

방조제 건설 중인 2001-2002년 새만금 하구역 어류 종조성의 계절 변동

이태원* · 문형태 · 김광천
충남대학교 해양학과

Seasonal Variation in Species Composition of Fish in the Estuary of Saemangeum Waters during the Construction of a Dike in 2001-2002

Tae Won LEE*, Hyung Tae MOON, Gwang Cheon KIM
Department of Oceanography, Chungnam National University, Taejon 305-764, Korea

Seasonal variation in species composition of fish in the estuary of Saemangeum water in the western coast of Korea was determined using seasonal samples collected by an otter trawl from April 2001 to February 2002. Species compositions did not differ significantly among the 4 stations ($p>0.05$, Wilcoxon signed-rank test). The cumulative number of species and species diversity (H') approached asymptote after four 30-min trawl hauls. Therefore, 30-min trawl samples from each of the four stations were pooled to represent each season. A total of 45 species, 2,758 individuals and 30,346.8 g of fish were collected during the study period. Of the fish collected, *Leiognathus nuchalis*, *Synechogobius hasta*, *Neosalanx jordani*, *Konosirus punctatus* and *Chaeturichthys stigmatias* predominated in abundance accounting for 68% of the total number of individuals. Seasonal variation of fish abundance showed a similar trend to those of the other western coastal waters of Korea. The resident species were collected only in spring and autumn. Number of species and biomass were highest in summer due to the catch of many migrating species. In winter catch amount was low, and only 7 species were collected. Brackish water fishes were more abundant in the study area, and *Johnius grypotus* and *Cynoglossus joyneri* were not predominant compared to the other coastal waters. This difference in species compositions may be related to the lower salinity in this estuarine habitat than in the other western coastal waters of Korea.

Key Words: Estuarine fish, Species composition, the Yellow Sea, Saemangeum estuary, Wilcoxon signed-rank test

서 론

새만금 방조제는 길이가 33 km이며, 간척 면적 40,100 ha 중 간조 때의 갯벌 면적은 20,000 ha이다. 1991년 공사가 시작되어 2002년 말 약 70% 정도의 방조제가 건설되었으며, 공사 과정에서 방조제 건설이 조석, 수질, 저질 및 생태계에 미치는 영향을 파악하기 위한 많은 기초 조사가 수행되었다. 새만금 유역은 경사가 완만한 농촌지역으로 강우시 오염 물질 농도는 비교적 완만한 변화 양상을 나타내며 (Yu et al., 2000), 이 자료를 기반으로 수질 관리를 위한 수질 관리 시스템이 제시되었다 (Kim et al., 2000; Kim and Jeong, 2002). 동진강 만경강 하구 갯벌의 중금속함량은 다른 갯벌보다 낮았고 (Cho et al., 2001), 입도가 작아 육상으로부터 유입되는 유기물 분해 능력도 85% 이상으로 높은 것이 밝혀졌다 (Kim and You, 2001). 방조제가 건설될 경우 방조제 외부의 조석이 약해져 외부에 토사가 매몰될 가능성이 큰 것으로 보고되었다 (Choi and Kang, 1990). 방조제가 건설되며 해수 순환이 약해지며 1998년에는 *Cochlodinium polykrikoides* / *Gymnodinium impudicum*이 우점하는 대규모 적조가 자체적으로 발생하였으며, 그 원인을 파악하기 위해서 식물플랑크

톤과 종속영양성 와편모충류와 섬모충류의 시공간 변화가 연구되었다 (Yoo et al., 2002; Jeong et al., 2002). 이렇게 환경 변화와 수질 변화가 지속되면 어류상도 변할 것으로 예측되었으나 (Sim and Lee, 1999), 어류의 양적 변동에 대한 연구는 아직 구체적으로 수행되지 못하였다.

온대 연안은 수온의 계절 변화가 심하여 계절에 따른 어류 종조성 변화가 심하다 (Allen and Horn, 1975; McErlean et al., 1973; Lee and Hwang, 1995; Lee, 1996, 1998). 겨울에는 내만의 일부 주거종을 제외하고는 외해에서 월동하며, 주거종 (resident species)이라도 겨울에는 수심이 깊은 곳으로 이동한다. 따라서 냉수기에는 출현종수와 생물량이 적고, 봄이 되어 수온이 상승하면서 외해에서 월동한 회유종 (migrant species)들이 몰려와 산란하고, 그 유어들이 가을까지 내만에 머물러 높은 생물량을 유지한다 (Lee and Seok, 1984). 서해 내만에서 난수기 높은 생물량을 유지하는 어류는 멸치, 밴댕이, 곤어리 등의 회유성 부어류, 민태와 같은 회유성 부어류 및 내만성 참새대이다 (Lee and Hwang, 1995; Lee, 1996, 1998). 천해역에는 주거종인 망둑어류들이 높은 생물량을 유지한다 (Hwang and Lee, 1999; Im and Lee, 1990; Lee et al. 1997; Lee and Moon, 2002). 방조제가 건설되어 담수화

*Corresponding author: twlee@cnu.ac.kr

가 시작되면, 물리화학적 환경이 변하고 점진적으로 생태계에 영향을 줄 것으로 추정된다. 어류들은 환경 변화에 민감하게 반응하여 먼저 회유성 어류들이 줄어들고, 다음으로 천해역 주거종이 영향을 받을 것으로 예상된다. 중장기 자료수집을 통하여 아산만과 천수만의 경우 방조제가 건설된 이후 연안생물의 종조성이 점진적으로 바뀌어 가고 있는 사실이 밝혀졌다 (Lee and Hwang, 1995; Lee, 1996, 1998; Lee et al., 1997). 새만금의 경우도 위에서 살펴 본 것과 같이 환경 변화가 진행되고 있어 점진적인 어류 생태계 변화를 평가하기 위해서는 신뢰도 높은 자료 수집 방법을 통하여 중장기 자료의 축적이 필요하다 (Lee and Hwang, 1995; Lee, 1996, 1998). 어류는 크게 저어류와 부어류로 구분되며, 저어류는 부어류에 비하여 이동력이 약하여 환경 변화가 어류에 미치는 영향을 평가할 때 주로 저어류를 대상으로 하며 채집기기로는 정량화가 가능한 otter trawl이 널리 이용된다 (Livingston, 1976; Horn, 1980; Allen, 1982; Lee, 1993, 1996). 그러나, 저어류의 경우도 상당한 이동력이 있어 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). 아산만 저어류를 대상으로 한 연구 결과에 의하면 주야간 변동은 거의 없었고 (Lee, 1991), 정점간의 차이도 계절간의 차이에 비하면 미미하였다 (Lee, 1993). 황해 내만역에서 이렇게 단기간 한 내만에서 정점간 차이가 없는 것은 조류에 의한 혼합이 크고, 저질이 비교적 단순한 썰이나 모래인데 기인된 것으로 추정되며, 새만금 해역도 이와 비슷할 것으로 예상된다.

본 연구는 방조제 건설과 매립으로 환경 변화가 예상되는 새만금 해역에서 저어류를 대상으로 정점간의 차이를 분석하고 신뢰도 높은 자료를 수집하는 방안을 제시하고, 이 방법에 따라 앞으로 환경 변화 과정에서 비교 자료로 이용할 수 있도록 어류 종조성의 계절 변동을 분석하고 서해 다른 해역 자료와 비교하였다.

재료 및 방법

2001년 4월, 9월과 11월 및 2002년 2월 공사중인 새만금 방조제 내부 해역에 4개의 정점에서 otter trawl을 이용하여 어류를 채집하였다 (Fig. 1). 정점 1 (St.1)은 만경강 하구역, 정점 2 (St. 2)는 동진강 하구역, 정점 3 (St. 3)은 두 강의 합류부, 그리고 정점 4 (St. 4)는 건설 중인 방조제의 만경강 쪽 수문 예정 지역 안쪽이다. 본 조사와 같이 2001년 9월 새만금사업단에서 수행한 퇴적물 및 조류 조사에 의하면 (농업기반공사, 미발표 자료) 각 정점의 퇴적물은 실토와 점토가 약간 섞인 모래가 90% 이상인 고운 모래질이었다. 조차는 조금 때 5 m 내외, 사리 때 7 m 정도였으며, 사리 때 부류는 10 km 이상을 왕복하였다. 각 조사 시기 사리 3-4일 후에 만조와 간조 사이에 어류를 채집하였다. 채집에 이용된 소형

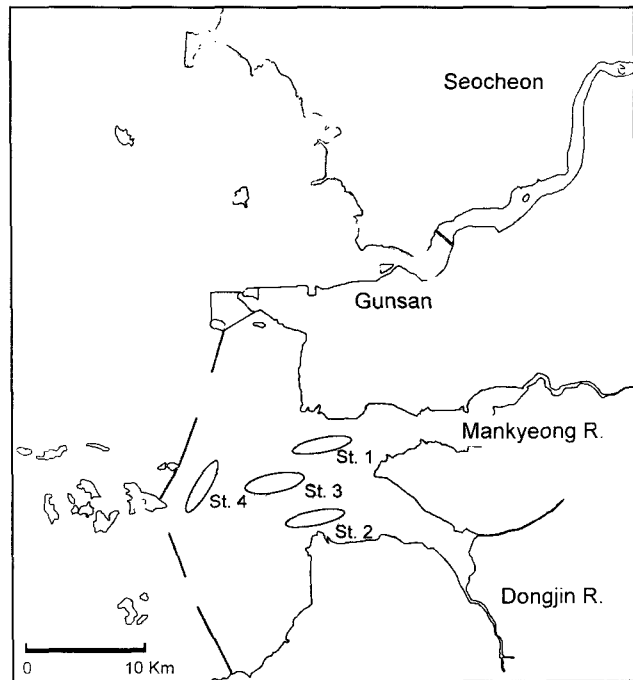


Fig. 1. Map showing the otter trawl sampling sites in the Saemangeum water.

트롤은 길이 6 m, 예인 때 망폭이 2 m, 날개그물 (wing net)과 자루그물 (cod end)의 망목은 각각 25 mm, 16 mm였으며, 끌줄은 약 120 m 정도였다. 만경강 입구 (정점 1), 동진강 입구 (정점 2), 동진강과 만경강의 합류역 (정점 3) 및 방조제에 근접한 곳 (정점 4)의 4개 조사정점에서 1.5 km/hr의 속도로 30분씩 예인하였다. 따라서 각 정점 1회 채집면적은 1,500 m²에 해당된다.

채집된 재료는 냉장 보관하여 실험실로 운반한 후, 중별로 개체수와 생체량을 파악하였다. 각 어체의 체장은 1 mm 까지, 체중은 0.1 g 까지 측정하였다. 종의 동정에는 Chyung (1977), Masuda et al. (1984), Kim and Kang (1993) 및 Nakabo (1993)를 이용하였다. 정점간의 어류상을 비교하기 위하여 개체수를 대상으로 Shannon-Wiener의 종다양성지수 (H')를 계산하였다 (Shannon and Weaver, 1949).

연중 가장 많은 어류가 채집되는 시기로 알려진 9월 초에 4 정점에서 2회씩 채집하여 합친 후 Wilcoxon의 signed-rank test를 이용하여 종조성의 정점간의 차이를 분석하였다. 결과에 서술한 것과 같이 한 조사 시기 정점간에 종조성 차이가 유의하지 않았기 때문에 적정 예인면적을 추정하기 위해서 8회 채집한 자료의 누적종수 및 누적 종다양지수를 계산하였다. 이 결과에 따라 각 계절의 자료는 4개 정점의 자료를 합한 6,000 m²로 정리하였다. 이 때 9월의 자료는 다른 채집 시기와 같은 조건이 되도록 4개 정점에서 첫 번째 채집 자료를 이용하였다.

결 과

적정 채집 방법

각 정점에서 30분 2회씩 예인한 자료를 합쳐 Wilcoxon의 signed-rank test를 한 결과, 정점 3과 정점 4 이외에는 $p > 0.05$ 로 종조성에서 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 1). 그러나, 정점 3과 4 사이는 $z = 3.345$ 로 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.01$). 그러나, '토의'에서 서술한 것과 같이 정점 4에 출현한 15종 모두가 정점 3에서 출현하였고, 밴댕이를 제외한 모든 종이 정점 3에서 +값을 가져 Wilcoxon의 signed-rank test에서 z 값이 커진 것으로, 이 두 정점의 종조성도 크게 차이가 있다고 보기는 어렵다.

Table 1. Comparison of species composition among sampling stations using the Wilcoxon signed-rank test. The numbers in the lower left corner are the t values and those in the upper right corner are the p values.

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	
St. 1		0.711	0.056	0.23	
St. 2	0.37		0.078	0.322	p value
St. 3	1.91	1.76		0.002	
St. 4	1.2	0.99	3.45		

z value

정점간 종조성 차이가 유의하지 않았기 때문에, 각 정점에서 2회씩 즉, 총 8회 채집한 어류 종조성을 누적하면서 출현 종수와 종다양성지수의 변화를 분석하였다 (Fig. 2). 1회 채집에서는 종수가 12종, 2회 누적에서는 16종으로 4종 증가하였다. 3회 누적에서 21종으로 5종 증가하였고, 4, 5, 6회 누적에서는 각각 2종씩 증가하여 27종이 출현하였으며, 그 이후에는 증가하지 않았다. 따라서, 조사해역에서 otter trawl 30분씩 4회 채집을 합치면 어종의 85%가 채집될 수 있음을 의미한다.

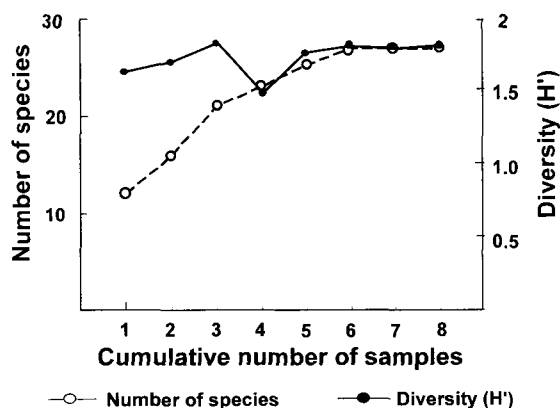


Fig. 2. Cumulative number of species and species diversity index of fishes collected by an otter trawl in the Saemangeum estuary in September 2001 in relation to cumulative number of samples

종다양성지수는 1회 채집에서 1.64, 2회 채집 누적에서 1.70을, 3회 누적에서 1.83으로 약간씩 증가하였고, 4회 채집 누적에서는 1.50으로 감소하였다. 4회 채집에서는 주둥치가 대량으로 채집되어 그 비중이 상대적으로 커져 종다양성지수는 감소하였고, 그 이후 누적에서 다시 증가하여 1.80 내외가 되었다.

이상의 결과를 종합하면, 조사 해역에서 30분 4회 예인을 합하면, 이 해역 어종의 약 85% 정도가 채집되고 종다양성지수는 거의 전체를 대표할 수 있다고 볼 수 있다.

종조성

조사기간 동안 총 45종, 2,758 마리, 30,346.8 g의 어류가 채집되었다 (Table 2). 채집된 어류 가운데, 조간대 부근 천해역에 주로 서식하는 망둑어과 어류 (Gobiidae)가 9종으로 가장 많았고, 연안에 사는 가자미목 어류 (Pleuronectiformes)가 5종, 서해 내만에서 회유성 부어류인 청어목 어류 (Clupeiformes)가 5종 채집되었다. 채집된 어류는 생활사에 따라 회유성 부어류, 회유성 저어류 및 연안성 어류의 3가지 무리로 나눌 수 있었다. 서해의 이동성 부어류는 주둥치, 전어, 밴댕이 등과 같이 봄에서 가을 사이 내만으로 들어와 자라고 겨울이 되면 월동하기 위해서 외해로 이동하는 어류들이었고, 회유성 저어류는 보구치, 민태 등과 같이 봄에서 가을 사이 내만으로 몰려와 자라고 겨울이 되면 월동하기 위해서 외해로 회유하는 어류들이었으며, 연안성 어류는 가자미목 어류, 망둑어류 등과 같은 내만의 주거종들이었다.

출현빈도에서는 풀망둑 (*Synechogobius hasta*), 쉬쉬망둑 (*Chaeturichthys stigmatias*), 참서대 (*Cynoglossus joyneri*), 날개망둑 (*Favonigobius gymnauchen*)이 4회 계속 출현하였고, 돛양태 (*Repomucenus lunatus*), 복섬 (*Takifugu niphobles*), 아작망둑 (*Tridentiger barbatus*), 가송어 (*Liza haematocheila*)가 3회 출현하였으며, 다른 7종이 2회 출현하였고, 나머지 29종은 1회밖에 출현하지 않아 계절에 따른 종조성 변화가 심함을 알 수 있었다. 양적으로는 출현빈도는 적었으나 총개체수에서 주둥치 (*Leiognathus nuchalis*)가 35.7%를 차지하여 가장 높았고, 다음으로 풀망둑이 10.6%, 갯뱅어 (*Neosalax jordani*)가 9.6%, 전어 (*Konosirus punctatus*)가 6.2%, 쉬쉬망둑이 6.1%를 차지하였다. 주둥치, 전어, 민태 (*Johnius grypotus*) 등의 회유 어종은 하계 (9월)에, 갯뱅어는 겨울에 채집량이 많았고, 풀망둑, 쉬쉬망둑, 돛양태 등의 주거종들은 전계절에 걸쳐 출현하였다.

종조성의 계절 변동

출현종수는 2002년 4월에 18종에서 9월에 27종으로 가장 많았고, 11월에 19종으로 감소하였으며, 2월에 7종으로 가장 적었다 (Fig. 3). 채집 개체수는 9월에 가장 많았고, 11월과 2월에는 적었다. 생체량은 출현종수와 비슷한 계절 변동을 보였다.

Table 2. Seasonal variation in species composition of fishes collected by an otter trawl in Saemangeum estuary from April 2001 to February 2002. N and W represent the number of individuals and biomass (wet weight in g) per 4 trawl hauls (ca. 6,000 m²)

Species	April		August		November		February		Total	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>			5	162.7					5	162.7
<i>Acentrogobius pellicebilis</i>	18	142.4							18	142.4
<i>Argyrosomus argentatus</i>			76	876.8					76	876.8
<i>Chaenogobius mororanus</i>			4	7.3					4	7.3
<i>Chaeturichthys hexanema</i>	4	19.7							4	19.7
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	9	401.5	41	265.2	114	1,807.3	5	63.0	169	2,536.9
<i>Cociella crocodila</i>			2	6.4	1	4.5			3	10.9
<i>Coilia nasus</i>	10	145.5							10	145.5
<i>Collichthys lucidus</i>	2	53.2							2	53.2
<i>Conger myriaster</i>					1	520.0			1	520.0
<i>Cynoglossus joyneri</i>	9	162.2	65	330.1	1	49.6	2	17.9	77	559.8
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	18	41.9	3	4.3	1	1.0	25	45.0	47	92.2
<i>Hapalogenys nitens</i>					12	28.9			12	28.9
<i>Hexagrammos otakii</i>	14	35.6							14	35.6
<i>Johnius grypotus</i>			59	438.2					59	438.2
<i>Konosirus punctatus</i>			170	1,651.4	1	3.1			171	1,654.5
<i>Leiognathus nuchalis</i>			985	1,917.4					985	1,917.4
<i>Liparis tessellatus</i>					6	3,895.0			6	3,895.0
<i>Liza haematocheila</i>					1	12.2			1	12.2
<i>Lophiomus setigerus</i>					1	468.0			1	468.0
<i>Mugil cephalus</i>			1	518.1			16	1,029.6	17	1,547.7
<i>Neosalanx jordani</i>							264	314.1	264	314.1
<i>Pampus echinogaster</i>			1	27.7					1	27.7
<i>Paralichthys olivaceus</i>	2	2.2			1	14.3			3	16.5
<i>Paraplagusia japonica</i>					11	45.7			11	45.7
<i>Pholis fangi</i>	2	22.4							2	22.4
<i>Platycephalus indicus</i>	1	16.2	103	2,129.6					104	2,145.8
<i>Plectorhynchus cinctus</i>			10	85.1					10	85.1
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	1	20.7							1	20.7
<i>Pungitius sinensis</i>			1	28.1					1	28.1
<i>Repomucenus koreanus</i>	14	72.5							14	72.5
<i>Repomucenus lunatus</i>	28	127.2	60	292.0	62	412.6			150	831.8
<i>Sardinella zunasi</i>			9	25.2					9	25.2
<i>Sebastes schlegeli</i>			3	14.0	15	218.6			18	232.6
<i>Sillago japonica</i>			22	145.1					22	145.1
<i>Sphyræna pinguis</i>			15	362.5					15	362.5
<i>Synechogobius hasta</i>	69	3,682.6	172	3,038.7	24	1,375.7	27	1,450.2	292	9,547.2
<i>Syngnathus schlegeli</i>			2	3.0					2	3.0
<i>Takifugu niphobles</i>	51	750.7	6	44.9	2	24.4			59	820.0
<i>Thryssa kammalensis</i>			52	228.1					52	228.1
<i>Thryssa adelæ</i>			1	8.3	5	44.9			6	53.2
<i>Tridentiger barbatus</i>	13	88.0			1	8.7	1	18.2	15	114.9
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>	1	6.5	1	8.1					2	14.6
<i>Zebrias zebra</i>			2	14.5					2	14.5
Total	266	5,791.0	1,871	12,632.4	281	8,985.4	340	2,938.0	2,758	30,346.8
Number of species	18		27		19		7		45	
Species diversity (H')	2.31		1.84		1.89		0.84		2.47	

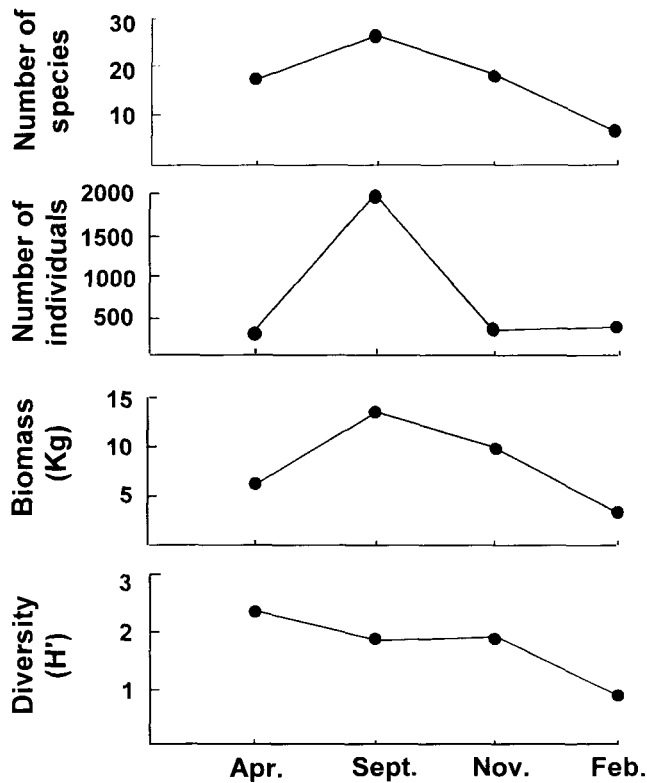


Fig. 3. Seasonal variation in the number of species, number of individuals, biomass (kg) and species diversity (H') of the fish collected in the Saemangeum estuary from April 2001 to February 2002.

계절별로는 2001년 4월에는 18종, 266마리, 5,791 g의 어류가 채집되었다. 채집된 어류들은 거의 대부분 연안어종들이었다. 풀망둑이 69마리, 3,682.6 g이 채집되어 개체수와 생체량이 가장 많았고, 그 다음으로 복섬이 51마리, 뚝양태가 28마리 채집되었다. 총 채집된 18종 중 9종이 10마리 이상 채집되어 종다양성지수가 연중 가장 높았다.

9월 초에는 27종, 1,871마리, 12,632.4 g이 채집되어 연중 채집종수와 채집량이 가장 많았다. 27종 가운데 20종은 4월에 채집되지 않은 종들이었으며, 여름 회유종인 주둥치, 전어, 보구치, 민태가 비교적 많은 양이 채집되었다. 주둥치는 8월에만 채집되었으며, 985마리가 채집되어 개체수의 53%를 차지하였으나, 크기가 작은 유어들로 생체량에서는 15%밖에 차지하지 않았다. 주둥치 다음으로 풀망둑, 전어와 양태가 100마리 이상 채집되었다.

11월에는 19종, 281마리, 8,985.4 g의 어류가 채집되어 9월에 비하여 채집량이 감소하였다. 9월에 많이 채집되었던 주둥치, 양태, 보구치, 민태는 한 마리도 채집되지 않았고, 풀망둑과 전어도 양이 크게 감소하였다. 쉬쉬망둑이 114마리로 개체수에서 가장 많았고, 생체량에서는 물메기가 6마리 채집되었지만 크기가 커서 3,895 g으로 생체량의 43%를 차지하였다.

2002년 2월에는 7종, 340마리 2,938.0 g이 채집되어 개체수는 11월에 비하여 약간 증가하였으나, 출현종수와 생체량은 연중 가장 낮았다. 첫방어는 이 시기에만 출현하였으나 264마리가 채집되어 개체수의 78%를 차지하였다. 나머지 종들은 3회 이상 출현한 주거종들이었다.

종조성의 계절변화를 전체적으로 살펴보면 4월에는 주거종들이 주로 출현하며, 우점도가 높은 종이 거의 없어 종다양성지수가 2.31로 조사기간 중 가장 높았다. 9월에는 회유성 어류가 여러 종 출현하여 출현종수도 높았으나 소수종의 우점도가 높아 종다양성지수는 1.84로 4월에 비하여 낮았다. 11월에는 회유종들은 거의 출현하지 않았고, 주거종 중 쉬쉬망둑과 뚝양태의 우점도가 비교적 높아 종다양성지수는 9월과 비슷한 1.89였다. 2월에는 출현종수가 7종으로 가장 적었으나, 첫방어가 다량 출현하여 종다양성지수는 0.84로 가장 낮았다.

논 의

온대 연안 어류는 수온 적응 범위가 다르고 연안역을 이용하는 시기가 다르기 때문에 어류 종조성의 계절 변화가 심한 편으로, 본 연구 해역 어류의 종조성도 수온이 높은 시기에 출현종수와 생물량이 많고 수온이 낮은 시기에 출현종수와 생물량이 적은 온대 해역의 전형적인 계절 변화를 보였다. 이렇게 계절 변화가 심한 경우 한 계절을 대표할 수 있는 자료를 수집하기 위해서는 먼저 공간에 따른 차이를 조사하고 그 결과에 따라 정점을 선정하고, 한 정점을 대표할 수 있는 자료를 수집하여야 한다. 본 연구에서는 서해 내만에서 어류 출현종수와 채집량이 가장 많은 것으로 알려진 9월 초 4개 정점을 선정하여 각 정점에서 otter trawl을 30분 2회씩 예인하여 정점간의 차이를 비교하였다.

각 정점간에는 정점 3과 4를 제외한 정점에서는 종조성의 차이가 유의하지 않았다 (Table 1). 정점 3과 4의 경우, 정점 4에 출현한 15종 모두가 정점 3에서는 출현하였고, 정점 3에만 출현한 6종 중 전어 3마리를 제외하고는 모두 1마리씩 출현하였다. 각 종의 출현 개체수를 비교하면, 밴댕이가 정점 4에서 많았고, 3종은 같았으며, 나머지 종들은 모두 정점 3에서 많았다. 이러한 차이 때문에 순위 (rank)를 정한 후 차이를 계산하면, 밴댕이를 제외한 모든 종이 정점 3에서 양 (+)의 값을 가져 Wilcoxon의 signed-rank test에서 높은 z 값이 커진 것을 알 수 있다. 이러한 이유로 비록 Wilcoxon의 signed-rank test에서 정점 3과 4에서 유의한 종조성 차이를 나타내었으나 이 두 정점의 종조성에서도 크게 차이가 있다고 보기는 어렵다. 조사해역에서 정점간에 어류 종조성의 차이가 적은 것은, 어류는 유영력이 커서 비교적 분포 범위가 넓기 때문에 본 조사에서와 같이 정점간의 거리가 가까울 때 그 분포지역이 서로 겹치고, 저어류의 경우 저질에 따라 종조성이 달라질 수 있지만 저질이 세립 모래질로 정점간의 차이가 적어 종조성 차이도 적은 것으로 판단된다.

이와 같이 정점간의 어류 종조성 차이는 적고 계절변동이 큰 경우는, 한 조사 시기에 여러 정점을 선정하여 조사하는 것보다는 한 정점에서 반복 채집하는 것이 정하여진 자료 수집 시간 내에 자료의 신뢰도를 보다 높힐 수 있는 방법으로 판단된다.

본 조사에서 정점간에 종조성 차이가 유의하지 않았기 때문에 정점을 고려하지 않고 채집된 어류를 합쳐가며 (채집면적을 늘리며), 누적출현종수와 종다양성지수를 계산하였다. 출현종수는 2회 이후 1회 누적에 2-4종이 늘어나 6회 이후는 더 이상 늘어나지 않았고, 종다양성지수는 채집면적 증가에 따라 크게 증가하지 않았다. 이것은 한 조사 시기 1회 채집에서 대부분의 어류들이 채집되고, 채집 횟수가 증가하며 생물량이 적은 희귀종 (rare species)들이 추가되어 누적 출현종수는 약간씩 증가하지만, 종다양성지수는 크게 증가하지 않음을 알 수 있다. 본 연구에서와 같이 4회 채집을 누적 시켰을 경우 otter trawl로 채집할 수 있는 어류 정보의 출현종수는 그 조사시기의 85% 이상, 종다양성지수는 90% 이상의 파악할 수 있음을 의미한다

새만금 하구에서 otter trawl에 채집된 어류는 서해의 다른 내만에서와 같이 봄에는 주거종들이 주를 이루었고 하계에는 회유종들이 대량하여 출현종수, 채집 개체수와 생체량이 가장 높았다 (Fig. 3). 늦가을에는 회유종들은 거의 채집되지 않아 월동을 위해서 외해로 이동한 것으로 보이며 주거종들만이 채집되어 출현종수와 채집량이 봄과 비슷하였다. 겨울에는 소수 주거종만이 출현하였고, 젓방어가 이 시기에만 대량 출현하였다. 젓방어는 연안에 살다가 산란하기 위해서 늦겨울에서 이른 봄 사이 하구역으로 몰려오는 종으로 서해 중부 이북 내만에서는 거의 채집되지 않았으나 본 해역에서는 겨울 우점종이었다. 계절에 따른 출현개체수, 채집량은

수온이 높을 때 많았고, 수온이 낮은 겨울에는 적어 서해의 다른 내만역 어류 종조성과 비슷한 계절 경향을 보였다 (Lee, 1996; Lee and Gil 1998; Lee and Hwang, 1995).

이미 발표된 서해 내만에서 otter trawl 저어류 종조성 자료와 비교하면, 새만금 해역 어류상은 비슷한 경향을 보였으나 우점종은 약간 달랐다 (Table 3). 새만금 하구의 최우점종인 주둥치는 서해 중부 이북에서는 1980년 중반기까지는 거의 채집되지 않았고, 1990년 초기 천수만 otter trawl 어류 중 여름에는 돛양태 다음의 우점종이었다 (Lee, 1996). 주둥치는 1980년대 중반까지 황해 연안역 자치어 조사에서 거의 채집되지 않았고 동해 및 남해 연안 자치어 가운데에서도 그 비중이 낮았으나 (Cha et al., 1990; Kim et al., 1985), 근래에 인위적 환경 변화가 심한 진해만 광양만 등의 해역 자치어 가운데 이 종의 비중이 크게 증가하였다 (Yoo et al., 1992; Cha and Park, 1994). 이 자료들로 미루어 새만금 해역에 주둥치가 높은 비중을 차지한 것은 이 해역의 인위적 환경 변화와 관계가 있는 것으로 추정되며 앞으로 연구가 요구되는 종이다. 주둥치 다음으로 채집량이 많았던 풀망둑은 서해 다른 해역에서도 채집되었으나 다른 해역에 비하여 새만금 해역에서 우점도가 높았다. 이것은 본해역이 다른 내만에 비해서 하구에 가깝고, 풀망둑이 서식하기 좋은 갯벌 천해인데 기인된 것으로 판단된다. 젓방어가 2월에만 대량 출현한 것은 본 조사 해역이 다른 내만에 비하여 하구에 가까워 산란기가 가까워 오며 하구역으로 이동한 결과로 판단된다. 서해 다른 연안역의 우점종인 참서대 (*C. joineri*), 민태 (*J. grypotus*)와 돛양태 (*R. lunatus*)는 본 조사 해역에서는 우점한 5종 다음으로 많이 채집되었다.

새만금 해역에서 1996-1999년 사이 조사된 Sim and Lee (1999)의 자료는 본 연구의 조사 해역뿐 아니라 방조제 외부

Table 3. Comparison of fish species composition in the Saemangeum estuary with those in other areas of the western coastal waters of Korea. Refer to Table 2 for full genus name

Sampling area	Seamangeum	Asan Bay	Off Yongkwang	Cheonsu Bay	Saemangeum
Source	Present study	Lee (1993)	Lee (1998)	Lee (1996)	Sim and Lee (1999)
Sampled year	2001-2002	1991-92	1986-87	1991-92	1996-1999
Sampling gear	otter trawl	otter trawl	otter trawl	otter trawl	*various fishing gears
Mesh size (mm)	16-25 mm	22-24	22-24	22-24	*
Sampling interval	seasonal	seasonal	seasonal	seasonal	monthly
Total number of species	45	34	33	54	107
Mean density (ind./10,000 m ²)	1,149	339	3,292	629	*
Mean biomass (g/10,000 m ²)	12,644	554	31,740	1,083	*
Species diversity (seasonal)	0.84-2.31	0.2-1.8	0.18-1.84	0.27-1.97	
Dominant species	<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. joyneri</i> (63.3%) <i>J. grypotus</i> (11.8%) <i>T. kammalensis</i> (10.5%) <i>Z. gilli</i> (7.6%) <i>C. stigmatias</i> (1.7%)	<i>J. grypotus</i> (35.1%) <i>C. stigmatias</i> (26.1%) <i>A. argentatus</i> (11.9%) <i>C. joyneri</i> (9.3%) <i>K. punctatus</i> (4.2%)	<i>R. lunatus</i> (27.8%) <i>J. grypotus</i> (25.9%) <i>Z. gillii</i> (13.6%) <i>S. japonica</i> (8.8%) <i>L. nuchalis</i> (7.0%)	<i>E. japonicus</i> (23.4%) <i>T. kammalensis</i> (18.5%) <i>S. schlegeli</i> (12.3%) <i>S. zunasi</i> (11.1%) <i>K. punctatus</i> (6.0%)

*set net, otter trawl, bag net and casting net

해역도 포함되었고 채집어구로 저인망 뿐 아니라, 안강망, 낭장망, 유인어망, 투망 등의 어업 자료를 월별로 수집한 후 합쳐서 본 연구의 otter trawl 자료와는 종조성의 직접 비교는 어렵다. 여러 어구의 자료를 수집하여 다양한 서식처의 어류가 채집되었고 월별로 3년간 채집하여 출현종수도 107종에 달하였다. 안강망이나 낭장망에는 난수기에 부어류들이 대량 채집되기 때문에 (Lee, 1998), Sim and Lee (1999)의 자료에는 멸치, 청멸, 뱀뱀이 등의 부어류들의 비중이 높았다. 이들 부어류들은 본 조사의 otter trawl에서도 9월에 채집되었으나 양은 많지 않았다.

본 조사의 otter trawl에 채집된 새만금 해역의 어류 종조성은 서해의 다른 내만역 어류상과 비교할 때 생활사 전체 혹은 일부시기를 기수에서 보내는 기수어류 (brackish water fish)의 우점도가 상대적으로 높았고, 다른 내만역의 우점종인 참서대와 민태 등은 기수어류 다음으로 많았다. 기수어류의 우점도가 높은 것은 조사해역은 위에 인용한 다른 내만에 비하여 담수의 영향이 큰 때문으로 판단된다. 새만금 사업단에서 본 어류 조사와같이 수행된 수질 조사 자료에 의하면 (농업기반공사, 미발표 자료) 조사 때에 조사 정점의 염분은 26-30 psu 정도로 서해의 다른 내만의 28-32 psu에 비해서 염분이 약 2 psu 정도 낮았다. 특히, 간조 때에는 만경강이나 동진강 담수의 영향이 조사해역까지 미치기 때문에 기수어류가 많은 것으로 판단된다. 새만금 해역의 방조제가 아직 완전히 막히지 않아 방조제 건설 이전에 비하여 해수 순환은 약하여졌고 (Choi and Kang, 1990), 수질과 플랑크톤 변화가 보고되었다 (Yoo et al., 2002; Jeong et al., 2002). 본 조사에서 기수어류가 우점하였고 다음으로 다른 서해 내만 우점어류들이 차지한 것은 조사 해역이 다른 서해 내만보다 염분이 낮은 하구 특성 때문인지 방조제가 건설되면서 염분이 낮아진 때문인지는 본 자료만으로 해석하기는 어렵다. 그러나, 방조제가 계속 건설될 경우 Sim and Lee (1999)가 제시한 것과 같이 회유성 어종이 줄어들고, 해수 순환이 약하여져 퇴적물이 쌓이고 염분이 낮아지면 기수 갯벌에 서식하는 일부 돛양태과 어류나 망둑어류가 줄어들 것으로 예상되어 지속적인 자료 축적이 요구된다.

사 사

자료 수집을 도와준 농업기반공사 신현범, 한태진, 서정빈, 자료 분석을 도와준 충남대학교 해양학과 노형수, 오지나에게 감사드립니다. 본 연구는 해양수산부 '2002년도 새만금 해양환경 보전대책을 위한 조사연구 용역' 연구비의 일부 보조로 수행되었음을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- 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. *Est. Coast. Mar. Sci.*, 3, 371-380.
- Cha, S.S. and K.J. Park. 1994. Distribution of the ichthyoplankton in Kwangyang Bay. *Korean. J. Ichthyol.*, 6, 60-70. (in Korean)
- Cha, S.S., J.M. Yoo and J.M. Kim. 1990. Seasonal variation of the fish larval community in the coastal waters of the mid-east Yellow Sea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 25, 96-105. (in Korean)
- Cho, Y.K., S.O. Ryu, Y.K. Khu and J.Y. Kim. 2001. Geochemical composition of surface sediments from the Saemangeum tidal flat, west coast of Korea. *The Sea, J. Kor. Soc. Oceanogr.*, 6, 27-34. (in Korean)
- Choi, B.H. and Y.D. Kang. 1990. Preliminary estimation of barrier on tides in Saemangeum area. *J. Kor. Soc. Coast. Ocean Eng.*, 29, 34-42. (in Korean)
- Chyung, M.K. 1977. *The Fishes of Korea*. Ilji-sa, Seoul, 727pp. (in Korean)
- 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.
- Hwang, H.B. and T.W. Lee. 1999. Seasonal variation in species composition of fish with depth in Asan Bay. *Korea J. Ichthyol.*, 11, 52-61. (in Korean)
- Im, Y.J. and T.W. Lee. 1990. Species composition and biology of gobiid fish in Cheonsu Bay of the Yellow Sea, Korea. *J. Ichthyol.*, 2, 182-202. (in Korean)
- Jeong, H.J., Y.D. Yoo and J.S. Kim. 2002. Outbreak of red tides in the coastal waters off the southern Saemangeum areas, Jeonbuk, Korea 2. Temporal variations in the heterotrophic dinoflagellates and ciliates in the summer-fall of 1999. *The Sea, J. Kor. Soc. Oceanogr.*, 7(3), 140-147. (in Korean)
- Kim, H.Y. and T.S. Jeong. 2002. Development of water quality management system for Saemangeum basin using GIS. *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, 24, 599-611. (in Korean)
- Kim, H.Y., T.S. Jeong and J.K. Kim. 2000. Study on the construction of the water quality management system using Saemangeum watershed. *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, 22, 1503-1512. (in Korean)
- Kim, I.S. and E.J. Kang. 1993. *Coloured Fishes of Korea*. Academy Pub. Co., Seoul, 477pp.
- Kim, J.M., J.M. Yoo, H.T. Huh and S.S. Cha. 1985. Distribution of fish larvae in the Ulsan Bay and its adjacent waters. *Ocean Res.*, 7, 15-22. (in Korean)
- Kim, J.K. and S.J. You. 2001. Estimation of decomposition capacity for organic matter in tidal flat sediments at Saemangeum area. *J. Kor. Environ. Soc.*, 10, 315-321. (in Korean)
- Lee, T.W. 1991. The demersal fishes of Asan Bay. I. Optimal sample size. *Bull. Kor. Fish. Soc.*, 24, 248-254. (in Korean)
- Lee, T.W. 1993. The demersal fishes of Asan Bay. III. Spatial

Allen, L.G. 1982. Seasonal abundance, composition and productivity of the littoral fish assemblage in upper Newport

- variation in abundance and species composition. J. Kor. Fish. Soc., 26, 438-445. (in Korean)
- Lee, T.W. 1996. Change in species composition of fish in Chonsu Bay. 1. Demersal fish. Bull. Kor. Fish. Soc., 29, 71-83. (in Korean)
- Lee, T.W. 1998. Change in species composition of fish in Chonsu Bay. 3. Pelagic fish. J. Kor. Fish. Soc., 31, 645-664. (in Korean)
- Lee, T.W. and J.W. Gil. 1998. Seasonal variation in species composition of demersal fish off Youngkwang in 1986-87. Kor. J. Ichthyol., 10, 241-249. (in Korean)
- Lee, T.W. and S.W. Hwang. 1995. The demersal fish of Asan Bay. IV. Temporal variation in species composition from 1990 to 1993. Bull. Kor. Fish. Soc., 28, 67-79. (in Korean)
- Lee, T.W. and H.T. Moon. 2002. Seasonal variation in species composition and abundance of shallow water fishes at Chaeseokgang beach, Buan in the Yellow Sea of Korea. Kor. J. Ichthyol., 14, 53-60. (in Korean)
- Lee, T.W., H.T. Moon and S.S. Choi. 1997. Change in species composition of fish in Chonsu Bay. 2. Surf zone fish. Kor. J. Ichthyol., 9(1), 79-90. (in Korean)
- 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.
- Lenartz, W.H. and P.B. Adams. 1980. Some statistical considerations of the design of trawl surveys for rockfish (Scopaenidae). Fish. Bull. U.S., 78, 659-674.
- Livingston, R.J. 1976. Diurnal and seasonal fluctuations of organisms in a north Florida estuary. Est. Coast. Mar. Sci. 4, 373-400.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Ueno and T. Yoshino. 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. Est. Coast. Mar. Sci., 1, 19-36.
- Nakabo, T. 1993. Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species. Tokai Univ. Press, Tokyo, 1477pp.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. Univ. Illinois Press, Chicago, 117pp.
- Sim, K.S. and C.R. Lee. 1999. Fish fauna of the Saemangeum area in the west coast of Chollabuk-do, Korea. Kor. J. Environ. Biol., 17, 293-303. (in Korean)
- Taylor, C.C. 1953. Nature of variability in trawl catches. Fish. Bull. U.S., 76, 617-627.
- Yoo, Y.D. H.J. Jeong, J.H. Shim, J.Y. Park, K.J. Lee, W. Lee, H.K. Kwon, S.J. Pae and J.K. Park. 2002. Outbreak of red tides in the coastal waters off the southern Saemangeum areas, Jeonbuk, Korea 1. Temporal and spatial variations in the phytoplankton community in the summer-fall of 1999. The Sea, J. Kor. Soc. Oceanogr., 7, 129-139. (in Korean)
- Yoo, J.M., S. Kim, E.K. Lee and J.S. Lee. 1992. The distribution of ichthyoplankton in Chinhae Bay. Ocean Res., 14, 77-87. (in Korean)
- Yu, M.J., D.B. Hong, Y.K. Cho and E.M. Gwon. 2000. Characteristics of pollutant runoff into Saemangeum watershed area. J. Kor. Soc. Environ. Eng., 22(9), 1609-1616. (in Korean)

2003년 2월 15일 접수

2003년 6월 20일 수리