

태안 해변 천해 어류 종조성의 계절 변화

노형수 · 육관수 · 황학빈¹ · 이태원^{1*}

국립공원관리공단 태안해안국립공원사무소
¹충남대학교 해양학과

Seasonal Variation in Species Composition and Abundance of Shallow Water Fishes at Taean Beaches, in the Yellow Sea of Korea

HYUNG SOO NOH, KWAN SU YOUK, HAK BIN HWANG¹ AND TAE WON LEE^{1*}

Taeanhaean National Park, Jangsan-ri Taean Chungnam 357-907, Korea

¹Department of Oceanography, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

태안 반도의 학암포와 연포 해변 천해역에서 2007년 1월부터 12월까지 월별로 지인망으로 어류를 채집하여 계절에 따른 종조성 변화를 분석하였다. 조사 기간 동안 학암포에서는 총 30종, 964 마리, 10,564.1 g의 어류가 채집되었으며, 연포에서는 총 46종, 4,447 마리, 28,622.4 g의 어류가 채집되었다. 가숭어(*Chelon haematochelius*)를 비롯하여 연안종인 넙치(*Paralichthys olivaceus*), 돛양태(*Repomucenus lunatus*), 조피볼락(*Sebastes schlegelii*), 복섬(*Takifugu niphobles*) 등이 우점하였고, 여름과 가을에는 전어(*Konosirus punctatus*), 밴댕이(*Sardinella zunasi*), 멸치(*Engraulis japonicus*)와 같은 회유성 부어류의 유어들이 대량 출현하였다. 출현한 어류는 소형어류이거나 유어들이었으며, 가숭어와 회유성 어류는当年생 유어들이었고, 조피볼락, 넙치, 문치가자미(*Pleuronectes yokohamae*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 등과 같은 유용성 어류는 1-2년생 미성어들로, 이들은 조간대 천해역을 성육장으로 이용하며 자라면서 깊은 곳으로 이동하는 것으로 보인다. 저질이 단순한 세립 모래질 학암포 해변에 비하여 펄이 섞인 세립 모래질이고 곳에 따라 갈피가 자라는 연포 해변에서 출현종수와 채집 개체수가 학암포 해변에 비하여 많았다. 두 해역에서 주거종과 여름 가을 사이 회유어종의 유어들이 출현하는 양상을 비슷하였으나, 연포에서는 봄에 펄을 선호하는 얼룩망둑(*Gymnogobius mororanus*), 갈피에 서식하는 실고기(*Syngnathus schlegeli*) 등의 성어들이 출현하였고 주거종의 미성어들의 생물량도 높았다. 황해 남쪽의 천해역에는 외해에서 월동하고 수온이 높아지며 북쪽으로 이동하는 회유성 부어류의 비중이 높았던 반면, 황해 중북부에 위치한 태안 천해역에는 회유종의 비중은 낮았고 주거종의 비중이 상대적으로 높았다.

Seasonal variation in species composition and abundance of shallow water fish from the Hakampo and Yeonpo beaches in Taean in the western coast of Korea were determined by the analysis of monthly samples collected by a beach seine from January to December, 2007. A total of 30 species, 964 individuals and 10,564.1 g of fish were collected from the Hakampo beach, and a total of 46 species, 4,447 individuals and 28,622.4 g of fish from the Yeonpo beach. The juveniles of coastal fish such as *Chelon haematochelius*, *Paralichthys olivaceus*, *Repomucenus lunatus*, *Sebastes schlegelii* and *Takifugu niphobles* were predominated in abundance. And the juveniles of pelagic migrants such as *Konosirus punctatus*, *Sardinella zunasi* and *Engraulis japonicus* were abundantly collected between summer and autumn. The fish collected were mainly composed of small-sized species and juveniles. *C. haematochelius* and migrant fish were young of the year, and commercially important fish such as *S. schlegeli*, *P. olivaceus*, *Pleuronectes yokohamae* and *Hexagrammos otakii* were 1 to 2 years old juveniles. It is considered that they use the shallow water as a nursery ground until they move out to the deeper water. The number of species and abundance were lower in the fine sand Hakamp beach than in the muddy sand Yeonpo beach where some *Zostera marina* were also found. In Yeonpo beach the adult of *Gymnogobius mororanus* preferred to live in the muddy shallow water and *Syngnathus schlegeli* living in the sea grass were also abundantly collected in spring in addition to resident fish and pelagic migrants in warm months. The resident species were more abundance in the Taean beach than in the beach located in the southern part of the west coast of Korea where the juveniles of pelagic migrants were more abundant.

Keywords: Shallow Water Fish, Fish Species Composition, Taean Beach, Yellow Sea

*Corresponding author: twlee@cnu.ac.kr

서 론

조간대는 조석에 따라 대기에 노출되기 때문에 육상과 대기의 영향을 크게 받아 시간에 따른 환경 변화가 심하고 파도가 부서져 해수유동이 심하고 탁도가 높다. 경사가 급한 암반 조간대에 비하여 저질이 모래나 펄인 연성조간대는 경사가 완만하고 인접 육상으로부터 유기물이 유입되어 유기물 함량이 많은 편이고 포식자로부터 보호되기 때문에 생물 생산이 높은 편이다. 이동력이 약한 저서생물은 간조 때에도 조간대에 머물지만, 부유동물이나 어류와 같은 동물들은 조간대가 물에 잠기는 동안 조간대의 생태적 이점을 이용한다. 이와 같은 조간대 천해역에 서식하는 종들은 심한 환경 변화에 적응된 종들로, 주거종(resident species)의 수는 적으며, 시간에 따른 종조성 변화가 심하다(Modde and Ross, 1981; Lasiak, 1984; 이, 2001). 이렇게 환경변화가 심한 조간대 해양생물은 조간대 생물과 구분되기 때문에 조간대 천해역을 독립된 생태계로 보고 있다(Modde and Ross, 1981; Brown and McLachlan, 1990). 이 해역의 정주성 부유동물에는 곤쟁이, 새우류, 등각류, 단각류들이 주를 이루는데, 일반적으로 하부조간대 쪽으로 갈수록 생물량이 많고, 낮보다는 밤에 조수를 따라 천해역으로 이동하기 때문에 밤에 양이 많다(Suh et al., 1995; 서와 구, 1997; 서와 유, 1997; 유 등, 1998).

연성 조간대 천해역의 어류상은 저질 입도, 서식처 이질성(habitat heterogeneity), 대기 노출(exposure)정도에 따라 달라지는데(Thorman, 1986), 한반도 서해안에서 저질이 펄인 곳에서는 모래인 곳에서도 상대적으로 어류 출현종수가 많고 생물량도 많으며, 우점종 및 종조성에도 차이가 있었다. 주거종은 망둑어류 등의 정착성 어종들이고, 계절에 따라 인접 연안에 서식하는 어류의 유어(juvenile fishes)나 소형 부어류(pelagic fishes)들이 이 해역을 이용한다(임과 이, 1990; 신과 이, 1990; 이 등, 1995, 1997; 이, 2001). 회유종의 유어들은 수온 및 염분의 심한 변화와 높은 탁도에 잘 적응하여, 이곳의 풍부한 먹이를 이용하고 포식자로부터 피할 수 있어 유어기를 이곳에서 보내고 자라면서 본래의 서식처로 이동한다(Robertson and Lenanton, 1984).

조간대 환경은 주변 육지의 이용 정도에 따라 인위적 영향을 크게 받는다. 특히 인접 연안의 부유물들이 조류와 바람을 따라 조간대에 쌓인다. 태안 연안은 2007년 12월 7일 허베이 스피리트호의 원유 유출 사고로 원유가 조간대로 밀려와 조간대 천해역의 환경과 생태계가 훼손되었으며, 생태계와 환경 복원을 위하여 많은 노력을 기울이고 있다. 유류오염 사고에 따른 해양 환경과 생태계 변화 및 복원 과정을 파악하고 대책을 수립하기 위해서는 사고 이전의 비교 자료가 요구되나 오염 사고 이전의 구체적인 자료가 많지 않다. 가능한 범위에서 유류오염 사고 이전 자료를 찾아 정리 분석하여 사고 이후 생태계나 환경 변화 해석에 이용할 필요가 절실하다.

본 연구에서는 태안 유류 오염 사고가 나기 이전 2007년 1월부터 12월까지 태안군 학암포와 연포 해변에서 월별로 지인망을 이용하여 채집한 천해 어류 계절별 종조성 자료를 정리 분석하고, 다른 천해역과 비교하여 조사 해역 어류의 특성을 분석하였다.

재료 및 방법

충청남도 태안군 학암포와 연포 해변에서 2007년 1월부터 12월

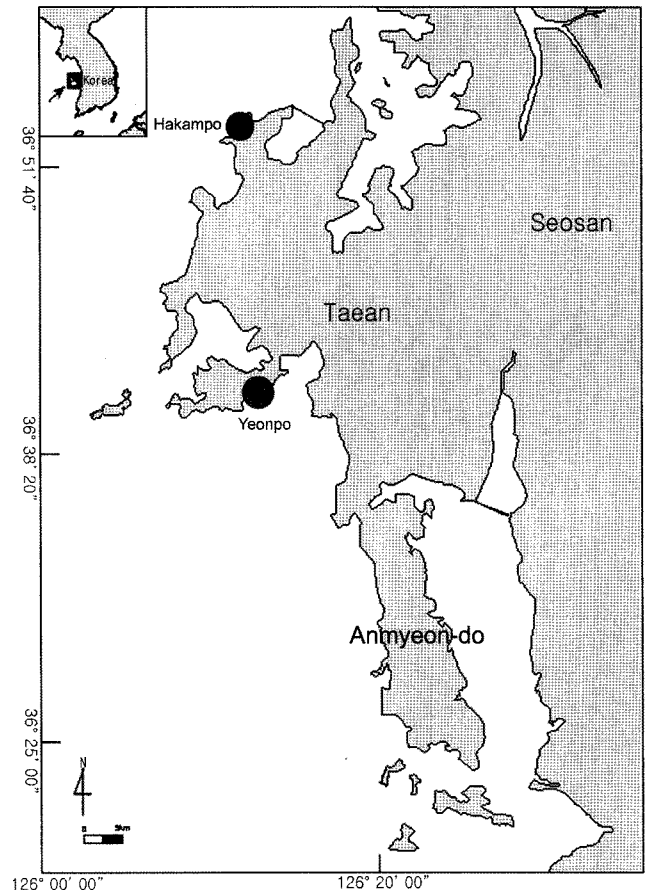


Fig. 1. Map showing the sampling site.

까지 월별로 지인망(beach seine)을 사용하여 어류를 채집하였다(Fig. 1). 조사지역은 최대 초차가 5 m 정도이고, 사리 때 최대 조간대의 거리는 약 100 m 정도이다. 학암포 조간대의 저질은 세립 모래질이며, 연포 해변은 펄이 섞인 세립모래질로 곳에 따라 거머리말(*Zostera marina*)이 자란다. 어류 채집에 이용된 지인망은 길이 10 m, 높이 2.5 m, 망목(stretched mesh size)은 10 mm였다. 천해역 어류는 조수를 따라 이동하기 때문에 조석, 수위, 밤낮 등에 따라 채집되는 종조성의 변이가 심하다. 대천 해변에서 조석과 시간에 따른 종조성 변화를 분석한 결과에 의하면, 사리 때 간조면 하루에서 채집하면 그 해역에 사는 대부분의 어류를 채집할 수 있음이 밝혀졌다(이, 2001). 따라서 본 연구에서는 원칙적으로 매월 그믐 사리 전후 주간과 야간의 간조 때를 택하여 간조선에서 어류를 채집하였다. 또, 한 조사 시기를 대표할 수 있는 어류를 채집하기 위해서 이(2001)에 따라 각 조사 시기 밤과 낮에 5회씩 예인하였다. 한 조사 시기에 5회 예인이 같은 장소로 반복되지 않도록 하면서 해안선에서 약 20 m 정도 떨어진 수심 1 m 정도인 곳에 투망하여 해안선에 수직으로 예인하였다. 각 조사 시기 밤낮 종조성을 Wilcoxon rank sum test한 결과 학암포와 연포 5월을 제외하고는 밤낮 종조성 차이가 유의하지 않아 각 조사시기의 자료는 밤낮 10회 예인 자료를 합하여 표시하였다.

채집된 어류는 냉장 보관하여 실험실에서 체장과 무게를 측정하였다. 종의 동정에는 정(1977), Masuda et al.(1984), Nakabo(2002),

Table 1. Monthly species composition of shallow water fish collected by a beach seine from the Hakampo beach from January to December 2007
'N' and 'W' represent the number of individuals and biomass (g) per 10 hauls

Species	January		February		March		April		May		June		July		August		September		October		November		December		Total		No. of occur.					
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W						
<i>Chelon heamatocheilus</i>	1	8.0			1	8.4	1	6.7	1	12.9			141	75.1	12	12.5	32	58.6	11	13.7	3	84.2	1	33.8	204	313.9	10					
<i>Repomucenus lunatus</i>	1	1.6	1	3.9					9	46.6					6	30.9	32	49.0	102	268.3	15	47.3			166	447.6	7					
<i>Paralichthys olivaceus</i>	8	177.6	6	103.1			3	70.9	3	173.4	6	145.8	2	0.6	45	228.2	25	716.0	11	783.1	11	1086.4	6	614.8	126	4099.8	11					
<i>Konosirus punctatus</i>			1	89.3									91	75.9	18	20.6			2	37.2					112	223.0	4					
<i>Sebastes schlegelii</i>	4	92.7	3	74.9	13	398.3			4	7.9	1	2.3	13	51.1	4	268.9	3	409.4	7	650.5			2	7.7	49	146.7	5					
<i>Hypomesus pretiosus japonicus</i>	23	101.2					1	1.9							3	3.6	20	32.3							38	369.6	8					
<i>Takifugu niphobles</i>	1	5.2			3	11.2			1	7.3	1	7.2			12	37.3	8	130.1	7	82.9	5	88.4			35	67.8	3					
<i>Engraulis japonicus</i>									3	52.4			29	12.6	3	2.9										24	95.8	3				
<i>Sardinella zunasi</i>									1	22.9	13	41.0										10	31.9			16	263.2	6				
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	1	115.0	6	56.2			2	64.4			1	8.5			3	5.4	3	13.7							3	5.2	15	48.2	6			
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	2	3.1			4	5.6			1	1.5					4	28.8	1	4.0								2	35.9	1	18.9	15	133.5	6
<i>Repomucenus koreanus</i>	5	26.9					4	15.9			2	11.8			7	9.4			1	24.1						2	35.9	1	18.9	15	133.5	6
<i>Thryssa kammalensis</i>									1	11.3									1	10.6	6	10.0					15	41.3	4			
<i>Hexagrammos otakii</i>									2	5.7									13	260.9							15	266.6	2			
<i>Pholis fangi</i>					1	10.7	13	718.5																			14	729.2	2			
<i>Platycephalus indicus</i>													1	0.7	13	18.9											14	19.6	2			
<i>Hyporhamphus sajori</i>													4	8.4	5	8.0	1	2.9	2	33.7							12	53.0	4			
<i>Hyporhamphus intermedius</i>	2	8.1	4	18.7	4	16.8							1	0.4												11	44.0	4				
<i>Pleuronectes herzensteini</i>															9	8.5										10	99.7	2				
<i>Kareius bicoloratus</i>															1	57.2			1	71.4						4	462.1	4				
<i>Cynoglossus semilaevis</i>																						1	1.2	2	67.4	3	68.6	2				
<i>Glyptocephalus stelleri</i>																										3	382.7	1				
<i>Pleuronichthys cornutus</i>																										2	16.4	2				
<i>Pholis nebulosa</i>																									2	39.9	2	39.9	1			
<i>Repomucenus beniteguri</i>																										2	10.7	1				
<i>Ammodytes personatus</i>																										1	9.2	1				
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>																										1	15.0	1				
<i>Conger myriaster</i>																										1	112.7	1				
<i>Johnius grypotus</i>																										1	0.3	1				
<i>Synechogobius hasta</i>	1	28.0																								1	28.0	1				
Total	49	567.4	22	355.3	31	928.7	26	1219.5	16	316.5	37	270.3	271	176.2	148	514.3	110	1262.6	177	2129.9	60	2035.8	17	787.7	964	10564.1						
Number of species	11		7		9		8		10		8		9		13		10		13		13		9		7	30						
Diversity Index (H')	1.36		1.71		1.79		1.58		2.19		1.70		1.13		2.22		1.69		1.56		1.56		1.98		1.76	2.53						

김 등(2005) 등을 이용하였고 학명 및 종명은 김 등(2005)을 따랐다. 종다양성지수는 Shannon-Weaver(1949) 식을 이용하여 계산하였다. 출현종간의 유사성을 분석하기 위하여, 3회 이상 출현한 어류를 대상으로 출현 유무에 따라 Jaccard(1908)의 유사도지수를 계산하여 수상도를 작성하고 월별 상대 빈도를 수상도와 함께 작성하여 계절에 따른 출현종의 양상을 분석하였다.

결 과

학암포 해변

종조성: 조사기간 동안 총 30종, 964 마리, 10,564.1 g의 어류가 채집되었다(Table 1). 출현한 어류는 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*)과 같은 조간대 천해역 어류(littoral fish), 가승어(*Chelon haematochelius*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*), 돛양태(*Repomucenus*

lunatus), 조피볼락(*Sebastes schlegelii*)와 같은 연안성 저어류, 전어(*Konosirus punctatus*), 복섬(*Takifugu niphobles*) 등과 같은 연안성 부어류, 벤댕이(*Sardinella zunasi*), 멸치(*Engraulis japonicus*)와 같은 회유성 부어류의 유어들이 주를 이루었다. 출현빈도에서는 넙치가 11회, 가승어가 10회, 조피볼락이 9회, 복섬이 8회, 돛양태, 날개망둑, 문치가자미, 참돛양태(*Repomucenus koreanus*)가 6회 이상 출현하였다. 총개체수에서는 가승어, 돛양태, 넙치와 전어가 100개체 이상 출현하여 이 4종이 전체의 63.1%를 차지하였다.

수온과 염분 변화: 조사기간 동안 수온은 1월에 5로 가장 낮았다. 2월 이후 높아지기 시작하여 8월에 25로 가장 높았고, 9월 이후 낮아지기 시작하여 12월에는 2로 낮아졌다(Fig. 2). 연간 온도차는 22였으며, 수온은 봄에 서서히 상승하지만 9월 이후 하강 속도는 봄의 상승 속도에 비하여 빨랐다. 염분은 30.9~32.0 psu 사이로 큰 변화를 보이지 않았다.

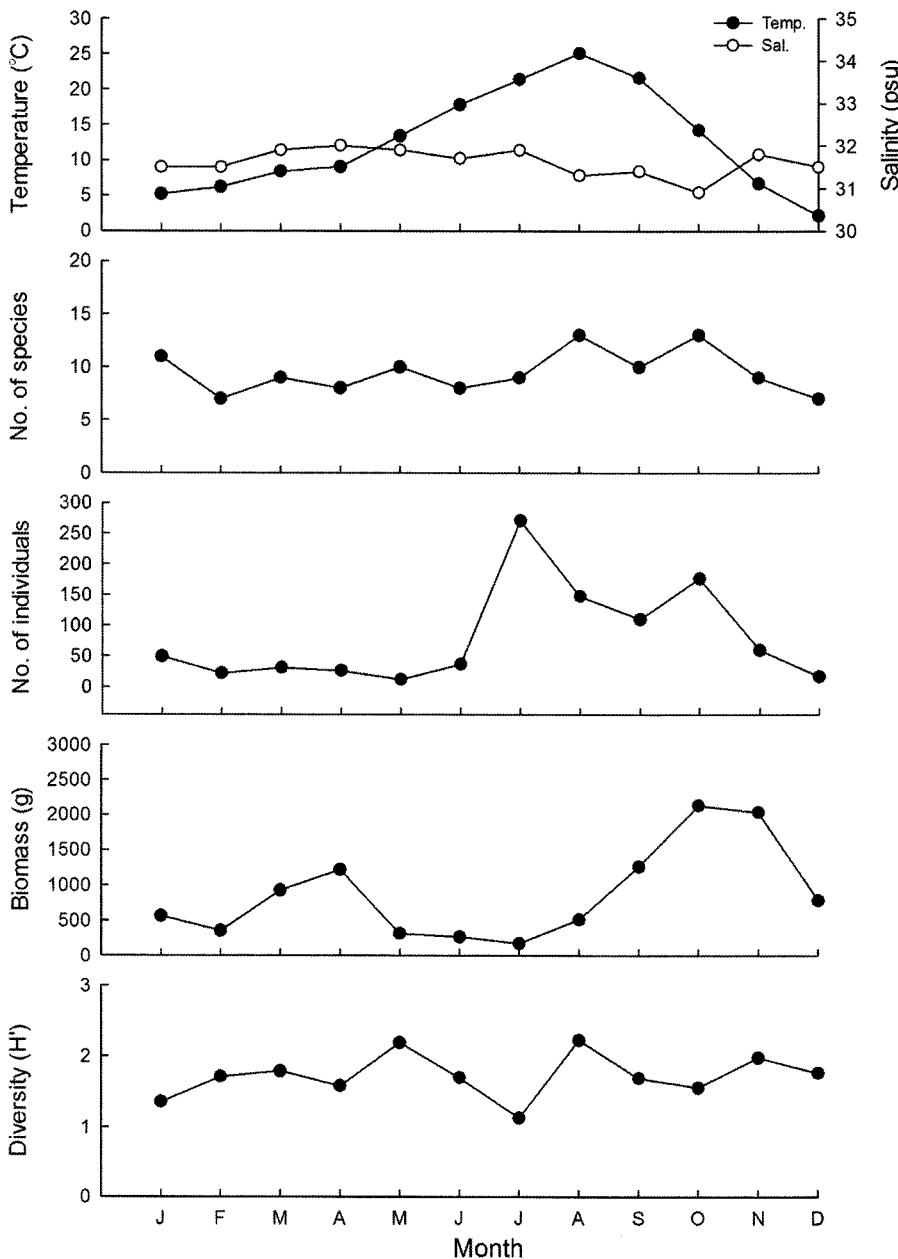


Fig. 2. Monthly variations in temperature and salinity, number of species, number of individuals, biomass (g) and diversity index (H') of shallow water fish collected by a beach seine in the Hakampo beach from January to December 2007.

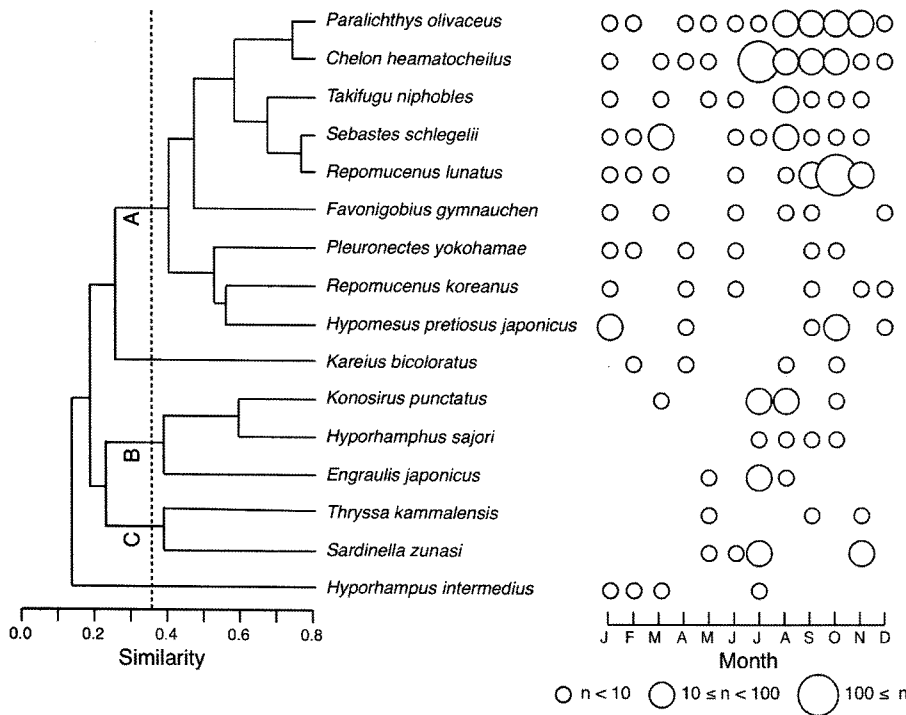


Fig. 3. Cluster analysis of species composition (left) and monthly relative abundance (right) of shallow water fish collected by a beach seine in the Hakampo beach from January to December 2007, based on Jaccard's index of similarity. Circles represent the monthly relative abundance in fish numbers.

종조성의 계절 변동: 지인망에 채집된 어류의 종조성은 계절에 따른 수온 변화에 따라 계절 변화를 보였다(Fig. 2). 2007년 1월에는 11종, 49 마리에 567.4 g의 어류가 채집되었으며, 날빙어(*Hypomesus pretiosus japonicus*)가 23 마리로 가장 많았고, 나머지 어류들은 소수 개체만 채집되었다. 2월에서 6월까지의 7~10종이 채집되었으며, 채집개체수도 16~37 개체로 적었다. 단지 4월에 흰베도라치(*Pholis fangi*) 성어가 13 마리 718, 5 g이 채집되어 생물양이 약간 증가하였다. 7월에 가숭어 유어가 141 마리 채집되었고 회유종인 전어, 멸치 등의 유어들도 다수 채집되어 개체수가 271 마리로 채집 기간 중 가장 많았다. 7월에서 10월까지 주거종과 회유종 유어들이 계속 채집되어 비교적 채집 개체수가 많았다. 특히 10월과 11월에는 크기가 큰 넙치와 조피볼락 유어들이 채집되어 생체량이 높았다. 11월에 채집종수와 개체수가 감소하였고, 12월에는 7종 17 마리만 채집되었다.

종다양성지수는 7월 가숭어 유어가 다수 채집되어 1.13으로 낮았고, 다른 달에는 출현종수도 적었고 소수종에 의한 우점도가 낮아 뚜렷한 계절 변화를 보이지 않았다.

종간 유사성: 조사 기간 동안 3회 이상 출현한 종을 대상으로 Jaccard 유사도 지수를 계산하여 수상도를 작성한 결과 유사도 0.35 수준에서 3 무리로 구분되었다(Fig. 3).

'A' 무리는 넙치, 가숭어, 복섬, 조피볼락, 뚝양태, 등의 연안/기수종으로. 연중 중간대 부근 천해에 출현하며, 조사해역에서는 유어들이 계절에 관계없이 출현하였다. 'B' 무리의 전어와 학공치(*Hyporhamphus sajori*), 'C' 무리의 멸치와 청멸(*Thryssa kammalensis*)은 4~7월 사이 주로 산란하는 어류로 유어들이 7월에서 11월까지 채집되는 학공치를 제외한 나머지 3종은 외해에서 월동하고 유어들이 내만이나 천해역에서 자라는 회유종이다.

연포쇄파대

종조성: 수온과 염분은 학ampo와 비슷한 계절변동을 보였다. 조

사기간 동안에는 총 46종, 4,447 마리, 28,622.4 g의 어류가 채집되었으며, 학ampo 해변에 비하여 출현종수와 채집 개체수가 학ampo 해변에 비하여 많았다(Table 2). 연포에서 채집된 어종의 특성은 학ampo와 비슷하였으나, 조간대 천해어류 가운데 날개망둑, 얼룩망둑(*Gymnogobius mororanus*), 연안성 어류 가운데에는 복섬, 쥐노래미, 조피볼락이 학ampo 보다 연포에서 많이 잡혔고, 17종은 학ampo에서 채집되지 않은 종들이었다. 출현빈도에서는 가숭어와 조피볼락이 조사 기간 중 계속 출현하였고, 복섬이 11회, 날개망둑과 쥐노래미가 10회 출현하였다. 총개체수에서는 가숭어가 1,395개체로 총개체수의 31.4%, 조피볼락이 15.0%, 복섬이 19.8%를 차지하여 이 3종이 총개체수의 66.2%, 총생물량의 64.2%를 차지하였다.

종조성의 계절 변동: 연포의 계절에 따른 어류 종조성은 학ampo와 같이 출현종수와 생물량이 수온이 낮은 계절에 낮고 수온이 높은 계절에 높았으나, 그 변동 폭이 학ampo에 비하여 컸다(Fig. 4). 2007년 1월에는 7종, 81 마리에 388.4 g의 어류가 채집되었으며, 주거종인 가숭어, 조피볼락과 날개망둑이 10 마리 이상 채집되었다. 2월과 3월에도 주거종이 주를 이루었고, 채집량도 적었다. 4월에는 모래질 천해역의 우점종인 날개망둑 성어들이 대량 출현하였고, 조피볼락 복섬, 얼룩망둑, 참돔양태가 다수 출현하여 채집량이 1~3월에 비하여 증가하였다. 5월에 날개망둑은 조개껍질이나 돌 밑에 산란하기 위해서 조간대로 이동하기 때문에 그 수가 조사해역에서 감소하였고, 갈피발을 선호하는 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*) 미성어와 실고기(*Syngnathus schlegeli*) 성어들이 100 마리 이상 채집되어 4월과 비슷한 양이 채집되었다. 6월에는 넙치 유어와 회유종인 뱀망이 성어들이 다수 채집되었으나 채집량은 5월에 비하여 감소하였다. 7-8월에는 주거종인 가숭어, 조피볼락, 복섬 등의 수가 증가하여 채집량이 증가하였다. 9월에는 유어기를 천해역에서 보내는 뱀망이, 청멸, 전어, 민태(*Johnius grypotus*) 등의 회유어들이 다수 채집되어 출현종수가 21종으로 연중 가장 많았고, 가숭어 유어

Table 2. Monthly species composition of shallow water fish collected by a beach seine from the Yeonpo beach from January to December 2007
'N' and 'W' represent the number of individuals and biomass (g) per 10 hauls

Species	January		February		March		April		May		June		July		August		September		October		November		December		Total		No. of occur.	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W		
<i>Chelon heamatocheilus</i>	23	107.7	7	197.0	4	21.2	6	296.0	8	71.8	1	0.8	107	167.1	42	67.9	815	879.4	218	333.9	144	678.9	20	204.9	1395	3026.6	12	
<i>Takifugu niphobles</i>	1	8.8	7	46.7	96	753.9	40	328.8	38	299.2	60	40.5	463	920.2	71	183.5	7	42.5	62	323.0	34	269.1	34	269.1	879	3216.1	11	
<i>Sebastes schlegelii</i>	18	214.1	15	252.5	12	248.8	38	803.5	50	1175.7	77	1091.4	97	694.5	204	2080.9	22	698.5	48	2030.8	33	1624.9	54	1221.0	668	12136.7	12	
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	20	17.1	7	12.4	4	6.5	232	161.6	3	4.1	9	19.7	7	20.6	10	21.8					9	8.9	16	17.0	317	289.7	10	
<i>Syngnathus schlegelii</i>																												
<i>Hexagrammos otakii</i>	4	3.4			3	7.0	1	70.1	108	549.2	11	153.1	1	13.5			1	34.1	3	100.2	3	78.3	17	843.6	152	1852.4	10	
<i>Repomucenus lunatus</i>																												
<i>Paralichthys olivaceus</i>																												
<i>Sardinella zunasi</i>																												
<i>Gymnogobius mororanus</i>	1	1.0	1	1.6	58	38.5	5	8.9																				
<i>Sillago japonica</i>																												
<i>Repomucenus koreanus</i>			1	5.3	43	95.7	9	51.2	1	8.7																		
<i>Cynoglossus semilaevis</i>																												
<i>Konosirus punctatus</i>																												
<i>Thryssa kammalensis</i>																												
<i>Onigoecia spinosa</i>																												
<i>Zebrias fasciatus</i>																												
<i>Hypomesus pretiosus japonicus</i>	8	42.0	6	34.0			4	9.9																				
<i>Johnius grypotus</i>																												
<i>Cynoglossus joyneri</i>																												
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>																												
<i>Pleuronectes yokohamae</i>																												
<i>Pholis fangi</i>																												
<i>Platycephalus indicus</i>																												
<i>Acanthogobius lactipes</i>	7	3.4																										
<i>Engraulis japonicus</i>																												
<i>Acanthogobius flavimanus</i>																												
<i>Histiopertus typus</i>																												
<i>Leiognathus nuchalis</i>																												
<i>Podathecus accipiter</i>																												
<i>Scomberomorus niphonius</i>																												
<i>Hyporhamphus sajori</i>																												
<i>Pholis nebulosa</i>																												
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>	1	0.7																										
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>																												
<i>Hypomesus olidus</i>																												
<i>Pleuromichthys cornutus</i>																												
<i>Chasmichthys dolichognathus</i>																												
<i>Conger myriaster</i>																												
<i>Cryptocentrus filifer</i>																												
<i>Hyporhamphus intermedius</i>																												
<i>Kareius bicoloratus</i>																												
<i>Pagrus major</i>																												
<i>Pleuromectes herzensteini</i>																												
<i>Repomucenus ornatiipinnis</i>																												
<i>Verasper variegatus</i>																												
Total	81	388.4	40	533.0	34	341.9	486	2251.0	377	2762.1	214	2743.9	312	1090.9	776	3879.4	1238	4476.9	382	3223.0	339	4175.3	168	2756.7	4447	28622.4		
Number of species	7		9		9		12		16		16		14		15		21		17		15		9		46			
Diversity Index (H')	1.68		1.72		1.83		1.54		1.69		1.91		1.58		1.20		1.54		1.55		1.86		1.87		2.29			

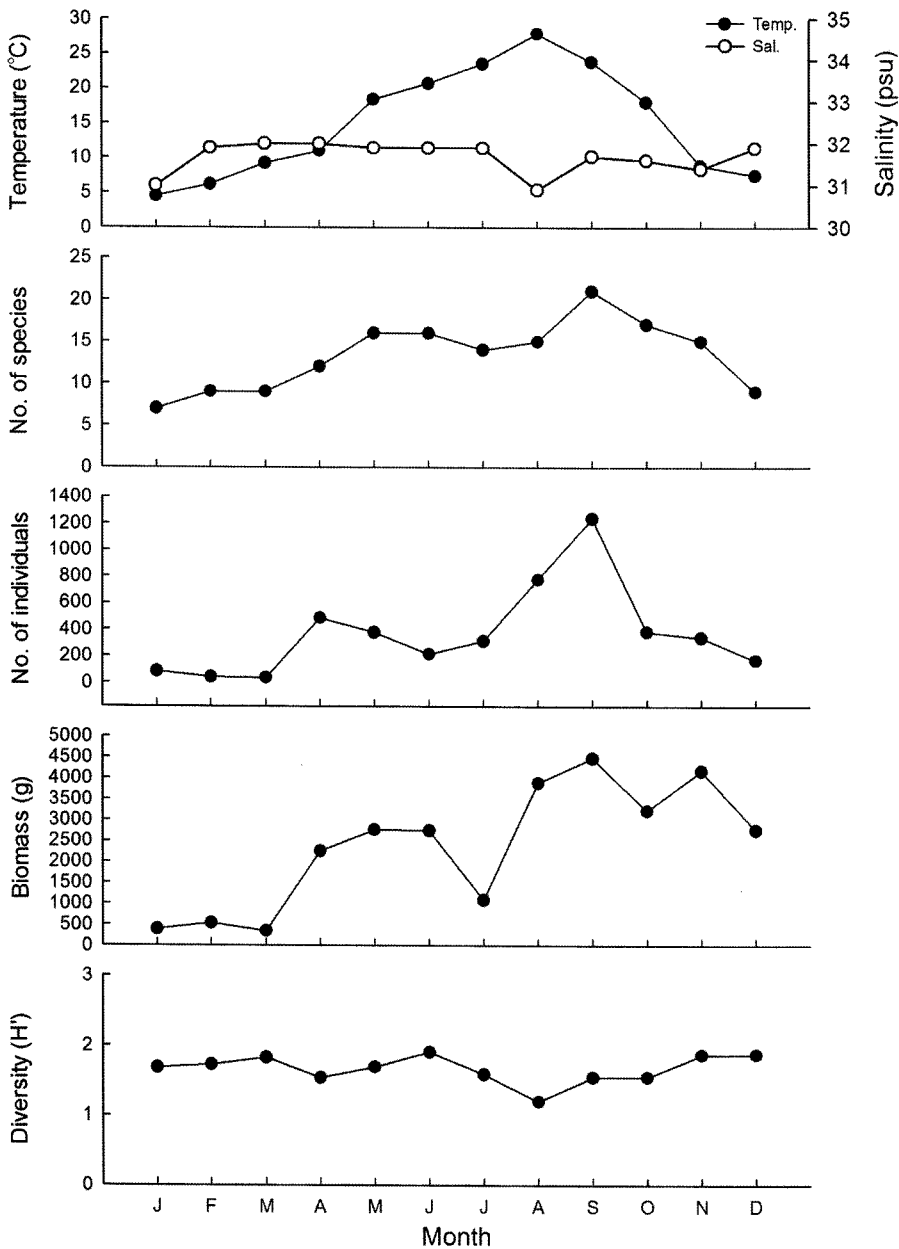


Fig. 4. Monthly variations in temperature and salinity, number of species, number of individuals, biomass (g) and diversity index (H') of shallow water fish collected by a beach seine in the Yeonpo beach from January to December 2007.

가 815마리 채집되어 채집 개체수와 생물량도 채집 기간 중 가장 많았다. 10월 이후 주거종과 회유종의 채집량이 줄어들기 시작하였고, 12월에는 회유종은 채집되지 않았고 주거종이 주를 이루었으며 채집량도 낮아졌다.

종다양성지수는 1.20~1.97의 범위였으며, 주거종인 가숭어, 조피볼락, 복섬 등의 유어들이 대량 출현한 7월에서 9월 사이 약간 낮은 값을 보였다.

중간 유사성: 조사 기간 동안 3회 이상 출현한 종을 대상으로 Jaccard 유사도 지수를 계산하여 수상도를 작성한 결과 유사도 0.35 수준에서 3 무리로 구분되었다(Fig. 5).

'A' 무리는 가숭어, 조피볼락, 복섬, 날개망둑 등의 연안기수종으로 연중 조건대 부근 천해에 출현하며, 조사해역에서는 유어들이 계절에 관계없이 출현하여 학암포와 비슷하였다. 'B' 무리는 밴댕이, 납치, 참새대 박대 등과 같이 여름에서 가을 사이의 유어들이 조건대

부근 천해역에서 자라는 종들이었다. 'C' 무리는 실고기과 얼룩망둑 등 주로 봄에 성어들이 출현한 종들로 구성되었다.

토 의

학암포와 연포 해빈 천해 어류 종조성 비교

조사 기간 동안 채집된 출현종수는 학암포의 30종에 비하여 연포에서 46종으로 약 1.5배가 많았다(Table 3). 두 곳에서 채집된 50종 중 26종은 두 곳 모두에서 채집되었고, 학암포에서만 채집된 종은 4종이었으며 이 종들의 채집 개체수는 1-3 마리로 적었다. 연포에서만 채집된 종이 20종이었으며, 실고기, 얼룩망둑, 청보리멸 등은 채집 개체수도 많았다. 학암포에 비하여 연포에서 개체수는 4.6배, 생체량은 2.6배 많았다. 비교적 채집량이 많았던 종 가운데 조피볼락, 복섬, 날개망둑, 쥐노래미, 박대와 민태는 연포에 10배

Table 3. Comparison of species composition of fish collected by a beach seine from the beaches of Hakampo and Yeonpo in 2007

Species	Hakampo		Yeonpo	
	N	W	N	W
<i>Chelon heamatocheilus</i>	204	313.9	1395	3026.6
<i>Repomucenus lunatus</i>	166	447.6	127	404.8
<i>Paralichthys olivaceus</i>	126	4099.8	104	1362.9
<i>Konosirus punctatus</i>	112	223.0	39	240.2
<i>Sebastes schlegelii</i>	52	1956.0	668	12136.7
<i>Hypomesus pretiosus japonicus</i>	49	146.7	28	115.3
<i>Takifugu niphobles</i>	38	369.6	879	3216.1
<i>Engraulis japonicus</i>	35	67.8	7	6.3
<i>Sardinella zunasi</i>	24	95.8	95	337.4
<i>Pleuronectes yokohamae</i>	16	263.2	13	273.7
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	15	48.2	317	289.7
<i>Hexagrammos otakii</i>	15	266.6	152	1852.4
<i>Repomucenus koreanus</i>	15	133.5	54	160.9
<i>Thryssa kammalensis</i>	15	41.3	38	82.4
<i>Pholis fangi</i>	14	729.2	13	294.2
<i>Platycephalus indicus</i>	14	19.6	10	566.4
<i>Hyporhamphus sajori</i>	12	53.0	2	8.9
<i>Hyporhamphus intermedius</i>	11	44.0	1	3.6
<i>Pleuronectes herzensteini</i>	10	99.7	1	7.8
<i>Kareius bicoloratus</i>	4	462.1	1	53.9
<i>Cynoglossus semilaevis</i>	3	68.6	44	527.9
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	2	16.4	2	1.5
<i>Pholis nebulosa</i>	2	39.9	2	23.0
<i>Johnius grypotus</i>	1	0.3	27	442.4
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	1	15.0	2	5.7
<i>Conger myriaster</i>	1	112.7	1	69.1
<i>Glyptocephalus stelleri</i>	3	382.7		
<i>Repomucenus beniteguri</i>	2	10.7		
<i>Ammodytes personatus</i>	1	9.2		
<i>Synechogobius hasta</i>	1	28.0		
<i>Syngnathus schlegeli</i>			155	422.5
<i>Gymnogobius mororanus</i>			66	50.6
<i>Sillago japonica</i>			61	241.2
<i>Onigocia spinosa</i>			34	180.6
<i>Zebrias fasciatus</i>			32	955.2
<i>Cynoglossus joyneri</i>			26	810.7
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>			15	244.5
<i>Acanthogobius lactipes</i>			8	4.0
<i>Acanthogobius flavimanus</i>			5	115.6
<i>Histioporus typus</i>			5	9.4
<i>Scomberomorus niphonius</i>			3	37.0
<i>Leiognathus nuchalis</i>			3	3.5
<i>Podothecus accipiter</i>			3	6.4
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>			2	3.4
<i>Hypomesus olidus</i>			2	4.8
<i>Repomucenus ornatipinnis</i>			1	1.5
<i>Verasper variegatus</i>			1	5.6
<i>Cryptocentrus filifer</i>			1	6.1
<i>Chasmichthys dolichognathus</i>			1	2.1
<i>Pagrus major</i>			1	8.0
Total	964	10564.1	4447	28622.4
No. of species	30		46	
Annual diversity	2.53		2.29	

이상 많이 채집되었다. 종조성에서 학암포에서는 계절에 관계없이 출현한 연안종과 여름에서 가을 사이 주로 출현한 회유종의 두 무리로 구분되었으나(Fig. 3), 연포에서는 이 두 무리 이외에, 실고기, 참돔양태, 얼룩망둑 등과 같은 주로 봄에 출현한 3개의 무리로 구성되었다(Fig. 5). 이와 같은 차이는 학암포 해빈이 단순한 세립 모래질인데 비하여 연포는 펄이 섞인 모래질로 곳에 따라 잘파들이 자라고 있고, 연포의 남쪽으로 이어지는 국립공원 안면도 해안은 학암포에 비해 다양한 어류 서식처를 제공하기 때문으로 보인다.

채집된 어류들은 대부분이 소형어류와 유어들이었고, 일부 회유성 어류들이 계절에 따라 출현하였다. 두 조사 지역 모두에서 우점도가 가장 높았던 가숭어는 평균 무게가 학암포에서 1.5 g, 연포에서 2.2 g으로 대부분이 1년 미만의 유어들이었다. 가숭어는 기수역에서 봄에 산란하며, 하구역에서는 시기에 따라 30 cm 이상의 성어들이 채집된다(황, 2006). 조사 지역에 채집된 가숭어 유어들은 어린 시기를 천해에서 보내고 자라면서 하구나 내만의 보다 깊은 곳으로 이동하는 것으로 추정된다. 조피볼락은 평균 무게가 학암포에서는 37.6 g, 연포에서는 18.2 g이었다. 조피볼락은 천해에서 어린 시기를 보내며 성장하며 깊은 곳으로 이동하는 것으로 알려져 있으며(Lee and Kim, 2000), 조사 해역에서는 조피볼락 유어들이 1~2년간 조건대 천해역에서 자라는 것으로 보인다. 조피볼락 이외에 유용 어종인 넙치, 문치가자미(*Pleuronectes yokohamae*), 쥐노래미도 그 크기로 볼 때 조피볼락과 비슷하게 1~2년간 조건대 천해역을 성육장으로 이용하는 것으로 보인다. 날개망둑은 모래질의 조건대 천해역을 선호하는 어류로(임과 이, 1990), 봄에 성어들이 출현하였고 여름부터 유어들이 출현하였다. 얼룩망둑은 펄질 조건대 천해역을 선호하는 어류로 생활사는 날개망둑과 비슷하며(임과 이, 1990), 모래질인 학암포에서는 출현하지 않았고, 펄이 분포하는 연포에서는 봄에 성어들이 다수 채집되었다. 실고기는 해조 사이에 서식하는 어류로 학암포에서는 채집되지 않았고, 잘파가 서식하는 연포에서 봄에 성어들이 다량 채집되었다. 밴댕이, 전어, 청멸 같은 부어류들은 서해 중부해역에서는 외해에서 월동하고 봄에 내만에서 산란하고 치어들은 천해역에서 여름과 가을을 보내는 어류로(Lee, 1983; Lee and Seok, 1984; Gil and Lee, 1986), 조사해역에서는 봄에 성어들은 채집되지 않았고 여름에서 가을 사이 유어들이 출현하였다. 이상의 출현종들의 특성을 보면 연안종들은 대부분 유어들로 종에 따라 1년 미만, 일부 종은 2년까지 조건대 천해역에서 자라며, 회유 부어류들은 유어들이 여름에서 가을까지 천해역을 성육장으로 이용하는 것으로 보인다.

서해 천해역 어류 종조성 비교

본 연구 해역의 어류 종조성 특성을 파악하기 위해서 서해안에 서 동일한 채집기와 방법으로 월별로 조사한 대천해빈(이 등, 1997)과 부안 채석강 해빈 천해역의 자료(이와 문, 2002)와 비교하였다(Table 4). 기존 연구의 대천과 부안 해빈에서는 월별로 사리아간에 지인망을 5회씩 예인하여 채집하였으나, 본 연구지역인 학암포와 연포 해빈에서는 월별로 밤낮 5회씩 채집하였으나 밤낮의 차이가 유의하지 않아 비교를 위하여 평균밀도(mean abundance)는 월별 5회 예인당으로 나타내었다. 출현종수는 모래질인 대천에서 26종으로 가장 적었고, 세립모래질인 학암포에서 30종, 부안에서 31종이었으며, 펄이 섞이고 거머리말이 자라는 연포 해빈에서 46

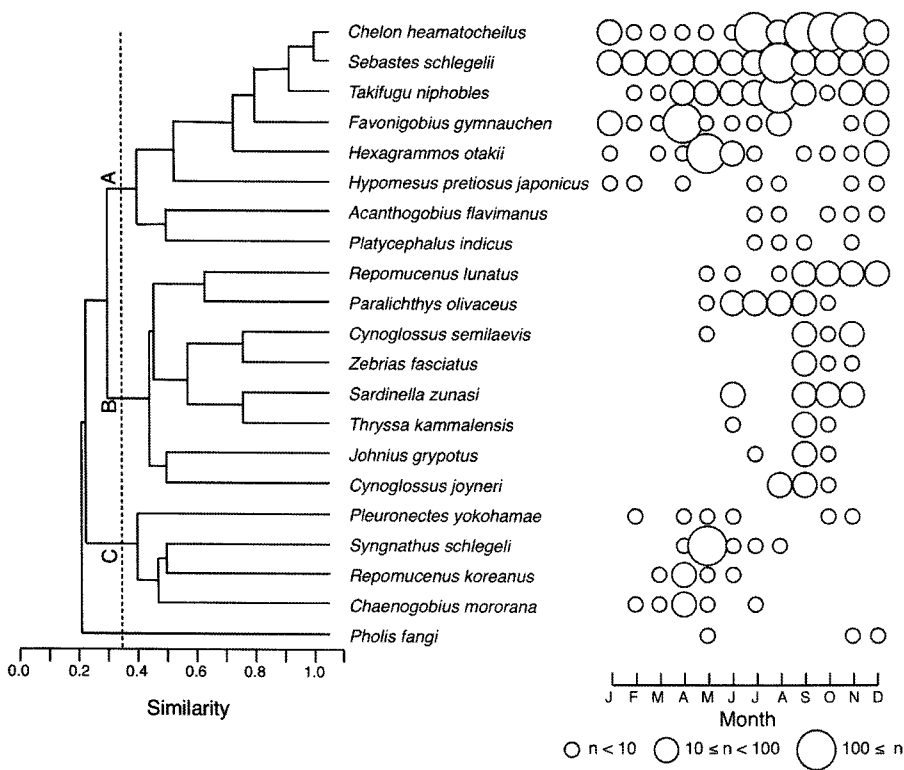


Fig. 5. Cluster analysis of species composition (left) and monthly relative abundance (right) of shallow water fish collected by a beach seine in the Yeonpo beach from January to December 2007, based on Jaccard's index of similarity. Circles represent the monthly relative abundance in fish numbers.

Table 4. Comparison of species composition of shallow water fish collected by a beach seine in the west coast of Korea

Sampling area	Hakampo	Yeonpo	Daecheon	Buan
Reference	This study	This study	Lee <i>et al.</i> (1997)	Lee and Moon (2002)
Sampling time	Jan.~Dec. 2007	Jan.~Dec. 2008	June~May 1996	Jan.~Dec. 2000
Bottom type	fine sand	muddy sand	sand	fine sand
No. of species	30	46	26	31
Mean abundance				
in numbers/5 hauls	40	185	143	581
in biomass (g)/5 hauls	440	1193	360	475
Dominant species				
(relative abundance %)	<i>C. heamatocheilus</i> (21.3%) <i>R. lunatus</i> (17.3%) <i>P. olivaceus</i> (13.1%) <i>K. punctatus</i> (11.6%) <i>S. schlegelii</i> (5.4%)	<i>C. heamatocheilus</i> (31.4%) <i>T. niphobles</i> (19.8%) <i>S. schlegelii</i> (15.0%) <i>F. gymnauchen</i> (7.1%)	<i>F. gymnauchen</i> (34.4%) <i>L. nuchalis</i> (15.3%) <i>K. bicoloratus</i> (14.5%) <i>S. japonica</i> (13.3%)	<i>S. zunasi</i> (37.8%) <i>E. japonicus</i> (27.2%) <i>C. heamatocheilus</i> (13.9%) <i>L. nuchalis</i> (9.6%) <i>T. niphobles</i> (5.4%)
Annual diversity	2.53	2.29	2.10	1.67

종으로 가장 많았다. 각 조사 월의 5회 예인당 평균 채집 개체수는 학암포에서 40 마리로 가장 적었고, 부안이 581 마리로 가장 많았다. 이에 비하여 5회 예인당 평균 생체량은 대전에서 360 g으로 가장 적었고, 연포에서 1,293 g으로 가장 많아 채집 개체수와 차이가 있었는데, 대전이나 부안 채석장 천해역에서는 회유종의 유어들이 여름과 가을 사이 대량 출현하여 총 채집 개체수는 많았으나, 이 회유종들의 크기가 작아 평균 생체량은 상대적으로 적었다. 이에 비하여 학암포와 연포에서는 상대적으로 크기가 큰 1~2년생 조피볼락, 넙치, 문치가자미, 쥐노래미 등이 채집되어 평균개체수에 비하여 상대적으로 평균생체량이 높았다.

비교한 네 조사해역 모두에서 천해역 주거종들이 주를 이루었고

계절에 따라 연안어류의 유어들이 출현하였다. 계절에 따른 출현 양상도 비슷하여, 수온이 낮은 계절에 출현종수와 생물량이 낮았고 여름에서 가을 사이 주거종과 회유종의 유어들이 다수 출현하여 출현종수와 생물량이 높았다. 조사해역인 학암포와 연포에서는 연안종의 비중이 컸던 반면, 대전 해변에서는 천해 주거종인 얼룩망둑(31.4%)과 돌가자미(14.5%) 이외에 여름에서 가을 사이에만 출현한 주둥치(15.3%)와 청보리멸(13.3%)도 많은 양을 차지하였다. 이에 비하여 부안 채석장 천해역에서는 다른 지역에 비해 주거종이 차지하는 비율(<2%)이 매우 낮았고, 상대적으로 밴댕이(38.2%), 멸치(27.4%) 등과 같이 부어류의 우점도가 높았다(Table 4). 대전 해변에서 조위에 따른 채집 어류 단기 양적 변화 연구에서 조건대하

부에는 탁도가 높아 간조선 가까이에서는 부어류들이 거의 채집되지 않았다(이, 2001). 서해 연안에서 북쪽으로 갈수록 조차가 커지고 탁도가 높아지기 때문에 학암포나 연포의 조간대 천해역에서는 남쪽에 위치한 부안 조간대 천해역에 비하여 부어류의 비중이 낮고 주거종의 비중이 높은 것으로 보인다.

황해에서 높은 생물량을 차지하는 어류는 회유성 어류로 남쪽에서 월동한 후 수온이 높아지면서 점점 북쪽으로 이동하여 어종수나 밀도는 북쪽으로 갈수록 낮아진다. 또한 서해 연안은 북쪽으로 갈수록 조류가 빠르며 탁도가 높아, 저어류의 경우는 출현 어종수, 밀도, 종다양성지수가 북쪽으로 갈수록 낮아졌다(이와 길, 1998). 조간대 천해역에서도 저질이 모래질인 부안-대천-학암포의 경우 북쪽으로 갈수록 평균밀도가 낮아졌다(Table 4). 그러나 저질이 펄이 섞인 모래질이고 거머리말이 자라는 연포에서는 상대적으로 높은 밀도를 보였다. 따라서 황해의 조간대 천해역 어류 밀도는 일차적으로 위도에 따라 결정되지만, 연포와 같이 다양한 어류 서식 환경이 형성된 천해역에서는 상대적으로 어류 서식 밀도가 높은 것을 알 수 있다. 연간 종다양성지수(annual diversity)는 부안에서 낮았고 학암포에서 가장 높았다(Table 4). 이것은 계절에 따라 회유종이 대량 몰려와 높은 우점도를 보이는 부안에서는 낮았고, 외유어종의 비중이 적고 주거종이 주를 이루는 학암포에서 가장 높아, 회유종의 양적 변동이 종다양성에 영향을 주는 것을 알 수 있다.

사 사

본 연구는 태안해안국립공원관리사무소 자원모니터링 연구비와 국토해양부 지원 '2007년 유류오염 환경영향평가 및 환경복원 연구'의 일부로 수행되었습니다. 현장 자료수집과 시료 분석에 도움을 준 태안해안국립공원관리사무소장 및 직원 특히, 신의명, 최선훈, 김정필, 이효진, 정구순과 충남대학교 해양학과 설수노, 김학재에게 감사드립니다.

참고문헌

- 김익수, 최윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현, 2005. 한국어류대도감. 교학사, 615 pp.
- 서해립, 구영경, 1997. 돌산도 쇄파대에 사는 쿠마류 *Bodotria biplicata*의 조간대 대상분포. 한국수산학회지, **30**: 39-45.
- 서해립, 유옥환, 1997. 돌산도 모래해안 쇄파대에 사는 저서성 단각류의 겨울철 대상분포. 한국수산학회지, **30**: 340-348.
- 신민철, 이태원, 1990. 대천해빈 어류군집의 계절변화. 한국해양학회지, **25**: 135-144.
- 유옥환, 서해립, 서호영, 1998. 저서성 단각류 *Pontogeneia rostrata*의 종내 대상 분포와 주야-조석 주기. 한국수산학회지, **31**: 500-507.
- 이태원, 2001. 대천 해빈 쇄파대 어류 종조성의 단기 변화. 한국어류학회지, **13**: 32-39.
- 이태원, 길준우, 1998. 1986-87년 영광연안 저어류의 계절 변동. 한국어류학회지, **10**: 241-249.
- 이태원, 문형태, 2002. 부안 채석강 해빈 천해역 어류 종조성의 계절 변화. 한국어류학회지, **14**(1): 53-60.
- 이태원, 문형태, 최신석, 1997. 천수만 어류의 종조성 변화. 2. 대천 해빈 쇄파대 어류. 한국어류학회지, **9**: 79-90.
- 이태원, 황선완, 박승윤, 조영록, 정희정, 1995. 천수만 천해역 군집구조의 변화. 수산진흥원 연구보고, **49**: 219-231.
- 임양재, 이태원, 1990. 천수만 망둑어과(Family Gobiidae) 어류의 계절에 따른 종조성 변화와 우점종의 생태. 한국어류학회지, **2**: 182-202.
- 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, 서울, 727 pp.
- 황선완, 2006. 금강과 만경강 하구 어류의 출현 양상과 서식처 이용. 충남대학교 대학원 박사학위논문. 145 pp.
- Brown, A.C. and A. McLachlan, 1990. Ecology of Sandy Shores. Elsevier Press, Amsterdam, 186 pp.
- Gil, J.W. and T.W. Lee, 1986. Reproductive ecology of the scaled sardine, *Sardinella zunasi* (Family Clupeidae), in Cheonsu Bay of the Yellow Sea, Korea. Indo-Pacific Fish Biology: Proceedings of the second international conference on Indo-Pacific fishes. 1986. Ichthyological Society of Japan **18**: 161-168.
- Jaccard, P., 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat.*, **44**: 223-270.
- Lasiak, T.A., 1984. Structural aspects of the surf-zone fish assemblage at King's Beach, Algoa, South Africa: Long-term fluctuations. *Estuarine, Coastal and Shelf Sci.*, **18**: 161-168.
- Lee, T.W., 1983. Age composition and reproductive period of shad, *Konosirus punctatus*, in Cheonsu Bay. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, **18**: 161-168.
- Lee, T.W. and G.C. Kim, 2000. Microstructural growth in otoliths of black rockfish (*Sebastes schlegelii*) from prenatal larval to early juvenile stages. *Ichthyol. Res.* **47**(4): 335-341.
- Lee, T.W. and K.J. Seok, 1984. Seasonal fluctuations in abundance and species composition of fishes in Cheonsu Bay using trap net catches. *J. Oceanol. Soc. Kor.*, **19**: 217-227.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Ueno and T. Yoshino, 1984. The fishes of the Japanese Archipelago. Tokai Univ. Press, Tokyo. Text and plates: 437 pp. + 370 pls.
- Modde, T. and S. Ross, 1981. Seasonality of fishes occupying a surf zone habitat in the northern Gulf of Mexico. *Fish. Bull.*, **78**: 911-922.
- Nakabo, T. (ed) 2002. Fishes of Japan with pictorial keys to the species, English edition. Tokai University Press, Tokyo. 1749 pp.
- Robertson, A.I. and R.C.J. Lenanton, 1984. Fish community structure and food chain dynamics in the surf-zone of sandy beaches: the role of detached macrophyte detritus. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **84**: 265-283.
- Shannon C.E. and W. Weaver, 1949. The mathematical theory of communication. Illinois Univ. Press. Urbana, 117 pp.
- Suh, H.L., S.G. Jo and K.Y. Kim, 1995. Diel horizontal migration of the two mysids *Archaeomysis kokuboi* and *Acanthomysis* sp. in the sandy shore surf zone of Yongil Bay, eastern Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, **30**: 523-528.
- Thorman S., 1986. Physical factors affecting the abundance and species richness of fishes in the shallow waters of the southern Bothnian Sea (Sweden). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **22**: 357-369.

2009년 4월 3일 원고접수

2009년 7월 7일 수정본 채택

담당편집위원: 신현출