

석패과 (Unionidae) 패류의 이동성에 관한 연구 (펼조개 (*Anodonta woodiana*), 말조개 (*Unio douglasiae*))

노상은^{1,2}, 류성만¹, 이종은²

¹(주)청록환경생태연구소, ²국립경국대학교 생명과학과

Study on the mobility of Unionidae mussels (*Anodonta woodiana*, *Unio douglasiae*)

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

This study analyzed the movement distance and locomotion speed to understand the mobility of Unionidae (*Anodonta woodiana*, *Unio douglasiae*). In the sand area of the Nakdong River, the average movement distance was measured to be 296.5 cm for the *A. woodiana* and 395.1 cm for the *U. douglasiae*. In the mud area, the average movement distance for the *A. woodiana* was 257.0 cm, *U. douglasiae* was 254.7 cm. Both species moved a long distance in the sand area. In a lab tank, the average locomotion speed of *A. woodiana* was 39.1 cm/hr. In the sand area of the Nakdong River, the average locomotion speed for the *A. woodiana* was 61.1 cm/hr, *U. douglasiae* was 122.7 cm/hr. In the mud area, the average locomotion speed for the *A. woodiana* was 69.1 cm/hr, *U. douglasiae* was 67.8 cm/hr. The results showed that the locomotion speed of *U. douglasiae* was faster than that of *A. woodiana*. The analysis of the correlation between size and locomotion speed showed that the Spearman's rank was positive in both sand and mud areas. The analysis showed no significant difference between individual size and locomotion speed ($P > 0.05$), which means that larger individuals tend to have a faster locomotion speed. Based on the study's findings, it is believed that controlling the discharge amount and rate of dams, lakes, and weirs could help secure the survival stability of freshwater mollusks.

Keywords: Unionidae, *Anodonta woodiana*, *Unio douglasiae*, Mobility

서 론

국내 서식하는 석패과 (Unionidae) 종들은 담수 종들로 하천의 중류, 하류 수역의 잔돌이 많거나, 모래와 빨이 혼재된 지역이 서식처로 알려져 있으며, 대칭이속 (*Anodonta*) 일부 종들은 하천 하류의 유속이 완만하거나 정체된 수역의 빨 층에서 주로 서식하는 것으로 알려져 있다 (권, 1990). 이와 같

이 패류의 서식지에 대한 연구 및 정보는 있으나, 패류의 생태적 측면의 연구는 미흡한 실정이다.

하천이 본래 가지고 있는 자연 상태의 다양한 서식처가 보전되는 것이 건강한 생태계를 유지하는 매우 중요한 의미를 가지고 있으나 (한, 2003), 최근 가뭄의 증가, 저수지 등의 저수량 감소 등의 영향으로 서식지가 축소되고 있다.

다양한 하천개발 사업은 수생태계의 서식환경 변화를 유발하고, 수생생물의 존속에 악영향을 미치는 주요 원인이 되었다 (Wilcox and Murphy, 1985). 하천의 생태적 측면은 무시한 이수 및 치수 사업에 집중되어 있으며, 환경을 훼손하는 원인이 되고 있다 (공, 2015). 특히 멸종위기종 등의 보호종은 개발로 인한 서식처 고립, 환경변화 등의 생존 위험을 받고 있으며 (Kindlmann and Burel, 2008), 이동성이 낮은 분류군은 더 큰 영향을 받고 있다 (Ökinger *et al.*, 2010).

국내의 경우 4대강 살리기 사업으로 대형 보가 운영되고,

Received: September 08, 2025; Revised: September 15, 2025;
Accepted: September 24, 2025

Corresponding author: Jong-Eun Lee

Tel: +82 (54) 820-5618, e-mail: Jelee@anu.ac.kr
1225-3480/24900

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.

Table 1. 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")

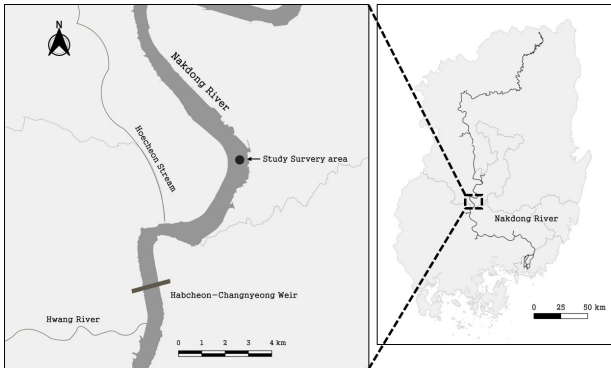


Fig. 1. Map showing the study survey area in the Nakdong River.

담수화와 정수화로 수심이 깊어지고 서식환경의 변화가 이루어졌다. 또한, 하상 준설 등으로 교란이 발생하고, 수중생물의 집단 폐사 및 녹조 발생 등의 영향으로 부분적으로 생존의 위협을 받고 있다. 한편, 녹조 발생의 지속적인 문제를 저감하기 위해 환경부에서 댐-보-저수지 연계운영 방안으로 2015년-2016년까지 시범방류를 실시하였으며 (환경부, 2017), 방류에 따른 수위 저하로 인하여 패류의 폐사에 대한 문제가 제기되었다. 따라서, 수위저하에 따른 패류 및 수생태계 영향을 최소화하기 위한 적정 수위와 수위 저하 속도 등의 하천 관리방안에 대한 자료가 요구되고 있다.

석패과 패류에 관한 연구는 이매패류 (말조개) 의 여과 특성을 이용한 남조류 생물학적 제어 연구 (박, 2021), 말조개와 작은말조개의 분자계통학적 연구 (김, 2021), 납지리의 말조개 산란 특성 (Kim *et al.*, 2020), 대칭이와 펄조개 유생의 형태적 차이 분석 (정, 2016), 대칭이와 귀빨대칭이 유생의 미세구조적 연구 (박, 2003) 등이 수행된 바 있으나, 패류의 이동성에 관한 연구는 귀빨대칭이의 이동성에 관한 연구 (Noh *et al.*, 2025) 가 전부이며, 그 외 생태학적 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 펄조개와 말조개를 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. 실험지역 및 시기

이동성 실험을 위해 연구실내 실험수조와 낙동강 본류내 모래지형과 빨지형에 실험방형구를 설치하여 각각 실험을 실시하였다. 연구실 실험수조는 2017년 7월 29일-8월 3일까지 실시하였다. 낙동강 본류는 모래지형과 빨지형에 실시하였으며, 빨지형은 둠병 (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. 낙동강에서 실험은 2017년 8월 11일-24일, 9월 8일-20일까지 2차에 걸쳐 실시하였다 (Table 1; Fig. 1.).

2. 실험방법

1) 연구실 실험수조

실험수조 (70 × 300 × 30 cm) 를 제작하여 펄조개 13개체를 대상으로 이동성 실험을 실시하였다. 실험수조의 하상조건은 모래질로 구성하였고, 실험수조 상부에 CCTV를 설치하여 영상촬영을 통해 이동성이 확인된 개체를 대상으로 이동속도 분석을 실시하였다 (Fig. 2.).

2) 낙동강 실험방형구

낙동강 본류내 모래지형과 빨지형에 실험방형구 (260 × 280 × 200 cm) 를 설치하여 실험을 실시하였다. 모래방형구내 총 25개체 (펄조개 13개체, 말조개 12개체), 빨방형구내 총 28개체 (펄조개 15개체, 말조개 13개체) 를 대상을 실험을 실시하였다. 이동거리 측정을 위해 각 실험개체에 PIT-tag를 부착하여 이동한 개체의 위치를 추적하였다. 이동속도 분석을 위해 실험방형구 상부에 CCTV를 설치하여 영상촬영을 통해 이동성이 확인된 개체를 대상으로 이동속도 분석을 실시하였다 (Fig. 2).

3) 이동거리 측정

낙동강 실험방형구내 방사된 실험개체가 일정기간 후 이동한 위치까지의 직선거리를 측정하여 기록하였으며, 이동위치 파악을 위한 개체표식을 하였다. 개체 표식은 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 (Fig. 3.).



Fig. 2. Experimental setups: Lab tank and Nakdong River quadrats of research. (A: Lab tank, B: Sand area, C: Mud area)

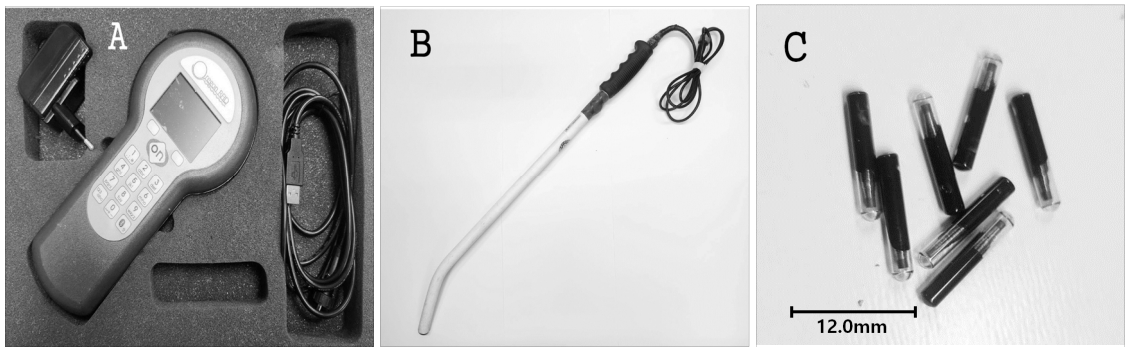


Fig. 3. PIT-tag equipment. (A: Poket-reader, GESreader 3S), B: Stick antenna, GES3S), C: PIT-tag)

4) 이동속도 분석

이동속도 분석은 영상촬영 통해 분석하였으며, 연구실 실험 수조와 낙동강 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 이동속도로 환산하였다.

결 과

1. 실험수조 결과

실험수소에서 펄조개 13개체에 대하여 총 6일간 (2017.07.29.-08.03) 영상을 분석한 결과 이동시간 0 hr 54 min-5 hr 11 min (mean 3 hr 07 min), 이동거리 32.0-190.0 cm (mean 116.8 cm, \pm 43.0) 로 나타났으며, 시간당 이동속도로 환산한 결과 19.2-55.4 cm/hr (mean 39.1 cm/hr) 로 분석되었다. 이동이 확인된 시간은 주간 3개체 (07:54-14:35), 야간 10개체 (18:47-05:45) 이동하여 주로 야간에 이동한 것으로 확인되었다 (Table 2.).

2. 낙동강 실험방형구 결과

1) 이동거리 분석

낙동강 실험방형구에서 이동거리 측정 결과 펄조개 20.0-543.3 cm (mean 272.4 cm, \pm 145.7), 말조개 60.0-564.6 cm (mean 317.9 cm, \pm 160.2) 로 조사되었다.

모래지형 방형구에서 펄조개 13개체, 말조개 12개체를 대상으로 2차에 걸쳐 조사한 결과 펄조개 9개체 101.9-543.3 cm (mean 296.5 cm, \pm 138.8), 말조개 9개체 60.0-564.6 cm (mean 395.1 cm, \pm 145.5) 의 이동거리를 보였다. 1차 결과 (2017.08.11.-08.24) 펄조개 5개체 101.9-543.3 cm (mean 319.6 cm, \pm 141.2), 말조개 6개체 310.4-540.3 cm (mean 455.7 cm, \pm 94.8), 2차 결과 (2017.09.08.-09.20) 펄조개 4개체 121.7-441.8 cm (mean 267.7 cm, \pm 130.2), 말조개 3개체 60.0-412.3 cm (mean 273.9 cm, \pm 153.4) 로 조사되었다. 모래지형에서 두 종간의 이동거리에 대한 유의성의 차이는 없는 것으로 판단된다 ($P > 0.05$) (Table 3).

빨지형 방형구에서 펄조개 15개체, 말조개 13개체를 대상으로 2차에 걸쳐 조사한 결과 펄조개 14개체 20.0-468.6 cm (mean 257.0 cm, \pm 147.9), 말조개 11개체 63.2-512.6 cm (mean 254.7 cm, \pm 143.0) 의 이동 거리를 보였다. 1차 결과 (2017.08.11.-08.24) 펄조개 6개체 20.0-360.5 cm (mean 238.0 cm, \pm 114.8), 말조개 4개체 145.6-512.6 cm (mean 332.0 cm, \pm 150.2), 2차 결과 (2017.09.08.-09.20) 펄조개 8개체 20.0-468.6 cm (mean 271.2 cm, \pm 167.0), 말조개

Table 2. Locomotion speed of *A. woodiana* (Lab tank)

No.	Start		Finish		Locomotion time	Distance move (cm)		Locomotion speed (cm/hr)	D/N
						LD	SD		
A	Jul. 30	AM 09:22	Jul. 30	AM 11:02	1 hr 40 min	32	18	19.2	D
B	Aug. 03	AM 02:00	Aug. 03	AM 05:45	3 hr 45 min	76	75	20.3	N
C	Jul. 30	PM 09:09	Jul. 31	AM 02:04	4 hr 55 min	132	50	26.8	N
D	Aug. 01	PM 07:53	Aug. 02	AM 01:04	5 hr 11 min	156	156	30.5	N
E	Jul. 29	PM 06:47	Jul. 29	PM 10:44	3 hr 57 min	130	110	32.9	N
F	Aug. 01	PM 09:52	Aug. 02	AM 00:58	3 hr 06 min	108	90	34.8	N
G	Aug. 02	PM 11:05	Aug. 03	AM 02:39	3 hr 34 min	153	150	42.9	N
H	Jul. 31	AM 04:17	Jul. 31	AM 05:11	0 hr 54 min	40	30	44.4	N
I	Jul. 31	PM 11:16	Aug. 01	AM 01:44	2 hr 28 min	110	98	44.5	N
J	Jul. 31	AM 11:46	Jul. 31	PM 14:35	2 hr 49 min	133	110	47.2	D
K	Aug. 01	AM 00:19	Aug. 01	AM 02:43	2 hr 24 min	130	120	54.2	N
L	Jul. 31	PM 11:26	Aug. 01	AM 01:45	2 hr 19 min	128	122	55.2	N
M	Jul. 30	AM 07:54	Jul. 30	AM 11:20	3 hr 26 min	190	140	55.4	D

*LD: Longest distance, SD: Shortest distance

*D: Day time, N: Night time

Table 3. Distance move of survey areas in Nakdong River

Survey areas	Species	Start	Finish	No. of individuals	Distance move (cm)	Distance move		P
						mean	SD (±)	
Sand area	<i>A. woodiana</i>	Aug. 11	Aug. 24	5	101.9-543.3	319.6	141.2	0.185
		Sep. 08	Sep. 20	4	121.7-441.8	267.7	130.2	
	<i>U. douglasiae</i>	Aug. 11	Aug. 24	6	310.4-564.6	455.7	94.8	
		Sep. 08	Sep. 20	3	60.0-412.3	273.9	153.4	
Mud area	<i>A. woodiana</i>	Aug. 11	Aug. 24	6	20.0-360.5	238.0	114.8	0.971
		Sep. 08	Sep. 20	8	20.0-468.6	271.2	167.0	
	<i>U. douglasiae</i>	Aug. 11	Aug. 24	4	145.6-512.6	332.0	150.2	
		Sep. 08	Sep. 20	7	63.2-388.3	210.6	117.8	

Table 4. Comparison of Species and Interspecies by survey areas in Nakdong River

Species	Survey areas	No. of individuals (total)	Distance move (cm)	mean	SD (±)	P
<i>A. woodiana</i>	Sand area	9	101.9-543.3	296.5	138.8	0.545
	Mud area	14	20.0-468.6	257.0	147.9	
<i>U. douglasiae</i>	Sand area	9	60.0-564.6	395.1	145.5	0.056
	Mud area	11	63.2-512.6	254.7	143.0	

7개체 63.2-388.3 cm (mean 210.6 cm, ± 117.8) 로 조사되었다, 빨지형에서 두 종간의 이동거리에 대한 유의성의 차이는 없는 것으로 판단된다 (P > 0.05) (Table 3).

이동거리 측정 결과 전체적으로 말조개가 펄조개에 비해 더 먼거리를 이동한 것으로 나타났으며, 모래지형에서 빨지형에 비해 더 먼거리를 이동한 것으로 조사되었다. 모래지형에서는 말조개가 더 먼거리를 이동하였고, 빨지형에서는 두종의 차이는 크지 않는 것으로 조사되었다. 실험지역별, 종별 유의성 차

이에 대한 분석결과 차이는 없는 것으로 판단된다 (P > 0.05) (Table 4.).

2) 이동속도 분석

이동속도는 영상촬영 (CCTV)을 통해 유의미한 관찰이 확인된 결과를 바탕으로 분석하였다. 총 11개체의 이동이 촬영되었으며, 모래 방형구에서 7개체, 빨 방형구에서 4개체의 이동속도 분석을 실시하였다.

Table 5. Locomotion speed of sand area in Nakdong River

Species	No.	Start	Finish	Length (cm)	Height (cm)	Width (cm)	Locomotion time	Distance move (cm)	Locomotion speed (cm/hr)
<i>A. woodiana</i>	A2	Aug. 14 14:54	Aug. 14 17:47	122.0	77.0	50.0	2 hr 53 min	225	78.0
	A3	Aug. 11 22:58	Aug. 12 06:10	86.0	52.0	34.0	7 hr 12 min	123	17.1
	A6	Aug. 14 16:02	Aug. 14 19:24	89.0	60.0	32.0	3 hr 22 min	248	73.7
	A11	Aug. 13 00:47	Aug. 13 02:11	87.0	59.0	31.0	1 hr 24 min	100	71.4
<i>U. douglasiae</i>	U8	Aug. 11 20:04	Aug. 11 21:07	69.0	34.0	23.0	1 hr 03 min	165	157.1
	U10	Aug. 11 20:36	Aug. 11 21:53	68.0	34.0	26.0	1 hr 17 min	204	159.0
		Aug. 12 05:51	Aug. 12 08:02				2 hr 11 min	127	58.2
	U11	Aug. 11 19:56	Aug. 11 21:31	43.0	22.0	15.0	1 hr 35 min	183	115.6

Table 6. Locomotion speed of mud area in Nakdong River

Species	No.	Start	Finish	Length (cm)	Height (cm)	Width (cm)	Locomotion time	Distance move (cm)	Locomotion speed (cm/hr)
<i>A. woodiana</i>	A16	Aug. 12 15 : 50	Aug. 12 17 : 21	87.0	58.0	32.0	1 hr 31 min	105	69.2
<i>U. douglasiae</i>	U5	Aug. 12 02 : 58	Aug. 12 06 : 59	81.0	39.0	27.0	4 hr 01 min	120	29.9
		Aug. 12 19 : 36	Aug. 12 21 : 11				1 hr 35 min	79	49.9
	U6	Aug. 12 02 : 43	Aug. 12 04 : 14	70.0	35.0	26.0	1 hr 31 min	162	106.8
	U9	Aug. 11 19 : 34	Aug. 11 21 : 26	67.0	32.0	25.0	1 hr 52 min	158	84.6

모래지형 방형구에서 펄조개 4개체 (A2, A3, A6, A11), 말조개 3개체 (U8, U10, U11) 의 이동이 영상으로 촬영되었다. 펄조개의 이동이 관찰된 시간은 14:54-06:10, 총 이동시간은 1 hr 23 min-7 hr 12 min (mean 3 hr 43 min), 이동거리 100.0-248.0 cm (mean 174.0 cm, ± 63.55) 로 조사되었다. 총 이동시간, 이동거리를 바탕으로 시간당 이동속도를 분석한 결과 17.1-78.1 cm/hr (mean 61.1 cm/hr, ± 24.93) 의 이동속도를 보였다. 말조개의 U11개체는 두차례 이동이 관찰되었고, 이동이 관찰된 시간은 19:56-08:02, 총 이동시간은 1 hr 03 min-2 hr 10 min (mean 1 hr 53 min), 이동거리는 127.0-204.0 cm (mean 169.8 cm, ± 28.28) 로 조사되었다. 총 이동시간, 이동거리를 바탕으로 시간당 이동속도를 분석한 결과 58.3-159.4 cm/hr (mean. 122.7 cm/hr, ± 41.02) 의 이동속도를 보였다. 펄조개와 말조개의 이동성을 비교한 결과 말조개의 이동성이 높은 것으로 나타났다 (Table 5.).

모래지형에서 각 개체별 크기 (각장 (Length), 각고

(Height), 각폭 (Width)) 와 이동속도에 대한 상관관계를 분석한 결과 Spearman r_s 는 펄조개 각장과 각고는 각각 1.000, 각폭은 0.400, 말조개 각장은 0.894, 각고는 0.738, 각폭은 0.949로 각각 양의 상관성을 보이며, 유의성의 차이는 없는 것으로 분석되어 ($P > 0.05$), 개체의 크기가 클수록 이동속도가 빠른 것을 의미하는 것으로 판단된다 (Table 7.).

빨지형 방형구에서 펄조개 1개체 (A16), 말조개 3개체 (U5, U6, U9) 의 이동이 영상으로 촬영되었다. 펄조개 A16 개체의 이동이 관찰된 시간은 15:50-17:21, 총 이동시간은 1 hr 31 min, 이동거리 105.0 cm로 조사되었다. 총 이동시간, 이동거리를 바탕으로 시간당 이동속도를 분석한 결과 69.1 cm/hr의 이동속도를 보였다. 말조개의 U5개체는 두차례 이동이 관찰되었고, 이동이 관찰된 시간은 19:34-06:59, 총 이동시간은 1 hr 30 min-4 hr 01 min (mean 2 hr 14 min), 이동거리는 78.0-162.0 cm (mean 129.5 cm, ± 33.95) 로 조사되었다. 총 이동시간, 이동거리를 바탕으로 시간당 이동속도를 분석한 결과 30.2-106.6 cm/hr (mean. 67.8 cm/hr, ±

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

		Spearman rank		Length	Height	Width	No. of individuals (total)
Locomotion speed	Sand area	<i>A. woodiana</i>	r_s	1.000	1.000	0.400	4
			P	-	-	0.600	
		<i>U. douglasiae</i>	r_s	0.894	0.738	0.949	4
			P	0.106	0.262	0.051	
	Mud area	<i>A. woodiana</i>	-	-	-	-	1
			r_s	0.105	0.105	0.105	4
	<i>U. douglasiae</i>	P	0.895	0.895	0.895		

29.81) 의 이동속도를 보였다 (Table 6.).

빨지형에서 각 개체별 크기 (각장 (Length), 각고 (Height), 각폭 (Width)) 와 이동속도에 대한 상관관계를 분석한 결과 Spearman r_s 는 펄조개는 1개체의 이동만 확인되어 분석을 실시하지 않았으며, 말조개는 각고, 각장, 각폭 각각 0.105로 양의 상관성을 보이며, 유의성의 차이는 없는 것으로 분석되어 ($P > 0.05$), 개체의 크기가 클수록 이동속도가 빠른 것으로 의미하는 것으로 판단된다 (Table 7.).

고 찰

펄조개와 말조개를 대상으로 실험수조와 낙동강 본류 모래지형과 빨지형의 실험방형구에서 각각 이동성 실험을 실시하였다.

낙동강 실험방형구에서 이동거리 측정결과 모래지형에서 평균 이동거리는 펄조개 296.5 cm (± 138.8), 말조개 395.1 cm (± 145.5), 빨지형에서 평균 이동거리는 펄조개 257.0 cm (± 147.9), 말조개 254.7 cm (± 143.0) 로 나타났다. 결과에 의하면 모래지형에서 말조개의 이동성이 높고, 빨지형에서는 두 종간의 차이가 크지 않으며, 유의성 분석에서도 차이가 없는 것으로 분석되었다 ($P > 0.05$). 또한, 실험지역별 비교에서도 빨지형에 비해 모래지형에서 두 종 모두 더 먼 거리를 이동한 것으로 확인되었다. 이는 하상저질에 따른 차이로 보이며, 일반적으로 패류는 이동시 근육질 발 (foot) 의 수축과 이완을 통해 이동이 이루어지는데, 모래지형의 경우 빨지형에 비해 입자 크기가 크고, 패류의 발을 뺀 이동하기에 더 안정적인 지지면을 제공하는 것으로 판단된다. 한편, 선행 연구된 귀이빨대칭이 이동성 연구 (Noh *et al.*, 2025) 에 의하면 귀이빨대칭이의 평균 이동거리는 모래지형 300.2 cm (± 91.0), 빨지형 69.4 cm (± 76.0) 로 모래지형에서 이동성이 높은 것으로 연구된 바 있으며, 이와 유사한 결과를 보이는 것으로 판단된다.

이동속도 실험은 실험수조와 낙동강 본류에서 실시하였다. 실험수조에는 펄조개를 대상으로 실시하였으며, 평균 이동시

간 3 hr 07 min, 평균 이동거리 116.8 cm로 이동속도는 평균 39.1 cm/hr로 환산되었다. 낙동강 실험방형구의 모래지형에서는 펄조개의 평균 이동시간 3 hr 43 min, 평균 이동거리 174.0 cm로 이동속도는 평균 61.1 cm/hr, 말조개의 평균 이동시간 1 hr 53 min, 평균 이동거리 169.8 cm로 이동속도는 평균 122.7 cm/hr로 말조개의 이동성이 높은 것으로 나타났다. 빨지형에서는 펄조개 1개체가 이동시간 1 hr 31 min, 이동거리 105.0 cm로 이동속도는 69.1 cm/hr, 말조개는 평균 이동시간 2 hr 14 min, 평균 이동거리 129.5 cm로 이동속도는 평균 67.8 cm/hr로 종간 이동속도의 차이는 크지 않은 것으로 확인되었다. 귀이빨대칭이 이동성 연구 (Noh *et al.*, 2025) 에 의하면 귀이빨대칭이의 이동속도 분석결과 평균 이동시간 5 hr 50 min, 평균 이동거리 42.0 cm로 평균 이동속도는 6.62 cm/hr로 매우 느린 것으로 확인되어, 이와 비교시 펄조개와 말조개의 이동속도는 빠른 것으로 판단된다. 펄조개와 말조개의 각 개체별 크기 (각장 (Length), 각고 (Height), 각폭 (Width)) 와 이동속도에 대한 상관관계를 분석한 결과 Spearman r_s 는 모래지형, 빨지형 모두 양의 상관성을 보였으며, 유의성 차이는 없는 것으로 분석되어 ($P > 0.05$) 개체가 크기가 클수록 이동속도가 빠른 것으로 판단된다. 반면 Noh *et al.* (2025) 에 의하면 귀이빨대칭이는 크기와 이동속도의 상관관계 분석결과 Spearman r_s 는 각각 -0.667로 음의 상관성을 보였으나, 유의성 차이는 없는 것으로 분석되어 ($P > 0.05$) 개체의 크기가 이동속도에 미치는 영향은 미미한 것으로 연구된 바 있다. 이동속도 분석 결과에 의하면 느린 이동속도를 나타내는 귀이빨대칭이는 환경변화에 따른 위험 요소에 직접적으로 노출 될 가능성이 높으나, 펄조개와 말조개의 경우 이러한 위험요소에 회피 가능성이 높은 것으로 판단된다.

한편, 펄조개와 말조개의 경우 크기가 클수록 이동속도가 빨라지는 반면, 귀이빨대칭이의 경우 느려지는 경향으로 분석되었으나, 종별 유의성의 차이는 없는 것으로 나타나 크기와 속도간에 상관관계가 약한 것으로 판단된다. 이는 실험 종의 생태적 특성이나 형태적인 차이와 일정기간에 맞춰 제한적인 조건

에 따라 실시된 실험으로 한계점을 가지는 것으로 판단된다.

연구 결과를 바탕으로 석패과 패류의 이동속도를 고려하여 댐, 호소, 보 등의 수문 개방시 방류량, 방류속도 등을 결정하여 수위 저하 속도를 조절함으로써, 패류의 생존 안정성을 확보 할 수 있을 것으로 판단된다. 한편, 연구에 대한 한계점을 가지므로 다양한 환경, 다양한 조건에서 지속적인 연구를 통해 자료를 축적함으로써 향후 패류의 이동성에 대한 중요한 기반자료가 될 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 석패과 패류의 이동성 파악을 위해 펄조개와 말조개를 대상으로 이동거리, 이동속도 분석을 실시하였다.

이동거리 분석 결과 낙동강 모래지형에서 펄조개의 이동거리는 평균 296.5 cm, 말조개는 평균 395.1 cm, 빨지형에서는 펄조개 평균 257.0 cm, 말조개 평균 254.7 cm의 이동거리를 보여 두 종 모두 모래지형에서 더 먼거리를 이동한 것으로 확인되었다. 이는 하상저질에 따른 차이로 보이며, 모래지형의 경우 빨지형에 비해 입자 크기가 크고, 패류의 발 (foot)을 뻗어 이동하기 더 안정적인 지지면을 제공하는 것으로 판단된다.

이동속도 분석 결과 실험수조에서 펄조개의 이동속도는 평균 39.1 cm/hr로 분석되었다. 낙동강 모래지형에서 펄조개는 평균 61.1 cm/hr, 말조개는 평균 122.7 cm/hr로 환산되었다. 빨지형에서 펄조개는 69.1 cm/hr, 말조개는 평균 67.8 cm/hr로 환산되었다. 두 종의 이동속도 비교결과 말조개가 펄조개에 비해 높은 것으로 나타났다. 각 개체별 크기와 이동속도의 상관관계 분석결과 Spearman r_s 는 모래지형, 빨지형 모두 양의 상관성을 보였다. 개체의 크기와 이동속도간 유의성 차이는 없는 것으로 분석되었으며 ($P > 0.05$), 이는 개체의 크기가 클수록 이동속도가 빠름을 의미한다.

연구 결과를 바탕으로 석패과 패류의 이동속도를 고려하여 댐, 호소, 보 등의 수문 개방시 방류량, 방류속도 등을 결정하여 수위 저하 속도를 조절함으로써, 패류의 생존 안정성을 확보 할 수 있을 것으로 판단된다. 한편, 본 연구에서는 제한적인 조건에 따른 한계점을 가지고 있다. 따라서 지속적인 연구와 다양한 환경변화에 대한 연구를 통해 자료를 축적함으로써 향후 서식환경 관리 및 보호에 대한 중요한 기반자료가 될 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 국립환경과학원의 ‘낙동강 수계 귀이빨대칭이 분포 및 이동성 조사’ 연구용역 (NIER-SP2017-197) 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.
- 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.
- 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.
- Kang, H.S. (2012) River management and ecological restoration in response to climate change. Korea environment institute. p. 155
- 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).
- Kim, H.S., Park, J.S. and Kim, H.T. (2020) Spawning and Adaptation Characteristics Inside the Mussel, *Unio douglasiae* of Autumn Spawning Bitterling, *Acheilognathus rhombeust* (Pisces: Acheilognathinae). Korean Journal of Environment and Ecology. Korea Society of Environment and Ecology. <https://doi.org/10.13047/kjee.2020.34.4.274>
- 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 Moluscan Research Institute. p. 413
- Lee, J.S., Min, D.K. (2019) Non-Marine Mollusks of Korea. Slow & Steady. Seoul. Korea.
- Noh, S.E., Ryu, S.M., and Lee, J.E. (2025) Study on the Mobility of *Cristaria plicata*. *The Korean Journal of Malacology*, **41**(1): 9-17.
- 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.

Mobility of Unionidae

- 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.
- 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
- 김경민. (2021) Molecular phylogenetic, population genetic and demographic studies of *Nodularia douglasiae* and *N. breviconcha*. 석사학위논문. 경북대학교 대학원
- 민덕기. (2004) 한국패류도감. 도서출판 한글. p. 556
- 박구성. (2021) 이매패류(말조개)의 여과 특성을 이용한 남조류의 생물학적 제어 연구. 박사학위논문. 건국대학교 대학원
- 박갑만. (2003) *Anodonta arcaeformis*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.
- 이준상, 민덕기. (2005) 우렁이와 달팽이. 도서출판 한글. p. 134
- 정수현. (2016) 대칭이와 펼조개 유생의 형태적 차이 분석. 석사학위논문. 경북대학교
- 정평림. (2003) 한국의 담수패류. 연학사. p. 284
- 환경부. (2017) 댐-보-저수지 최적 연계운영 방안 보고서. p. 135
- 한승완. (2003) 하천조성과 서식지 보전. 백마출판사.