

장봉도 갯벌을 이용하는 대형 및 초대형저서동물 군집의 주야 및 조석주기에 따른 변화

서인수^{1,2} · 홍재상^{1,*}

¹인하대학교 해양과학과, ²(주)해양생태기술연구소

Diurnal and Tidal Variation in the Abundance of the Macro- and Megabenthic Assemblages in Jangbong Tidal Flat, Incheon, Korea

IN-SOO SEO^{1,2} AND JAE-SANG HONG^{1,*}

¹Department of Oceanography, Inha University, Incheon 402-751, Korea

²Marine Eco-Technology Institute Co., Ltd., 485-1 Yongdang, Namgu, Busan 608-830, Korea

갯벌을 이용하는 대형 및 초대형저서동물의 단기 변화양상(조석 및 주야변화)을 파악하기 위하여 2000년 6월 8일과 9일 양일 간에 걸쳐 변형된 오티트롤을 이용하여 현장조사를 실시하였다. 대형 및 초대형저서동물은 총 60종, 6,309개체, 67,835.46 gWWt이 채집되었다. 조사 결과, 대형 및 초대형저서동물의 분포 패턴은 주야와 조석 주기에 따라 변화하였다. 조석에 따라서는 크게 2개로 양분되어 간조 시기와 만조 시기로 구분되었다. 2개의 조석형태에 따른 생물량의 차이를 보면, 간조 시기(13^h30', 16^h30', 01^h30', 04^h30')의 생물량은 만조 시기(19^h30', 21^h30', 10^h30', 13^h00')의 그것과 비교하여 상대적으로 높았다. 한편, 주야에 따라서는 크게 3개의 범주로 구분할 수 있었다. 즉, 1) 야간에 주로 출현하는 종군(자주새우와 보리새우과의 새우류, 꽃게과의 게류, 불락과의 어류), 2) 주간에 주로 출현하는 종군(참꽃뚜기과의 두족류와 멸치과의 어류), 마지막으로 3) 주야에 따른 일정한 분포패턴을 보이지 않는 종군(민태과, 쥐노래미과, 참서대과의 어류, 분지성계과의 성게류) 등이었다. 장봉도 갯벌을 이용하는 대형 및 초대형저서동물의 주야 및 조석 주기에 따른 변화를 조사한 결과, 갯벌을 이용하는 대형 및 초대형저서동물은 주야보다는 조석 주기에 밀접한 연관성을 가지는 것으로 나타났다.

Diurnal and tidal variation in the abundance of the macro- and megabenthic assemblages were studied in the macrotidal flat, Incheon, Korea. The samples were collected by modified otter trawl during 8-9, June 2000. The macro- and megabenthic assemblages comprised a total of 60 species, including 6,309 individuals and 67,835.5 gWWt. As a result, the abundance pattern showed two different categories relating to diel and tidal cycles. First, the diel pattern of these assemblages was subdivided into 3 groups. 1) Diurnal species such as *Hexagrammos otakii*, *Thryssa baelama*, *Loligo beka*, *Metapenaeus joyneri*. 2) Nocturnal species such as *Cynoglossus joyneri*, *Sebastes schlegeli*, *Charybdis japonica*, *Crangon affinis*, *Trachysalambria curvirostris*, *Metapenaeopsis dalei*. 3) Other species showing no obvious pattern with *Johnius grypotus*, *Platycephalus indicus*, *Repomucenus richardsonii*. However, based on the result of Mann-Whitney U-test, diel patterns of macro- and megabenthos did not reveal any significant differences. Second, tidal variation in the macro- and megabenthic assemblages was significant between ebb and flood tides. Total macro- and megafaunal species number, abundance and biomass were higher in ebb tide(13^h30', 16^h30', 1^h30', 4^h30') than in flood tide(19^h30', 21^h30', 10^h30', 13^h00'). As a consequence, the macro- and megabenthic assemblages were clearly influenced by tides but their diel variations were not significantly different.

Keywords: Megabenthic assemblage, Diel variation, Tidal variation, Megabenthos community structure, Intertidal, Korea

서론

갯벌을 포함한 천해의 연안역은 높은 일차생산력과 다양한 형태의 유기물 유입 등으로 생물이 이용할 수 있는 먹이원이 풍부

하다(Levinton, 1995). 갯벌은 조석에 따른 반복적인 노출잠김 현상과 은신처로서의 공간이 조해대 지역과 비교하여 상대적으로 많기 때문에 포식자로부터 포식 당할 위험이 적다는 장점이 있다. 따라서 어류를 포함하여 다양한 해양생물에게 보육장으로 역할을 수행하는 동시에 중요한 서식처이다(van der Veer *et al.*, 1990; Santos and Nash, 1995; Nash and Santos, 1998; Fujita *et al.*,

*Corresponding author: jshong@inha.ac.kr

2002). 해양생물은 다양한 환경요인의 변화에 반응하며, 특히 갯벌 환경에서는 주야와 조석주기에 대형 및 초대형저서동물의 군집구조와 분포에 지대한 영향을 미친다(De Vries *et al.*, 1994; Oishi and Saigusa, 1999; Morrison *et al.*, 2002). 한편, 생물의 운동력 측면에서 이동력이 크지 않은 대형저서동물과 비교해 상대적으로 이동력이 큰 초대형저서동물은 서식하는 환경 상태에 능동적으로 대처하는 습성이 있다. 따라서 인위적인 변화가 심하지 않은 해역에서도 시공간적으로 군집구조와 분포양상의 변화폭이 클 수 있다(이, 1996).

우리나라의 경우, 해양생물의 주야에 따른 군집구조와 분포양상 연구는 황해 중부역 고군산군도의 어류 군집(황, 1998), 아산만의 저어류 군집(이와 김, 1992), 남해 평양만의 어류와 갑각류 군집(허와 안, 1997, 1998; 허와 박, 1997, 1998) 등의 연구가 있다. 이들 연구는 계절변화 연구와 동시에 수행되었다는 점에서 공통점이 있으나, 이 밖의 연구는 계절변화라 하더라도 주간 시간대에 한정되어 현장조사가 이루어졌다는 점에서 차이가 있다(허와 안, 2000). 반면, 조석주기에 따른 해양생물의 군집구조와 분포양상 연구는 충남 대천 해변과 경남 진해의 천해역에 출현하는 어류의 단기 변동(이 등, 1997, 2000; 이, 2001) 연구가 있을 뿐이다.

지금까지 갯벌을 이용하는 대형 및 초대형저서동물 군집을 대상으로 주야와 조석주기에 따른 연구가 상대적으로 적은 이유는 시간적으로 현장조사를 야간에 수행해야 한다는 점과 공간적으로 내만이나 연안환경과 비교해 조석작용 등의 영향으로 현장조사의 제약이 크다는 점에 원인이 있다. 본 연구는 우리나라의 대표적인 습지의 한 형태인 갯벌을 대상으로 대형 및 초대형저서동물의 주야와 조석주기에 따른 군집구조와 분포양상을 알아보는 데 목적이 있으며, 생태학적 기능이 다양한 갯벌을 대상으로 그 변화양상을 파악하는 최초의 시도라는 점에서 의의가 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 총 면적은 약 19.0 km²이다. 간조 시 노출되는 갯벌의 최대 길이는 서쪽의 한들 갯벌이 약 2.0 km 이었고, 동쪽의 웅암 갯벌이 1.2 km 이었다. 방위상으로 서쪽에서 동쪽으로 향할수록 갯벌의 길이가 짧아지는 지형이다(Fig. 1). 장봉도 해역의 조차는 대조차가 8.2 m, 소조차가 3.6 m로 평균 5.9 m의 조차를 보인다. 장봉수로에서 간조 시 밀물은 북동으로 흐르며, 대조 시 최강유속이 104-206 cm/sec에 이른다. 썰물은 만조 시 남서방향으로 흐르며, 만조 후 2시간 30분이 경과하면 최강유속이 90-170 cm/sec에 달한다.

갯벌 퇴적물의 평균 입도는 2.2-6.3 ϕ의 범위에 평균 4.2 ϕ이었다. 한들 갯벌은 평균 3.9 ϕ, 진촌 갯벌과 웅암 갯벌은 각각 4.3 ϕ와 4.4 ϕ이었다. 한들 갯벌에서 웅암 갯벌로 향할수록 상대적으로 세립화되는 경향을 보였다(서, 2003). 한편, 장봉도 인근 해역은 해양생물을 먹이로 하는 각종 조류(鳥類)가 서식하며, 1988년에는 노랑부리백로 및 꿩이갈매기의 번식지로 파악되어 천연기념물 제 360호로 지정되었다. 또한, 2003년에는 국제적으로 보호가 요망되

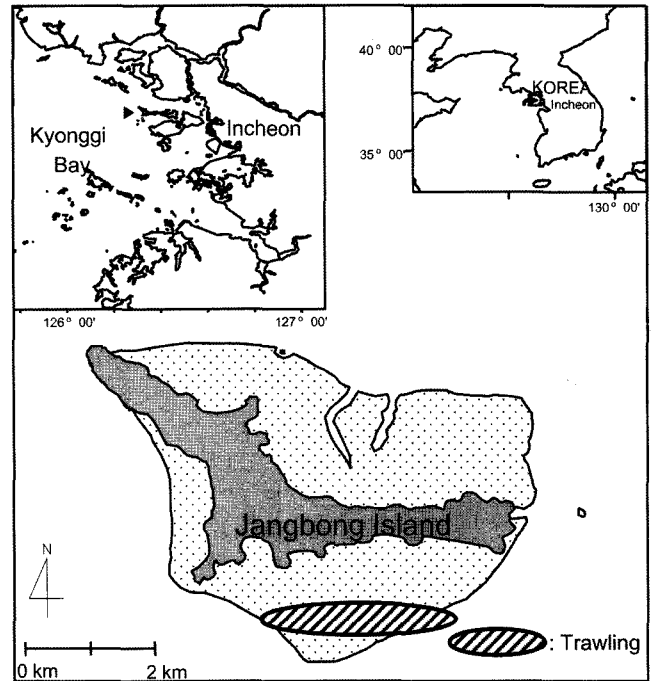


Fig. 1. Location of the sampling sites in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

고 있는 저어새 등의 서식처로써 뿐만 아니라 생물다양성이 뛰어나 습지보호지역으로 지정고시되는 등 생태학적으로 매우 가치가 높은 해역이다(해양수산부 고시 제2003-97호). 그럼에도 불구하고, 1990년대부터 인천국제공항의 건설사업과 관련한 다양한 형태의 개발사업이 이루어져 환경의 변화가 매우 심한 해역으로 지적되고 있다(임 등, 1995). 최근에는 강화도 남단과 장봉도 주변 해역에서 대규모 토사 채취 광업권이 인가되어 갯벌 및 사구지역이 크게 훼손될 위기에 놓였다.

현장조사

주야와 조석주기에 따른 대형 및 초대형저서동물의 군집구조와 분포양상을 파악하기 위하여, 2000년 6월 8일 13시 30분부터 다음날 9일 13시까지 매 3시간 간격으로 갯벌의 중·하부를 대상으로 생물을 채집하였다. 현장조사는 총 8회(매회당 3회의 반복예인을 실시)의 예인을 수행하였고, 이 중 6월 9일 오전 7시 30분 채집은 일기 악화로 인하여 실시하지 못하였다. 대형 및 초대형저서동물은 변형된 오테트롤(modified otter trawl)을 이용하여 채집하였다(Fig. 2). 채집에 이용된 오테트롤은 목줄(ground rope)이 20 m, 바닥줄(bottom rope)이 16 m, 날개그물(wing net)이 좌우 8 m이었다. 당긴그물눈(stretched mesh size)은 날개그물과 몸통그물이 20 mm, 자루그물이 16 mm이었다. 그물은 0.5×1 m 크기의 전개판에 의해 예인시 그물이 벌어지게 된다. 그러나 예인하는 동안 그물이 펼쳐지는 폭은 그물의 형태, 예인속도와 채집된 생물량에 의해 수시로 변하기 때문에 정확한 폭을 예측하기 어렵다는 단점이 있다. 그럼에도 불구하고, 저인망을 이용한 현장조사시 한 정점에서 요구되는 최소 예인시간과 채집면적은 약 60분과 9,000 m²로 보고된 바 있어 본 조사에서는 이를 따랐다(이, 1991).

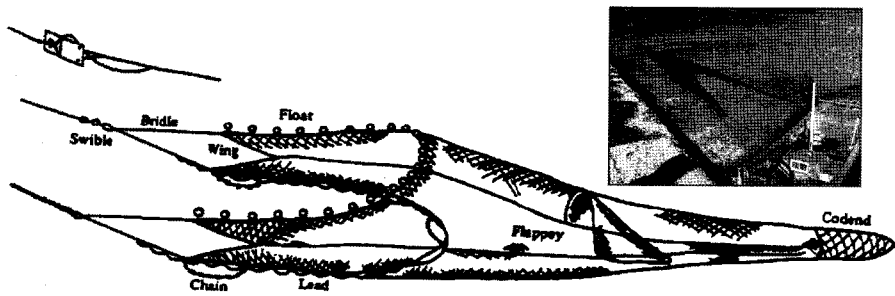


Fig. 2. Sampling apparatus, modified otter trawl used for the collection of macro- and megabenthic animals in the tidal flat around Jangbong Island, Incheon, Korea.

현장에서 채집된 대형 및 초대형저서동물은 최종농도 10%인 중성포르말린으로 고정한 후, 실험실로 운반하였다. 운반된 시료는 각 동물군별로 선별하였고, 중 동정을 시행하였다. 이후 개체수를 계수하고, 생체량(습중량, gWWt)을 측정하였다.

군집구조 분석

출현 종과 개체수의 자료를 이용한 집괴분석은 Bray and Curtis(1957)의 similarity index를 이용하였다. 유사도 지수 행렬로부터 각 조사 시간대와 출현 종을 연결하는 방법으로는 group-average를 적용하였다. 통계분석은 PRIMER(Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) computer package를 이용하여 수지도(dendrogram)와 다차원척도법(MDS ordination)으로 표현하였다. 한편, 대형 및 초대형저서동물의 주야와 조석주기에 따른 출현 생물량을 비교하기 위하여 SPSS computer program(1999)을 이용하여 Mann-Whitney U-test를 실시하였다.

결 과

출현 종수, 개체수와 생체량의 변화

오토트롤을 이용한 8회의 현장조사 결과, 총 60종, 6,309개체, 67,835.5 gWWt이 채집되었다(Table 1). 갑각류와 어류가 각각 22종과 21종이 출현하여 36.7%와 35.0%를 점유하여 전체의 약 72.0%를 차지하였다. 연체동물류는 12종이 채집되어 20.0%를 차지하였고, 극피동물류와 기타 동물군은 3종(5.0%)과 2종(3.3%)이 출현하였다. 조사가 이루어지지 않은 7시 30분대를 제외하면, 조사 시간대별 출현 종수는 19종(10시 30분)에서 41종(1시 30분)의 범위에 평균 출현 종수는 28종이었다. 분류군별 출현 종수는 어류와 갑각류가 시간대 별로 각각 10종(어류 \pm 2종, 갑각류 \pm 3종)이 출현하였고, 연체동물류는 5종(\pm 3종)이 채집되었다. 출현 종수는 갑각류와 연체동물류의 변화폭이 어류와 비교해 더 컸다. 개체수는 어류와 갑각류가 2,769개체와 2,758개체가 채집되어 각각 43.9%와 43.6%를 점유하여 이들 두 그룹이 전체의 87.5%를 차지하였다. 다음으로 연체동물류, 극피동물류 및 기타 동물군의 순으로 552개체(8.8%), 175개체(2.8%) 및 55개체(0.9%)가 채집되었다.

시간대별 평균 출현 개체수는 789개체(\pm 402개체)이었고, 오전 시간대인 10시 30분에 184개체로 적었고, 한 밤중인 1시 30분에 1,279개체로 가장 많았다. 전반적으로 출현 밀도는 야간인 22시 30분부터 4시 30분대에 1,000개체 이상으로 많았다. 분류군별 개체수에 있어 어류와 갑각류는 평균 346개체(\pm 184개체)와 345개체

(\pm 286개체)가 채집되었고, 갑각류의 밀도 변화가 어류와 비교해 상대적으로 더 컸다. 생체량은 어류가 35,835.5 gWWt을 나타내 전체의 52.8%를 차지하였고, 갑각류는 19,350.5 gWWt으로 28.5%를 점유하였다. 연체동물류와 극피동물류는 7,144.3 gWWt(10.6%)과 5,169.9 gWWt(7.6%)이 채집되었고, 기타 동물군은 335.3 gWWt(0.5%)으로 낮았다. 조사 시간대별 평균 생체량은 최소 2,049.9 gWWt에서 최대 16,034.7 gWWt의 범위에 평균 8,479.4 gWWt(\pm 4,757.0 gWWt)이었다. 생체량은 주간인 13시 30분, 16시 30분과 야간인 1시 30분에 10,000.0 gWWt이상으로 높았다. 분류군별 생체량의 변화는 어류와 갑각류가 4,479.4 gWWt(\pm 2,199.3 gWWt)과 2,418.8 gWWt(\pm 1,766.8 gWWt)을 나타내었고, 갑각류에서 상대적으로 변화가 컸다.

한편, 군집구조 파악을 위하여 총 출현 밀도(6,309개체)의 0.5% 이상(46개체)을 점유하는 18종을 대상으로 집괴분석을 시행하였다. 이 중 토굴에 부착하여 생활하는 미더덕은 분석에서 제외하였다. 분석 결과, 조사 시간대에 따라 크게 3개의 그룹으로 구분되었다. 그룹 1은 일몰 직후의 19시 30분과 야간인 22시 30분 시기 이었고, 만조 전과 만조에 해당하였다. 그룹 2는 한 밤중인 1시 30분과 4시 30분으로 간조 전과 간조이었다. 그룹 3은 주간대인 13시 30분, 16시 30분, 10시 30분, 13시로 구성되었다(Fig. 3).

주야에 따른 종수, 개체수와 생체량의 변화

주야에 따른 생물량의 차이를 알아보기 위하여, 총 8회의 조사에서 각 4회의 주간(13^h30', 16^h30', 10^h30', 13^h00')과 야간(19^h30', 22^h30', 01^h30', 04^h30')의 생물량을 비교하였다. 주간에는 총 41종이 출현하였고, 야간에는 51종이 채집되어 출현 생물의 종 다양도는 야간에 높았다. 이 가운데, 주간에는 한낮인 13시 30분과 16시 30분에 31종과 27종이 출현하여 오전 시간대와 비교하여 상대적으로 많았다. 반면, 야간에는 일몰직후보다는 한밤중인 1시 30분과 4시 30분에 41종과 35종이 출현하여 다양하였다. 개체수에 있어서도 주간에는 2,496개체가 출현하였고, 야간에는 3,813개체가 채집되었다. 특히 갑각류의 밀도는 주간(627개체)과 비교하여 야간(2,131개체)에 약 3배 이상 증가하였다. 생체량은 주간에는 31,906.3 gWWt이, 야간에는 35,929.2 gWWt이 채집되어 야간에 상대적으로 높았다. 주간에는 16시 30분에 12,146 gWWt을, 야간에는 1시 30분에 16,034.7 gWWt으로 높았고, 이들 시간대는 모두 간조를 전후한 시기라는 점에서 공통점이 있었다(Table 2). 전반적으로 출현 종수, 개체수와 생체량이 야간에 높았음에도 불구하고 주야에 따라 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 그러나 가장 높은 밀도를 나타낸 어류와 갑각류 중 새우류를 대상으로 실시한

Table 1. Temporal variation in species composition of macro- and megafaunal assemblages collected by modified otter trawl on a macrotidal flat during the spring tide in June 8-9, 2000(N and W represent the number of individuals and biomass (gWWt) per hauls (9,000 m²))

Taxa	13:30		16:30		19:30		22:30		1:30		4:30		7:30		10:30		13:00		Total			
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W		
Crustacea																						
Amphipoda																						
<i>Monocorophium acherusicum</i>					1	0.01													1	0.01		
Brachyura																						
<i>Charybdis japonica</i>	381,644.1		271,271.3		3	144.5	12	460.9	109,345.5	201,000.3						5	296.8	8	405.7	222	8,680.1	
<i>Eucrate crenata</i>									2	4.4									2	4.4		
<i>Neodorrype japonica</i>									9	48.9	1	2.1								10	51.0	
<i>Parthenope validus</i>	2	32.2	1	16.3																3	48.5	
<i>Portunus trituberculatus</i>	2	382.7			2	16.8			2	503.8	2	172.8								17	1,665.3	
<i>Pugettia quadriens</i>									1	34.5										1	34.5	
<i>Tritodynamia rathbuni</i>					1	0.7														1	0.7	
<i>Acetes chinensis</i>					1	0.2														1	0.2	
<i>Alpheus japonicus</i>	1	0.7					1	2.3	42	85.4	2	3.0								46	91.4	
<i>Alpheus rapax</i>			1	4.0			2	19.0	6	26.8	1	5.4								10	55.2	
<i>Crangon affinis</i>	10	16.2	31	62.2	49	93.1	130	248.6	182	337.8	179	340.5				30	59.8	12	24.3	623	1,182.4	
<i>Latreutes micronatus</i>					1	0.2														1	0.2	
<i>Leptochela gracilis</i>																1	0.3			1	0.3	
<i>Metapenaeopsis dalei</i>	40	29.7	2	0.8	3	1.8	92	76.0	109	90.9	178	155.6				10	8.2	30	24.3	464	387.3	
<i>Metapenaeus joyneri</i>	62	324.6	62	324.2	2	9.7	1	5.1	16	87.8	118	642.8				12	65.7	111	599.2	384	2,059.1	
<i>Palaemon carinicauda</i>									2	7.0	21	55.2								23	62.1	
<i>Palaemon macrodactylus</i>									1	1.6										1	1.6	
<i>Penaeus orientalis</i>	1	28.5	1	28.8							1	36.9								3	94.2	
<i>Trachysalambria curvirostris</i>	6	9.8	21	33.8	44	92.3	298	612.3	308	598.9	113	264.8				38	77.7	828	1,689.6			
<i>Exocirrolana</i> sp.							3	0.3	1	0.1	1	0.1								5	0.5	
Stomatopoda																						
<i>Oratosquilla oratoria</i>	18	665.5	12	366.2	3	57.8	5	74.4	28	662.0	22	690.2				2	63.6	21	662.0	111	3,241.8	
Echinodermata																						
Echinoidea																						
<i>Temnopleurus hardwickii</i>	7	120.9	2	70.6			1	7.6	3	72.2	4	29.7								17	301.1	
<i>Temnopleurus toreamaticus</i>	26	945.6	40	1,254.2	1	22.3	2	60.3	30	978.0	49	1,387.4				2	79.6	6	139.4	156	4,866.8	
Ophiuroidea																						
<i>Ophiotrix exigua</i>	2	2.1																		2	2.1	
Pisces																						
Echinoidea																						
<i>Acanthogobius hasta</i>							1	3.9			1	14.3								2	18.2	
<i>Acanthogobius laridus</i>							1	0.8	6	14.7	2	6.7								9	22.2	
Ophiuroidea																						
<i>Collichthys</i> sp.																1	13.9			1	13.9	
<i>Cynoglossus joyneri</i>	21	402.6	34	775.9	5	102.0	20	415.7	110	2,600.6	31	821.3				16	377.7	40	834.6	277	6,330.5	
<i>Favonigobius gymnanchen</i>	1	3.5																		1	3.5	
<i>Hexagrammos otakii</i>	31	342.0	23	231.8	5	64.8	4	54.7	19	209.6	8	107.0				4	43.0	4	36.5	98	1,089.5	
<i>Johnius grypotus</i>	263	2,893.2	291	3,146.5	190	1,794.9	614	4,997.7	167	2,066.3	64	1,097.2				37	371.9	207	2,115.2	1833	18,482.9	
<i>Kareius bicoloratus</i>	1	124.7	1	210.2							2	394.9								4	729.8	

Table 1. continued

Taxa	13:30		16:30		19:30		22:30		1:30		4:30		7:30		10:30		13:00		Total		
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	
Pisces																					
<i>Konosirus punctatus</i>	1	31.5																	1	31.5	
<i>Pholis fangi</i>					1	1.5						1	13.4						2	14.9	
<i>Platycephalus indicus</i>	13	558.6	12	862.4			3	119.7	9	354.6	15	623.2			2	80.2	11	487.8	65	3,086.6	
<i>Repomucenus richardsonii</i>	18	64.8	19	138.7	3	17.3	8	41.1	20	117.4	25	118.3			8	55.6	22	174.2	123	727.4	
<i>Sardinella zumasi</i>																	1	15.9	1	15.9	
<i>Sebastes schlegelii</i>	2	148.8	8	591.5	1	69.8			32	714.0	5	403.0			1	54.2	1	54.2	49	1,981.4	
<i>Silago sihama</i>											5	62.9							5	62.9	
<i>Takifugu niphobles</i>	1	15.6	4	40.7	1	18.9					11	117.5			1	11.2			18	203.9	
<i>Thryssa baelama</i>	64	532.0	120	1,161.8	3	26.2	1	7.8	5	42.0	46	452.3			13	91.0	2	20.7	254	2,333.9	
<i>Trachyrhampus serratus</i>	2	2.0			1	2.1											1	2.6	4	6.8	
<i>Trienopogon barbatus</i>					1	11.2			5	55.6									6	66.7	
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>					1	0.8	1	0.8	9	44.4									10	45.2	
<i>Zoarces gilli</i>									4	403.3	1	98.2					1	66.5	6	568.0	
Mollusca																					
Bivalvia																					
<i>Arca arabica</i>			1	3.5					3	6.9	2	6.4							6	16.8	
<i>Musculus senhousia</i>									1	0.0									1	0.0	
<i>Ostrea densellamerosa</i>			2	248.5					4	590.5									6	839.0	
Cephalopoda					2	9.8	4	39.6	7	48.7							1	12.2	14	110.4	
<i>Loligo beka</i>	184	928.5	169	820.1					3	13.6	32	192.7			29	196.7	13	74.2	430	2,225.7	
<i>Octopus minor</i>									9	1,358.8	1	121.5			3	449.8	3	449.8	13	1,930.1	
<i>Octopus ocellatus</i>	2	57.4	3	118.6	1	64.0	1	22.8	3	122.2	3	99.8			1	26.7	2	70.5	16	582.0	
Gastropoda									1	3.9									1	3.9	
<i>Euspira fortunei</i>					1	13.6	1	21.7											2	35.4	
<i>Neverita didyma</i>			1	6.5															1	6.5	
<i>Philine argentata</i>	2	1.8																	2	1.8	
<i>Rapana venosa</i>	29	621.6	14	319.5			3	106.0	3	123.4	11	222.4							60	1,392.9	
Others																					
Urochordata																					
<i>Styela clava</i>	16	32.9	6	37.6			4	32.6	4	58.1	19	89.0			3	12.1			52	262.2	
Cnidaria																					
<i>Cavernularia obesa</i>	1	5.4							2	67.6									3	73.0	
Total	867	10,969.7	908	12,146.0	323	2,620.3	1,214	7,425.3	1,279	16,034.7	997	9,848.9	184	2,049.9	537	6,740.7	6309	67,835.5			

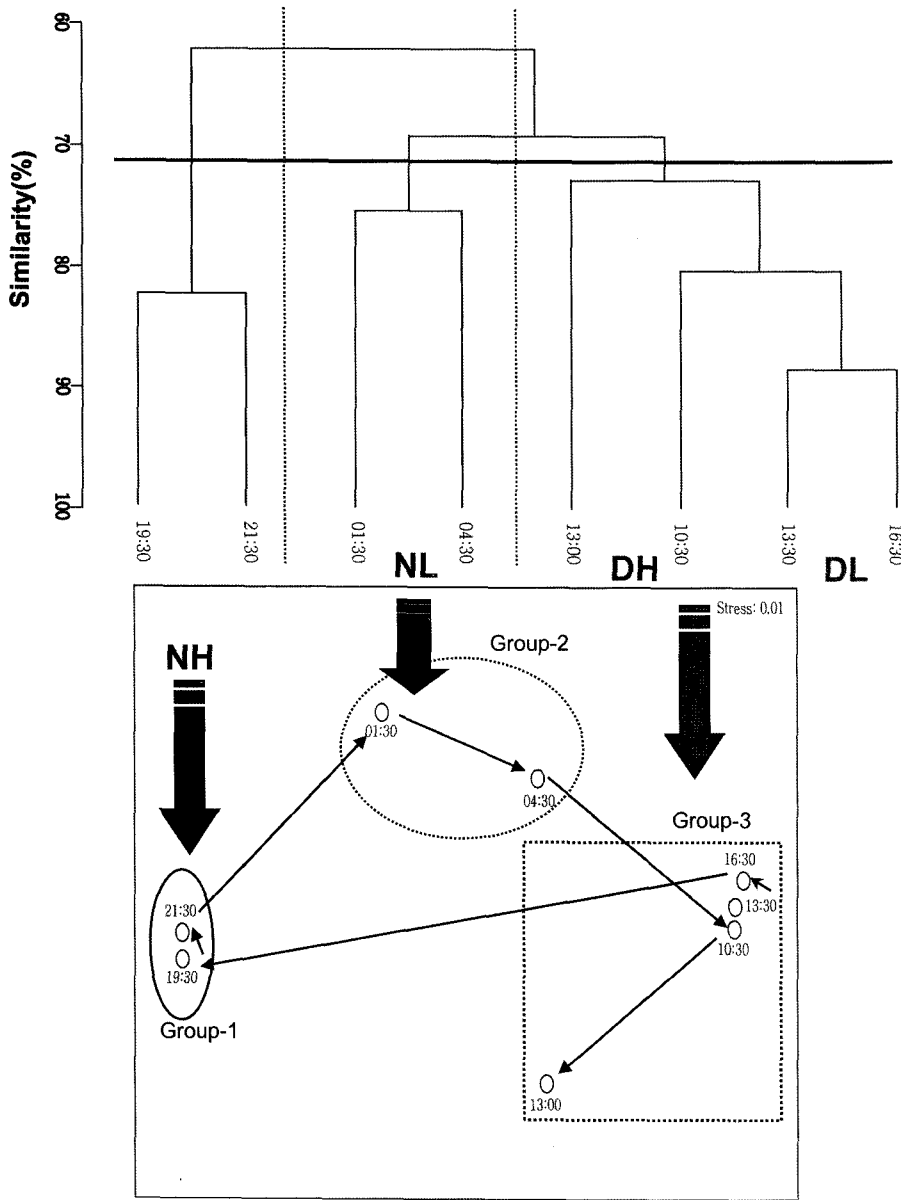


Fig. 3. Dendrogram for hierarchical clustering and 2-dimensional MDS configuration, using group-average linkage by Bray-Curtis similarities calculated on fourth-root transformed abundance data (DH, day high; NH, night high; DL, day low; NL, night low).

Mann-Whitney U-test에서 새우류는 주야에 출현 종수, 개체수 및 생체량에 차이가 있었다($p < 0.05$).

차이가 있었다($p < 0.05$). 이것은 조석 주기가 군집구조에 영향을 주었다는 것을 지적해 주고 있다.

조석 주기에 따른 종수, 개체수 및 생체량의 변화

조석 주기에 따른 출현 종수, 개체수 및 생체량의 변화를 알아보기 위하여, 간조 전(Mid falling-MF), 간조(Low-L), 만조 전(Mid rising-MR), 만조(High-H)로 구분하여 분석을 실시하였다. 가장 많은 종이 출현한 시기는 간조 전과 간조로 평균 31종이 채집되었다. 반면, 만조와 만조 전에는 평균 23종과 22종이 출현하였다. 개체수와 생체량에 있어서도 간조와 간조 전에는 각각 평균 953개체, 10,997.5 gWWt과 894개체, 11,248.3 gWWt으로 높았다. 반면, 만조에는 699개체와 4,737.6 gWWt을 나타내었고, 만조 전에는 323개체와 2,620.3 gWWt으로 낮았다(Table 2). 이상과 같이 갯벌을 이용하는 유영생물의 생물량은 조석 주기에 따라 유의한

주요 우점종의 주야와 조석 주기에 따른 변화

어류는 총 15과 21종이 출현하였고, 2,769개체가 채집되었다. 이 중, 민태(*Johnius grypotus*)는 1,833개체가 채집되었고, 어류 총 출현 개체수의 66.2%를 점유하였다. 시간대별 평균 출현 밀도는 229개체(± 179 개체)이었고, 주야에 따른 밀도 변화는 크지 않았으나, 야간의 만조와 주간간의 간조에 상대적으로 밀도가 높았다. 참서대(*Cynoglossus joyneri*)는 277개체가 채집되었고, 평균 밀도는 35개체(± 32 개체)이었다. 전반적으로 야간과 간조에 밀도가 높았다. 중요 상업종인 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*)와 조피볼락(*Sebastes schlegelii*)은 각각 98개체(평균 12 ± 11 개체)와 49개체(평균 6 ± 11 개체)가 채집되었다. 이 중 쥐노래미는 주간, 조피볼락은 야간에

Table 2. Comparison of diel and tidal variations of macro- and megabenthic assemblages in the tidal flat of Jangbong Island, Incheon, Korea (Data represent the average value)

Diel variation	Daytime	Nighttime	Statistics	Remarks
Species number	25	31		
Abundance (inds.)	624	953	P>0.05	Nighttime > Daytime
Biomass (gWWt)	7,976.6	8,982.3		
Tidal variation	Flood stage	Ebb stage	Statistics	Remarks
Species number	23	31		
Abundance (inds.)	699	926	P<0.05	Ebb > Flood
Biomass (gWWt)	4,737.6	10,997.5		

Tests are Mann-Whitney U-test.

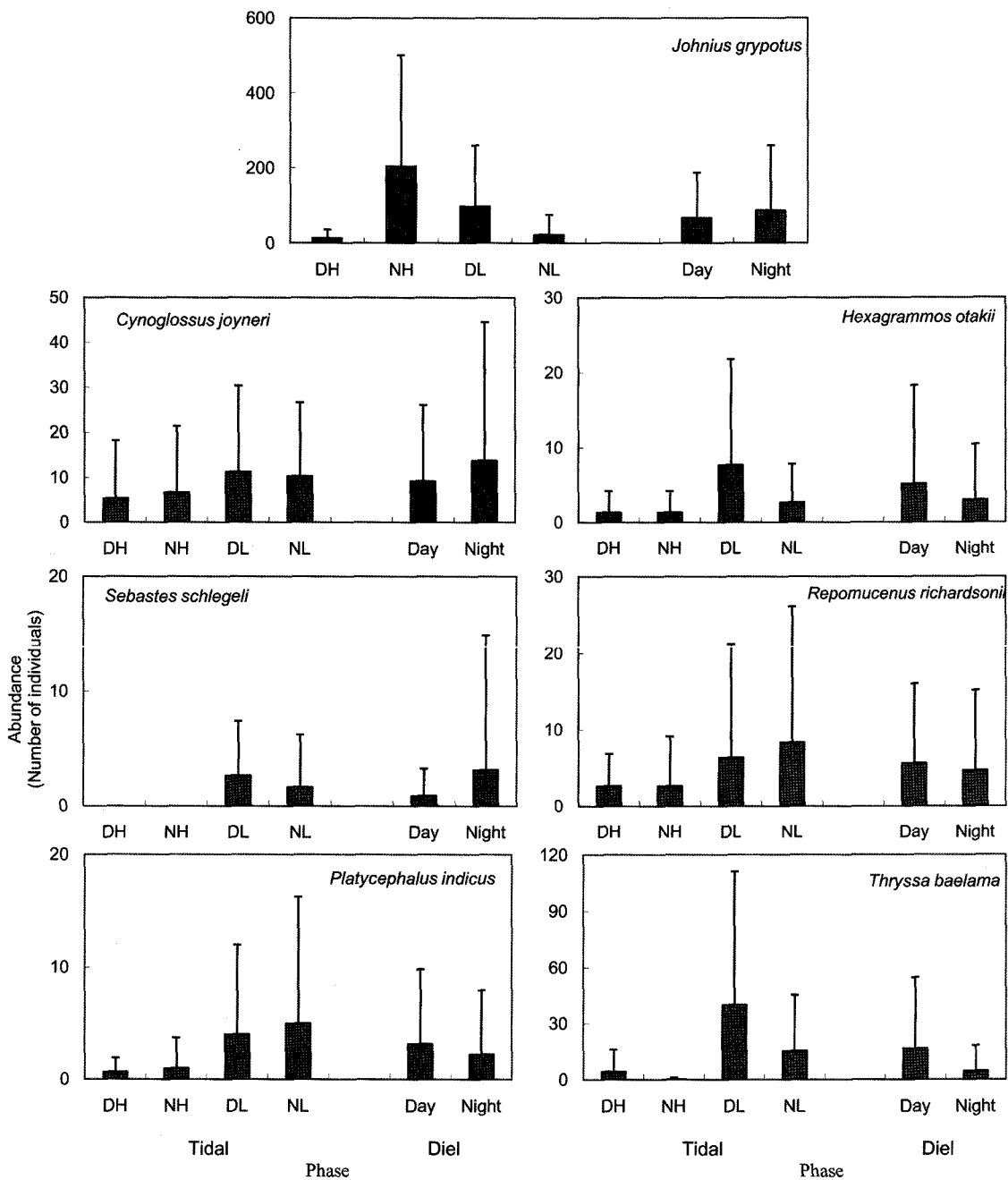


Fig. 4. Abundance of fish species caught by modified otter trawl (DH, day high; NH, night high; DL, day low; NL, night low).

상대적으로 밀도가 높은 특징을 보였다. 반면, 조석 주기에 따라서는 2종이 공통적으로 간조에 개체수가 많았다. 동갈양태 (*Repomucenus richardsonii*)와 양태(*Platycephalus indicus*)는 123 개체(평균 15±8개체)와 65개체(평균 8±6개체)가 출현하였다. 주야에 따른 출현 개체수의 차이는 크지 않았으나, 간조에 밀도가 높았다. 반지(*Thryssa baelama*)는 254개체가 채집되었고, 평균 출현 밀도는 32개체(±43개체)이었다. 주간과 간조에 상대적으로 개체수가 많았다(Fig. 4).

게류는 총 6과 7종으로 256개체가 채집되었고, 민꽃게(*Charybdis japonica*)와 꽃게(*Portunus trituberculatus*)가 대표적인 종이였다. 이 중 민꽃게는 222개체가 채집되어 가장 밀도가 높았고, 3~109 개체의 출현 범위에 평균 출현 개체수는 28개체(±35개체)이었다. 특히 한 밤중인 1시 30분에 밀도가 가장 높았고, 간조에 개체수가 많았다. 반면, 꽃게는 17개체가 채집되어 상대적으로 적어 주야와 조석주기에 따른 뚜렷한 특징을 발견할 수 없었다(Fig. 5).

새우류는 총 7과 12종이 출현하였고, 2,385개체가 채집되었다. 이 중 꽃새우(*Trachysalambria curvirostris*)가 포함된 보리새우과(Penaeidae)는 1,679개체가 채집되어 전체의 70.4%를 차지하였다. 자주새우과(Crangonidae)는 자주새우(*Crangon affinis*)만이 623개체가 채집되어 26.1%를 점유하였다. 징거미새우과(Palaemonidae)는 불과 24개체가 채집되어 밀도가 매우 낮았다. 중요 우점종의

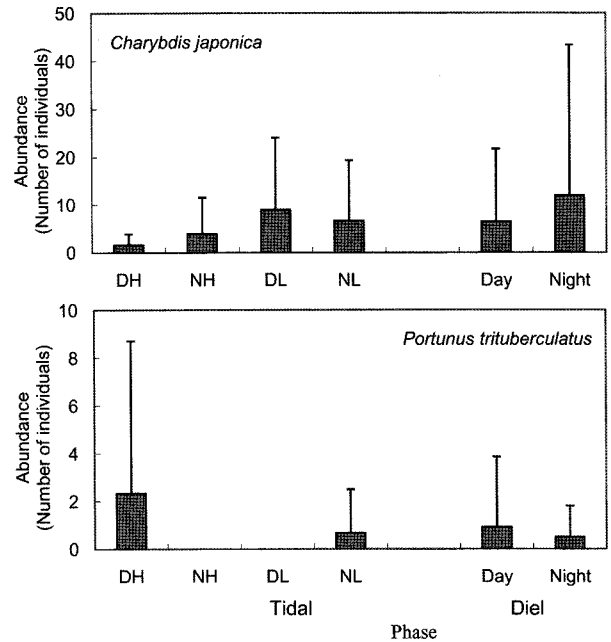


Fig. 5. Abundance of crab species caught by modified otter trawl (DH, day high; NH, night high; DL, day low; NL, night low).

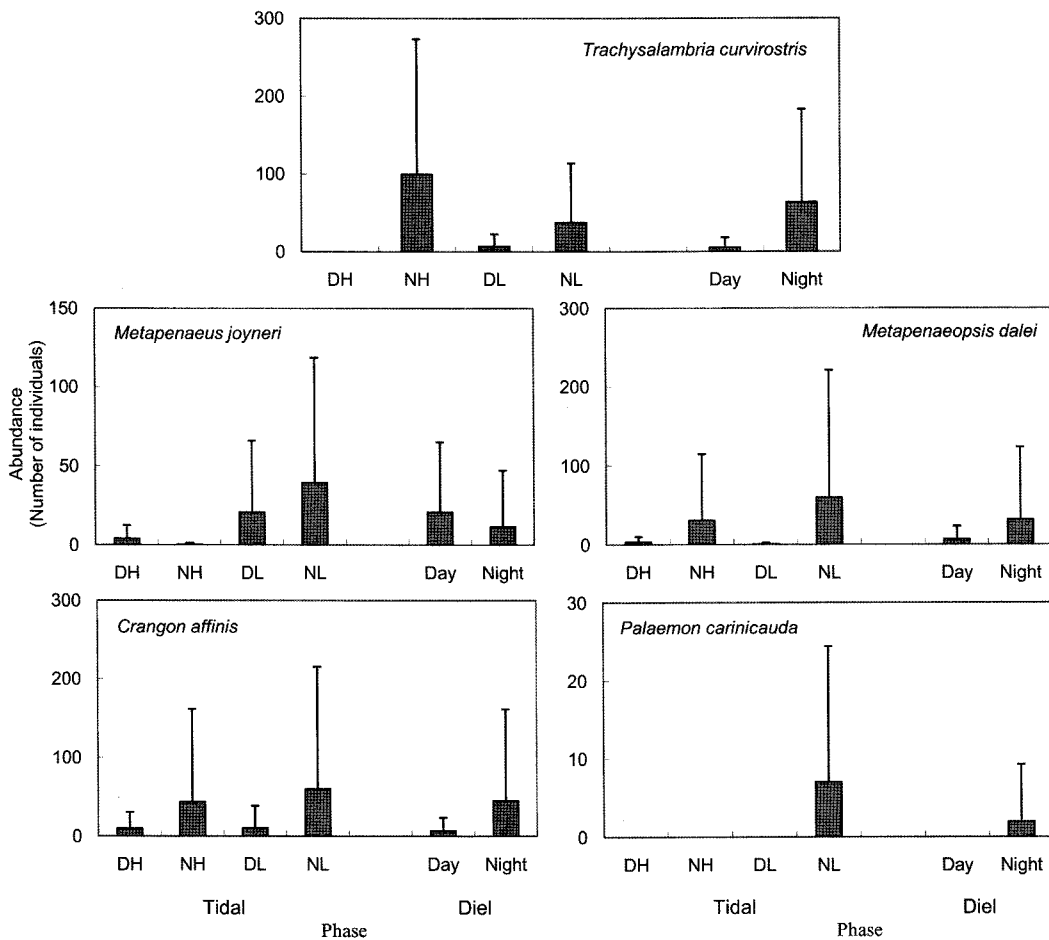


Fig. 6. Abundance of shrimp species caught by modified otter trawl (DH, day high; NH, night high; DL, day low; NL, night low).

변화양상을 보면, 꽃새우는 총 828개체가 채집되었고, 평균 밀도는 104개체(± 128 개체)이었다. 조석 주기와 무관하게 야간에 밀도가 매우 높았다. 반면, 중하(*Metapenaeus joyneri*)는 총 384개체가 채집되었고, 평균 48개체(± 48 개체)가 출현하였다. 다른 새우류와는 구별되어 주간에 상대적으로 밀도가 높았고, 조석 주기에 따라라도 간조에 개체수가 많았다. 자주새우와 산모양갈새우(*Metapenaeopsis dalei*)는 각각 623개체(평균 78 \pm 74개체)와 464개체(평균 58 \pm 63개체)가 채집되었고, 꽃새우의 주야 및 조석 주기 변화 양상과 동일하였다. 이 밖에 밀새우(*Palaemon carinicauda*)는 총 23개체가 채집되어 매우 적었고, 야간의 간조에만 채집되는 특징을 보였다(Fig. 6).

고 찰

한반도의 천해 연안역에 서식하는 대형 및 초대형저서동물에 대한 연구는 서남해안의 내만 해역을 중심으로 수행되어 왔으며, 이 가운데 주야에 따른 군집의 변화는 아산만(이와 김, 1992), 고군산군도(황, 1998), 광양만(허와 안, 1997, 1998; 허와 곽, 1997, 1998)에서 이루어진 바 있다. 특히 광양만에서 수행된 조사를 제외하면 어류 군집 연구에 국한되어 있다는 것이 특징이다. 채집 기기에 있어서도 고군산군도는 정치망을 이용한 수동적인 채집방법으로 본 연구와 차이가 있으며, 그 밖의 연구들은 오토트롤을 이용했다는 점에서 동일하다. 한편, 지금까지의 연구에 의하면 동일 해역이라 할지라도 채집 기기의 선택성에 따라 생물의 종 구성과 생물량이 다르기 때문에 한 해역의 생물 군집을 파악하기 위하여 여러 가지 형태의 채집기를 이용하는 것이 바람직하다는 의견이 제시된 바 있다(허와 곽, 1998).

본 조사에 이용된 오토트롤은 저층의 밑바닥을 예인하기 때문에 저서성의 대형 및 초대형저서동물이 주로 채집되는 것이 일반적인 경우로 부어류 등의 표영성 유영생물의 채집시에는 자료의 결손이 불가피할 수 있다. 그러나, 본 조사와 같이 갯벌을 대상으로 하는 경우에는 생물 채집의 수심이 상대적으로 낮기 때문에 저서성 및 표영성 생물의 채집이 동시에 가능하여 이러한 문제점을 보완할 수 있었다. 한편, 공간적인 측면에서 갯벌과 비교적 유사한 생태계로 구분할 수 있는 환경에서의 연구는 대천 해변, 진해 용원의 천해역(이 등, 1997, 2000; 이, 2001)과 동해 영일만 모래 해변(Suh et al., 1995)에서의 연구가 있다. 그러나, 전자는 어류를 대상으로, 후자는 곤쟁이류의 주야 수평 분포를 연구했다는 점에서 차이가 있다. 이 중 대천과 진해의 쇄파대 해안은 파도가 부서지는 지역에서의 연구이기 때문에 환경적으로 해변의 경사와 파랑의 세기가 중요하다. 반면, 갯벌은 조석작용이 생물에게 보다 영향을 미치며, 생물의 분포와 군집구조를 결정한다. 이상에서 기술한 바와 같이 본 조사는 채집기간, 채집 기기, 서식처의 환경 등이 뚜렷하게 구분될 뿐만 아니라, 1년 중 이틀을 택한 8회의 현장 조사로 제한되어 있다는 점에서 다른 연구결과들과 직접적인 비교가 불가능하였다. 그럼에도 불구하고, 대형 및 초대형저서동물 군집이 주야와 조석 주기에 따라 갯벌 서식처를 어떻게 이용하는가를 파악할 수 있다는 점에서 의의가 있다.

주야에 따른 유영생물의 군집과 우점종의 변화

갯벌을 포함하는 천해역에서 생물은 하루 중에도 명확한 주기

적 행동 패턴을 보이는 것으로 알려져 있다(Nash et al., 1994), 이것은 군집 내에 속한 종들이 어떻게 시간을 달리하면서 서식처를 이용하는가를 판단하는 기초자료로서 이해할 수 있다(Gibson et al., 1996). 본 조사에서 주야에 따른 대형 및 초대형저서동물상을 비교해 보면, 평균 출현 종수는 주간에 25종, 야간에 31종이 출현하였다. 개체수와 생물량은 주간에 평균 624개체와 7,976.6 gWWt 이, 야간에 953개체와 8,982.3 gWWt이 채집되어 모든 생물량에서 야간에 높았다(Table 2). 그러나 통계적으로 주야간에 채집된 대형 및 초대형저서동물의 생물량에는 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 아산만의 저어류 군집 연구에서도 야간에 상대적으로 채집 밀도가 높았음에도 불구하고, 주야에 따라 종 조성이나 개체수 면에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다(이와 김, 1992). 이러한 경향은 쇄파대 해변에서 출현하는 어류 군집에서도 유사하였다(이, 2001). 결국, 소수종이 야간 또는 주간의 특정시기에만 출현하거나 혹은 출현 빈도나 채집량이 상대적으로 적기 때문에 발생하며, 혹은 채집표본의 크기가 적다는 점에 원인이 있다는 연구결과와 일치한다고 볼 수 있다(이와 김, 1992; 이, 2001).

본 조사에서 특징적인 현상으로 주간에는 어류가, 야간에는 갑각류가 높은 밀도로 출현하고 있어 주야에 따른 생물량은 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났으나, 이 중 새우류만은 주야에 따라 차이가 있었다($p < 0.05$). 특히 야간에 나타나는 새우류 및 계류의 높은 밀도는 갑각류의 생물학적 특성이 잘 반영된 결과로 해석할 수 있다. 대형 갑각류는 해조류에 부착하거나 바위틈에서 휴식을 취하는 형태로 주간에는 비활동적인 반면에 야간에는 부유성 먹이를 섭취하기 위하여 활발한 행동 양상을 보인다(Oishi and Saigusa, 1999). 따라서 본 연구에서도 이들의 밀도가 야간에 높은 것은 당연한 결과로 추정할 수 있다. 한편, 대형 및 초대형저서동물의 주야 출현량과 종 조성의 차이는 빛과 수온 등의 비생물적 요인, 어구를 피하는 정도, 생물 고유의 생물학적 특성과 먹이경쟁 등의 생물 상호작용이 공통된 원인으로 알려져 있다(Leber and Greening, 1986). 이 가운데 한가지 고려할 점은 야간에는 생물이 채집기를 피하는 정도가 주간에 비하여 상대적으로 적기 때문에 어획량이 많을 수 있다는 것이 제기된 바 있다(Heck and Thoman, 1984). 그러나 유영생물이 시각적으로 채집기를 인지하고 회피하는 정도가 주야의 밀도 변화에 어느 정도의 영향을 미치는가에 대한 고려가 있어야 할 것으로 생각된다. 뉴질랜드 갯벌에서 수행된 연구결과를 보면(Morrison et al., 2002), 조사해역의 탁도는 30 cm 미만으로 매우 높아 주간이라 하더라도 채집기를 인지하고 회피하는 것은 상대적으로 어려운 환경이었다. 그럼에도 주간과 야간의 생물량에 차이가 발생하고 있다. 이것은 결국 주야 생물량의 차이가 단순히 빛과 관련한 시각적인 영향보다는 생물 고유의 행동양식이 보다 중요하게 반영된 것임을 입증하는 것이다(Rountree and Able, 1997). 본 연구에서도 몇몇 우점종의 어획량은 주간에 높았고, 소수종은 주간에만 어획되기도 하였다. 이 중 주간에는 쥐노래미, 반지, 참오징어와 중하가 상대적으로 밀도가 높았다. 반면, 야간에는 참서대, 조피볼락과 민꽃게, 자주새우, 꽃새우, 산모양갈새우 등이 높은 밀도를 보였고, 특히 주간과 비교하여 2배에서 20배의 밀도 차이를 보였다. 또한, 긴발딱총새우, 풀망둑, 비늘흰발망둑, 두족류의 귀오징어 등은 야간에만 특징적으로 출현하였으나, 개체 밀도가 2~4개체의 범위로 매우 적어 일반화하기에는 어

렵다고 볼 수 있다. 결국 대형 및 초대형저서동물 군집의 주야에 따른 차이는 서식처의 물리적 환경 및 종이 갖는 생물학적 특성에 따라 상이하게 나타난다는 결과와 부합된다고 볼 수 있다(이와 김, 1992).

조석 주기에 따른 유영생물의 군집과 우점종의 변화

갯벌 환경은 포식에 따른 사망율을 줄일 수 있고, 풍부한 먹이 생물의 서식으로 최적의 성장과 먹이섭취가 이루어지는 환경을 제공한다. 따라서 개별 생물의 섭식행동과 포식자로부터의 회피 등과 연관된 이동양상은 생물의 생존과 성장에 지대한 영향을 미치게 된다. 특히, 소조차 지역과 비교하여 대조차 환경에서 생물의 이동은 조석 작용에 의해 좌우되며, 먹이를 구하고, 포식자로부터 위협을 피하기 위하여 만조에는 갯벌의 상부역을 포함한 전역을 이용한다(van der Veer and Bergman, 1986; Ansell and Gibson, 1990). 본 조사에서 만조와 간조의 생물 어획량을 비교했을 때, 간조 시기(간조와 간조 전)에는 평균 31종, 926개체, 10,997.5 gWWt 이 채집되어 만조 시기(만조와 만조 전)의 23종, 699개체, 4,737.6 gWWt보다 종수와 개체수는 1.5배, 생체량은 약 2배 이상 높았다(Table 2). 중요 우점종에 있어서도 어류와 갑각류의 계류는 공통적으로 간조시에 출현 밀도가 높았다. 반면, 새우류는 간조 시기에 밀도가 높았던 중하를 제외하면 조석 주기에 따른 밀도 차이는 없었다. 이러한 현상의 원인은 만조 시기에는 유영생물이 갯벌 전역에 넓게 분포하기 때문에 어획량이 상대적으로 적었을 것으로 추정할 수 있다. 한편, 쿠웨이트의 갯벌과 인근 조하대 해역의 연구 결과도 유사하여 갯벌을 이용하는 생물은 조석에 영향을 받으며, 어획량은 간조 시기에 높았던 반면, 조하대에 서식하는 생물은 야간에 어획량이 증가하여 생물량이 조석보다는 주야에 영향을 받는다고 제시한 바 있다(Bishop and Khan, 1991, 1999). 결국 갯벌을 이용하는 대형 및 초대형저서동물 군집은 주야와 조석 주기에 따라 종수는 간조 시기에 보다 다양하고, 집중효과는 야간에 보다 뚜렷하다는 결과와 잘 부합된다고 볼 수 있다(이, 2001).

이상의 결과들로부터 갯벌 생태계를 이용하는 대형 및 초대형 저서동물은 주야와 조석 주기에 따라 군집구조와 분포를 달리하고 있음을 파악하였다. 또한, 갯벌에서는 다양한 무기환경 요인과 함께 조석 작용이 매우 중요한 영향을 미치고 있음을 입증하였다(Fig. 3). 따라서, 향후 갯벌을 이용하는 대형 및 초대형저서동물의 군집구조 파악을 위하여 현장조사는 야간과 간조 시기를 고려하여야 할 것으로 생각된다. 그러나, 갯벌을 포함하는 연안역에서 야간에 이루어지는 현장조사가 용이하지 않기 때문에 주간이라 하더라도 조석작용을 반영한다는 점에서 간조 전 또는 간조에 현장 조사를 수행하는 것이 생태계의 정보를 보다 효과적으로 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참고문헌

- 서인수, 2003. 인천 갯벌 저서생물의 군집구조와 먹이망. 인하대학교 대학원 이학박사학위 청구논문, 273 pp.
- 이태원, 1991. 아산만 저어류. I. 적정채집방법. 한국수산학회지, **24**: 248-254.
- 이태원, 1996. 천수만 어류의 종조성 변화. 1. 저어류. 한국수산학회지, **29**(1): 71-83.
- 이태원, 2001. 대천 해변 쇄파대 어류 종조성의 단기 변화. 한국어류학회지, **13**(1): 32-39.
- 이태원, 김광진, 1992. 아산만 저어류. II. 종조성의 계절 및 주야 변동. 한국수산학회지, **25**(2): 103-114.
- 이태원, 문형태, 최신석, 1997. 천수만 어류의 종조성 변화 2. 대천해변 쇄파대 어류. 한국어류학회지, **9**(1): 79-90.
- 이태원, 문형태, 허성희, 2000. 남해안 진해 용원 친해역 어류의 계절에 따른 종조성 변화. 한국수산학회지, **33**(3): 243-249.
- 임현식, 이재학, 최진우, 제종길, 1995. 영종도 주변해역의 저서동물 군집. 한국수산학회지, **28**(5): 635-648.
- 황선도, 1998. 서해 고군산군도 연안 낭장망 어획 수산생물의 종조성 및 주야계절 변동. 한국수산학회지, **10**(2): 155-163.
- 허성희, 광석남, 1997. 광양만 잘피밭에 서식하는 어류의 종조성 및 계절 변동. 한국어류학회지, **9**(2): 202-220.
- 허성희, 광석남, 1998. 저인망에 채집된 남해도 연안해역 어류의 종조성 및 계절변동. 한국어류학회지, **10**(1): 11-23.
- 허성희, 안용락, 1997. 광양만 잘피밭에 서식하는 새우류 군집의 계절 변동. 한국수산학회지, **30**(4): 532-542.
- 허성희, 안용락, 1998. 광양만 잘피밭에 서식하는 계류 군집의 계절 변동. 한국수산학회지, **31**(4): 535-544.
- 허성희, 안용락, 2000. 가덕도 주변 해역 어류의 종조성과 계절 변동. 소형 기선 저인망에 의해 채집된 어류. 한국수산학회지, **33**(4): 288-301.
- Ansell, A.D. and R.N. Gibson, 1990. Patterns of feeding and movement of juvenile flat fishes on an open sandy beach. In: Trophic relationships in the marine environment(Barnes M. and R.N. Gibson, eds.). Aberdeen University Press, Aberdeen, **19**: 1-207.
- Bishop, J.M. and M.H. Khan, 1991. Depth as a factor in abundance and size of juvenile penaeid shrimps in the absence of estuaries and marshes. *Mar. Biol.*, **109**: 103-114.
- Bishop, J.M. and M.H. Khan, 1999. Use of intertidal and adjacent mudflats by juvenile penaeid shrimps during 24-h tidal cycles. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **232**: 39-60.
- Bray, J.R. and J.T. Curtis, 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, **27**: 325-349.
- De Vries, M.C. and R.A. Tankersley, R.B.Jr. Forward, W.W.Jr. Kirby-Smith and R.A. Leuttich, 1994. Abundance of estuarine crab larvae is associated with tidal hydrologic variables. *Mar. Biol.*, **118**: 403-413.
- Fujita, S., I. Kinoshita, I. Takahashi and K. Azuma, 2002. Species composition and seasonal occurrence of fish larvae and juveniles in the Shimanta Estuary, Japan. *Fish. Sci.*, **68**: 364-370.
- Gibson, R.N., L. Robb, M.T. Burrows and A.D. Ansell, 1996. Tidal, diel and longer term changes in the distribution of fishes on a Scottish sandy beach. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **130**: 1-17.
- Heck, K.L.Jr. and T.A. Thoman, 1984. The nursery role of seagrass

- meadows in the upper and lower reaches of the Chesapeake Bay. *Estuaries*, **7**(1): 70-92.
- Leber, K.M. and H.S. Greening, 1986. Community studies in sea-grass meadows: a comparison of two methods for sampling macroinvertebrates and fishes. *Fish. Bull.*, **84**(2): 443-451.
- Levinton, J.S., 1995. *Marine Biology - Function, Biodiversity, Ecology*. Oxford University Press Inc., New York., 420 pp.
- Morrison, M.A., M.P. Francis, B.W. Hartill and D.M. Parkinson, 2002. Diurnal and tidal variation in the abundance of the fish fauna of a temperate tidal mudflat. *Est. Coast. Shelf Sci.*, **54**: 793-807.
- Nash, R.D.M. and R.S. Santos, 1998. Seasonality in diel catch rate of small fishes in a shallow-water fish assemblage at Porto Pim Bay, Faial, Azores. *Est. Coast. Shelf Sci.*, **47**: 319-328.
- Nash, R.M.D., R.S. Santos, A.J. Geffen, G. Hughes and T.R. Ellis, 1994. Diel variability in catch rate of juvenile flatfish on two small nursery grounds (Port Erin Bay, Isle of Man and Porto Pim Bay, Faial, Azores). *J. Fish. Biol.*, **44**: 35-45.
- Oishi, K. and M. Saigusa, 1999. Rhythmic patterns of abundance in small sublittoral crustaceans: variety in the synchrony with day/night and tidal cycles. *Mar. Biol.*, **133**: 237-247.
- Rountree, R.A. and K.W. Abel, 1997. Nocturnal fish use of New Jersey marsh creek and adjacent bay shoal habitat. *Est. Coast. Shelf Sci.*, **44**: 703-711.
- Santos, R.S. and R.D.M. Nash, 1995. Seasonal changes in a sandy beach fish assemblage at Porto Pim, Faial, Azores. *Est. Coast. Shelf Sci.*, **41**: 579-591.
- SPSS, 1999. *SPSS base 10.0 user's guide*. SPSS, Chicago.
- Suh, H.L., S.G. Jo and K.W. Kim, 1995. Diel horizontal migration of the two Mysids *Archaeomysis kokuboi* and *Acanthomysis* sp. in the Sandy shore surf zone of Yongil Bay, Eastern Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, **30**(6): 523-528.
- van der Veer, H.W. and M.J.N. Bergman, 1986. Development of tidally related behavior of a newly settled 0-group plaice (*Pleuronectes platessa*) population in the western Wadden Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **31**: 121-129.
- van der Veer, H.W., L. Phil and M.J.N. Bergman, 1990. Recruitment mechanisms in North Sea plaice *Pleuronectes platessa*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **64**: 1-12.

2007년 2월 28일 원고접수

2007년 10월 22일 수정본 채택

담당편집위원: 최광식