

천수만 방조제 건설 후 남당 천해 어류 종조성의 중장기 변화

권순열 · 이정훈 · 홍지민 · 황학빈 · 이태원*

충남대학교 해양환경학과

Change in Species Composition of Shallow Water Fish at the Namdang Beach after Dike Construction in Cheonsu Bay by Soon Yeol Kwon, Jeong Hoon Lee, Ji Min Hong, Hak Bin Hwang and Tae Won Lee* (Department of Oceanography, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

ABSTRACT Monthly variation in species composition of shallow water fish in Cheonsu Bay were determined using samples collected by a beach seine in the shallow water at Namdang beach from April 2010 to March 2011. The species composition were compared to the data obtained in 1885~86 and in 1993, and factors affecting the long-term change in species composition were analyzed. Fish collected during the study were 25 species, 2,194 individuals and 16,762 g. *Chelon haematocheilus* were predominated in abundance, accounting 68.5% in the number of individuals. A few number of fish were collected during the cold months from November to April. Abundance was high from July to September by a large catch of juveniles of pelagic fish. Species composition in 1993 did not differ significantly from that in 1885~86 although *Fabonigobius gymnauchen* living in the fine sediments were increased in abundance. Abundance increase of this gobiid fish was considered to be related to the sedimentation of fine particles due to weakened water circulation after dike construction. The number of species and catch amount in 2010~11 were significantly decreased comparing to those of the former periods; especially in pelagic fish and benthic fish, but *C. haematocheilus* were greatly increased in abundance. *C. haematocheilus* is an estuarine fish being able to survive in relatively poor quality of water. This increase seems to be related to fish larvae from the culture net cages recently installed in the inner bay. Recent decrease in abundance of shallow water fish suggested that water quality has been gradually getting poor and recently attained over a critical level for the nursery function of fish.

Key words : Cheonsu Bay, shallow water fish, species composition, restoration, *Chelon haematocheilus*

서 론

천수만은 방조제 건설 이전 남북으로 약 40 km, 만 중앙부의 최대 폭은 약 10 km로, 총 해역면적은 약 380 km²이었다. 천수만 방조제는 1979년 8월 착공되어, 1983년 10월에 사장포 해역(서산 A지구), 1985년 3월에 적돌강 해역(서산 B지구)에 몰막이 공사가 완료되었다. 1999년에 충청남도 보령시 천북면 하만리와 오천면 소성리를 연결하는 보령방조제와 2000년 충청남도 홍성군 서부면 신리와 보령시 천북

면 장은리를 연결하는 홍성 방조제 등의 몰막이 공사가 완공되어, 천수만의 해역면적은 방조제 건설 이전에 비하여 절반 정도 감소한 약 180 km²로 줄어들었다. 방조제 건설 이전 천수만의 연안에는 큰 도시나 산업 시설이 거의 없었고 흘러오는 큰 하천도 없어, 육상 오염물질이 거의 유입되지 않아 청정한 수질이 유지되어 여러 수산생물의 서식처와 산란장이었으며, 특히, 꽃게와 대하 주 산란장이었다(국립수산진흥원, 1985). 만 내부 간석지에서는 굴양식이 성행하였고, 바지락, 낙지 등이 대량 생산되었으며, 농어, 도미류, 민어, 송어 등의 어류들이 생산되었고(한국해양연구소, 1978; 한국전력공사, 1985), 빠른 조류를 이용한 정치망 어업이 성행하였다(Lee and Seok, 1984).

*Corresponding author: Tae Won Lee Tel: 82-42-821-6433,
Fax: 82-42-822-8173, E-mail: twlee@cnu.ac.kr

그러나 방조제 건설 및 보령화력 건설 등으로 어장면적이 축소되었고 해수 수질이 점차 악화되어 수산물 생산량도 감소되어 가고 있다. 서산 A·B지구 방조제 공사가 마무리된 1986년, 천수만의 어류 생산량은 12,150 mt였으나 방조제가 완공된 후인 1991년에는 4,750 mt로 약 62%가 감소하였다. 물막이 공사가 끝난 직후에는 유속이 감소하면서 퇴적상이 변하여 많은 양의 새조개가 번식하였으나, 1990년 중반 이후 새조개 생산량이 크게 감소하였고 김양식장 면허도 대부분 취소되었다(한국해양연구원, 2006).

천수만은 이와 같이 생물생산력이 높고 어장이 발달하였을 뿐 아니라 환경영향평가 관계로 많은 조사가 수행되었으며, 특히 A·B지구 방조제, 보령화력, 홍보방조제 건설 등으로 인한 연안 생태환경 및 어장 환경변화에 대하여 많은 연구가 수행되었다. 방조제 건설 이전에는 플랑크톤 생태, 지형연구 등이 일부 수행되었다(유, 1962; 박, 1976). 보령화력발전소 건설이 시작되면서 발전소 건설 및 가동에 대하여 지속적으로 연구가 수행되었다(한국해양연구소, 1978; 한국전력공사, 1985). 천수만 A, B 지구 간척에 대해서는 개발조사보고서(아세아항업, 1979)를 시작으로 해양생태계 변화(심 등, 1988), 해양환경 및 생태 변화 연구 자료를 종합 분석한 보고서 등이 발표되었다(충남대학교 해양연구소, 1996). 또 방조제 건설 후 환경 변화에 따른 어장 개발 방향과 어장 환경 보전 대책에 대하여도 연구되었다(충청남도, 1998, 2011).

천수만 어류에 대해서는 방조제 건설 이전 만입구의 정치망에서 어획된 어류의 종조성(Lee and Seok, 1984), 방조제 건설 직후에 저어류 군집(이, 1989) 및 천해어류의 종조성(신과 이, 1990; 이 등, 1995; 이, 2001)에 대해서 연구되었다. 또, 우점어류 가운데, 전어(Lee, 1983), 밴댕이(Gil and Lee, 1986), 민태와 보구치(송, 1988; 이와 송, 1993), 흰배도라치(황, 1989), 붕장어 치어(Lee and Byun, 1996), 망둑어류(임과 이, 1990)에 대하여 연구되었다. 특히, 방조제 건설 이후 어류군집 변화에 대하여 저어류(이, 1996), 대천 해빈 쇠파대 어류(이 등, 1997) 및 부어류(이, 1998)에 대하여 연구되었다.

연안 환경 변화가 어류 생태에 미치는 영향을 구체적으로 평가하기 위해서는 환경과 어류 종조성 중장기 자료를 지속적으로 수집하여 분석하여야 할 것이다. 그러나 지속적으로 중장기에 대한 자료를 수집하기 위해서는 많은 노력이 요구되기 때문에, 과거 자료가 있을 때는 같은 방법으로 자료를 수집하여 비교분석하는 것도 어류 생태 변화를 파악하는 좋은 방법이 될 수 있다. 환경변화가 어류 생태에 미치는 영향을 평가할 때에는 분류된 종을 기준으로 출현종 조성의 변화, 군집구조의 변화 등을 분석하고, 우점 출현종은 환경 변화에 따라 회유, 식성, 서식처 등의 생태가 어떻게 변화하였는지를 분석하여 변화요인을 평가하여 왔다(이,

1996, 1998; 이 등, 1997). 근래에는 어류를 생태 기능별 무리로 구분하여 환경 변화에 따라 각 기능 무리가 어떻게 변하는지를 평가하는 방법도 널리 이용된다. 이 방법은 하구어류에서는 염분 적응 정도에 따라 담수종-기수종-해수종으로 구분하고(Whitfield *et al.*, 2012), 생활사 중 하구를 이용하는 정도에 따라 다시 세분하여(Elliot *et al.*, 2007), 환경이 각 무리에 미치는 영향을 평가한다. 그러나 어종에 따라 생태 환경요인이 다르고 그 영향 정도가 종에 따라 다르기 때문에 생태계 전반의 특징을 나타낼 수 있는 몇 개의 정량 인자를 찾아내는 것은 쉬운 일이 아니다(Aubry and Elliot, 2006). 연안어류는 서식처에 따라 부어류(pelagic fish)와 저어류(demersal fish)로 구분되며 저어류는 바닥에 머무는 정도에 따라 저서어류(benthic fish)와 반저어류(semi-benthic fish)로 구분할 수 있다. 저서어류는 가자미목어류나 망둑어류처럼 주로 바닥에 주로 머물고, 반저어류는 돛류, 볼락류와 같이 바다 가까이에서 살며 주로 저서생물을 먹고 사는 종들이다. 천수만 방조제 건설 이후 해수유동이 약해지고 우기에 부영양화된 담수가 방류되어 나빠진 수질은 부어류들에게 영향이 크고, 세립퇴적물의 퇴적에 따라 저질이 세립화되고 저층 유기퇴적물이 분해되며 저층 무산소층이 형성되면 저서어류들에게 영향이 클 것이다.

본 연구에서는 천수만 내부에 위치한 남당리 천해역에서 2010~11년에 월별로 어류를 채집하여 종조성을 파악하고, 천수만 방조제 물막이 직후인 1985~86년 및 1993년 월별 어류 종조성(이 등, 1995) 자료와 비교 분석하였다. 천해 어류에 대해서는 기능적 무리로 나누어 환경 변화와의 관계를 분석하려는 시도가 거의 없었기 때문에 본 연구에서는 주 서식처를 기준으로 부어류(pelagic fish), 반저어류(semi-benthic fish) 및 저서어류(benthic fish)로 구분하여 비교하고, 천수만 환경 변화가 어류 군집에 미친 영향을 분석하였다.

재료 및 방법

어류 자료는 천수만 북동부에 위치한 남당리 조간대 천해에서 2010년 4월부터 2011년 3월까지 매월 지인망으로 수집하였다(Fig. 1). 채집에 이용된 지인망은 길이 20 m, 높이 2.5 m, 망목(stretched mesh size)은 12 mm였다. 조간대 부근 천해어류는 월령과 조위에 따라 종조성이 다르다. 천해 어류 출현종수와 생물량은 사리 간조 야간에 채집하면 가장 많은 것으로 보고되어(이, 2001), 자료는 원칙적으로 매월 그믐 사리 간조 때 야간에 채집하였다. 각 시기를 대표할 수 있는 자료를 수집하기 위하여 신과 이(1990)에 따라 매월 5회씩 예인하여 채집하였다. 채집은 해안선으로부터 약 20 m 떨어진 수심 약 1 m인 지점에서 해안선으로 수직으로 예인하였으며, 반복 채집에서는 같은 곳이 채집되지

않도록 하였다. 채집 면적은 1회에 약 500m²로, 한 조사 시기의 5회 채집면적은 약 2,500m²에 해당된다.

채집된 어류는 냉장 보관하여 실험실에서 개체수, 체장, 무게를 측정하였다. 종의 동정에는 정(1977), Masuda *et al.* (1984), Nakabo (2002), 김 등(2005)을 이용하였고 학명 및 증명은 김 등(2005)을 따랐다. 종다양성지수는 Shannon-Wiener (Shannon and Weaver, 1949) 식을 이용하여 계산하였다.

비교 자료로 이용된 1985~86년과 1993년 자료(이 등, 1995)는 본 연구와 같은 해역에서 같은 방법으로 수집되었으나, 5월에서 11월 종조성 자료만 제시되어 1985~86년의 경우 다른 달의 자료는 심 등(1988)에서 보충하여 Appendix 1에 제시하였다. 두 조사 시기의 종간 관계를 분석하기 위해서 두 시기에 4회 이상 출현한 종을 대상으로 Jaccard

index (Jaccard, 1908)를 이용하여 집괴분석하였다. 1993년에는 온수기인 5월에서 11월 자료만이 보고되어 3 시기의 비교에서는 각 시기 5월에서 11월 사이 자료만을 이용하였다. 출현한 어종은 서식처에 따라 부어류, 반저어류 및 저서어류로 구분하여 비교하였다.

결과 및 고찰

1. 종조성과 계절변동

조사기간 동안 총 25종, 2,194마리, 16,761g의 어류가 채집되었다(Table 1). 출현한 어류는 대부분 소형어류와 유어들이었다. 출현빈도에서는 1년 조사기간 동안 가송어(*Chelon haematocheilus*)가 10회로 가장 많이 출현하였고, 풀망둑(*Synechogobius hasta*) 6회, 복섬(*Takifugu niphobles*) 5회, 문절망둑(*Acanthogobius flavimanus*)과 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*)이 4회 출현하였고, 그 외의 종들은 3회 이하 출현하였다. 개체수는 가송어가 68.5%를 차지하여 가장 많았고, 그 다음으로는 전어(*Konosirus punctatus*)가 8.6%를 차지하였다. 생체량 역시 가송어가 60.2%를 차지하여 가장 많았고, 그 다음으로 풀망둑이 19.0%를 차지하였다.

남당리 해변의 조사기간 동안 수온은 12월과 1월에 8.2°C로 가장 낮았고, 봄에 상승하여 8월 33°C로 가장 높았다(Fig. 2). 염분은 8월에 27.5 psu로 가장 낮았고, 1월에 28.1 psu, 그 외의 달에는 약 29~32 psu 사이의 범위를 보였다.

채집된 어류 종조성은 2010년 4월에는 날빙어(*Hypomesus pretiosus japonicus*) 2마리만 채집되었으며, 5월에 수온이 상승하며 출현종수와 채집개체수가 증가하기 시작하였다(Fig. 3). 7월에서 10월 사이에는 온수성 부어류들이 다수 채집되어 출현종수와 채집 개체수는 높은 값을 유지하였다. 채집 개체수는 7월에 905마리로 가장 많았고, 생체량은 9월에 4,880g으로 가장 높았다. 수온이 낮아지면서 채집개체수와 출현종수도 줄어들어 11월에 3종, 그 이후에는 2종 이하가 채집되었고, 개체수와 생체량도 감소하였다. 가송어는 4월과 6월을 제외하고 모두 달에 최우점하였다. 전반적

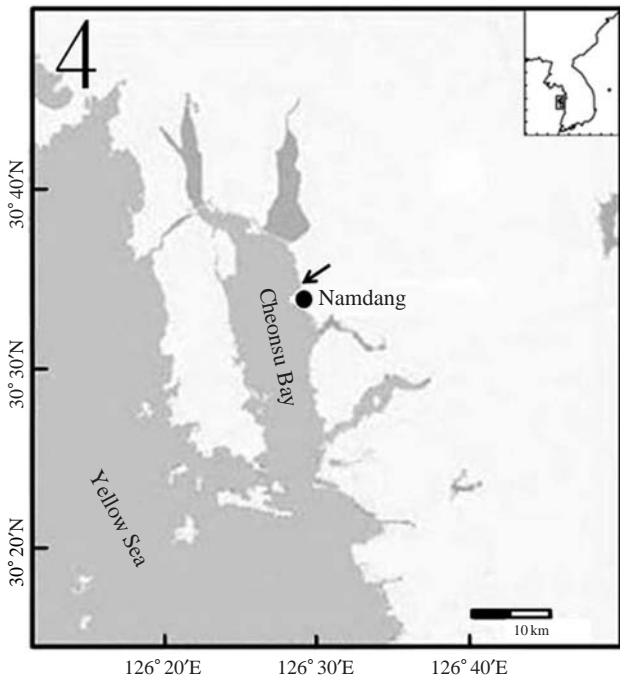


Fig. 1. Sampling site of shallow water fish at Namdang beach in Cheonsu Bay.

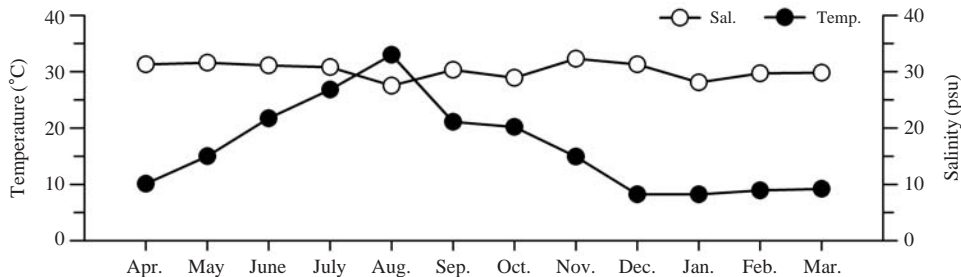


Fig. 2. Monthly variation in water temperature and salinity in the shallow water at Namdang beach from April 2010 to March 2011.

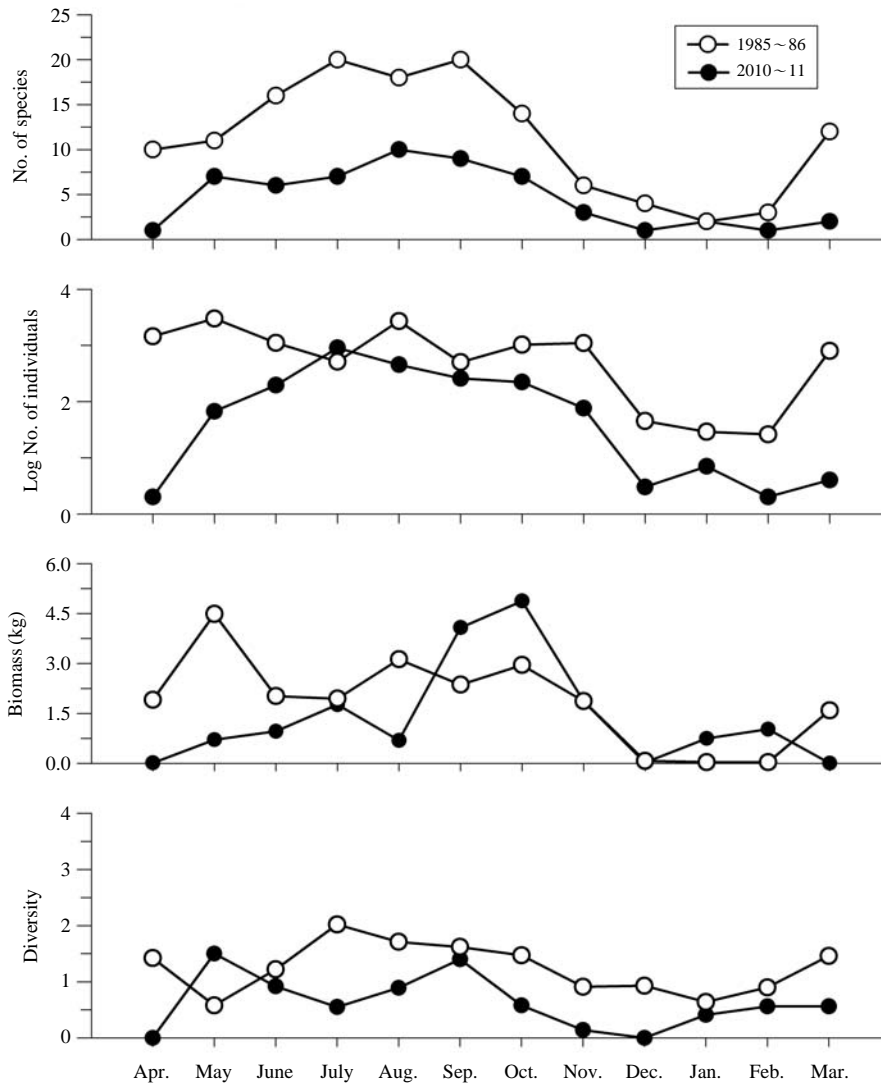


Fig. 3. Monthly variation in the number of species, number of individuals, biomass and species diversity of Shannon-Wiener of fish collected in the shallow water at Namdang beach from April 2010 to March 2011 (full circle) and from September 1985 to August 1986 (open circle).

인 계절변화를 보면 수온이 높은 여름에 유어들이 대량출현하며 출현종수와 생체량이 많았고, 겨울에는 낮았다. 종다양성지수도 출현종수가 많았던 수온이 높은 계절에 높았고, 겨울에는 상대적으로 낮았다. 그러나 7월에는 가송어가 대량 출현하여 종다양성지수가 낮은 편이었다.

서해 중부연안은 겨울에 수온이 5°C 이하로 낮아지기 때문에 어류들은 수온이 낮아지면 먼 외해나 보다 깊은 곳으로 이동하여 천해역에서는 생물량이 낮았고, 봄이 되면 천해역으로 다시 이동하면서 여름에서 가을까지 높은 생물량을 유지한다(Lee and Seok, 1984; 이, 1989; 신과 이, 1990; 이 등, 1995; 이, 2001). 천수만 천해역 출현어종들은 대부분 소형어류로, 망둑어류, 가자미목어류 등 저서어류가 주를 이루었으며, 온수기에는 반저어류나 부어류들의 유어들이 출

현하여 채집량이 증가하는 전형적인 온대 연안역 어류 계절변동을 보였다.

2. 1985~86년 자료와의 비교

1985~86년에는 41종, 12,320마리, 22,416의 어류가 채집되었으며, 얼룩망둑(*Gymnogobius mororanus*)이 총 채집개체수의 57%, 생체량의 41%를 차지하여 우점하였다(Appendix 1). 2010~11년 자료와 비교하면, 출현종수, 채집개체수 및 생체량 모두 크게 감소하였으며, 각 서식처별 종조성도 큰 차이를 보였다(Table 2).

채집어류를 서식처별로 구분하였을 때, 두 시기에 부어류(pelagic fish)는 출현종수는 같았으나 개체수는 1,385마

Table 2. Comparison of abundance (N: number of individuals; W: biomass in grams) by habitat group (pelagic, semi-benthic and benthic) of fish collected at Namdang beach from April 2010 to March 2011 and from September 1985 to August 1986

	Species	1985~1986				2010~2011				
		N	%	W	%	N	%	W	%	
Pelagic	<i>Leiognathus nuchalis</i>	주둥치	7	0.06	7.1	0.03	25	1.14	50.7	0.30
	<i>Sardinella zunasi</i>	밴댕이	3	0.02	8.1	0.04	20	0.91	42.5	0.25
	<i>Thryssa kammalensis</i>	청멸	443	3.60	218.9	0.98	14	0.64	7.7	0.05
	<i>Thryssa adalae</i>	풀반댕이	2	0.02	8.7	0.04	4	0.18	22.4	0.13
	<i>Hyporhamphus intermedius</i>	줄공치	871	7.07	2160.4	9.64	1	0.05	4.6	0.03
	<i>Hypomesus pretiosus japonicus</i>	날빙어					6	0.27	17.8	0.11
	<i>Scomberomorus niphonius</i>	삼치					6	0.27	167.3	1.00
	<i>Hyporhamphus sajori</i>	학공치					1	0.05	10.0	0.06
	<i>Ammodytes personatus</i>	까나리	54	0.44	46.5	0.21				
	<i>Saurida undosquamis</i>	매통이	4	0.03	247.7	1.10				
	<i>Coilia nasus</i>	응어	1	0.01	1.0	0.00				
	Subtotal	1385	11.24	2698.4	12.04	77	3.51	323.0	1.93	
	No. of species		8				8			
Semi-benthic	<i>Chelon haematocheilus</i>	가송어	39	0.32	59.8	0.27	1502	68.46	10093.1	60.21
	<i>Konosirus punctatus</i>	전어	4	0.03	33.6	0.15	196	8.93	265.0	1.58
	<i>Takifugu niphobles</i>	복섬	34	0.28	28.1	0.13	63	2.87	1293.9	7.72
	<i>Sillago japonica</i>	청보리멸	464	3.77	1016.2	4.53	1	0.05	6.8	0.04
	<i>Plectorhynchus cinctus</i>	어름돔					3	0.14	3.8	0.02
	<i>Mugil cephalus</i>	송어					1	0.05	954	5.69
	<i>Takifug urubripes</i>	자주복	44	0.36	23.0	0.10				
	<i>Sebastes schlegelii</i>	조피볼락	27	0.22	47.3	0.21				
	<i>Acanthopagrus shlegeli</i>	감성돔	13	0.11	45.2	0.20				
	<i>Hexagrammos otakii</i>	취노래미	5	0.04	48.6	0.22				
	<i>Apogon lineatus</i>	열동가리돔	4	0.03	2.0	0.01				
<i>Lateolabrax japonicus</i>	농어	4	0.03	206.2	0.92					
	Subtotal	638	5.18	1510.0	6.74	1776	80.49	12616.6	75.27	
	No. of species		10				6			
Benthic	<i>Favonigobius gymnauchen</i>	날개망둑	1163	9.44	1702.5	7.59	189	8.61	400.1	2.39
	<i>Synechogobius hasta</i>	폴망둑	525	4.26	4097.3	18.28	88	4.01	3180	18.97
	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	문절망둑	114	0.93	218.3	0.97	46	2.10	50.9	0.30
	<i>Acanthogobius lactipes</i>	흰발망둑	5	0.04	13.1	0.06	17	0.77	46.6	0.28
	<i>Gymnogobius mororanus</i>	얼룩망둑	6988	56.73	9298.5	41.48	3	0.14	3.4	0.02
	<i>Repomucenus beniteguri</i>	날뚝양태	278	2.26	982.6	4.38	3	0.14	77.7	0.46
	<i>Platycephalus indicus</i>	양태	26	0.21	83.1	0.37	1	0.05	3.5	0.02
	<i>Kareius bicoloratus</i>	돌가자미					1	0.05	48.1	0.29
	<i>Acentrogobius pellidebilis</i>	점줄망둑					1	0.05	2.0	0.01
	<i>Paralichthys olivaceus</i>	넙치					1	0.05	9.0	0.05
	<i>Paraplagusia japonica</i>	흑대기					1	0.05	0.9	0.01
	<i>Cryptocentrus filifer</i>	실망둑	642	5.21	641.4	2.86				
	<i>Pholis fangi</i>	흰배도라치	157	1.27	629.5	2.81				
	<i>Acentrogobius pflaumi</i>	줄망둑	144	1.17	48.1	0.21				
	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>	두줄망둑	119	0.97	157.5	0.70				
	<i>Syngnathus schlegeli</i>	실고기	52	0.42	76.7	0.34				
	<i>Thachidermus fasciatus</i>	깍정어	51	0.41	151.1	0.67				
	<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	쉬쉬망둑	17	0.14	29.3	0.13				
	<i>Inimicus japonicus</i>	쭈기미	3	0.02	18.8	0.08				
	<i>Cynoglossus joyneri</i>	참서대	3	0.02	40.7	0.18				
	<i>Periophthalmus modestus</i>	말뚝망둥어	2	0.02	1.7	0.01				
<i>Tridentiger barbatus</i>	아작망둑	2	0.02	8.4	0.04					
<i>Apocryptodon panctatus</i>	숨이망둑	1	0.01	0.8	0.00					
<i>Pleuronectes schrenki</i>	점가자미	3	0.01	3.3	0.01					
<i>Mugilogobius abei</i>	모치망둑	1	0.01	0.8	0.00					
<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	빨갱이	1	0.01	4.5	0.02					
	Subtotal	10297	83.58	18208.0	81.23	351	16.00	3822.2	22.80	
	No. of species		23				11			
	Total	12320	100	22416.4	100	2194	100	16761.8	100	
	No. of species		40				25			

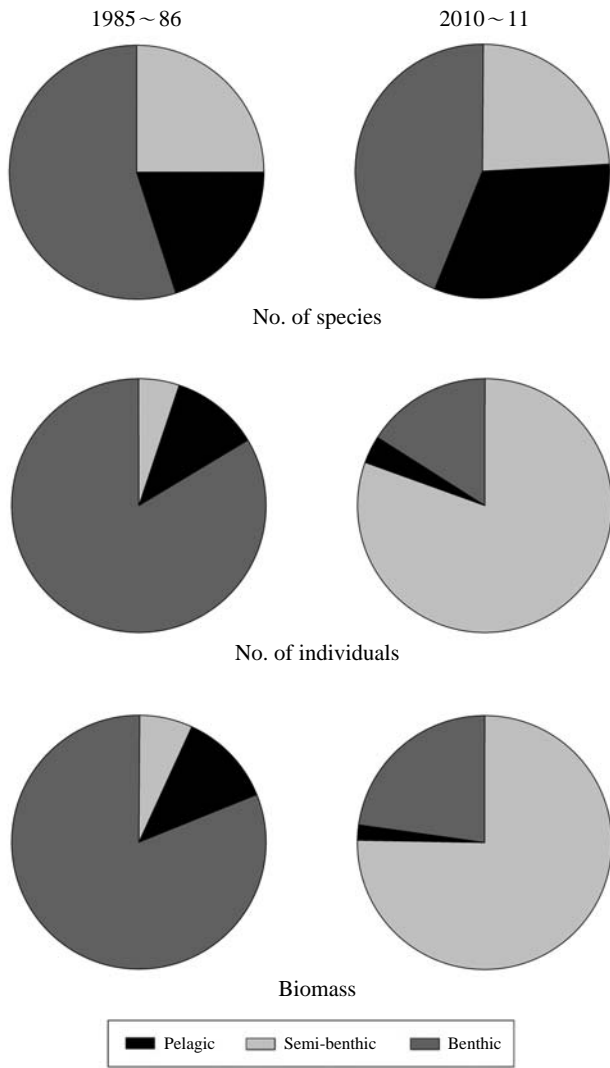


Fig. 4. Change in relative number of species, number of individuals and biomass by habitat groups (pelagic, semi-benthic and benthic) of fish collected by a beach seine at Namdang beach in 2010~11 and in 1985~86.

리에서 77마리로, 생체량은 2,698 g에서 323 g으로 크게 감소하였다. 그 가운데 줄공치(*Hyporhamphus intermedius*)와 청멸(*Thryssa kammalensis*)은 1985~86년에 871마리, 443마리가 채집되었으나 2010~11년에는 소수 개체만 채집되어 가장 크게 줄었다. 반저어류(semi-pelagic fish)는 두 시기 사이 개체수는 2.8배, 생체량은 8.4배 증가하였는데, 이것은 가송어가 크게 증가하였기 때문이었다.

서해 중부에 출현하는 부어류들은 외해에서 월동하고 봄에 연안으로 몰려와 산란 부화하여 유어를 내만이나 연안 가까이에서 보내고 가을에 외해로 이동하며(이, 1998), 여름에 그 서식처가 조간대 천해역까지 확장되어 채집량이 높아진다(이 등, 1997). 방조제 건설 직후인 1985~86년에는 부어류들이 천수만 내부를 보육장으로 이용하여 천해역

에서도 일부 부어류가 채집되었으나, 근래에는 부어류 유어들이 출현할 시기에 천수만 내부 수질이 악화되어 천해역에서도 부어류 유어들이 감소한 것으로 추정된다.

저서어류(benthic fish)는 1985~86년 가장 채집량이 많았던 어류로, 출현종수가 23종에서 2010~11년 11종으로, 개체수는 10,295마리에서 351마리로, 생체량은 18,208 g에서 3,822 g으로 크게 감소하였다. 저서어류 가운데 1985~86년에 가장 우점하였던 얼룩망둑은 2010~11년에는 3마리밖에 채집되지 않았고, 풀망둑과 날뚝양태(*Repomucenus beniteguri*)도 감소하였고, 실망둑(*Cryptocentrus filifer*), 흰베도라치(*Pholis fangi*), 줄망둑(*Acentrogobius pflaumi*) 등은 한 마리도 채집되지 않았다. 저서어류 중 망둑어류가 1985~86년 13종이었는데 2010~11년에는 6종으로 감소하였고 8종은 전혀 잡히지 않아 망둑어류에 영향이 큰 것으로 보인다. 해산 망둑어류는 대부분 조간대 천해역을 주거지로 하는 어류로 남당 필질 천해역의 우점어류였다. 얼룩망둑은 세립질 천해역을 선호하는 망둑어류로(임과 이, 1990), 1985~86년 연간 총 채집 개체수의 약 57%를 차지하는 최우점종이었으나 2010~11년에는 3마리밖에 채집되지 않았다. 얼룩망둑을 포함한 다른 세립퇴적물을 선호하는 저서어류 감소는 퇴적작용과 천해역 수질 저하를 그 원인으로 추정된다. 천수만은 1999년에 비하여 2010년에 퇴적 작용으로 평균수심이 약 0.32 m 얕아졌고, 1990년대 초에 비하여 니질 함량이 2배 정도 증가하였으며, 남당리 조간대에서 퇴적판을 설치하여 조사한 계절별 퇴적물은 0.5~7.0 cm로, 세립퇴적물이 계속 퇴적될 뿐 아니라 단기간에도 퇴적물이 높은 것을 알 수 있다(충청남도, 2011). 이와 같은 세립퇴적물 증가로 유기탄소가 증가함에 따라 퇴적물 내 산소결핍 정도를 나타내는 산화발성황화물(AVS; acid volatile sulfide)은 여름 담수 방류 후 방조제 앞 해역에서 빈산소 상태인 0.2 mg/g 이상의 높은 값을 보였다. 세립퇴적물의 퇴적물이 높고, 여름 고온기에 유기물 함량이 높은 담수가 방류됨에 따라 저층 환경이 악화되어 세립퇴적물을 선호하는 얼룩망둑 같은 어류가 살기에도 부적합한 환경이 조성되어 감소한 것으로 보인다. 특히, 남당리는 담수가 방류되는 수문으로부터 가까워 밀도가 낮은 담수가 7~9월 우기에 집중적으로 방류되었을 때 영향을 미칠 수 있으며, 조간대 천해역은 그 영향이 특히 커서 주거종인 저서어류에게 영향이 가장 클 것으로 판단된다. 그러나 날개망둑은 모래질을 선호하는 망둑어류로 채집량이 줄었지만 얼룩망둑보다 감소 폭이 적었다. 이것은 조사해역 부근에 해안선에 사각으로 근래에 방파제가 건설되어 유속이 빨라진 곳 일부에 모래저질이 형성되어 날개망둑 서식이 가능한 공간이 형성되었기 때문으로 추정된다.

1985~86년 출현종수는 2010~11년과 같이 수온이 낮은 달에 적었고 수온이 높은 달에 많은 월 변화를 보였다(Fig.

Table 3. Comparison of abundance (N: number of individuals; W: biomass in grams) by habitat group (pelagic, semi-benthic and benthic) of fish collected at Namdang beach during the warm months between May and November in 1985~86, in 1993 and in 2010

	Species	1985~1986		1993		2010	
		N	W	N	W	N	W
Pelagic	<i>Thryssa kammalensis</i>	443	218.9	173	102.2	14	7.7
	<i>Leiognathus uchalis</i>	7	7.1	606	87.2	25	50.7
	<i>Sardinella zunasi</i>	3	8.1	34	65.1	20	42.5
	<i>Hyporhamphus intermedius</i>	748	1854.4	776	2416.8		
	<i>Thryssa adalae</i>	2	8.7			4	22.4
	<i>Saurida undosquamis</i>	4	247.7				
	<i>Engraulis japonicus</i>			15	59.7		
	<i>Hypomesuspretiosus japonicus</i>					6	167.3
	<i>Scomberomorus niphonius</i>					3	1.1
	<i>Hyporhamphus sajori</i>					1	10
		Subtotal	1207	2344.9	1604	2731	73
	No. of species	6		5		7	
Semi-benthic	<i>Sillago japonica</i>	464	1016.2	40	72.7	1	6.8
	<i>Chelon haematocheilus</i>	39	59.8	59	172.1	1490	8299.4
	<i>Takifugu niphobles</i>	34	28.1	526	338.9	63	1293.9
	<i>Sebastes schlegeli</i>	27	47.3	15	19.2		
	<i>Acanthopagrus shlegeli</i>	13	45.2	6	33.2		
	<i>Apogon lineatus</i>	4	2	2	0.9		
	<i>Hexagrammos otakii</i>	3	46.9	9	216.2		
	<i>Takifugu rubripes</i>	44	23				
	<i>Lateolabrax japonicus</i>	4	206.2				
	<i>Johnius grypotus</i>			2	4.6		
	<i>Konosirus punctatus</i>					196	265
	<i>Plectorhynchus cinctus</i>					3	3.8
	<i>Mugil cephalus</i>					1	954
		Subtotal	632	1474.7	659	857.8	1754
	No. of species	9		8		6	
Benthic	<i>Gymnogobius mororanus</i>	5886	7771.1	15181	13494.7		
	<i>Favonigobius gymnauchen</i>	749	1086.3	212	222.4	189	400.1
	<i>Synechogobius hasta</i>	144	48.1	116	3982.8	88	3180
	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	113	212.5	22	37.0	46	50.9
	<i>Platycephalus indicus</i>	26	83.1	3	9.8	1	3.5
	<i>Acanthogobius lactipes</i>	5	13.1	5	7.9	17	46.6
	<i>Acentrogobius pflaumi</i>	144	48.1	15	8.6		
	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>	66	94.7	15	30.3		
	<i>Inimicus japonicus</i>	3	18.8	4	41.9		
	<i>Syngnathus schlegeli</i>	3	6.6	89	220.0		
	<i>Cynoglossus joyneri</i>	2	40	1	18.5		
	<i>Apocryptodon panctatus</i>	1	0.8	1	1.7		
	<i>Repomucenus beniteguri</i>	274	975.7			3	77.7
	<i>Cryptocentrus filifer</i>	262	348.4				
	<i>Thachidermus fasciatus</i>	51	151.1				
	<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	15	18.4				
	<i>Periophthalmus modestus</i>	2	1.7				
	<i>Tridentiger barbatus</i>	1	2.9				
	<i>Pleuronectes schrenki</i>	1	3.3				
	<i>Mugilogobius abei</i>	1	0.8				
	<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>	1	4.5				
	<i>Chaenogobius annuaris</i>			63	28.8		
	<i>Repomucenus lunatus</i>			48	45.3		
	<i>Kareius bicoloratus</i>			19	230.9	1	48.1
	<i>Pleuronectes herzensteini</i>			6	18.5		
	<i>Pholis fangi</i>			4	29.7		
<i>Verasper variegatus</i>			3	167.2			
<i>Furcina osimae</i>			3	33.0			
<i>Peudorhombus pentophthalmus</i>			2	93.8			
<i>Pholis nebulosa</i>			2	5.4			

Table 3. Continued

	Species	1985~1986		1993		2010	
		N	W	N	W	N	W
Benthic	<i>Pterogobius zonoleucus</i>			2	5.2		
	<i>Pleuronectes yokohamae</i>			1	7.9		
	<i>Conger myrister</i>			1	125.2		
	<i>Acentrogobius pellidebilis</i>					1	2
	<i>Paralichthys olivaceus</i>					1	9
	<i>Paraplagusia japonica</i>					1	0.9
	Subtotal	7750	10930	15818	18866.5	348	3818.8
	No. of species		21		24		10
	Total	9589	14749.6	18081	22455.3	2175	14943.4
	Number of species		36		37		23

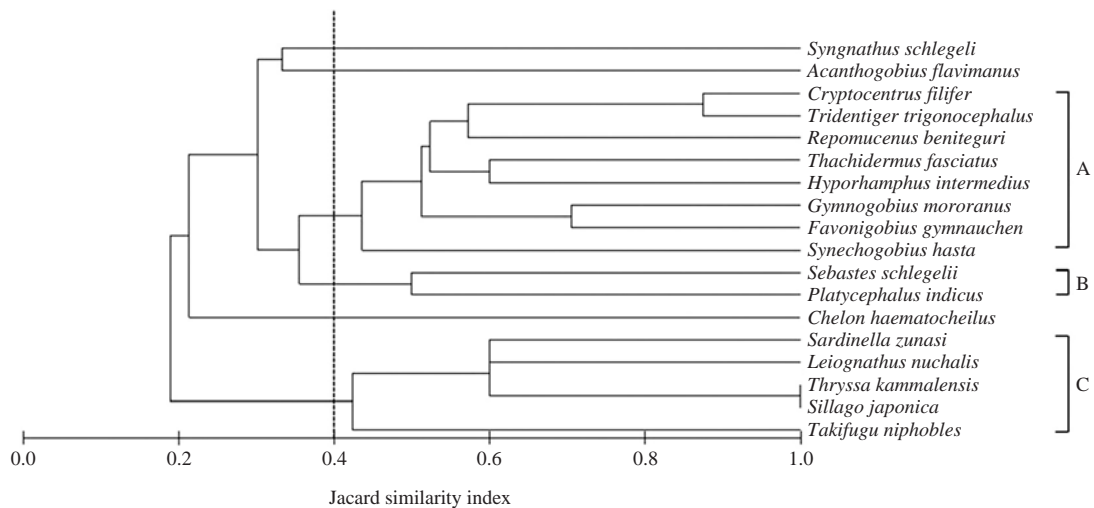


Fig. 5. Dendrogram illustrating the species association of the shallow water fish collected at Namdang beach from September 1985 to August 1986 and from April 2010 to March 2011.

3). 그러나 출현개체수와 생체량이 1985~86년에는 4~5월에도 높은 값을 보였는데, 이것은 이 시기 우점종인 얼룩망둑이 대량으로 채집되었기 때문이었다. 두 조사 시기 동안 월별 출현종수와 개체수 및 종다양성지수는 1985~86년에 비하여 2010~11년에 유의하게 낮은 변화 양상을 나타내었다($p < 0.05$, paired t-test). 그러나 생체량은 두 시기 동안 유의한 차이를 보이지 않았는데 9월 10월에는 가숭어가 대량 채집되었고, 1월과 2월에는 크기가 큰 가숭어 성어가 채집되어 1985~86년에 비하여 생물량이 높았기 때문이었다.

두 시기의 출현종 중 4회 이상 출현종을 대상으로 집괴 분석한 결과 유사도 0.4 수준에서 3개 무리와 기타 종으로 구분되었다(Fig. 5). 'A' 무리는 주저종인 얼룩망둑과 날개망둑을 포함한 저서어류들로 구성되었고, 'B' 무리는 저서어류와 반저어류로 겨울을 제외한 전 계절에 출현한 종들이었다. 'C' 무리는 대부분 부어류들로 구성되었으며, 이들은 주로 온수기에 출현한 종들이었다.

3. 1985~86, 1993년, 2010년의 온수기 자료 비교

1993년에는 5월부터 11월에만 조사되었기 때문에(이 등, 1995), 2010년과 1985~86년의 자료도 5월과 11월 사이 온수기 자료만을 이용하여 서식처에 따라 구분하여 비교하였다(Table 3). 1985~86년 온수기에는 총 36종, 9,589마리, 14,749.6 g이 채집되었고, 1993년에는 37종, 18,081마리, 22,455 g이 채집되어, 개체수는 89%, 생체량은 52%가 증가하였다. 채집어종 중 부어류의 채집량은 비슷하였는데 주어종 중에는 청멸이 감소하였고 주둥치가 증가하였다. 반저어류는 두 시기 동안 채집개체수는 비슷하였고 생체량은 감소하였다. 우점종 중 청보리멸(*Sillago japonica*)은 감소하였고 복섬은 증가하였는데 총생체량 감소는 청보리멸의 감소 때문이었다. 세 무리 어종 중 가장 많은 양을 차지한 저서어류는 개체수는 증가하였고 생체량은 비슷하였는데, 두 시기 최우점종인 얼룩망둑은 두 시기 동안 크게 증가하였

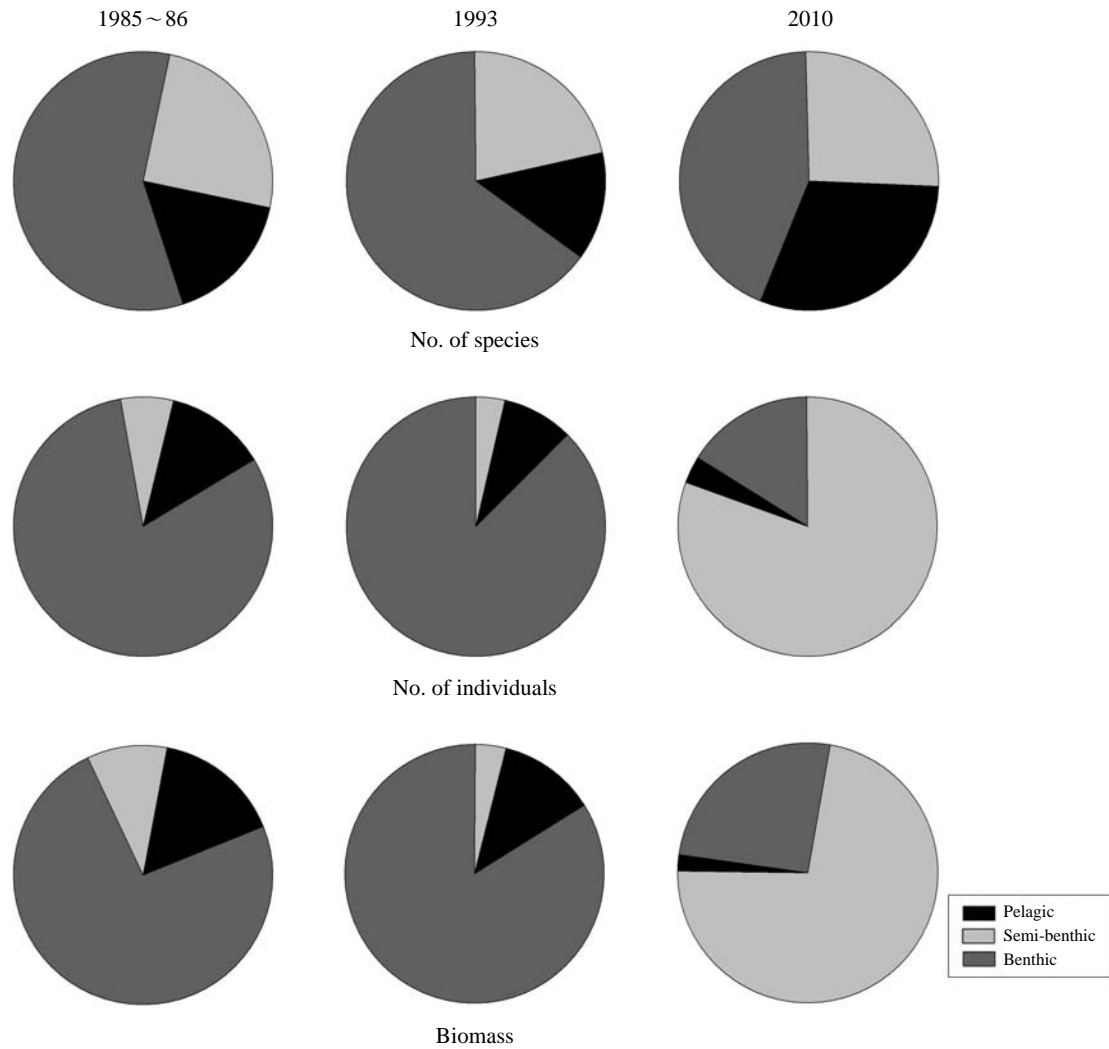


Fig. 6. Change in relative number of species, number of individuals and biomass by habitat group (pelagic, semi-benthic and benthic) of fish collected in the shallow water at Namdang beach by a beach seine during warm months between May and November in 1985~86, in 1993 and in 2010.

고, 우점종이었던 날개망둑, 풀망둑 등이 감소하였고, 날뚝 양태와 실망둑은 1993년에는 한 마리도 채집되지 않았다. 두 시기 동안의 상대빈도는 출현종수, 개체수 및 생체량에서 비슷한 경향을 보였다(Fig. 6).

2010년 5월에서 11월 사이에는 1985~86년과 1993년에 비하여 출현종수, 개체수 및 생체량 모두 감소하였다. 특히 2010년의 채집 개체수는 이전의 시기에 비하여 20% 미만이 채집되었다(Table 3). 서식처별 어종 가운데는 부어류와 저서어류가 크게 감소하였고, 반저어류는 증가하였다(Fig. 6). 부어류는 앞의 두 조사 시기에 우점종이었던 줄공치, 청멸, 주둥치(*Leiognathus nuchalis*)가 2010년에는 소수 개체만 채집되어 감소폭이 컸다. 저서어류는 앞의 두 조사 시기에 채집개체수나 생체량이 80% 이상을 차지하였으나 2010년에는 개체수의 21.0%, 생체량의 2.0% 밖에 차지하지 않

았다. 저서어류 중 최우점종이었던 얼룩망둑은 거의 채집되지 않았고, 우점하였던 다른 망둑어류도 채집량이 줄거나 크게 감소하였다. 이에 비하여 반저어류는 크게 증가하였는데, 이것은 전 조사 시기에 채집량이 적었던 가송어가 대량 채집되었기 때문이다. 그리고 전어가 증가하였고 나머지 종들은 감소하거나 출현하지 않았다.

이 결과는 방조제 건설 직후인 1985~86년에서 9년이 지난 1993년까지는 방조제 건설에 따른 유속 감소, 우기 담수 유입, 세립퇴적물 퇴적 등 수질 및 저질은 변하고 있었지만 천해 어류에 대한 영향은 크지 않았던 것으로 추정된다. 이 두 시기 사이에는 저서어류 중 세립퇴적물을 선호하는 얼룩망둑이 증가하였고 모래질을 선호하는 날개망둑 등은 감소하여 퇴적물의 세립화로 우점종이 변한 것으로 추정하였다(이 등, 1995). 그러나 2010~11년에는 세립퇴적물을 선

호하는 얼룩망둑뿐 아니라 다른 세립퇴적물을 선호하는 망둑어종들도 감소하거나 출현하지 않아, 세립퇴적물을 선호하는 어류도 살기에 부적합한 환경으로 변한 것으로 추정된다. 충청남도(2011)의 천수만 어장 정비계획에 의하면, 천수만 내부 새조개나 피조개 같은 조하대 어장은 저질 악화로 어장으로의 기능을 상실하였고, 조간대의 살포식 조개 어장도 세립퇴적물의 퇴적과 산소 결핍 등으로 상당 부분의 어장이 어장 능력이 상실된 것으로 보고하였다. 조간대 세립퇴적물의 퇴적과 퇴적 환경 악화는 패류뿐 아니라 조간대 부근 천해역에 사는 천해 저서어류에게도 같은 영향을 미쳐 감소한 것으로 보인다.

부어류나 저어류는 1993년 온수기에는 1985~86년 온수기와 비교하여 채집량이나 종조성 변화가 적었고, 특히 줄공치, 청멸, 주둥치와 같은 부어류뿐 아니라 반저어류의 유어들이 시기에 따라 대량 출현하여, 1993년까지 천수만 내부는 부어류와 저어류의 보육장으로는 방조제 건설 후와 차이가 크지 않았던 것으로 추정된다. 그러나, 2010~11년에는 과거 두 시기에 비하여 가승어가 증가한 이외에 대부분의 우점종들이 감소하거나 출현하지 않았고, 여름에 유어들도 거의 잡히지 않아 보육장으로 기능이 나빠진 것으로 추정된다. 가승어가 증가한 것은 방조제 건설에 따른 환경 변화보다 가두리 양식장에서 유출된 치어 때문으로, 양식 영향을 제거하기 위해서 가승어를 제외하고 서식처별 어종 조성 변화를 비교하여도 저서어류 비중은 감소하고 반저어류 비중은 증가하는 경향을 보면 환경 변화가 어류 종조성 변화의 주된 원인으로 판단된다.

이상의 결과를 종합하면 천수만 방조제 건설 이후 해수 순환 약화와 부영양화된 담수 유입으로 수질이 나빠지고, 저층에는 세립퇴적물이 쌓여가고 산소가 결핍되면서 천해 어류 생태계가 변하고 있다. 방조제 건설 후 약 9년이 지난 1993년까지는 세립퇴적물 증가에 따라 일부 저서어류가 증가하였을 뿐으로 천해어류 종조성에는 영향이 크지 않았던 것으로 보인다. 그러나 이러한 영향은 점진적으로 누적되어 2010년에는 위험 수준을 넘어 저서어류와 부어류가 유의하게 감소하였고, 반저어류 가운데 수질저하에 잘 적응하는 가승어와 같은 기수성어류만이 증가한 것으로 보인다.

요 약

남당리 조간대 천해에서 2010년 4월부터 2011년 3월까지 지인망으로 천해 어류를 채집하여 월별 종조성변화를 분석하였다. 방조제 건설 직후인 1985~86년과 1993년에 같은 방법으로 조사된 자료와 비교하여 중장기 어류 종조성 변화와 그 요인을 분석하였다. 조사기간 동안 총 25종, 2,194마리, 16,762 g의 어류가 채집되었으며 가승어(*Chelon hae-*

matocheilus)가 개체수의 68.5%를 차지하여 우점하였다. 수온이 낮은 11월에서 4월 사이에는 소수 개체만이 채집되었고 7월에 9월 사이에는 주거종뿐 아니라 부어류와 반저어류의 유어들이 증가하여 채집량이 많았다. 1985~86년에서 1993년 사이에는 세립퇴적물을 선호하는 얼룩망둑이 증가하였지만 채집량과 서식처별 어종조성은 큰 차이를 보이지 않았으나, 2010~11년에는 이전 두 시기에 비해 출현종수와 채집량이 감소하였으며, 종조성도 부어류와 저서어류는 감소하였고 반저어류 중 가승어는 증가하였다. 이 결과는 방조제 건설 이후 해수 순환 약화로 세립퇴적물 점진적으로 증가하고 우기에 부영양화된 담수가 유입되어 점진적으로 수질이 나빠지면서 천수만이 어류 보육장으로의 기능이 약화되고 대부분 저서어류가 살기에 부적합한 환경으로 변한 것으로 추정된다. 가승어는 수질저하에 잘 적응하는 기수성 어류로 근래에 만내부에 가두리 양식이 시작되며 가두리를 벗어난 치어들이 많아져 증가한 것으로 보인다.

사 사

본 연구 어류 자료 수집과 분석을 도와준 충남대학교 해양학과 학생들에게 감사드립니다. 본 연구는 국토해양부 해양한국발전프로그램(KSGP) 중 2010년 충청씨그랜트사업의 일환으로 수행되었음을 밝힙니다.

인 용 문 헌

- 국립수산진흥원. 1985. 연근해 주요어종의 생태와 어장. 수산기술지, 14: 219pp.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 한국어류대도감. 교학사, 615pp.
- 박동원. 1976. 원격탐사에 의한 서해안 천수만 간척지 지형 연구. 과학기술처 R76-72, 83pp.
- 송해성. 1988. 서해 연안성 민태(*Johnius belengeri*)와 보구치(*Argyrosomus argentatus*)의 성장, 연령 및 생태. 충남대학교 석사학위논문, 87pp.
- 신민철 · 이태원. 1990. 대천해빈 어류군집의 계절변화. 한국해양학회지, 25: 135-144.
- 심재형 · 고철환 · 김상중 · 이태원 · 박용철. 1988. 황해 내만역의 해양생태계 분석. 한국과학재단연구보고서, 246pp.
- 심재형 · 여환구. 1988. 천수만 식물플랑크톤의 공간적 시간적 변화. 한국해양학회지, 23: 130-145.
- 아세아항업주식회사. 1979. 서산 A·B지구간척지 개발 조사 보고서. 현대종합개발주식회사, 110pp.
- 유성규. 1962. 충청남도 연안(어청도, 천수만, 군산지역)에 있어서 microplankton의 양 및 조성에 관한 연구. 중앙수지간사지 기본 조사보고, 2: 57-72.
- 이태원. 1989. 천수만 저서성 어류군집의 계절 변화. 한국수산학

- 회지, 22: 1-8.
- 이태원. 1996. 천수만 어류의 종조성 변화. 1. 저어류. 한국수산학회지, 29: 71-83.
- 이태원. 1998. 천수만 어류의 종조성 변화. 3. 부어류. 한국수산학회지, 31: 654-664.
- 이태원. 2001. 대천해빈 쇄파대 어류 종조성의 단기변화. 한국어류학회지, 13: 32-39.
- 이태원 · 문형태 · 최신석. 1997. 천수만 어류의 종조성 변화. 2. 대천 해빈 쇄파대 어류. 한국어류학회지, 9: 79-90.
- 이태원 · 송해성. 1993. 민태 (*Johnius belengeri*)의 분포, 체장 및 연령조성. 한국어류학회지, 5: 184-193
- 이태원 · 황선완 · 박승윤 · 조영록 · 정희정. 1995. 천수만 천해어류 군집구조의 변화. 국립수산과학원 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, 727pp.
- 충남대학교 해양연구소. 1996. 천수만의 해양환경. 해양연구소 심포지움 논문집, 67pp.
- 충청남도. 1998. 천수만지역 어장환경 조사. BSPG 96256-00-1063-3, 900pp.
- 충청남도. 2011. 천수만해역 환경조사 및 어장 이용방안 연구용역 최종보고서, 534pp.
- 한국과학재단. 1988. 황해 내만역의 해양 생태계 분석. 한국과학재단 연구 최종보고서, 246pp.
- 한국전력공사. 1985. 보령 삼천포 T/P 냉각수가 연안양식 수산물에 미치는 영향조사(II). 한국전력보고서, KRC-84C-J01, 443pp.
- 한국해양연구소. 1978. 고정리 화력발전소 건설지점 부근해역에 대한 해양생태학적 기초조사 연구. BSPI 00014-14-3, 138pp.
- 한국해양연구원. 2006. 천수만 새조개 어장의 어장환경 및 어업 수익성 감정. BSPG 40000-1806-3, 185pp.
- 황선도. 1989. 이석의 미세 구조를 이용한 흰베도라치 (*Enedrias fangi*)의 초기 생활사. 충남대학교 석사학위논문, 61pp.
- Aubry, A. and M. Elliott. 2006. The use of environmental integrative indicators to assess seabed disturbance in estuaries and coasts: Application to the Humber Estuary, UK. Mar. Poll. Bull., 53: 175-185.
- Elliott, M., A.K. Whitfield, I.C. Potter, S.J.M. Blaber, D.P. Cyrus, F.G. Nordlie and T.D. Harrison. 2007. The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: a global review. Fish Fish., 8: 241-268.
- 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. In: Indo-Pacific Fish Biology: Proceedings of the Second International Conference on Indo-Pacific Fishes. 1986. Ichthyological Society of Japan, 18, pp. 161-168.
- Hwang, S.W., K.H. Choi, H.B. Hwang and T.W. Lee. 2013. Migration history and habitat use by Javelin goby *Synechogobius hasta* as inferred from otolith Sr:Ca ratios. J. Coastal Res. (in press).
- Hwang, S.W., T.W. Lee, H.B. Hwang and S.D. Hwang. 2011. Temporal occurrence patterns and habitat use of fish in the Mangyeong Estuary on the western coast of Korea in 2003, before dike enclosure. Ocean Sci. J., 46: 307-314.
- Jacard, P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat., 44: 223-270.
- Lee, T.W. 1983. Age composition and reproductive period of the shad, *Konosirus punctatus*, in Cheonsu Bay. J. Oceanol. Soc. Korea, 18: 161-168.
- Lee, T.W. and J.S. Byun. 1996. Microstructural growth in otoliths of conger eel (*Conger myruaster*) leptocephali during the metamorphic stage. Mar. Biol., 125: 259-268.
- 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. Korea, 19: 217-227.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Arago, T. Ueno and T. Yoshino (eds). 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago, Text and Plates: 437pp+370 plates.
- Nakabo, T. (ed). 2002. Fishes of Japan with pictorial keys to the species. English edition. Tokai University Press, Tokyo, 1749pp.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Illinois Univ. Press, 117pp.
- Whitfield, A.K., M. Elliott, A. Basset, S.J.M. Blaber and R.J. West. 2012. Paradigms in estuarine ecology-A review of the Remane diagram with a suggested revised model for estuaries. Estuar. Coast. Shelf Sci., 97: 78-90.

Appendix 1. Species composition of fish collected by a beach seine at Namdang beach from September 1985 to August 1986

Species	1985												1986												Total				
	Sep.		Oct.		Nov.		Dec.		Jan.		Feb.		Mar.		Apr.		May		Jun.		Jul.		Aug.						
	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>Gymnogobius mororanus</i>	14	15.3	386	425.2	658	800.6	22	34.8	19	29.8	14	20.8	408	567.1	639	874.9	2570	3851.8	733	1008.2	50	81.1	1475	1588.9	6988	9298.5			
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	16	22.6	37	36.2	85	36.8	20	19.8	10	8.1	10	8.2	75	73.6	299	506.5	266	372.8	129	208.7	78	161.4	138	247.8	1163	1702.5			
<i>Hyporhamphus intermedius</i>	8	20.4	366	840	350	959.5					2	5.1	85	223.3	36	77.6			5	10.1	3	4.1	16	20.3	871	2160.4			
<i>Cryptocentrus filifer</i>			1	5.9									20	21	360	272	88	69.7	23	41.5	20	37.6	130	193.7	642	641.4			
<i>Synechogobius hasta</i>	122	1727.9	56	731.1	6	46.2	2	16.0							2	42			114	341.8	143	1058.2	80	134.1	525	4097.3			
<i>Sillago japonica</i>	15	42.5	145	777.4																					304	196.3	464	1016.2	
<i>Thryssa kammalensis</i>	261	147.7	2	3.9																					180	67.3	443	218.9	
<i>Repomacrus beniteguri</i>	6	36.3	19	57.4									4	6.9			6	5.6	1	2.2	132	432.3	110	441.9	278	982.6			
<i>Pholis fangi</i>												157	629.5													157	629.5		
<i>Acentrogobius pflaumi</i>																													
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>			1	3.0	1	1.0							39	50.4	14	12.4	9	17.1	15	26.7	6	13.8	34	33.1	119	157.5			
<i>Acanthogobius flavimanus</i>													1	5.8			60	92	48	110.5	5	10.0			114	218.3			
<i>Anmodytes personatus</i>													4	4	45	46.5	2	3.4							54	46.5	54	46.5	
<i>Syngnathus schlegelii</i>	12	40.9	2	12.5	1	24.3													18	18.7	14	35.9	4	18.8	51	151.1			
<i>Thaichadermus fasciatus</i>																													
<i>Takifugu rubripes</i>	2	11.0																	1	0.6	36	48.2			39	59.8	34	28.1	
<i>Chelon haematodes</i>	24	18.6	10	9.5																									
<i>Takifugu niphobles</i>	2	10.2																											
<i>Sebastes schlegelii</i>	3	37.1																											
<i>Platycephalus indicus</i>																													
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	2	17.0																											
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	3	6.4																											
<i>Leiognathus nuchalis</i>	3	46.9																											
<i>Hexagrammos otakii</i>																													
<i>Acanthogobius lactipes</i>																													
<i>Saurida undosquamis</i>	2	144.9																											
<i>Lateolabrax japonicus</i>	2	6.2	2	27.4																									
<i>Konosirus punctatus</i>																													
<i>Apogon lineatus</i>																													
<i>Cynoglossus jayneri</i>																													
<i>Inimicus japonicus</i>	2	1.4	1	6.7																									
<i>Sardinella zunasi</i>																													
<i>Pleuronectes schrenki</i>	2	8.7																											
<i>Thryssa adalae</i>																													
<i>Tridentiger barbatus</i>	2	1.7																											
<i>Periophthalmus modestus</i>																													
<i>Ctenopomauchen microcephalus</i>																													
<i>Coilia nasus</i>																													
<i>Mugilogobius abei</i>																													
<i>Apocryptodon punctatus</i>																													
Total	503	2363.7	1031	2955.0	1101	1868.4	45	73.9	29	37.9	26	34.1	797	1589.8	1452	1909.6	3007	4491.2	1104	2021.0	513	1945.8	2710	3126.0	12320	22416.4			
Number of species	20	14	6	4	2	3	3	12	10	10	11	16	20	18	40														
Species diversity (H')	1.62	1.47	0.91	0.93	0.64	0.90	1.46	1.42	0.58	1.22	2.02	1.71																	