기준은 0-2m, 2-5m, 5-10m 및 10m 이상으로 나누었다.

표 1. 수달이 선호하는 서식지 환경 요소 및 세부 요소의 분류

환경 요소	세부 요소		비고
자연 환경 요소	하천폭	0-2m	
		2-5m	
		5-10m	
		10m 이상	
	수심	0.5m이하	채집 지점 좌우 50m
		0.5-1m	
		1-2m	
		2m이상	
	유속	5m/s미만	
		5-30m이하	
		30m이상	
	바위 크기	바위크기를 가로, 세로, 높이 측정	
	하천 형태	바위(직경>2m)	
		모래(직경 2-0.02mm)	
		진흙(직경<0.02mm)	
		콘크리트(인공제방)	
	바위의 수	10개 이하	좌우 50m 지점 바위크기가 2m×1m×0.5m 이상의 바위 수
		11-30	
		31이상	
인위적 요소	도로와의 거리	30m이내	
		30-50m	
		50m이상	

둘째, 하천의 수심은 조사대상지별 배설물 채집 지점을 중심으로 좌우 50m 지점 내에 2개소를 선정하여 수심을 측정하였으며 수심은 0.5m이하, 0.5-1m, 1-2m 및 2m 이상으로 나누었다.

셋째, 하천의 유속은 유속계를 사용하거나, 하천 중앙에서 줄자를 길게 놓고, 탁구공을 떨어뜨린 다음 시간을 측정하여 유속의 관측하였으며 유속의 경우 정체는 저수지나 수중보로 인해 물이 고여 있는 상태이며(5m/s), 느린 경우는 시속 5-30m/s 이하, 빠름은 30m/s이상이었다.

넷째, 수달의 배설물이 바위에서 발견된 경우 바위크기의 가로, 세로, 높이를 측정하여 수달이 선호하는 배설장소로서의 바위크기를 측정하였다.

다섯째, 수달이 선호하는 서식 환경을 알아보기 위해 배설물이 발견된 곳을 암반 및 바위(직경>2m), 모래(2-0.02mm), 진흙(<0.02mm), 콘크리트로 구분하였으며 콘크리트는 수로화 사업 등으로 시멘트 공사가 이루어진 곳으로 하였다.

여섯째, 조사대상지별 배설물 채집지점을 중심으로 50m 지점 내 수중과 수변에 위치한 바위크기가 2m×1m×0.5m(가로×세로×높이) 이상 되는 모든 바위의 수를 조사하였다.

일곱 번째, 조사대상지별 배설물 채집지점을 중심으로 가장 인접한 도로와의 거리를 측정하였으며 30m이내, 30-50m이내 그리고 50m 이상으로 구분하였다.

2.2. 수달의 선호 서식 환경 분석 방법

수달의 선호 서식 환경의 조사방법은 주로 수달배설물에 의존하여 하천환경의 구성 요소들을 찾아내는 방법이었다. 수달 배설물의 수가 매월 일정하지 않아 불균형자료에 대한 분산분석을 위해 각 서식지 변수에 대해 포아송 분석(Poisson distribution)를 가정하고 일반선형모형(Generalized Linear Model, GLM) 을 실시하였다. 수달의 배설물과 서식지 변수에 대한 상관관계는 가능한 모든 요인에 대해 분석을 실시하여 영향력이 적은 혹은 설명력이 낮은 요인을 제거해 나가면서 유의한 요인만을 포함한 최소모형을 찾은 단계별 요인제거방법(stepwise deletion method)을 이용하였다.

본 연구에서는 내촌천과 군업천의 데이터를 모아 하천폭, 수심, 유속, 하천형태, 바위의 수, 도로와의 거리에 대한 연속형 변수에 대해 일반선형모형을 실시하고 두 하천의 공통적인 서식지 이용현황에 대한 홍천강의 지류인 군업천 및 내촌천의 서식지이용에 대한 차이를 분석하였다. 유의값은 $P<0.05$이며 모든 통계처리는 SPSS v.17.0을 사용하여 실행하였다.

3. 연구 결과

3.1. 하천의 지형과 수달의 분포도

하천의 지형과 수달이 선호하는 서식 환경을 알아보기 위해 수달 배설물이 발견된 지점마다 강폭, 수심 그리고 유속을 기록했다(표 2). 수달은 강폭이 2-5m(370개)로 그다지 넓지 않은 곳을 선호하는 곳으로 나타났으며, 내촌천과 군업천 두 하천에서 이러한 경향은 일치했다. 이는 조심성이 많은 수달의 생태적인 특성을 고려 해 볼 때 강폭이 넓은 곳(10m 초과)은 강폭이 좁은 곳에 비해 수달의 행동이 모두 노출되는 것을 본능적으로 피하려는 것으로 판단된다.

수심과 유속에서도 수달은 안전하고 편안한 공간을 선호하는 것으로 나타났다. 선호하는 수심은 0.5-1m(77%)와 0.5m미만(15%)의 하천 환경이 전체 92%를 차지하면서 수심이 얕은 공간일수록 선호하는 것으로 분석되었다. 유속의 경우에도 5m/s 이하(55%), 5-30m/s(39%)의 조건이 전체 94%를 차지하면서 유속이 거의 없거나 유속이 느린 곳을 선호하는 것으로 나타났다.

수달의 배설물 발견된 지점으로부터 도로와의 거리를 측정하였는데 이번 연구결과에서는 수달 서식지와 도로와의 거리와는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. 하천환경이 우수하여 수달의 먹이종이 풍부하고, 관목과 갈대류를 이용하여 은신처로 삼을 수 있는 공간과 바위가 있으면 도로가 있더라도 서식지로 이용함을 알 수 있었다.

3.2. 수달의 선호 서식 환경 분석

본 연구에서는 내촌천과 군업천의 환경 분석 자료를 모아 하천폭, 수심, 유속, 하천형태, 바위의 수, 도로와의 거리에 대한 연속형 변수에 대해 일반선형모형을 실시하고 두 하천의 공통적인 서식지 이용현황에 대한 분석을 실시하였다. 내촌천과 군업천에서 채집한 수달의 배설물을 통해 수달이 선호하는 하천환경을 분석 결과 하천폭, 수심,

표 2. 강원도 홍천강 유역의 수달 서식지 변수에서 발견된 각 환경요소에 의한 배설물의 수(%)

환경 요소		내촌천	군업천	합계
하천폭	0-2m미만	17	11	28
		(7)	(5)	(6)
	2-5m미만	200	170	370
		(79)	(79)	(79)
	5-10m미만	0	0	53
		(11)	(12)	(11)
	10m 초과	0	0	15
		(3)	(4)	(3)
	소계	252	214	466
수심	0.5m미만	0	31`	66
		(14)	(14)	(14)
	0.5-1m 미만	0	0	359
		(79)	(75)	(77)
	1-2m 미만	19	22	41
		(7)	(11)	(9)
	2m 초과	-	-	-
	소계	252	214	466
유속	5m/s 미만	0	0	256
		(61)	(48)	(55)
	5-30m/s 미만	0	0	182
		(32)	(48)	(39)
	30m/s 이상	0	0	28
		(7)	(4)	(6)
	소계	252	214	466
바위 수	10개 미만	88	100	188
		(35)	(47)	(40)
	10-30개 이상	91	64	155
		(36)	(30)	(33)
	30개 초과	73	50	123
		(29)	(23)	(27)
	소계	252	214	466
도로와의 거리	30m 이내	0	0	162
		(31)	(39)	(35)
	30-50m 이하	82	68	150
		(33)	(32)	(32)
	50m 초과	91	63	154
		(36)	(29)	(33)
	소계	252	214	466

표 3. 수달의 서식지 환경 분석 결과

Habitat variables	degree of freedom	Chi-square value	*P*-value
하천폭	1	4.516	0.000**
수심	2	1.027	0.000**
유속	1	3.448	0.000**
하천형태	2	5.834	0.42
바위의 수	2	5.067	0.66
도로와의 거리	2	3.286	0.29

** $P < 0.01$

유속과 유의한 관계(P = 0.000)가 있는 것으로 분석되었다(표 3). 하지만 하천형태 및 바위의 수와 도로와의 거리는 유의하지 않게 나타났다.

4. 고 찰

수달은 포유동물로 드물게 수환경의 건강 정도를 판단할 수 있는 지표종으로 알려져 있어 서식지 변화나 배설물을 이용한 연구가 중요하다. 하지만, 최근 들어 자연환경 조사나 각종 환경영향조사 등과 같은 생태계조사가 활발히 이루어지면서 수달의 새로운 서식처들이 계속해서 발견되고 있다. 그럼에도 불구하고 수달에 관한 생태학적 연구가 부족한 실정이다(Cho et al., 2009; 이상돈과 조희선, 2005). 따라서 본 연구는 수달의 서식환경과 식이물 분석을 통해 수달의 생태학적 연구는 수달 개체군의 보전과 수달 서식지의 보호를 위해 연구를 수행하였다.

이번 연구결과 강원도 홍천군 지역의 내촌천과 군업천에서 나타난 수달 서식지의 특징은 수달은 인간의 간섭이 나타나고 있기는 하나 하천변 식생이 관목과 갈대류가 혼재되어 있고 하천 중앙 또는 하천 주변을 중심으로 바위와 기반암이 많아 수달에게는 서식하기 유리한 여건을 갖추고 있다는 것으로 분석되었다. 수달의 서식흔적 중 대부분이 바위위에서 찾은 배설물로 조사되었으며 이는 하천의 중앙이나 수변가의 돌출된 바위에 배설을 하는 수달의 행동특성으로 인해 발견하기가 용이한 것이 원인으로 판단된다. 이로서 수달은 자신에게 유리한 수환경 조건을 강폭이 좁고, 수심이 깊지 않으며 유속이 느린 곳을 선호함을 알 수 있었다(표 2). 이는 수변과 수중에 암석들이 적당히 수달의 행동의 노출을 감추어 주어 안전한 행동권을 고려하고 하천에 돌출되어 있는 바위에 고유한 자신의 영역표시를 하며 먹이활동을 하기에 유리한 조건을 서식환경으로 삼고 있는 것으로 분석되었다.

조사 대상이 된 홍천강 상류 내촌천과 군업천은 하천폭 30m 이하의 샛강으로 문헌에 의해 수달이 선호한다고 밝혀 낸 좁은 강의 부류로 보아도 좋을 것이다(Durbin, 1998). 본 연구에서는 보다 세부적인 기준으로 수달의 선호하는 서식지를 분석해보았다. 수달은 하천의 깊이가 얕은 곳을 선호하고 유속이 느린 곳을 선호하는 경향이 있으며, 바위와 바위 너덜지대를 주로 이용하고 제방과 같은 인공구조물은 이용하지 않는 경향이 있다는 것을 알 수 있었다(표 2). 하지만 하천폭과 수심이나 유속은 수달의 서식지이용에 있어서 중요한 변수임을 보여주었다.

국내 연구와 비교해 보면 거제 연초댐의 수달은 바위와 식생이 동시에 존재하는 지대를 선호하며(한성용, 1997), 동강 일대에서는 수달이 암벽지역 및 암벽 .바위 지역을 선호하는(손장익, 2000) 것으로 밝혀졌고, 오대산 국립공원 지역에서는 수달이 수중에 돌출된 바위와 지면의 바위를 가장 많이 이용하고 하천 수심 20cm 이하를 가장 많이 이용하며 수변에서 배설장소까지의 거리는 0-2m를 가장 많이 이용하는 것으로 밝혀졌다(정우진, 2003).

본 연구와 선행 국내 연구 결과에서 차이점을 드러낸 것은 수달이 이용하는 하천의 폭에 관한 결과이었는데 수달은 하천폭 20m 이상 보다는 5-15m를 선호한다는 분석 결과(정우진, 2003)가 있는가 하면 10m 이상 폭의 하천보다는 5-10m 폭의 하천을 선호한다는 분석 결과(조희선과 이상

돈, 2005)도 있었다. 하천폭에 대한 변이는 수달의 서식지 조건과 연관성이 있는 것으로 판단되며, 수달이 선호하는 하천 폭에 대해서는 더 깊은 연구가 필요하다.

또한 하천생태계를 근간으로 살아가는 수달에게 있어 하천의 큰걸림돌인 수중보에는 반드시 어도를 설치해야 할 것이며 기능이 상실된 보의 경우는 철거를 해야 할 것이다(Kruuk, 2006). 이를 위해 하천의 휴식년제 도입하는 정책과 산 수달의 주요 먹이 자원이 되는 어류들의 산란기인 4-6월까지는 어업행위를 금지하는 등 수달을 포함한 멸종위기 종을 보호하기 위한 지침이 마련되어야 할 것으로 판단된다.

현재 내촌천과 군업천을 중심으로 동홍천-인제간의 고속도로 건설이 진행되고 있다. 아직까지는 수달의 서식흔적과 배설물이 잘 발견되고 있으나 도로 건설을 위한 기초 공사로 인한 하천에 계속적인 토사가 더해지며 흙탕물을 일으켜 이러한 서식조건에 살 수 없는 어류들의 이동이 불가피 할 것이다. 이로 인한 수달의 서식지 훼손과 도로공사의 차량 증가로 인한 불빛 및 소음 등에 대한 영향이 있는 것으로 판단되며, 이 지역에 관한 지속적인 모니터링이 필요하다고 사료된다.

사 사

본 연구는 KEITI(403-112-005) '생태계복원 관리기술' 및 LTER(16000-16001-2)의 지원 및 한국도로공사의 동홍천-인제간 '수달의 서식지이용에 대한 모니터링연구'에 의해 지원되었습니다.

5. 참 고 문 헌

손장익 (2000) 동강일대에 서식하는 수달의 분포 및 서식지 이용. 경남대 대학원 석사학위논문 1-27.

이상돈, 조희선 (2005) 토지피복도를 활용한 수달의 서식지 이용분석에 관한 연구. 한국환경영향평가학회지 14(6): 377-385.

조희선, 이상돈 (2005) 우리나라 거제지역에 서식하는 수달의 중금속 및 미량원소 분석에 관한 연구. 한국환경생물학회지 23(3): 315-321.

정우진 (2003) 오대산 국립공원 일대에 서식하는 수달의 분포 및 서식지 이용. 경남대 대학원 석사학위논문 1-25.

이상돈, 조희선 (2005) 토지피복도를 활용한 수달의 서식지 이용분석에 관한 연구. 한국환경영향평가학회지 14(6):377-385.

한국도로공사. 2008. 동홍천-양양간 고속도로 환경영향평가서.

한성용 (1997) 한국 수달의 생태에 관한 연구. 경남대학교대학원 박사학위논문. 1-112.

Ando, M. (1995) Chronology of otter extinction in Japan. Asian section meeting, Otter specialist group, Bangkok.

Cho, H.S. K. Choi, S.D. Lee and Y.S. Park. (2009) Characterizing habitat preference of Eurasian river otter (*Lutra lutra*) in streams using a self-organizing map. Limnology 10: 203-213.

Foster-Turley, P., Macdonald, S. and Mason, C (Eds). (1990) Otters: An Action plan for their conservation. IUCN/SSC Otter Specialist Group.

Kruuk, H. (2006) Otters-Ecology, Behaviour and Conservation. Oxford University Press.

Prigioni, C., Balestrieri, A. and Remonti, L. 2007. Decline and recovery in otter (*Lutra lutra*) populations in Italy. Mammal Review 37: 71-79.

○ 논문접수일 : 2012년 04월 27일
○ 심사의뢰일 : 2012년 05월 09일
○ 심사완료일 : 2012년 08월 30일