

참갈겨니, *Zacco koreanus* (잉어과)의 NE형과 NS형의 서식처 분리

채병수* · 윤희남¹

국립공원연구원 유류오염연구센터, ¹국립환경과학원 생태계조사단

Habitat Segregation between NE and NS Type of *Zacco koreanus* (Cyprinidae) by Byung-Soo Chae* and Hee-Nam Yoon¹ (Oil Pollution Research Center, National Park Research Institute, Taejeon 305-380, Korea; ¹Ecosystem Survey Team, National Institute of Environmental Research, Incheon 404-170, Korea)

ABSTRACT Sympatric sites of type NE and NS of *Zacco koreanus* were found in the upper reaches of many tributaries of the Nakdong and Seomjin rivers, as well as in some streams draining into the South Sea, Korea. In streams where the two types exist together, there was a tendency for individuals of NE to densely populate the upper reaches and those of NS to populate the middle reaches. A habitat-segregation phenomenon was observed in the cohabiting sites. Fishes of NE preferred rapids, whereas fishes of NS preferred slowly flowing or lentic regions. It seemed that the number of NE was proportional to the flow velocity, but NS showed an opposite trend in the cohabiting sites. On the other hand, such tendency was not found in regions where NE and NS exist separately.

Key words : *Zacco koreanus*, NE and NS types, habitat segregation, water velocity

서 론

피라미속(genus *Zacco*)의 어류는 중국, 대만, 한반도, 일본에 널리 분포하고 있는 어류로서 모두 7종으로 구성되어 있으며, 몸 옆면의 종대 혹은 횡대의 존재에 따라서 크게 두 그룹으로 구분할 수 있다. 몸 옆면에 여러 개의 횡대가 있는 종류는 *Z. platypus*, *Z. chengtui*, *Z. taiwanensis*, *Z. pachycephalus*의 4종이고, 옆면의 가운데에 1줄의 검은 종대가 달리는 종류는 *Z. temminckii*, *Z. koreanus*, *Z. sieboldii*의 3종이다. 이들 *Zacco*속 어류 중 중국과 대만에는 횡대가 있는 어류만 4종이 분포하고 있으며 (Cheng and Zheng, 1987; Wang, 1993; Zhu, 1995), 한반도와 일본에는 횡대 또는 종대를 지니는 어류가 모두 있는데 한국에는 *Z. platypus*, *Z. temminckii*, *Z. koreanus*의 3종, 일본에는 *Z. platypus*, *Z. temminckii*, *Z. sieboldii*의 3종이 각각 서식하는 것으로 알려져

있다. *Zacco*속 어류 중 몸 옆면에 검은 종대가 있는 종류는 최근까지만 해도 *Z. temminckii* 1종으로 되어 있었으나 측선상부린수와 혼인색 등의 몇 가지 특징을 근거로 다른 종으로 나누어지게 되었다 (Hosoya *et al.*, 2003; Kim *et al.*, 2005). 한편 한반도 남부에 서식하는 참갈겨니는 체색의 정밀조사 결과 등지느러미와 가슴지느러미의 색깔에서 나타나는 차이에 따라 NE, NS 및 HK형의 3가지 유형으로 구분할 수 있는 것으로 알려졌다 (채와 윤, 2006).

참갈겨니의 HK형과 NE-NS형 간에는 지리적으로도 잘 구분되지만, NE와 NS형은 낙동강과 섬진강의 많은 지점에서 공존하고 있다 (채와 윤, 2006). 이들 두 형의 어류는 같은 지점에서 동시에 출현하고 중간형이 발견되지 않기 때문에 생식적으로 격리되어 있다고 추정되며, 서로 경쟁을 피하기 위하여 어떠한 방식으로든 서식처를 달리할 것이라고 생각된다. 생태적 지위가 비슷한 종들은 같은 지역에 서식하지 않거나, 같은 장소에 사는 경우에는 활동시간, 공간 또는 먹이원을 달리함으로써 경쟁을 피하기 위한 생태적 분리 현상을 나타낸다 (Hardin, 1960; Nilsson, 1967; Layman and

*교신저자: 채병수 Tel: 82-41-675-9608, Fax: 82-41-675-9610, E-mail: nuchi@hanmail.net

Winemiller, 2005). 이러한 현상은 같은 종 내의 연령집단 간에서 일어나기도 한다(Picard *et al.*, 1989). 따라서 본 연구에서는 참갈겨니의 NE형과 NS형의 어류가 공서하는 하천에서 서로 간에 생태적인 분리 현상이 일어나고 있는지를 파악하기 위하여 조사를 수행하였다.

재료 및 방법

본 조사는 참갈겨니의 NE 및 NS형이 출현하는 것으로 알려진 낙동강, 섬진강 및 동해유입하천의 모든 하천수계를 대상으로 하였으며, 채집은 2003~5년, 2009년의 기간 동안 혼인색이 잘 나타나는 6~9월 사이의 시기에 망목 5×5 mm인 투망과 3×3 mm인 족대로 수행하였다. 참갈겨니의 NE형과 NS형은 갈겨니와는 달리 상안부가 붉지 않고 검은 특징을 공통으로 지니고 있지만 등지느러미와 가슴지느러미 앞가장자리의 색깔에 의해서 쉽게 구분할 수 있는데 NE형은 가슴지느러미 앞가장자리에 붉은 띠가 없고 등지느러미 앞가장자리에 붉은 띠가 있는데 반하여 NS형은 가슴지느러미 앞가장자리에 붉은 띠가 있으며 등지느러미 가운데에 폭이 넓은 붉은 띠가 있는 점을 이용하여 구분하였다(채와 윤, 2006). 같은 하천에서 2지점 이상 조사된 경우에는 각 지점에서의 NE와 NS형의 상대 비율을 조사하였고, 두 형이 공서하는 하천 중 경북 상주시의 이안천, 청송군의 용전천, 합천군의 공암천, 경남 의령군의 유곡천, 섬진강의 지류인 보성강의 목사동천과 동계천에서는 상류에서부터 하류로 가면서 NE형과 NS형이 출현하는 양상을 세밀하게 조사하였다. 또한 청송군의 용전천 중상류의 지점, 상주시 이안천 및 동해로 흐르는 송천천에서는 미세시식처를 구분하여 유속, 수심 및 두 형의 출현율을 파악하였다. 유속측정에는 Global Water의 FP-101을 사용하였으며 수심은 5m의 철제 줄자를 사용하여 측정하였다. 또한 청송군의 용전천 상, 중, 하류지점에서는 이들과 공서하는 어류의 종류를 조사하였다.

결 과

1. NE형, NS형 및 공서하천의 분포

NE형은 낙동강, 섬진강, 남해도, 거제도, 수영강, 회야강, 영덕오십천에서 마읍천까지의 동해로 흐르는 하천에, NS형은 낙동강, 섬진강, 사천천, 남해도, 거제도, 형산강, 태화강에 분포하고 있었다. NE형과 NS형의 분포지역 내에서 두 형의 어류가 공서하는 지점의 분포를 살펴보면 낙동강수계와 섬진강수계의 하천에 집중되어 있었는데, 낙동강에서는 본류의 최상류지역, 반변천의 지류인 용전천, 영강의 지류인

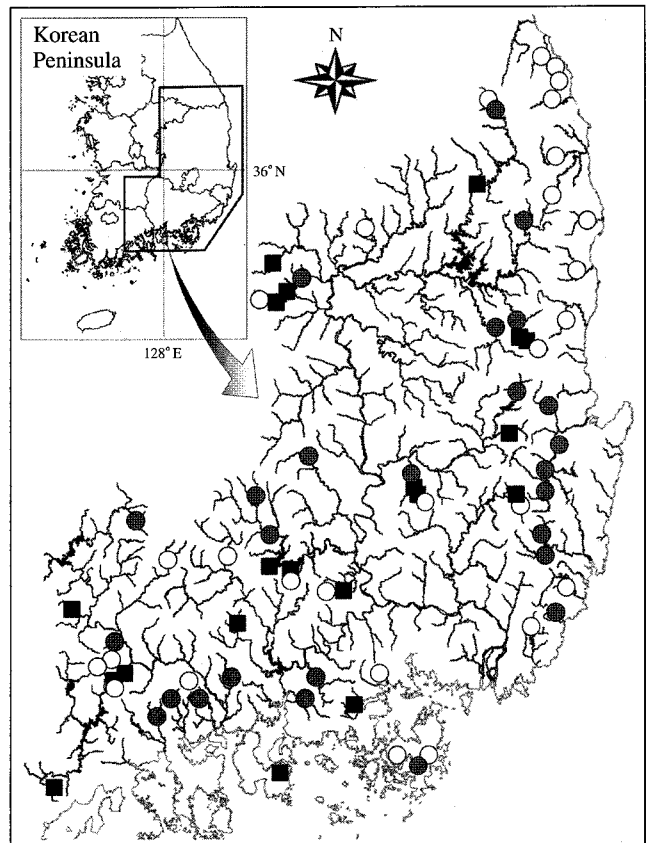


Fig. 1. Collection sites of *Zacco koreanus* NS and NE type in Korean Peninsula. Hollow circles indicate NE type, gray circles indicate NS type and solid squares indicate cohabiting sites of the two types.

용암천과 이안천, 금호강의 지류인 북안천, 황강의 지류인 하금천과 공암천, 신반천의 지류인 유곡천, 밀양강의 지류인 동창천 상류, 섬진강에서는 보성강의 상류, 목사동천, 동계천, 경천천의 상류 등에서 나타났다. 그 외의 지점으로는 경남 고성군의 암전천의 상류지점과 남해도의 화천이 있을 뿐이었고 동해로 흐르는 하천에서는 공서지역이 전혀 나타나지 않았다(Fig. 1).

2. 같은 하천 내에서 두 형의 분포

공서지점이 두 지점 이상 조사된 하천에서 각 형의 비율을 나타낸 것은 Fig. 2와 같다. 조사된 6개의 하천에서 모두 상류로 갈수록 NE형의 비율이 높아지고 중하류로 갈수록 NS형의 비율이 높아지는 경향을 나타내었다. 경북 상주시의 이안천과 청송군의 용전천에서는 최상류에는 NE형만, 중하류에는 NS형만 출현하였으나, 그 중간에는 두 형이 혼서하는데 상류에서 하류로 갈수록 NS형이 많아졌다. 섬진강수계의 목사동천과 동계천에서는 하천이 짧지만 거의 전 하천에 NE형이 서식하고 있었고 본류에 합류하는 지점 가까운 곳에서만 NS형이 출현하였다.

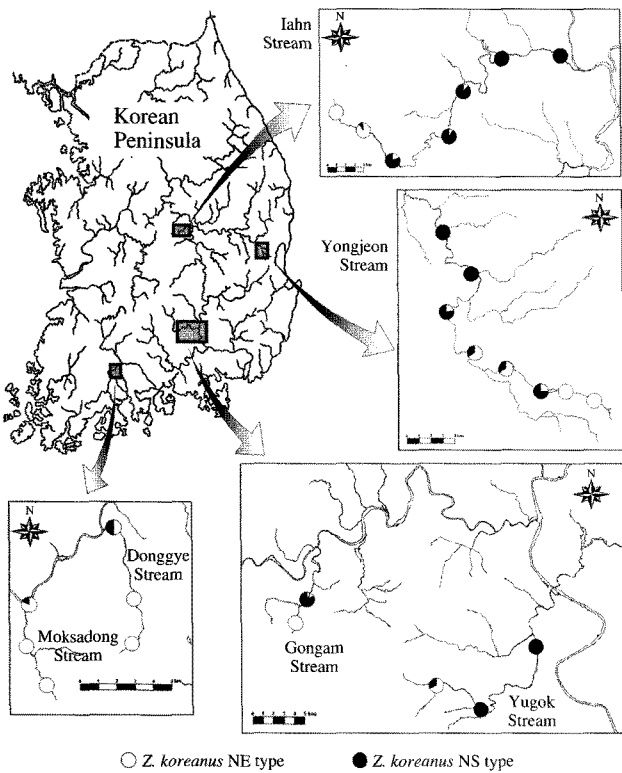


Fig. 2. Composition ratio of *Zacco koreanus* NS and NE type according to the sites in the cohabiting streams. Yongjeon, Iahn, Gongam and Yugok stream belong to the Nakdong river system and Moksadong and Donggye stream to the Seomjin river system, Korea.

Table 1. Fish species cohabiting with NS and NE type of *Zacco koreanus* at three sites in Yongjeon stream of Cheongsong-gun, Korea

Fish species	St. 1	St. 2	St. 3
<i>Zacco koreanus</i> NE type	34	31	
<i>Zacco koreanus</i> NS type		45	57
<i>Silurus microdorsalis</i>	3		
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	16	5	
<i>Squalidus gracilis majimae</i>	8	18	43
<i>Odontobutis platycephala</i>	5	4	8
<i>Pungtungia herzi</i>		23	16
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>		3	21
<i>Niwaella multifasciata</i>		7	81
<i>Rhinogobius brunneus</i>		1	5
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>		2	
<i>Zacco platypus</i>			24
<i>Acheilognathus koreensis</i>			1
<i>Pseudogobio esocinus</i>			7
<i>Microphysogobio yaluensis</i>			28

St. 1: Ihyeon-ri, Bunam-myeon, Cheongsong-gun, Gyeongsangbuk-do
 St. 2: Gucheon-ri, Bunam-myeon, Cheongsong-gun, Gyeongsangbuk-do
 St. 3: Songsaeng-ri, Cheongsong-eup, Cheongsong-gun, Gyeongsangbuk-do

3. 공서어류

경북 청송군의 용전천에서 참갈겨니 NE 및 NS형과 같이 출현하는 어종에 대하여 조사한 결과는 Table 1에 나타나

었다. NE형만 채집된 최상류지점에서는 수온이 낮고 용존 산소가 많으며 암반이나 큰 돌이 많은 Aa형의 하천구조를 지닌 곳에 주로 사는 미유기와 버들치 등의 어류가 함께 출현하였고, NS형만 채집된 중류에서는 수수미꾸리, 긴몰개, 돌마자, 피라미 등과 같은 하상에 자갈이 깔린 Aa-Bb이행형의 하천구조를 선호하는 어류가 주로 출현하여 대조물 이루었다. NE와 NS형이 같이 채집된 중상류에서는 돌고기, 긴몰개, 수수미꾸리, 버들치 등의 어류가 함께 출현하였다.

4. 유속, 수심과 개체수의 관계

참갈겨니의 NE형과 NS형이 공서하는 경북 청송군의 용전천과 상주시의 이안천, NE형이 단독으로 서식하는 동해안의 송천천에서 조사된 유속, 수심, 각 형의 개체수와와의 관계는 Table 2에 나타난 바와 같다. 용전천의 경우 NE형만 서식하는 최상류의 이현리 지점에서는 유속이 빠른 곳보다는 유속이 느리고 수심이 깊은 곳에 더 많은 개체가 발견되었다. NE형과 NS형이 공서하는 중상류의 구천리와 감연리 지점에서는 유속이 느리거나 고인 수심이 깊은 곳에서는 NS형이, 유속이 빠르고 얇은 곳에서는 NE형의 개체가 많이 출현하였다. 더 하류로 내려가 NS형만 서식하는 송생리와 청운리 지점에서는 유속이 느린 곳에서 주로 출현하였지만 유속이 빠르고 얇은 곳에서도 출현하였다. 이안천의 상곡리와 우산리 지점에서는 NE와 NS형이 공서하고 있으나 NE형은 유속이 느린 곳에서는 출현하지 않았다. 한편 하천의 상하류 구분없이 NE형만 서식하는 동해유입하천인 송천천에서는 유속과 수심에 관계없이 출현하였다.

NE형과 NS형이 공서 또는 공서하지 않는 지점으로 구분하여 유속, 수심, 채집개체수의 관계를 나타낸 것은 Fig. 3과 같다. 유속과 개체수의 관계를 보면 두 형이 공서하는 지점에서는 상관관계가 낮기는 하나 NS형은 유속의 증가에 따라 개체수가 감소하며 NE형은 대체로 증가하는 경향을 보였으나(Fig. 3A), 비공서지에서는 그러한 경향이 나타나지 않았다(Fig. 3C). 수심과 개체수와의 관계를 보면 공서지에서 NS형은 수심이 깊어질수록 개체수가 증가하나 NE형은 수심이 깊으면 감소하는 경향을 나타내었으며(Fig. 3B), 비공서지에서는 수심에 따른 개체수 변동이 두 형 모두 나타나지 않았다(Fig. 3D). 전체적으로 보면 NS형의 개체들은 유속 150 cm/sec 이하에서 주로 나타나며 NE형은 200 cm/sec 이상의 빠른 곳에서도 다수의 개체가 출현하여 대조물을 보였다. NE와 NS 두 형의 분포와 수심과는 상관성이 없는 것으로 나타났다.

고 찰

참갈겨니 두 형의 분포를 보면 NS형은 낙동강, 섬진강,

Table 2. Comparison of appearance between NS and NE type of *Zacco koreanus* collected from several localities according to water velocity and depth

River system	Stream	Locality	Water velocity (cm/sec)	Water depth (cm)	Number of individuals	
					NE type	NS type
Nakdong	Yongjeon-cheon	Ihyeon-ri	20.8	110	15	
			221.1	14	3	
		Gucheon-ri	33.9	73	3	31
			128.3	59	43	1
			104.2	39	20	8
			338.9	23	15	
			0.0	130	1	26
		Gamyeon-ri	273.1	17	9	3
			83.6	35		3
			29.7	67	2	6
	28.9		75		7	
	Songsaeng-ri	254.2	22		8	
		88.9	39		5	
		26.9	8		8	
		28.1	38		2	
	Cheongun-ri	47.8	120		8	
		220.0	18		0	
		20.8	110		2	
		64.2	71		5	
	Iahn-cheon	Sanggok-ri	109.7	22	3	7
			36.1	40		7
			20.8	78		8
Usan-ri	0.0	92		13		
	204.2	18	1			
Songcheon-cheon	Gasan-ri	369.4	25	15		
		20.8	29	1		
		40.0	100	14		
	Samgye-ri	271.1	49	10		
		220.0	35	6		
		142.8	30	14		
		56.9	25	3		
		20.8	150	4		
	Sin-ri	17.8	20	5		
		61.7	25	12		
		140.0	28	12		
		348.9	17	8		
		27.2	88	6		

형산강, 태화강 및 남해 유입하천에 분포하며, NE형은 마읍천에서 영덕오십천까지의 동해유입하천, 회야강, 수영강, 낙동강, 섬진강, 남해유입 소하천에 분포하고 있어서 NE형의 분포가 다소 더 넓었지만 낙동강과 섬진강에서는 거의 중복되고 있었으며 많은 지점에서 공서하고 있음이 본 조사에서 밝혀졌다. 채와 윤(2006)의 조사에서는 섬진강에 NE형이 없었으나 본 조사에서는 섬진강의 지류인 보성강을 중심으로 많은 지점에서 NE형이 발견되었다. 이와 같은 분포 양상으로 보아 추후 정밀 조사가 이루어진다면 낙동강과 섬진강의 거의 전역에 걸쳐 NE형과 NS형의 공서지를 발견할 수 있으리라 생각된다.

같은 하천에 NE형과 NS형의 어류가 같이 출현하는 경우에 NE형은 상류쪽에 NS형은 중하류쪽에 치우쳐 나타나지만 각 형의 어류가 분포하는 범위는 하천에 따라 다르게 나타났다. 어떤 하천에서는 NE형이 하류까지 분포하지만 또 다른 하천에서는 최상류에만 한정되어 나타나기도 하였다. 이와 같이 각 형별 분포 범위가 다른 것은 하천의 기울기, 하상의 형태, 수온의 분포 등과 관련이 있는 것으로 생각되나 그 원인에 대해서는 정밀한 조사가 필요할 것이다.

갈겨니는 서식장소가 하천 중상류의 물이 맑고 흐름이 비교적 완만한 곳에 서식한다고 알려져 있었으나(川那部·水野, 1989; 최 등, 1990; 김, 1997), Kim *et al.* (2005)은 두

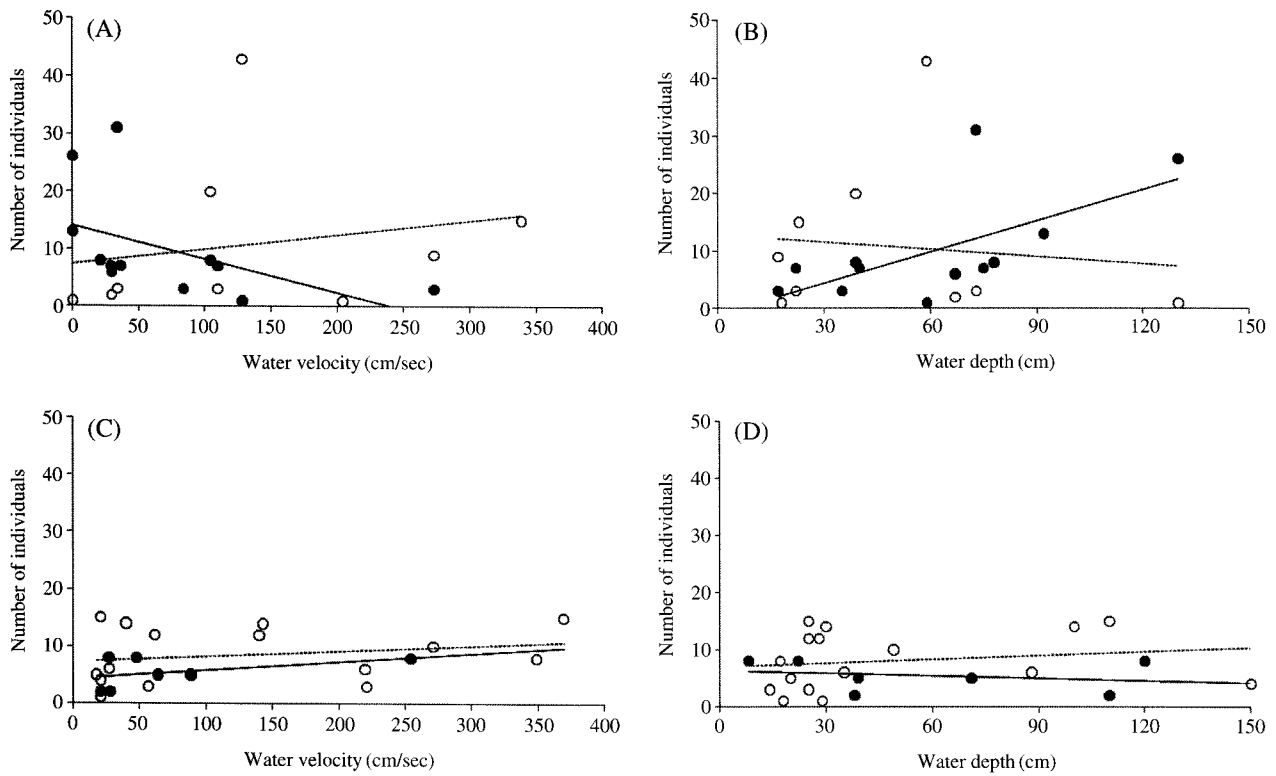


Fig. 3. Relationships among water velocity, water depth and number of individuals of *Zacco koreanus* NS (solid circles and lines) and NE (hollow circles and dotted lines) type. A and B indicate cohabiting sites and C and D indicate noncohabiting sites.

종으로 구분하면서 참갈겨니는 비교적 빠른 유수역을 선호 하지만 갈겨니는 주로 정수역에 서식한다고 하였다. 저자들의 경험으로는 갈겨니는 하천의 중상류에도 서식하지만 서남해로 직접 유입하는 소하천 중하류 지역의 흐름이 완만한 지역에 서식하는 경우가 더 많았으며 참갈겨니는 대부분 중상류 지역에 치우쳐 서식하고 있었다. 참갈겨니의 NE형과 NS형의 서식범위와 유속의 관계를 조사한 결과, 두 형의 어류가 단독으로 존재하는 곳에서는 채집개체수와 유속의 상관관계가 없었으나 공서하는 지점에서는 NS형은 유속이 느릴수록 개체수가 증가하고 NE형은 유속이 빠를수록 개체수가 증가하는 상반된 경향을 나타내었다. 따라서 Kim *et al.* (2005)의 참갈겨니에 대한 생태적 특성 기재와는 달리 참갈겨니의 형 또는 서식장소에 따라 선호하는 유속이 다를 수 있었다. 이러한 결과는 참갈겨니의 두 형 모두 유속이 느린 곳을 선호하지만 공서하는 중간 지점에서는 NE형이 경쟁에 밀리거나 경쟁을 피하기 위하여 생존에 에너지가 많이 필요한 여울로 진출할 수밖에 없었을 것이라 추정된다. 연준모치와 금강모치의 경우 유속에 따른 서식처의 분리도 있지만 같은 지점에 공서할 경우 상층과 하층의 공간적인 분리도 일어나고 있다는 보고(백 등, 2002)도 있어 참갈겨니의 NE형과 NS형에서도 상하의 공간적인 분리가 있는지 확인할 필요가 있다고 생각된다. 이와 같이 생태

적 지위가 비슷한 종 사이에 같은 장소에서 미세서식처를 달리하는 경우는 돌마자과 여울마자(Chae and Yang, 1999), 줄납자루와 큰줄납자루(Kim and Yang, 1998), 연준모치와 금강모치(백 등, 2002) 등의 경우에서 잘 알려져 있으며, 저자들의 경험에 의하면 긴볼개와 참볼개, 밀어와 갈문방독의 사이에도 공서지에서는 서식처의 분리가 일어난 것으로 보인다. 이들 예의 모두가 여울과 소 즉 유속에 따른 서식처 분리 현상을 나타내고 있어서 매우 흥미롭다.

양 등(1984)과 양과 민(1989)은 갈겨니에서 동위효소인 *Mdh-1*에 세 가지 형(MM: A형, MS: B형, MS⁻)이 존재하며, MM(A)형은 동해유입 하천, 회야강, 낙동강, 섬진강 및 남해안의 소하천에 분포하며 MS(B)형은 한강, 만경강, 섬진강, 낙동강, 회야강, 태화강, 형산강, 남해유입 소하천에 그리고 MS 형은 곤양, 남원, 임실 등에 분포한다고 하였다. 강 등(1987)은 *Mdh-1* 효소의 생화학적 활성에 대한 연구에서 A형 동위효소가 B형 동위효소보다 저온에서 활성도가 높아짐을 밝히고 이는 지리적 분포와 관련한 온도순응 양상의 차이라고 하였으며, 양과 민(1989)은 이를 바탕으로 A형은 저온에 적응하고 B형은 보다 고온에 적응한 형이라고 하며, 지리적 분포에 있어서도 A형은 수온이 낮은 동해안의 하천에 집중적으로 분포하고 있어서 잘 일치한다고 하였다. 본 조사에서도 참갈겨니의 NE형은 남해로 흐르는 하

천에서는 최상류에 분포하며 동해로 흐르는 하천에서는 상당히 하류까지도 분포하여 저온에 적응한 분포방식을 나타내고 있을 뿐만 아니라, 그 분포범위를 보면 양과 민(1989)의 A형의 분포도와도 아주 잘 일치하였다. 양과 민(1989)의 B형은 본 조사의 NS형과 NH형을 합하여 놓은 것과 같은 분포 양상을 나타내었다. 따라서 A형은 본 조사의 NE형, B형은 NS형과 HK형에 대응하는 것이라 생각된다. 한편 양과 민(1989)은 임실, 남원, 곤양의 세 지역에 MS⁻형이 분포한다고 하였는데 이 지역에는 참갈겨니 NS와 NE형 외에 갈겨니 (*Z. temminckii*)도 서식하고 있으므로 MS⁻형이 갈겨니에 대응될 가능성도 있으나 이에 대해서는 정밀한 조사가 필요하다. 또 본 조사에서 NE형이 발견된다고 한 동해유입하천, 낙동강, 섬진강, 남해유입하천 외의 지역인 장성과 해남에서 A형이 발견되었다고 한 점에 대해서는 의문의 여지가 있으므로 추후 검토가 필요하다.

한편 양 등(1984)은 100만 년 전에 저온적응의 결과로 피라미에서 갈겨니가 분화하였을 것이라고 추정한 바 있다. 이 가설은 참갈겨니의 각 형(NE, NS, HK형)에는 적용될 수 있는 내용이지만 갈겨니 (*Z. temminckii*)에는 적용하기 어렵다. 그것은 현재 갈겨니가 중, 상류에 분포하기도 하지만 소형 하천의 하류인 저지대에도 매우 많이 서식하고 있고, 이러한 장소의 환경은 중상류에 비하여 비교적 수온이 높은 특성을 지니고 있기 때문이다. 한편 윤(2009)은 피라미에서도 상안부에 붉은 점이 있는 R형과 붉은 점이 없는 B형으로 구분됨을 발견하였고 이들의 유전적 거리를 분석한 결과에서도 매우 큰 차이를 나타내며, 낙동강수계에서 B형은 상류지역에 R형은 중하류지역에 치우쳐 분포하는 것을 밝혔다. 피라미에서 이와 같은 분화양상은 참갈겨니의 NE형과 NS형의 분화양상과 똑같은 방식으로 일어났다고 생각된다.

요 약

참갈겨니 NE와 NS형의 서식범위 내에서 두 형이 공서하는 지점을 조사한 결과 낙동강과 섬진강의 각 지류의 상류지점, 남해로 흐르는 일부 하천에서 발견되었다. 두 형이 공서하는 하천에서의 분포양상은 NE형은 상류 지역에 NS형은 중류 지역에 치우치는 경향을 보였다. 중간 지역에서는 같은 지점에서 동시에 출현하였으나, NE형은 여울에 NS형은 웅덩이 또는 흐름이 느린 곳에서 주로 서식하는 서식처 분리현상을 나타내었다. 유속과 출현개체수의 관계는 공서지에서는 유속의 증가에 따라 NE형은 개체수가 증가하는 반면 NS형은 감소하는 경향을 보였으나, 각각 단독으로 존재하는 곳에서는 그러한 경향이 나타나지 않았다.

인 용 문 헌

- 강동철 · 장정순 · 양서영. 1987. 갈겨니 (*Zacco temminckii*)의 진화에 관한 연구. III. 온도변화에 따른 갈겨니 sMDH 동위효소의 반응성에 대하여. 한국동물학회지, 30: 219-230.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권 동물편(담수어류). 교육부, pp. 268-270.
- 백현민 · 송호복 · 심하식 · 김영진 · 권오길. 2002. 연준모치, *Phoxinus phoxinus*와 금강모치, *Rhynchocypris kumgangensis*의 서식지분리와 먹이선택. 한국어류학회지, 14: 121-131.
- 양서영 · 민미숙. 1989. 갈겨니 (*Zacco temminckii*)의 진화에 관한 연구. 1. MDH 동위효소 2형의 지리적 분포 및 계절적 변이. 한국동물학회지, 32: 232-241.
- 양서영 · 전상린 · 주일영 · 김재홍. 1984. 피라미아과 4종의 유전적 변이 및 종간 관계에 대하여. 기초과학 인하대, 5: 111-118.
- 윤희남. 2009. 한국산 피라미속 (Genus *Zacco* Jordan & Evermann, 1902) 어류의 분류와 생태학적 연구. 인천대 박사학위논문, 160pp.
- 채병수 · 윤희남. 2005. 한국산 참갈겨니, *Zacco koreanus*와 갈겨니, *Z. temminckii* (잉어과, 어강)의 지리적 변이와 분포. II. 외부형태. 한국어류학회추계발표, 군산, 11월 2005, pp. 99-100.
- 채병수 · 윤희남. 2006. 참갈겨니, *Zacco koreanus* (잉어과, 어강)의 혼인색의 지리적 변이와 분포. 한국어류학회지, 18: 97-106.
- 최기철 · 전상린 · 김익수 · 손영복. 1990. 원색한국담수어도감. 향문사, 서울, pp. 97-98.
- Chae, B.S. and H.J. Yang. 1999. *Microphysogobio rapidus*, a new species of gudgeon (Cyprinidae, Pisces) from Korea, with revised key to species of the genus *Microphysogobio* of Korea. Korean J. Biol. Sci., 3: 17-21.
- Cheng, Q. and B. Zheng. 1987. Systematic synopsis of Chinese fishes (Vol. 1). Science Press, Beijing, China, 641pp. (in Chinese)
- Hardin, G. 1960. The competitive exclusion principle. Science, 131: 1292-1297.
- Hosoya, K., H. Ashiwa, M. Watanabe, K. Mizuguchi and T. Okazaki. 2003. *Zacco sieboldii*, a species distinct from *Zacco temminckii* (Cyprinidae). Ichthyol. Res., 50: 1-8.
- Kim, I.S. and H. Yang. 1998. *Acheilognathus majusculus*, a new bitterling (Pisces, Cyprinidae) from Korea, with revised key to species of the genus *Acheilognathus* of Korea. Korean J. Biol. Sci., 2: 27-31.
- Kim, I.S., M.K. Oh and K. Hosoya. 2005. A new species of cyprinid fish, *Zacco koreanus* with redescription of *Z. temminckii* (Cyprinidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 17: 1-7.
- Layman, C.A. and K.O. Winemiller. 2005. Patterns of habitat segregation among large fishes in a Venezuelan floodplain river. Neotropical Ichthyol., 3: 111-117.
- Nilsson, N.A. 1967. Interactive segregation between fish species. In: Gerking, S.D. (ed.), The Biological Basis of Freshwater Fish Production. Blackwell Scientific Publ., Oxford, pp. 295-313.

Picard, P. Jr., J.J. Dodson and G. FitzGerald. 1989. Habitat segregation among the age groups of *Gasterosteus aculeatus* (Pisces: Gasterosteidae) in the middle St. Lawrence estuary, Canada. *Can. J. Zool.*, 68: 1202-1208.

Wang, H.Y. 1993. Beijing yulei he liangqi paxing dongwuzhi. Bei-

jing Publ. Co., Beijing, 302pp. (in Chinese)

Zhu, S.Q. 1995. Synopsis of freshwater fishes of China. Jiangsu Sci. Technol. Publ. House, Nanjing China, 547pp. (in Chinese)

川那部浩哉・水野信彦. 1989. 日本の淡水魚. 山と溪谷社, 東京, pp. 234-243.