Article

경기만의 해사채취에 의한 생물군집 구조변동

손규희 · 한경남*

인하대학교 자연과학대학 해양학과
(402-751) 인천시 남구 용현동 253

The Fluctuation of Biological Communities as an Effect of Marine Sand Mining in the Gyeonggi Bay

Kyu-Hee Son and Kyung-Nam Han*

Department of Oceanography, College of Natural Science
Inha University, Incheon 402-751, Korea

Abstract : The purpose of this study was to investigate effects of large scale marine sand mining on the marine ecological community. For the study, four stations along the coast were selected and monitored in 1998 and 2001 at mining areas and non-mining areas about the Gyeonggi Bay. The result revealed that in 1998, 9 species of fishes, 16 species of crustaceans, and 6 species of mollusks were collected where as in 2001, 11 species of fishes, 5 species of crustaceans, and 2 species of mollusks were collected, uncovering the fact that fishes have diversified while crustaceans and mollusks have reduced on a grand scale. Also, there were two key characteristics regarding the changes of biological communities in mining and non-mining areas. The first was the dwindling of crustaceans inhabiting the sand area. This outcome may be accounted for by the facts that physical removal of seabed sediments and re-sediment due to expansion of floating particles cause direct influence on the ocean floor ecosystem and have continuous effect on the communities of crustaceans which feed on them. Secondly, the newly arrived species and their population during spring and summer seasons have increased in the non-mining areas and have decreased in the mining area. It can be concluded that highly nomadic fish species migrate toward areas with less disturbance or destruction of ecosystem from marine sand mining, and consequently, the communities of fishes change in the sea area. Setting aside the characteristics of the investigated sea areas where the arriving conditions of species vary by seasons, the clear differences of population of organisms in those areas are due to environmental alterations owing to the marine sand mining ; if those large-scale marine sand mining activities continue in the Gyeonggi Bay, their effects on biological communities in the areas will only grow.

Key words : marine sand mining, Gyeonggi Bay, bioturbation, biological communities, trawl sample

1. 서 론

경기만은 남서-북동 방향으로 흐르는 강한 왕복성 조류의 작용으로 섬 주위의 수로를 따라 깊은 골이 형성되어

있고, 주변에는 사구와 사퇴가 발달되었으며 연안을 따라 넓은 조간대가 형성되어 있는 것이 특징이다(한국골재협회 인천지회 2002). 또한, 높은 영양염류로 생물생산력이 높고 수심이 낮아서 어류, 패류, 갑각류 등의 산란장 및 보육장으로서의 중요한 역할을 하고 있다. 경기만 해역의 대부분의 수산자원생물들은 흰배도라치와 같은 일부 겨울철

*Corresponding author. E-mail : knhan@inha.ac.kr

산란종을 제외하고는 봄철에는 연안의 천해역으로 이동하여 산란이나 성장을 하며, 수온이 내려가는 가을철에는 수심이 깊은 해역으로 이동하여 월동을 하는 생활사를 가지고 있다. 이와 같이 수산생물에 있어서 중요한 생태학적 기능을 갖춘 경기만 해역은 1984년에 2,202,400 m³의 해사채취가 시작된 이후 2004년에 잠정적으로 채취가 중단되기까지 21년간 총 2억2천5백만 m³의 바다모래가 채취되었다. 특히 건설경기가 호황인 1992년을 기점으로 경기만 연안에서 1천만 m³ 이상의 대규모 채취가 이루어져 해양생태계의 변화가 예상된다.

Chang *et al.* (2005)에 의하면 해사채취시에 발생할 수 있는 해양생태계의 문제로 채취시의 흡입에 의한 피해, 배출되는 잉여수에 대한 영향, 저층 부유물에 의한 재퇴적 및 소멸에 의한 영향 등에 의한 다양한 생물군의 서식환경의 변화가 자원의 감소와 생태계의 교란을 야기할 것으로 보고하였다. 이러한 영향에 대한 구체적인 외국사례로는 채취시 흡입에 의한 굴 유생의 사망률 추정(Reine and Clarke 1998), 태평양 연어 치어의 사망률(Dutta and Sookachoff 1975; Arsenault 1981; cited in Reine and

Clarke 1998) 등의 연구가 있었다. 또한, 채취시 발생하는 잉여수의 영향에 대해서는 굴 유생의 독성 실험(MEC and Cheney 1990), 채취 후의 저서생물 군집의 재가입에 대한 단기간의 변화(Bell and Devlin 1983; Pagliai *et al.* 1985), 채취 후의 저서생물 군집에 대한 큰 규모의 장기간의 변화를 관찰한 연구(Kenny and Rees 1996), 해사채취에 의한 생물군집변동(Diaz *et al.* 2004), 저서환경 교란에 의한 자원량 회복(Newell *et al.* 1998; Dernie *et al.* 2003) 등도 있었다. 그러나 우리나라에서는 이러한 영향에 대한 개연성은 여러 문헌에서 설명하고 있지만 구체적인 연구 자료는 해사채취를 위한 환경영향평가 보고서 외에는 찾아보기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 연안역의 해양생물들의 산란, 보육, 성장의 중요한 역할을 하고 있으며(백 등 2005; Koh *et al.* 1997), 동시에 골재자원의 공급을 위한 대규모 해사채취 활동이 활발하게 이루어지고 있는 경기만의 덕적도 해역의 채취지역과 비채취지역의 생물군집 변화의 특성을 비교분석하여 해사채취에 따른 수산자원 군집구조 변동을 파악하고자 하였다.

Fig. 1. A map showing the sampling sites of Gyeonggi Bay (1998-2001). Non-sand mining area represents St.1, 2 and sand mining area mean St. 3, 4.

2. 재료 및 방법

조사는 1998년~2001년을 기준으로 해사채취 행위가 없는 정점 1(소야도 남쪽해역)과 정점 2(선감도 주변해역) 그리고 해사채취 행위가 이루어지고 있는 정점 3(이작도 남방해역)과 정점 4(장안도 부근해역)을 선정하여 1998년과 2001년 겨울, 봄, 여름에 상기 4개 정점에서 실시하였다(Fig. 1).

생물의 채집은 망구 6 m인 저인망(otter trawl)을 사용하였으며, 각 정점에서 30분간 2회씩 약 3 km/hr의 속도로 예망하였다. 채집된 생물은 선상에서 10% 포르말린으로 고정된 후, 실험실로 운반하여 종수, 개체수, 생체량을 측정하였고, 중량은 0.1 g 단위까지 계측하였다. 종의 동정은 Kim(1973, 1977), Masuda *et al.*(1984), Choe(1992), Kim and Kang(1993), Yoon(2002) 및 Kim *et al.*(2005)을 참고하였으며, 분류체계는 Nelson(1994)과 한국동물분류(1997)의 체계에 따랐다.

생물의 군집의 특성을 파악하기 위하여, 종 풍부도 지수(Margalef 1958), 종 다양성지수(Shannon and Weaver 1949), 균등도 지수(Pielou 1975)와 우점도 지수(Simpson 1949)를 구하였다.

한편, 계절별 각 정점간의 유사도 파악을 위한 집괴분석은 Bray and Curtis(1957)의 similarity index를 이용하였다. 유사도 지수 행렬로부터 각 조사 종점과 출현종을 연결하는 방법으로는 group-average를 이용하였다. 분석은 PRIMER(Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) computer package를 사용하였다.

3. 결 과

종조성

1998년과 2001년에 경기만 덕적도 주변해역에서 조사한 생물은 총 3개 분류군 43종이 채집되었다. 그중, 어류는 18종, 갑각류 17종 연체동물 8종이었다(Table 1). 1998년에는 어류 9종, 갑각류, 16종, 연체동물 6종이 채집되었으며, 2001년에는 어류 11종, 갑각류 5종, 연체동물 2종이 채집되어, 어류는 증가하고 갑각류와 연체동물은 큰 폭에 감소를 보였다. 각 년도에 따른 계절별 종조성 결과를 Table 2에 나타내었다. 조사 결과, 채집 년도에 관계없이 조사해역은 출현종, 개체수 그리고 생체량 모두 겨울철에서 봄철과 여름철로 바뀔수록 종조성의 다양성과 더불어 출현개체수가 증가하는 전형적인 서해안 생물군집의 특징을 보였다. 겨울철 대비 여름철의 출현종수, 개체수 및 생체량은 각각 44.4%, 370.4%, 167.3% 증가를 보였다(Table 2). 아래에 각 연도별 비채취해역과 채취해역에서의 생물군집 변화를 계절별로 구분하여 정리하였다.

Table 1. Dominance of species collected in Gyeonggi Bay at 1998 and 2001.

Taxon	Species	'98	'01	Dominance (%)
Fishes (18)	<i>Engraulis japonicus</i>		*	13.8
	<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	*	*	10.3
	<i>Sebastes schlegeli</i>	*	*	6.1
	<i>Thryssa hamiltoni</i>		*	6.1
	<i>Cynoglossus joyneri</i>	*		3.6
	<i>Repomucenus richardsonii</i>		*	3.1
	<i>Platycephalus indicus</i>	*		3.1
	<i>Kareius bicoloratus</i>	*		2.1
	<i>Argyrosomus argentatus</i>	*		1.7
	<i>Pleuronichthys cornutus</i>		*	1.5
	<i>Syngnathus schlegeli</i>	*		0.8
	<i>Repomucenus lunatus</i>		*	0.6
	<i>Hemiramphus intermedius</i>		*	0.4
	<i>Raja pulchra</i>		*	0.2
	<i>Tridentiger trigonocephalus</i>	*		0.2
	<i>Pholis nebulosa</i>		*	0.2
	<i>Tridentiger barbatus</i>	*		0.2
	<i>Synechogobius hasta</i>		*	0.2
Crustacean (17)	<i>Crangon affinis</i>	*	*	9.6
	<i>Oratosquilla oratoria</i>	*	*	4.2
	<i>Palaemon carinicauda</i>	*		3.4
	<i>Palaemon gravieri</i>	*		3.3
	<i>Metapenaeus joyneri</i>	*	*	3.1
	<i>Matuta planipes</i>	*	*	2.9
	<i>Pandalus hypsinotus</i>	*		1.7
	<i>Palaemon macrodactylus</i>	*		1.5
	<i>Charybdis japonica</i>	*		1.1
	<i>Alpheus brevicristatus</i>	*		0.8
	<i>Parthenope valida</i>	*		0.8
	<i>Paguridae spp.</i>	*		0.8
	<i>Portunus trituberculatus</i>		*	0.6
	<i>Ratreutes planirostris</i>	*		0.4
	<i>Penaeus chinensis</i>	*		0.4
	<i>Palaemon serrifer</i>	*		0.2
	<i>Raphidopus ciliatus</i>	*		0.2
Mollusk (8)	<i>Loligo beka</i>		*	7.9
	<i>Ostrea denselamellosa</i>		*	1.0
	<i>Sepia esculenta</i>	*		1.0
	<i>Octopus ocellatus</i>	*		0.4
	<i>Neptunea cumingi</i>	*		0.2
	<i>Neptunea frater</i>	*		0.2
	<i>Phalium flammiferum</i>	*		0.2
	<i>Glossaulax didyma</i>	*		0.2
				100

*means appearance of species collected each year.

Table 2. Seasonal variations of number of species, number of individuals and biomass collected by trawl at 1998 and 2001.

		No. of species	No. of individuals	Biomass
Winter	'98	14	42	371.0
	'01	6	19	353.6
Winter total(A)		18	61	724.6
Spring	'98	16	83	365.9
	'01	9	91	1,540.3
Spring total		23	174	1,906.2
Summer	'98	19	122	1,395.6
	'01	11	165	541.1
Summer total(B)		26	287	1,936.7
Total		43	522	4,567.5
*Win. vs Sum. ratio		44.4%	370.4%	167.3%

*means $(B-A) \div (A) \times 100$.

Fig. 2. Comparison of number of species, number of individuals and biomass at 1998 and 2001 win-

겨울

1998년과 2001년 겨울철에 채집된 생물은 총 18종, 61개체, 724.6 g이었다. 이중 1998년에는 14종, 42개체, 371.0 g 채집되었으나 2001년에는 6종, 19개체, 353.6 g 이 채집되어(Table 2), 1998년도에 비해 2001년도의 생물상이 감소하고 있음을 시사하였다. 이러한 결과는 2001년 정점 2에서의 단위중량이 큰 *Ostrea denselamellosa*의 5개체 출현으로 인한 생체량의 증가를 제외하곤 전반적인 현상이었으나, 가장 많은 해사채취가 이루어졌던 정점 3에서는 1998년에 비해 97.7%의 급격한 생체량의 감소가 나타났다(Fig. 2). 비채취해역(정점 1과 2)과 채취해역(정점 3과 4)에서 채집된 수산생물을 분류군별로 구분하여 Fig. 3에 나타냈다. 두 해역에서 모든 분류군의 출현종수 및 개체수가 감소하고 있으며, 특히 2001년도 채취해역에서는 갑각류가 출현하지 않았다. 한편, 생태학적 제 지수의 변화를 보면, 1998년에는 두 해역의 풍부도, 종다양성, 균등도 및 우점도 지수 등은 비슷한 수치를 나타냈으나, 2001년에는 비채취해역과 채취해역의 차이가 극명하게 나타났다(Table 3).

봄

봄철에 채집된 생물은 총 23종, 174개체, 1,906.2 g 이었다. 이중 1998년에는 16종, 83개체, 365.9 g 채집되었으며 2001년에는 9종, 91개체, 1,540.3 g이 채집되어(Table 2), 전년도에 비해 출현종은 감소하고 개체수와 생체량은 증가하는 특징을 보였다. 이것은 비채취해역에서에서 개체수와 생체량의 증가하였기 때문이며, 반면에 채취지역에서는 빈약한 생물상을 보이며 정점 4의 경우에는 어떠한 생물도 채집되지 않아 비채취해역과 채취해역간의 뚜렷한 차이를 보였다(Fig. 4). 비채취해역과 채취해역에서 채집된 생물의 변화를 분류군별로 분석한 결과, 비채취해역에서는 1998년도에 비해 2001년의 경우 어류의 종조성 및 자원밀도가 증가하는 경향을 보이거나 채취해역에서는 어류 1종 2개체만이 채집되어 두 해역간의 어류 종조성의 차이를 보였다(Fig. 5). 한편 생태학적 제 지수를 보면, 비채취해역은 1998년보다 2001년에 종 다양성이 높고 우점도 지수가 낮은 양상을 나타내고 있다(Table 3).

여름

1998년과 2001년 여름철에 채집된 생물은 총 26종, 287개체, 1,936.7 g이었다. 이중 1998년에는 19종, 122개체, 1,395.6 g가 채집되었으며 2001년에는 11종, 165개체, 541 g가 채집되어(Table 2), 1998년도에 비해 출현종과 생체량은 42.1%와 61.2% 감소하였으나 개체수에 있어서는 35.2% 증가하는 양상을 나타냈다. 이와 같은 생물의 변동은 비채취해역에서 1998년도에 우점하였던 갑각류의 감

Fig. 3. Comparison of taxa collected from each station at 1998 and 2001 winter.

Table 3. Seasonal variation of ecological indices in each station at 1998 and 2001.

Index	Station	Winter		Spring		Summer	
		'98	'01	'98	'01	'98	'01
Richness	St.1	2.16	1.21	1.21	1.83	3.00	1.74
	St.2	1.82	0.83	1.70	1.60	2.00	0.96
	St.3	2.08	-	1.76	-	3.31	-
	St.4	1.86	-	2.22	-	2.28	-
Diversity	St.1	1.75	1.24	0.84	1.89	2.02	1.63
	St.2	1.10	0.94	1.66	1.70	1.71	1.44
	St.3	1.62	-	1.52	-	2.38	-
	St.4	1.33	-	1.51	-	1.74	-
Evenness	St.1	0.90	0.89	0.60	0.91	0.84	0.74
	St.2	1	0.85	0.85	0.87	0.88	0.89
	St.3	0.83	-	0.78	-	0.88	-
	St.4	0.96	-	0.77	-	0.97	-
Dominance	St.1	0.15	0.26	0.55	0.15	0.15	0.26
	St.2	0	0.36	0.19	0.20	0.17	0.27
	St.3	0.20	-	0.25	1	0.10	1
	St.4	0.1	1	0.28	-	0.01	-

Fig. 4. Comparison of number of species, number of individuals and biomass at 1998 and 2001 spring.

소와 어류의 급격한 증가에 기인한 것이며, 채취해역에서는 1998년도에 가장 높은 생물량을 보였던 어류가 2001년에 1종 2개체만이 출현하였기 때문이다(Fig. 6, 7). 생태학적 제 지수를 보면, 비채취해역에서는 1998년도에 비해 종 다양성지수가 낮아지고 우점도가 높아지는 양상을 나타내고 있으나, 채취해역은 2001년도에 채집되지 않아 비교할 수 없었다(Table 3).

군집구조의 특성

정점간의 유사도 분석 결과, 크게 5개의 그룹으로 구분되었다. G1은 2001년 정점 1과 2가 포함되었으며, G2는 1998년 여름의 정점, G3은 1998년 겨울과 봄의 정점, G4는 2001년 겨울과 봄의 정점 3, 그리고 G5는 2001년 겨울의 정점 2와 여름의 정점 3이 포함되었다(Fig. 8). 전반적으로 1998년은 해역 보다 계절적 요인에 의해 그룹화되었고, 2001년은 계절적 요인보다는 비채취해역과 채취해역에 의해 구분지어졌다.

각 그룹에 주요 출현종을 보면, 그룹 G1은 *Chaeturichthys stigmatias*이 높은 우점을 보였으며, *Loligo beka*, *Engraulis japonicus* 등의 순이었다. 그룹 G2는 *Matuta planipes*, *Metapenaeus joyneri*, *Sepia esculenta*, *Argyrosomus argentatus*, *C. stigmatias* 등이 높은 분포를 나타냈으며, 그룹 G3은 *Crangon affinis*가 높은 우점을 보였고, *Cynoglossus joyneri*, *Alpheus brevirostratus*, *Palaemon carinicauda* 등의 순으로 출현하였다. 그룹 G4는 *Repomucenus richardsonii*, G5는 *Repomucenus lunatus*만이 출현하였다(Table 4). G 1에서의 어류의 우점과 G 3에서의 갑각류의 우점이 특징적이었다.

Fig. 5. Comparison of taxa collected from each station at 1998 and 2001 spring.

Fig. 5. Continued.

Fig. 6. Comparison of number of species, number of individuals and biomass at 1998 and 2001 summer.

4. 고 찰

해사채취가 어류 및 수산자원에 미치는 영향을 파악하고자 비채취해역과 채취해역간의 생물의 군집구조를 비교하였다. 분석 결과 경기만 해사채취 해역에서의 생물의 군집의 변화는 크게 두 가지의 특징을 나타내고 있다.

첫 번째로는 모래지역을 기질로 서식하는 갑각류의 감소가 들 수 있다. 일반적으로 새우류 및 게류 등의 갑각류는 해저질의 구조와 기질면의 안정도에 민감한 저서생태계를 기반으로 생존하고 서식한다(Yun and Hong 1995). 따라서 해사채취 행위로 인한 해저퇴적물의 물리적 제거 및 부유입자에 확산에 의한 재퇴적은 저서생태계의 안정에 직접적인 영향을 줄 것으로 사료된다. 이와 같은 견해는 단지 10 cm 깊이의 모래 제거가 생물 군집 회복에 커다란 감소를 나타낸다는 사례에서도 알 수 있다(Dernie *et al.* 2003). Newell *et al.*(1998)에 의하면 저서환경의 교란에 의한 자원량 회복은 서식환경의 특성에 따라 다르게 나타나며, 낮은 염분 환경에서의 저서생물 군집이 높은 염분에서의 군집보다 그 회복이 빠르고 세립질에서의 군집이 조립질에서의 군집보다 더 빠른 회복을 보인다고 보고하였다. 또한, 델라웨어와 메릴랜드 주에서 실시한 해사채취에 대한 영향조사 보고서(Diaz *et al.* 2004)에 따르면, 해사채취는 채취해역 주변 7.7 km² 범위의 저서생물에 심각한 영향을 미치는 것으로 평가하였으며 그 결과 어류의 영양원으로 사용되는 약 150×10⁶개의 해양생물이 파괴된다고 보고하였다. 본 연구에 있어서도 4년간 해사채취 활동이 직접적으로 일어났던 해역에서는 갑각류가 출현하지 않았으며, 해사채취가 일어나지 않았던 인근 해역에서도 출현종에 있어서는 겨울철 60%, 봄철 40%, 여름철 57%

Fig. 7. Comparison of taxa collected from each station at 1998 and 2001 summer.

Fig. 8. Dendrogram for hierarchical clustering using group-average linking of Bray-Curtis similarities calculated on square-root transformed individuals data.

Table 4. Result of the SIMPER analysis showing genera which contribute most to the similarity at each station group by Cluster Analysis (Av. Sim: contribution of the *i*th genera to the total similarity; Contrib.%: percentage contribution of the *i*th genera to the total similarity; Cum.%: cumulative contribution to the total similarity).

	Av. Sim	Contrib. %	Cum. %
Group 1 (average similarity: 24.90)			
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	11.04	44.35	44.35
<i>Loligo beka</i>	4.89	19.65	64.00
<i>Engraulis japonicus</i>	2.37	9.53	73.53
<i>Crangon affinis</i>	1.80	7.24	80.77
<i>Sebastes schlegeli</i>	1.65	6.62	87.39
<i>Oratosquilla oratoria</i>	1.19	4.78	92.17
Group 2 (average similarity: 20.80)			
<i>Matuta planipes</i>	3.47	16.69	16.69
<i>Metapenaeus joyneri</i>	3.05	14.64	31.33
<i>Sepia esculenta</i>	2.74	13.19	44.53
<i>Argyrosomus argentatus</i>	2.74	13.19	57.72
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	2.54	12.19	69.91
<i>Cynoglossus joyneri</i>	2.10	10.09	80.00
<i>Parthenope valida</i>	1.41	6.79	86.79
<i>Syngnathus schlegeli</i>	0.85	4.11	90.90
Group 3 (average similarity: 20.65)			
<i>Crangon affinis</i>	12.64	61.21	61.21
<i>Cynoglossus joyneri</i>	1.76	8.54	69.76
<i>Alpheus brevirostratus</i>	1.60	7.74	77.50
<i>Palaemon carinicauda</i>	1.35	6.56	84.06
<i>Palaemon gravieri</i>	1.24	5.99	90.05
Group 4 (average similarity: 66.67)			
<i>Repomucenus richardsonii</i>	66.67	100.00	100.00
Group 5 (average similarity: 15.38)			
<i>Repomucenus lunatus</i>	15.38	100.00	100.00

의 감소가 나타났으며, 개체수에 있어서도 각각 61.5%, 61.1%, 43.3%의 감소를 보였다(Fig. 3, 5, 7). 이와 같은 결과는 본 연구해역도 해사채취가 저서생물에 영향을 미치고 이를 먹이로 하는 갑각류 군집에 연속적으로 영향을 미친 것으로 사료된다.

두 번째는 봄철과 여름철의 어류 출현종 및 개체수가 비채취해역에서는 증가되었고 채취해역에서는 감소되었다는 점이다. 일반적으로 온대 천해역의 특징을 가지고 있는 경기만의 생물들은 일부 정착성 생물을 제외하면 대부분 산란이나 성장을 위하여 봄에는 연안의 천해역으로 이동하여 여름을 보낸 후, 가을에는 수심이 깊은 해역으로 이동하여 월동을 하는 생활사를 가지고 있다. 본 연구에서도 1998년에는 정점별 다소의 차이는 있으나 출현종과 개

체수에 있어서 겨울에서 여름으로 증가하는 양상을 보이는 해역의 특징을 보였으나, 2001년 조사에서는 비채취해역인 정점 1과 2에서는 출현종과 개체수가 겨울에서 여름으로 증가하고 채취해역인 정점 3과 4에서는 감소하는 특징을 나타냈다(Fig. 9). 이와 같은 결과는 정점간 생물 분포의 유사도 분석에서도 나타났다. 1998년에는 군집의 특성이 겨울, 봄의 정점과 여름의 정점으로 나뉘는 계절적 특성을 뚜렷하게 나타냈지만, 2001년에는 계절적 특징이 나타나는 정점 1과 2와 채취해역의 특성이 더 우세한 정점 3과 4로 나뉘었다. 일본 세토나йка이의 해사채취해역과 비채취해역에서의 까나리에 대한 연구에 따르면, 1966년부터 2001년까지 해사를 채취하였던 비산센토에서는 *Ammodytes personatus*의 발생량이 크게 감소하였으나 인근의 하리마나다와 오사카만에서는 감소하지 않았고 1985년 이후에는 오히려 증가하였으며, 이것은 대량의 골채채취로 인한 서식장 및 산란장의 파괴된 *A. personatus* 자원군이 보다 안정된 지역으로의 이동한 것이 가장 큰 원인이라고 보고하였다. 또한, Diaz *et al.*(2004)의 연구에서도 해사채취 해역의 어류들이 서식지로 이용하던 지역이 파괴되면 다른 서식지로 이동한다고 보고되었다. Allem(1980)과 Johnston(1981)은 하구의 준설 작업이 어류자원 및 서식환경에 미치는 영향에 대한 연구에서, 모래채취 과정에서 발생하는 부유토사의 농도변화 및 부유토사에서의 지속적 노출, 그리고 모래 입자의 크기 등 여러 원인들이 다양한 어종에 있어서의 행동적 반응 및 스트레스 반응에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 본 연구에 있어서도 이동성 어류들이 증가하는 계절에 있어서 4년간 해사채취 해역에서 봄에는 출현종에 있어서는 75.0%의 이상, 개체수에 있어서는 71.4% 이상의 감소가 나타났으며, 여름에는 출현종에 있어서는 80% 이상, 개체수에 있어서는 95.3% 이상의 감소가 나타났다. 이와는 반대로, 4년간 해사채취 활동이 일어나지 않은 인근 해역에서는 봄과 여름에 출현종과 개체수에 모두 증가하였다. 따라서 이동성이 큰 어류들은 해사채취로 인한 생태계 교란 및 파괴에 의하여 그 영향이 적은 해역으로 이동하며, 그에 따른 해역별 생물 군집구조가 변하는 것으로 판단된다.

이상과 같이 해사채취가 생물에 미치는 영향은 분류군에 따라 그 정도의 차이가 있기는 하지만 이동성이 적은 갑각류 등에게는 채취지역 뿐만 아니라 그 주변에 해역에 대해서도 커다란 영향을 미치며, 이동성이 큰 어류의 경우에는 비교적 안정적인 해역으로의 도피가 일어나게 된다. 또한, 모래 저질이 사라진 해역에서의 저서생물 군집의 회복율의 차이는 그것을 먹이원으로 하는 회유성 어류 군집에 대하여 궁극적인 영향을 미치게 되어 해역 전체 생태계 군집의 변화를 초래한다. 본 연구에서도 해사가 채취된 해역과 비채취해역의 전체 출현종, 개체수 및 생체량의 변

Fig. 9. Comparison of number of species, number of individuals and biomass from each station at 1998 and 2001.

Table 5. Seasonal changes of number of species, number of individuals and biomass in non-sand mining area and sand mining area.

		Winter			Spring			Summer		
		'98	'01	Ratio (%)	'98	'01	Ratio (%)	'98	'01	Ratio (%)
No. of Species	Non-Mining	7	5	-28.6	7	9	28.6	12	10	-16.7
	Mining	9	2	-77.8	11	1	-90.9	14	1	-92.9
No. of Ind.	Non-Mining	19	16	-15.8	39	89	128.2	48	163	239.6
	Mining	23	3	-87.0	44	2	-95.5	74	2	-97.3
Biomass	Non-Mining	178.0	343.3	92.9	102.1	1,510.5	1,379.4	599.2	400.4	-33.2
	Mining	193.0	10.3	-94.7	263.8	29.8	-88.7	796.4	140.7	-82.3

화의 차이로 나타났다(Table 5). 출현종에 있어서는 비채취해역과 채취해역 모두에서 감소하고 있었으나, 채취해역에서 계절에 따라 77.8% 이상의 급격한 감소가 나타났다. 개체수에 있어서는 비채취해역에서는 겨울철에는 15.8%의 감소가 있었으나 봄철과 여름철에는 각각 128.2%, 239.6%의 증가를 나타냈으며, 채취해역에서는 계절에 따라 87.0% 이상의 감소를 나타냈다. 생물량에 있어서는 비채취해역에서는 겨울과 봄에는 증가, 여름에는

감소하였으나, 채취해역에서는 82.3% 이상의 감소를 보였다. 이와 같은 결과에서, 계절에 따라 출현 양상이 변하는 조사해역의 특징을 고려하더라도 두 해역에서의 생물량의 극명한 차이는 해사채취로 인한 환경변화라고 사료되며, 대규모의 해사채취가 경기만 해역에서 지속적으로 진행된다면 해역 내의 생물 군집에 미치는 영향은 더욱 커질 것으로 사료된다. 따라서 채취해역과 인근해역에 대한 지속적인 생물군집 변화에 대한 관찰과 채취활동에서 발생

하는 환경적 변화 요인이 각 생물군에 미치는 영향을 규명하기 위한 다양한 분야의 과학적인 연구가 필요하다고 사료된다.

사 사

본 연구는 해양수산부에서 실시된 “해사채취의 친환경적 관리방안 연구”의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- 백철인, 김영섭, 이동우, 최영민, 안두해, 전영열, 최광호, 김종빈, 황강석, 김진구, 김영해, 이재봉, 최정화, 차영기. 2005. 연근해 주요 어업자원의 생태와 어장. 해양수산부 국립수산물과학원. SP-2005-FR-027. 397 p.
- 한국골재협회 인천지회. 2002. 경기만내 해사부존량 추정 및 해사채취에 따른 환경영향연구. 인하대학교 서해연안환경연구센터. 585 p.
- Allem, K.O. and J.W. Hardy. 1980. Impacts of navigational dredging on fish and wildlife: A literature review. Biological Services Program. FWS/OBS-80/07.
- Arsenault, J.S. 1981. Dredge monitoring program-1980, Memorandum No. 5902-121-50-2. Field Services Branch, Environment Canada, Vancouver.
- Bell, S.S. and D.J. Devlin. 1983. Short-term macrofaunal recolonization of sediment and epibenthic habitats in Tampa Bay, Florida. *Bull. Mar. Sci.*, 33(1), 102-108.
- Bray, J.R. and J.T. Curtis. 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin. *Ecol. Monogr.*, 27, 325-349.
- Chang, H.B., T.A. Grigalunas, T.G. Kim, and K.N. Han. 2005. Estimation of economic cost to commercial fisheries to be caused by marine sand mining using bio-economic model. Korea Maritime Institute. 195 p.
- Choe, B.L. 1992. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea Vol. 33. Mollusca(II). Ministry of Education. 860 p.
- Dernie, K.M., M.J. Kaiser, E.A. Richardson, and R.M. Warwick. 2003. Recovery of soft sediment communities and habitats following physical disturbance. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 285/286, 415-434.
- Diaz, R.J., G.R. Cutter Jr. and C.H. Hobbs III. 2004. Potential impacts of sand mining offshore of Maryland and Delaware: Part 2-Biological Considerations. *J. Coast. Res.*, 20, 61-69.
- Dutta, L. and P. Sookachoff. 1975. Assessing the impact of a 24" suction pipeline dredge on chum salmon fry in the Fraser River. Environment Canada, Pacific and Yukon Region. Fisheries and Marine Service Technical Report No. PAC/T-75-26.
- Johnston, Jr., S.A. 1981. Estuarine dredge and fill activities: A review of impacts. *Environ. Man.*, 5(5), 427-440.
- Kenny, A.J. and H.L. Rees. 1996. The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: Results 2 years post-dredging. *Mar. Pollut. Bull.*, 32(8/9), 615-622.
- Kim, H.S. 1973. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea Vol. 14. Anomura, Brachyura. Ministry of Education. 694 p.
- Kim, H.S. 1977. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea Vol. 19. Macrura. Ministry of Education. 414 p.
- Kim, I.S. and E.J. Kang. 1993. Coloured Fishes of Korea. Academy Publishing Co. Seoul. 477 p.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim, and J.H. Kim. 2005. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-Hak Publishing Co., Seoul. 613 p.
- Koh, C.H., C. Park, S.J. Yoo, W.J. Lee, T.W. Lee, C.I. Chang, J.K. Choi, J.S. Hong, and H.T. Huh. 1997. Marine Biology. Seoul National Univ. Press, Seoul. 654 p.
- The Korean Society of Systematic Zoology. 1997. List of Animals in Korea. Academy Publishing Co., Seoul. 489 p.
- Margalef, R. 1958. Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publ. Inst. Biol. apl. Barcelona*, 9, 5-27.
- Masuda, H., K. Amaoka, C. Araga, T. Uneo, and T. Yoshino (eds). 1984. The fishes of the Japanese Archipelago. Text and Plates: 456 p. + 378 pls.
- MEC Analytical Systems, Inc. and M. Cheney. 1990. Report on Sand Mining in San Francisco Bay.
- Nelson, J.S. 1994. Fishes of the World. John Wiley & Sons. 600 p.
- Newell, R.C., L.J. Seiderer, and D.R. Hitchcock. 1998. The impact of dredging works in coastal waters: A review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 36, 127-178.
- Pagliai, A.M.B., A.M.C. Varriale, R. Crema, M.C. Galletti, and R.V. Zunarelli. 1985. Environmental impact of extensive dredging in a coastal marine area. *Mar. Pollut. Bull.*, 16, 483-488.
- Pielou, E.C. 1975. Ecological Diversity. John Wiley, New York.
- Reine, K. and D. Clarke. 1998. Entrainment by hydraulic dredge: A review of potential impacts. Technical Notes DOER-E1. U.S. Army Engineers Research and Development Center, Vicksburg, MS.
- Shannon, C.E. and Weaver. 1949. The mathematical theory

- of communication. Univ. Illinois Press. 117 p.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.
- Yoon, C.H. 2002. Fishes of Korea with Pictorial Key and Systematic List. Academy Publishing Co., Seoul. 747 p.

- Yun, S.G and J.S. Hong. 1995. Marine Biology: Benthos. Academy Publishing Co., Seoul. 412 p.

Received May 30, 2007

Accepted Sep. 10, 2007