

동해 신월성 원자력발전소 주변의 조간대 어류상

최 윤* · 이흥헌 · 장준호

군산대학교 해양과학대학 해양생명과학부

Ichthyofauna of the Intertidal Zone around the Nuclear Power Plants off Sinweolseong, Eastern Coast, Korea by Youn Choi*, Heung-Heon Lee and Jun-Ho Jang (Faculty of Marine Life Science, Gunsan National University, Gunsan 573-701, Korea)

ABSTRACT An investigation of the intertidal fish fauna was carried out based on the specimens collected at Sinweolseong on the eastern coast of Korea from February 2006 to October 2007. The collected fishes comprised 27 species belonging to 22 genera, 15 families and 5 orders. Family Cottidae was the most abundant in species and individuals, with *Furcina osimae* the most representative species in the sampling area. *Hexagrammos agrammus* appeared throughout the year, while *Chaenogobius annularis* and *C. gulosus* predominated. In addition, *Zoarchias glaber* and *Goniistius zonatus*, which were distributed on Jeju Island and the South Sea of Korea, were first recorded from this area.

Key words : Ichthyofauna, intertidal zone, Sinweolseong

서 론

조간대는 조수에 따른 물리화학적 환경변화가 심한 곳으로 이러한 환경 변화에 잘 적응하는 생물들이 살아가고 있다. 조간대에 서식하는 어류는 바닥을 이루는 펄과 모래, 또는 바위 등의 저질 환경에 따라 차이를 보이며, 망둑어과 어류와 독중개과 어류, 베도라치과 어류가 주로 서식하고 있다. 또 바위로 이루어진 조간대의 조수웅덩이에는 어린 쥐노래미과 어류와 양볼락과 어류들이 성장하는 좋은 서식처가 되기도 한다(최와 장, 2007). 최근에는 연안에서 이루어지고 있는 많은 매립사업과 이에 따른 오염으로 조간대에 서식하는 어류들의 서식 공간이 줄어들고 있으며, 이곳에 서식하는 많은 어종들이 자취를 감추고 있다(정 등, 1990). 조간대 어류의 대부분은 경제적 가치는 없으나 연근해에 서식하는 농어와 가자미목 어류 등 경제적으로 중요한 어류의 먹이가 되며, 연안생태계의 먹이사슬에 매우 중요한 역할을 하고 있다(최 등, 1996a, b). 그러나 조간대에 서식하는 어종의 보호는 물론 이곳에 서식하는 어류에 대한 연구는 다른 연근해 어류의 연구에 비해 매우 미흡한

실정이다. 따라서 앞으로 어류 분포상의 크고 작은 변화가 예상되는 조간대의 저서어류에 대해 면밀한 연구가 요구된다.

본 연구해역인 경상북도 경주시 양남면 읍천항 주변은 최근에 신월성 원자력 발전소 3호기와 방폐장 건설 계획에 따른 공사가 이루어지고 있어서, 부유사 유출 등이 주변에 서식하는 어류의 서식환경에 영향을 미칠 가능성도 배제할 수 없다. 따라서 본 연구는 추후 예상되는 이 해역 조간대 어류 분포 및 변동에 대한 기초 자료를 제시하기 위하여 이루어졌다.

재료 및 방법

본 연구를 위해 2006년 2월부터 2007년 10월까지 모두 8회(Table 3)에 걸쳐 신월성 원자력발전소 주변의 조간대에서 어류를 채집하였다. 해조류가 적고 조간대 경사가 심해서 수심이 깊은 신월성 원자력 발전소 주변의 남쪽 1km 지점과 조간대 경사가 완만하여 수심이 낮고 해조류가 잘 발달된 남쪽 2km지점에 각각 조사 정점을 설정하였고, 간 조시를 이용하여 매 회 4~5시간 씩 2명이 채집하였다. 채

*교신저자: 최 윤 Tel: 82-63-469-4596, Fax: 82-63-465-3917,
E-mail: choi@kunsan.ac.kr

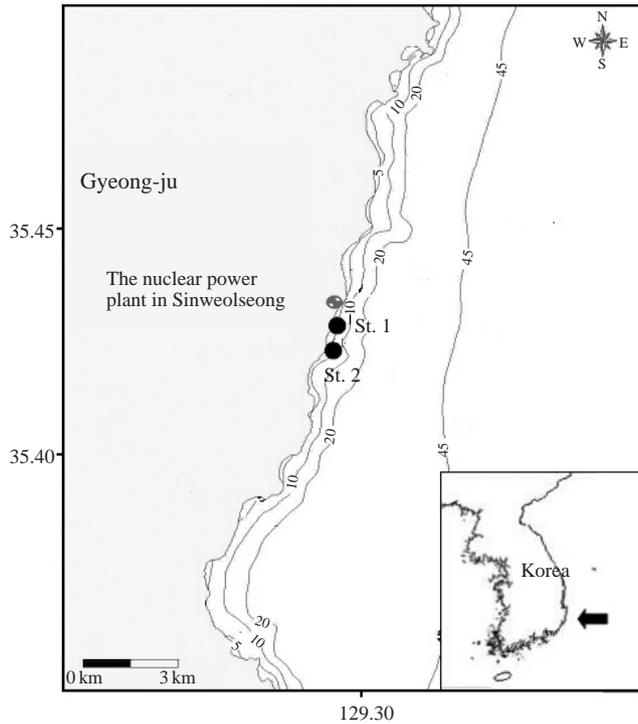


Fig. 1. Map of sampling sites from Sinweolseong, Eastern Coast, Korea.

집에는 죽대 (망목크기 5×5 mm)와 뜰망 (망목크기 1×1 mm)을 이용하였다. 채집된 표본은 현장에서 10% 포르말린 액에 고정하여 실험실로 운반하여 동정하였고, 종의 동정은 김 등 (2005)과 Masuda *et al.* (1988), Nakabo (2002)를 이용하였으며, 분류체계는 Nelson (1994)에 따랐다. 또한 군집분석을 위하여 종 다양도 (Shannon and Weaver, 1963)와 균등도 (Pielou, 1966), 우점도 (Simpson, 1949), 종 풍부도 Margalef (1958)를 산출하였다. 조사 위치는 Fig. 1과 같다.

조사위치

St. 1. N35°41' E129°28'

St. 2. N35°41' E129°28'

결 과

1. 어류 서식지 개황

신월성 원자력 발전소가 위치한 본 연구해역은 경주시 양남면 나아리 일대로 인근에는 경주시가 지정한 자연환경 보전지역 가운데 양북면, 양남면 및 감포읍이 위치하며, 양북면 봉길리와 용당리, 감포읍 대본리 일대는 경주국립공원 대본지구에 해당된다. 인접지역에는 해안선을 따라 양북면과 양남면에 각 1개소, 감포읍에 3개의 해수욕장이 있고, 해안으로 흘러드는 하천으로는 조사지점에서 북쪽으로 약

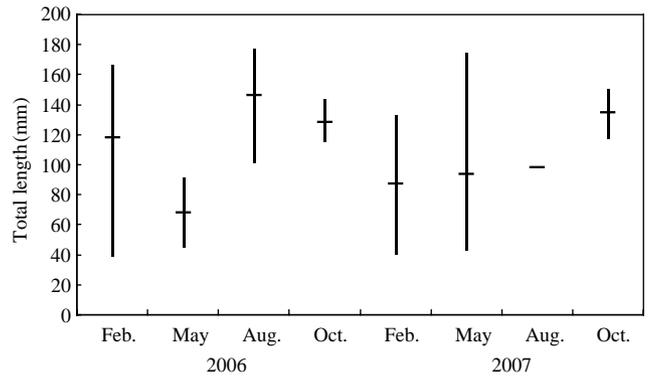


Fig. 2. Total length distribution of *Hexagrammos agammus* collected in Sinweolseong from February 2006 to October 2007. Vertical line, range of total length; Horizontal line, average of total length.

Table 1. The number of fish taxa collected in the intertidal zone of Sinweolseong, Eastern Coast, Korea

Order	Number of groups			
	Family	Genus	Species	Individuals
Mugiliformes	1	1	1	11
Atheriniformes	1	1	1	2
Scorpaeniformes	3	6	9	219
Perciformes	9	13	15	240
Tetraodontiformes	1	1	1	5
	5	15	27	477

2.7 km 떨어진 곳에 대중천이 위치하고 있으나 바다로 유입되는 민물의 양은 매우 적어 그 영향을 크게 받지 않는다. 연구해역의 조간대는 바위와 크고 작은 자갈이 섞여 있으며, 바위 주변에는 각종 해조군락이 형성되어 망둑어과 및 독중개과 등의 어류에게 좋은 서식처를 제공하고, 어린 노래미의 성육장 역할을 하고 있는 것으로 조사되었다. 또 조수간만의 차가 1 m 미만으로 간조시에 드러나는 조간대의 면적이 크지 않지만, St. 2는 St. 1에 비해 해안의 경사가 완만하여, 대조시에 간조선과 만조선의 거리는 약 50~100 m에 이른다.

2. 어류상

본 연구 기간인 2006년 2월부터 2007년 10월까지 8회에 걸쳐 채집된 조사시기별, 지점별 출현종의 목록 및 개체수는 Table 2와 같다. 채집된 어류는 모두 5목 15과 22속 27종, 477개체였다. 이 가운데 가장 많은 종을 포함한 분류군은 썸뱅이목 (Scorpaeniformes)의 독중개과 (Cottidae)로 모두 6종이 채집되었으며, 다음으로 장갱이과 (Stichaeidae)가 3종이었다. 송어목 (Mugiliformes), 색줄멸목 (Atheriniformes), 북어목 (Tetraodontiformes) 어류는 각 1종씩 채집되었다 (Table 2). 종별 채집개체수에 있어서는 독중개과의 무늬횃

Table 2. Composition of the fish species collected in Sinweolseong, Eastern Coast, Korea

Species	St. 1 (St. 2)								Total
	2006				2007				
	Feb.	May	Aug.	Oct.	Feb.	May	Aug.	Oct.	
송어목	Mugiliformes								
송어과	Mugilidae								
송어		2	9						11
색줄멸목	Atheriniformes								
물꽃치과	Notocheiridae								
물꽃치							(2)		(2)
솜뱅이목	Scorpaeniformes								
취노래미과	Hexagrammidae								
노래미	(9)	1(2)	(4)	1(2)	1(1)	3(23)	1	3(1)	10(42)
취노래미			(1)						(1)
독중개과	Cottidae								
무늬횃대	(17)	1(17)	7(9)	6(6)	(3)	5(8)	(5)	1(38)	20(103)
가시걱정어	1								1
고려실횃대	(2)	(9)	(5)	1(2)	(1)	(12)		(5)	1(36)
가시망둑			1						1
돌망둑이				(1)				(1)	(2)
돌파망둑	(1)								(1)
폼치과	Liparidae								
물메기				(1)					(1)
농어목	Perciformes								
도미과	Sparidae								
감성돔				2					2
황줄감정어과	Kyphosidae								
벵에돔							11(1)	(1)	11(2)
범돔			4				(9)		4(9)
다동가리과	Cheilodactylidae								
아홉동가리		1							1
망상어과	Embiotocidae								
인상어				2(2)				(1)	(1)
장갱이과	Stichaeidae								
그물베도라치		1(2)	1(1)			1(2)	(2)		3(7)
세줄베도라치	(1)								(1)
민베도라치	(5)	1(4)	5(7)		2(3)	2(4)	(2)		10(25)
황줄베도라치과	Pholididae								
점베도라치	2	2(1)	(1)	(2)	(3)	(1)			4(8)
베도라치					1	(1)			1(2)
먹도라치과	Tripterygiidae								
가막베도라치				1					1
청베도라치과	Blenniidae								
저울베도라치								(1)	(1)
앞동갈베도라치								(1)	(1)
망둑어과	Gobiidae								
점망둑	1(8)		(1)	(2)		2		1(20)	4(31)
별망둑	(1)		52	11(3)	4	2	5(10)	1(18)	75(32)
복어목	Tetraodontiformes								
참복과	Tetraodontidae								
복섬				3			(1)	(1)	3(2)
Number of species	3(8)	6(6)	9(9)	6(8)	4(5)	7(7)	3(9)	4(11)	19(21)
Total number of species	10	8	14	10	7	9	10	11	27
Individuals	4(44)	8(35)	83(31)	23(19)	8(11)	16(51)	17(33)	6(88)	65(312)

대 (*Furcina oshimae*)가 모두 123개체가 채집되어 전체 출현 개체수의 25.8%로 우점종이었고, 다음으로 별망둑 (*Chaenogobius gulosus*)이 107개체 (22.4%), 노래미 (*Hexa-*

grammos agramus)가 52개체 (10.9%) 순이었다. 이 중 무늬 횃대와 노래미는 8회에 걸쳐 모두 채집되었다. 특히 노래미는 2월과 5월에 채집된 최소 전장 40 mm 내외의 어린 개

체에서부터 전장 180 mm까지 다양한 크기의 개체들이 채집되어 연중 이곳에 서식하는 주거종이었다(Fig. 2). 정점별로는 St. 1에서는 19종 165개체가 채집되었고 St. 2에서는 21종 312개체가 채집되었다. 이는 조사 정점이 서로 인접한 곳이지만 St. 2는 조간대의 경사가 완만하여 채집 면적이 넓고 해조군락이 발달하여 저울베도라치(*Entomacrodus stellifer*)와 앞동갈베도라치(*Omobranchus elegans*)를 비롯한 청베도라치과 어류와 돌팍망둑(*Pseudoblenius percooides*)과 돌망둑이(*P. marmoratus*) 등 독중개과 어류가 다양하게 서식하고 있기 때문이다. 이 해역 조간대 어류 분포의 특징은 썸뱅이목의 전체 출현비율이 45.9% (219개체)로서 농어목의 50.3% (240개체)와 비슷하게 분포하는 점이다(Table 1). 어류의 일반적인 출현비율은 중수와 개체수에서 농어목이 썸뱅이목에 비해 많기 때문에 농어목이 썸뱅이목 어류에 비해 훨씬 높은 비율로 출현한다. 우리나라 연근해에 분포하는 썸뱅이목 어류는 141종인데 비해 농어목 어류는 456종이다(김 등, 2005). 본 연구결과에 있어서도 분류군별로는 썸뱅이목이 3과 6속 9종이었으며, 농어목은 9과 13속 15종이었다. 즉 중수에서 농어목이 많았지만, 전체적인 출현 개체수에서 썸뱅이목 어류와 농어목 어류의 출현율이 비슷한 것은 이 해역 우점종인 무늬횃대의 서식밀도가 특히 높았기 때문이다.

3. 군집분석

군집구조 분석을 위하여 다양도, 균등도, 우점도, 종풍부도지수 등을 산출한 결과는 Table 3과 같다. 다양도지수는 1.60~1.86의 범위로 나타났으며, 2006년 10월과 2007년 8월에 각각 1.84와 1.86으로 높았고 2007년 10월에 1.60로 가장 낮았다. 종풍부도지수는 1.86~2.74의 범위로 나타났고 2006년과 2007년 모두 여름철인 8월에 각각 2.74와 2.30으로 연중 최고치를 나타내었다. 또한 균등도지수는 0.61~0.93의 범위로 나타났으며, 2007년 2월에 0.93으로 가장 높았으며 2006년 8월에 0.61로 가장 낮았다. 우점도

지수는 0.47~0.64의 범위로 나타났고, 2007년 10월에 0.64로 가장 높았고 2007년 2월에 0.47로 가장 낮았다. 2006년과 2007년 모두 여름철인 8월에 가장 높은 종풍부도 값을 나타내었으며, 이는 이 시기에 쥐노래미과 어류를 비롯하여 황줄감정이과와 다동가리과 어류 등이 다양하게 출현하였기 때문이다. 이들 어류는 여름철에 어린 개체들이 조간대에서 성장하며, 수온이 떨어지는 가을철에는 수심이 좀 더 깊은 곳으로 이동하여 생활하는 것으로 조사되었다.

고 찰

본 해역의 어류는 바위와 해조류가 많은 곳에서 독중개과(*Cottidae*)의 무늬횃대(*Furcina osimae*)가 우점하였고, 바위로 이루어진 조수웅덩이에는 망둑어과(*Gobiidae*)의 별망둑(*Chaenogobius gulosus*)과 점망둑(*C. annularis*)이 우점하였다. 한편 조간대의 바위 주변에 형성된 웅덩이와 해조류 군락에는 어린 노래미가 무리지어 서식하였다. 노래미는 동계에 산란하는 것으로 알려져 있으며(정과 김, 1994; 오 등, 1999), 이 때 부화한 어린 개체들이 2월과 5월에 많은 수가 채집되었다. 또한 채집된 개체 가운데 최대 전장은 177 mm이었으며 이는 만 3년생에 해당하는 크기였다(오 등, 1999). 이것은 본 연구해역이 바위지역으로서 잘 발달된 해조류군락과 함께 어린 물고기의 먹이가 되는 각종 무척추동물들이 서식하기 좋은 환경을 보유한 곳으로, 이들 어종의 성육장 역할을 하고 있기 때문으로 판단된다. 동일한 방법으로 조사된 다른 해역 조수웅덩이의 어류와 목 수준의 분류군별로 비교해 볼 때 본 연구해역에서 썸뱅이목의 출현량이 월등하게 높았다. 즉 태안국립공원 조간대의 어류상(최와 장, 2007)에서 농어목 어류가 전체의 78.4%인 반면 썸뱅이목은 14%에 불과하였고, 새만금 해역 조수웅덩이의 어류(최 등, 2005)에서는 농어목이 90%인 반면 썸뱅이목은 1% 미만에 불과하였다. 이에 비해 본 해역은 썸뱅이목이 전체 출현 개체수의 47.2%였고, 농어목이 48.9%로서 두 분류군의 출현비율이 비슷하였다. 이것은 독중개과 어류가 많이 분포하는 동해안의 어류분포 특성 때문으로 판단된다. 본 해역에서 종 다양도지수는 시기별로 차이가 있으나 1.60~1.84(평균 1.74)이었으며, 태안연안 국립공원의 조간대 가운데 본 연구해역과 비슷한 조간대 환경조건을 가진 태안군 원북면 학암포와 태안군 소원면 모항리, 삼봉해수욕장 주변의 종 다양도지수는 각각 1.97과 1.33, 1.45(최와 장, 2007)로 결과적으로 큰 차이는 없지만, 본 연구해역의 종 다양도가 약간 높게 나타났다. 이것은 본 연구해역이 조간대 주요 어류인 망둑어과 어류 외에도 다양한 종류의 독중개과 어류들이 분포하고, 서해안에서는 분포하지 않는 망상어과 어류를 비롯하여 다동가리과, 황줄감정이과 어

Table 3. Fish community indices of the intertidal zone of Sinweol-seong, Eastern Coast, Korea

Items Date	Diversity index	Richness index	Evenness index	Dominance index
2006. 2	1.82	2.32	0.79	0.54
2006. 5	1.72	1.86	0.83	0.62
2006. 8	1.62	2.74	0.61	0.60
2006. 10	1.84	2.41	0.80	0.62
2007. 2	1.81	2.03	0.93	0.47
2007. 5	1.68	1.90	0.77	0.58
2007. 8	1.86	2.30	0.81	0.54
2007. 10	1.60	2.20	0.67	0.64
Average	1.74	2.22	0.78	0.58

류의 유어들이 여름철에 다양하게 출현하기 때문이다.

본 조사수역에서 채집된 종 가운데 독중개과의 *Porocottus*속 어류는 고려실횃대(*P. leptosomus*)와 형태 및 계수계 측치에서 대부분 일치하였다. 우리나라에 서식하는 *Porocottus*속 어류는 고려실횃대와 실횃대(*P. tentaculatus*) 2종으로 보고되어 있으며, 고려실횃대는 지금까지 서해안의 태안연안과 중국의 산둥반도에서 보고된 바가 있고(Muto *et al.*, 2002; Choi and Yang, 2008), 동해안에는 실횃대만 서식하는 것으로 알려져 있다(김 등, 2005). 본 조사수역에서 채집된 고려실횃대는 뱃지느러미 연조수가 11~13개로서 종전에 보고된 고려실횃대의 연조수 12~14개와 약간의 차이를 나타냈다. 또한 그동안 우리나라의 제주도와 남해안에 분포하는 종으로, 동해 연안에서는 지금까지 서식이 확인되지 않았던 장갱이과(Stichaeidae)의 민베도라치(*Zoarchias glaber*)와 다동가리과(Cheilodactylidae)의 아홉동가리(*Goniistius zonatus*)가 본 연구에서 채집된 것은 동해안에서 난류성 어류들의 북방한계선이 차츰 북상하고 있음을 나타내는 결과로 주목된다. 즉 동해 연안에서 회유성 어류뿐만 아니라, 아홉동가리와 같은 제주도와 남해안에 분포지가 한정되었던 이동성이 적은 어류들도 출현하는 것이 확인되었다. 이 해역의 조간대 어류에 대해서는 종전에 자세히 조사가 이루어진 바 없기 때문에 앞으로 원자력 발전소 및 방폐장에 관련된 사후 환경 조사시에 서식상황을 면밀히 비교 검토할 필요가 있다.

요 약

경북 경주시 신월성 해역 조간대의 어류상과 어류분포 특성을 알아보기 위해 2006년 2월부터 2007년 10월까지 죽대와 뜰망을 이용하여 어류를 채집하였다. 연구기간 동안 채집된 어류는 모두 5목 15과 22속 27종이었다. 본 조사해역은 크고 작은 자갈과 바위가 혼재하고, 많은 해조군락이 발달된 곳에 독중개과의 무늬횃대가 우점하였고, 노래미는 연중 서식하는 주거종으로 확인되었다. 바위로 이루어진 조수웅덩이에는 망둑어과의 별망둑과 점망둑이 우점하였다. 한편 지금까지 한국고유종으로 우리나라 제주도와 남해안에 분포하는 것으로 알려진 장갱이과의 민베도라치와 다동가리과의 아홉동가리가 본 해역에도 서식하는 것이 본 연구에서 확인되었다.

사 사

본 논문은 군산대학교 해양개발연구소의 연구비 지원으

로 이루어졌습니다.

인 용 문 헌

- 김익수 · 최 윤 · 이충열 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국 어류대도감, 교학사, 613pp.
- 오용태 · 장창익 · 조수근 · 손명호. 1999. 한국 동해산 노래미(*Hexagrammos agrammus*)의 자원생태학적 특성치 추정. 한국수산자원학회지, 2: 14-23.
- 정의영 · 김성연. 1994. 노래미, *Hexagrammos agrammus* (Temminck et Schlegel)의 성 성숙과 산란. 한국어류학회지, 6: 222-236.
- 정의영 · 김익수 · 최 윤. 1990. 내초도 조간대에 출현하는 망둑어과(Gobiidae) 어류의 저질별 분포양상 및 먹이생활에 관한 연구. 군산대학교 해양개발연구소 논문집, 1: 19-35.
- 최 윤 · 김익수 · 유봉석 · 박종영. 1996a. 금강하구 풀망둑(*Synechobius hasta*)의 생태. 한국수산학회지, 29: 115-123.
- 최 윤 · 김중연 · 노용태. 1996b. 한국산 날개망둑의 생태학적 연구. 한국생태학회지, 19: 217-222.
- 최 윤 · 임환철 · 라혜강 · 양재삼 · 최강원. 2005. 새만금 해역 조수 웅덩이의 어류. 한국어류학회지, 17: 142-147.
- 최 윤 · 장준호. 2007. 서해 태안해안국립공원 조간대 어류상. 환경생물, 25: 297-302.
- Choi, Y. and Z.F. Yang. 2008. Intertidal fish from the Sandong Peninsula, China. Korean J. Ichthyol., 20: 54-60.
- Margalef, D.R. 1958. Information theory in ecology. General Systems, 3: 36-71.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uyeno and T. Yoshino. 1988. The fishes of the Japanese Archipelago. Tokai univ. Press. Text and Plate, 437 pp, 370 plates.
- Muto, F., Y. Choi and M. Yabe. 2002. *Porocottus leptosomus* sp. nov., from the west coast of Korea, Yellow Sea (Scorpaeniformes: Cottidae). Ichthyol. Res., 49: 229-233.
- Nakabo, T. 2002. Fishes of Japan with pictorial keys to the species, English edition. Tokai University Press, I-vii+867-1749.
- Nelson, J.S. 1994. Fishes of the world (3th ed.). John Wiley & Sons, 523pp.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theoret. Biol., 13: 131-144.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. Illinois Univ. Pre. Urbana, 177pp.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163: 1-688.