

귀이빨대칭이 (*Cristaria plicata*) 의 이동성에 관한 연구

노상은^{1,2}, 류성만¹, 이종은²

¹(주)청록환경생태연구소, ²국립경국대학교 생명과학과

Study on the Mobility of *Cristaria plicata*

Sang-Eun Noh^{1,2}, Sung-Man Ryu¹ and Jong-Eun Lee²

¹ChungRok Environment Ecosystem Research Institute, Anyang-si 14059, Republic of Korea

²Department of Biological Science, Gyeongbuk National University, Andong 36729, Republic of Korea

ABSTRACT

Although *Cristaria plicata* is protected as an endangered species, ecological research on this species remains insufficient. This study conducted experiments on the mobility of *C. plicata*. The results of the movement distance measurement showed that the mobility was higher in sand area (300.2 cm) than in mud area (69.4 cm). The difference in mobility is considered to be due to differences in the physical environment and food availability. Sand area have large changes in the physical environment and an unstable distribution of food sources, so it is thought that movement occurs to increase survival stability. The average locomotion speed was found to be slow at 6.62 cm/hr. This means that it is highly likely to be easily exposed to survival risks such as rapid water level decline. Spearman rank correlation analysis between individual size and movement distance/speed showed no significant difference ($P > 0.05$). That means that individual size does not directly affect movement distance or locomotion speed. The results of this study can be used as important data for securing the survival stability of *C. plicata* and protecting and managing its habitat environment, and can be especially useful in determining the discharge amount and rate of dams, weirs, and reservoirs.

Keywords: *Cristaria plicata*; Mobility; Endangered species; Nakdong River

서 론

최근 다양한 하천개발 사업은 수생태계의 서식환경 변화를 유발하고, 다양한 수생생물의 존속에 악영향을 미치는 주요 원인이 되었다 (Wilcox and Murphy, 1985). 하천의 생태적 측면은 무시한 이수 및 치수사업이 진행되었으며, 환경을 훼손하는 원인이 되고 있다 (공, 2015). 특히 멸종위기종과 같은 보호종은 이러한 개발로 인하여 서식처 고립, 변화 등의 생존 위험을 받고 있으며 (Kindlmann and Burel, 2008), 상대적으로 이동성이 적은 분류군은 더 큰 영향을 받고 있다

(Ökinger *et al.*, 2010).

국내의 경우 4대강 살리기 사업으로 대형 보가 설치 되었으며, 담수화와 정수화로 수심이 깊어지고 서식환경의 변화가 이루어졌다. 또한, 하상 준설로 교란이 발생하고, 패류 및 어류 등 수중생물의 집단폐사와 녹조 문제가 발생하고, 부분적으로는 생존의 위험을 받고 있다.

하천은 생태적 측면에서 육수생태계와 육상생태계를 연결하는 추이대 포함하고 있으며, 다양한 생물의 서식처를 제공하고 있으나, 생물 서식처 기능을 고려한 개발사업은 최근에 들어서 시행되고 있다. 하천 관련 연구는 미세지형을 이용한 자연도 평가연구 (Ahn *et al.*, 1997; Chun *et al.*, 1999), 도시하천 미세지형 연구 (Chung and Kim, 1999), 기후 변화에 따른 하천 관리 및 복원 방향을 제시한 사례 (Kang, 2012), 하천내 수목식재 가능성에 대한 연구 (Woo and Chung, 1998) 등 구조적인 측면의 연구들은 이루어졌으나, 유량, 유속, 수심, 하상재료 등의 물리적 환경과 서식 생물과의 관계에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

특히, 낙동강의 경우 4대강 살리기 사업시행 중 귀이빨대칭

Received: February 19, 2025; Revised: March 13, 2025;
Accepted: March 23, 2025

Corresponding author: Jong-Eun Lee

Tel: +82 (054) 820-5618, e-mail: Jeleee@anu.ac.kr
1225-3480/24888

This is an Open Access Article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License with permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproducibility in any medium, provided the original work is properly cited.

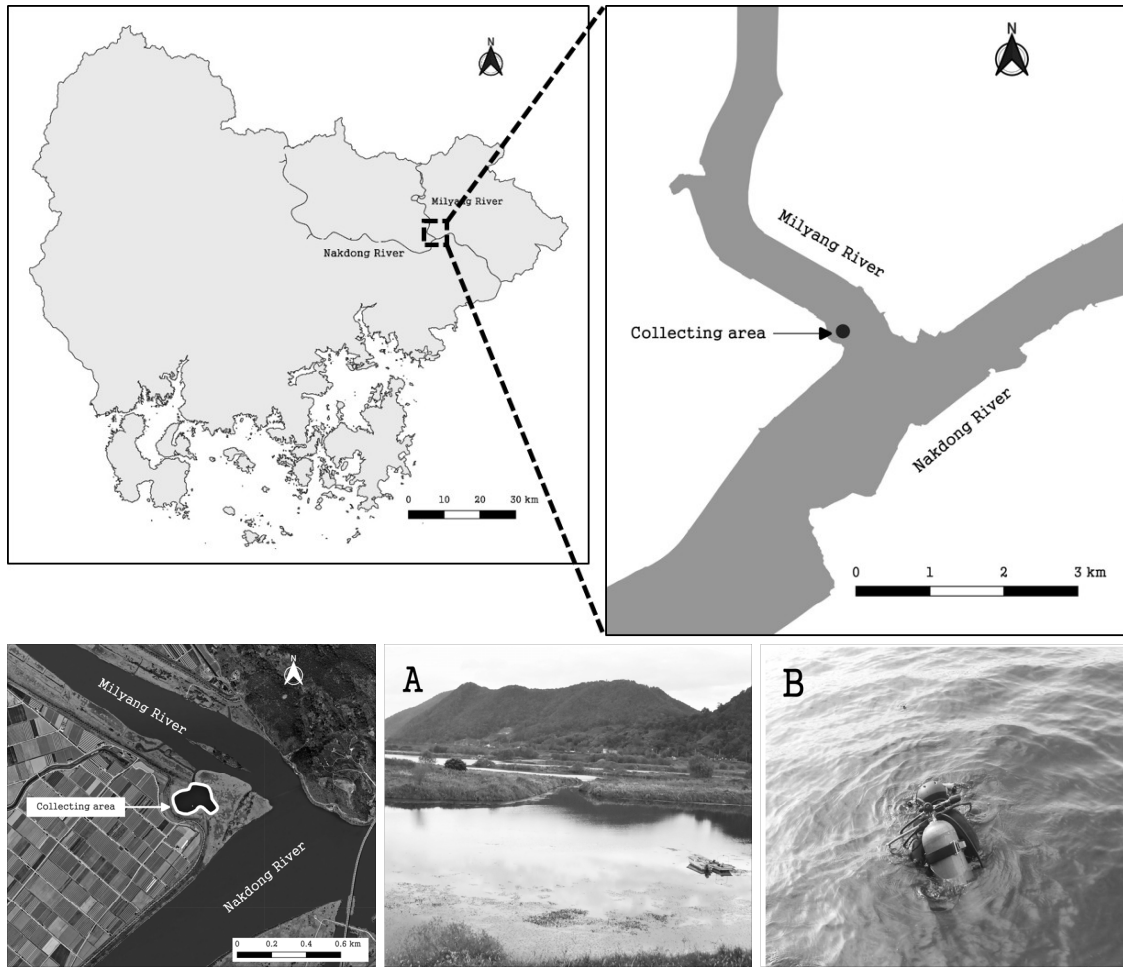


Fig. 1. Map showing the collecting area (A: habitat environment, B: Scuba diving).

Table 1. Administrative district and GPS coordinates of collection area

Collection area	Administrative district with Latitude and Longitude
Milyang river	Oesan-ri, Sangnam-myeon, Milyand-si, Gyeongsangnam-do (N 35° 22' 57.97", E 128° 48' 21.08")

이 (*Cristaria plicata*) 패각이 확인되어 분포 및 서식실태, 보전방안에 대한 관심이 높아졌다. 이후 수환경은 안정화를 이루는 듯 하였으나, 보 운영에 따른 담수화, 정수화가 진행되고 녹조 발생에 따른 문제가 지속적으로 발생하고 있다. 이러한 문제로 인하여 녹조 저감을 위해 환경부에서 댐-보-저수지 연계운영 방안을 제안하여 2015년-2016년까지 시범방류를 실시하였으며 (환경부, 2017), 방류에 따른 수위 저하로 인하여 귀이빨대칭이 및 패류의 폐사에 대한 문제가 제기되었다. 따라서, 수위저하에 따른 수생태계 영향을 최소화하기 위한 적정 수위와 수위 저하 속도 등의 관리방안에 대한 자료가 요구되고 있다.

한편, 귀이빨대칭이는 환경부 지정 멸종위기 야생생물 I급으로 보호되고 있으며, 국내 담수패류 중 가장 대형종에 해당한다. 모식산지는 아시아 대륙으로 중국, 한국, 일본 등 동북아시아에 분포하며 (Higo and Goto, 1993), 중국에서는 진주양식 산업에 이용되어 지고 있다 (Wen *et al*, 2006). 국내의 경우 멸종위기생물로 보호되고 있으나, 서식지를 포함한 생태학적인 연구는 미흡한 실정이며, 2011년 국제자연보호연합 (IUCN, International Union for Conservation of Nature) 의 적색목록에 정보 부족 (DD, Deficient) 범위로 등재되어 있다 (Bogan and Cummings, 2011). 주 서식환경으로는 강, 호소, 하천 등의 유속이 완만하거나 정체된 수역의

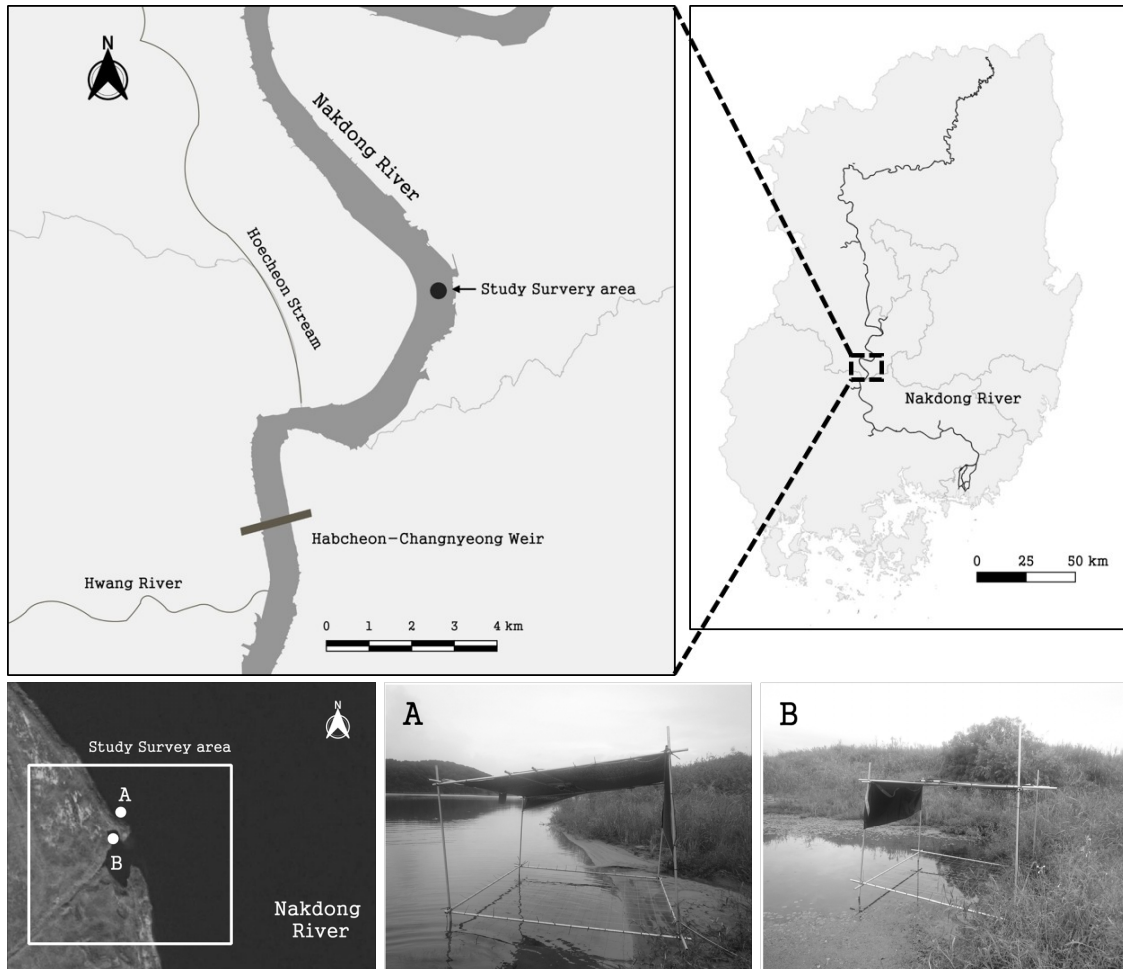


Fig. 2. Map showing the study survey area in the Nakdong River (A: Sand area, B: Mud area).

Table 2. Administrative district and GPS coordinates of surveyed area

Study area	Administrative district with Latitude and Longitude
Nakdong River	Bongsan-ri, Ugok-myeon, Goryeong-gun, Gyeongsangbuk-do (N 35° 28' 23.78", E 128° 24' 12.70")

빨층에서 주로 서식하고 (Kwon, 1990), 유생시기 (glochidium) 에는 어류의 아가미나 지느러미에 부착·기생한 후 유폐로 변태하는 것으로 알려져 있다 (Lee, 1998). 주로 수심이 깊은 곳에 서식하여 일반적인 하천 생물조사 방법으로는 발견이 어려운 실정이다.

귀이빨대칭이에 대하여 전사체 데이터의 생물정보학적 분석 (Wang, 2016), 유전자를 활용한 분자계통분류학 연구 (Chung *et al*, 2017), 보전유전학적 고찰에 관한 연구 (Jin, 2021) 등 유전학적 연구는 이루어졌으나, 생태학적 연구는 낙동강 합천보 유역의 서식실태연구 (Lee, 2011) 만 수행된 바, 분포 및 서식 환경 등의 생태학적 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 귀이빨대칭이를 대상으로 이동성, 이동속도 등을 분석하여 적정 수위 관리, 수위 저하 속도 조절 등 서식환경 보호 및 관리 등의 기초자료와 후속 연구에 대한 중요한 기반을 마련하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 대상 생물 준비

귀이빨대칭이는 환경부 멸종위기 야생생물 I 급에 해당하는 종으로 대구지방환경청 및 낙동강유역환경청에 멸종위기동물 포획 및 방사허가 (대구지방환경청: 허가번호제2017-19호, 낙

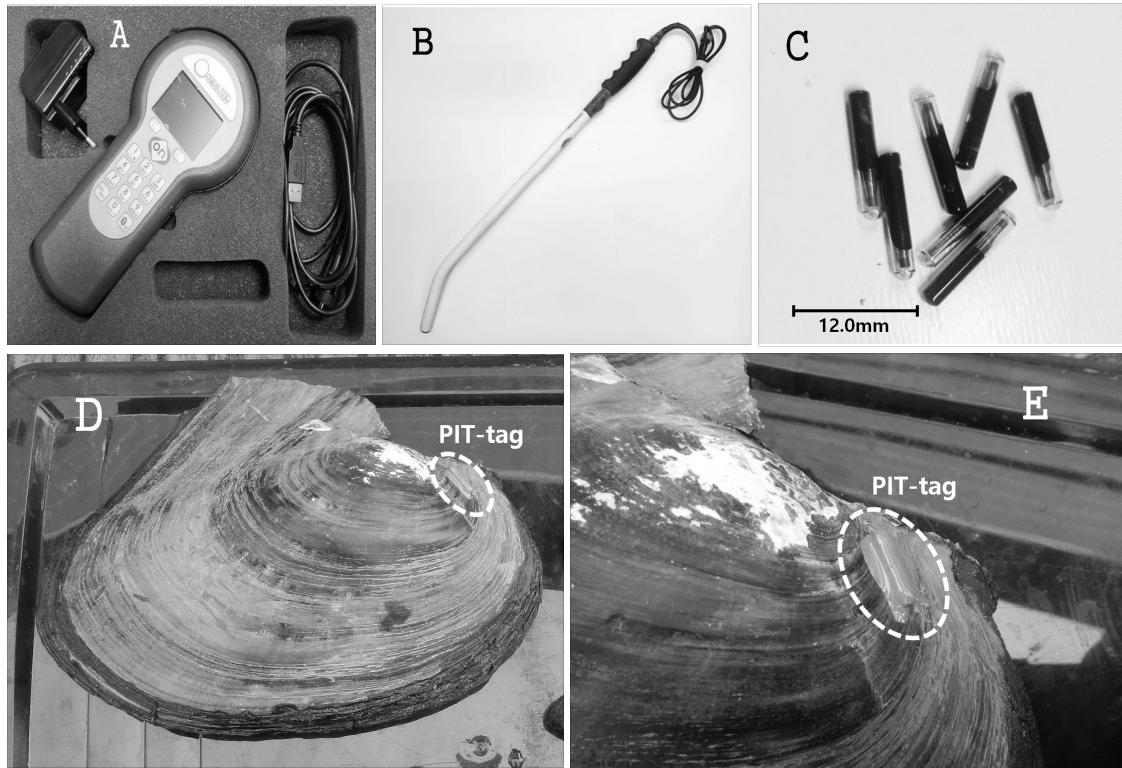


Fig. 3. PIT-tag equipment and *C. plicata* PIT-tag application. (A: Poket-reader, GESreader 3S), B: Stick antenna, GES3S), C: PIT-tag, D, E: Applicaton of PIT-tag).

Table 3. Size and survey area of *C. plicata*

No.	Height (mm)	Length (mm)	Width (mm)	PIT-tag No.	Movement dsistance			Locomotion speed
					Mud area		Sand area	Sand area
					Sep. 08-14	Sep. 08-20	Sep. 14-20	Oct. 16-27
a	110	220	59	7230		○	○	
b	105	198	56	7017		○	○	
c	127	258	77	7090		○	○	
d	130	260	68	7062		○	○	
e	97	188	54	7140	○		○	
f	51	59	12	7091	○		○	
g	106	203	57	7178	○		○	
h	141	283	78	7096	○		○	
i	123	238	60	7087	○		○	

동강유역환경청: 허가번호제2017-24호) 를 받아 채집을 실시하였다. 채집지는 낙동강 유입지류 하천인 밀양강의 하류 유수지에 해당하며, Scube diving을 이용하여 총 9개체를 채집하였고, 실험종료 후 원서식지에 재방사하였다 (Table 1, Fig. 1).

2. 실험지역 및 시기

귀이빨대칭이 이동성에 관한 실험은 낙동강 본류에 위치한 빨지형과 모래지형에서 실험방형구를 설치하여 실시하였

다. 빨지형은 둌병 (small irrigation pond) 형태를 이루는 곳으로 낙동강 본류의 물리적 환경 (수위, 유량, 파고 등) 변화를 적게 받는 지역에 위치하고, 모래지형은 물리적 환경변화에 직접적인 영향을 받는 지역에 위치하고 있다 (Table 2, Fig. 2). 이동거리 측정 및 이동속도 분석 실험은 2017년 9월부터 10월까지 실시하였다 (이동거리 측정 2017년 9월 8일-20일, 이동속도 분석 2017년 10월 16일-27일).

3. 이동거리 측정

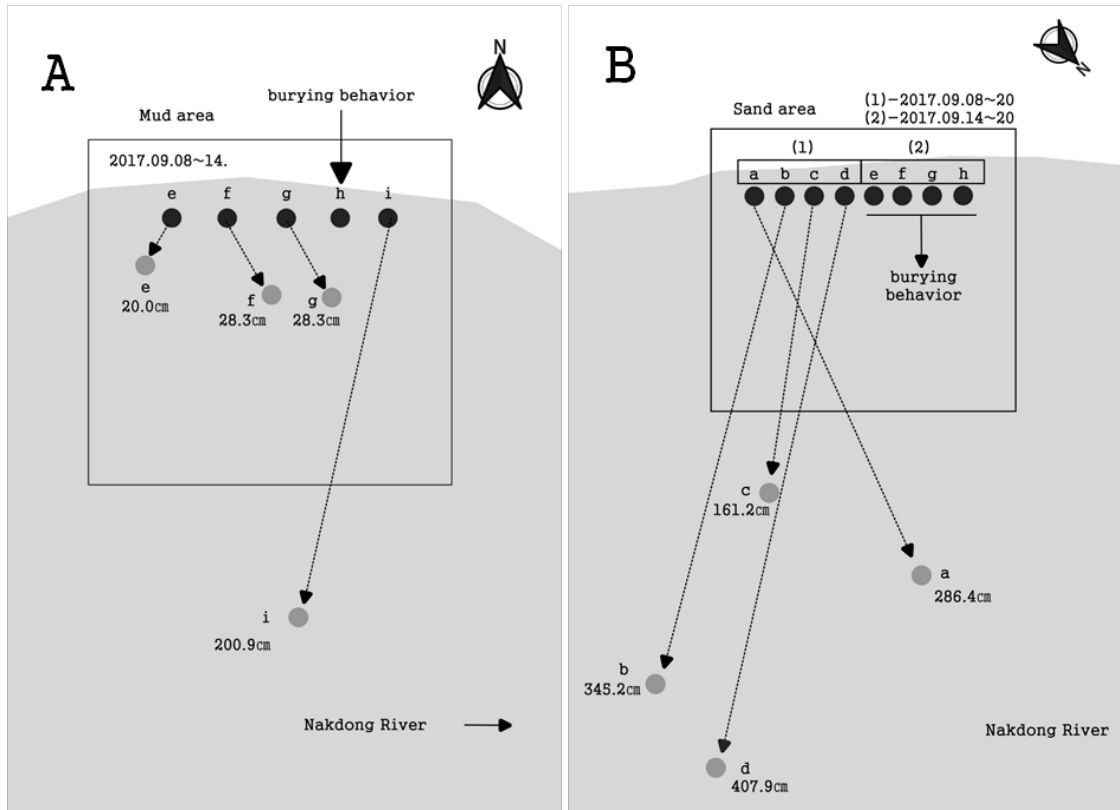


Fig. 4. Movement distance of *C. plicata* (A: Mud area, B: Sand area).

Table 4. Movement distance of *C. plicata* in Mud area

No.	Start	Finish	Length (mm)	Distance move (cm)
e			188	20.0
f			59	28.3
g	September. 08	September. 14	203	28.3
h			283	Burying behaviour
i			238	200.9

이동거리 측정은 실험방형구내 방사후 일정기간 후 이동한 위치까지의 직선거리를 측정하여 기록하였으며, 동일 기간에 대한 이동거리를 파악하기 위해 빨지형에 5개체 (e, f, g, h, i), 모래지형에 4개체 (a, b, c, d) 를 각각 나누어서 동시에 실험을 실시하였다. 이동위치 파악을 위한 개체표식을 하였으며, 일반적으로 패류는 마커펜을 이용하나, 패류의 이동시 지워질 우려가 있고, 위치파악이 어려운 점이 있다. 따라서 본 연구에서는 반영구적으로 사용이 가능한 PIT-tag (Oregon RFID, QTY 100 12.0 mm HDX) 를 패각 외부에 부착하였으며, 휴대용단말기 (Oregon RFID, Gesreader 3S) 를 이용하여 고유번호를 기록하였다. 이동한 개체의 위치 추적은 PIT-tag 추적탐침봉 (Compatible, Stick antenna, GES3S) 을 이용하였다 (Table 3, fig. 3). 귀이빨대칭이의 크기 (각장,

각고, 각폭) 와 이동거리의 상관성을 분석하기 위해 Spearman rank correlation을 통해 분석하였다.

4. 이동속도 분석

이동속도 분석은 영상촬영 통해 분석하였으며, 실험방형구 상부에 CCTV (IDIS Camera: MT0305BR, 녹화장비: IDIS DV-1104) 를 설치하여 촬영을 실시하였다. 영상촬영을 통해 유의미한 이동이 관찰된 결과를 바탕으로 이동 시작과 종료, 총 이동시간, 이동거리를 측정하였고, 이를 시간당 이동거리로 나타내었다. 귀이빨대칭이의 크기 (각장, 각고, 각폭) 와 이동속도의 상관성을 분석하기 위해 Spearman rank correlation을 통해 분석하였다.

Table 5. Movement distance of *C. plicata* in Sand area

No.	Start	Finish	Length (mm)	Distance move (cm)
a	September. 08	September. 20	220	286.4
b			198	345.2
c			258	161.2
d			260	407.9
e	Septembr. 14	September. 20	188	Burying behaviour
f			59	Burying behaviour
g			203	Burying behaviour
h			283	Burying behaviour

Table 6. Locomotion speed of *C. plicata* (Sand area)

No.	Start	Finish	Locomotion time	Length (mm)	Distance move (cm)		Locomotion speed (cm/hr)
					LD	SD	
a(1)	October. 16 PM 04 : 48	October. 16 PM 11 : 46	6 hr 58 min	220	90.0	65.0	12.9
a(2)	October. 22 PM 07 : 19	October. 23 AM 02 : 10	6 hr 51 min	220	60.0	10.0	8.8
c	October. 17 AM 03 : 21	October. 17 AM 09 : 24	6 hr 03 min	258	20.0	15.0	3.3
e	October. 16 PM 07 : 01	October. 17 AM 00 : 18	5 hr 17 min	188	30.0	25.0	5.7
h	October. 16 AM 00 : 05	October. 16 AM 04 : 19	4 hr 14 min	283	10.0	8.0	2.4

*a(1): first move, a(2): second move

*LD: Longest distance, SD: Shortest distance

결과 및 고찰

1. 이동 거리 분석

귀이빨대칭이의 이동거리 측정은 총 12일간 (2017.09.08.-09.20.) 총 9개체를 대상으로 진행되었으며, 실험 시작 6일후 빨지형의 실험개체는 이동성이 낮은 것으로 판단되어 2017년 9월 14일부터 모래지형으로 이동하여 실험일 지속하였다. 총 8개체 (a, b, c, d, e, f, g, i)의 이동이 확인되었고, 이동거리는 측정결과 20.0-407.9 cm (mean 184.8 cm, \pm 142.6) 의 이동거리를 보였다.

빨지형에서 6일간 (2017.09.08.-09.14.) 총 4개체 (e, f, g, i)의 이동이 확인되었고, 20.0-200.9 cm (mean 69.4 cm, \pm 76.0) 의 짧은 이동거리를 보였으며, 이동하지 않은 1개체 (h)는 잠입 (burying behavior) 상태로 조사되었다 (Table 4, Fig. 4(A)).

모래지형에서는 12일간 (2017.09.08.-09.20.) 총 4개체 (a, b, c, d) 의 이동이 확인되었고, 161.2-407.9 cm (mean 300.2 cm, \pm 91.0) 의 이동거리를 보였다. 빨지형에서 모래지형으로 이동하여 실험한 개체는 2017년 9월 14일-20일까지 실험하였으나, 이동 없이 잠입 (burying behavior) 상태로 조사되었다 (Table 5, Fig. 4(B)). 두 실험지역은 하상저질의

차이와 이동거리의 차이를 보였으나, 유의성의 차이가 있는 것으로 나타났다 ($P = 0.016$).

각 개체별 크기 (각장, 각고, 각폭) 와 이동거리의 상관관계를 분석한 결과 상관성은 없는 것으로 판단된다. 각장, 각고와 이동거리의 Spearman rs는 각각 0.611, 각폭과 이동거리의 Spearman rs는 0.515로 양의 상관성을 나타내었으나, 각 개체별 크기와 이동거리의 유의성은 의미가 없는 것으로 판단된다 ($P > 0.05$) (Table 7).

2. 이동속도 분석

이동속도는 영상촬영 (CCTV) 을 통해 유의미한 관찰이 확인된 결과를 바탕으로 이동속도를 분석하였다. 영상촬영 실험은 비교적 이동성이 높은 모래지형에서 실험을 실시하였다. 총 4개체 (a, c, e, h) 의 이동이 영상으로 촬영되었으며, a개체는 두차례 이동이 관찰되었다. 이동이 관찰된 시간은 16:48-09:24 사이로 늦은 오후에서 오전 시간에 주로 이동한 것으로 조사되었다. 총 이동시간은 4 hr 14 min-6 hr 58 min (mean 5 hr 52 min), 이동거리는 10.0-90.0 cm (mean 42.0 cm, \pm 29.26), 직선거리는 8.0-65.0 cm (mean 24.6 cm, \pm 21.04) 로 조사되었다. 총 이동시간, 이동거리를 바탕으로 시간당 이동속도를 분석한 결과 3.3-12.9

Table 7. Spearman rank correlation analysis of accumulated movement distance and locomotion speed with individuals characteristic

		Length	Height	Width
Movement distance	r_s	0.611	0.611	0.515
	P	0.108	0.108	0.192
Locomotion speed	r_s	-0.667	-0.667	-0.667
	P	0.219	0.219	0.219

cm/hr (mean 6.62 cm/hr, \pm 3.84) 의 범위로 분석되어 느린 이동속도를 보였다 (Table 6).

각 개체별 크기와 이동속도의 상관관계를 분석한 결과 상관성이 없는 것으로 분석되었다. 상관관계 분석 결과 Spearman r_s 는 각각 -0.667로 음의 상관성을 나타내었으며, 각 개체별 크기와 이동속도간 유의성의 차이는 의미 없는 것으로 판단된다 ($P > 0.05$) (Table 7).

고 찰

귀이빨대칭이의 이동성 실험 결과 총 9개체 중 8개체의 이동성이 확인되었으며, 이동하지 않은 개체의 경우 방사지점에 잠입 (burying behavior) 상태를 보였다. 이동거리 측정결과 모래지형에서 평균 300.2 cm로 빨지형 평균 69.4 cm보다 더 길었으며, 모래지형이 빨지형에 비해 이동성이 높은 것으로 나타났다. 이러한 이동성은 실험지역의 물리적 환경 (수위, 유수, 유량, 하상저질 등) 차이에 의한 가능성이 크다. 빨지형은 물리적 환경변화가 거의 없는 환경을 형성하고, 모래지형의 경우 낙동강 분류 수변에 위치하여 유량, 유수 등의 변화에 직접적인 영향을 받는 곳에 위치하고 있다. 따라서 모래지형의 경우 물리적 환경변화에 대한 영향으로부터 서식 안정성을 높이기 위해 수심이 깊은 방향으로 이동하는 것으로 판단된다. 또한, 하상저질에 따른 이동성의 차이를 보였으며, 일반적으로 패류는 근육질 발 (foot) 의 수축과 이완을 통해 이동이 이루어지는데, 모래지형의 경우 빨지형에 비해 입자 크기가 크고, 패류의 발을 뺀어 이동하기에 더 안정적인 지지면을 제공하는 것으로 판단된다. 물리적 환경 외 먹이원 풍부도에 따른 이동성의 차이를 보이는 것으로 판단된다. 일반적으로 패류의 먹이섭취 방법은 여과섭식으로 이루어지며, 수중내 플랑크톤, 유기물 등을 먹이원으로 이용한다. 빨지형의 경우 먹이원이 되는 유기물 퇴적량이 많고, 수중내 안정적으로 분포하여 먹이원 확보가 쉬운 반면, 모래지형의 경우 단순 모래하상으로 이루어져 유기물량이 상대적으로 빈약하고, 유량, 유수 등의 다변화로 수중내 먹이원이 불안정적으로 분포하여 먹이원 확보를 위해 이동성을 보이는 것으로 판단된다.

이동이 확인된 8개체의 크기 (각장, 각고, 각폭) 와 이동거리의 Spearman rank correlation 상관관계 분석결과 양의

상관성 보였으나, 유의성의 차이는 없는 것으로 나타났으며 ($P > 0.05$), 이는 개체의 크기가 이동 거리에 직접적인 영향을 미치지 않음을 의미한다.

이동속도 실험은 이동성이 높은 모래지형에 실시하였으며, 영상촬영을 통해 총 이동시간, 이동거리를 결과를 바탕으로 시간당 이동속도를 나타내었다. 이동속도 실험에서 4개체의 이동 영상이 촬영되었으며, 이동이 관찰된 시간은 16-10시 사이로 늦은 오후부터 오전 시간대에 주로 이동한 것으로 나타났다. 총 이동시간은 평균 5 hr 50 min, 이동거리는 평균 42.0 cm (직선거리 평균 24.6 cm) 로 나타났으며, 이동속도 분석 결과 평균 6.62 cm/hr로 분석되었고, 이동시간, 이동 거리에 비해 느린 이동속도를 보였다. 이는 환경의 변화 특히, 급격한 수위 저하시 대처 능력이 느리고, 생존 위험에 직접적으로 노출 될 가능성이 높다는 것을 의미한다.

각 개체별 크기와 이동속도의 상관관계 분석결과 Spearman r_s 는 -0.667로 음의 상관성을 보였으며, 유의성 차이 또한 없는 것으로 나타났다 ($P > 0.05$). 이는 개체의 크기가 이동속도에 미치는 영향은 미미하다는 것을 의미한다.

본 연구 결과 귀이빨대칭이의 이동성을 결정하는 중요한 요소로 물리적 환경 등의 차이를 보이며, 빨지형에 비해 모래지형에서 이동성이 높은 것으로 나타났다. 반면, 이동이 확인된 기간 및 시간에 비해 이동거리가 짧고, 이동속도는 느린 것으로 보여진다. 이러한 결과는 급격한 수위 저하시 귀이빨대칭이의 생존에 직접적인 위험요소로 작용 할 것으로 판단된다. 국내 귀이빨대칭이 서식이 확인된 호소, 하천 등의 지역에서 수위 감소에 따른 이동성을 보였으나, 대부분 노출된 상태로 확인되었으며, 이는 실험결과와 부합하는 것으로 판단된다. 따라서 느린 이동속도는 환경변화에 따른 대응이 느리고, 위험요소에 노출되어 폐사에 이를 가능성이 높은 것으로 판단된다. 이러한 결과를 바탕으로 호소, 댐, 보 등의 수문 개방시 방류량, 방류속도 등을 결정하여 수위 저하 속도를 조절함으로써 귀이빨대칭이의 생존 안정성을 확보 할 수 있을 것으로 판단된다.

귀이빨대칭이는 환경부 지정 멸종위기 야생생물 1급으로 지정되어 보호되고 있으나, 생태학적 연구가 미흡한 실정이다. 또한, 본 연구에서도 보호종 특성상 제한적인 실험과 채집을 통해 실험지역에서 이루어진 바, 한계점을 가지고 있다. 따

라서 지속적인 연구와 다양한 환경변화에 대한 연구를 통해 자료를 축적함으로써 향후 서식환경 관리 및 보호에 대한 중요한 기반자료가 될 것으로 사료된다.

요 약

귀이빨대칭이는 환경부 지정 멸종위기 야생생물 I 급으로 보호되고 있음에도 생태학적 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구에서는 귀이빨대칭이의 이동성 파악을 위해 PIT-tag를 이용하여 실험을 실시하였다. 이동거리 측정결과 뺨지형에서 평균 69.3 cm, 모래지형에서 평균 300.1 cm의 이동거리를 보였다. 뺨지형에 비해 모래지형에서 이동성이 높은 것으로 나타났다. 이동이 확인되지 않은 개체는 방사지점에서 잠입 (burying behavior) 상태로 확인되었다. 서식지간 물리적 환경 (수위, 유량, 파고 등) 의 차이와 먹이원 풍부도에 따른 이동의 차이를 보이는 것으로 판단된다. 모래지형의 경우 물리적 환경의 다변화와 이에 따른 영향으로 수중내 먹이원이 불안정적으로 분포하여 생존의 안정성 확보를 위해 이동성을 보이는 것으로 판단된다. 이동속도 분석결과 평균 이동시간 약 6 시간, 이동거리 약 40.0 cm로 평균 이동속도는 6.62 cm/hr로 느린 속도로 분석되었다. 이는 귀이빨대칭이가 환경 변화에 따른 반응 속도와 이동성이 낮고, 생존에 직접적인 요소인 수위 저하 등의 위험에 쉽게 노출 될 수 있음을 의미한다. 귀이빨대칭이의 크기와 이동거리, 이동속도의 상관관계 분석 결과 크기와 이동거리는 양의 관계, 이동속도는 음의 상관성을 보였으나, 유의성의 차이는 없는 것으로 나타났다 ($P > 0.005$). 이는 개체의 크기가 이동거리, 이동속도에 직접적인 영향을 미치지 않음을 의미한다. 이와 같은 결과를 바탕으로 댐, 보 (weir), 호소 등의 방류시 방류량, 방류속도 등을 결정하여 수위 저하 속도를 조절함으로써 귀이빨대칭이의 생존 안정성을 확보하고, 서식환경 보호, 관리에 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 국립환경과학원의 ‘낙동강 수계 귀이빨대칭이 분포 및 이동성 조사’ 연구용역 (NIER-SP2017-197) 의 일환으로 지원을 받아 수행되었기에 이에 감사드립니다.

REFERENCES

Ahn, H.K., Takaaki, A. and Kouichi, I. (1997) A study on the analysis of the Riparian vegetation naturality and viewscape in upstream. *Korean J. Landscape Architecture*, **25**(3): 222-233.

Chun, S.H., Hyun, J.Y., and Choi, J.K. (1999) A study on the distribution patterns of *Salix gracilistyla* and *Phragmites japonica* communities according to micro-landforms and substrates of the stream corridor. *J. KILA*, **27**(2): 58-68.

Chung, K.J. and KIM, D.Y. (1999) Effects of microtopography on the development of riparian vegetation in stream corridors. *Korean J. Landscape Architecture*, **27**(4): 39-49.

Chung, J.M., Hwang, H.J., Min, H.R., Park, J.E., Sang, M.K., Park, S.Y., Noh, M.Y., Jo, Y.H., Han, Y.S., Lee, J.S., Park, S.H., Kang, S.W., Kang, C.S. and Lee, Y.S. (2017) Molecular phylogenetic analysis based on metallothionein gene sequence of an endangered species *Cristaria plicata* in Korea. *Korean J. Malacology*, **33**(1), 35-40.

Higo, S., Goto, Y. (1993) A systematic list of molluscan shells from the Japanese Is. and the adjacent area. Elle Coporation. Osaka.

Hynes, H.B.N. (1970) The ecology of running waters. Liverpool Univ. Press, Liverpool, U. K.

Jin, J.Y. (2021) Conservative Genetics Study of Endangered Species Class I *Cristaria plicata* in Korea. Department of Biology Education, Graduate School, Ewha Womans University, Korea.

Kang, H.S (2012) River management and ecological restoration in response to climate change. Korea environment institute. p. 155.

Klishko, O.K., Lopes-Lima, M., Froufe, E. and Bogan, A.E. (2014) Are *Cristaria herculea* (Middendorff, 1847) and *Cristaria plicata* (Leach, 1815) (Bivalvia, Unionidae) separate species Zookeys: 1-15.

Kil, B.S. (1976) Ecological studies on the freshwater shell fish from Korea. *Korean J. Limnology*, **9**(3-4): 29-34.

Kil, B.S (1977) Ecological studies on the fresh-water gastropods in Korea. *Korean J. Limnology*, **10**(3-4): 29-35.

Kim, H.S. (1977) Illustrated Encyclopedia of Flora and Fauna of Korea, Macura. Vol. 19, Samhwa Publication Company, Seoul, pp.96-155 (in Korean).

Kindlmann, P., Burel, F. (2008) Connectivity measures: a review. *Landscape ecology*, **23**(8): 879-890.

Lee, J.S., Min, D.K., Koh D.B. and Je, J.G. (2004) Mollusks in Korea. Min Molluscan Research Institute. p. 413.

Lee, J.S., Min, D.K. (2019) Non-Marine Mollusks of Korea. Slow & Steady. Seoul. Korea.

Lee, J.S., Park, J.H., Byun, J.S. and Lee, Y.H. (2011) The Study of Ecological Habitat of *Cristaria plicata* in the Hapcheon Weir Watershed, Nakdong River. *Journal of the Environment*, **8**(1): 61-65.

Mueller, M., Pander, J. and Geist, J. (2011) The effects of weirs on structural stream habitat and biological communities. *Journal of Applied Ecology*, **48**: 1450-1461.

Öckinger, E., Schweiger, O., Thomas, O.C., Debinski, D.M., Krauss, J., Kuussaari, M., Petersen, J.D.,

- Poyry, J., Summerville, K.S. and Bommarco, R. (2010) Life - history traits predict species responses to habitat area and isolation: a cross - continental synthesis. *Ecology letters*, **13**(8): 969-979.
- Poulos, H.M., Miller, K.E., Heinemann, R., Kraczkowski, M.L., Whelchel, A.W. and Chernoff, B. (2019) Dam Removal Effects on Benthic Macroinvertebrate Dynamics: A New England Stream Case Study (Connecticut, USA). *Sustainability*, **11**(10): 2875.
- Shim Y.B., Shin H.C. and Jeong KH. (2003) A study on the Molluscan Fauna in the Freshwater of Asan Area. *The Korean Journal of Malacology*, **19**(1): 53-70.
- Song, H.B., Kwon, O.K. (1994). Glochidial attachment and cyst formation on the fish. *Korean journal of Ichthyology*, **6**(1), 51-59.
- Wang, T.H. (2016) Bioinformatic analysis of transcriptome of the endangered freshwater pearl bivalve, *Cristaria plicata* using Next Generation Sequencer (NGS). Department of Biology, Graduate School, Soonchunhyang University, Korea.
- Wentworth, C.K. (1992) A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.*, **30**: 377-392.
- Wilcox, B.A., Murphy, D.D. (1985) Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *The American naturalist*, **125**(6): 879-887.
- Woo, W.J., Chung, D.Y. (1998) Analysis of Kap-Chon's water level by the waterside planting. *J. Korean Env. Res. & Reveg. Tech.*, **1**(1): 3-17.
- 공라경, 2015. 소하천 정비사업의 개선방안: 소하천정비법을 중심으로. *수산해양교육연구*, **27**(3): 841-852.
- 권오길. (1990) 한국동식물도감. 제32권 동물편(연체동물 I). 문교부, p. 446.
- 권오길, 박갑만, 이준상. (1993) 원색한국패류도감. 아카데미서적. p. 445.
- 권오길, 민덕기, 이종락, 이준상, 제종길, 최병래. (2001) 신원색한국패류도감. 민 패류박물관. p. 332.
- 민덕기. (2004). 한국패류도감. 도서출판 한글. p. 556.
- 박갑만. (2003) *Anodonta arcaiformis*와 *Cristaria plicata* 유생의 미세구조적 연구. *Journal of the Korean Society of Fisheries Technology*: 380-381.
- 이병돈. (1956) 한국산 연체동물 목록. 부산대학교 연구논문집. **1**(1):53-100.
- 이상돈. (1998) 멸종위기 야생동식물의 보호방안. 한국환경정책 평가연구원. p. 167.
- 이준상, 민덕기. (2005) 우렁이와 달팽이. 도서출판 한글. p. 134.
- 정평림. (2003) 한국의 담수패류. 연학사. p. 284.
- 한승완. (2003) 하천조성과 서식지 보전. 백마출판사.
- 환경부, 2017. 댐·보·저수지 최적 연계운영 방안 보고서. p. 135.

