

새만금 방조제 물막이 완공 후인 2006-2007년 새만금호 어류 종조성의 변화

이태원^{1*} · 황학빈¹ · 황선완²

¹충남대학교 자연과학대학 해양학과, ²한국해양연구원 해양환경연구본부

Change in Fish Species Composition in the Saemangeum Reservoir after the Construction of Dike in 2006-2007

TAE WON LEE^{1*}, HAKBIN HWANG¹ AND SUNWAN HWANG²

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

²Marine Resources Research Division, KORDI, Ansan P.P. Box 29, Seoul 425-600, Korea

새만금 방조제 4공구 물막이 완공 후인 2006년 4월부터 2007년 2월 사이 새만금호에서 계절별로 otter trawl로 어류를 채집하여 어류 종조성의 계절변동을 분석하고 물막이 공사 중인 2001-2002년의 자료와 비교하였다. 조사기간 중 총 35종, 8,960 마리, 53,084.4 g의 어류가 채집되었으며, 기수 및 내만어종인 전어(*Konosirus punctatus*), 풀망둑(*Synechogobius hasta*)과 뚝양태(*Repomucenus lunatus*), 회유종인 멸치(*Engraulis japonicus*)와 삼치(*Scomberomorus niphonius*)가 우점하여 이 5종이 전체 개체수의 95%를 차지하였다. 출현종수와 채집량은 서해의 다른 연안역에서와 같이 봄과 가을에는 주거종이 주를 이루었다. 여름에는 회유종이 대량 출현하여 출현종수와 채집량이 가장 높았으며, 겨울에는 2종만이 채집되었고 생체량도 가장 낮았다. 물막이 공사 후 기수 및 내만성인 전어의 양이 크게 증가하였고, 일시적으로 새만금호에 몰려온 멸치나 삼치와 같은 외해 부어류들이 좁아진 새만금호 해수역에 밀집되어 otter trawl에 일시적으로 대량 채집되어 소수종의 우점도가 높아졌다. 물막이 공사 이전 대량 채집되었던 주둥치(*Leiognathus nuchalis*), 젓뱅어(*Neosalanx jordani*), 쉬쉬망둑(*Chaeturichthys stigmatias*) 등은 거의 채집되지 않았다. 어류 밀도는 물막이 공사 중인 2001-2002년에는 1,149 inds./10,000 m², 12,644 g/10,000 m²에 비하여, 물막이 공사 후인 2006-2007년에는 7,467 inds./10,000 m², 44,237 g/10,000 m²로, 개체수밀도는 6배 이상, 생체량 밀도는 3배 이상 높았다. 연간 종풍도지수(*R*)와 종다양성지수(*H'*)는 2001-2002년에 *R*=0.0160, *H'*=2.47에 비하여 2006-2007년에는 *R*=0.0038, *H'*=1.11로 낮아졌다. 물막이 공사 후 새만금호의 해수역이 줄어들고 수질이 변하면서 어류 서식에 부적합한 환경이 조성되어 종풍도 지수와 종다양성지수가 낮아지고, 소수 기회종의 우점도가 높아진 것으로 보인다.

Seasonal variation in species composition of fish in the Saemangeum Reservoir was determined using seasonal samples collected by an otter trawl from April 2006 to February 2007 after the dike construction, and compared with the data obtained during the dike construction in 2001-2002. A total of 35 species, 8,960 individuals and 53,084.4 g of fish were collected during the study. Of the fish collected, brackish and coastal fishes such as *Konosirus punctatus*, *Synechogobius hasta* and *Repomucenus lunatus*, and migrant fishes such as *Engraulis japonicus* and *Scomberomorus niphonius* predominated in abundance accounting for 95% in the total number of individuals. Fish species composition and abundance showed a similar seasonal trend to those in the other western coastal waters of Korea. The resident species were mainly collected in spring and in autumn. The number of species and biomass were high in summer by the large amount of catch of migrating species. Catch was low in winter and only 2 species were collected. A brackish and coastal fish, *K. punctatus* and two migrant fishes, *E. japonicus* and *S. niphonius* were abundantly collected after the dike construction. However, the dominant fishes during the dike construction such as *Leiognathus nuchalis*, *Neosalanx jordani* and *Chaeturichthys stigmatias* were rarely collected. Fish density was 1,149 inds./10,000 m² and 12,644 g/10,000 m² during the dike construction, and increased 6 times in the number of individuals (7,467 inds./10,000 m²) and 3 times in biomass (44,237 g/10,000 m²) after the dike construction. Annual species richness (*R*) and species diversity (*H'*) decreased from *R*=0.0160 and *H'*=2.47 during the dike construction in 2001-2002 to *R*=0.0038 and *H'*=1.11 after dike construction in 2006-2006, respectively. These changes seemed to be related to the reduction of the saline area and degradation of water quality in Semangeum Reservoir after the dike construction.

Keywords: Estuarine fish, Yellow Sea, Saemangeum, Dike effect

*Corresponding author: twlee@cnu.ac.kr

서론

새만금 방조제는 길이가 33 km이며, 간척 면적 40,100 ha 중 간조 때의 갯벌 면적은 20,000 ha이다(농어촌진흥공사, 1998). 1991년 공사가 시작되어 2006년 4월 물막이 공사가 마무리되어, 신수갑문과 가력 갑문으로만 해수가 유통되고 있다. 방조제 건설 이전 대조차가 6 m에 달하였으나, 수문으로만 해수가 유통될 때 수문 조작 방법에 따라 다르지만 조차는 2 m 정도일 것으로 예측되었다(서 등, 2006b). 새만금 방조제 건설 과정에서 조석 변화(김 등, 2006b), 수질 변화(김 등, 2006a), 퇴적환경(김과 박, 2006; 우 등, 2006) 및 해양생물에 미치는 영향(유 등, 2002; 정 등, 2002; 이 등, 2003; 안 등, 2006; 황, 2006)을 파악하기 위한 많은 조사가 수행되었다.

새만금 방조제 물막이 공사가 완공되어 수문으로만 해수가 유통되면서 조차가 줄어들며 상부 조간대는 육지화 되었고, 해수 유동의 변화로 갯벌 지형이 변하고 있으며(김과 박, 2006), 해수 유통량이 줄어들며 담수 유입량과 해수 유통량이 평형을 이룰 때까지 담수역이 확대되고 해수역이 줄어들 것이다. 이러한 새만금호의 환경 변화는 물리화학적 작용을 거치며 점진적으로 해양생태계에 영향을 미친다. 연안생물은 환경 변화에 대한 적응범위가 넓은 편으로 종조성이 점진적으로 변한다. 아산만과 천수만에서는 방조제가 건설된 이후 중장기 자료 수집을 통하여 점진적으로 바뀌는 어류 종조성 변화를 밝혔다(이와 황, 1995; 이, 1996, 1998; 이 등, 1997). 새만금 수역에서도 방조제 건설 중의 자료와 물막이 공사 완공 이후 자료를 비교함으로써 방조제 건설이 해양생물에 미친 영향을 평가할 수 있을 것이다.

온대 연안은 수온의 계절 변화가 심하여 계절에 따른 어류 종조성 변화가 심하다(Allen and Horn, 1975; McErlean *et al.*, 1973; 이와 황, 1995; 이, 1996, 1998). 겨울에는 내만의 일부 주거종을 제외하고는 외해에서 월동하며, 주거종이라도 겨울에는 외해의 수심이 깊은 곳으로 이동한다. 따라서 냉수기에는 출현종수와 생물량이 적고, 봄이 되어 수온이 상승하면서 외해에서 월동한 어류들이 몰려와 산란하고, 그 유어들이 가을까지 내만에 머물러 높은 생물량을 유지한다(Lee and Seok 1984). 서해 내만에서 난수기 높은 생물량을 유지하는 어류는 멸치(*Engraulis japonicus*), 밴댕이(*Sardinella zunasi*), 청멸(*Thryssa kammalensis*) 등의 회유성 부어류, 민태(*Johnius grypotus*)와 같은 회유성 부어류 및 내만성 참서대(*Cynoglossus joyneri*)이다(이와 황, 1995; 이, 1996, 1998). 천해역에는 주거종인 망둑어류들이 높은 생물량을 유지한다(황과 이, 1999; 임과 이, 1990; 이 등, 1997; 이와 문, 2002). 방조제 건설 후 수문으로만 해수가 유통되면서 회유성 어류 이동이 줄어들고, 새만금호에 담수역이 넓어지면 저염분에 적응하지 못하는 어류들이 줄어들 것으로 예상된다.

어류는 크게 저어류와 부어류로 구분되며, 저어류는 부어류에 비하여 이동력이 약하여 연안 환경 변화가 어류에 미치는 영향을 평가할 때 주로 저어류를 대상으로하며 채집기기로는 정량화가 가능한 otter trawl이 널리 이용된다(Livingston, 1976; Horn, 1980; Allen, 1982; 이, 1993, 1996). 그러나 저어류도 자료 변이(sample variation)가 심하여 신뢰도 높은 정량자료를 수집하기 위해서는 자료 변이 폭을 파악하고 이를 극복할 수 있는 적정채집 방법이

요구된다(Taylor, 1953; Lenarz and Adams, 1980). 자료의 변이는 대상생물의 시공간 분포, 도파나 그물의 선택성과 같은 채집기에 대한 어류의 행동에 의하여 결정된다. 아산만 저어류를 대상으로한 연구 결과에 의하면 주야간 변동은 거의 없었고(이, 1991), 한 조사 시기 정점간의 차이도 거의 유의하지 않았다(이, 1993). 황해 내만역에서 한 조사 시기 정점간 차이가 적은 것은 조류에 의한 혼합이 크고, 저질이 비교적 단순한 빨이나 모래인데 기인된 것으로 추정되며, 새만금 해역도 이와 비슷할 것으로 예상된다.

본 연구에서는 새만금 방조제 물막이 마무리 직후부터 계절별로 otter trawl로 어류를 채집하여 종조성의 계절 변동을 파악하고, 방조제 건설 중인 2001-2002년 같은 방법으로 수집 분석한 종조성 자료(이 등, 2003)와 비교하여 물막이 공사 이후 환경 변화에 따른 어류 종조성 변동을 분석하였다.

재료 및 방법

새만금 방조제 물막이 공사 마무리 후인 2006년 4월, 7월과 11월 및 2007년 2월에 새만금 방조제 내부 해역에 2개의 정점에서 otter trawl을 이용하여 어류를 채집하였다(Fig. 1). 정점 1(St. 1)은 방조제 건설 이전 만경강 하구역, 정점 2(St. 2)는 동진강 하구역이었던 곳이다. 채집에 이용된 소형 otter trawl은 길이 6 m, 예인 때 망폭이 2 m, 날개그물(wing net)과 자루그물(cod end)의 망폭은 각각 25 mm, 16 mm였으며, 끌줄은 약 120 m 정도였다. 각 조사 정점에서 1.5 km/hr의 속도로 30분씩 예인하였으며, 각 정점 1회 채집면적은 약 1,500 m²에 해당된다.

채집된 자료는 냉장 보관하여 실험실로 운반한 후, 종별로 개체

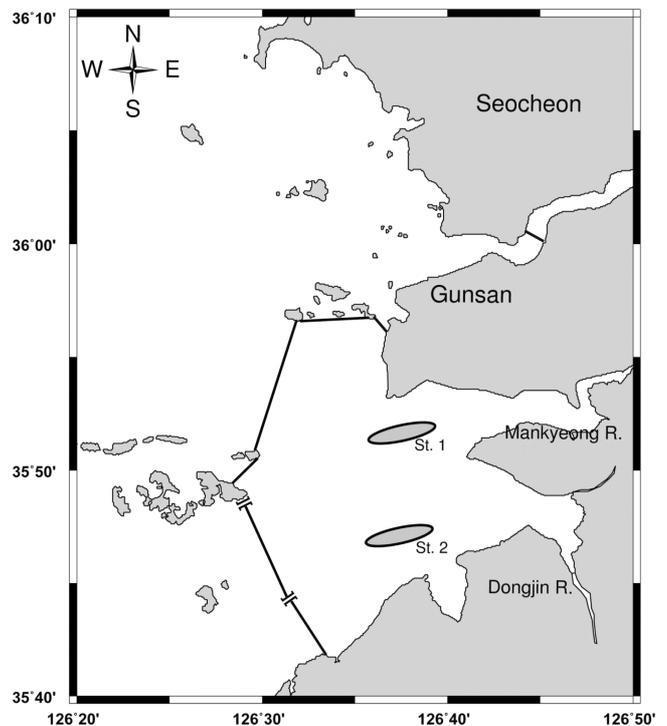


Fig. 1. Map showing the sampling sites of fish by an otter trawl in the Saemangeum Reservoir.

수와 생체량을 측정하였다. 각 어체의 체장은 1 mm까지, 체중은 0.1 g까지 측정하였다. 종의 동정에는 정(1977), Masuda *et al.*(1984), Nakabo(1993)와 김 등(2005)을 이용하였다. Wilcoxon의 signed-rank test를 이용하여 각 계절의 종조성의 정점간의 차이를 분석한 결과 차이가 유의하지 않아($p>0.05$) 각 계절의 자료는 2개 정점의 자료를 합한 3,000 m²로 정리하였다. 각 계절의 자료는 개체수를 대상으로 Shannon-Wiener의 종다양성 지수(H')를 계산하였다 (Shannon and Weaver, 1949).

물막이 공사 이전 어류 종조성 변화와 비교하기 위해서, 같은 방법으로 2001-2002년 계절별로 조사한 이 등(2003)의 자료와 비

교하였다. 여름 조사는 본 조사는 7월에 2002년에는 8월에 수행 하였으나 서해 연안에서 7월과 8월의 어류 종조성은 비슷하기 때문에 같은 조사시기로 보고 비교하였다. 2001-2002년 채집에서는 각 계절 4개의 정점에서 otter trawl을 30분씩 예인하여 채집한 반면 본 연구에서는 각 계절 2개의 정점에서만 30분씩 채집하여 계절 비교에서는 2회 채집면적인 3,000 m²로, 연간 비교에서는 채집면적 10,000 m²로 환산하여 비교하였다. 연간종풍도는 Margalef (1958)의 종풍도지수(R)을 출현종수(S)와 총출현개체수(n)로부터 계산하였다.

$$R = (S-1)/\ln(n)$$

Table 1. Seasonal variation in species composition of fishes collected by an otter trawl in the Saemangeum Reservoir from April 2006 to February 2007. N and W represent the number of individuals and biomass (wet weight in g) per 2 trawl hauls (ca. 3,000 m²), respectively.

Species	Sampling time		April		July		November		February		Total	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
<i>Acanthogobius elongata</i> (왜풀망둑)	2	2.8									2	2.8
<i>Acanthogobius lactipes</i> (흰발망둑)	8	32.3									8	32.3
<i>Acanthogobius luridus</i> (비늘흰발망둑)	4	3.4									4	3.4
<i>Acanthopagrus schlegeli</i> (갑성돔)					4	49.6					4	49.6
<i>Apogon lineatus</i> (열동가리돔)							1	2.1			1	2.1
<i>Argyrosomus argentatus</i> (보구치)							2	92.0			2	92.0
<i>Chaeturichthys hexanema</i> (도화망둑)	2	1.3									2	1.3
<i>Chelon haematocheilus</i> (가숭어)					1	753.0	13	2423.0	1	332.0	15	3508.0
<i>Coilia nasus</i> (웅어)	3	2.7									3	2.7
<i>Cynoglossus semilaevis</i> (박대)					21	390.6	1	30.0			22	420.6
<i>Engraulis japonicus</i> (멸치)							984	1348.6			984	1348.6
<i>Favonigobius gymnauchen</i> (날개망둑)	7	10.9					2	1.9			9	12.8
<i>Hemirhamphus villosus</i> (삼세기)	1	3.7									1	3.7
<i>Hexagrammos otakii</i> (쥐노래미)	10	47.0									10	47.0
<i>Johnius grypotus</i> (민태)					17	776.2					17	776.2
<i>Konosirus punctatus</i> (전어)					6448	23123.7	1	113.6			6449	23237.3
<i>Mugil cephalus</i> (숭어)					1	823.0					1	823.0
<i>Onigocia spinosa</i> (비늘양태)					52	195.6					52	195.6
<i>Pampus argenteus</i> (병어)					20	228.0					20	228.0
<i>Paralichthys olivaceus</i> (넙치)					13	262.2					13	262.2
<i>Pholis fangi</i> (흰베도라치)	3	29.4									3	29.4
<i>Platycephalus indicus</i> (양태)							1	13.6			1	13.6
<i>Pleuronichthys cornutus</i> (도다리)	1	1.0									1	1.0
<i>Repomucenus beniteguri</i> (날뚝양태)	14	94.8									14	94.8
<i>Repomucenus koreanus</i> (참뚝양태)							19	189.4			19	189.4
<i>Repomucenus lumatus</i> (뚝양태)					110	103.0					110	103.0
<i>Repomucenus ornatipinnis</i> (꽃뚝양태)	22	109.6					17	121.5			39	231.1
<i>Scomberomorus niphonius</i> (삼치)					199	2683.5					199	2683.5
<i>Sebastes inermis</i> (볼락)					4	23.6					4	23.6
<i>Synechogobius hasta</i> (풀망둑)	3	221.1	692	9543.7			60	4799.5	21	2325.5	776	16889.8
<i>Syngnathus schlegeli</i> (실고기)	4	4.3									4	4.3
<i>Takifugu niphobles</i> (복섬)	12	89.1	69	994.1							81	1083.2
<i>Thryssa kammalensis</i> (청멸)					80	565.5					80	565.5
<i>Tridentiger trigonocephalus</i> (두줄망둑)	4	21.6									4	21.6
<i>Zoarcetes gilli</i> (등가시치)	1	97.0									1	97.0
Total	106	776.4	7731	40515.3	1101	9135.2	22	2657.5			8960	53084.4
Number of species	18		15		11		2				35	
Species diversity (H')	2.54		0.71		0.49		0.18				1.11	

결 과

종조성

조사기간 동안 총 35종, 8,960 마리, 53,084.4 g의 어류가 채집되었다(Table 1). 채집된 어류 가운데, 조간대 부근 천해역에 주로 서식하는 망둑어과 어류(Gobiidae)가 7종으로 가장 많았고, 연안에 주로 사는 돛양태과 어류(Callionymidae)가 4종, 회유성 부어류인 청어목 어류(Clupeiformes)이 4종 채집되었다. 부어류 중 주둥치(*Leiognathus nuchalis*), 전어(*Konosirus punctatus*), 밴댕이 등과 저어류 중 보구치(*Argyrosomus argentatus*), 민태 등은 봄에서 가을 사이 내만으로 몰려와 자라고 겨울이 되면 월동하기 위해서 외해로 회유하는 어류들이었으며, 연안 정착성 어류는 가자미목 어류, 망둑어류 등과 같이 내만에 주로 사는 어류들이었다.

출현빈도에서는 풀망둑(*Synechogobius hasta*)이 4계절, 가숭어(*Chelon haematocheilus*)가 3계절 출현하였으며, 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*)을 포함한 6종이 2계절 출현하였을 뿐 나머지 27종은 한 계절에만 출현하여 계절에 따른 종조성 변화가 심하였다. 총채집량에서 전어가 개체수의 72.0%, 생체량의 43.8%를 차지하여 가장 많았고, 다음으로 멸치가 개체수의 11.0%, 생체량의 2.5%, 풀망둑이 각각 8.7%와 31.8%를 차지하였다.

종조성의 계절 변동

출현종수는 2006년 4월에 18종으로 가장 많았고, 7월에 15종, 11월에 11종으로 감소하였으며, 2월에 2종으로 가장 적었다(Fig. 2). 채집 개체수와 생체량은 7월에 가장 많았고, 11월에 감소하여 2월에 가장 적었다.

계절별로는 2006년 4월에는 18종, 1066마리, 776.41 g의 어류가 채집되었다. 채집된 어류들은 거의 대부분 연안 정착성 어종들이었다. 꽃돛양태(*Repomucenus ornativinnis*)가 22마리, 날돛양태(*Repomucenus beniteguri*)가 14 마리 복섬(*Takifugu niphobles*)이 12 마리 채집되었고 나머지 종들은 10 마리 이하가 채집되었다. 7월에는 15종, 7,731 마리, 40,515.3 g이 채집되어 연중 채집종수와 채집량이 가장 많았다. 채집된 15종 가운데 12종은 4월에 채집되지 않은 종들이었으며, 여름 회유종인 민태, 전어, 병어(*Pampus argenteus*), 삼치(*Scomberomorus niphonius*) 등이 채집되었다. 전어는 6,448 마리가 채집되어 개체수의 83%를 차지하였고, 풀망둑, 삼치, 돛양태(*Repomucenus lumatus*)가 100 마리 이상 채집되었고 나머지 종들은 100 마리 미만이 채집되었다. 11월에는 11종, 1,101 마리, 9,135.2 g의 어류가 채집되어 7월에 비하여 채집량이 감소하였다. 7월에 많이 채집되었던 전어는 한 마리 밖에 채집되지 않았고, 돛양태나 삼치는 한 마리도 채집되지 않았고, 풀망둑의 양이 크게 감소하였다. 멸치가 984마리 채집되어 개체수에서 89%를 차지하였다. 2007년 2월에는 풀망둑 21 마리와 가숭어 1 마리 밖에 채집되지 않아, 출현종수와 생체량은 연중 가장 낮았다.

종조성의 계절변화를 전체적으로 살펴보면 4월에는 주걱종들이 주로 출현하였으며, 우점도가 높은 종이 거의 없어 종다양성지수가 2.54로 조사기간 중 가장 높았다. 7월에는 삼치를 비롯한 회유어종들이 출현하여 출현종수가 많은 편이었으나 전어의 우점도가 높아 종다양성지수는 0.71로 4월에 비하여 낮았다. 11월에는 멸치와 보구치를 제외하고는 회유종들은 거의 출현하지 않았으나 멸치가

대량 채집되어 종다양성지수는 0.49로 낮았다. 2월에는 2종밖에 채집되지 않아 종다양성지수는 0.18로 가장 낮았다.

2001-2002년 자료와의 비교

본 조사와 같은 어구와 채집 방법으로 방조제 건설 중인 2001-2002년 4계절 4정점에서 채집된 어류는 45종 2,758 마리, 30,346.8 g였고, 2006-2007년에는 4 계절 2 정점에서 채집된 어류는 35종 8,960 마리, 53,084.4 g였다(Table 2). 두 조사 시기 공동으로 출현한 종은 22종, 2001-02년에만 출현한 종이 23 종, 2006-07년에만 출현한 종이 13 종이었다. 출현종 중 2001-02년에는 주둥치, 젓뱅어(*Neosalanx jordani*), 쉬쉬망둑(*Chaeturichthys stigmatias*) 등과 같은 회유성 어류와 풀망둑, 전어, 돛양태, 양태(*Platycephalus indicus*) 등과 같은 기수연안성 어류가 100 마리 이상 채집되었고, 2006-07년에는 전어, 풀망둑, 돛양태와 같은 기수연안성 어류와 회유성인 멸치와 삼치가 100 마리 이상 채집되었다. 참고로 이 등(2003)에 의하여 보고된 2001-2002년에 출현한 물메기(*Liparis tessellatus*)는 동남해안에만 출현하는 종으로 꼼치(*L. tanakai*)일 가능성이 높다(pers. comm., 군산대학교, 최윤).

두 시기의 계절에 따른 출현종수는 4월에는 18종으로 같았으나 여름 이후는 2001-02년에 비하여 2006-07년에 적었다(Fig. 2). 각 계절 2회 예인면적 3,000 m²당 출현개체수와 생체량은 2월에는 2001-02년에 약간 높았으나 7/8월이나 11월에는 2006-07년에 상당히 높았고 2월에는 2001-02년이 높았다. 종다양성지수(H')는 2월에는 2.31(2001-02년)과 2.54(2006-07)로 비슷하였으나 여름 이후 2001-02년에 비하여 2006-07년에 낮았다.

연평균 어류 밀도는 2001-2002년에는 1,149 마리/10,000 m², 12,644 g/10,000 m²로, 2006-2007년에 2001-2002년보다 개체수 밀도는 6배 이상, 생체량 밀도는 3배 이상 높았다. 연간 종풍도지수(R)와 종다양성지수(H')는 2001-2002년에 각각 $R=0.0160$, $H'=2.47$ 에 비하여 2006-2007년에는 $R=0.0038$, $H'=1.11$ 로 낮았다.

토 의

어류는 크게 저어류와 부어류로 구분되며, 저어류는 부어류에 비하여 이동력이 약하여 환경 변화가 어류에 미치는 영향을 평가할 때 주로 저어류를 대상으로하며 채집기로는 정량화가 가능한 otter trawl이 널리 이용되어(Livingston, 1976; Horn, 1980; Allen, 1982; 이, 1993, 1996), 본 연구에서도 otter trawl을 이용하였다. 대부분의 생물들은 무리지어 분포하여, 저어류도 대부분 무리지어 분포하는 것으로 알려져 있으며(Taylor, 1953), 이와 같은 무리 분포는 아산만에서도 확인되었다(이, 1991). 생물이 무리지어 분포할 때, 채집 면적을 증가시키면 신뢰도가 증가된다(Lenarz and Adams, 1980). 본 연구에서는 이 등(2003)과 같은 해역에서 같은 방법으로 조사하였으나 이 등(2003)의 4개 정점 중 본 조사에서는 2 정점에서만 자료를 수집하였다. 조사해역은 저어류 분포에 영향을 미치는 저질 등이 유사하고, 어류의 분포 범위에 비하여 정점간의 거리가 가까워 정점 간의 차이가 없는 것으로 판단된다. 이 등(2003)의 연구에서 출현종수는 otter trawl 30분 2회 예인 이후 채집 횟수가 증가하면서 채집종수는 늘어나지만 늘어나는 종들은 생물량이 적은 희귀종(rare species)들로 종다양성지수

Table 2. Comparison in annual species composition of fishes collected by an otter trawl in the Saemangeum Reservoir during (2001-2002) and after dike construction (2006-2007). It was suggested recently that *Liparis tessellatus* reported in the Yellow Sea might be an error of *L. tanakai*. See text for details.

Species	2001-2002		2006-2007	
	N	W	N	W
<i>Synechogobius hasta</i> (폴망둑)	292	9547.2	776	16889.8
<i>Konosirus punctatus</i> (전어)	171	1654.5	6449	23237.3
<i>Repomucenus lunatus</i> (돛양태)	150	831.8	110	103.0
<i>Platycephalus indicus</i> (양태)	104	2145.8	1	13.6
<i>Argyrosomus argentatus</i> (보구치)	76	876.8	2	92.0
<i>Takifugu niphobles</i> (복섬)	59	820.0	81	1083.2
<i>Johnius grypotus</i> (민태)	59	438.2	17	776.2
<i>Thryssa kammalensis</i> (칭멸)	52	228.1	80	565.5
<i>Favonigobius gymnauchen</i> (날개망둑)	47	92.2	9	12.8
<i>Acanthogobius luridus</i> (비늘흰발망둑)	21	50.9	4	3.4
<i>Mugil cephalus</i> (송어)	17	1547.7	1	823.0
<i>Repomucenus koreanus</i> (참돛양태)	14	72.5	19	189.4
<i>Hexagrammos otakii</i> (쥐노래미)	14	35.6	10	47.0
<i>Coilia nasus</i> (웅어)	10	145.5	3	2.7
<i>Acanthopagrus schlegeli</i> (감성돔)	5	162.7	4	49.6
<i>Chaeturichthys hexanema</i> (도화망둑)	4	19.7	2	1.3
<i>Paralichthys olivaceus</i> (넙치)	3	16.5	18	266.6
<i>Tridentiger trignocephalus</i> (두줄망둑)	2	14.6	4	21.6
<i>Syngnathus schlegeli</i> (실고기)	2	3.0	4	4.3
<i>Pholis fangi</i> (흰베도라치)	2	22.4	3	29.4
<i>Chelon haematocheilus</i> (가송어)	1	12.2	15	3508.0
<i>Pleuronichthys cornutus</i> (도다리)	1	20.7	1	1.0
<i>Leiognathus nuchalis</i> (주둥치)	985	1917.4		
<i>Neosalanx jordani</i> (젓뱅어)	264	314.1		
<i>Chaeturichthys stigmatias</i> (쉬쉬망둑)	169	2536.9		
<i>Cynoglossus joyneri</i> (참서대)	77	559.8		
<i>Sillago japonica</i> (청보리멸)	22	145.1		
<i>Acentrogobius pellidebilis</i> (점줄망둑)	18	142.4		
<i>Sebastes schlegeli</i> (조피볼락)	18	232.6		
<i>Sphyrnaena pinguis</i> (꼬치고기)	15	362.5		
<i>Tridentiger barbatus</i> (아작망둑)	15	114.9		
<i>Hapalogenys nitens</i> (동갈돛돔)	12	28.9		
<i>Paraplagusia japonica</i> (흑대기)	11	45.7		
<i>Plectorhynchus cinctus</i> (어름돔)	10	85.1		
<i>Sardinella zunasi</i> (벤쟁이)	9	25.2		
<i>Liparis tessellatus</i> (물메기)	6	3895.0		
<i>Thryssa adela</i> (폴반쟁이)	6	53.2		
<i>Chaenogobius mororanus</i> (얼룩망둑)	4	7.3		
<i>Cociella crocodila</i> (까지양태)	3	10.9		
<i>Collichthys lucidus</i> (황강달이)	2	53.2		
<i>Zebrias zebra</i> (궁계기서대)	2	14.5		
<i>Conger myriaster</i> (붕장어)	1	520.0		
<i>Lophiomus setigerus</i> (아귀)	1	468.0		
<i>Pampus echinogaster</i> (턱대)	1	27.7		
<i>Pungitius sinensis</i> (가시고기)	1	28.1		
<i>Engraulis japonicus</i> (멸치)			984	1348.6
<i>Scomberomorus niphonius</i> (삼치)			199	2683.5
<i>Onigocia spinosa</i> (비늘양태)			52	195.6
<i>Repomucenus ornatipinnis</i> (꽃돛양태)			39	231.1

Table 2. (Continued)

Species	2001-2002		2006-2007	
	N	W	N	W
<i>Cynoglossus semilaevis</i> (박대)			22	420.6
<i>Pampus argenteus</i> (병어)			20	228.0
<i>Repomucenus beniteguri</i> (날뚝양태)			14	94.8
<i>Acanthogobius lactipes</i> (흰발망둑)			8	32.3
<i>Sebastes inermis</i> (볼락)			4	23.6
<i>Acanthogobius elongata</i> (왜풀망둑)			2	2.8
<i>Apogon lineatus</i> (열동가리돔)			1	2.1
<i>Hemirhamphus villosus</i> (삼세기)			1	3.7
<i>Zoarces gilli</i> (등가시치)			1	97.0
Total	2758	30346.8	8960	53084.4
Number of species	45		35	
Annual species richness (R)	0.0160		0.0038	
Annual species diversity (H')	2.47		1.11	
Mean abundance (/10,000 m ²)	1,149	12644.0	7,467	44,237

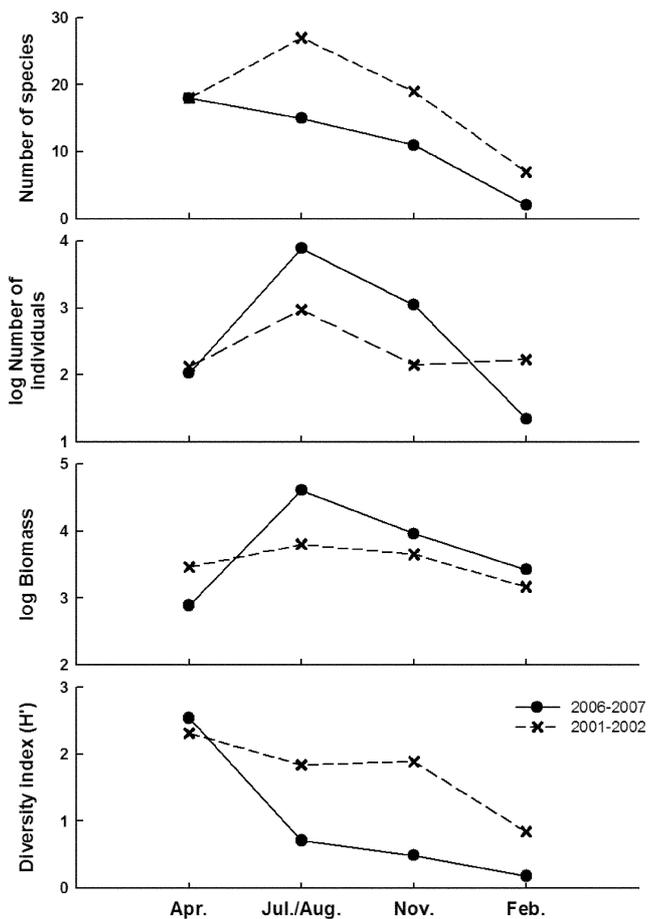


Fig. 2. Seasonal variation in the number of species, number of individuals (log N/3,000 m²), biomass (log W/3,000 m²) and species diversity index (H') of fish collected by an otter trawl in the Saemangeum Reservoir during (2001-2002, dashed line) and after the dike construction (2006-2007, solid line).

는 2회 예인 이후 늘어나지 않아 본 조사의 한 조사 시기 2점점 채집 자료를 합치면 한 조사 시기 종조성 비교 자료로 이용이 가능한 것으로 판단된다.

Otter trawl은 해저면을 따라 예인되기 때문에 망둑어류, 뚝양태류, 가자미목 어류와 같이 바닥에 살거나 바닥 가까이에서 주로 머무는 민어과 어류 같은 저어류들이 효과적으로 채집되며, 수심이 낮기 때문에 멸치, 전어, 삼치와 같은 부어류들도 일부 채집된다. 부어류들은 일시적으로 저층에 내려왔을 때나 인망과정에서 채집되어 채집량은 조사 해역의 생물량을 반영하였다고 보기는 어렵다. 연안의 부어류들은 낮에는 저층에 머물다가 밤에 수층에서 먹이를 섭취하는 경향이 있기 때문에 낮에만 otter trawl 채집을 하였을 경우 부어류의 비율이 높아지고, 수심이 얇은 곳일수록 부어류의 비율이 높아지는 것으로 보고되었다(허와 광, 1998; 허와 안, 2000). 본 조사의 새만금 해역은 수심이 얇고 낮에 otter trawl을 예인하여 여러 종류의 부어류들이 채집되었다. 부어류는 종에 따라 otter trawl 어획 비율이 저어류와 비슷한 종도 있고, 차이가 있는 종이 있을 것으로 예상되나 각 종의 어획률이 알려져 있지 않아 어획률을 고려하지 않고 종조성을 계산하였으며, 일부 우점 부어류는 otter trawl과 set net의 채집량을 비교하여 어구에 대한 선택성에 대하여 논의하였다.

방조제 건설 중인 2001-2002년에는 45종, 1,149 inds/10,000 m², 12,644 g/10,000 m²에 비하여, 물막이 공사 이후인 본 조사에서는 35종, 7,467 inds./10,000 m², 44,237 g/10,000 m²이 채집되어 출현종수는 적었고 밀도는 높았다(Table 3). 두 조사 시기 채집 계절이나 채집 방법은 같았으나 2001-2002년에는 각 계절 4개 정점에서 채집하였고, 본 조사 (2006-2007년)에서는 각 계절 2개 정점에서만 채집하여 채집 종수가 줄었다고 보기는 어렵다. 출현종수는 otter trawl 채집 면적(예인 회수)을 늘렸을 때 누적종수는 2회 누적 때에 비하여 4회 누적 때 새만금호에서는(이 등, 2003) 44%가 증가하였고, 아산만에서는(이, 1991) 35%가 증가하였다. 물막이 공사 후 출현종수 45종에서 35종으로 29% 감소한 것은 채집면적 차이에 의한 것으로 물막이 공사 이후 출현어종수가 감소하였다

Table 3. Comparison of fish species composition in the Saemangeum Reservoir by an otter trawl after (present study) and during dike construction (Lee *et al.*, 2003), and by a set net (Hwang, 2006). Refer to Table 2 for full genus name.

Source	present study	Lee <i>et al.</i> (2003)	Hwang (2006)
Sampled year	2006-2007	2001-2002	2003
Sampling gear	otter trawl	otter trawl	set net
Mesh size at cod end (mm)	16-25 mm	16-25 mm	1-3 mm
Sampling interval	seasonal	seasonal	monthly
Total number of species	35	45	46
Mean density (ind./10,000m ²)	7,467	1,149	-
Mean biomass (g/10,000m ²)	44,237	12,644	-
Annual species diversity	1.11	2.47	2.20
Dominant species	<i>K. punctatus</i> (72.0%) <i>E. japonicus</i> (11.0%) <i>S. hasta</i> (8.7%) <i>S. nipponius</i> (2.2%)	<i>L. nuchalis</i> (35.7%) <i>S. hasta</i> (10.6%) <i>N. jordani</i> (9.6%) <i>K. punctatus</i> (6.2%) <i>C. stigmatias</i> (6.1%)	<i>C. haematocheilus</i> (23.4%) <i>K. punctatus</i> (20.8%) <i>N. jordani</i> (18.2%) <i>S. zumasi</i> (8.2%) <i>S. hasta</i> (7.6%) <i>T. kammalensis</i> (6.2%)

고 보기 어렵다. 그러나 총 채집 개체수를 고려한 종풍도지수(R)는 물막이 공사 이전 0.016에서 물막이 공사 후 0.0038로 크게 감소하였다.

어류 밀도는 물막이 공사 후 개체수 밀도는 6배 이상, 생체량 밀도는 3배 이상 증가하여 물막이 공사 후 어류 조성에 변화가 있음을 뜻한다. 본 조사의 최우점종인 전어는 외해에서 월동하고 봄에 내만이나 기수역으로 들어와 산란하고 가을까지 내만이나 기수역에서 자라는 종으로(Lee, 1983), 새만금호 물막이 공사 중 otter trawl이나 set net에서도 우점종이었다(Table 3). 우점종 중 풀망둑은 전형적인 기수 저어류로, 전어와 같이 새만금호 물막이 공사 중에도 otter trawl이나 set net에서도 우점종이었다. 다음으로 우점한 멸치와 삼치는 부어류로, 새만금호 물막이 공사 중 otter trawl이나 set net에서는 채집되지 않았고 본 조사에서만 대량 채집되었다. 멸치나 삼치는 외해에서 떼를 지어 먹이를 찾아 이동하는 어류로 이 과정에서 일시적으로 내만이나 하구역으로 이동하는 어류들이다. 물막이 공사 완공 후 새만금 호소의 수표면과 수체적은 각각 70% 및 50%가 줄어들고 해수역이 줄어들 것으로 예측되었다(서 등, 2006a). 이와 같이 물막이 공사 후 외양성 부어류들이 분포할 수 있는 해수역이 좁아져 본조사의 otter trawl에 채집된 것으로 추정된다. 그러나 otter trawl은 부어류에 대한 어획률이 낮기 때문에 떼를 지어 물러다니다 대량 채집되었을 수도 있다,

물막이 공사 후인 본 조사에서는 거의 채집되지 않았으나 물막이 공사 중에는 채집되었던 우점어류는 주둥치, 갯뱅어, 쉬쉬망둑, 가숭어, 뱀뱀이 등이다. 주둥치는 1980년대 중반까지 황해 연안역 자치어 조사에서 거의 채집되지 않았고 동해 및 남해 연안 자치어 가운데에서도 그 비중이 낮았으나(차 등, 1990; 김 등, 1985), 인위적 환경 변화가 심하여진 진해만, 광양만 등의 해역 자치어 가운데 이 종의 비중이 크게 증가하였고(유 등, 1992; 차와 박, 1994), 서해 중부해역에서는 1980년대까지는 거의 채집되지 않았으나 1990년대 이후 출현하기 시작하여 그 양이 증가 경향을 보이는 종이다(이와 황, 1995; 이, 1996; 이 등, 1997). 이 자료들로 미루어 새만금 해역에서 물막이 공사 중에는 주둥치가 높은 비중을 차지하였으나, 물막이 공사 후 거의 채집되지 않은 것은 염분

에 대한 적응 때문인지 채집기기의 선택성 때문인지 앞으로 연구가 요구되는 종이다. 갯뱅어는 연안에 살다가 늦겨울에서 이른 봄 사이 산란하기 위해서 하구역으로 물러오는 종으로 물막이 공사 중까지 겨울 우점종이었으나 물막이 공사 후 한 마리도 채집되지 않아 물막이 공사 후 산란을 위해 하구역으로의 이동에 문제가 있는 것으로 추정된다. 쉬쉬망둑은 망둑어과 어류 중 비교적 깊은 곳에 서식하는 저어류로(임과 이, 1990), 겨울에 깊은 곳으로 이동한 후 물막이 공사 후 더 이상 새만금호로 이동하지 않았을 가능성이 있다. 가숭어는 하구역에서 주로 사는 부어류로 이동력이 강하여 부어류를 대상으로한 set net에는 최우점종이었으나(Table 3) otter trawl에는 채집량이 적어 새만금호에 밀도는 높으나 otter trawl에는 효과적으로 채집되지 않은 것으로 추정된다.

채집기간 4 계절 동안 채집어종의 출현빈도를 보면, 방조제 건설 중에는 3종이 전계절에 채집되었고, 3종이 3계절, 8종이 2계절에 채집되었으나, 물막이 공사 후인 본 조사에서는 풀망둑 1종만이 전계절에 채집되었고, 가숭어 1종만이 2 계절 그리고 6종이 2 계절에 채집되어, 채집어종의 출현빈도가 물막이 공사 이전에 비하여 낮았다. 채집종수는 채집면적 증가에 따라 증가하기 때문에 각 계절 채집 정점수가 2001-2002년 4정점에 비하여 본 조사에서 2정점으로 줄어 채집어종의 출현빈도가 줄었을 수도 있지만, 각 계절 2회 이상 채집에는 희귀종들이 주로 추가되기 때문에(이 등, 2003), 채집어종의 출현빈도 자료는 비교가 가능할 것으로 판단된다. 위의 결과는 물막이 공사 이전에 비하여 물막이 공사 후 채집 면적(예인회수)을 고려하면 출현 어종수는 큰 차이가 없지만 주요 출현어종이 새만금호에 머무는 기간이 짧아졌음을 뜻한다. 이것은 물막이 공사 후 새만금호의 해수역이 좁아지고 수질이 나빠져(군산대학교, 2006) 어류 종조성에 영향을 준 것으로 보이며, 앞으로 새만금호의 염분과 수질변화가 주요어종의 이동에 미치는 영향 연구가 요구된다.

연간종다양성지수(annual species diversity index)는 물막이 공사 중의 2.47에서 물막이 공사 후 1.11로 낮아져 이 기간 동안 새만금호의 어류 서식처의 변화로 종조성 변화가 있음을 뜻한다. 온대 해역은 계절에 따른 종조성 변화가 심하여 계절에 따라 소수

종이 우점하여 각 계절의 종다양성지수는 낮고 변화가 심하지만, 각 계절의 자료를 합한 연간 종조성에서는 각 계절 우점종의 상대 우점도가 낮아져 연간종다양성지수는 각 계절 종다양성지수 보다 높고, 새만금호와 같이 환경이 변하고 있는 해역에서는 환경의 지표 자료로 쓰일 수 있을 것으로 판단된다. 물막이 공사 후 종다양성지수가 낮아진 것은 내만성 어류인 전어의 양이 크게 증가하였고, 일시적으로 새만금호에 물려온 멸치나 삼치와 같은 부어류들이 조사 때 otter trawl에 일시적으로 대량 채집되어 소수종의 우점도가 높아진 반면, 물막이 공사 이전 대량 채집되었던 주둥치, 젓뱅어, 쉬쉬망둑 등은 거의 채집되지 않았고, 회유성 어종수와 채집량도 줄어든 것이 반영된 것으로 볼 수 있다. 물막이 공사 중에는 북측과 남측의 방조제 개방기간만으로 해수가 순환되어 국지적인 해수 순환 변화로 (김 등, 2006b), 수질과 퇴적 작용이 변하고 (김 등, 2006a; 우 등, 2006; 김과 박, 2006), 해양생물도 일부 변화했으나(유 등, 2002; 정 등, 2002; 이 등, 2003; 안 등, 2006), 어류는 전형적인 하구 특성을 나타내 상대적으로 종다양성 지수가 높았으나(이 등, 2003; 황, 2006), 물막이 완공 후 새만금호의 해수역이 줄어들고 수질이 변하면서 기수를 선호하는 어류가 양적으로 증가하고, 때를 지어 몰려다니는 연안 성 부어류들이 일시적으로 대량 채집되어 종풍도 지수와 종다양성지수가 낮아진 것으로 보인다.

사 사

자료 수집 및 분석을 도와준 농업기반공사 서정빈, 충남대학교 해양학과 박하영, 배기덕, 감학재에게 감사드립니다. 이 논문은 2005년도 충남대학교 학술연구비의 지원에 의하여 연구되었음을 밝힙니다.

참고문헌

- 군산대학교. 2006. 새만금 수역 수질환경조사 및 관리 방안 연구 (III) 보고서, 군산대학교 새만금환경연구센터, 326 pp.
- 김영태, 정용훈, 채윤주, 이충원, 김소영, 최강원, 양재삼, 2006a. 메조코즘을 이용한 갯벌의 담수화 과정 중 수질 변화. 한국해양학회지-바다, **11**: 49-67.
- 김익수, 최윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현, 2005. 한국어류대도감. 교학사, 서울, 615 pp.
- 김종만, 유재명, 허형택, 차성식, 1985. 울산만 및 그 주변해역의 자치어 분포. 한국해양학회지, **7**: 15-22.
- 김진삼, 김강주, 한찬, 황갑수, 박성민, 이상호, 오창환, 박은규, 2006a. 하수처리장 방류수를 이용한 추적자 시험: 만경강 유역에 대한 사례연구. 한국해양학회지-바다, **11**: 82-91.
- 김창수, 이상호, 손영태, 권효근, 이광희, 김영배, 정우진, 2006b. 새만금 4호 방조제 완성 전후 HF 레이더로 관측된 표층 M2 조류의 변화. 한국해양학회지-바다, **11**: 37-48.
- 김태림, 박석광, 2006. 조간대 갯벌 영상 관측 고찰. 한국해양학회지-바다, **11**: 109-115.
- 농어촌진흥공사, 1998. 새만금간척 종합개발. 농어촌진흥공사 새만금 사업단. pp. 1-9.
- 서승원, 조완희, 유경선. 2006a. 새만금호 수문 개방에 따른 내측의 혼합 수송 및 외해역의 방류 영향 모의. 한국해양학회지, **18**: 43-52.
- 서승원, 조완희, 이화영, 2006b. 새만금호 관리 수위 유지를 위한 수문 운영 방안 모의. 한국해양학회지-바다, **11**: 97-108.
- 안순모, 이재학, 우한준, 구분주, 이형근, 유재원, 제종길, 2006. 새만금 방조제 공사로 인한 조하대 환경과 저서동물 군집 변화. *Ocean Polar Res.*, **28**: 369-383.
- 우한준, 최재용, 안순모, 권수재, 구분주, 2006. 새만금 갯벌의 퇴적 환경 변화. *Ocean Polar Res.*, **28**: 361-368.
- 유영두, 정해진, 심재형, 박재연, 이경재, 이원호, 권효근, 배세진, 박종규, 2002. 전북 새만금 남쪽 해역의 유해성 적조 발생연구 1, 1999년도 여름-가을 식물플랑크톤의 시공간적 변화. 한국해양학회지-바다, **7**: 129-139.
- 유재명, 김성, 이은경, 이종수, 1992. 진해만의 부유성 어란과 자치어 분포. 해양연구, **14**: 77-87.
- 이태원, 1991. 아산만 저어류 I. 적정 채집 방법. 한국수산학회지, **24**: 248-254.
- 이태원, 1993. 아산만 저어류. III. 정점간 양적 변동과 종조성. 한국수산학회지, **26**: 438-445.
- 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, 문형태. 2002. 부안 채석강 해빈 친해역 어류 종조성의 계절 변화. 한국어류학회지, **14**: 53-60.
- 이태원, 문형태, 김광천, 2003. 방조제 건설 중인 2001-2202년 새만금 하구역 어류 종조성의 계절 변동. 한국수산학회지, **36**: 298-305.
- 이태원, 문형태, 최신석, 1997. 천수만 어류의 종조성 변화 2. 대천 해빈 쇄파대 어류. 한국어류학회지, **9**: 79-90.
- 이태원, 황선완, 1995. 아산만 저어류. IV. 종조성의 최근 3년간 변화. 한국수산학회지, **28**: 67-79.
- 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.
- 정해진, 유영두, 김재성, 2002. 전북 새만금 남쪽 해역의 유해성 적조 발생연구 2, 1999년도 여름-가을 종속영양성 외편모류와 섬모충류의 시간적 변화. 한국해양학회지-바다, **7**: 140-147.
- 차성식, 박광재, 1994. 만경 동진강 하구의 부유성 난 자치어의 분포 양상. 한국해양학회지, **26**: 47-58.
- 차성식, 유재명, 김종만, 1990. 황해동부 연안역의 자치어 군집의 계절변동. 한국해양학회지, **25**: 96-105.
- 허성희, 곽성남, 1998. 저인망에 채집된 남해도 연안해역 어류의 종조성 및 계절 변동. 한국어류학회지, **10**: 11-23.
- 허성희, 안용락, 2000. 가덕도 주변 해역 어류의 종조성과 계절변동 1. 소형기선저인망에 채집된 어류. 한국수산학회지 **33**: 288-301.
- 황선완, 2006. 금강과 만경강 하구 어류의 출현 양상과 서식처 이용. 충남대학교 박사학위 논문, 145 pp.
- 황학빈, 이태원, 1999. 아산만 친해역 수심에 따른 어류 종조성의 계절 변동. 한국어류학회지 **11**: 52-61.
- Allen, L.G., 1982. Seasonal abundance, composition and productivity of the littoral fish assemblage in upper Newport Bay. *Fish. Bull.*

- U. S.*, **80**: 769–790.
- Allen, L.G. and M.H. Horn, 1975. Abundance, diversity and seasonality of fishes in Colorado Lagoon, Alamitos Bay, California. *Estuarine Coastal Mar. Sci.*, **3**: 371–380.
- Horn, M.H. 1980. Diel and seasonal variation in abundance and diversity of shallow-water fish populations in Morro Bay, California. *Fish. Bull. U. S.*, **78**: 759–770.
- Lee, T.W., 1983. Age composition and reproductive period of shad, *Konosirus punctatus*, in Cheonsu Bay. *J. Oceanol. Soc. Korea.*, **18**: 161–168.
- 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.
- Lenarz, W.H. and P.B. Adams, 1980. Some statistical considerations of the design of trawl surveys for rockfish (Scorpaenidae). *Fish. Bull. U. S.*, **78**: 659–674.
- Livingston, R.J., 1976. Diurnal and seasonal fluctuations of organisms in a north Florida estuary. *Estuarine Coastal Mar. Sci.*, **4**: 373–400.
- Margalef, R., 1958. Information theory in ecology. *General Systematics*, **3**: 36–71.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Ueno and T. Yoshino (eds), 1984. The Fishes of the Japanese Archipelago. Tokai Univ. Press, Japan, Text and Plates, 437 pp.+370 plates.
- McErlean, A.J., S.G. O'Connor, J.A. Mihursky and C.I. Gibson, 1973. Abundance, diversity and seasonal patterns of estuarine fish populations. *Estuarine Coastal Mar. Sci.*, **1**: 19–36.
- Nakabo, T., 1993. Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species. Tokai Univ. Press. 1477 pp.
- Shannon, C.E. and W. Weaver, 1949. The Mathematical Theory of Communication. Univ. Illinois Press. 117 pp.
- Taylor, C.C., 1953. Nature of variability in trawl catches. *Fish. Bull. U. S.*, **76**: 617–627.

2007년 5월 14일 원고접수

2007년 8월 13일 수정본 채택

담당편집위원: 김수암