

낙동강 상류에 서식하는 열목어의 일주기 이동 패턴 연구

김정희 · 윤주덕¹ · 조현빈² · 장민호*

공주대학교 생물교육과, ¹공주대학교 생물자원센터, ²부산대학교 생명과학과

The Study on Daily Movement Patterns of *Brachymystax lenok tsinlingensis* Inhabit in the Upper Part of the Nakdong River. Kim, Jeong-Hui, Ju-Duk Yoon¹, Hyunbin Jo² and Min-Ho Jang* (Department of Biology Education, Kongju National University, Gongju 314-701, Korea; ¹Biological Resource Center, Kongju National University, Gongju 314-701, Korea; ²Department of Biological Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea)

Abstract To investigate seasonal (summer and fall) daily movement of *Brachymystax lenok tsinlingensis* that inhabit in upper part of the Nakdong River, we attached radio tags to seven individuals (summer: BL1-2; fall: BL3-7) and monitored them at an interval of 2 h. The survey results revealed that the average movement distance per day (m) (\pm SD) of *B. l. tsinlingensis* was 182.4 ± 79.2 m, and most of the individuals migrated within 1 km as their habitat boundary. The maximum movement distance per day (m) and the home range (m) during summer season were 550.5 ± 75.5 m and 649 ± 53 m, respectively, compared to 283.8 ± 55.1 m and 186 ± 32 m during fall season. From these findings, it can be inferred that *B. l. tsinlingensis* exhibits seasonal changes in the distance of daily movement; however, it generally covers short distances without leaving the habitat boundaries during both seasons. The seasonal daily movement of *B. l. tsinlingensis* established in this study is expected to be useful in preserving their population.

Key words: *Brachymystax lenok tsinlingensis*, daily movement, home range, radio telemetry, Nakdong River

서 론

국제적으로 어류의 이동에 대한 연구의 시작은 주로 경제성 어종인 연어과 어류를 중심으로 이루어졌으며, 해당 어종의 생산량 증대와 같은 상업적인 가치 증대를 위해 주로 연구되었다 (Lucas and Baras, 2001). 이후 경제성 어종이 아닌 보호가 필요한 다양한 종들을 대상으로 이동 연구가 시행되고 있으며, 이를 통해 나타난 결과들은 산란

장 파악, 서식지 보호 범위 설정 등 해당종의 보호에 효과적으로 활용되고 있다 (Jang and Lucas, 2005; Mitamura *et al.*, 2008; Simpfendorfer *et al.*, 2010).

어류의 이동패턴은 종에 따라서 다르게 나타나며 동일 종 내에서도 생활사 (life stage)에 따라 차이를 보인다 (Lucas and Baras, 2001). 또한 어류의 이동은 산란과 같이 특정한 목적에 의해서 나타나는 장거리 이동과 서식처 내에서 반복적으로 나타나는 단거리 이동으로 구분할 수 있다 (Jellyman and Sykes, 2003). Hall *et al.* (1979)에 의하면 산란 시기를 제외하고 서식처 내에서 나타나는 단거리 이동은 주로 먹이활동과 포식자 회피를 원인으로 하여 반복적으로 나타나기 때문에, 일주기 이동패턴에 대한 연구는 해당어종의 포식, 피식, 휴식 등 서식처 활용에 대한 상세

Manuscript received 10 February 2015, revised 26 May 2015,
revision accepted 3 June 2015

* Corresponding author: Tel: +82-41-850-8285, Fax: +82-41-850-8842,
E-mail: jangmino@kongju.ac.kr

© The Korean Society of Limnology. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provide the original work is properly cited.

한 정보를 제공할 수 있다.

어류 이동 연구에 있어서 원격측정법 (telemetry method)의 개발은 물 속에서 서식하기 때문에 육안으로 이동을 확인할 수 없는 어류의 이동정보를 축적하는 데 많은 도움을 주고 있다. 이 중 radio telemetry 방법은 특정 주파수를 발생시키는 tag의 신호를 안테나와 수신기를 이용하여 추적하는 방법으로 개체식별이 가능하고 신호의 수신 범위가 넓으며 어류의 이동에 대해서 정확한 위치를 파악할 수 있는 장점을 가지고 있다 (Kenward, 2001; Lucas and Baras, 2001). 따라서 유영능력이 뛰어나고 이동성향이 활발한 어류의 생태 특성을 밝히는 데 효과적인 방법으로 어류 이동 연구에 다수 적용되고 있다 (Baade and Fredrich, 1998; Gerlier and Roche, 1998).

열목어 (*Brachymystax lenok tsinlingensis*)는 육봉형의 연어과 어류로 주로 하천의 상류에 서식하는 냉수성 어종이다 (Kim and Park, 2002). 국내의 분포는 과거 한강, 낙동강, 섬진강 수계에 서식하는 것으로 확인되었으나 최근 연구에 의하면 주로 한강 수계와 낙동강 일부 지역에서만 서식이 확인되고 있다 (Choi *et al.*, 2002; NIER, 2013). 이처럼 점진적인 개체수 감소로 인하여 문화재청에서 열목어가 서식하는 한강과 낙동강 일부 지역을 대상으로 천연기념물 73호 (정선 정암사 열목어 서식지), 74호 (봉화 대현리 열목어 서식지)로 지정하여 보호하고 있으며, 또한 2012년 환경부에서 멸종위기 야생동식물 2급으로 지정하여 보호하고 있다.

국내에서 열목어에 대한 연구의 경우 과거에는 섭식

(Byeon *et al.*, 1995; Yoon *et al.*, 2013), 개체군 특성 (Byeon, 2011)에 관한 연구가 선행되었다. 이외 산란시기에 외부적인 요인에 의하여 어떠한 이동 패턴을 보이는지에 대해서 Yoon and Jang (2009), Yoon *et al.* (2014)에 의해 보고되어 국내 열목어의 이동특성에 대한 자료가 확보되었다. 반면 이들 연구의 경우 산란기를 포함하는 계절 이동에 관한 내용으로 아직까지 열목어의 일주기 이동은 연구된 바가 없다. 따라서 본 연구에서는 열목어의 여름철과 가을철 일주기 이동 패턴을 모니터링하여 향후 열목어의 보호지역 설정 및 서식처 복원에 도움이 되는 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

연구가 이루어진 지점은 경상북도 봉화군 석포면 일대 (육송정 삼거리에서 석포역 사이 구간)의 낙동강 상류구간이다 (Fig. 1). 인근에 열목어 서식지 보호지역 (천연기념물 74호)인 병오천이 위치하고 있으며, 병오천은 원천리천을 지나 최종적으로 본 조사구간으로 유입된다. 또한 조사구간 하류에 위치한 석포제련소 아래로는 열목어가 전혀 서식하지 않는 것으로 알려져 있어서 조사가 이루어진 지점은 열목어의 국내 최남단 서식처로서 중요성을 가지고 있는 지점이다.

열목어의 이동을 파악하기 위해서 radio telemetry 방법을 사용하였다. 연구에 사용된 radio tag (모델명, Biotrack

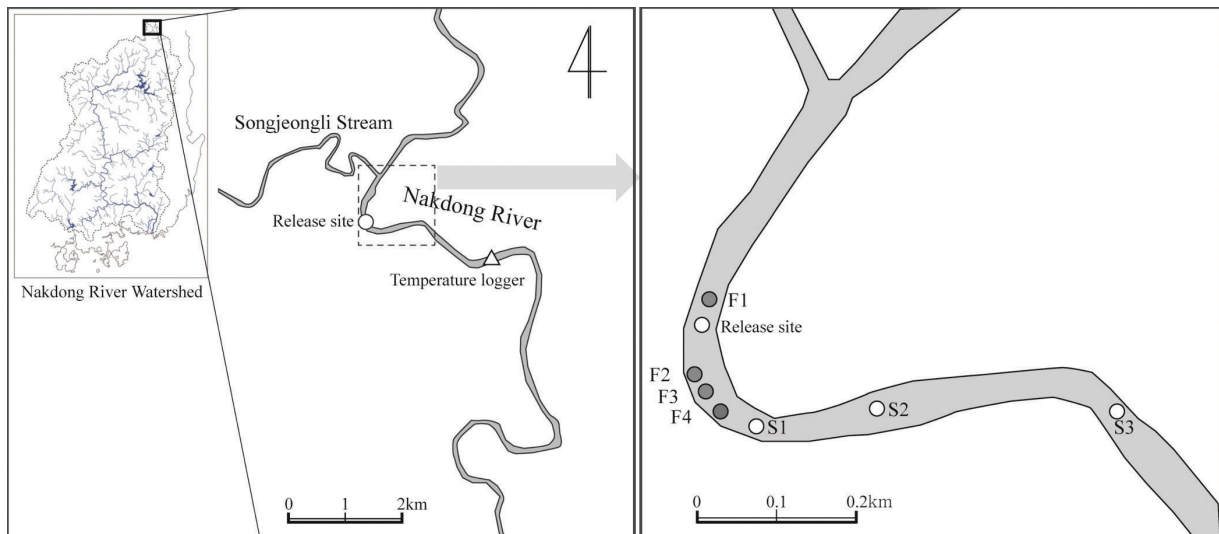


Fig. 1. The map of the study site and habitat of *B. l. tsinlingensis* (S1~3 most frequently detected point in summer season; F1~4, most frequently detected point in fall season).

Table 1. Individual characteristics and monitoring data of *B. l. tsinlingensis* used for radio telemetry.

ID	Total length (mm)	Total weight (g)	Radio frequency (MHz)	Tagging and releasing date	Last monitoring date	Average movement distance per day (m)	Maximum movement distance per day (m)	Home range (m)
BL1	279	201	150.582.50	2009-07-31	2009-08-04	240	626	596
BL2	335	331	148.402.50	2009-07-31	2009-08-02	341	475	702
BL3	412	594	148.947.30	2009-10-31	2009-11-02	80	196	124
BL4	395	553	148.159.10	2009-10-31	2009-11-02	170	341	202
BL5	560	1,578	148.791.20	2009-10-31	2009-11-02	118	343	212
BL6	370	521	148.080.20	2009-10-31	2009-11-02	167	258	192
BL7	390	545	150.582.90	2009-10-31	2009-11-02	161	281	200

Ltd., UK)은 17×9 mm로 190 mm의 유연성이 있는 안테나가 부착되어 있으며, 무게는 1.8 g으로 tag이 적용된 열목어 체중의 1% 이내의 범위였다. 주파수는 모두 148~150 MHz 대역에 포함되어 있었으며, 5초에 한번씩 신호를 발생하였다. Tag의 적용을 위한 열목어의 채집은 투망을 이용하였다. 채집된 개체를 대상으로 외과적 수술과적을 통해서 tag을 복강에 삽입하였으며, 삽입 과정은 Yoon and Jang (2009)의 연구와 동일하게 이루어졌다. Radio tag은 여름 (2009년 7월 31일; 2개체)과 가을 (2009년 10월 31일; 5개체)로 구분하여 총 7개체에 삽입되었다 (Table 1). Tag이 적용된 열목어는 충분한 회복 후 채집장소와 동일장소에 방류를 실시하였다 (Fig. 1).

방류된 개체의 추적은 Biotrack사의 Sika receiver (Biotrack Ltd., UK)와 3-element Yagi antenna (Biotrack Ltd., UK)를 이용하여 하천을 따라 도보로 이동하면서 실시하였으며, 방류 후 3~5일 동안 가능한 약 2시간 간격으로 실시하였다. 감지된 지점에 대해 매 회 GPS (GPSmap 60CSx, Garmin Corp. Taiwan) 좌표로 위치를 기록하였으며, 열목어의 서식처 특성을 알아보기 위하여 시기별로 반복적으로 머무른 지점을 대상으로 수심 (cm), 유속 (표층; > 50 cm; model 2100, Swiffer Inc., USA)을 측정하고 흐름의 형태 (소 pool, 흐름 run, 여울 riffle)를 기록하였다. 수온은 자동수온측정기 (UA 002-64, Onset Computer, USA)를 설치하여 1시간 간격으로 변화를 파악하였다.

열목어의 이동특성은 일일 평균 이동거리 (Average movement distance per day, 총 이동거리에 모니터링 일수를 나눔), 일일 최대 이동거리 (Maximum movement distance per day, 가장 많은 이동이 나타난 날의 이동거리), 이동범위 (Home range, 감지된 지점 중 가장 상류와 가장 하류 사이의 거리)로 구분하여 분석에 이용하였다. 이동거리는 ArcGIS 9.3 (ESRI, Redlands, USA)를 사용하여 산정하였다. 또한 열목어 개체크기와 이동범위의 상관성을 파악하

기 위해서 Spearman rank correlation분석을 시행하였다. 상관성 분석은 계절로 인해 발생하는 오류를 없애기 위해 동절기 5개의 전장 및 이동범위 정보만을 사용하였으며, SPSS 18.0 (SPSS Inc., USA)을 이용하여 분석되었다.

결과 및 고찰

총 7개체의 열목어에 대해서 개체별 3~5일간 모니터링한 결과 총 이동거리가 최소 318 m (BL3)에서 최대 1,200 m (BL1)로 나타났다. 이들 개체의 일일 평균 이동거리 (\pm standard deviation)는 182.4 ± 79.2 m로 나타났으며, 일일 최대 이동거리는 개체에 따라 최소 196 m (BL3)에서 최대 626 m (BL1)로 확인되었다 (Table 1). Yoon and Jang (2009)의 연구에 의하면 국내 서식하는 열목어는 산란기에 산란장을 찾아서 서식처로부터 4 km 이상의 먼 거리를 이동하는 것으로 보고하였지만, 본 연구결과를 통해서 산란기를 제외한 다른 시기의 이동거리는 1 km 이내로 길지 않음을 확인할 수 있었다.

본 연구가 이루어진 낙동강 상류구간에서의 열목어 분포 범위는 Byeon (2011)에 의해서 일부 밝혀졌으며, radio tag을 적용하기 위한 사전조사 (Kim's unpublished data) 및 주민의 청문조사에 의하면 상류 동점역 인근에서 하류 석포제련소까지 약 8 km 구간에서 열목어가 분포하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 열목어의 분포 범위 내에서 radio tag이 적용된 7개체의 이동범위는 318.3 ± 212.8 m로 확인되었다. 어류의 이동범위는 어류의 크기와 연관성이 있으며, 개체크기가 커질수록 큰 이동범위를 갖는 것으로 알려져 있다 (Kramer and Chapman, 1999). 반면, 본 연구에서는 열목어 (동절기 5개체)의 전장과 이동범위는 상관성이 없는 것으로 확인되었다 (Spearman rank correlation, $r_s = 0.400$, $P > 0.05$). 조사구간 내에서 잠재적인 서식처 크

Table 2. Habitat characteristics of most frequently detected point of *B. l. tsinlingensis* during summer and the fall seasons.

Seasons (sites)	Summer			Fall				
	S1	S2	S3	F1	F2	F3	F4	
Depth (cm)	19~36	47~65	20~33	107~131	35~92	78~84	102~116	
Water velocity (m s ⁻¹)	Surface	0.6~0.96	0.95~1.41	0.32~0.46	0.24~0.35	0.18~0.75	0.22~0.33	0.07~0.23
	> 50 cm	-	0.44~0.63	-	0.14~0.2	0.07~0.18	0.16~0.27	0.01~0.08
Habitat type	Riffle	Riffle	Riffle	Pool	Pool, Riffle	Pool, Run	Pool	

기가 충분함에도 불구하고 개체크기와 이동범위 간 상관성이 낮게 나타난 이유는 조사대상 어류의 크기가 큰 차이가 없었기 때문인 것으로 사료된다. 실제 동절기에 tag이 적용된 개체 중 1개체 (BL5)를 제외하고 전장이 400 mm 내외로 차이가 크지 않았다. Byeon (2011)의 연구에 의하면 열목어는 전장에 따라 80~180 mm 만1년생, 200~300 mm 만2년생, 300 mm 이상 만3년생으로 구분되며, 이러한 구분에 의하면 본 연구의 모든 개체는 만3년생 이상 개체로 한정되어 있다. 본 연구에서 열목어의 채집시 제한된 어구의 사용으로 tag 적용시 크기를 선택할 수 있을 만큼의 충분한 개체가 채집되지 않았다. 따라서 우선 채집된 개체를 대상으로 tag이 적용되었으며 이러한 과정으로 인하여 성체를 중심으로 연구가 진행되었다. 반면 어류는 치어와 성체 간의 유연능력, 먹이원, 포식위험이 차이가 나기 때문에 생활사에 따라 이동패턴 및 이동범위의 차이가 있는 것으로 알려져 있다 (Lucas and Baras, 2001). 향후 연구 시에는 이러한 점을 고려하여 만1년생, 2년생에 대한 이동 연구를 추가할 필요성이 있으며, 이를 통해 열목어의 성장에 따른 이동패턴도 확인이 가능할 것으로 판단된다.

시기별 열목어의 이동 패턴은 Fig. 2와 같이 나타났다. 여름철 (BL1, BL2)과 가을철 (BL3~BL7) 이동 패턴 비교 시 여름이 상대적으로 일일 평균 이동거리 (여름, 290.5 ± 50.5 m; 가을, 139.2 ± 35.1 m), 일일 최대 이동거리 (여름, 550.5 ± 75.5 m; 가을, 283.8 ± 55.1 m), 이동범위 (여름, 649 ± 53 m; 가을, 186 ± 32 m)가 길어 활발한 이동을 보였다 (Table 1). 시기별 이동의 차이는 주로 수온에 의해서 나타나며, 낮은 수온은 어류의 이동성을 감소시킨다 (Wieser, 1991; Prignon *et al.*, 1998). 본 연구에서 수온이 낮은 가을 (13.1 ± 1.3°C)보다 상대적으로 수온이 높은 여름 (21.2 ± 1.7°C)에 더욱 활발한 이동을 확인할 수 있었으며, 그 결과 일일 평균 이동거리 및 최대 이동거리, 이동범위가 더 크게 나타난 것으로 판단된다. 수온이 낮은 경우 충분한 섭식이 이루어지지 못하기 때문에 에너지 확보에 어려움을 겪는다 (Cunjak *et al.*, 1987). Kim and Park (2002)에 의하면 열목어의 산란기가 3~4월로 가을부터 수온이 감소

하기 시작한 후 산란기까지 낮은 수온이 지속된다. 산란기는 에너지 소모가 크게 일어나기 때문에 산란기가 되기 전에 어류는 다른 시기와 비교하여 에너지 소비를 줄이고 보존해야 한다. Berman and Quinn (1991)의 연구에 의하면 Chinook salmon의 경우 산란기 이전 수온이 낮은 시기에 에너지를 보존하기 위하여 휴식처 (refuge area)에서 크게 움직이지 않음을 보고하였다. 이처럼 활동성을 감소시키는 것은 에너지를 보존하는 효과적인 방법으로 이용될 수 있으며, 본 연구의 가을철 이동 역시 에너지를 충분히 보존하기 위한 결과로 해석될 수 있다.

개체별 이동패턴을 확인해 볼 때 여름철에 모니터링 된 BL1 개체는 방류 후 하류 60 m 지점의 여울로 이동한 후 다시 10 m 상류로 이동하였다. 이후 방류지점으로부터 하류 180 m (S1), 300 m (S2), 350 m (S3) 여울을 반복해서 이동하는 행동 패턴을 나타냈다. BL2 개체 역시 방류 후 하류 180 m (S1)에 위치한 여울에서 처음 확인이 되었으며, 이후 해당 지점으로부터 60 m 상류로 이동 후 5시간이 지나 다시 원래의 S1 지점으로 이동하였다. 이후 S2 지점을 지나 702 m 하류 지점으로 이동하였다. 이처럼 열목어 개체의 여름철 서식지 이용 특성을 보면 수심이 50 cm 내외의 유속이 빠른 여울 (S1~3)에서 많은 시간을 보내는 것을 확인할 수 있었다 (Table 2). 가을철 모니터링 된 BL3~BL7은 방류지점으로부터 200 m를 벗어나지 않았으며, 일정 구간 내에서 상·하류를 오가는 반복적인 이동 패턴을 확인할 수 있었다 (Fig. 2). 어류는 휴식, 포식활동과 같은 잠재적인 이익을 고려하여 주요 서식처 간 규칙적인 이동 패턴을 보이며 (Burke, 1995; Clough and Ladle, 1997), 본 연구 역시 이와 같은 원인으로 특정 구간 내 반복적인 이동이 나타난 것으로 사료된다. 또한 개체별 차이는 있었으나 대부분의 개체가 해가 진 오후 8시 이후부터 오전 8시까지의 활동성이 매우 떨어진 반면 낮 시간 (오전 8시~오후 8시) 때에 비교적 활동성이 높은 것을 확인할 수 있었다. 가을철 서식환경의 경우 대부분의 시간을 수심 1 m 내외의 유속이 느린 소 (F1, F4)에서 보내는 것으로 확인되었으나, 일시적으로 여울 (F2)과 흐름 (F3) 지점을 서

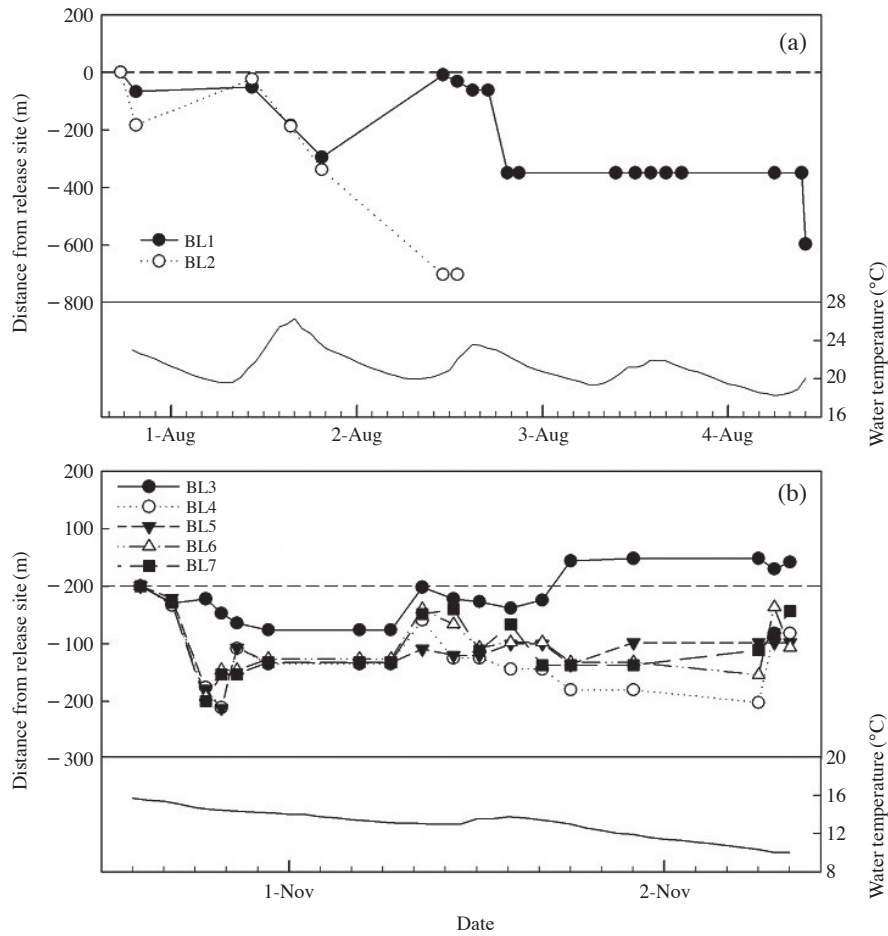


Fig. 2. Daily movement of tagged *B. l. tsinlingensis* during each seasons (a, summer; b, fall)

식처로 이용하였다 (Table 2). 동일한 지점에서 이루어진 Yoon and Jang (2009)의 모니터링 (약 2주 간격)에 의하면 열목어는 동절기로 접어드는 가을철에 소와 소 사이의 이동만을 보고하였으며, 여름의 이동은 보고되지 않았다. 이처럼 본 연구에서는 기존의 계절 이동 연구와 비교하여 모니터링 간격 (약 2시간 간격)을 짧게 함으로써 계절 이동 연구에서 확인되지 않았던 상세한 정보를 확인할 수 있었다.

보호종을 효율적으로 보호하기 위한 정책과 관리전략은 해당 종에 대한 과학적인 연구를 기반으로 만들어져야 한다 (Meffe, 2002). 열목어는 국내에서 지속적인 개체군 감소로 보호종으로 지정되었으며, 따라서 개체군을 보호할 수 있는 구체적인 정책 및 전략이 마련될 필요성이 있다. 이러한 상황에서 본 연구결과는 기존의 연구들과 함께 열목어 개체군을 보호하는 데 효과적으로 이용될 수 있다. 일주기 이동 모니터링을 통해 확인된 열목어의 시기별 이동패턴은 개체군 감소가 이루어지고 있는 열목어 서식처

의 보호구간 설정에 활용될 수 있으며, 또한 시기별 선호 서식처에 대한 구체적인 정보는 향후 열목어의 서식처 복원시 물리적 환경을 구성하는 데 있어서 중요한 정보로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

적 요

낙동강 상류에 서식하는 열목어의 여름철과 가을철 일주기 이동 패턴을 파악하기 위하여 총 7개체의 열목어에 radio tag를 적용하여 약 2시간 간격으로 모니터링을 실시하였다. 조사 결과 열목어의 일일 평균 이동거리 (\pm SD)의 경우 182.4 ± 79.2 m이며, 대부분의 개체가 1km 이내의 거리를 서식범위로 이용하는 것으로 확인되었다. 시기별 구분시 여름철의 일일 최대 이동거리 및 이동범위가 550.5 ± 75.5 m, 649 ± 53 m로 가을철의 283.8 ± 55.1 m, 186 ± 32 m와 비교하여 더 넓게 나타났다. 이처럼 열목어의 여름과

가을의 이동거리 및 범위는 상대적인 차이를 보였으나 모두 서식범위를 벗어나지 않는 단거리 이동이었다. 본 연구 결과로 확인된 열목어의 시기별 일주기 이동은 열목어의 개체군 보존을 위한 노력에 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

사 사

본 기술은 강원대학교에서 수행하는 환경부 Eco-STAR Project ‘수생태복원사업’ 연구과제의 지원 (과제번호 EW11-07-10)을 받았으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Baade, U. and F. Fredrich. 1998. Movement and pattern of activity of the roach in the River Spree, Germany. *Journal of Fish Biology* **52**(6): 1165-1174.
- Berman, C.H. and T.P. Quinn. 1991. Behavioural thermoregulation and homing by spring Chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum), in the Yakima River. *Journal of Fish Biology* **39**(3): 301-312.
- Burke, N.C. 1995. Nocturnal foraging habitats of French and bluestriped grunts, *Haemulon flavolineatum* and *H. sciurus*, at Tobacco Caye, Belize. *Environmental Biology of Fishes* **42**(4): 365-374.
- Byeon, H.K., K.S. Cho, J.S. Choi, J.H. Park, J.K. Choi, Y.M. Son and S.R. Jeon. 1995. Diet of manchurian trout (*Brachymystax lenok tsinlingensis*) at Jindong Stream. *Korean Journal of Limnology* **28**(3): 297-287.
- Byeon, H.K. 2011. The characteristic of fish fauna and *Brachymystax lenok tsinlingensis* individuals in the Bonghwa-gun, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* **25**(6): 878-886.
- Choi, K.C., S.R. Jeon, I.S. Kim and Y.M. Son. 2002. Colored Illustrations of The Freshwater Fishes of Korea. Hyangmunsu Press Co. Seoul.
- Clough, S. and M. Ladle. 1997. Diel migration and site fidelity in a stream-dwelling cyprinid, *Leuciscus leuciscus*. *Journal of Fish Biology* **50**(5): 1117-1119.
- Cunjak, R.A., A. Curry and G. Power. 1987. Seasonal energy budget of brook trout in streams: implications of a possible deficit in early fall. *Transactions of the American Fisheries Society* **116**(6): 817-828.
- Gerlier, M. and P. Roche. 1998. A radio telemetry study of the migration of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and sea trout (*Salmo trutta trutta* L.) in the upper Rhine. *Hydrobiologia* **371**: 283-293.
- Hall, D.J., E.E. Werner, J.F. Gilliam, G.G. Mittelbach, D. Howard, C.G. Doner and A.J. Stewart. 1979. Diel foraging behavior and prey selection in the golden shiner (*Notemigonus crysoleucas*). *Journal of the Fisheries Board of Canada* **36**(9): 1029-1039.
- Jang, M.H. and M.C. Lucas. 2005. Reproductive ecology of the river lamprey. *Journal of Fish Biology* **66**(2): 499-512.
- Jellyman, D.J. and J.R. Sykes. 2003. Diel and seasonal movements of radio-tagged freshwater eels, *Anguilla* spp., in two New Zealand streams. *Environmental Biology of Fishes* **66**(2): 143-154.
- Kenward, R.E. 2001. A Manual for Wildlife Radio Tagging. Academic Press, London.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyo-Hak Publishing, Seoul.
- Kramer, D.L. and M.R. Chapman. 1999. Implications of fish home range size and relocation for marine reserve function. *Environmental Biology of Fishes* **55**(1-2): 65-79.
- Lucas, M.C. and E. Baras. 2001. Migration of freshwater fishes. Blackwell Science, Oxford.
- Meffe, G.K. 2002. Connecting science to management and policy in freshwater fish conservation. p. 363-372 *In: Conservation of freshwater fishes: options for the future* (Collares-Pereira, M.J., I.G. Cowx and M.M. Coelho, eds.). Iowa State University Press, Iowa.
- Mitamura, H., Y. Mitsunaga, N. Arai, Y. Yamagishi, M. Khashchichat and T. Viputhanumas. 2008. Horizontal and vertical movement of Mekong giant catfish *Pangasianodon gigas* measured using acoustic telemetry in Mae Peum Reservoir, Thailand. *Fisheries Science* **74**(4): 787-795.
- NIER. 2013. Nationwide Aquatic Ecological Monitoring Program. National Institute of Environmental Research. Incheon.
- Prignon, C., J.C. Micha and A. Gillet. 1998. Biological and environmental characteristics of fish passage at the tailfer dam in the Meuse River, Belgium. *Fish Migration and Fish Bypasses* **69**: 69-84.
- Simpfendorfer, C.A., T.R. Wiley and B.G. Yeiser. 2010. Improving conservation planning for an endangered sawfish using data from acoustic telemetry. *Biological Conservation* **143**(6): 1460-1469.
- Wieser, W. 1991. Physiological energetics and ecophysiology, p. 426-455. *In: Cyprinid fishes: systematics, biology and exploitation* (Winfield, I.J. and S.J. Nelson, eds.). Chapman and Hall, London.
- Yoon, H.N., K.D. Kim, Y.L. Jeon, J.H. Lee and Y.J. Park. 2013. Stomach contents of the Manchurian Trout (*Brachymystax lenok tsinlingensis*) and River Salmon (*Oncorhynchus masou masou*) in the Odae Mountain, Gangwondo. *Korean Journal of Ichthyology* **25**(2): 90-105.
- Yoon, J.D. and M.H. Jang. 2009. Migration patterns of *Brachymystax Lenok tsinlingensis* using radio tags in the upper

part of the Nakdong River. *Korean Journal of Limnology* **42**(1): 58-66.

Yoon, J.D., J.H. Kim, H.B. Jo, M.A. Yeom, W.M. Heo, G.J. Joo and M.H. Jang. 2014. Seasonal habitat utilization and

movement patterns of the threatened *Brachymystax lenok tsinlingensis* in a Korean river. *Environmental Biology of Fishes* **98**: 225-236.