

## 장봉도 상부 갯벌에서 채집된 유영생물의 종 구성과 계절변화

서인수 · 홍재상\*  
인하대학교 해양과학과

### Species Composition and Seasonal Variation of Nektonic Assemblages at the Jangbong Upper Tidal Flat, Incheon, Korea

IN-SOO SEO AND JAE-SANG HONG\*

Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

인천 연안 장봉도의 상부 조간대를 이용하는 유영생물 군집의 종 구성과 계절변화 양상을 파악하기 위하여 2001년 3월부터 동년 11월까지 매월별로 건간망을 이용하여 현장조사를 실시하였다. 현장조사 결과, 유영생물은 총 49종이 채집되었고, 출현 개체수와 생체량은 월 평균 489개체와 5,170.4 g을 나타내었다. 출현 밀도가 가장 높았던 종은 밀 새우(*Exopalaemon carinicauda*, 40.9%)와 민태(*Johnius grypotus*, 13.2%)이었고, 생체량에서는 풀망둑(*Acanthogobius hasta*, 33.7%), 민태(14.6%)와 삼치(*Scomberomorus niphonius*, 10.2%)이었다. 조간대 상부를 이용하는 유영생물의 시간적인 변화양상을 파악하기 위하여 집괴분석(cluster analysis)과 다차원배열법(MDS ordination)을 실시한 결과, 크게 봄철(그룹 1)과 여름/가을철(그룹 2)로 대별되는 2개의 생물그룹으로 구분되었다. 그룹 1은 비늘환발망둑(*Acanthogobius luridus*), 칠게(*Macrophthalmus japonicus*), 민칭이(*Bullacta exarata*)와 갯우렁이(*Lunatia gilva*) 등이 대표적인 생물이었다. 그룹 2는 민태, 밴대이(*Sardinella zunasi*), 전어(*Konosirus punctatus*), 가숭어(*Chelon haematocheila*), 삼치, 복섬(*Takifugu niphobles*), 중하(*Metapenaeus joyneri*)와 참오징어(*Loligo beka*) 등이 특징적인 생물이었다.

The nektonic assemblages of upper tidal flat area located in the Jangbong Island, near Incheon, were studied using a fence net from March to November 2001. A total of 49 species were recorded, with a mean abundance and biomass of 489 individuals and 5,170.4 g, respectively. The most abundant species by number were *Exopalaemon carinicauda*(40.9%) and *Johnius grypotus*(13.2%). By catch weight the dominant species were *Acanthogobius hasta*(33.7%), *Johnius grypotus*(14.6%) and *Scomberomorus niphonius*(10.2%). The conventional multivariate statistics(Cluster analysis and non-metric Multi-Dimensional Scaling) applied to assess temporal variation in nektonic communities. As a result of cluster analysis and MDS ordination, the faunal group could be divided into spring and summer/autumn dominant species group. The spring species included the pisces *Acanthogobius luridus*, the crab *Macrophthalmus japonicus* and the gastropods *Bullacta exarata* and *Lunatia gilva*. The summer/autumn species were the pisces *J. grypotus*, *Sardinella zunasi*, *Konosirus punctatus*, *Chelon haematocheila*, *S. niphonius* and *Takifugu niphobles*, the shrimp *Metapenaeus joyneri* and the cephalopod *Loligo beka*.

**Keywords:** Megabenthic Assemblages, Community Structure, Fence Net, Tidal Flat, Korea

## 서 론

한반도의 중요 연안 생태계의 하나인 갯벌은 해양생태계의 먹이 사슬이 시작되는 출발점으로 다양한 해양생물의 서식처이자, 유용 수산생물의 산란과 성육이 집중적으로 이루어지는 장소이다(Reise, 1985). 이렇듯 보육과 서식의 장으로써 갯벌을 포함한 천해역과 하구역의 이용은 상업적 가치가 높은 유영생물을 포함해서 많은 해양생물의 생활사에서 나타나는 중요한 현상으로 이해할 수 있다

(Henderson and Holmes, 1987; Beukema, 1992). 지금까지 유영생물 군집의 변화양상 연구는 갯벌을 포함한 연성기질(한국해양연구소, 1998; 황 등, 2003) 뿐만 아니라, 염습지(Rountree and Able, 1993)와 사질 해빈(Gibson *et al.*, 1996; 이 등, 1997, 2000) 등 전 세계적으로 다양한 서식처에서 수행되었다. 또한, 반일구조의 조석 형태를 가지는 한반도에서 갯벌은 하루 2회의 간조와 만조를 접하기 때문에 유영생물은 조석에 따라서 공간적으로 그 이용정도를 달리하게 된다.

한편, 대형저서동물과 비교하여 상대적으로 이동성이 큰 유영생물은 시공간에 따라 분포 양상의 차이가 발생하기 때문에 생물 채

\*Corresponding author: jshong@inha.ac.kr

잡을 위하여 적합한 채집도구를 이용하는 것은 매우 중요하다. 지금까지 유영생물을 대상으로 해역의 생물다양성이나 환경을 평가하기 위하여 정량적 어구어법인 저인망이 주로 이용되었다. 이것은 저서성 생물이 유영생물과 비교해 상대적으로 운동력이 미약하다는 점에서 그 채집이 용이하기 때문이다. 우리나라의 경우, 저어류와 대형 갑각류의 채집에는 저인망을 이용하였고(이, 1989; 이, 1993), 부어류 채집에는 정치망을 사용하였다(황, 1998). 반면, 천해역의 해변과 쇄파대에서는 저인망(beach seine)과 빔트롤(beam trawl)을 사용하였다(신과 이, 1990; 이 등, 1997). 본 연구에서는 저인망과 비교하여 상대적으로 수동적 어구어법인 건간망을 이용하였다. 지금까지 갯벌이 잘 발달된 서남해안을 중심으로 성행하는 어업의 일종이지만 과학적 연구의 접근법은 마련되지 못하고 있다. 한편, 갯벌에서 건간망을 이용한 유영생물의 종 조성과 계절변화 파악은 강화도 갯벌에서 수행된 어류자원 연구가 유일하다(한국해양연구소, 1998; 황 등, 2003). 본 연구에서는 장봉도 갯벌 상부에 설치한 건간망에서 채집된 유영생물의 종 조성과 계절변화 양상을 밝히는데 목적이 있다.

## 재료 및 방법

### 연구해역 개황

한강 하구역에 위치한 장봉도는 섬을 기준으로 북쪽으로는 강화도, 남쪽으로는 영종도와 접하여 있고, 인천항에서 북서쪽으로 약 28.8 km 떨어져 있다. 해안선을 따라 남북으로 분포하는 갯벌의 총면적은 약 19 km<sup>2</sup>이다. 간조시 노출되는 갯벌의 최대 길이는 서쪽

의 한들갯벌이 약 2 km 이었고, 가장 동쪽의 웅암갯벌이 1.2 km 이었다(Fig. 1). 장봉도 해역의 조차는 대조차가 8.2 m, 소조차가 3.6 m로 평균 5.9 m의 조차를 보인다. 장봉수로에서 간조시 밀물은 북동으로 흐르며, 대조시 최강유속이 104~206 cm/sec에 이른다. 썰물은 만조시 남서방향으로 흐르며, 만조후 2시간 30분경 최강유속이 90~170 cm/sec에 달한다. 갯벌 퇴적물의 평균 입도는 2.2~6.3φ의 범위에 평균 4.2φ 이었다. 이중 한들갯벌은 평균 3.9φ, 중앙의 진촌갯벌과 웅암갯벌은 각각 4.3φ와 4.4φ이었다. 한들갯벌에서 웅암갯벌로 향할수록 퇴적물은 상대적으로 세립화되는 경향을 보였다(서, 2003). 그러나 현장조사시 관찰에 의하면, 웅암갯벌의 하부 지역은 투석식 양식을 위한 암석, 자갈과 조개파편 등이 분포하는 매우 이질적인 퇴적상을 보였다. 한편, 조사 기간 중 연평균 기온은 12.8°C로 1월에 가장 낮은 -3.8°C를, 8월에 가장 높은 26.6°C를 기록하였다. 수온은 연 평균 13.6°C를 나타내었고, 1월에 1.5°C로 가장 낮았으며, 8월에 25.6°C로 가장 높았다. 염분도는 20.3(8월)~27.9(12월) psu의 범위에 월 평균 24.8 psu를 나타내었다(Fig. 2; 국립해양조사원, 2001; 기상월보, 2001).

장봉도 인근 해역은 해양생물을 먹이로 하는 각종 조류(鳥類)가 서식하며, 1988년에는 노랑부리백로 및 꿩이갈매기의 번식지로 파악되어 천연기념물 제360호로 지정되었다. 2003년 12월에는 국제적으로 보호가 요망되고 있는 저어새 등의 서식처로서 뿐만 아니라 생물다양성이 뛰어나다는 중요성 때문에 습지보호지역으로 지정·고시되는 등 생태학적인 가치가 매우 높은 해역이다(해양수산부고시 제2003-97호). 그럼에도 불구하고, 1990년대부터 인천국제공항의 건설사업과 관련하여 다양한 형태의 매립과 준설작업이 이

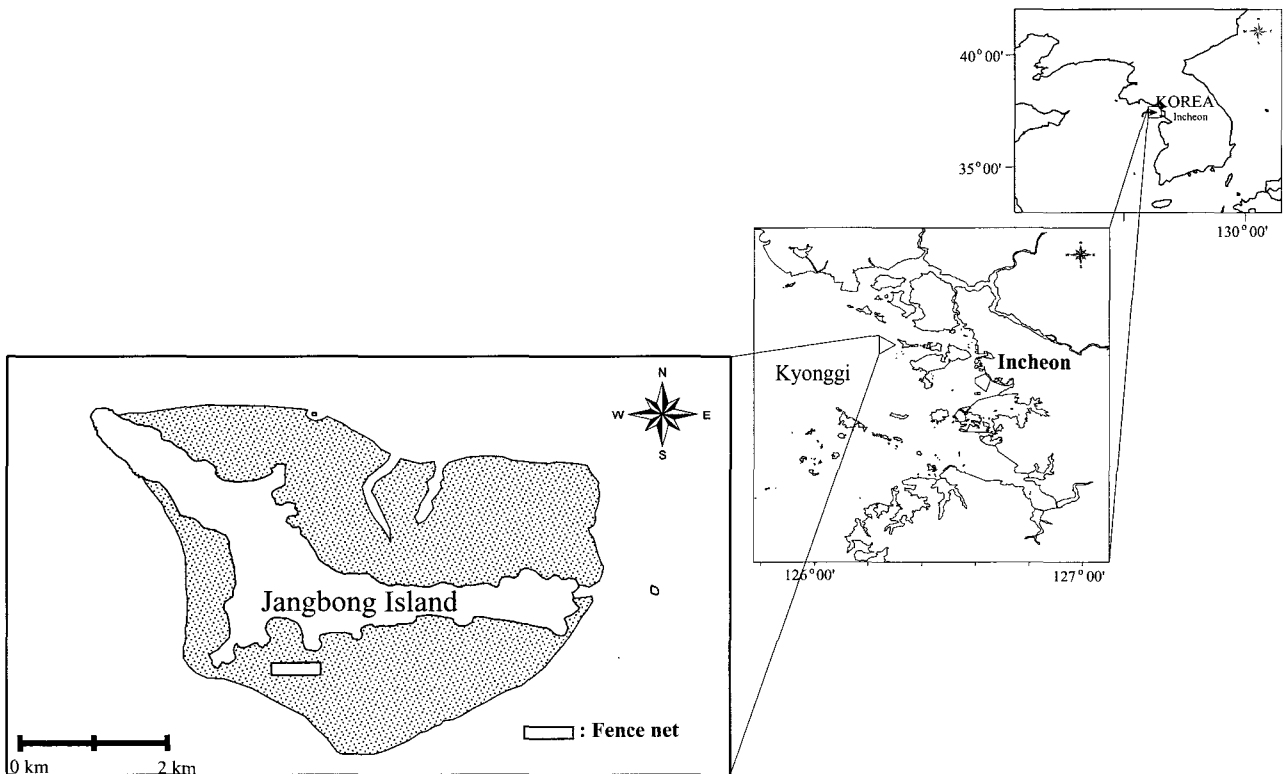


Fig. 1. Location of the sampling sites in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

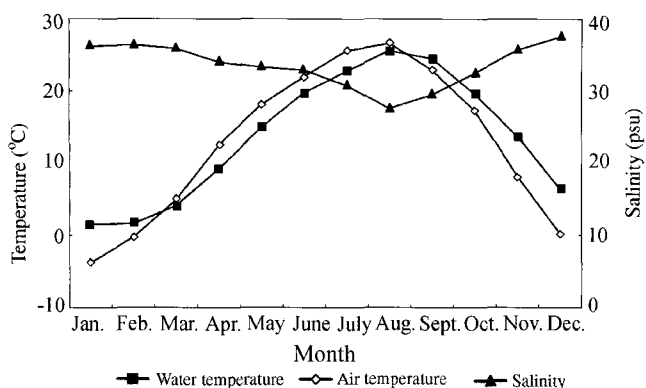


Fig. 2. Monthly variations of temperature and salinity in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

루어져 환경적으로 변화가 심한 해역으로 고려할 수 있다(임 등, 1995). 최근에는 강화도 남단과 장봉도 주변 해역에서 대규모 토사 채취 광업권이 인가되어 갯벌 및 사구지역이 크게 훼손될 위기에 놓였다.

**현장조사**

갯벌 상부를 이용하는 유영생물의 채집을 위하여 2001년 3월부터 2001년 11월까지 갯벌의 최상부로부터 조하대 저조선으로 향하는 약 800 m 지점에 건간망을 설치하였고, 매월 3~4물때(음력기준 27~28일)를 기준으로 현장조사를 실시하였다(Fig. 3). 건간망은 길이 500 m, 높이 1.3 m 이었고, 망목은 울타리그물(fence net)이 20 mm, 자루그물(cod end)이 16 mm로 구성되었다. 어구의 부설은 타원형이 되도록 1.5 m 간격으로 나무말목을 부설하여 고정시켰고, 갯골이 중심이 되도록 울타리 그물의 중간 8곳에 자루그물을 붙여 생물을 채집하였다. 채집된 생물은 현장에서 10%농도의 중성포르말린 용액으로 고정하여 실험실로 운반한 후, 종 수준까지 동정하였다. 이후 각 종별로 개체수를 계수하고, 생체량을 측정하였으며, 습중량(gWWt)으로 나타내었다. 채집된 생물의 동정을 위하여 어류는 정(1977), 김과 강(1993), Nakabo(1993) 등을 참고하였고, 갑각류는 김(1973, 1977)과 해양수산부국립수산진흥원(2001), 연체동물은 국립수산진흥원(1999)과 한국과학기술원해양연구소(1990)의 자료를 참고하였다.

**군집구조 분석**

유영생물의 군집구조를 파악하기 위하여, 다양도(Shannon and Weaver, 1949), 풍부도(Margalef, 1958), 균등도(Pielou, 1975)와 우점도(Simpson, 1949) 등의 생태학적 제 지수를 구하였다. 출현 종과 개체수의 자료를 이용한 집괴분석은 Bray and Curtis(1957)의 상사도지수(similarity index)를 이용하였다. 유사도 지수 행렬로부터 각 조사 시기와 출현 종을 연결하는 방법으로는 group-average를 적용하였다. 통계분석은 PRIMER(Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) computer package를 이용하여 수지도(dendrogram)와 다차원배열법(MDS ordination)으로 표현하였다. 개체수는 우점종에 의한 효과를 줄이기 위하여 square root로 변환하였다. 한편, 우점종 서열분석은 LeBris index(1988)를 이용하였고, 그 식은 아래와 같다.

$$D_{ij} = F_{ij} \times D_{ij} \times 100 = \left( \frac{P_{ij}}{P_j} \times 100 \right) \times \left( \frac{\sum_{k=1}^r N_{ik}/P_j}{\sum_{k=1}^r N_k} \right) \times 100$$

$P_{ij}$ : j번째 군집에서 종 i의 출현횟수,  $P_j$ : j번째 군집의 전체 정점수,  $N_{ik}$ : j번째 군집에서 k번째 정점에 출현하는 종 i의 개체수 또는 생체량,  $N_k$ : k번째 정점에서 전체 개체수 또는 생체량

**결 과**

**유영생물의 종수, 개체수 및 생체량**

조사 기간 중, 총 49종, 4,398개체와 46,533.9 g이 채집되었다(Table 1).

**종수:** 어류가 28종으로 57.1%를 점유하였고, 절지동물의 갑각류가 16종으로 32.7%를 차지하였다. 연체동물은 5종이 출현하여 10.2%의 점유율로 상대적으로 낮았다. 이중 가장 많은 종이 출현한 어류는 6~13종의 범위에 매월 평균 약 9종(±3종)이 출현하였다. 계절적으로는 6월부터 10월까지 약 10종 이상이 출현하여 다른 시기와 비교하여 상대적으로 많았다. 반면, 갑각류는 11월에 2종으로 적었고, 4월에 9종으로 많았다. 가장 출현종이 적었던 연체동물은 5월에 5종으로 많았고, 기타 시기에는 1~3종 내외로 적었다(Fig. 4a).

**개체수:** 갑각류가 2,292개체로 전체의 52.1%를 점유하였고, 어류는 1,904개체가 채집되어 43.3%를 차지하였다. 연체동물은 202



Fig. 3. Sampling apparatus, fence net used for the collection of nektonic animals in the tidal flat, Jangbong Island, Incheon, Korea.

Table 1. Seasonal variation in species composition of nektonic animals collected by the fence net in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea

Taxa	Species / Sampling time	March		April		May		June		July		August		September		October		November		Total	
		N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
<b>Crustacea</b>																					
Anomura	<i>Diogenes edwardsii</i>			10	28.1															10	28.1
Brachyura	<i>Charybdis japonica</i>															2	2.4			2	2.4
	<i>Hemigrapsus penicillatus</i>	1	7.8	3	12.5															4	20.3
	<i>Macrophthalmus dilatatus</i>	1	0.5			2	10.8													3	11.4
	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	27	145.6	8	28.0	5	30.3													40	203.8
	<i>Philyra pismus</i>	1	4.0	3	15.3	6	32.7													10	51.9
	<i>Portunus trituberculatus</i>					3	209.0	2	100.2	11	794.0	2	365.0	1	4.6	19	190.0			38	1,662.9
Macrura	<i>Alpheus japonicus</i>			1	1.2															1	1.2
	<i>Crangon affinis</i>	4	5.8	3	3.5	1	0.7											12	18.9	20	28.8
	<i>Latreutes mucronatus</i>											1	0.4							1	0.4
	<i>Metapenaeus joyneri</i>					7	35.8	77	374.7	5	45.9	1	10.4	168	387.8	99	229.8			357	1,084.3
	<i>Exopalaemon carinicauda</i>	6	12.3	61	72.1	42	93.2	54	170.8	69	185.6	7	9.1	1,140	1,928.5	406	753.6	13	18.9	1,798	3,244.0
	<i>Palaemon gravieri</i>													1	0.4					1	0.4
	<i>Palaemon macrodaetylus</i>			1	3.1															1	3.1
	<i>Trachysalambria curvirostris</i>					1	2.0													1	2.0
Stomatopoda	<i>Oratosquilla oratoria</i>	1	57.9					2	86.3			1	34.5	1	36.7					5	215.4
<b>Mollusca</b>																					
Bivalvia	<i>Macra veneriformis</i>			10	75.6	3	54.5													13	130.1
	<i>Meretrix petechialis</i>					15	242.0										12	197.5		27	439.5
Cephalopoda	<i>Loligo beka</i>			1	0.9	15	112.8	6	82.8	19	111.5	3	9.7	52	308.7	1	3.7			97	630.1
Gastropoda	<i>Bullacta exarata</i>	1	1.8	25	88.0	1	0.2													27	90.0
	<i>Lumatia gibba</i>			29	251.9	8	81.1					1	5.2							38	338.1

Table 1. continued

Taxa	March		April		May		June		July		August		September		October		November		Total		
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	
<b>Pisces</b>																					
<i>Acanthogobius hasta</i>	16	477.9	32	946.4	12	515.5	2	63.3	17	269.7	83	2,285.8	89	4,191.1	44	1,798.4	84	5,137.5	379	15,685.5	
<i>Acanthogobius luridus</i>	2	2.8	31	78.0															33	80.8	
<i>Acanthopagurus schlegelii</i>											2	104.3							2	104.3	
<i>Acentrogobius pflaumi</i>	2	0.8																	2	0.8	
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>			2	31.1											1	8.1			3	39.2	
<i>Collichthys niveatus</i>															1	17.5	1	13.5	2	30.9	
<i>Cynoglossus joyneri</i>					1	68.2	1	44.3											2	112.5	
<i>Cynoglossus semilaevis</i>							2	260.0											2	260.0	
<i>Hyporhamphus sajori</i>																			12	353.8	
<i>Hexagrammos otakii</i>			1	3.4					14	231.6									15	235.1	
<i>Inimicus japonicus</i>															1	11.6			1	11.6	
<i>Johnius grypotus</i>					4	67.6	388	4,482.3	159	1,685.7	14	150.6	11	248.4	6	145.7			582	6,780.3	
<i>Konosirus punctatus</i>					12	312.3	4	148.5			139	996.4	30	300.0	4	142.0	11	216.4	200	2,115.5	
<i>Chelon haematocheila</i>	3	21.9			4	69.2	7	547.4	13	421.0	20	631.0	16	346.5	15	507.6	112	1,570.5	190	4,115.0	
<i>Pampus echinogaster</i>					1	400.0					2	13.6							3	413.6	
<i>Platycephalus indicus</i>							1	43.1	1	53.2					1	58.6			3	154.9	
<i>Pseudosciaena polycotis</i>											10	603.9							10	603.9	
<i>Repomucenus richardsonii</i>					6	37.3							1	3.4					7	40.8	
<i>Sardinella zunasi</i>											1	21.8	91	486.5	110	475.5	2	6.6	217	1,207.4	
<i>Scomberomorus niphonius</i>											69	2,330.7	22	2,434.7					91	4,765.4	
<i>Sebastes schlegelii</i>	1	6.4									2	23.4							3	29.8	
<i>Silago sihama</i>													1	1.0					1	1.0	
<i>Sphyræna pinguis</i>													2	90.1					2	90.1	
<i>Takifugu niphobles</i>	1	12.2	5	40.4					19	136.4			1	1.6	18	157.6	19	167.8	63	515.9	
<i>Thryssa baelama</i>			8	69.9	35	368.7	1	9.5	1	9.5	1	8.3	1	0.3	1	3.8			47	460.5	
<i>Thryssa hamiltonii</i>													11	15.5	11	29.1			22	44.6	
<i>Triaenopogon barbatus</i>	3	22.3	6	6.1															9	28.3	
<i>Triakis scyllia</i>							1	64.0											1	64.0	
<b>Total</b>	<b>68</b>	<b>710.0</b>	<b>228</b>	<b>1,714.2</b>	<b>148</b>	<b>2,373.5</b>	<b>604</b>	<b>7,083.3</b>	<b>315</b>	<b>3,915.6</b>	<b>375</b>	<b>7,705.7</b>	<b>1,590</b>	<b>10,486.8</b>	<b>815</b>	<b>5,391.0</b>	<b>255</b>	<b>7,153.8</b>	<b>4,398</b>	<b>46,533.9</b>	

N: number of individuals, W: biomass in gWWt.

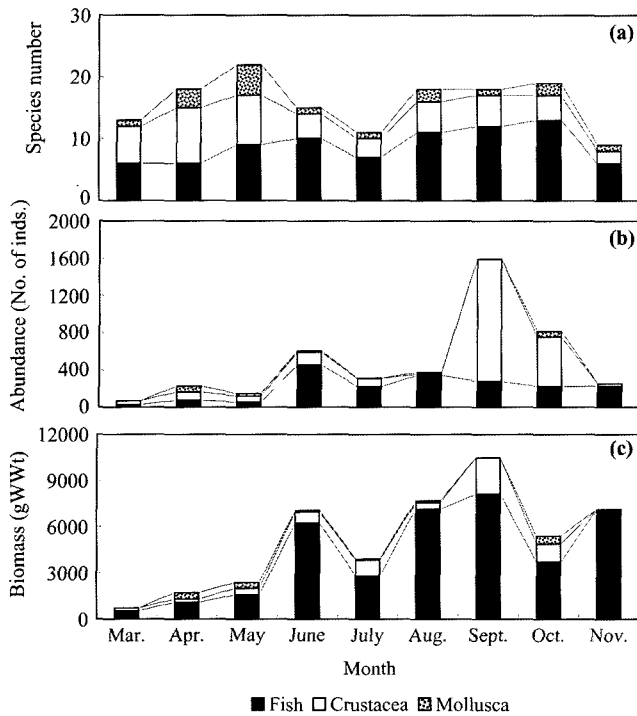


Fig. 4. Total number of species(a), abundance(b) and biomass(c) caught with the fence net in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

개체, 4.6%로 점유율이 낮았다. 이중 밀도가 가장 높았던 갑각류는 최소 12개체에서 최대 1,311개체의 범위에 월평균 255개체( $\pm 426$ 개체)가 채집되었다. 계절적으로는 9월과 10월에 개체수가 많았다. 어류는 27~454개체의 범위에 월평균 개체수는 212개체( $\pm 141$ 개체)이었다. 6월에 가장 많았고, 이후 시간이 경과하면서 11월까지의 평균 200~300개체 내외의 개체수를 나타내었다. 반면, 연체동물은 1~64개체의 범위에 월평균 22개체( $\pm 25$ 개체)로 적었다. 연체동물은 영양력이 있는 두족류의 참오징어(*Loligo beka*)를 제외하면, 비교적 이동성이 적은 이매패류와 복족류가 대부분이었고, 건간망이 설치된 상부 조위 인근에 서식하는 대형저서동물이었다(Fig. 4b).

**생체량:** 어류가 38,345.5 g으로 전체의 82.4%를 점유하였다. 갑각류는 6,560.5 g, 14.1%를, 연체동물은 1,627.9 g, 3.5%를 차지하였다. 가장 생체량이 높은 어류는 532.1~8,119.0 g의 범위에 월평균 4,260.6 g( $\pm 2,937.5$  g)을 나타내었다. 봄철인 3월부터 5월까지의 1,000 g 내외의 생체량, 반면 여름철과 가을철의 일부 시기(6월, 8월, 9월, 11월)에는 7,000 g 이상이 채집되었다. 갑각류는 최소 37.8 g에서 최대 2,358.0 g의 범위에 월평균 728.9 g( $\pm 722.6$  g)이었다. 시간적으로 7월, 9월과 11월에 약 1,000 g 이상이 채집되었고, 기타 시기에는 500 g 내외로 낮았다. 연체동물은 1.8~506.2 g의 범위에 평균 180.9 g( $\pm 197.2$  g)으로 다른 동물군과 비교해 상대적으로 낮았다. 4월과 10월에 약 400~500 g 내외의 높은 생체량을 보인 것이 특징적이었다(Fig. 4c).

#### 우점종의 변화

**개체수:** 상위 10위까지의 우점종을 살펴본 결과(Table 2), 어류가 6종으로 가장 많았고, 다음으로 갑각류 3종과 두족류 1종이 포

함되었다. 이들을 순위별로 나열해 보면, 정거미새우류의 밀새우(*Exopalaemon carinicauda*), 어류의 풀망둑(*Acanthogobius hasta*), 민태(*Johnius grypotus*), 가승어(*Chelon haematocheila*), 전어(*Konosirus punctatus*), 보리새우류의 중하(*Metapenaeus joyneri*), 게류의 칠게(*Macrophthalmus japonicus*), 두족류의 참오징어(*Loligo beka*), 어류의 복섬(*Takifugu niphobles*)과 밴댕이(*Sardinella zunasi*)등이었다. 상위 10종이 차지하는 개체수는 총 3,923개체로 전체의 89.2%를 차지하였고, 특히 밀새우는 전체 출현 개체수의 40.2%(1,798개체)에 해당하는 높은 점유율을 보였다. 우점종의 계절 변화 양상을 보면, 밀새우와 풀망둑은 조사 전 기간에 걸쳐 지속적으로 출현하는 대표적인 종이였다. 이중 밀새우는 6~1,140개체의 범위에 매월 평균 200개체( $\pm 374$ 개체)가 출현하였다. 9월에 개체수가 가장 많았고, 이 밖에도 10월에 406개체가 채집되어 상대적으로 많았다. 풀망둑은 총 379개체가 채집되었고, 2~89개체(월 평균 42 $\pm$ 35개체)의 범위이었다. 주로 8월, 9월과 11월에 약 80개체 이상으로 많았다. 민태는 582개체가 채집되었고, 최소 4개체에서 최대 388개체의 범위에 매월 평균 65개체( $\pm 132$ 개체)가 출현하였다. 6월과 7월의 출현 밀도가 타 시기와 비교해 높았다. 이 밖의 전어, 복섬과 중하는 수온이 높은 8월부터 10월 사이에 상대적으로 출현 개체수가 많았다(Table 1).

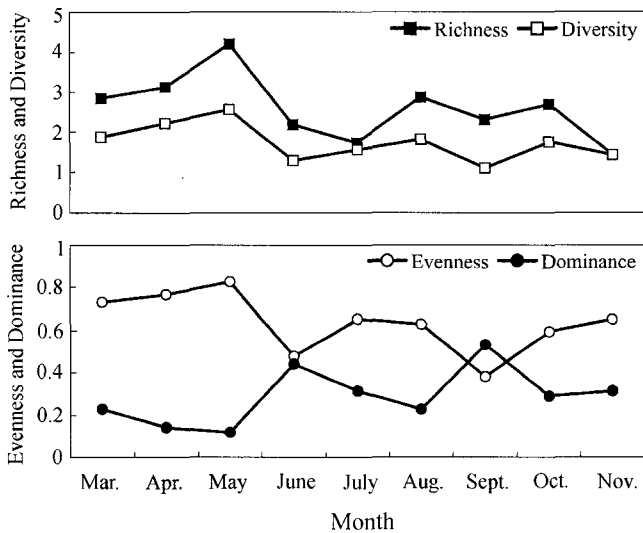
**생체량:** 상위 10위까지의 우점종을 살펴본 결과, 개체수의 서열 종과 유사하였다(Table 2). 이들을 우선 순위별로 나열하면, 풀망둑, 민태, 가승어, 밀새우, 꽃게(*Portunus trituberculatus*), 전어, 삼치(*Scomberomorus niphonius*), 중하, 밴댕이, 참오징어 등이었다. 이들 10종이 차지하는 생체량은 총 41,290.3 g으로 전체의 88.7%를 차지하였다. 특히, 풀망둑은 15,585.5 g으로 33.7%를 차지하여 단일 종으로는 생체량이 가장 높았다. 우점종의 계절 변화 양상을 보면, 풀망둑은 6월에 최소 63.2 g에서 7월에 최대 5,137.5 g의 범위에 월평균 1,742.8 g( $\pm 1,821.7$  g)을 나타내었다. 8월 이후부터 시간의 경과에 따라 생체량이 증가하는 양상을 보였고, 이 밖에 9월에도 4,191.1 g으로 높았다. 출현 개체수가 가장 많았던 밀새우는 9.1~1,928.5 g의 범위에 매월 평균 360.4 g WWt( $\pm 632$  g)을 나타내었다. 봄철(3~5월)과 가을철(11월)에 100 g 이하로 낮았고, 이 밖의 시기에는 150 g 이상으로 높았다. 민태는 총 6,780.3 g WWt(월 평균 753.4 $\pm$ 1,497.3 g)이 채집되었고, 개체수 변화와 동일하게 6월(4,482.3 g)과 7월(1,685.7 g)에 생체량이 높았다. 삼치는 8월(2,330.7 g)과 9월(2,434.7 g)에, 가승어는 11월(1,570.5 g)에 최대 생체량을 나타내었다. 이 밖에 전어, 밴댕이, 꽃게와 중하는 수온이 높은 8월과 9월에 생체량이 높았다(Table 1).

#### 생태학적 제 지수 및 군집분석

생태학적 제 지수를 파악한 결과, 풍부도는 1.4~4.2의 범위에 평균 2.6( $\pm 0.8$ )을 나타내었다. 5월에 가장 높았고, 수온이 하강하는 11월에 가장 낮았다. 다양도는 최소 1.1에서 최대 2.6의 범위를 보였고, 평균 값은 1.7( $\pm 0.5$ )이었다. 4월과 5월에 약 2.0이상으로 높았고, 9월에 가장 낮았다. 균등도는 0.4~0.8의 범위에 평균 값은 0.6( $\pm 0.1$ )이었다. 다양도의 경향과 유사하게 3월부터 5월 사이에 높았고, 9월에 낮았다. 우점도는 4월과 5월에 0.1로 낮았고, 9월에 0.5로 높았으며 평균 값은 0.3( $\pm 0.1$ )이었다(Fig. 5). 한편, 군집구조를 파악하기 위하여 개체수의 0.5% 이상(20개체 이상)을 점유하는

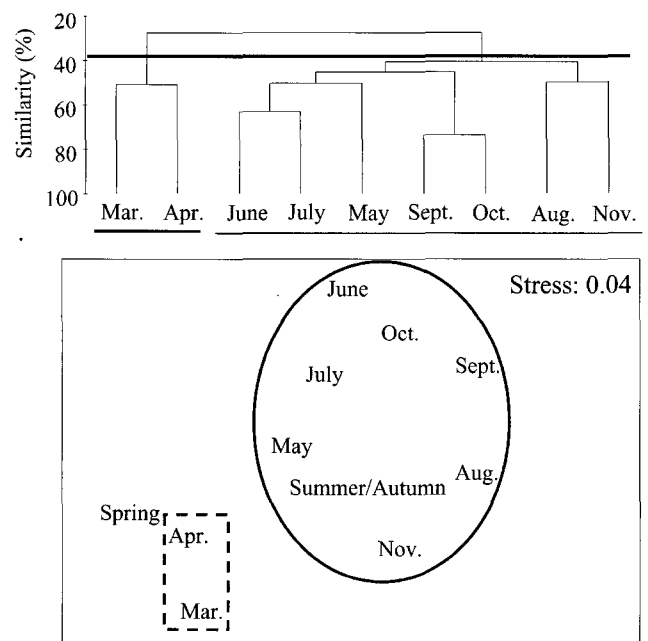
**Table 2.** Dominance ranking in density and biomass (LeBris index) of the top 10 species of nektonic animals in the tidal flat Jangbong Island, Incheon, Korea

							(abundance)
Taxa	Species name	Total abundance	Frequency	Fij	Dij	D'ij	
Macrura	<i>Exopalaemon carinicauda</i>	1,798	9	100.00	24.81	248089.14	
Pisces	<i>Acanthogobius hasta</i>	379	9	100.00	13.05	130523.70	
Pisces	<i>Johnius grypotus</i>	582	6	66.67	13.62	90799.01	
Pisces	<i>Chelon haematocheila</i>	190	8	88.89	7.17	63705.75	
Pisces	<i>Konosirus punctatus</i>	200	6	66.67	5.84	38909.88	
Macrura	<i>Metapenaeus joyneri</i>	357	6	66.67	4.67	31144.68	
Brachyura	<i>Macrophthalmus japonicus</i>	40	3	33.33	5.18	17256.68	
Cephalopoda	<i>Loligo beka</i>	97	7	77.78	1.90	14770.65	
Pisces	<i>Takifugu niphobles</i>	63	6	66.67	2.17	14497.17	
Pisces	<i>Sardinella zunasi</i>	217	5	55.56	2.49	13841.67	
							(biomass)
Taxa	Species name	Total biomass	Frequency	Fij	Dij	D'ij	
Pisces	<i>Acanthogobius hasta</i>	15,685.5	9	100.00	36.31	363133.97	
Pisces	<i>Johnius grypotus</i>	6,780.3	6	66.67	12.91	86077.77	
Pisces	<i>Chelon haematocheila</i>	4,115.0	8	88.89	7.48	66507.72	
Macrura	<i>Exopalaemon carinicauda</i>	3,244.0	9	100.00	5.53	55286.97	
Brachyura	<i>Portunus trituberculatus</i>	1,662.9	6	66.67	4.31	28745.18	
Pisces	<i>Konosirus punctatus</i>	2,115.5	6	66.67	4.08	27187.49	
Pisces	<i>Scomberomorus niphonius</i>	4,765.4	2	22.22	5.94	13200.67	
Macrura	<i>Metapenaeus joyneri</i>	1,084.3	6	66.67	1.79	11900.34	
Pisces	<i>Sardinella zunasi</i>	1,207.4	5	55.56	1.88	10430.77	
Cephalopoda	<i>Loligo beka</i>	630.1	7	77.78	1.23	9559.85	



**Fig. 5.** Seasonal fluctuation of ecological indices in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

총 19종을 대상으로 분석을 실시하였고, 수지도와 다차원배열법으로 표현하였다. 분석 결과 크게 2개의 그룹으로 구분되었다. 그룹 1은 조사 초기인 3월과 4월로 구성되었고, 그룹 2는 이 시기를 제외한 5월부터 11월까지 이었다. 그룹 1에서 대표적으로 출현하는 종은 어류의 비늘흰발망둑(*Acanthogobius luridus*), 게류의 칠게, 새우류의 자주새우(*Crangon affinis*), 복족류의 민칭이(*Bullacta*



**Fig. 6.** Dendrogram for hierarchical clustering and 2-dimensional MDS configuration, using group-average linking of Bray-Curtis similarities calculated on square-root transformed abundance data.

*exarata*)와 갯우렁이(*Lunatia gilva*)등 이었다. 그룹 2는 어류의 풀망둑, 민태, 뱀뱀이, 전어, 가숭어, 삼치, 복섬, 새우류의 중하, 밀새

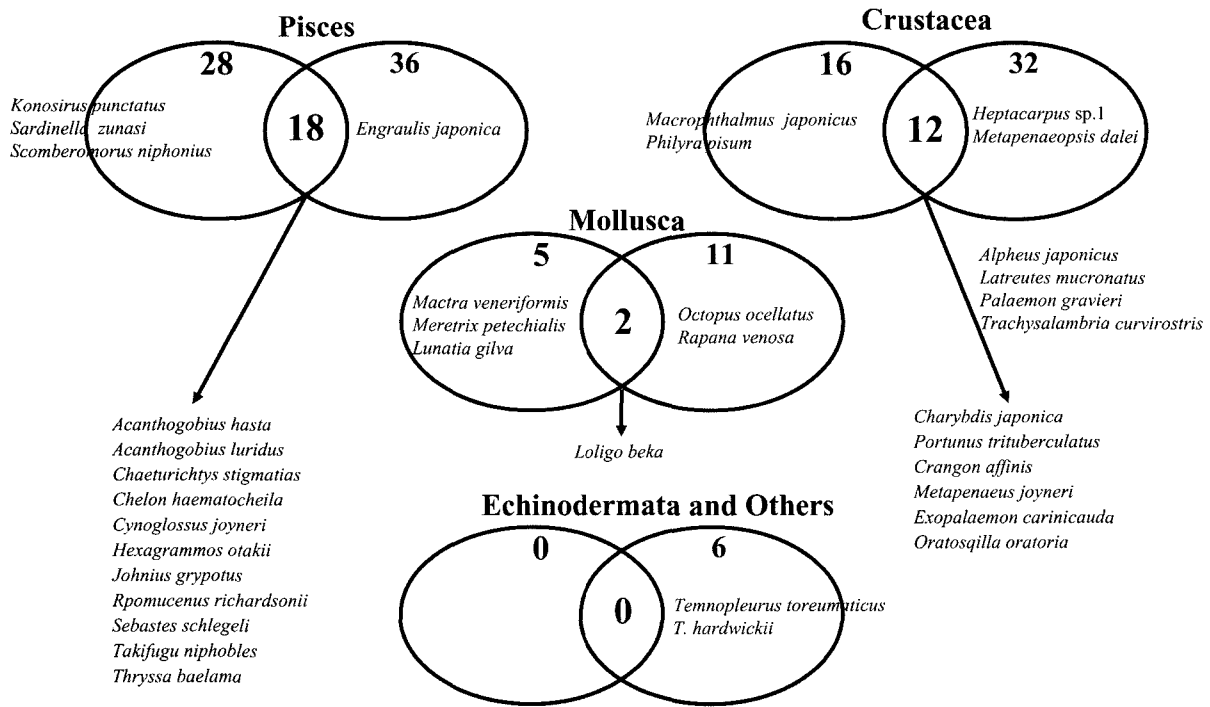


Fig. 7. Diagrammatic representation of the overall similarities and differences in number of nektonic animals collected from Nov. 1999 to Nov. 2001 in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea (left, fence net; right, trawling).

우와 두족류의 참오징어 등이 대표적으로 출현하였다(Fig. 6). 이상의 결과에서 수온이 상대적으로 낮은 3월과 4월에는 갯벌에서 생활사의 대부분을 보내는 대형저서동물과 정주성 유영생물이, 이후 시기에는 일시적으로 갯벌을 이용하는 회유종이 특징적인 생물군을 형성하였다.

한편, 갯벌의 상부와 중·하부에서 채집한 유영생물의 출현 종수를 비교한 결과, 갯벌의 중·하부에서는 총 90종이 채집되어 어류와 갑각류가 각각 36종과 32종이 채집되었다. 연체동물과 극피동물은 11종과 6종이 출현하였다. 반면 갯벌의 상부에서는 총 49종 가운데 어류가 28종, 갑각류가 16종이 채집되었고, 연체동물은 5종이 출현하였다. 갯벌의 상부와 중·하부에서 공통적으로 출현하는 종은 어류가 18종이었고, 갑각류와 연체동물은 각각 12종과 2종이었다. 극피동물과 기타동물군은 갯벌의 상부에서는 채집되지 않았고, 중·하부에서만 서식하였다(Fig. 7).

고 찰

어구의 선택성

특정 생태계에서 개별 종 또는 군집의 생물지수(종수, 개체수, 생체량)를 정확하게 측정하기 위하여 이들의 시·공간적인 분포에 영향을 미치는 물리퇴적학적 요인과 함께 서식처를 이용하는 대상 생물의 정확한 채집을 위한 적정 채집기의 선정이 무엇보다도 중요하다. 지금까지의 연구에 의하면, 동일해역에서도 채집기의 선택성에 따라 유영생물의 종 조성이나 생물량이 다를 수 있기 때문에, 해역의 전반적인 생물상을 파악하기 위해서 다양한 채집기의 이용이 요구되고 있다(허와 팍, 1998). 갯벌을 이용하는 유영생물은 만

조시에는 조간대 전역에 광범위하게 흩어져 분포하다가 썰물이 되면서 조하대로 이동하는 행동을 취한다. 그러나 상대적으로 운동력이 미약하거나 또는 썰물시 갯벌을 벗어나지 못한 경우에는 갯골을 중심으로 모이게 된다. 건간망은 이러한 생물들의 행동특성을 고려하여 그 퇴로를 차단하는 방법으로 어획하기 때문에 저인망과 비교해 표영성 유영생물의 비율이 상대적으로 높을 수 밖에 없다. 본 조사에서도 전어, 민태, 뱀망이, 반치류(Thyryssa baelama), 삼치, 풀반지(Thyryssa hamiltoni), 학공치(Hyporamphus sajori) 등이 총 1,171개체(26.6%)가 채집되어 이를 잘 반영하고 있고, 이웃한 강화도 갯벌에서도 유사한 결과를 보였다(황 등, 2003). 이상에서와 같이 건간망에는 저서성 유영생물과 비교해 수층을 자유롭게 활동하는 표영성 유영생물의 채집이 매우 용이하다는 것을 알 수 있다. 따라서 향후 갯벌을 이용하는 생물을 연구함에 있어 저인망과 동시에 상대적으로 채집이 어려운 공간적 환경(조간대의 상부 혹은 구조물 가설에 따른 어획 불가능 지역)을 대상으로 건간망 등의 조사가 병행되어야 유영생물 군집의 전반적인 파악이 가능할 것으로 기대된다.

종수, 개체수, 생체량 및 우점종의 변화

본 조사에서는 총 49종, 4,398개체와 46,533.9 g의 유영생물이 채집되었다. 이 중 어류와 갑각류는 출현 종수, 개체수와 생체량에서 89.8%, 95.4%와 96.5%를 점유하여 가장 우점하는 생물군이였다. 한편, 이웃한 강화도 남단 필갯벌에서 본 조사의 2배 크기에 해당하는 건간망을 이용한 채집에서 어류는 22종, 5,084개체, 70,399.9 g을 나타내었다(한국해양연구소, 1998). 또한, 어류를 포함한 모든 유영생물을 대상으로는 총 36종, 9,321개체, 81,277.9 g



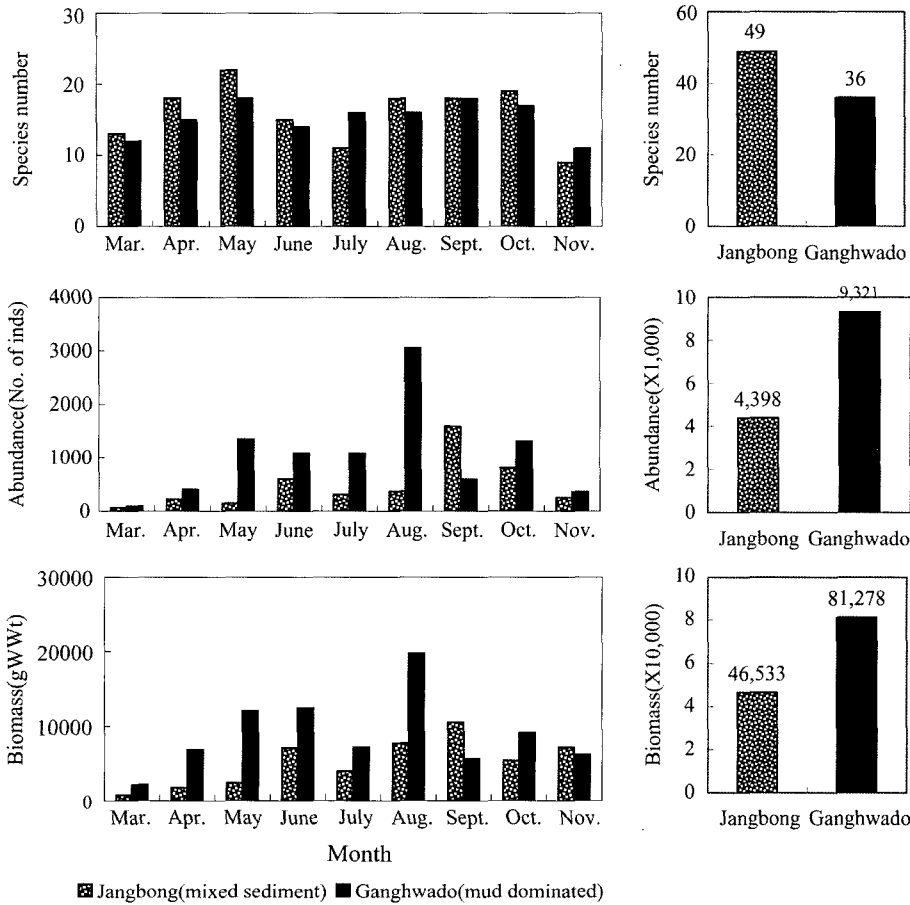


Fig. 8. Comparison of total species number, abundance and biomass between two tidal flats by using the Fence net.

이 채집되었다(황 등, 2003). 이상과 같이 계절적으로 유사한 조사 시기와 상대적으로 작은 채집기의 규모에도 불구하고, 본조사에서 출현 종수는 약 1.5배 많고, 개체수와 생체량은 0.5배 적은 결과를 나타내었다. 그러나, 계절에 따른 생물지수의 변화양상에는 두 지역에서 큰 차이를 보이지 않았다(Fig. 8). 지금까지 서식처의 퇴적상과 기질의 이질성 정도는 유영생물 군집과 분포에 영향을 미치는 중요한 요인이라는 것이 여러 연구에서 지적된 바 있다(Szedlmayer and Howe, 1997; Demestre *et al.*, 2000). 즉, 해역의 해류 및 조류의 흐름과 세기, 해안의 차폐정도 등은 퇴적물 조성의 변화를 유발하고, 이차적으로 대형저서동물의 종 조성과 밀도를 결정한다. 이것은 궁극적으로 대형저서동물을 먹이원으로 이용하는 유영생물의 군집구조와 생물지수에 지대한 영향을 미치게 된다(Day *et al.*, 1989; Szedlmayer and Able, 1996). 본 조사 지역은 서쪽과 중앙 갯벌이 모래와 펄로, 동쪽의 갯벌은 모래, 펄, 자갈과 암반 등 매우 이질적인 퇴적상을 나타내고 있다(서, 2003). 이에 반해 강화도 갯벌은 상부의 모래 해빈을 제외하면 전반적으로 펄퇴적물로 구성된 균질한 퇴적상을 보이고 있다. 대형저서동물이나 유영생물에게 있어 균질한 퇴적물보다는 이질적인 퇴적물(heterogeneous sediment)에서 생물다양성이 높다는 일반적인 연구 결과(Hong and Yoo, 2005)와 비교했을 때 장봉도 남단 혼합질(모래펄) 갯벌의 종 다양성이 상대적으로 높은 것은 당연한 결과로 추정할 수 있다. 한편, 우점종에 있어 밀새우, 민태, 풀망둑, 중하와 뱀뱀이 등은 3,333개체가 채집되어 전체 출현 개체수의 75.8%를 점유하였다. 생체량에

서는 풀망둑, 민태, 가숭어, 밀새우와 삼치 등이 총 34,591.1 g으로 74.3%를 차지하였다. 반면 강화도 펄갯벌에서는 전어, 뱀뱀이, 풀망둑과 숭어(*Mugil cephalus*)가 총 개체수와 생체량의 94.5%, 92.1%(한국해양연구소, 1998)와 97.7%, 94.5%(황 등, 2003)를 차지하여 4종의 우점도가 매우 높았다. 이러한 현상은 서해안 내만이나 연안의 유영생물 군집에서 나타나는 공통된 현상으로 알려져 있으며, 소수종의 밀도와 생체량이 매우 높다는 것은 갯벌을 포함한 주변의 물리적인 환경변화가 심하다는 것을 입증하는 결과로 이러한 환경에 적응한 일부 소수종이 우점한다는 결과와 부합된다고 볼 수 있다(이와 김, 1992; 이와 황, 1995; 임과 최, 2000).

유영생물의 시·공간적인 변화양상

유영생물의 출현 종수, 개체수 및 생체량의 시·공간적인 변화양상을 파악하기 위하여 서(2003)의 자료와 건간망의 자료를 이용하였다. 채집시기와 채집기의 상이성으로 직접적인 비교에는 무리가 따른다. 그럼에도 불구하고 유영생물이 이용하는 갯벌의 시·공간적인 범위가 어느 정도인지를 판단하는 간접적인 자료는 제시할 수 있을 것으로 생각된다. 우선 시간에 따른 변화양상을 파악하기 위하여, 집괴분석과 다차원배열법을 실시한 결과, 장봉도 갯벌을 이용하는 유영생물 군집은 크게 3개의 그룹으로 구분할 수 있었다(Fig. 9). 그룹 1은 2001년 5월부터 11월까지의 시기로 뱀뱀이, 전어, 삼치, 풀반지, 학공치 등 표영성 유영생물이 우점하는 특징을 보였다. 그룹 2는 1999년 11월과 2000년 5월부터 11월까지의 시

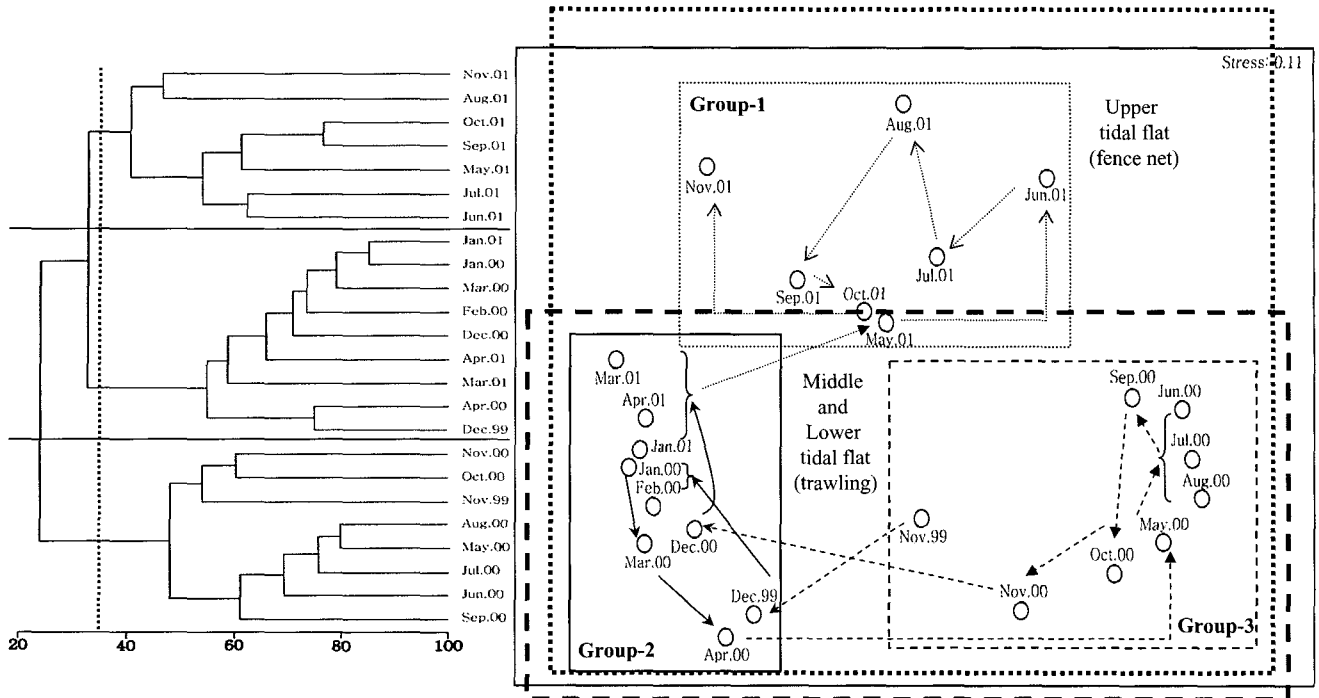


Fig. 9. Dendrogram for hierarchical clustering and 2-dimensional MDS configuration, using group-average linking of Bray-Curtis similarities calculated on square-root transformed abundance data.

기로 어류의 동갈양태(*Repomucenus richardsonii*), 조피볼락(*Sebastes schlegeli*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*), 민태, 참서대(*Cynoglossus joyneri*), 새우류의 중하, 게류의 민꽃게(*Charybdis japonica*)와 꽃게, 두족류의 참오징어와 주꾸미(*Octopus ocellatus*), 극피동물의 분지성게와 하드워분지성게 등이었다. 마지막으로 그룹 3는 1999년 12월, 2000년 1월부터 4월과 2000년 12월부터 2001년 4월의 시기로 구성되었다. 통계에 상대적으로 높은 밀도를 나타내는 종들로 어류의 풀망둑, 비늘흰발망둑, 쉬쉬망둑(*Chaeturichtys stigmatias*), 가송어, 새우류의 밀새우, 자주새우(*Crangon affinis*)와 긴발딱총새우(*Alpheus japonicus*)가 특징적이다. 한편 공간적인 측면을 보면, 본 조사에서 갯벌의 상부와 중·하부에서 공통적으로 출현하는 종은 어류, 갑각류 및 연체동물이 각각 18종, 12종, 2종이었다. 반면 극피동물과 기타 동물군은 상부 조위에서는 채집되지 않아 조하대 인근 해역에서만 서식하는 것으로 판단할 수 있다. 이 가운데 갯벌의 전 조위에서 출현하는 종(공통 출현종)을 제외하면, 전간망에서는 어류의 전어, 밴댕이, 삼치, 게류의 철게, 밤게(*Philyra pisum*), 이매패류의 동죽(*Mactra veneriformis*), 백합(*Meretrix petechialis*)과 복족류의 갯우렁이가 특징적으로 출현하였다. 반면 저인망에서는 어류의 멸치(*Engraulis japonica*), 새우류의 *Heptacarpus* sp.1, 산모양갈갈새우(*Metapenasopsis dalei*), 두족류의 주꾸미, 복족류의 피빨고동(*Rapana venosa*), 극피동물 성게류의 분지성게(*Temnopleurus toreamaticus*)와 하드워분지성게(*T. hardwickii*) 등이 채집되었다(Fig. 6). 따라서 유영생물은 공간적으로 조하대 인근의 갯벌 중·하부를 보다 많이 이용하나, 일부 생물은 갯벌의 상부역까지도 분포하는 것으로 파악되었다. 이상에서 갯벌을 이용하는 유영생물의 군집구조를 보면, 그룹 1과 2·3의 분리로서 유영

생물이 공간적으로 그 분포를 달리하고 있다고 추정할 수 있으나, 이것은 궁극적으로 생물 채집에 이용된 어구의 특성에 따라 발생하는 원인일 가능성이 높다. 반면 그룹 2와 3의 분리는 수온의 계절적인 변화에 따라 결정됨을 알 수 있다. 즉, 수온은 어류를 포함한 유영생물의 군집구조를 결정하며, 일부 종들에게는 생활사의 일부 또는 전부에서 분포 패턴의 차이를 유발시키는 가장 큰 요인으로 알려져 있기 때문이다(Demestre et al., 2000). 특히 우리나라와 같은 온대 기후대에서 수온의 변화는 계절에 따라 다르기 때문에 서식하는 생물들도 산란, 보육, 성장을 위한 일정한 이동형태를 비교적 명확하게 나타내게 된다. 본 조사에서도 수온이 점차 상승하면서 종수, 개체수, 생체량이 증가하는 온대 수역의 일반적인 특징을 보였다(Jin and Tang, 1996). 이것은 봄철에 외해에서 월동한 유영생물이 수온의 상승과 더불어 내만이나 갯벌로 유입되고, 수온이 낮아지면서 외해로 월동회유를 하기 때문에 나타난다는 결과와 잘 부합된다(Lee and Seok, 1984).

### 감사의 글

본 연구는 2000년도 해양수산부의 ‘갯벌 생태계 조사 및 조사 및 지속 가능한 이용방안 연구(BSPM 00072-00-1308-3)’ 일환으로 수행되었습니다.

### 참고문헌

국립수산진흥원, 1999. 한국연근해 유영연체동물도감. 도서출판구덕, 부산. 215pp.

- 국립해양조사원, 2001. 해양조사기술연보. 47pp.
- 김익수, 강언중, 1993. 흰색한국어류도감. 아카데미서적, 서울. 477pp.
- 김훈수, 1973. 한국동식물도감, 제14권 동물편(집게게류). 문교부, 694pp.
- 김훈수, 1977. 한국동식물도감, 제19권 동물편(새우류). 문교부, 414pp.
- 기상청, 2001. 기상월보.
- 서인수, 2003. 인천 갯벌 저서동물의 군집구조와 먹이망. 인하대학교 이학박사학위 논문, 273pp.
- 신민철, 이태원, 1990. 대천해빈 쇄파대 어류군집의 계절변동. 한국해양학회지, **25**(3): 135-144.
- 이태원, 1989. 천수만 저서성어류군집의 계절 변화. 한국수산학회지, **22**: 1-8.
- 이태원, 1993. 아산만 저어류, III. 정점간 양적 변동과 종조성. 한국수산학회지, **26**(5): 438-445.
- 이태원, 김광천, 1992. 아산만 저어류, II. 종조성의 주야 및 계절 변동. 한국수산학회지, **25**(2): 103-114.
- 이태원, 황선완, 1995. 아산만 저어류, IV. 종조성의 최근 3년간 (1990-1993) 변화. 한국수산학회지, **28**(1): 67-79.
- 이태원, 문형태, 최신석, 1997. 천수만 어류의 종조성 변화- 2. 대천해빈 쇄파대 어류. 한국어류학회지, **9**(1): 79-90.
- 이태원, 문형태, 허성희, 2000. 남해안 진해 용원 천해역 어류의 계절에 따른 종조성 변화. 한국수산학회지, **33**(3): 243-249.
- 임환철, 최윤, 2000. 서해 태안연안의 어류상. 한국어류학회지, **12**(3): 215-222.
- 임현식, 이재학, 최진우, 제종길, 1995. 영종도 주변해역의 저서동물 군집. 한국수산학회지, **28**(5): 635-648.
- 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사, 서울. 727pp.
- 한국과학기술연구원해양연구소, 1990. 한국산 두족류에 관한 연구 (I). PE00180-266-3. 146pp.
- 한국해양연구소, 1998. 갯벌의 효율적인 이용과 보존을 위한 연구 (2차년도). BSPE98701-00-1153-3. 559pp.
- 해양수산부국립수산진흥원, 2001. 한국새우류도감. 한글그라픽스, 부산. 224pp.
- 황선도, 1998. 서해 고군산군도 연안 낭장망 어획 수산생물의 종 조성 및 주야 계절 변동. 한국수산학회지, **10**(2): 155-163.
- 황선완, 김종관, 이태원, 2003. 강화도 천해 갯벌의 건간망 어획 어류의 계절 변동. 한국수산학회지, **36**(6): 676-685.
- 허성희, 박석남, 1998. 저인망에 채집된 남해도 연안해역 어류의 종조성 및 계절변동. 한국어류학회지, **10**(1): 11-23.
- Beukema, J. J., 1992. Dynamics of juvenile shrimp *Crangon crangon* in a tidal-flat nursery of the Wadden Sea after mild and cold winters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **83**: 157-165.
- Bray, J.R. and J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, **27**: 325-349.
- Day, J. W. Jr., Hall, C. A. S., Kemp, W. M. and Yanez-Arancibia, A., 1989. Estuarine Ecology. John Wiley, New York. 558pp.
- Demestre, M., P. Sanchez and M. J. Kaiser, 2000. The behavioural response of benthic scavengers to otter-trawling disturbance in the Mediterranean. In: Effects of fishing on non-target species and habitats, edited by Kaiser, M. J. and S. J. de Groot, Oxford, Blackwell Science, pp. 121-129.
- Gibson, R. N., A. D. Ansell and L. Robb, 1993. Seasonal and annual variations in abundance and species composition of fish and macrocrustacean communities on a Scottish sandy beach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **8**: 89-105.
- Henderson, P. A. and R. H. A. Holmes, 1987. On the population biology of the common shrimp *Crangon crangon*(L.)(Crustacea: Caridea) in the Severn estuary and Bristol Channel. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **67**: 825-847.
- Hong, J. S. and J. W. Yoo, 2005. Effects of sediment heterogeneity and tidal elevation on macrofauna in the Yellow Sea(West Central coast of Korea). In preparation.
- Jin, W. and Q. Tang., 1996. Changes in fish species diversity and dominant species composition in the Yellow Sea. *Fish. Res.*, **26**: 337-352.
- LeBris, H., 1988. Fonctionnement des Écosystèmes Benthiques Côtiers au Contact d'Estuaries: la Rade de Lorient et la Baie de Vilaine. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, France, 311 pp.
- 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.
- Margalef, R., 1958. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publ. Inst. Biol. apl. Barcelona*, **9**: 5-27.
- Nakabo T., 1993. Fishes of Japan with Pictorial Keys to the Species. Tokai Univ. Press., 1474pp.
- Pielou, E. C., 1975. Ecological Diversity. John Wiley and Sons, New York. 165pp.
- Reise, K., 1985. Tidal Flat Ecology - An Experimental Approach to Species Interaction. Springer-Verlag Berlin Heidelberg., 191pp.
- Rountree, R. A. and K. W. Abel, 1993. Diel variations in decapod crustacean and fish assemblages in New Jersey polyhaline marsh creeks. *Estua. Coast. Shelf Sci.*, **37**: 181-201.
- Shannon, C. E. and W. Weaver, 1949. The Mathematical Theory of Communication Univ. Illinois Press, Urbana, Illinois, 125pp.
- Simpson, E. H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, **163**: 688.
- Szedlmayer, S. T. and K. W. Abel, 1996. Patterns of seasonal availability and habitat use by fishes and decapod crustaceans in a southern New Jersey estuary. *Estua.*, **19**: 697-709.
- Szedlmayer, S. T. and J. C. Howe, 1997. Substrate preference in age-0 red snapper, *Lutjanus campechanus*. *Envi. Biol. Fish.*, **50**: 203-207.

2005년 8월 16일 원고접수

2006년 6월 12일 수정본 채택

담당편집위원: 신현출