

Research Paper

## 전라남도 구례군에 서식하는 멸종위기 야생생물 II급 남생이의 서식지 적합성 모델 개발

박창득 · 유정우 · 권관익 · 유나경 · 허문성 · 윤주덕

국립생태원 멸종위기종복원센터

### Habitat Suitability Models of Endangered Wildlife Class II *Mauremys reevesii* in Gurye-gun, the Republic of Korea

Chang-Deuk Park · Jeongwoo Yoo · Kwanik Kwon ·  
Nakyung Yoo · Moon Seong Heo · Ju-Duk Yoon

Research Center for Endangered Species, National Institute of Ecology (NIE)

**요약:** 본 연구는 남생이의 출현에 영향을 주는 환경변수를 파악하고 남생이와 환경변수 간의 관계를 파악하기 위해 전라남도 구례군의 주요 저수지에서 남생이 생태 특성을 고려한 17개의 환경변수를 선정하여 서식지 환경 조사를 실시하고, 서식지와 비서식지의 조사 결과를 통계 분석하였다. 남생이의 서식지 적합성 모델을 개발한 결과, 변수 예측값은  $\text{logit}(p) = -3.68 + (0.17 \times \text{낙엽층두께}) + (1.55 \times \text{육상아교목층 피도량}) + (0.71 \times \text{육상초본층 피도량}) + (0.96 \times \text{수상초본층 피도량})$ 으로 산출되었다. 남생이는 낙엽층두께가 두꺼울수록, 육상아교목층 피도량, 육상관목층 피도량, 수상초본층 피도량이 높을수록 출현확률이 높아지는 것으로 파악되었다. 남생이의 출현에 영향을 주는 이러한 환경요인에 대한 정보는 추후 남생이 분포 조사 시 도움이 되며, 남생이의 실질적인 서식지 보전을 위해 필요할 것으로 판단된다.

**주요어:** 낙엽층두께, 남생이, 서식지적합성모델, 육상아교목층 피도량

**Abstract:** This study was conducted to clarify the environmental variables that affect the appearance of *Mauremys reevesii* and to understand the relationship between *M. reevesii* and the variables. Habitat environmental survey was implemented by selecting 17 environmental variables considering ecological characteristics of *M. reevesii* in the main reservoir in Gurye-gun, the Republic of Korea. And the habitat data on the presence and absence of *M. reevesii* were analyzed statistically. The habitat suitability model of *M. reevesii* was described in following equation :  $\text{logit}(p) = -3.68 + (0.17 \times \text{leaf litter depth}) + (1.55 \times \text{vegetation coverage of overstory on land}) + (0.71 \times \text{coverage of}$

First Author: Chang-Deuk Park, Tel: +82-54-680-7366, E-mail: chummaum@nie.re.kr, ORCID: 0000-0002-7832-2806

Corresponding Author: Ju-Duk Yoon, Tel: +82-54-680-7360, E-mail: grandblue@nie.re.kr, ORCID: 0000-0003-1667-327X

Co-Authors: Jeongwoo Yoo, Tel: +82-680-7363, E-mail: wildlife3028@nie.re.kr, ORCID: 0000-0001-5797-5720

Kwanik Kwon, Tel: +82-680-7365, E-mail: econlearn@nie.re.kr, ORCID: 0000-0001-7284-6513

Nakyung Yoo, Tel: +82-680-7361, E-mail: nkyoo96@nie.re.kr, ORCID: 0000-0002-5930-2279

Moon Seong Heo, Tel: +82-680-7369, E-mail: hms1590@nie.re.kr, ORCID: 0000-0002-8782-0786

Received: 3 February, 2023. Revised: 9 April, 2023. Accepted: 12 April, 2023.

midstory on land) + (0.96 × vegetation coverage of understory on water). This information gained is valuable for better understanding the distribution and how to conserve and promote populations of *M. reevesii* occurring in the Republic of Korea.

**Keywords :** Habitat suitability models, Leaf litter depth, *Mauremys reevesii*, Vegetation coverage of overstory on land

## I. 서론

남생이는 대한민국, 중국, 일본, 대만 등 아시아에 주로 서식, 남생이는 섬을 제외한 우리나라 전역의 하천, 호수, 저수지, 연못에 주로 서식한다(NIBR 2018). 남생이는 수상생태계에서 상위포식자로서 생태계의 안정성을 조절하는 중심적인 역할을 수행하며(Bonnet et al. 2002), 주로 죽은 어류를 먹이로 하여 환경 청소부(scavenger)를 담당한다. 그러나 남생이는 서식지 주변지역의 개발, 외래종과의 경쟁 및 포식, 로드킬 및 불법 포획 등으로 인하여 개체수와 분포역이 계속적으로 감소하고 있어(Lovich et al. 2011) 우리나라에서는 환경부에 의해 1989년 특장야생동물·식물로 지정, 현재는 멸종위기 야생생물 II급으로 지정되었고, 문화재청에 의해 2005년 천연기념물 제453호로 지정되었다. 남생이는 우리나라 내 일부 지역을 제외하고는 개체군의 밀도가 낮으며 날씨(흐리거나 비가 오는 경우, 바람이 많이 부는 경우), 기온(온도가 너무 높거나 낮은 경우), 외부 자극(사람이나 다른 동물의 접근, 각종 소리와 진동) 등에 민감하여 직접 관찰이 매우 어려워 분포 정보 뿐만 아니라 생태학적 정보가 부족한 실정이다. 이에 따라 남생이는 환경부와 문화재청에서 보호하고 있는 종임에도 불구하고 환경영향평가 시 누락되기 쉬운 종이다.

남생이의 서식환경을 이해하고 분포를 확인하기 위해서는 남생이와 서식지 환경 간에 관계를 파악하는 것이 중요하다. 서식지 적합성 모델(Habitat suitability model)은 주로 대상종과 환경과의 관계를 이해하여 대상종의 서식지를 예측할 때 주로 사용되며, 서식지 환경 조사를 통하여 대상종의 서식에 영향을 주는 미세서식지(microhabitat) 환경변수를 조사하여 데이터를 수집한다(Lee et al. 2012; Lunghi

et al. 2015; Jung et al. 2019). 이를 이용하면 대상종인 야생 남생이의 생태 특성을 반영하여 보다 세밀하고 과학적인 서식지 정보를 얻을 수 있는 장점이 있으며, 서식-비서식 환경데이터(presence-absence data) 분석을 통하여 남생이와 환경변수와의 관계를 분석하여 남생이의 출현에 영향을 끼치는 환경인자를 선정할 수 있다. 남생이 서식지에 대한 연구는 서식지 적합성 지수(Habitats suitability index)를 활용한 서식지 복원 대상지 선정 연구(Park et al. 2015), 서식지 모형 연구(Kim et al. 2013) 등이 있으나 남생이의 서식지 외에 비서식지의 환경데이터(absence data)를 조사하여 남생이와 환경변수와의 관계에 대해 분석한 연구는 아직 시도되지 않았다.

따라서 본 연구는 전라남도 구례군 주요 저수지 중 남생이가 서식하고 있는 저수지와 서식하지 않는 저수지에서 남생이의 생태 특성을 반영하여 서식지 환경 조사를 하고, 서식지 적합성 모델을 개발하여 남생이의 출현에 영향을 주는 환경변수를 파악하고 남생이 출현과 서식지 내 환경변수 간의 관계를 구명하고자 실시하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상지

본 연구는 멸종위기종 야생개체군 동태 및 원인 분석 연구(NIE 2020, 2021, 2022) 결과, 남생이의 개체군 밀도가 전국에서 가장 높으며, 분포지역이 넓어 남생이의 대표적인 서식 지역인 전라남도 구례군 내 주요 저수지를 대상으로 수행하였다. 멸종위기 야생생물 전국 분포조사 DB(Endangered wildlife integrated information data base sharing system 2022)와 멸종위기종 야생개체군 동태 및 원인 분석 연구, 국내

Table 1. The information on the study area

Presence/ Absence*	Reservoir name	Year of completion	Length of reservoir (m)	Height of reservoir (m)	Total storage (t)	Usable storage (t)	Benefitted area (ha)
Presence	Dongsan-je	1964	106	10	28	27	12
	Odong	1945	120	10	50	50	24
	Bongseo-je	1961	121	15	212	212	66
	Sarim	1945	113	8	14	14	12
	Dangcheon-je	1944	162	11	79	73	33
Absence	Jeoncheon	1978	152	4	10	10	10
	Hasa	1953	270	7	59	59	45
	Kwangpyeong	1945	50	4	3	3	13
	Banggwang	1940	237	10	496	490	147
	Yeonggang-je	1967	160	7	49	49	2
	Sincheon-je	1968	106	5	22	22	5

\*Presence means the reservoir where *Mauremys reevesii* appear, absence means the reservoir where *M. reevesii* has not appeared

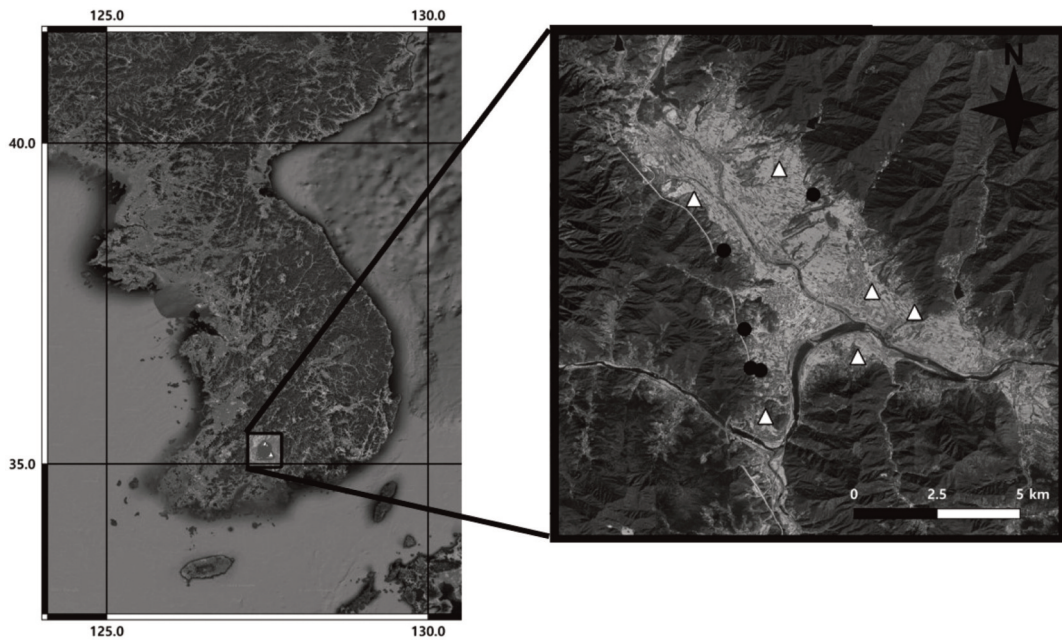


Figure 1. Location of the study area (black circle: presence, white triangle: absence area of *Mauremys reevesii*).

전문가를 대상(unpublished data)으로 구례군 내 분포지역을 확인하여 최근 2년 내에 남생이 서식이 확인된 곳을 서식지, 분포 조사 및 문헌 연구 결과 등에서 남생이의 관찰 기록이 없는 곳을 비서식지로 선정하였다. 남생이 서식지는 동산제, 오동저수지, 봉서제, 사립저수지, 당촌제 총 5개 저수지, 비서식지는 전천저수지, 하사저수지, 광평저수지, 방광저수지,

용강제, 신촌제 총 6개 저수지를 선정하여 조사를 실시하였다(Figure 1; Table 1).

## 2. 서식지 환경 조사

남생이 서식지 환경 조사는 서식지는 5개 저수지 29지점(동산제 6개, 오동저수지 5개, 봉서제 6개, 사립저수지 6개, 당촌제 6개)에서, 비서식지는 6개 저

Table 2. Environmental variables used to develop a habitat suitability model for *Mauremys reevesii* in Gurye-gun, the Republic of Korea

Components	Habitat variables	Environmental variables (Description)	Reference
Cover	Shelter	Leaf litter depth (Mean value of randomly selected 3 point in 1 survey plot (1 m*1 m), Soil environment (Relative humidity, pH)	Pough et al. 1987 Hong 2017 Jung et al. 2019
	Vegetation coverage	Overstory (>8m), Suboverstory (2-8m), Midstory (1-2m), Understory (<1m) both on land and water 0 (0%), 1 (1-33%), 2 (34-66%), and 3 (67-100%)	Kent & Coker 1992 Lee et al. 2008 Park et al. 2016
	Sunbathing ground	Number of rock, Number of log, Volume of log (Diameter>10cm, cm <sup>3</sup> )	Kim et al. 2013 Park et al. 2015
Water	Field measured value in water	DO, pH, Conductivity	Hong 2017 Jung et al. 2019

수지 39지점(전천저수지 6개, 하사저수지 8개, 광평저수지 6개, 방광저수지 7개, 용강제 6개, 신촌제 6개)에서 조사를 실시하였으며, 산림의 식생피도량이 최대가 되는 시기를 고려하여 여름철인 8월에 조사를 실시하였다.

서식지 환경 조사의 환경변수는 남생이의 서식지 적합성 지수, 서식지 모형 연구를 참고하고, 이끼도롱뇽(*Karsenia koreana*)의 서식지 적합성 모델에 사용된 환경변수에서 저수지의 남생이의 생태 특성과 직접적으로 관련 있는 환경변수를 선택하여 선정하였다(Kim et al. 2013; Park et al. 2015; Jung et al. 2019). 그 결과 야생동물의 서식지 구성 요소 중 커버(cover)와 물(water)을 중심으로 낙엽층두께, 토양습도, 토양pH, 육상교목층 피도량, 육상아교목층 피도량, 육상관목층 피도량, 육상초본층 피도량, 수상교목층 피도량, 수상아교목층 피도량, 수상관목층 피도량, 수상초본층 피도량, 바위갯수, 통나무갯수, 통나무부피와 같이 커버에 속하는 환경변수 14개와 물DO, 물pH, 물전기전도도와 같이 물에 속하는 환경변수 3개, 총 17개 환경변수가 선정되었다(Table 2). 야생동물 서식지 구성 요소 중 본 조사에서 제외된 먹이(food)와 공간(space)에 대한 남생이의 연구는 먹이 관련하여서는 선행 연구가 있으며(Lee 2010), 공간은 주로 행동권(home range)과 세력권(territory)에 대한 것이므로 발신기를 이용한 무선추적 연구가 필요하다.

저수지변을 걸으며 조사경로 내 10m 이상을 이격시켜 수변을 경계로 하여 육상과 수상에 반경 2.5m

의 조사구를 각각 선정하여 조사구 내의 환경변수를 측정하였다(Kent & Coker 1992; Lee et al. 2008; Park et al. 2016). 육상 조사구에서는 낙엽층 두께, 토양습도·pH, 육상에서의 식생피도량을 측정하였고, 수상 조사구에서는 물DO·pH·전기전도도를 측정, 수상에서의 식생피도량을 측정하였으며, 두 조사구 내에서 바위갯수와 통나무갯수·부피를 측정하여 기록하였다. 낙엽층의 두께는 절척을 이용하여 반지름 2.5m 조사구 내 랜덤으로 가로 1m × 세로 1m 조사구를 정하여 3지점을 랜덤으로 측정하였으며(Pough et al. 1987; Hong 2017; Jung et al. 2019), 토양수분산도 측정기(DM-5, Takemura)를 이용하여 토양의 상대습도와 pH를 측정하여 기록하였다. 육상부와 수상부 엽층별 피도량 조사는 각 조사구 내 교목층(>8m), 아교목층(2~8m), 관목층(1~2m), 초본층(<1m)로 높이별로 나누어서 측정하였으며, 피도량 0%인 경우에는 0, 1~33%인 경우 1, 34~66%인 경우 2, 67%이상인 경우에는 3으로 정하여 피도를 일정한 척도로 수치화하였다(Kent & Coker 1992; Lee et al. 2008; Park et al. 2016). 남생이 일광욕의 경우 조사구 내에서 남생이가 일광욕이 가능할 것으로 판단되는 바위와 지름이 10cm이상인 통나무수, 부피를 측정하여 기록하였다. 물DO, pH, 전기전도도는 다항목수질측정기(ProPlus, YSI)를 이용하여 측정·기록하였다(Hong 2017; Jung et al. 2019).

### 3. 통계 분석

남생이의 서식지와 비서식 저수지 서식지 환경 비

교 분석을 위해서 shapiro test를 통하여 정규성 검정에 따라 정규분포를 따르는 경우 모수통계분석인 t-test를 이용, 정규분포를 따르지 않는 경우는 비모수통계분석인 Wilcoxon rank test를 이용하여 분석하였으며, 유의수준은 5%( $p < 0.05$ )를 기준으로 설정하였다.

남생이의 서식지 적합성 모델(Habitat suitability model)은 로지스틱 회귀분석(Logistic regression)과 스텝와이즈 모델 선택(Stepwise model selection)을 통하여 개발하였다. 로지스틱 회귀분석[ $\text{logit}(p) = B_0 + B_1X_i$ ]은 야생동물의 출현, 비출현 지역과 같이 종속 변수가 이분형 척도로 측정된 경우에 사용하며, 이를 통하여 독립변수(환경변수)와 종속변수 간의 관계를 분석할 수 있다(Lee et al, 2012; Jung et al, 2019). 로지스틱 회귀분석을 통하여 유의한 환경변수를 선정하였으며, 유의수준은 10%( $p < 0.1$ )을 기준으로 설정하였다. 그리고 스텝와이즈 모델 선택 중 양방향 선택법(bidirectional selection methods)에 의해 가장 좋은 환경변수의 선택, 아카이케(Akaike's Information Criterion, AIC) 통계량을 기준으로 삼아 가장 낮은 AIC값을 가진 모델을 최종적으로 선택하였다(Anderson et al, 1994; Akaike 1998). 모든

통계분석은 R 통계패키지(R version 4.2.2)를 이용하였다.

### III. 결과 및 고찰

구례군 내 주요 저수지 중 본 연구 대상지로 선정된 남생이가 서식하는 5개 저수지, 남생이가 서식하지 않는 6개 저수지의 준공년도, 저수지의 길이, 저수지의 높이, 총저수량, 유효저수량, 수해면적을 비교한 결과, 남생이 서식지와 비서식지 간에 차이를 보이지 않았다(Table 1; Public Data Portal 2023). 그러나 남생이의 서식지와 비서식지에서 조사한 14개 환경변수를 통해 저수지 환경을 비교한 결과는 낙엽층두께, 토양pH, 육상교목층 피도량, 육상아교목층 피도량, 육상관목층 피도량, 수상관목층 피도량, 수상초본층 피도량, 물DO, 물pH 9개 환경변수가 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 육상초본 피도량과 수상교목층 피도량, 수상아교목층 피도량은 비서식지에 비하여 서식지에서 높은 경향을 나타냈다(Table 3). 서식지 환경 조사를 한 17개 환경변수 중 남생이의 일광욕지로 조사한 암석과 통나무, 통나무부피 환경변수 3개는 연구대상지인 11개 저수지 중

Table 3. Predictive variables, and the data summaries represented differences between the presence and absence of *Mauremys reevesii* in Gurye-gun, the Republic of Korea

Environmental variables	Unit	Presence(n=29)	Absence(n=39)	w(t)***	P-value
<b>Leaf litter depth</b>	<b>cm</b>	<b>6.08±5.90</b>	<b>1.33±3.47</b>	<b>235</b>	<b>&lt;0.001**</b>
Soil relative humidity	%	62.31±20.45	55.97±26.87	(-1.10)	0.27
<b>Soil pH</b>	-	<b>6.30±0.31</b>	<b>6.52±0.35</b>	<b>800</b>	<b>0.009**</b>
<b>Overstory on land</b>	<b>scale 0-3</b>	<b>0.66±0.97</b>	<b>0.08±0.35</b>	<b>378.5</b>	<b>&lt;0.001**</b>
<b>Suboverstory on land</b>	<b>scale 0-3</b>	<b>1.45±1.35</b>	<b>0.51±0.97</b>	<b>351</b>	<b>&lt;0.001**</b>
<b>Midstory on land</b>	<b>scale 0-3</b>	<b>1.76±0.87</b>	<b>0.82±0.82</b>	<b>256</b>	<b>&lt;0.001**</b>
Understory on land	scale 0-3	2.34±0.72	2.00±0.79	431	0.074
Overstory on water	scale 0-3	0.10±0.41	0.00±0.00	526.5	0.10
Suboverstory on water	scale 0-3	0.28±0.65	0.05±0.22	494	0.095
<b>Midstory on water</b>	<b>scale 0-3</b>	<b>0.41±0.63</b>	<b>0.18±0.56</b>	<b>439.5</b>	<b>0.027*</b>
<b>Understory on water</b>	<b>scale 0-3</b>	<b>1.86±1.09</b>	<b>0.79±1.20</b>	<b>275.5</b>	<b>&lt;0.001**</b>
<b>Water DO</b>	<b>mg/l</b>	<b>6.12±2.72</b>	<b>7.96±2.29</b>	<b>(2.95)</b>	<b>0.005**</b>
<b>Water pH</b>	-	<b>8.21±0.75</b>	<b>8.68±0.97</b>	<b>725.5</b>	<b>0.048*</b>
Water conductivity	µs/cm	113.69±29.40	114.13±28.15	566	1.00

\* $P < 0.05$ , \*\* $P < 0.01$

\*\*\*These results were analyzed by Wilcoxon rank test (w; nonparametric) or t test [(t); parametric statistics]

남생이 서식지인 봉서제만 측정(암석수는 2지점에서 각 1개와 7개, 통나무수와 부피도 2지점에서 각 2개씩 조사)되어 통계 분석에서 제외하였다.

실제 남생이 서식지인 봉서제와 비서식지인 전천저수지의 경관을 비교한 결과, 비서식지인 전천저수지에는 저수지변으로 대부분의 식생이 강아지풀(*Setaria viridis*)과 갈대(*Phragmites australis*)와 같은 종으로만 구성되어 있어 초본층이 주로 발달해 있으며, 뽕나무(*Prunus jamasakura*)와 같은 교목이 있으나 그 수가 매우 적어 낙엽층이 생기기 어려운 환경이었다(Figure 2B). 그와 비교하여 서식지인 봉서제에는 저수지변으로 환삼덩굴(*Humulus japonicus*), 칩( *Pueraria lobata*)과 같은 종으로 초본층이 덮여 있을 뿐만 아니라 왕버들(*Salix chaenomeloides*), 버드나무(*Salix pierotii*), 느티나무(*Zelkova serrata*) 등의 교목, 족제비싸리(*Amorpha fruticosa*) 등의 관목이 식재되어 있어 육상 식생의 수직적 구조가 다양하였다. 또한 물참새피(*Paspalum distichum*), 나도겨

풀(*Leersia japonica*) 등의 부엽성 수생식물이 있어 수상의 초본층 또한 발달한 환경이었다(Figure 2A).

남생이 서식지와 비서식 저수지의 환경을 비교 분석한 결과, 남생이의 서식지 내 모든 육상과 수상부의 엽층별 피도량이 비서식지에 비해 높은 값을 보였으며 낙엽층두께 또한 더 두꺼운 것으로 나타났다(Table 3). 이러한 결과를 통해 남생이 서식지에서 육상과 수상의 엽층별 피도량과 낙엽층두께가 비서식지에 비해 더 높게 나타난 산림환경이 남생이의 서식을 유리하게 만든다고 생각된다. 이는 식생구조에 의해 적절한 미세기후조건(microclimatic condition)이 전적으로 결정되며, 이러한 미세서식지로서 식생의 구조적 특성은 거북류에게 온도조절을 위한 커버(thermoregulatory cover)로 중요한 역할을 하기 때문인 것으로 판단된다(Converse 1999; Converse & Savidge 2003).

토양pH는 비서식지에 비해 상대적으로 서식지에서 낮게 나왔다(Table. 3;  $w=800$ ,  $p=0.009$ ). 남생



Figure 2. The landscape of reservoirs represented differences between (A) the presence (Bongseo-je) and (B) absence (Jeoncheon) of *Mauremys reevesii* in Gurye-gun, the Republic of Korea.

Table 4. Significant environmental variables as a results of logistic regression analysis for the presence of *Mauremys reevesii* in Gurye-gun, the Republic of Korea

Variables	Estimate	Standard Error	Z value	P-value
Intercept	-5.12	21.61	-0.24	0.81
<b>Leaf litter depth</b>	<b>0.27</b>	<b>0.15</b>	<b>1.85</b>	<b>0.064*</b>
Soil relative humidity	0.021	0.033	0.64	0.52
Soil pH	-3.38	2.16	-1.53	0.12
<b>Overstory on land</b>	<b>2.50</b>	<b>1.35</b>	<b>1.85</b>	<b>0.065*</b>
Suboverstory on land	0.22	0.84	0.27	0.79
<b>Midstory on land</b>	<b>1.38</b>	<b>0.71</b>	<b>1.95</b>	<b>0.052*</b>
Understory on land	0.52	0.94	0.55	0.58
Overstory on water	6.71	1485.46	0.005	0.99
Suboverstory on water	-0.61	1.86	-0.33	0.74
Midstory on water	0.47	0.90	0.53	0.59
<b>Understory on water</b>	<b>1.45</b>	<b>0.76</b>	<b>1.90</b>	<b>0.057*</b>
<b>Water DO</b>	<b>-1.052</b>	<b>0.52</b>	<b>-2.01</b>	<b>0.045*</b>
Water pH	3.22	1.97	1.64	0.10
Water conductivity	-0.015	0.028	-0.54	0.59

\*p < 0.1

Table 5. Comparisons of the alternative habitat suitability models of *Mauremys reevesii* ranked by AIC to explain the presence and absence

Model	Environmental variable	K	AIC	ΔAIC	AIC weight
1	Leaf litter depth, Vegetation coverage of Overstory on land, Midstory on land, Understory on water	4	60.16	0.00	1.00
2	Leaf litter depth, Vegetation coverage of Overstory on land, Midstory on land, Understory on water, Water DO	5	60.19	0.03	0.99

이 서식지와 비서식지에서의 평균 토양pH 차이는 0.22로 실제 남생이의 서식에 영향을 끼칠 정도의 차이가 아니라고 판단되며, Anderson (2016)의 연구에 의해서도 남생이와 같은 반수생 거북인 Bog turtles (*Glyptemys muhlenbergii*)의 분포와 토양pH와의 상관관계가 없다는 결과를 도출하였다.

물DO(t=2.95, p=0.005)와 물pH(w=725.5, p=0.048)는 비서식지에 비해 서식지에서 낮게 측정되었다(Table 3). 현재 반수생 거북의 서식지 환경 연구는 서식지 내의 전반적인 식생구조, 동면지와 산란지 같은 미세서식지 등 육상환경에(Converse & Savidge 2003; Steen et al, 2007; Sung et al, 2014; McCoard 2016) 치중되어 있어 매우 부족한 실정이라 수중환경에 대한 추가 연구가 필요하다.

남생이의 서식지 및 비서식지에서 조사한 14개 환

경변수를 로지스틱 회귀분석으로 분석한 결과, 낙엽층두께, 육상교목층 피도량, 육상관목층 피도량, 수상초본층 피도량, 물DO가 유의한 환경변수로 선정되었다(Table 4). 로지스틱 회귀분석을 통해 선정된 유의한 5개 환경변수를 스텝와이즈 모델 선택으로 분석하여, 총 2가지 모형이 확인되었다(Table 5). 그 결과, 낙엽층두께, 육상교목층 피도량, 육상관목층 피도량, 수상초본층 피도량의 변수 조합으로 이루어진 모델의 AIC값이 60.16로 다른 경쟁 모형과 비교하여 가장 낮은 값을 나타내어 남생이의 서식지를 나타내는 최적 모형으로 확인되었다. 최적 모형으로 선정된 서식지 적합성 모델의 변수 예측값은  $\text{logit}(p) = -3.68 + (0.17 \times \text{낙엽층두께}) + (1.55 \times \text{육상교목층 피도량}) + (0.71 \times \text{육상관목층 피도량}) + (0.96 \times \text{수상초본층 피도량})$ 으로 산출되었다(Table 6). 이에 따라 남생

Table 6. Variable estimates from the most supported model for the presence of *Mauremys reevesii*

Variables	Estimate	Standard Error	Z value	P-value
Intercept	-3.68	0.92	-4.004	<0.001*
<b>Leaf litter depth</b>	<b>0.17</b>	<b>0.08</b>	<b>2.11</b>	<b>0.035*</b>
<b>Overstory on land</b>	<b>1.55</b>	<b>0.62</b>	<b>2.48</b>	<b>0.013*</b>
<b>Midstory on land</b>	<b>0.71</b>	<b>0.39</b>	<b>1.84</b>	<b>0.065*</b>
<b>Understory on water</b>	<b>0.96</b>	<b>0.32</b>	<b>3.05</b>	<b>0.0023*</b>

\*P &lt; 0.1

이는 낙엽층두께가 두꺼울수록, 육상교목층 피도량, 육상관목층 피도량, 수상초본층 피도량이 높을수록 출현확률이 높아지는 것으로 나타났다.

낙엽층은 남생이에 있어 포식자로부터 위협에 방지를 할 수 있으며, 안정적인 온도와 습도를 유지할 수 있는 피난처(shelter) 역할과 온도조절을 위한 커버 역할을 하는 것으로 추정된다. 실제로 남생이와 같은 반수생 거북류인 Eastern Mud Turtles (*Kinosternon subrubrum*)의 경우, 겨울동안 안정적인 온도와 토양 습도를 제공해주는 낙엽층을 동면지로서 이용하며 (Steen et al, 2007), Big-headed Turtle (*Platysternon megacephalum*)은 낙엽층을 산란지로 이용한다(Sung et al, 2014).

육상교목층과 관목 피도량은 남생이는 태양으로부터 온도를 조절하는 외온성(ectothermic) 동물이며, 일광욕을 할 수 있는 지역 외에 체온을 낮출 수 있는 교목이나 관목이 있는 그늘 지역이 섞여 있는 산림을 선호하기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 두 가지 열에 관련된 미세서식지(thermal microhabitat)는 남생이와 같은 파충류가 체온조절(thermoregulation)을 수월하게 만들어 줄 수 있다(Perry et al, 2009). 또한, 남생이가 육상에서는 교목과 관목의 피도량이 높고, 수상에서는 초본 피도량이 높은 곳을 서식지로 선호하는 것은 피도량 증가에 따른 포식압(predation pressure) 감소가 서식지 선택에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 생각된다.

#### IV. 결론

본 연구는 남생이의 생태 특성을 바탕으로 커버(피난처의 환경, 육상과 수상의 엽층별 피도량, 일광

욕지), 물(기본 측정자료)을 환경변수로 구례군 주요 저수지 중 남생이의 서식지와 비서식지의 서식지 환경 조사를 실시하였다. 서식지 환경 조사 결과를 통계분석을 통하여 서식지 적합성 모델을 개발하여 남생이의 출현에 영향을 주는 환경변수를 도출하였다. 본 연구 결과, 낙엽층의 두께, 육상교목층 피도량, 육상관목층 피도량, 수상초본층 피도량이 남생이 출현에 영향을 주는 환경변수이며, 남생이는 낙엽층 두께가 두꺼울수록, 육상교목층과 관목층 피도량, 수상초본층 피도량이 높을수록 출현확률이 높아지는 것으로 나타났다. 야생동물이 저수지와 같은 수변지역에 서식하는 것은 식생구조 및 구성과 밀접하게 관련이 있다(Giuliano & Homyack, 2004). 즉, 저수지의 식생구조가 다양할수록 남생이의 출현확률이 늘어난다(McCoard 2016). 낙엽층, 육상교목층, 육상관목층, 수상초본층 피도량 모두 남생이에게 체온조절의 용이성과 포식압과 깊은 관련이 있으며(Converse & Savidge 2003; Perry et al, 2009), 남생이 분포 조사 시, 조사대상 저수지 내 환경이 낙엽층이 두꺼울수록, 육상교목층과 관목층, 수상초본층 피도량이 높을수록 남생이의 출현확률이 증가하기 때문에 남생이를 직접 관찰할 가능성도 높아진다.

그러나 야생동물의 서식지 구성요소 중 본 연구에서 환경변수로 사용한 커버와 물 이외에도 먹이와 공간 또한 남생이의 서식에 영향을 끼치는 중요한 요인이다(Lee et al, 2010). 차후 안정성 동위원소값을 통한 남생이의 영양 단계(trophic level)와 먹이이용 폭(niche width)의 확인, 발신기 부착 후 방사 모니터링을 통한 남생이의 행동권, 시기별 이동거리 및 행동생태, 시기별 선호 서식환경 연구 등 남생이의 서식지 관련한 추가연구 필요하다.

본 연구에서 도출된 결론을 통해 남생이의 출현에 영향을 주는 미세서식환경에 대한 정보와 남생이와 미세서식환경과의 관계를 제공함으로써 남생이 분포 파악에 도움이 되어 추후 환경영향평가 시 자연생태 환경 분야에서 남생이가 누락되는 것을 방지하고, 남생이 대체서식지 조성, 서식지 모형 개발의 기초자료로 이용될 것으로 생각된다. 실질적인 남생이 보전을 위해서는 남생이 출현에 영향을 주는 식생 피도량 및 낙엽층을 고려한 서식지 보전 전략이 필요할 것으로 판단된다.

## 사사

본 논문은 환경부의 재원으로 국립생태원 연구과제 「멸종위기 야생개체군 동태 및 원인 분석 연구(NIE-고유연구-2022-46)」의 지원을 받아 수행하였습니다.

## References

- Akaike H. 1998. Selected papers of Hirotugu Akaike. New York (USA): Springer. <https://www.springer.com/gp/book/9780387983554>
- Anderson DR, Burnham KP, White GC. 1994. AIC model selection in overdispersed capture-recapture data. *Ecology* 75(6): 1780-1793.
- Anderson S. 2016. Analyzing the Relationship Between Bog Turtle (*Glyptemys mublenbergii*) Distribution, Soil and Hydrologic Conditions in Western North Carolina. Proceedings of The National Conference On Undergraduate Research (NCUR). 2016: 572-581.
- Bonnet XD, Pearson M, Ladyman O, Lourdais, Bradshaw D. 2002. 'Heaven' for serpents? A mark-recapture study of tiger snakes (*Notechis scutatus*) on Carnac Island, Western Australia. *Austral Ecology* 27: 422-450.
- Converse SJ. 1999. Habitat Selection and Population Response to Commercial Harvest of Nebraska Ornate Box Turtles. master's thesis, University of Nebraska, Lincoln.
- Converse SJ, Savidge JA. 2003. Ambient temperature, activity, and microhabitat use by ornate box turtles (*Terrapene ornata ornata*). *Journal of Herpetology* 37(4): 665-670.
- Endangered wildlife integrated information data base sharing system [Internet]. c2022-2023. Yeongyang-gun: National Institute of Ecology (NIE); [cited 2022 Apr 13]. Keep information secret for security reasons
- Giuliano WM, Homyack JD. 2004. Short-term grazing exclusion effects on riparian small mammal communities. *Journal of Range Management*, 57(4): 346-350.
- Hong NR. 2017. Habitat environmental characteristics of Korean clawed salamander (*Onychodactylus koreanus*) at Mt. Baegun in Gwangyang, Jeonnam province. Master's thesis, Seoul National University, Seoul. [Korean Literature]
- Jung JH, Lee EJ, Lee WS, Park CD. 2019. Habitat suitability models of Korean crevice salamander (*Karsenia koreana*) at forested area in Daejeon metropolitan city, Republic of Korea. *Journal of Forest Research* 24(6): 349-355.
- Kent M, Coker P. 1992. Vegetation description and analysis: a practical approach. Belhaven Press, London. p. 363.
- Kim SR, Lee JH, Song JY, Chang MH, Sung HC, Cho DG. 2013. A study on the habitat restoration model for *Chinemys reevesii*. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology* 16(2): 115-125. [Korean Literature]
- Lee EJ, Lee WS, Rhim SJ. 2008. Characteristics of small rodent populations in post-fire silvicultural management stands within pine

- forest. *Forest Ecology and Management* 255(5-6): 1418-1422.
- Lee HJ. 2010. Distribution and characteristics of Reeve's Turtle (*Chinemys reevesii*) populations in Jeolla-do and Gyeongsangnam-do. Master's thesis, Kangwon National University, Chuncheon. [Korean Literature]
- Lee JH, Park DS, Sung HC. 2012. Large-scale habitat association modeling of the endangered Korean ratsnake (*Elaphe schrenckii*). *Zoological science* 29(5): 281-285.
- Lee WS, Park CY, Lim SJ, Heo WH, Jeong OS, Choi CY, Park YS, Lee EJ. 2010. Wild life ecology and management. Seoul: Life science. Chapter 4, Wildlife and habitat; pp. 59-87. [Korean Literature]
- Lovich JE, Yasukawa Y, Ota H. 2011. *Mauremys reevesii* (Gray 1831)-Reeves' turtle, Chinese three-keeled pond turtle. Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: a compilation project of the IUCN/SSC tortoise and freshwater turtle specialist group. *Chelonian research monographs* 5(050.1050): 10.
- Lunghi E, Manenti R, Ficetola GF. 2015. Seasonal variation in microhabitat of salamanders: environmental variation or shift of habitat selection? *Peer J* 3: e1122.
- McCoard KR, McCoard NS, Turk PJ, Anderson JT. 2016. Habitat characteristics that influence the occurrence of wood turtles at the southern limits of their range in the Central Appalachians. *Journal of Herpetology* 50(3): 381-387.
- National Institute of Biological Resources (NIBR). 2018. Korean endangered species. National Institute of Biological Resource; pp. 204-205. [Korean Literature]
- National Institute of Ecology (NIE). 2020. '20 Conservation Research on the Population Trends and Factor Analyses in Endangered Species. National Institute of Ecology (unpublished). [Korean Literature]
- National Institute of Ecology (NIE). 2021. '21 Conservation Research on the Population Trends and Factor Analyses in Endangered Species. National Institute of Ecology. [Korean Literature]
- National Institute of Ecology (NIE). 2022. '22 Conservation Research on the Population Trends and Factor Analyses in Endangered Species. National Institute of Ecology. [Korean Literature]
- Park CD, Jung JH, Son SH, Hwang HS, Lee WS. 2016. Differences in Habitat Structure and Herpetofauna Populations Caused by Thinning. *Journal of Korean Society of Forest Science*, 105(2): 268-273. [Korean Literature]
- Park YS, Chang MH, Cha JY, Cho DG, Kim SH, Lee SW. 2015. A Study on Site Selection for Reeve's turtle (*Mauremys reevesii*) Habitats Using Habitat Suitability Index. *Journal of the Korean Society of Environmental Restoration Technology* 18(3): 109-118. [Korean Literature]
- Perry RW, Rudolph DC, Thill RE. 2009. Reptile and Amphibian Responses to Restoration of Fire-Maintained Pine Woodlands. *Restoration Ecology*, 17: 917-927.
- Pough FH, Smith EM, Rhodes DH, Collazo A. 1987. The abundance of salamanders in forest stands with different histories of disturbance. *Forest Ecology and Management* 20(1-2): 1-9.
- Public Data Portal [Internet]. c -2023. Sejong-si: Ministry of Interior And Safety; [cited 2023 Jan. 31]. Available from: <https://www.data>

go.kr/data/15044339/fileData.do  
 Steen DA, Sterrett SC, Miller SA, Smith LL. 2007. Terrestrial movements and microhabitat selection of overwintering subadult eastern mud turtles (*Kinosternon subrubrum*) in southwest Georgia. Journal of Herpetology

41(3): 532-535.  
 Sung YH, Hau B, Karraker N. 2014. Reproduction of endangered big-headed turtle, *Platysternon megacephalum* (Reptilia: Testudines: Platysternidae). Acta herpetologica 9(2): 243-247.

## Appendix

Table 7. The result (raw data) of habitat environmental survey on the study area

Presence1 /Absence0	Leaf litter depth (m)	Soil relative humidity (%)	Soil pH (-)	Overstory on land (scale 0-3)	Suboverstory on land (scale 0-3)	Midstory on land (scale 0-3)	Understory on land (scale 0-3)	Overstory on water (scale 0-3)	Suboverstor y on water (scale 0-3)	Midstory on water (scale 0-3)	Understory on water (scale 0-3)	Number of log (#)	Number of log (#)	Volume of log (m³)	Water DO (mg/l)	Water pH (-)	Water Conductivity (µs/cm)	Name of plots
1	1.6	70	6.3	0	0	0	3	0	0	0	3				4.0	7.6	139.1	Dongsan-je1
1	0	70	6.5	2	3	2	3	0	0	0	3				3.4	7.8	140.3	Dongsan-je2
1	0.2	80	5.9	0	0	2	3	0	0	0	3				7.5	8.1	139.2	Dongsan-je3
1	0.9	65	6	0	0	2	3	0	0	0	3				7.6	8.3	139	Dongsan-je4
1	5.4	50	6.2	2	3	1	2	0	0	0	1				7.6	8.3	139.8	Dongsan-je5
1	1.4	52	6.2	1	2	2	3	0	0	0	3				6.6	8.0	139.7	Dongsan-je6
1	6.8	86	6	0	0	1	3	0	0	0	1				5.3	7.7	128.4	Odong1
1	8.1	52	6	1	3	2	2	0	0	0	2				6.0	8.7	150.5	Odong2
1	5.6	35	6.2	2	3	2	2	0	0	0	0				6.6	8.9	149.7	Odong3
1	10.8	55	5.6	1	3	2	1	0	0	0	0				7.0	8.8	150.2	Odong4
1	11.1	61	6.2	0	0	3	3	0	0	1	0				7.2	9.0	150	Odong5
1	12.0	51	6.4	0	0	1	2	0	0	0	2		2	55.931	6.4	8.0	119.3	Bongseo-je1
1	10.8	40	5.6	0	3	1	2	0	0	0	1	3	1		5.9	8.4	118.2	Bongseo-je2
1	11.5	35	6.6	0	3	2	2	0	0	0	0	1			6.2	7.9	133.8	Bongseo-je3
1	19.6	85	6	0	0	2	2	3	0	0	0	2			7.1	8.2	116.7	Bongseo-je4
1	15.4	80	5.8	0	1	3	2	0	0	2	1				6.2	7.9	119.4	Bongseo-je5
1	7.8	100	6.2	1	3	2	1	0	2	1	1	7	2	21.519	4.8	7.7	120.9	Bongseo-je6
1	5.3	100	6.1	0	0	0	2	0	0	0	1				10.2	9.3	69.4	Sarim1
1	0	40	6.7	1	3	2	3	0	1	1	1				10.1	9.3	69.6	Sarim2
1	4.9	35	6.6	2	2	1	3	0	1	1	1				9.7	9.1	68.1	Sarim3
1	1.6	25	6.7	3	3	2	1	2	2	1	1				9.0	9.1	68.9	Sarim4
1	10.9	50	6.1	3	3	2	1	1	2	1	1				8.8	9.2	67.7	Sarim5
1	0	50	6.6	0	1	3	2	0	0	0	2				10.3	9.3	64.1	Sarim6
1	18.6	70	6.6	0	2	2	2	0	0	0	3				0.8	7.8	103.6	Dangcheon-je1
1	0	65	6.8	0	0	3	3	0	0	0	3				0.7	7.1	97.2	Dangcheon-je2
1	0	85	6.4	0	0	3	2	0	0	0	3				4.1	7.5	87.7	Dangcheon-je3
1	5.9	90	6.2	0	1	2	3	0	0	0	3				5.3	7.5	93.7	Dangcheon-je4
1	0	75	6.7	0	0	0	3	0	0	2	3				0.4	6.7	104.7	Dangcheon-je5
1	0	55	6.4	0	0	1	3	0	0	1	3				2.9	7.0	108.2	Dangcheon-je6
0	0	52	6.2	0	0	1	3	0	0	0	0				11.2	9.7	123.8	Jeoncheon1
0	0	78	6.1	0	0	2	3	0	0	0	0				13.5	9.8	126.6	Jeoncheon2
0	0	70	6.2	0	0	0	0	0	0	2	3				12.3	9.7	124.3	Jeoncheon3
0	0	52	5.9	0	1	1	3	0	0	0	1				12.2	9.8	125.4	Jeoncheon4
0	0	40	6.6	0	0	0	1	0	0	0	1				6.0	8.5	117.9	Jeoncheon5
0	0	58	6.8	0	0	0	1	0	0	0	0				11.1	9.5	111.9	Jeoncheon6
0	0	20	6.8	0	2	1	1	0	0	0	0				9.4	9.8	69.4	Hasa1
0	0	100	5.8	0	0	1	2	0	0	0	0				9.9	9.8	62.8	Hasa2
0	3.7	68	6.6	0	1	1	1	0	0	0	0				9.9	9.9	69.7	Hasa3
0	0	100	6.4	0	0	1	2	0	0	0	0				9.1	9.9	70.4	Hasa4
0	2.6	25	6.8	0	3	2	2	0	1	0	0				8.8	9.4	54.4	Hasa5
0	0	100	6.4	0	0	0	2	0	0	0	0				8.2	9.9	69.1	Hasa6
0	0	40	6.8	0	0	0	1	0	0	0	0				9.1	9.6	64.3	Hasa7
0	0	30	6.8	0	0	1	2	0	0	0	0				8.6	9.6	64.9	Hasa8
0	0	35	6.7	2	3	1	1	0	0	0	0				7.0	7.8	149.3	Kwanggyeong1
0	0	60	6.4	0	0	1	1	0	0	0	0				7.0	7.8	149.8	Kwanggyeong2
0	0	68	6.2	0	0	0	2	0	0	0	0				7.2	7.7	148.6	Kwanggyeong3
0	0	55	6.7	0	0	0	2	0	0	0	0				6.9	7.6	150	Kwanggyeong4
0	0	72	6.3	0	0	0	2	0	0	0	1				6.7	7.6	149.1	Kwanggyeong5
0	0	90	6.4	0	0	0	2	0	0	0	0				7.2	7.6	149	Kwanggyeong6
0	0	30	6.8	0	0	1	2	0	0	0	0				6.7	9.3	131.5	Banggwang1
0	0	40	6.8	0	0	0	2	0	0	0	0				7.3	9.2	130.2	Banggwang2
0	0	30	6.8	0	0	2	2	0	0	0	0				9.6	9.4	131.8	Banggwang3
0	7.4	72	6.3	0	0	0	2	0	0	0	0				7.4	9.1	131.6	Banggwang4
0	0	68	6.5	0	0	0	2	0	0	0	0				7.8	9.1	130.8	Banggwang5
0	0	50	6.6	0	0	0	2	0	0	0	0				9.3	9.3	139.9	Banggwang6
0	0	45	6.8	0	1	2	1	0	0	0	0				10.4	9.7	132.9	Banggwang7
0	0	10	6.9	0	0	1	1	0	0	0	0				7.6	8.5	107.3	Yeonggang-je1
0	0	72	6.4	0	0	1	3	0	0	0	0				6.5	8.0	106.9	Yeonggang-je2
0	5.6	25	6.8	1	2	3	3	0	0	0	1				6.1	7.9	105.9	Yeonggang-je3
0	0	55	6.9	0	0	1	3	0	0	0	2				4.9	7.5	108.2	Yeonggang-je4
0	0	5	6.9	0	3	2	2	0	0	2	3				7.6	8.0	107.1	Yeonggang-je5
0	6.9	90	6.7	0	0	1	3	0	0	0	3				6.9	7.9	105.8	Yeonggang-je6
0	0	60	6.3	0	0	0	3	0	0	0	3				3.0	7.8	120.9	Sincheon-je1
0	0	50	6.8	0	0	1	3	0	0	0	2				5.5	7.6	121.1	Sincheon-je2
0	17.5	10	7	0	2	2	3	0	0	0	2				4.2	7.2	120.1	Sincheon-je3
0	8.2	58	6.5	0	2	2	3	0	1	1	3				8.0	7.8	119.8	Sincheon-je4
0	0	100	5.9	0	0	0	2	0	0	0	3				5.4	7.7	121.6	Sincheon-je5
0	0	100	5.5	0	0	0	2	0	0	2	3				5.1	7.2	126.9	Sincheon-je6