

## 기상조건과 배설지 특성에 따른 수달(*Lutra lutra*) 분변의 표백현상에 관한 연구

노은영 · 한성용\* · 유정철†

경희대학교 생물학과

\*한국수달연구센터

### A Study of Bleaching Phenomenon of Otter (*Lutra lutra*) Spraints in Relation to Weather Conditions and Characteristics of Sprainting Sites

Eun-Young Noh · Sung-Yong Han\* · Jeong-Chil Yoo†

Department of Biology, Kyung Hee University

\*Korean Otter Research Center

(Received: 17 August 2014, Revised: 25 August 2014, Accepted: 20 November 2014)

#### 요약

배설 후 시간 경과에 의해 나타나는 수달(*Lutra lutra*) 분변의 표백현상은 신선한 분변(Fresh spraints)과 오래된 분변(Old spraints)을 알려주는 척도로 이용되고 있다. 기존의 연구들은 분변 표백현상에 대해 외적 특징만을 언급해왔을 뿐, 분변 간 발생하는 표백률의 차이를 설명할 수 없었다. 본 연구는 공극률, 연경도 같은 배설지 특성에 의해 발생하는 미기상(Micrometeorology) 차이가 분변 간 표백률에 차이를 유발할 것이라 가정했다. 배설지 조건은 점토, 모래, 바위, 콘크리트의 네 가지 유형으로, 일사량의 영향을 보기 위해 다시 양지와 음지로 나누었다. 배설지 미기상은 지표면의 기온과 습도 측정을 통해 도출했고, 계절적 변화를 고려하기 위해 전 계절에 걸친 측정이 이루어졌다. 배설지 기상요소의 상관관계 분석을 통해 양지에서 배설지 유형에 따라 미기상에 차이가 발생하는 것을 알 수 있었다. 배설지 미기상 차이가 분변 표백현상에 미치는 영향을 분석한 결과 양지의 바위와 콘크리트 배설지에서 높은 분변 표백률이 나타났으며, 특히 여름에는 양지의 점토 배설지에서 분변 표백률이 가장 높게 나타나는 특징을 보였다(63.4 ± 7.6%). 전 계절에 걸쳐 표백률이 가장 낮은 배설지는 모래인 것으로 나타났다. 각 배설지의 분변 표백률은 계절과 햇빛의 유무에 따라 차이가 발생했고, 배설지 특성에 의한 열전도도 차이가 배설지 기온 차이를 유발함으로써, 분변 표백률에 차이가 발생함을 알 수 있었다. 따라서 본 연구는 분변을 간접혼적(Indirect sign)으로 이용하는 수달 생태조사에 있어서, 분변 표백현상에 대한 기존의 외적 평가는 계절, 배설지 특성 및 햇빛의 유무를 함께 고려해야 한다는 것을 보여준다.

핵심용어 : 미기상, 수달의 분변, 배설지, 표백률

#### Abstract

The bleaching phenomenon of otter spraints is indicates that the age of spraints (fresh or old spraints). As previous studies on the old otter faeces (spraint) have focused only on the external changes of spraints, it has been difficult to explain the difference of the decomposition rates among old spraints. We hypothesized that the micrometeorology difference caused by various characteristics of sprainting sites such as porosity and consistency of soil could affect the extent of the decomposition rate, the solar bleaching phenomenon of spraints used as a measure of the patterns of old spraints. Sprainting sites were classified into four types (Clay, Sand, Rock and Concrete spot) and each type was divided into two groups according to the sunlight condition (Sunny site and Shady site) to measure the effect of solar radiation. Micrometeorology of the sites were evaluated by measuring temperatures and humidities of the sites during the whole season. The variations in micrometeorology of the sunny sites according to the sprainting site types were examined with correlation analyses between the factors of micrometeorology. The analyses on the bleaching phenomenon of the spraints by micrometeorology showed that the highest rate of bleaching was found at the 'Rock spot' and 'Concrete spot' of the sunny site and especially in summer, the highest rate of bleaching (63.4 ± 7.6%) was found at the 'Clay spot' of the sunny sites. The lowest rate of bleaching was found at the 'Sand spot' of the sunny sites. The above findings show that the difference in bleaching rates among sprainting sites was due to the seasonal or sunny condition. In addition, we found that the differences in thermal conductivity among sprainting site characteristics have resulted in different sprainting site temperature which have affected the rate of bleaching of spraints. In conclusion, this study suggests that studies of otters on their population size and home ranges using spraints as an indirect sign, should consider the effects of sprainting site characteristics and weather conditions.

Key words : Bleaching rate, Micrometeorology, Otter faeces (Spraint), Sprainting site

† To whom correspondence should be addressed.  
Department of Biology, Kyung Hee University  
E-mail: jcyoo@khu.ac.kr

## 1. 서론

수달(*Lutra lutra*)은 수환경 먹이사슬의 최고 정점에 위치해있는 수환경의 조절자이며, 먹이사슬을 균형 있게 조절해주는 핵심종(Keystone species)으로 그 생태적 역할이 중시되고 있다(Cultural Heritage Administration of Korea, 2001). 수달은 해당 지역 수환경의 건강도를 판단할 수 있는 지표종(Indicator species)이기 때문에 하천과 습지 등에서 관찰이 이루어지고 있으며, 보전의 필요성이 점차 증대되고 있다(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN, 1990). 한국의 수달은 제주도(제주도를 제외한 전국 대부분의 하천이나 댐 주위, 해안지역)에 분포하고 있으나(Ando et al., 1985; Han, 1997), 주요 서식수계의 콘크리트 공사로 인해 자연서식지 감소가 이루어지고 있고, 인간 활동에 의한 수질오염으로 인해 생존개체군은 크게 감소되고 있다(Ando et al., 2010, Han and Yoon, 2012; Kang et al., 2011; Lee, 2013; Yoon, 2003). 또한, 최근에는 서식지를 잃은 수달들이 낚시터와 가두리 양식장에 출몰하면서 도둑 취급을 받는 부정적인 인식까지 심어지고 있어, 수달 보전에 많은 어려움이 있다.

일반적으로 수달은 15km 이상의 행동권을 가지는 단독 생활동물로(Erlinge 1967, 1968; Green et al., 1984; Kruuk, 2006) 야행성이며 사람의 눈에 쉽게 띄지 않는 특징을 가지기 때문에 개체군 크기 추정에 어려움이 있다(Arrendal et al., 2007; Guter et al., 2008). 따라서 수달의 개체군 추정이나 행동권 조사에 있어서 간접흔적(Indirect sign)은 매우 중요한 요소이고, 특히 수달의 분변(Spraint)은 해당 서식지 내에 수달이 존재함을 알려주는 거의 유일한 증거로 이용되고 있다(Hutchings and White, 2000; Mason and Macdonald, 1987; Prenda and Granado-Lorencio, 1996; Reuther et al., 2000). 수달의 분변은 다양한 생태적 특성을 연구하는데 필요하며, 약 2시간 간격으로 배설하는 특징이 있으므로 그 수가 많고 지역에 산재해 있어 수달의 생태적 특징을 잘 알 수 있는 좋은 자료가 된다(Lee, 2012). 그러나 분변을 이용한 개체군 평가가 믿을 수 있는 정보를 제공하는지에 대한 의문은 여전히 논쟁의 대상인 만큼, 수달 행동을 대변하는 지표로서 분변의 유효성을 검증하는 후속 연구가 요구되고 있다(Kruuk and Conroy, 1987; Mason and Macdonald, 1987).

수달 분변은 특정한 모양이 없고, 물기가 많은 특징을 띤다(Kruuk, 2006). 신선한 분변(Fresh spraints)은 어두운 빛을 띄고 타르질(Tarry) 느낌의 끈적거리는 외형을 가지며, 오래된 분변(old spraints)은 하얗게 변하는(Whitening) 외적 특징을 띤다(Tansley, 2009). 배설 후 시간 경과에 의해 발생하는 분변의 표백현상(Bleaching phenomenon)은 육식동물의 분변에서 나타나는 것으로, 먹이로 섭취된 동물의 뼈가 배설물에 포함되면서 태양열 표백(Solar bleaching)과 건조과정을 거쳐 나타나는 현상이다(Lewin, 1999). 이와 같은 오래된 분변의 외적 특징을 면적 비율로 산출해,

분변의 신선도를 대변하는 유전자 분석 결과와 비교한 연구에 따르면(Piggott, 2005), 외적으로 신선하다고 평가되는 분변의 genotyping 신뢰도는 초식동물에 비해 육식동물에서 상당히 낮게 나타났는데, 이는 겨울철 육식동물의 분변이 육안으로 신선함과 오래됨을 파악하는데 어려움이 있기 때문이라고 해당 논문은 지적하고 있다. 따라서 신선한 분변이 발견된 시점으로부터 수달의 행동권을 파악하는 서식지 이용 강도(Habitat use intensity) 조사의 경우, 계절별로 신선한 분변에 대한 외적 평가에 차이가 나타나므로 고려할 필요가 있다. 본 연구는 수달의 생태조사에 있어 분변 이용의 유효성을 검증하는 후속 연구의 일환으로서, 신선한 분변과 오래된 분변을 나타내는 기존 외적 평가의 신뢰성을 알아보기 위해 계절과 배설지 특성, 햇빛의 유무에 맞춰 수달 분변의 표백현상을 분석했고, 이를 통해 수달 행동을 대변하는 지표로서의 분변 연구에 좀 더 정확성을 높이고자 한다.

## 2. 조사방법

### 2.1 기상요소 및 조사 시기

지표면의 상태나 지물의 영향으로 인해, 지상 1.5m 높이까지 발생하는 접지층의 기후를 미기후(Microclimate)로 정의하는데(Rural Development Administration, RDA), 경관 수준(Landscape level)에서는 일사량의 영향으로 인해 각 지표면에서 발현되는 기후로 정의하고 있다(Galo et al., 1992). 기후는 일정 지역에서 장기간에 걸쳐 나타나는 대기현상의 평균적인 상태를 의미하므로, 본 연구에서 배설지 특성과 일사량의 영향에 따라 측정할 짧은 시간적 범위의 배설지 기상요소는 미기상(Micrometeorology)으로 정의하였다.

분석에 이용된 기상요소는 배설지 지표면의 기온과 습도였고, 일사량이 최대인 태양 남중시각에 측정하는 것이 배설지 유형에 따른 미기상 차이를 가장 뚜렷하게 도출할 수 있기 때문에, 조사지인 강원도 화천의 태양 남중시각을 천문우주지식정보(Korea Astronomy and Space science Information, KASI)의 태양 고도자료를 이용해 확인했다. 태양 남중시각 동안 조사지역의 기상과 조사지역 내 배설지 미기상으로 나누어 측정을 진행함으로써 배설지 특성에 의해 발현되는 기상 차이를 도출했다. 조사지역의 기온과 습도 자료는 기상청(Korea Meteorological Administration, KMA)의 지역별상세관측자료(Automatic Weather System, AWS)를 참고했으며, 조사지로부터 약 10km 떨어진 무인 기상관측소에서 측정된 기상자료였다. Chapman et al. (1999)의 연구에 따르면 10km 떨어진 두 지역은 유사한 기후를 가진다고 언급하고 있기 때문에 본 연구에서 활용한 기상자료의 효용성을 뒷받침 해줄 수 있다. 배설지의 미기상 측정은 휴대용 온습도계(CENTER 317, CENTER Co.)를 이용하여 진행했으며, 조사 시기동안 조사지역의

**Table 1.** The four season classification\* according to daily temperature

	Season	Daily mean temperature	Daily minimum temperature	Daily maximum temperature
Winter	early winter	below 5°C	below 0°C	-
	severe winter	below 0°C	below -5°C	-
Spring	early spring	5°C ~ 10°C	above 0°C	-
	midspring	10°C ~ 15°C	above 5°C	-
	late spring	15°C ~ 20°C	above 10°C	-
Summer	early summer	20°C ~ 25°C	-	above 25°C
	midsummer	above 25°C	-	above 30°C
	late summer	20°C ~ 25°C	-	above 25°C
Autumn	early autumn	15°C ~ 20°C	above 10°C	-
	midautumn	10°C ~ 15°C	above 5°C	-
	late autumn	5°C ~ 10°C	above 0°C	-

\* Lee, BS (1979). A Study of Natural Seasons in Korea

기상과 배설지 미기상 측정은 태양 남중시각에 매일 진행되었다.

본 연구의 조사 시기는 전 계절에 걸친 배설지 미기상을 측정하기 위해 2013년 5월부터 12월 사이에 진행되었고, 계절구분은 우리나라 기상학계에서 기준으로 삼고 있는 Lee (1979)의 분류법에 따라 일평균기온과 일최저, 일최고기온을 기준으로 나누었다(Table 1). 조사지인 화천의 5월과 9월, 10월 기상은 일평균기온이 5°C~20°C 사이에 분포하고, 일최저기온이 0°C 이하로 내려가지 않는 동일한 기상 특성을 나타냈기 때문에 봄-가을이라는 통합된 단위를 사용하였고, 6월과 7월, 8월은 여름, 11월과 12월은 겨울로 구분하여 계절별 배설지 미기상을 측정하였다.

## 2.2 먹이급여

수달은 야행성이며 사람의 눈에 쉽게 띄지 않기 때문에 (Guter et al., 2008) 야생 개체의 갓 배설한 신선한 분변을 실험에 이용하기란 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 인공먹이 급여를 통해 얻은 사육개체의 신선한 분변을 이용했는데, 인공먹이 급여는 분변 간 발생하는 상이성 (Inconsistencies)을 해결할 수 있기 때문에(Carss, 1995) 동일한 조건에서 실험 진행이 가능하다는 장점이 있다. 본 연구에서는 산천어와 메기 두 종의 어류를 급여하였고, 분변 수집 당일에 모든 수달 개체에게 동일한 먹이를 급여함으로써 분변의 성분에 차이가 발생하지 않도록 실험 조건을 통일시켰다. 그러나 현재까지 진행된 먹이와 관련된 수달 분변 연구는 식이물 분석이 대부분이고, 분변의 표백현상에 영향을 끼치는지에 대한 정보는 거의 알려진 바가 없기 때문에 표백현상에 대한 먹이의 영향력은 고려되지 않았고, 실험 조건을 통일시키는 요소로만 사용되었다.

## 2.3 배설지 설정

실험에 설정된 배설지는 야생의 수달이 선호하는 유형을 기준으로 하였다. Romanowski and Cygan (1996)의 연구에 따르면 바위, 콘크리트 제방과 교각받침에서 발견된 분변이 56.9%로 나타났고, 모래더미에서 수달의 분변을 발견

할 가능성이 높다고 언급했다. 도시화로 인해 하천 주변에 늘어난 제방, 다리 등의 콘크리트 구조물은 수달의 활동영역에 포함되기 때문에 배설지 조건으로 설정되었고, 모래는 함수량(Water content)에 따라 양분과 수분을 함유한 점토, 양분과 수분을 함유하지 않은 모래로 나누어 설정되었다. 야생의 수달은 수면에 돌출된 형태나 지면의 바위, 암벽지역을 선호하기 때문에(Jeong, 2003; Son, 2000) 바위 또한 배설지 조건으로 설정되었다. 따라서 본 연구에서 설정된 배설지는 점토(Clay), 모래(Sand), 바위(Rock), 콘크리트(Concrete)의 네 가지 유형이었고, 일사량의 영향을 고려하기 위해 각 배설지는 다시 양지와 음지로 나누어져 총 8개의 배설지 유형에서 분변 표백현상을 관찰하였다.

반수생동물인 수달은 서식지와 행동권이 물가를 따라 나란히 배치되어 있다(Cho et al., 2009; Erlinge, 1967; Green et al., 1984; Melquist and Hornocker, 1983). 따라서 분변이 받는 수분의 영향력을 고려하기 위해 모든 배설지는 한국수달연구센터 내에 위치한 수달 연못으로부터 2m 이내에 설정되었고, 수면에 돌출된 형태의 바위는 분변이 물에 씻겨나갈 가능성이 높기 때문에 배설지 조건으로 고려되지 않았다.

## 2.4 분변시료 수집

본 연구의 조사 기간 동안 한국수달연구센터 내에서 보호 중이던 2년생 수컷 세 마리와 2년생 암컷 두 마리로부터 신선한 분변을 수집하였다. Harper and Jenkins (1982)에 의해 생후 1년 이상의 수달은 성체라고 정의되기 때문에 본 연구에서 수집한 분변시료는 성체 수달의 암수 차이를 기준으로 나누어졌다. 수컷과 암컷 수달은 생식기의 위치 차이로 인해 분변과 소변의 배설형태가 다르게 나타나는데, 수컷은 분변 앞쪽에 소변이 위치하는 배설형태를 보이고, 암컷은 분변 위에 소변이 함께 배설되는 형태를 보인다(Sidorovich, 1991, 2000). 따라서 수컷과 암컷의 신선한 분변은 배설시 수분노출 정도에 차이가 발생할 수 있기 때문에 이로 인한 표백현상의 차이 유무를 분석할 필요가 있다.

분변 표백현상에 미치는 일사량의 영향력을 최대한 활용하기 위해, 모든 시료는 태양 남중시각인 오후 12시 이전에

수집되었다. 북아메리카수달(*Lutra Canadensis*)의 먹이 섭취 후 배설까지 걸리는 시간에 대한 연구에 따르면, 소화관(Gastrointestinal tract)의 길이가 체장(63-75cm)의 4배 정도인 짧은 형태이기 때문에 평균 202분(범위, 135-300분)의 빠른 소화율을 가진다(Davis et al., 1992). 사육 상태(Captive)의 수달을 대상으로 먹이 소화시간을 연구한 실험(Carss et al., 1998)에서도 활동적인 수달의 경우, 평균 소화시간이 67분 정도라고 언급하면서 해당 종의 극도로 빠른 소화력을 강조했다. 따라서 본 연구에서는 갓 배설한 신선한 분변을 얻기 위해 당일 오전 9시경, 먹이 공급을 통해 배설을 유도하였으며 약 두 시간 이내에 모든 개체의 분변을 수집할 수 있었다. 수집된 시료 개수는 기상조건의 영향을 보기 위해 계절별로 수컷과 암컷 각각 30개 이상씩 수집되었고, 각 배설지 유형별로 암수 모두 최소 7개 이상의 시료가 관찰될 수 있도록 수집되었다.

## 2.5 분변 표백률 측정

수달의 분변은 배설 후 시간이 경과하면서 하얗게 변하는 외적 특징을 띠기 때문에(Tansley, 2009) 본 연구에서는 이러한 현상을 오래된 분변의 기준으로 두었고, Lewin (1999)이 언급한 태양열 표백(Solar bleaching)을 인용해 '표백현상'이라고 규정하였다. 모든 분변은 갓 배설한 신선한 상태를 0일째로 두고 관찰을 시작했으며, 조사기간 중 표백현상이 활발하게 일어난 6월과 7월, 8월에는 3일 이내에 분변 면적의 대부분에서 표백이 진행되었기 때문에 측정은 전 계절에 걸쳐 최장 3일 동안 진행되었다. 또한 표백현상은 분변의 탈수, 건조와 관련이 있기 때문에(Lewin, 1999; Tansley, 2009) 측정이 진행되는 도중, 분변이 직접적으로 비에 노출되는 경우는 데이터에서 제외시켰다. 표백률 측정은 매일 관찰되는 분변의 외적 변화를 사진 기록으로 남김으로써 진행했고, 이때 Gray card (Kodak)를 이용한 적정 노출(Choi, 2010; Hanna et al., 1999) 상에서 실제 분변에 가까운 색깔을 촬영할 수 있었다(Fig. 1).

분변 표백률 측정을 위해, 전체 분변 면적에서 표백이 진행된 면적을 비율로 산출하였고(e.g. Piggott, 2005), 이미지 통계처리를 위해 Image J 1.47v 프로그램을 이용했다(e.g. Jung et al., 2013). 분변의 표백면적을 계산하기 위해 사진 촬영 시, 실측 길이를 알고 있는 라벨 테이프를 기준자(Scale bar)로 이용해 측정 scale 조정했고, Color threshold 탭을 이용해 표백이 진행된 부분을 지정해 그 면적을 pixel 단위로 산출하였다. 이때 분변 전체 면적의 pixel 수를 함께 측정함으로써 표백이 진행된 면적을 비율 자료로 산출할 수 있었다.

$$\text{분변 표백률(\%)} = \frac{\text{표백면적pixel개수}}{\text{분변전체면적pixel개수}} \times 100$$

수달의 분변은 일정한 형태가 없고, 물기가 많은 특성을 띠기 때문에(Kruuk, 2006) 배설지에 평평하게 배설된다. 따라서 갓 배설한 신선한 분변의 크기는 분변이 노출된 면적을 측정하여 산출하였다.

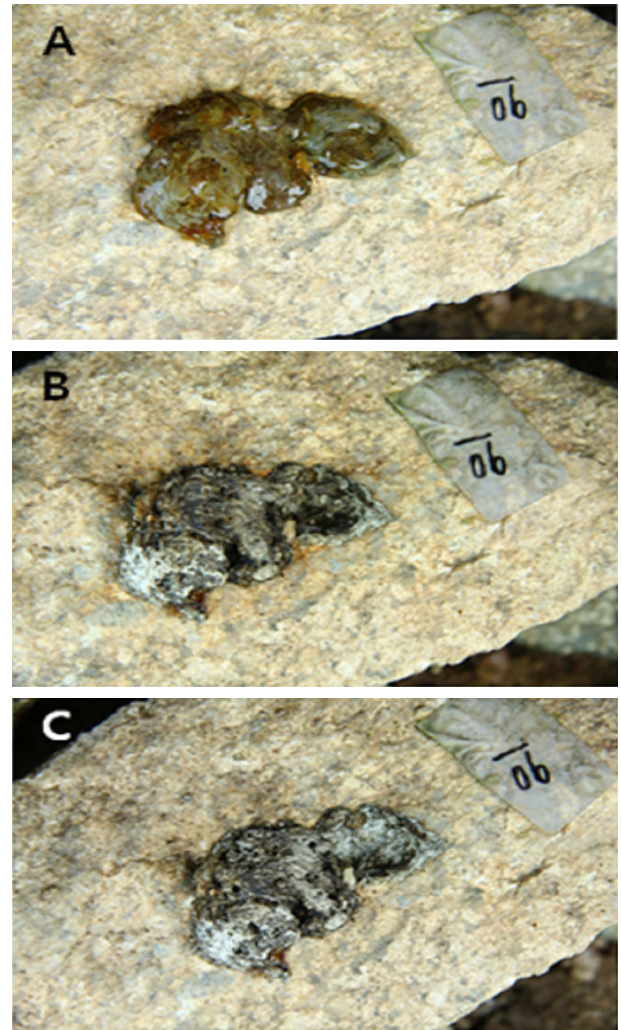


Fig. 1. The bleaching phenomenon of the old spraint at rock spot and shady site in summer. (A) Day 0-The fresh spraint with a dark and tarry appearance, (B) Day 1-The bleaching rate was 21%, (C) Day 2-The bleaching rate was 46%.

## 2.6 통계분석

조사에 이용한 모든 통계 분석은 R version 3.0.3 (R Core Team, 2014) 프로그램을 사용하였다. 각 배설지 특성에 의한 기상차이를 보기 위해, 태양 남중시간에 동시에 측정된 조사지역의 기상자료와 배설지 미기상 자료는 대응 표본 t 검정(Paired t-test)을 이용해 비교했다. 이 때, 음지의 콘크리트 지역에서 측정된 배설지 지표면의 기온 자료는 정규성을 띠지 않았기 때문에 로그치환(Log-transform) 후 분석을 진행했다. 각 배설지의 지표면에서 측정된 미기상 요소(배설지 기온, 배설지 습도)에 대한 분석은 이원변량분석(two-way ANOVA)을 사용했다.

모든 독립변수들(성별, 경과시간, 배설지 유형, 햇빛 유무, 배설지 기온, 배설지 습도, 계절, 분변크기)이 분변의 표백현상에 미치는 영향을 분석하기 위해 일반화선형모형(Generalized linear model with binomial error, GLM)을 이용했고, 최적모델을 얻기 위해 후진제거법(Backward elimi-

nation)을 통해 유의하지 않은 변수들은 제거되었다. 또한, 양지 배설지에서 발생한 분변 간 표백률에 차이를 알아보기 위해 양지의 데이터만을 비교한 GLM 분석을 진행했고, 음지의 분변 표백률도 동일한 분석이 이루어졌다. 사용된 모든 통계에는 통계값을 표시했고, 분석에 대한 신뢰성을 높이기 위해 유의성 0.05 미만 수준으로 검정을 진행했다.

### 3. 결과

#### 3.1 배설지의 미기상 특성

지역별상세관측자료(AWS)를 통해 산출한 조사지역의 기상자료와 각 배설지 지표면에서 측정된 기상자료 간 차이를 비교하기 위해 양지, 음지로 나누어 분석을 진행한 결과, 기온은 음지에서는 조사지역과 배설지간에 유의한 차이가 없었고, 양지에서는 모든 배설지 기온이 조사지역의 기온보다 높은 것으로 나타났다(Table 2(a)). 습도의 경우도 온도와 마찬가지로 음지에서는 조사지역과 배설지간에 유의한 차이가 없었으나, 양지에서는 조사지역의 습도가 모든 배설지의 습도보다 높은 것으로 나타났다(Table 2(b)).

양지에서 측정된 배설지 기온은 배설지 유형에 따라 유의한 차이를 보였고, 모든 계절에서 가장 낮은 기온을 보이는 배설지는 모래인 것으로 나타났다( $F_{6,121} = 3.508, P = 0.003$ ). 배설지 습도는 모든 계절에서 배설지 유형에 따라 유의한 차이를 보였다( $F_{6,121} = 3.542, P = 0.003$ ). 양지에서 발생한 배설지 기온과 배설지 습도간 상관관계를 계절별로 분석한 결과, 기온 증가에 따른 습도 감소경향은 여름에 가장 뚜렷한 것으로 나타났다( $F_{2,109} = 8.309, P < 0.001, \text{Fig. 2(a)}$ ). 또한, 겨울을 제외한 모든 계절에서 기온 증가에 따른 습도 감소율은 배설지 유형에 따라 차이가 있었다( $F_{6,109} = 3.318,$

$P = 0.004, \text{Fig. 2(a)}$ ).

음지에서 측정된 배설지 기온은 모든 계절에서 배설지 유형에 따라 유의한 차이가 없었고( $F_{6,121} = 0.780, P = 0.586$ ), 배설지 습도도 모든 계절에서 배설지 유형에 따라 유의한 차이가 없었다( $F_{6,121} = 1.997, P = 0.077$ ). 음지에서 발생한 배설지 기온과 배설지 습도 간 상관관계를 계절별로 분석한 결과, 기온 증가에 따른 습도 감소경향은 여름에 가장 뚜렷했다( $F_{2,109} = 15.746, P < 0.001, \text{Fig. 2(b)}$ ). 그러나 기온 증가에 따른 습도 변화율은 모든 계절에서 배설지 유형에 따라 유의한 차이가 없었다( $F_{6,109} = 0.319, P = 0.926, \text{Fig. 2(b)}$ ).

#### 3.2 분변의 표백현상에 영향을 주는 요인

본 연구에서 설정한 배설 후 3일간의 관찰기간 중, 같은 시간이 경과한 분변 간 표백률은 큰 차이가 있었고, 오래된 분변일수록 분변의 표백률은 점점 더 증가하는 것으로 나타났다( $F_{1,260} = 25.426, P < 0.001, \text{Table 3, Fig. 3}$ ).

배설지 유형별 분변 표백률은 계절과 양지, 음지에 따라 다르게 나타났다( $F_{8,230} = 2.442, P = 0.015, \text{Table 3, Fig. 4}$ ). 햇빛의 유무를 고려하지 않았을 때 계절별로 배설지 유형에 따라 분변의 표백률에 차이가 발생했는데( $F_{6,247} = 2.838, P = 0.011, \text{Table 3}$ ), 봄과 가을에는 콘크리트와 바위에서 가장 높은 분변 표백률을 나타냈다[콘크리트( $18.7 \pm 3.4\%$ ) > 바위( $17.2 \pm 3.1\%$ ) > 점토( $13.5 \pm 2.8\%$ ) > 모래( $5.7 \pm 1.3\%$ )]. 여름에는 점토에서 가장 높은 표백률을 나타냈고, 모래의 표백률이 가장 낮게 나타났다[점토( $43.6 \pm 5.0\%$ ) > 바위( $40.2 \pm 4.1\%$ ) > 콘크리트( $38.4 \pm 2.7\%$ ) > 모래( $26.4 \pm 2.4\%$ )]. 겨울에는 봄-가을과 마찬가지로 콘크리트와 바위에서 가장 높은 분변 표백률을 나타냈으나, 다른 계절과 비교했을 때 모든 배설지에서 낮은 표백률을 보였다[콘크리트( $8.3 \pm$

**Table 2.** The difference in temperature and humidity of the site according to sunlight condition between regional meteorology and sprainting site meteorology. Paired t-tests were applied, and significant P-values are shown in bold

(a) Temperature											
Sunny spot						Shady spot					
Site	Site temperature		n	t	p	Site	Site temperature		n	t	p
	Mean ± SD	Regional temperature Mean ± SD					Mean ± SD	Regional temperature Mean ± SD			
Clay	22.18 ± 10.92	19.16 ± 8.93	26	4.26	<0.001	Clay	20.75 ± 9.03	20.80 ± 8.40	32	-0.12	0.91
Spring	22.33 ± 11.14	20.80 ± 10.33	28	2.66	0.01	Spring	20.09 ± 9.53	20.33 ± 9.38	38	-0.29	0.78
Summer	21.53 ± 11.12	19.06 ± 9.05	47	4.26	<0.001	Summer	21.54 ± 9.53	21.34 ± 8.65	34	0.43	0.67
Autumn	21.65 ± 12.69	18.89 ± 9.52	32	3.20	<0.01	Autumn	18.93 ± 9.43	17.83 ± 8.57	29	1.32	0.20

(b) Humidity											
Sunny spot						Shady spot					
Site	Site temperature		n	t	p	Site	Site temperature		n	t	p
	Mean ± SD	Regional temperature Mean ± SD					Mean ± SD	Regional temperature Mean ± SD			
Clay	50.28 ± 13.54	57.14 ± 13.81	26	-3.18	<0.01	Clay	63.72 ± 15.33	63.92 ± 17.71	32	-0.11	0.91
Spring	57.42 ± 12.68	65.07 ± 12.79	28	-2.1	0.04	Spring	57.61 ± 13.15	62.99 ± 16.45	38	-1.68	0.10
Summer	48.27 ± 17.06	60.11 ± 15.76	47	-9.07	<0.001	Summer	59.25 ± 13.70	59.66 ± 14.62	34	-0.25	0.81
Autumn	47.18 ± 16.79	59.09 ± 17.91	32	-4.79	<0.001	Autumn	54.68 ± 13.75	58.72 ± 20.76	29	-1.42	0.17

\* As the temperature data of concrete at the shady spot does not show a normal distribution, data were log-transformed.

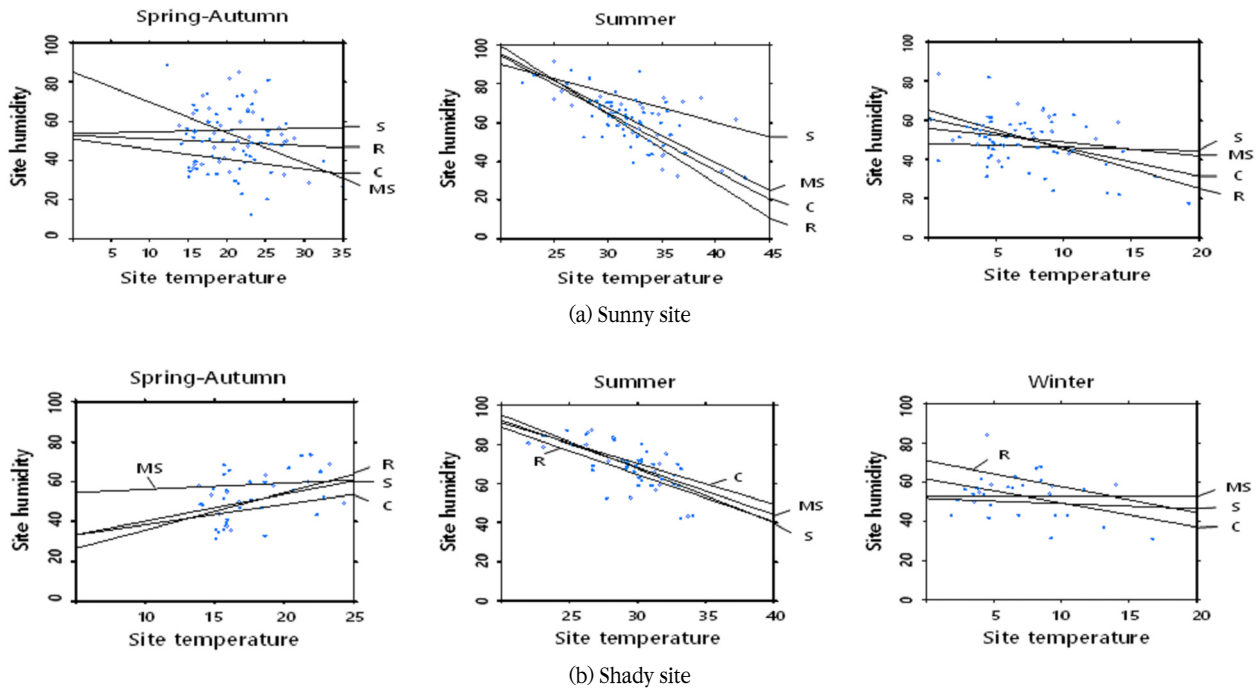


Fig. 2. Relationship between the site temperature and humidity on each sprainting site at sunny site or shady site according to the season (MS: Clay, S: Sand, R: Rock, C: Concrete).

Table 3. Generalized linear models were applied to look at the factors affecting bleaching phenomenon of otter spraints using quasibinomial errors and F-tests. Significant P-values are shown in bold

Variables	Estimate ± SE	d.f.	F	P
Day	0.383 ± 0.130	1	25.426	< 0.001
Season	-	2	206.435	< 0.001
Light*	-	1	188.018	< 0.001
Site type	-	3	20.979	< 0.001
Site temperature	0.022 ± 0.023	1	16.066	< 0.001
Site humidity	-0.002 ± 0.017	1	3.360	0.069
Size of spraint (Area)	0.019 ± 0.035	1	2.682	0.103
Sex	-	1	3.309	0.070
Season : Site type	-	6	2.838	0.011
Light : Site type	-	3	7.308	< 0.001
Site type : Site temperature	-	3	3.857	0.010
Site type : Site humidity	-	3	0.268	0.848
Day : Size of spraint (Area)	-0.0006 ± 0.016	1	0.895	0.345
Including three way interaction				
Variables	Estimate ± SE	d.f.	F	P
Season : Light : Site type	-	8	2.442	0.015

\* Light: The sprainting site divided into two groups according to the sunlight condition (Sunny site and Shady site).

1.5%) > 바위(5.8 ± 1.0%) > 점토(1.7 ± 0.6%) > 모래(0.9 ± 0.3%)]. 또한 모든 계절에서 가장 낮은 분변 표백률을 보인 배설지는 모래인 것으로 나타났다.

양지와 음지에서 표백률 차이도 배설지 유형별로 발생했는데( $F_{3,244} = 7.308, P < 0.001$ , Table 3, Fig. 4), 가장 높은 표백률을 보인 배설지는 여름철 양지의 점토 배설지인 것

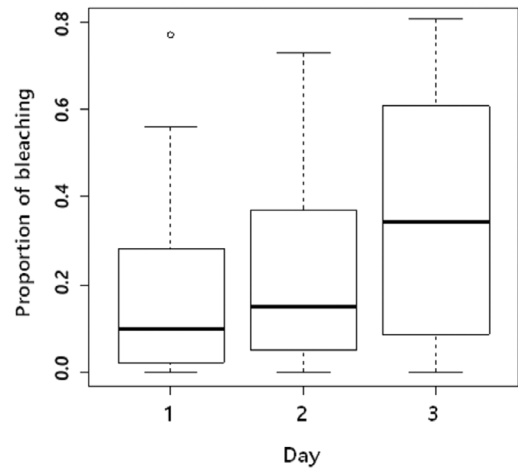


Fig. 3. Deviation of bleaching rates of spraints occurred among the same age of spraints in otters. The bleaching rates were increased with decomposition time (Day).

으로 나타났다. 반면 겨울철 점토 배설지는 양지, 음지 모두에서 분변 표백률이 높지 않은 특징을 보였다. 또한, 모든 계절에서 분변의 표백률이 가장 낮게 나타난 배설지는 양지와 음지 모두 모래인 것으로 분석됐다. 양지에서 발생한 분변 간 표백률은 모든 계절에서 배설지 유형에 따라 유의한 차이가 있었고(GLM,  $F_{6,121} = 2.926, P = 0.011$ ), 음지에서 발생한 분변간 표백률은 모든 계절에서 배설지 유형에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다(GLM,  $F_{6,121} = 0.991, P = 0.434$ ).

배설지 기온이 증가할수록 분변의 표백률은 증가하는 경향을 나타냈는데( $F_{1,257} = 16.066, P < 0.001$ , Table 3), 약

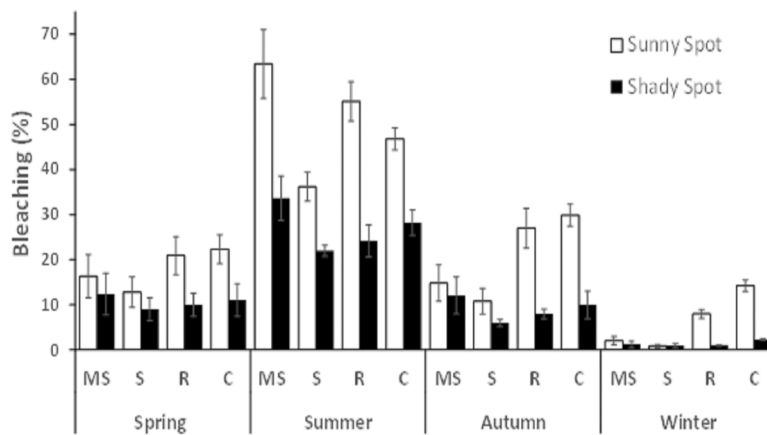


Fig. 4. The bleaching rates of each sprainting sites according to the season. All four sprainting site types were classified according to sunlight condition (MS: Clay, S: Sand, R: Rock, C: Concrete).

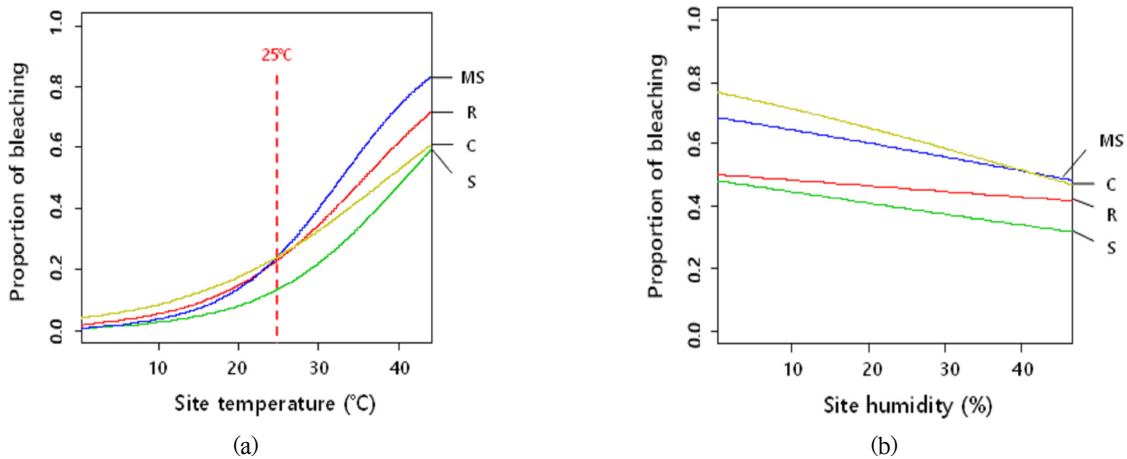


Fig. 5. Relationship between bleaching rate and micrometeorology factors (a) site temperature (b) site humidity at each sprainting site type. The solid lines show the predicted values obtained from the model of (Table 3). (MS: Clay, S: Sand, R: Rock, C: Concrete).

25°C 이후부터 점토와 바위 배설지의 표백률이 다른 배설지에 비해 높게 나타났다. 또한, 가장 낮은 분변 표백률을 보인 배설지는 모래인 것으로 나타났다( $F_{3,241} = 3.857, P = 0.010$ , Table 3, Fig. 5(a)). 반면, 배설지 습도는 분변의 표백률에 유의한 영향을 주지 않았고( $F_{1,256} = 3.360, P = 0.069$ , Table 3), 습도 변화에 따른 분변 표백률 또한, 배설지 유형별로 유의한 차이가 나타나지 않았다( $F_{3,239} = 0.268, P = 0.848$ , Table 3, Fig. 5(b)).

또 시간경과에 따른 분변 간 표백률 차이에, 갓 배설한 분변의 크기는 유의한 영향을 주지 않았고( $F_{1,256} = 0.895, P = 0.345$ , Table 3), 암컷과 수컷의 분변 간에는 표백률에 차이가 나타나지 않았다( $F_{1,262} = 3.309, P = 0.070$ , Table 3).

#### 4. 고찰

본 연구는 배설 후, 시간이 경과된 수달 분변에서 나타나는 표백현상이 분변 간에 차이를 보이는 이유를 계절별로 배설지 특성에 따라 발생하는 미기상 차이에 맞춰 조사했다. 태양 남중시각에 동시에 측정된 조사지역의 기상자료와

배설지 지표면 기상자료를 분석한 결과, 양지의 모든 배설지에서 조사지역과는 차이가 나는 배설지 미기상이 발생하는 것으로 나타났다(Table 2). 따라서 일사량의 영향으로 나타나는 지표면의 기상을 미기상으로 정의하는 Galo et al. (1992)의 주장을 확인할 수 있었다. 양지에서 측정된 배설지 기온과 습도 간 상관관계는 전 계절에 걸쳐 배설지 유형에 따라 유의한 차이가 있었고(Fig. 2(a)), 음지에서는 차이가 없었다(Fig. 2(b)). 따라서 배설지 미기상은 양지에서 계절과 배설지 특성에 의해 나타나고, 수달 분변의 표백현상은 배설지 별로 발생하는 미기상에 영향을 받기 때문에 분변 조사는 조사지역의 기상자료를 활용하기 보다는 양지와 음지를 고려한 각 배설지 지표면의 미기상 자료를 활용하는 것이 더욱 정확한 결과를 얻을 수 있다.

Magalhães et al. (2002)에 의하면 분변이 수달의 행동을 나타내는 지표가 되기 위해서는 시간 경과에 따른 분변 간 외적 변화가 동일하게 진행되어야 한다. 그러나 본 연구결과처럼 계절과 배설지 차이를 고려한 분변 관찰이 진행될 경우, 배설 후 동일한 시간이 경과한 분변 간 표백률이 큰 편차를 나타냈기 때문에(Fig. 3) 오래된 분변에 대한 외적

평가만으로는 수달 행동을 나타내는 지표로서 활용하기에 한계가 있는 것을 알 수 있었다.

배설시간 분변 표백률은 계절과 햇빛의 유무에 따라 다르게 발생하는 것을 볼 수 있었고(Fig. 4), 배설지 기온 증가에 따른 분변 표백률은 배설지 유형별로 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 5(a)). 그러나 습도 증가에 따른 분변 표백률은 배설지 유형별로 차이가 없었다(Fig. 5(b)). 따라서 분변의 표백현상은 본 연구에서 측정한 배설지 미기상 요소 중, 기온의 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 전 계절에 걸쳐 모래 배설지의 분변 표백률이 가장 낮게 나타난 이유는 입자가 굵은 모래의 특성에 의해 공극(Air gap)이 발생하면서, 통기성이 높아져(Beard and Weyl, 1973) 다른 유형의 배설지에 비해 태양열을 흡수하는 능력이 낮기 때문인 것으로 추측된다. 지표면의 열물성(Thermal property)은 토양의 밀도와 공극률에 영향을 받는 것으로 알려져 있고(Tarnawski et al., 2002) 특히, 열전도도는 공극률이 증가할수록 감소하는 역의 상관성을 나타낸다(Cha, 2011). 따라서 양지의 모래 배설지는 높은 공극률에 의해 다른 유형의 배설지보다 기온이 낮았고, 배설지 기온이 증가할수록 분변의 표백률도 가장 낮게 나타난 것으로 추측된다(Fig. 5(a)).

바위와 콘크리트는 여름을 제외한 모든 계절에서 가장 높은 표백률을 나타냈는데(Fig. 4), 해당 배설지들은 불투수층(Impermeable layer)으로 태양열을 흡수하는 성질을 가지고 있고(Myong, 2009) 공극, 공극유체(Pore fluid) 등으로 열전도율이 평가되기 때문에(Clauser and Huenges, 1995) 낮은 공극률을 보이는 두 배설지는 높은 태양열 흡수능과 열전도율로 인해 높은 배설지 기온을 보였다. 따라서 두 배설지의 분변 표백률은 높게 나타난 것으로 추측된다.

여름철 양지의 점토 배설지는 가장 높은 분변 표백률을 보였는데(Fig. 4), 수분을 함유한 점토에서 분변의 탈수와 건조현상이 높게 발생한 이유는 함수량에 따라 역학적 성질이 달라지는 흙의 연경도(Consistency of soil)에서 찾아볼 수 있다. 미세 흙 입자인 점토는 포화수분 이상에서는 유동성과 점성을 보이다가 수분이 감소함에 따라 단단하고 딱딱해지는 강성(Rigidity)을 나타낸다(Hwang, 2008). 따라서 여름철 고온으로 인해 점토 배설지의 표면증발이 일어나면서 딱딱하고 건조한 상태의 지표면 특성을 띄게 되고, 토양의 밀도가 높아져 열전도도가 함께 커지는 현상(Cha, 2011)이 나타난 것으로 추측된다. 이로 인해 배설지 기온이 증가할수록 흙의 강성이 뚜렷해져, 네 가지 배설지 중 가장 높은 표백률을 나타내는 것을 볼 수 있다(Fig. 5(a)). 반면 겨울철 점토 배설지는 양지, 음지 모두에서 낮은 표백률을 보였는데(Fig. 4), KASI를 통해 화천 지역의 태양고도각을 분석한 결과, 겨울철 평균고도각은 31도로 봄-가을의 평균고도각이 56도, 여름이 70도였던 것에 비해 낮게 나타났다. 따라서 겨울에는 낮은 태양고도각으로 인해 일사량이 적고 기온이 낮은 특성을 보이면서 점토의 강성을 유도하지 못했고, 높은 함수율과 낮은 열전도율을 보이면서 분변 표백률이 낮게 나타난 것으로 추측된다.

따라서 분변의 표백현상은 여름철 양지에서 공극률이 낮은 배설지일수록 높은 열전도율로 인해 활발히 일어나는 것을 알 수 있었고, 계절과 배설지 특성 및 햇빛의 유무에 따라 발생하는 배설지 미기상 차이가 분변 표백률에 미치는 영향은 앞으로 더 심층적인 분석이 필요한 것으로 보인다. 성체 수달의 암수 간 생식기 위치 차이로 인해 발생할 수 있는 분변의 수분노출 차이는 표백률에 영향을 줄 것으로 예상했으나 본 연구에서는 유의한 차이가 발생하지 않았다(Table 3). 따라서 배설 후, 분변의 수분함량에 암수 간 차이가 나타나는지 실제 측정값을 이용한 추가 연구가 필요한 것으로 보인다. 또한, 갓 배설한 신선한 분변의 크기 차이는 시간경과에 따른 분변 간 표백률 차이에 유의한 영향을 미치지 않는다는데(Table 3), 이는 분변의 노출 면적이 표백현상을 일으키는 배설지 주변의 환경요소와 상관관계가 없다는 것을 나타낸다.

기존에 있던 신선한 분변에 대한 평가는 표백현상이 일어나지 않고 어두운 빛을 띤 상태를 나타냈기 때문에, 분변의 표백현상이 더디게 일어나는 겨울철에는 배설 후 시간이 지난 분변이라도 신선한 상태로 판단할 가능성이 있다. 실제 계절별로 수집한 Brush-tailed rock-wallaby(*Petrogale penicillata*)와 붉은여우(*Vulpes vulpes*)의 분변을 통해 micro-satellite 유전자 분석의 신뢰도를 분석한 연구에 의하면, 두 종의 분변이 외적으로 신선한 상태를 나타낼 때, 붉은여우의 분변이 Brush-tailed rock-wallaby에 비해 상당히 낮은 DNA 증폭율과 genotyping 오류를 보였다고 보고하고 있다. 이러한 현상이 발생하는 이유는 육식동물의 경우, 분변이 오래된 정도를 평가할 수 있는 표백현상과 같은 외적 특성이 겨울에는 육안으로 파악하기에 어려움이 있기 때문이다(Piggott, 2005). 따라서 본 연구는 배설 후 같은 시간이 경과한 분변 간 표백률에 차이가 나타나는 이유를 공극률, 연경도와 같은 각 배설지 특성에 의한 배설지 미기상의 관점에서 밝혔고, 이를 통해 신선하고 오래된 분변의 외적 특징만을 언급했던 기존의 평가가 가진 한계점을 기상조건과 배설지 특성에 맞춰 보완할 수 있었다. 또한, 각 배설지 특성에 의해 나타나는 분변 표백률의 차이를 밝힘으로써, 배설지 유형별 분변의 신선도를 추정하는데 도움을 줄 수 있다. 본 연구는 분변을 간접적으로 이용하는 수달 개체군 평가와 행동권 조사에 있어서, 분변 표백현상에 대한 기존의 외적 평가는 계절, 배설지 특성 및 햇빛의 유무를 함께 고려해야 한다는 것을 보여준다.

## References

- Ando, M, Son, SW, and Shiraishi, S (1985). The common otter, *Lutra lutra*, in Southern Korea, *Science Bulletin of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 40(1), pp. 1-5.
- Ando, M, Han, SY, Shiraishi, S, Kim, BJ, and Hiroshi, O (2010). Changing status of the eurasian otter (*Lutra*



- lutra) at coastal area of Gyeongsangnam-do in Korea during 1982–2009, *Presented at the 57th Annual meeting of the Ecological Society of Japan*, Ecology Society of Japan, Tokyo, Japan, March 15–20, pp. 452.
- Arrendal, J, Vilà, C, and Björklund, M (2007). Reliability of noninvasive genetic census of otters compared to field censuses, *J. of Conservation Genetics*, 8(5), pp. 1097–1107.
- Beard, DC, and Weyl, PK (1973). Influence of texture on porosity and permeability of unconsolidated sand, *AAPG bulletin*, 57(2), pp. 349–369.
- Carss, DN (1995). Foraging behaviour and feeding ecology of the otter *Lutra lutra*: a selective review, *J. of Hystrix*, 7(1–2), pp. 179–194.
- Carss, DN, Elston, DA, and Morley, HS (1998). The effects of otter (*Lutra lutra*) activity on spraint production and composition: implications for models which estimate prey-size distribution, *J. of Zoology*, 244(2), pp. 295–302.
- Cha, JH (2011). *Measurements of thermal properties of soils and rocks and analyses of effective thermal conductivity using structural models*, Ph. D. Dissertation, Kongju National University, Kongju, South Korea. [Korean Literature]
- Chapman, CA, Wrangham, RW, Chapman, LJ, Kennard, DK, and Zanne, AE (1999). Fruit and flower phenology at two sites in Kibale National Park, Uganda, *J. of Tropical Ecology*, 15(2), pp. 189–211.
- Cho. HS, Choi, KH, Lee, SD, and Park, YS (2009). Characterizing habitat preference of eurasian river otter (*Lutra lutra*) in streams using a self-organizing map, *J. of Limnology*, 10(3), pp. 203–213.
- Choi, JW (2010). *BASIC DSLR KNOWHOW BOOK*, UCM Publisher. [Korean Literature]
- Clauser, C, and Huenges, E (1995). Thermal conductivity of rocks and minerals, *AGU reference shelf*, 3, pp. 105–126.
- Cultural Heritage Administration of Korea (2001). *The Research of Inhabitation Condition and Protection Plan of Eurasian Otters a Natural Monument*, GOVP1200617441, Cultural Heritage Administration of Korea. [Korean Literature]
- Davis, HG, Aulerich, RJ, Bursian, SJ, Sikarskie, JG, and Stuht, JN (1992). Feed consumption and food transit time in northern river otters (*Lutra canadensis*), *J. of Zoo and Wildlife Medicine*, 23(2), pp. 241–244.
- Erlinge, S (1967). Home range of the otter *Lutra lutra* L. in Southern Sweden, *J. of Oikos*, 18(2), pp. 186–209.
- Erlinge, S (1968). Territoriality of the otter *Lutra lutra* L., *J. of Oikos*, 19(1), pp. 81–98.
- Galo, AT, Rich, PM, and Ewel, JJ (1992). Effects of forest edges on the solar radiation regime in a series of reconstructed tropical ecosystems, *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers*, pp. 98–108.
- Green, J, Green, R, and Jefferies, DJ (1984). A radio-tracking survey of otters *Lutra lutra* on a Perthshire river system, *J. of Lutra*, 27(1), pp. 85–145.
- Guter, A, Dolev, A, Saltz, D, and Kronfeld-Schor, N (2008). Using videotaping to validate the use of spraints as an index of eurasian otter (*Lutra lutra*) activity, *J. of Ecological indicators*, 8(5), pp. 462–465.
- Han, CW, and Yoon, MH (2012). Construction works at the Busan new port on the activity of otters, *J. of Environment and Ecology*, 26(5), pp. 654–667. [Korean Literature]
- Han, SY (1997). *The ecological studies of eurasian otter (Lutra lutra) in south korea*, Ph. D. Dissertation, Kyungnam National University, Changwon, South Korea. [Korean Literature]
- Hanna, MM, Steyn-Ross, DA, and Steyn-Ross, M (1999). Estimating biomass for New Zealand pasture using optical remote sensing techniques, *J. of Geocarto International*, 14(3), pp. 89–94.
- Harper, RJ, and Jenkins, D (1982). Molt in the european otter (*Lutra lutra*), *J. of Zoology*, 197, pp. 298–299.
- Hutchings, MR, and White, PCL (2000). Mustelid scent-marking in managed ecosystems: implications for population management, *J. of Mammal Review*, 30(3-4), pp. 157–169.
- Hwang, HJ (2008). *Earth Architecture*, CIR Publisher. [Korean Literature]
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) (1990). *1990 IUCN Red List of Threatened Animals*, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Jeong, WJ (2003). *Distribution and habitat use of eurasian otter (Lutra lutra) in odaesan national park*, Master's Thesis, Kyungnam ational University, Changwon, South Korea. [Korean Literature]
- Jung, HM, Won, DY, and Jung, JE (2013). Quantitative analysis methods for adapting Image J programs on mouse calvarial defected model, *J. of Digital Policy & Management*, 11(9), pp. 365–370. [Korean Literature]
- Kang, JH, Nam, TW, Kwon, KJ, Jung, SY, Son, JI, Lee, SH, Park, YM., and Han, SY. (2011). The research of inhabitation condition and protection plan of otter (*Lutra lutra*) in the North Han river system, *J. of monthly Cultural Heritage*, 44(2), pp. 46–57. [Korean Literature]
- Korea Astronomy & Space science Information (KASI), <http://www.kasi.re.kr/>.
- Korea Meteorological Administration (KMA), <http://www.kma.go.kr/>.

- kma.go.kr/.
- Kruuk, H (2006). *Otters: Ecology, Behaviour and Conservation*, Oxford University Press, Oxford, UK.
- Kruuk, H, and Conroy, JWH (1987). Surveying otter *Lutra lutra* populations: A discussion of problems with spraints, *J. of Biological conservation*, 41(3), pp. 179–183.
- Lee, BS (1979). A study of natural seasons in Korea, *J. of Korean Geographical Society*, 14(2), pp. 1–11. [Korean Literature]
- Lee, SD (2012). Studies on Food Items of River Otter Residing in the Hongchon Stream, *J. of Korean Wetlands Society*, 14(4), pp. 591–596. [Korean Literature]
- Lewin, RA (1999). *Merde: Excursions in Scientific, Cultural, and Socio-Historical Coprology*, Random House Publisher, New York, USA.
- Magalhães, MF, Beja, P, Canas, C, and Collares-Pereira, MJ (2002). Functional heterogeneity of dry-season fish refugia across a mediterranean catchment: the role of habitat and predation, *J. of Freshwater Biology*, 47(10), pp. 1919–1934.
- Mason, CF, and Macdonald SM (1987). The use of spraints for surveying otter *Lutra lutra* populations: An evaluation, *J. of Biological conservation*, 41(3), pp. 167–177.
- Melquist, WE, and Hornocker, MG (1983). Ecology of river otters in west central Idaho, *J. of Wildlife Monographs*, 83, pp. 1–60.
- Myeong, SJ (2009). A study on strategies to mitigate urban heat island effects as part of climate change adaptation in urban areas, *J. of Korea Environment Institute of basic research*, 2009(8), pp. 1–32. [Korean Literature]
- Piggott, MP (2005). Effect of sample age and season of collection on the reliability of microsatellite genotyping of faecal DNA, *J. of Wildlife Research*, 31(5), pp. 485–493.
- Prenda, J, and Granado-Lorencio, C (1996). The relative influence of riparian habitat structure and fish availability on otter *Lutra lutra* L. sprainting activity in a small mediterranean catchment, *J. of Biological conservation*, 76(1), pp. 9–15.
- R Core Team (2014). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*, R foundation for statistical computing, Vienna, Austria, <http://www.r-project.org/>.
- Rasband, WS. Image J. National Institutes of Health (NIH), <http://imagej.nih.gov/>.
- Reuther, C, Kolsch, O, and Janben, W (2000). Surveying and monitoring distribution and population trends of eurasian otter (*Lutra lutra*), *IUCN Otter Spec. Group Bull*, 17(2), pp. 80–82.
- Romanowski, J, and Cygan, JP (1996). Notes on the technique of the otter field survey, *J. of Acta Theriologica*, 41, pp. 199–204.
- Rural Development Administration (RDA), <http://www.rda.go.kr/>.
- Sidorovich, VE (1991). Structure, reproductive status and dynamics of the otter population in Byelorussia, *J. of Acta Theriologica*, 36(1–2), pp. 153–161.
- Sidorovich, VE (2000). Distribution and population density of the otter (*Lutra lutra*) and pollution of aquatic ecosystem in Belarus, *Proceedings of the First Otter Toxicology Conference*, Conroy, JWH., Yoxon, P, Gutleb, AC (eds.), Isle of Skye, Scotland, *J. of the International Otter Survival Fund*, 1, pp. 83–95.
- Son, JI (2000). *Distribution and habitat use of eurasian otter (Lutra lutra) in Dong River, Korea*, Master's Thesis, Kyungnam National University, Changwon, South Korea. [Korean Literature]
- Tansley, D (2009). *Essex Otter Survey 2008*. Essex Wildlife Trust Publisher, Essex, UK.
- Tarnawski, VR, Leong, WH, Gori, F, Buchan, GD, and Sundberg, J (2002). Inter-particle contact heat transfer in soil systems at moderate temperatures, *J. of energy research*, 26(15), pp. 1345–1358.
- Yoon, MH (2003). Changes in distribution of otter, *Lutra lutra*, with the development of the Busan new port, *J. of Institute of Basic Science, Kyungsung University*, 15, pp. 193–205. [Korean Literature]