

묵납자루, *Acheilognathus signifer*의 서식지 선택과 환경특성

백 현 민 · 송 호 복*

(강원대학교 자연과학대학 생명과학부)

Habitat Selection and Environmental Characters of *Acheilognathus signifer*. Baek, Hyun-Min and Ho-Bok Song* (Division of Life Sciences, College of Natural Sciences, Kangwon National University, 200-701 Chunchon, Korea)

Acheilognathus signifer is distributed widely in high density in the Naechon-stream. The order of this-stream was 2~4 and the water width is wide but the depth is relatively shallow and the sinuosity is 1.83, which indicates a meandering stream. The water width/stream width ratio is 1.59, which suggests moderate entrenchment. Naechon-stream was classed as B type by Rosgen (1996). The natural habitat of *A. signifer* is a slow flow velocity pool, like a backwater pool, which is made up of piled up boulders that restricts the flow of water. The stream bed is made up of boulders and sands that enable the spawning host to inhabit. *A. signifer* selects a microhabitat where the boulders furnish hiding places. The Habitat of *A. signifer* is strongly affected by the existence or not there of *U. douglasiae sinuolatus*. After hatching from the mussel, *A. signifer* inhabits the surface of the water. It then moves to the low layer once it acquires swimming ability. While *A. signifer* inhabits the edge of the river in summer, *A. signifer* moves to the deeper layers in winter, where there are the refuge like rocks and boulders. In spring *A. signifer* moves from the deep water to the river line where the mussels reside.

Key words : *Acheilognathus signifer*, *Unio douglasiae sinuolatus*, habitat selection, macrohabitat, microhabitat

서 론

생태적 지위(ecological niche)는 그 생물이 점유하고 있는 물리적 공간뿐만 아니라 군집 내에서 기능적 역할을 하는 이화학적인 환경요인과 생물의 위치 등에 의해 결정되며, 이는 그 생물이 서식하는 장소와 환경적 조건 등이 매우 중요하게 작용하고 있음을 나타낸다. 어류의 서식지에 대한 연구는 종의 생태적 지위를 밝히는데 중요할 뿐만 아니라 그 과정에서 유속, 하상구조, 공간이용 등 서식에 필요한 비생물적 환경요인에 대한 정보를 취득할 수 있으며, 동서 어류간의 서식지 경쟁과 종간 경쟁

을 피하기 위한 생태적 분리현상 등을 이해하는데 도움이 된다(백 등, 2002).

묵납자루, *Acheilognathus signifer*는 잉어과(Cyprinidae)의 납자루아과(Acheilognathinae)에 속하며, Berg (1907)가 함경남도 풍동에서 채집하여 기재한 한국 고유종으로, 한강수계를 포함하여 그 이북지역인 임진강, 대동강, 압록강, 성천 및 회양 등에 분포한다(丙田, 1939). 같은 납자루아과의 다른 종들은 대부분 하천의 중·하류에 주로 서식하지만 *A. signifer*는 중·상류 지역에 서식한다. 그러나 하상에 빨과 모래의 비율이 높고, 하천 변에 수초가 무성한 정수역을 선호하는 특징이 있으며, 산란숙주로 이용하는 이매패는 작은말조개(*Unio douglasiae*

* Corresponding author: Tel: 016-365-9861, E-mail: hoboksong@hanmail.net

sinuolatus)이다(백, 2005).

납자루아과의 어류들은 비교적 유속이 느린 하천의 정수지역과 연못, 호수 등 수초가 많은 지역을 선호하는 것으로 알려져 있다(內田, 1939; 中村, 1969; Nagata and Nishiyama, 1976; 송, 1994). *A. signifer*의 서식지에 관하여 內田(1939)은 하천의 유속이 느리고 얇은 곳, 소하천, 하천에 이어지는 연못 등에 서식한다고 보고하였다. 납자루아과의 서식지에 관하여 Przybylski and Zieba(2000)는 *Rhodeus sericeus*의 미소서식지 선택에 관하여 보고하였고, Reichard *et al.*(2002)은 *R. sericeus*의 크기에 따른 서식지 선택에 관하여 보고한 바 있다.

본 연구는 한국 고유종인 *A. signifer*의 생태학적 연구의 일환으로 서식처의 환경 특성을 조사함으로써 최근 개체수가 급격히 감소하여 멸종위기에 처해있는 *A. signifer*의 보호와 보존 및 종의 복원을 위한 생물학적 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

*A. signifer*의 서식지의 선택과 환경특성에 대하여 2002년 1월부터 2003년 12월까지 북한강 상류의 내촌천

에서 조사하였다(Fig. 1).

1. 하천특성

조사지점을 포함하는 내촌천의 하천특성을 조사하기 위해 1 : 25,000 지도를 이용하여 Strahler(1964)의 방법에 의해 하천차수를 구하였고, 하천분류는 Rosgen(1996)의 체계를 따랐다. 하천분류에 필요한 하천경사(slope), 만곡도(sinuosity), 유폭:수심의 비(width-to-depth ratio), 유폭:하폭의 비(entrenchment ratio) 등은 다음과 같은 식으로 구하였다(Rosgen, 1996).

- 유폭:수심비(W:D) = 하천 유수폭/하천 수심
- 경사도(%) = (최상류와 최하류의 고도차/하천연장) × 100
- 만곡도(P) = 하천의 연장/최상류부터 최하류까지의 직선거리
- 유폭:하폭의 비 = 하천의 유수폭/하천의 전체폭

2. 물리·화학적 환경특성

서식지의 환경 특성을 알아보기 위해 조사지의 이·화학적인요인과 유속, 수심, 하상구조, 수중 및 수변식생 등

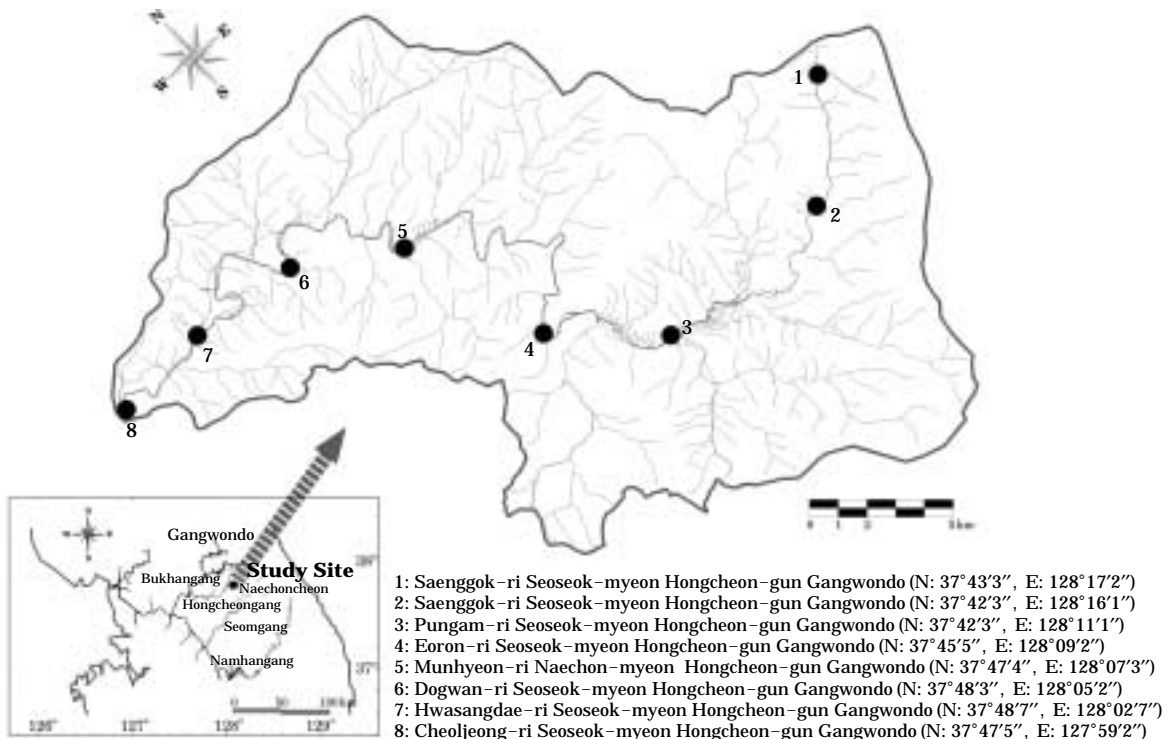


Fig. 1. Map showing the study sites.

을 조사하였고, 기온과 수온의 측정은 알콜봉상온도계를 사용하였다. 용존산소(DO)는 DO meter (YSI model 57), 수소이온농도는 pH meter (Dp-135), 전기전도도는 KENT-EI1 5009를 사용하였다. 생물학적 산소요구량(BOD) 및 부유물질(SS) 농도는 수질오염공정시험법(환경부, 2000)에 따랐으며, 모든 측정은 정오에 실시하였다.

3. 서식지 선택

1) macrohabitat (거시적 서식지) 특성

A. signifer가 서식하고 있는 내촌천에서 환경의 구성요인과 조건에 따른 macrohabitat를 조사하기 위해 내촌천의 상류에서 하류까지 8개 지점을 선택하였다(Fig. 1). 각 조사지점은 보나 인공구조물이 설치된 지역은 제외하고 자연적인 소나 여울이 포함된 지점을 선정하였으며, 대조구로서 보가 축조된 1개 지점을 함께 조사하였다. 어류의 채집은 투망(망목 5×5 mm), 족대(망목 2×2 mm)와 유인망(25×25×70 cm, 망목 3×3 mm)을 이용하였다. 채집된 표본은 현장에서 10% 포르말린에 고정하였다. 정량적인 채집을 위해 지점 당 투망 20회, 족대 60분, 유인망은 5개를 이용하여 30분간 채집하였고 조개는 손으로 30분간 채취하였다. 각 지점별로 유속과 수심을 측정하고 하상구조, 하천구배를 조사하였으며 수변식물, 침수식물 등 주변 환경 현황을 파악하였다.

2) microhabitat (미소서식지) 특성

A. signifer의 microhabitat에 대하여 조사하기 위해 본 종이 비교적 많이 서식하고 있는 7번 지점에서 수심, 유속, 하상구조 등 물리적 환경요소를 측정후 모식도를 작성하고 A. signifer의 microhabitat 선택에 대하여 조사하였다.

결 과

1. 하천의 환경특성

본 조사지인 내촌천을 Strahler (1964)의 방법에 따라 하천의 차수를 구하고, Rosgen (1996)의 하천분류에 따라 하천경사(slope), 유폭:수심의 비(W:D, width-to-depth ratio), 만곡도(sinuosity), 유폭:하폭의 비(entrenchment ratio) 등을 측정하거나 구하여 분류하고 각 항목을 판정하였다.

내촌천에서 조사지점 1은 2차, 지점 2는 3차, 나머지 조사지점은 4차 하천에 해당되었다. 하천경사는 0.852%

였으며, 유폭:수심의 비는 62.0±36.98로 높은 값을 보여 유폭이 넓으나 상대적으로 수심은 낮았으며, 만곡도는 1.83으로 매우 높아 전체적인 하천의 형태가 매우 구불구불한 것으로 나타났다. 하천 단면, 유폭:하폭의 비는 1.59로 하천 변으로부터 중심부까지 경사가 완만하게 파악된 형태로 조사되었다. 위의 요소들로 Rosgen (1996)의 체계에 따라 하천을 분류하면 내촌천은 B type에 해당되었다(Table 1).

2002년 1월부터 2003년 12월까지 조사지의 DO, BOD, SS, 수온, pH, 전기전도도 등의 이·화학적 수환경에 관하여 조사하였다. DO는 수온이 높은 하계 중 2002년 6월에 7.3 mg L⁻¹로 가장 낮았고, 수온이 낮은 동계에는 대체적으로 높은 값으로 2003년 12월에 14.7 mg L⁻¹로 가장 높았다. BOD는 연중 변화의 폭이 적었으며, 그 범위는 0.6~1.4 mg L⁻¹로 조사되었다. SS도 전체적으로 낮은 값을 나타냈으나 하계에 상대적으로 높은 경향을 보였는데, 내촌천 주변의 농경지, 특히 모내기철에 논에서 유입되는 흙탕물의 영향이 컸으며 2002년 6월에 9 mg L⁻¹로 가장 높았고 2003년 11월에 0.5 mg L⁻¹로 가장 낮았다(Fig. 2).

수온은 3월부터 상승하기 시작하여 7월에 최고조에 달하고 8월에 들면서 하강하기 시작하여 10~11월에 급격히 하강하였다. pH는 6.2~8.3으로 조사되었으며 동절기

Table 1. Characteristics of Naechon-stream in Hongcheon-gun, Gangwon-do

Criterion	Value	n	Interpretation
Slope (%)	0.852	-	-
W : D ratio	62.0±36.98	8	Moderately-high
Sinuosity	1.83	-	Very high
Entrenchment ratio	1.59±0.23	8	Moderately entrenched

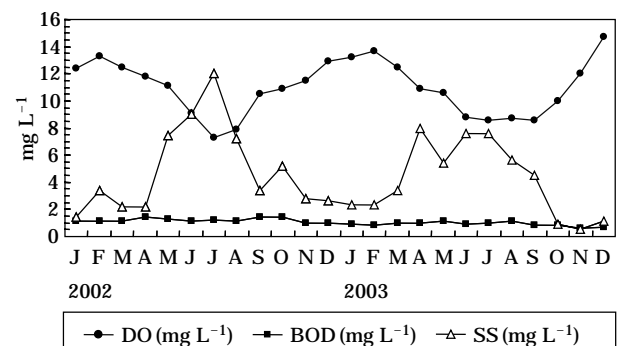


Fig. 2. Monthly changes of DO, BOD and SS at Naechon-stream from January, 2002 to December, 2003.

가 하절기에 비해 다소 높게 나타났다. 전기전도도는 53~186 μmhos 로 조사되었으며, 하계에 높게 동계에는 낮게 나타나 SS와 거의 유사한 경향을 보였다(Fig. 3).

2. 서식지 선택

내촌천에 서식하는 *A. signifer*의 서식지 선택에 대한

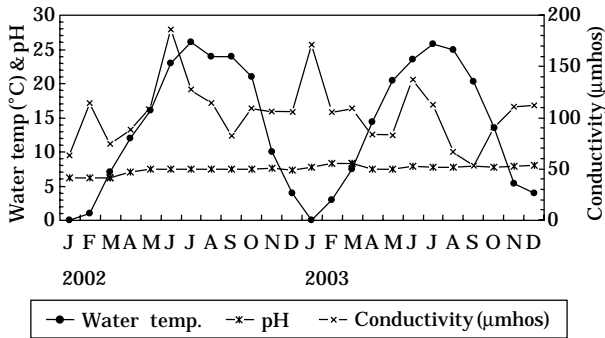


Fig. 3. Monthly changes of water temperature, pH and conductivity at Naechon-stream from January, 2002 to December, 2003.

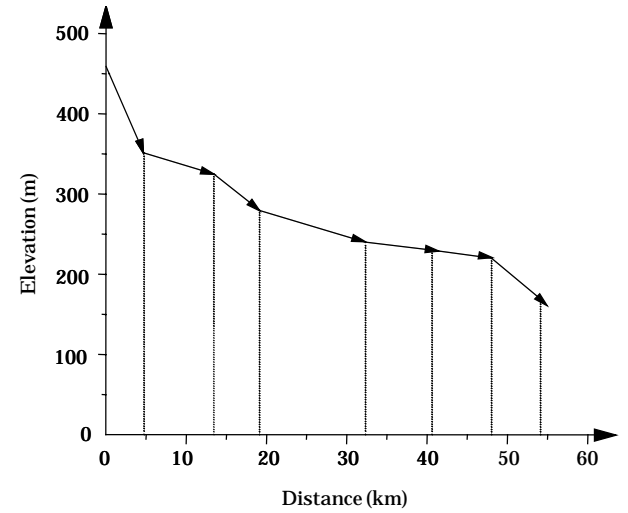


Fig. 4. Longitudinal profile of Naechon-stream.

Table 2. Physical conditions in the sampling sites in Naechon-stream.

Sites	Phy. env. factors			
	Water current (m s^{-1}) min-max	Water depth (m) min-max	Main substrate composition (%)	Macrohabitat type
1	0.40~2.48	0.1~0.4	Bedrock (20) Boulder (70)	Cascade Rapid Step run
2	0.89~1.34	0.1~0.5	Boulder (70) Stone (30)	Rapid Riffle Step run
3	0.16~1.53	0.1~1.2	Stone (60) Pebble (30) Sand (10)	Riffle, Run Straight scour pool
4	0.87~1.33	0.2~1.5	Stone (50) Pebble (30) Sand (20)	Riffle, Run Straight scour pool
5	0.41~1.09	0.2~0.9	Stone (50) Pebble (30) Sand (20)	Riffle, Run Straight scour pool
6	0.00~1.45	0.2~2.3	Boulder (60) Sand (40)	Riffle, Run dammed pool
7	0.01~1.09	0.3~1.7	Boulder (50) Pebble (20) Sand (30)	Riffle, Run Backwater pool-boulder formed
8	0.23~1.38	0.2~0.7	Stone (50) Pebble (30) Gravel (20)	Riffle, Run Straight scour pool

여 하천의 상류부터 하류까지 하천의 구배, 하상구조, 수심 분포 등의 특성을 파악하면서 *A. signifer*의 거시적인 서식지 (macrohabitat)에 관하여 조사하였고, 주된 출현

지역의 미소서식지의 특성을 조사하였다.

1) macrohabitat

하천의 상류지역(지점 1~2)은 하천의 구배가 커 유속이 빠르며 수심이 낮은 특성이 있고, 여울과 소가 반복되지만 소에서 체류시간이 짧으며 하상이 주로 암반 및 큰 돌로 구성된다(Fig. 4). 지점 1~2에서 나타나는 macrohabitat의 형태는 cascade, rapid, step run 등으로 하상경사가 매우 급한 곳에 나타나는 구조로서 *A. signifer*는 출현하지 않았다. 이는 유속이 빠르고, 소가 형성되어도 체류시간이 매우 짧아 정체역을 형성하지 못하며, 하상에 모래나 펄의 구성비가 낮아 산란숙주인 *U. douglasiae sinuolatus*가 서식하기에 부적합하기 때문으로 추정된다.

*A. signifer*는 지점 4 이하에서 출현하였으며 대부분 지점 6~7에서 출현하였다. 6번 지점은 자연 상태의 하천구조가 아니라 보가 축조되어 인위적인 환경이 조성된 곳으로 지점 1~8에서 조사된 *A. signifer*의 70.9%가 채집되었다. 이 지점에서 나타나는 macrohabitat의 형태는 riffle, run, dammed pool로 다른 지점에서 나타나지 않는 서식처 형태인 dammed pool이 나타난다. 보의 축조에 의해 물의 흐름이 느린 정체수역이 넓게 형성되어 dammed pool이 형성되고 이에 따라 하천에 모래 및 펄이 침적되어 산란 숙주인 *U. douglasiae sinuolatus*의 서식 밀도가 높고, 수중식물이 번성하는 등 보 구조물의 축조가 서식조건을 유리하게 만든 것으로 사료된다(Table 2).

Table 3. Longitudinal distribution of fish species in Naechon-stream.

Species	Site	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Lempetra reissneri</i>							0.6%		
<i>Zacco platypus</i>				15.8%		11.1%	3.9%	51.5%	7.4%
<i>Zacco koreanus</i>			10.2%	42.1%	67.3%	44.4%	18.3%	13.7%	33.3%
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>			40.7%						
<i>Rhynchocypris kumgangensis</i>		85.7%	27.1%						
<i>Acheilognathus signifer</i>					1.9%	1.5%	24.9%	8.6%	3.7%
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>							2.4%		0.7%
<i>Pungtungia herzi</i>			11.9%	12.6%	6.7%	18.5%	12.9%	6.9%	14.8%
<i>Pseudopungtungia tenuicarpa</i>							1.5%		
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>				1.1%	1.0%		4.5%	2.1%	5.2%
<i>Squalidus gracilis majimae</i>							5.4%		
<i>Hemibarbus longirostris</i>				1.1%			3.9%	3.4%	0.7%
<i>Pseudogobio esocinus</i>				4.2%			4.5%	5.2%	3.7%
<i>Microphysogobio yaluensis</i>				2.1%			7.8%	4.1%	3.7%
<i>Microphysogobio longidorsalis</i>							2.4%		
<i>Gobiobotia breviparba</i>								0.7%	11.1%
<i>Cobitis rotundicaudata</i>				5.3%		2.2%			0.7%
<i>Cobitis koreensis</i>			3.4%	10.5%	19.2%	11.1%	3.0%	1.7%	5.2%
<i>Orthrias nudus</i>			1.7%						
<i>Silurus asotus</i>								0.3%	
<i>Pseudobagrus koreanus</i>						2.2%	0.6%		0.7%
<i>Liobagrus andersoni</i>			3.4%	1.1%		0.7%			4.4%
<i>Cottus poecilopus</i>		14.3%							
<i>Coreoperca herzi</i>			1.7%	4.2%	3.8%	5.9%	1.8%	1.4%	3.7%
<i>Odontobutis platycephala</i>						2.2%	1.5%	0.3%	0.7%

지점 7은 인위적인 간섭이 거의 없어 자연 상태에 가까운 하천으로 지점 6을 제외하고 가장 높은 출현빈도를 나타내었다 (Table 3). 이 지점에서 나타나는 macrohabitat의 형태는 riffle, run, backwater pool (boulder formed)인데, 이곳에서는 다른 지점에서 볼 수 없는 backwater pool이 형성되어 있다. 이는 큰 돌들이 겹겹이 포개져 물의 흐름을 막아 형성된 소로서 큰 돌 사이의 하상은 모래로 구성되어 산란수주의 서식이 가능하고 큰 돌이 은신처 역할을 함으로서 *A. signifer*가 서식하기에 적합한 수환경이 조성되었다.

내촌천에서 *A. signifer*의 macrohabitat의 선택은 하상경사가 비교적 작고 물의 흐름이 느려 정체역이 형성된 중·하류역으로 하상구조가 큰 돌과 모래로 구성되고 수변식물과 수중식물이 무성한 곳을 주로 선호하였다.

내촌천의 최상류부에 해당하는 지점 1~2는 하상경사가 급하여 물의 흐름이 매우 빠른 급여울이 형성되어 조성된 서식지 형태로 cascade, rapid, step run 등이 나타나고, 하상은 암반과 큰 돌이 주를 이루는 곳으로 금강모치 (*Rhyhocypris kumgangensis*)와 버들치 (*Rhyhocypris oxycephalus*)가 매우 우세하게 출현하였다. 지점 4~5는 내촌천의 중류에 해당되는 지역으로 riffle, run, straight scour pool 등의 서식처 형태가 나타나고, 하상은 stone, pebble, sand 등이 주를 이루는 지역으로 참갈겨니 (*Zacco koreanus*)가 우세하게 출현하였다. *A. signifer*의 자연적인 서식처에 해당하는 지점 7에서 동서하는 주요 어종으로는 피라미 (*Z. platypus*, 51.5%), *Z. koreanus* (13.7%), 돌고기 (*Pungtungia herzi*, 6.9%), 모래무지 (*Pseudogobio esocinus*, 5.2%), 돌마자 (*Microphysogobio yaluensis*, 4.1%), 참마자 (*Hemibarbus longirostris*, 3.4%), 참종개 (*Cobitis koreensis*, 1.7%), 꺾지 (*Coreoperca herzi*, 1.4%)

등으로 조사되었다.

2) microhabitat

*A. signifer*의 미소서식지 선택에 대하여 알아보기 위해 하천의 물리적 특성을 파악하였다. 미소서식지 조사구간은 지점 7의 약 100 m 구간에서 수행하였다.

유속에 따라 riffle, run, pool로 나눌 수 있었으며 riffle은 유속이 약 1 m s^{-1} 이상으로 조사 구간의 상부에 위치한다. run은 riffle이 끝나는 지점부터 시작하여 조사구간 끝까지 포함되며 상부의 riffle에서 run으로 이어지는 물의 주된 흐름 방향이다. 유속분포는 $0.2 \sim 1.0 \text{ m s}^{-1}$ 이고 조사구간의 가장 많은 범위를 차지하였다. pool은 물의 흐름이 느린 지역으로 유속이 0.1 m s^{-1} 이하의 수역으로 조사구간의 좌변에 위치하였다 (Fig. 5).

조사지점의 하상구조는 우점형태에 따라 크게 4가지로 나타났는데, riffle지역은 pebble이 우점하는 가운데 cobble과 gravel이 섞여 있어 상대적으로 작은 크기의 돌이 분포하였다. run지역은 주로 모래로 구성되는 가운데 돌의 크기가 큰 boulder가 산포하는 형태이고 조사지점의 아래쪽에는 cobble이 밀집하였다. pool지역은 대부분이 큰 돌인 boulder가 겹겹이 쌓여 있고 그 틈은 모래로 구성되어 있었다.

*A. signifer*는 대부분이 유속이 0.1 m s^{-1} 이하의 물의 흐름이 느린 pool지역의 큰 돌 사이에 서식하면서 돌 틈을 은신처로 이용하고, 돌 표면에 붙은 부착조류를 섭식하였다. 따라서 유속이 느린 곳, 큰 돌이 분포하는 하상이 본 종이 선호하는 서식처로 판단된다 (Fig. 6).

3) 서식지 전이 및 계절에 따른 이동

*A. signifer*는 수온에 따라 약 4~6주 동안 조개 안에서 체장 약 10 mm 내외까지 성장하고 숙주조개를 탈출

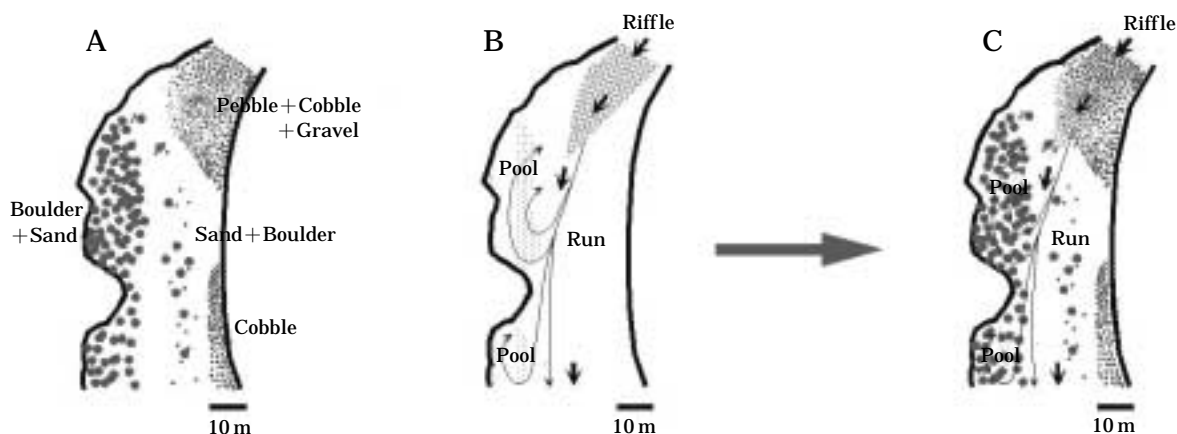


Fig. 5. Distributions of water current and substrates in the study site. A: substrates, B: water current, C: overlap of water current and substrates.

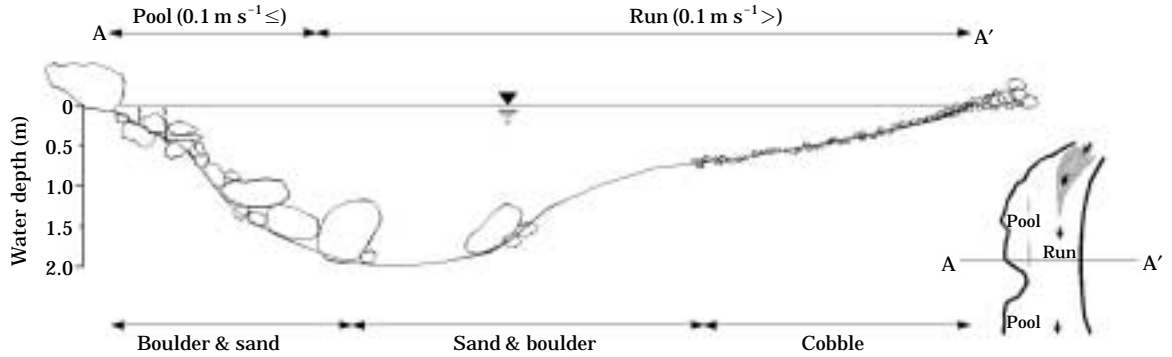


Fig. 6. Cross section of microhabitat of *Acheilognathus signifer* in the study site.

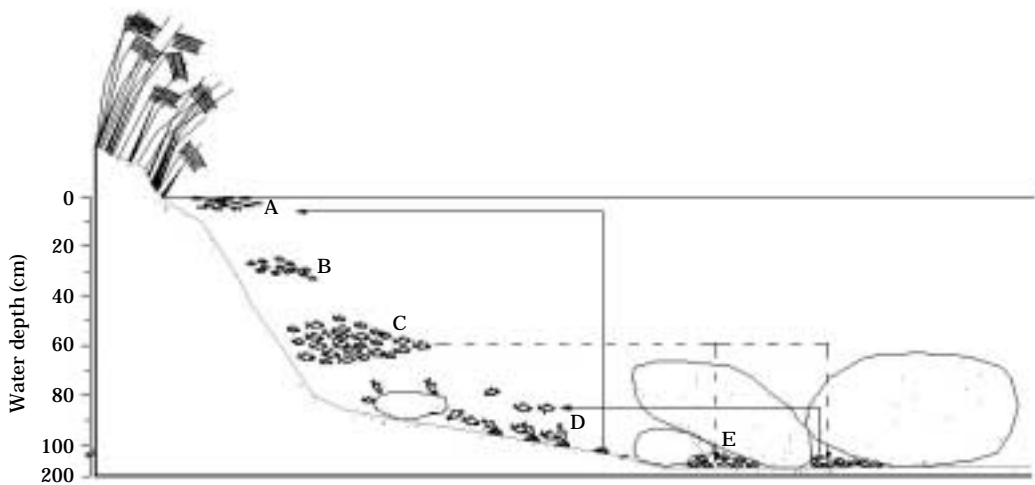


Fig. 7. Habitat shift and seasonal migration of Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* in Naechon-stream (A: after hatching in late spring, B: early summer, C: late summer, D: early spring, E: late Autumn).

하여 자유생활을 하게 된다. 자유 유영기 초기의 서식처는 수변대와 인접한 수표면에서 생활한다. 이는 유영능력이 완전하지 못하므로 유속이 빠른 곳과 대형포식자를 피하기 위함으로 보인다 (Fig. 7A). 체장 약 20 mm 이상 성장하면 지느러미의 발달이 완전해지고, 높은 유영능력을 갖추어 수심 60~100 cm 정도의 더 깊은 곳으로 이동하고 (Fig. 7B), 성어에 이르면 수심 100 cm 이상의 저층으로 이동하여 생활한다 (Fig. 7C).

7~10월의 *A. signifer*는 큰 무리를 이루며 하천의 가장자리를 이동하면서 생활하다가 10월 말 경 수온이 약 10°C 내외로 하강하면 바위나 큰 돌 등의 은신처가 있는 깊은 곳으로 이동하여 겨울을 나게 된다 (Fig. 7E). 겨울을 보낸 후 수온이 약 10°C 내외로 상승하는 3월 중순에 깊은 곳에서 이동하기 시작하여 3월 말~4월 초에 대부분이 이동을 마치고, 수컷은 *U. douglasiae sinuolatus*

주위에 세력권을 형성하고 산란을 준비한다. 4월 초~6월에는 *U. douglasiae sinuolatus*를 중심으로 산란을 하기 위해 모여들며, 세력권을 형성한 수컷은 지속적인 세력권 방어행동을 한다 (Fig. 7D). 산란기 이후에는 다시 큰 무리를 이루며 생활한다.

고 찰

하천 환경 중 이화학적 특징은 어류의 주요한 서식 제한요인 (limit factor)으로 작용한다. 냉수성 어종인 연준모치, *Phoxinus phoxinus*는 일반적으로 고온에 대한 내성이 약하여 동대천 일대에서는 용천수가 수온을 낮게 유지해 주는 지역에 점분포하는 것으로 보고되어, 수온이 서식 제한요인으로 작용하는 것으로 알려져 있다 (백 등,

2002). 그 이외에 용존산소, pH, 유속, 유량 등이 종의 특성에 따라 서식의 제한 요인으로 작용하고, 이에 따라 각기 어종의 생리적 특성 및 내성 정도 등에 따라 다양한 서식처를 선택하여 분포한다. 이와 같이 담수어류의 대부분은 서식처 선택과정에서 비생물적 환경 요인에 큰 영향을 받고 있으나 본 종의 경우에는 담수산 이매패인 *U. douglasiae sinuolatus*에 산란하는 독특한 산란전략을 사용하므로써 담수패와 숙주-기생 (host-parasite) 관계를 형성해야만 생활사를 유지할 수 있으므로 *U. douglasiae sinuolatus*의 존재가 절대적인 생물학적 제한요인이 되어 본 종의 서식지 선택에 매우 큰 영향을 미친다.

내촌천은 전형적인 중·상류역의 하천으로 여울과 같이 물의 흐름이 빠른 곳이 우세하게 나타나고 여울 아래에 소가 형성되지만 체류시간이 짧아 *A. signifer*가 서식하기에 유속이 제한요소로 작용한다. 하천 곳곳에 설치된 보는 물의 흐름을 저하시켜 비교적 체류시간이 긴 정체수역을 형성하고, 모래 등 작은 입자의 하상 구성물이 침적되면서 *U. douglasiae sinuolatus*의 서식환경 조건에도 유리하게 작용한다. 이와 같이 보에 의한 수환경변화에 따른 산란숙주의 번성으로 *A. signifer*는 생산력을 증대할 수 있으며, 숙주에서 빠져 나와 물살에 의해 하류로 떠내려갈 위험성이 적어짐으로서 초기 사망률이 낮아져 비교적 큰 개체군을 유지하고 있다. 그러나 보의 축조가 *A. signifer*가 서식하기에 유리한 조건으로 작용하지만 하천 중, 상류역에 축조되는 보는 유속이 빠른 지역을 선호하는 종의 개체군을 축소시키거나 다른 장소로 이동하게 하므로써 중, 상류성 어류의 서식에 많은 영향을 미치기도 한다(백, 2005). 보에 의해 형성된 정체역은 *A. signifer*의 인공적인 서식지라 할 수 있으며, 자연적인 서식지는 큰 돌이 물의 흐름을 저하시켜 형성된 정체역으로 이러한 큰 돌은 물의 흐름을 저하시킬 뿐만 아니라 본 종의 먹이공급원 및 은신처 역할을 하기 때문에 *A. signifer*의 중요한 서식지의 구성요인으로 생각된다.

미소서식지 전이 (microhabitat shift)는 먹이와 포식자와의 관계 등이 밀접한 관련이 있는데, *A. signifer*는 조개에서 탈출한 후 수표면 근처에서 일정기간 동안 성장하면서 점차 깊은 곳으로 이동하게 된다. 이는 포식자에 대한 방어능력이 떨어지는 시기에 표층에서 생활하고, 유영능력을 상당히 갖추게 되면 깊은 곳으로 내려와 생활을 하게 되는데, 수층에 따라 섭이할 수 있는 먹이에는 많은 차이가 있다. 따라서 서식 수심에 따라 먹이가 달라져 아래로 이동하면서 서식지 전이 뿐 아니라 그에 따른 먹이 전이 (feeding shift)도 일어나게 된다(백, 2005).

산란기인 봄철에는 *U. douglasiae sinuolatus*를 중심으

로 수컷이 세력권을 형성하면서 산란을 하기 때문에 비산란기에 비해 조개를 중심으로 patch의 형태로 서식하므로 서식지 선택은 산란숙주인 조개와 연관이 깊다. 산란기 이후인 여름과 가을에는 조개의 유무에 관계없이 수심에서 수백 마리씩 무리를 지어 하천의 가장자리를 중심으로 넓게 분포하며 이때의 서식지 선택은 먹이와 관련이 깊다. 바위나 큰 돌이 하절기에는 부착조류의 생육장소로서 먹이원으로 이용되지만 겨울에는 바위나 큰 돌의 틈이 월동장소로 이용되므로 계절별로 서식지 선택에 미치는 요인은 다르다. 유럽산 *R. sericeus*는 겨울을 지낼 수 있는 서식처가 적당치 않을 경우에는 서식지를 찾아 이동 (migration)한다는 보고가 있으나 (Przybylski and Zieba, 2000) 이는 상류에서 하류 또는 하류에서 상류 수준의 이동이 아니라 한 지점에서 수평 및 수직 분포의 변화와 같이 비교적 가까운 서식처 이동이라 할 수 있으며, *A. yamatsutae* (송, 1994)도 이러한 이동에 대하여 보고된 바 있어 본 결과와 잘 일치하고 있다. Copp and Jurajda (1999)는 *R. sericeus*의 일별 이동패턴을 보고하였으나 *A. signifer*의 일별 서식지 이동은 명백하지 않았으며 추후 면밀한 조사가 요구된다.

적 요

홍천강 상류의 내촌천에서 한국고유종인 *A. signifer*의 서식지 선택과 환경특성에 대하여 조사하였다. *A. signifer*가 밀도 높게 분포하는 내촌천은 하천의 차수는 4차에 해당하였고, 유폭이 넓으나 상대적으로 수심은 낮았으며, 만곡도는 1.83으로 매우 높아 전체적인 하천의 형태가 매우 구불구불한 것으로 나타났다. 유폭:하폭의 비는 1.59로 하천 변으로부터 중심부까지 경사가 완만하게 파여진 형태로 조사되었다. 이러한 요소들로 하천을 분류하면 내촌천은 B type에 해당되었다. *A. signifer*의 자연적인 서식처는 큰 돌들이 겹겹이 포개져 물의 흐름을 막아 형성된 backwater pool 등의 유속이 느린 소가 형성되고, 하상이 주로 큰 돌과 모래로 구성되어, 산란숙주의 서식이 가능하며, 큰 돌이 은신처 역할을 할 수 있는 미소서식처를 선택하였다. 서식에 생물학적 제한요인 (biological limit factor)인 작은말조개의 존재 여부가 가장 큰 것으로 나타났다. *A. signifer*는 부화 직후 수표면 근처에서 서식하다가 성장하면서 점차 하천의 저층으로 이동하였다. 봄에는 산란을 위해 작은말조개 주위에서 생활하다가 산란기가 끝나는 여름부터 가을까지 무리를 지어 수변대에서 서식하고, 겨울에는 수심이 깊은 곳에서

월동하였다.

인 용 문 헌

- 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 서울. pp. 1-465.
- 백현민, 송호복, 심하식, 김영건, 권오길, 2002. 연준모치, *Phoxinus Phoxinus*와 금강모치, *Rhynchocypris kumgangensis*의 서식지 분리와 먹이 선택. 한어지, **14**: 121-131.
- 백현민, 2005. 목납자루, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae)의 생태학적 연구. 강원대학교 박사학위논문. pp. 1-186.
- 송호복. 1994. 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae* Mori (잉어과)의 생태학적 연구. 강원대학교 박사학위논문. pp. 1-181.
- 환경부. 2000. 수질오염공정시험법. pp. 138-188.
- 内田惠太郎. 1939. 朝鮮魚類誌, 第一冊, 絲鰓類, 內鰓類. 朝鮮總督府水産試驗場. pp. 1-458.
- 中村守純. 1969. 日本のコイ科魚類. 資料科學研究所, 東京, pp. 5-99.
- Berg, L.S. 1907. Description of a new cyprinoid fish *Acheilognathus signifer* from Korea with a synopsis of all the Korean Rhodeina. *Ann. Mag. Nat. Hist.* **19**: 159-193.
- Copp, G.H. and P. Jurajda. 1999. Size-structured diel use of river banks by fish. *Aquatic Sciences.* **61**: 75-91.
- Nagata, Y. and K. Nishiyama. 1976. Reproductive behavior of a bitterling, *Rhodeus ocellatus* (Kner). *Physiology and Ecology.* **17**: 85-90.
- Przybylski, M. and G. Zieba. 2000. Microhabitat preference of European bitterling, *Rhodeus sericeus* in the Drzewiczka River (Pilica basin). *Pol. Arch. Hydrobiol.* **47**: 99-114.
- Reichard, M., P. Jurajda, A. Simkova and I. Matejusova. 2002. Size-related habitat use by bitterling (*Rhodeus sericeus*) in a regulated lowland river. *Ecology of Freshwater Fish.* **11**: 112-122.
- Rosgen, D.L. 1996. Applied river morphology. Wildland hydrology, Pagosa Springs, Colorado. pp. 1-390.
- Strahler, A.N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. pp. 39-76. in V. T. Chow, editor. Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York.

(Manuscript received 11 July 2005.

Revision accepted 12 September 2005)