

## 서해 중부 연안생태계 수산자원의 종조성과 계절변동

이재봉 · 이종희\* · 신영재 · 장창익<sup>1</sup> · 차형기

국립수산과학원 자원연구과, <sup>1</sup>부경대학교 해양생산시스템관리학부

### Seasonal variation of fisheries resources composition in the coastal ecosystem of the middle Yellow Sea of Korea

Jae Bong LEE, Jong Hee LEE\*, Young Jae SHIN, Chang Ik ZHANG<sup>1</sup> and Hyung Kee CHA

Fisheries Resources Research Division, National Fisheries Research and Development Institute,  
Busan 619-705, Korea

<sup>1</sup>Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

To investigate seasonal variation of fisheries resources composition and their correlations with environmental factors in the coastal ecosystem of the middle Yellow Sea of Korea, shrimp beam trawl were carried out for the fisheries survey. Fisheries resources of 81 species, 57 families, and 6 taxa totally were collected by shrimp beam trawl in the middle coastal ecosystem of Yellow Sea of Korea. Species were included 6 species in Bivalvia, 6 in Cephalopoda, 22 in Crustacea, 2 in Echinodermata, 5 in Gastropoda, and 40 in Pisces. Diversity indices (Shannon index,  $H'$ ) showed seasonal variation with low value of 2.14 in winter, and high value of 2.67 in spring. Main dominant species were *Oratosquilla oratoria*, *Octopus ocellatus*, *Acanthogobius lactipes*, *Cynoglossus joyneri*, *Rapana venosa venosa*, *Loligo beka*, *Chaeturichthys stigmatias*, *Raja kenoei*, *Microstomus achne* and *Paralichthys olivaceus*, that were occupied over 58% of total individuals, and 55% of wet weight. Fisheries organism made four coordinative seasonal groups by the principal component analysis (PCA), showing stronger seasonal variation than spatial variation. PC 1 from PCA showed statistically significant cross-correlations with seawater temperature,  $NH_4 - N$ , TP and chlorophyll a ( $P < 0.05$ ).

Keywords: Coastal ecosystem, Middle Yellow Sea, Seasonal variation, Fisheries resources composition, Principal component analysis

#### 서 론

한 해역의 종 조성은 자연적인 요인과 인위적인 요인에 의하여 변하게 된다. 어류는 이동력이

커서 환경변화에 능동적으로 대처하여 인위적인 변화가 없는 해역에서도 시공간에 따른 종 조성의 변화가 심한 편이다. 황해는 육지로 둘러싸

\*Corresponding author: francis@pknu.ac.kr, Tel: 82-51-720-2296, Fax: 82-51-720-2277

인 반폐쇄성 해양으로 수심이 낮아 대기의 영향을 크게 받아 겨울에는 수온이 10℃ 이하로 내려가고 여름에는 25℃ 이상으로 올라간다. 황해 연안은 해저지형이 단순하고 조류가 강하여 해수의 수직수평 혼합이 활발하다. 이러한 환경으로 인하여 유영생물뿐만 아니라 부유생물이나 저서동물도 시공간에 따른 분포변이가 심한 것으로 알려져 있다 (Park, 1990; Lee, 1991, 1996). 내만은 유기물이 풍부하고 이차생산이 높아서 내만성 어류뿐만 아니라 외해에 사는 어류들도 내만이나 천해에 산란하고 어린시기를 보내는 경우가 많다. 우리나라 서남해안은 황해나 동중국해에서 수산경제학적으로 중요한 많은 어류의 산란장과 보육장으로 이용되고 있다 (Allen, 1982; Lee, 1996; Lee and Seok, 1984).

서해에서 수행된 이전연구로는 천수만에서 다양한 어구를 이용하여 채집한 어류들의 계절별 종조성을 비롯한 저어류와 부어류에 대한 변동에 관한 연구가 있다 (Lee, 1989, 1996; Lee and Seok, 1984; Lee et al., 1995; Lee et al., 1997; Shin and Lee, 1990). 아산만에서는 소형 오토트롤을 이용하여 다각적인 방법으로 연구가 수행되었다 (Lee, 1991, 1993; Lee and Hwang, 1995; Lee and Kim, 1992). 군산연안에서 어류상을 파악하기 위한 정성적인 조사가 이루어졌으며 (Kim and Lee, 1993; Ryu and Choi, 1993), 고군산도 연안과 영광 연안의 수산자원에 관한 출현종과 계절변동 연구가 수행되었다 (Hwang, 1998; Hwang et al., 1998a; Hwang et al., 1998b). 그리고 Lee (1994, 2004)는 해역마다 구분되어 보고된 황해 어류상에 대해 전반적으로 고찰한 바 있다.

본 연구에 사용한 빙 트롤어구는 선속, 어구, 그리고 조업시간을 이용하여 어구가 훑은 해역의 정확한 소해면적을 계산하여, 그 해역에서 어획된 어류의 밀도를 추정할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 트롤조사는 불특정 다수 어종을 동시에 어획하므로 조업의 주 대상이 되는 어종은 물론 비 대상 어종과 소형 어종들도 채집할

수 있으며, 특히 저층의 분포 생물을 연구하는데 있어서 다른 조사방법에 비해 적합하다고 보고되고 있다 (Lee, 1991; Lee and Kim, 1992).

본 연구는 빙 트롤을 이용하여 서해 중부 연안에서 출현하는 다양한 해양생물에 대한 출현종수와 계절에 따른 양적변동을 파악하였다. 기존의 연구는 주요 어업종인 어류에 국한되어 있었으나, 본 연구에서는 조업시 어획되는 다양한 수산생물종에 대하여 살펴보았으며, 이들과 해양환경인자들 사이의 변동관계를 구명하고자 하였다. 나아가 이 연구는 우리나라 연안 생태계 내의 다양한 생물군의 사이의 관계와 생물군과 환경과의 상호관계를 밝히는 기초연구로 사용될 수 있을 것이다.

## 자료 및 방법

연구해역은 서해 중부 연안으로 대천항, 원산도, 삼시도, 불모도, 대화사도, 연도, 비인항을 잇는 전체면적 413.9km<sup>2</sup>의 해역내에 총 10개의 정점을 선정하였다 (Fig. 1). 연구해역의 주요 생물자원을 파악하기 위하여 2006년 9월부터 2007년 8월까지 1회의 예비조사 실시 후 계절별 조사를 실시하였다. 본 연구의 계절별 자료는 2, 5, 8, 그

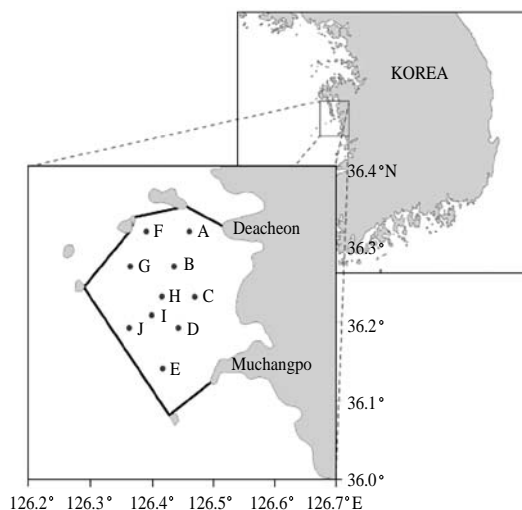


Fig. 1. Study area and stations in the middle Yellow Sea of Korea.

리고 11월에 조사한 자료로서, 2월은 겨울, 5월은 봄, 8월은 여름, 그리고 11월은 가을로서, 각 조사월이 각 계절을 대표하는 것으로 보았다.

조사방법은 빙트롤어구를 사용하였으며, 어구의 특성상 조류의 영향이 적은 조금 때를 맞추어 조업 시기를 결정하였다. 조업은 각 정점에서 투망을 시작하여 어구가 완전히 전개된 후부터 조류의 반대방향으로 예망하였다. 예비조사 결과를 참고하여 예망시간은 정점 당 20분으로 설정하였으며, 예망 시 평균선속은 2kts로 유지하였다. 그러나 저질의 상태가 불량하여 트롤어구가 찢어지거나 연구 해역내에서 기존의 조업하는 어선과 정치성 어구들을 고려하여 예망시간과 예망 시 선속을 조절하였다. 각 조사 시기별 정점별 예망 시간과 선속을 수집하여 트롤어구가 훑은 면적을 예망시간, 선속, 어구의 입구 크기를 사용하여 계산하였다. 본 조사에서는 5.78톤의 연안 어선을 이용하였으며, 조업시 사용된 어구는 본 그물의 망목 34mm, 코드앤드 27.5mm, 그리고 망구의 고정된 빔의 가로 길이가 13.1m, 높이 0.9m 이었다.

새우조망어업을 이용하여 채집된 어획물을 주어획종과 부수어획종에 관계없이 종 또는 과 단위로 분류하였다 (Chyung, 1977; Kim et al., 1995; Cha et al., 2001; Hong et al., 2006). 분류된 종들은 성계 및 불가사리류를 포함하는 극피동물문을 제외하고 나머지 해양생물종들은 강(Class) 단위에서 분류군으로 묶었다. 어획물의 구성 중에서 많은 부분을 차지하는 어류 및 갑각류는 체장 및 체중을 측정하였으며, 고둥류와 불가사리류 등은 개체수와 총중량을 측정하였다. 트롤어구가 소해한 면적을 이용하여 단위면적당 개체수와 중량을 계산하였다.

$$D_{ij} = \frac{n_{ij}}{area_j}, \bar{D} = \frac{\sum n_{ij}}{\sum area_j}$$

$$W_{ij} = \frac{w_{ij}}{area_j}, \bar{W} = \frac{\sum w_{ij}}{\sum area_j}$$

여기서,  $D_{ij}$ 는  $j$ 정점 또는  $j$ 계절의  $i$ 종의 단위면적당 개체수 (ind./km<sup>2</sup>),  $n_{ij}$ 는  $j$ 정점 또는  $j$ 계절의  $i$ 종의 개체수,  $area_j$ 는  $j$ 정점 또는  $j$ 계절의 어구가 소해한 면적, 는 출현종의 정점 또는 계절별 평균 밀도이다.  $W_{ij}$ 는  $j$ 정점 또는  $j$ 계절의  $i$ 종의 단위면적당 어획량 (kg/km<sup>2</sup>),  $w_{ij}$ 는  $j$ 정점 또는  $j$ 계절의  $i$ 종의 어획량,  $j$ 는 출현종의 정점 또는 계절별 평균 어획량이다.

단위면적당 개체수를 기준으로 종다양성 지수를 계산하였다. 종다양성 지수는 Shannon index를 사용하여 계산하였다 (Shannon, 1948). 군집 분석(cluster analysis)은 조사 기간 중 전체 출현종에 대하여 계절별 출현여부를 이진수(binary)로 나타내어서, 정점별 출현종에 대한 유클리드 거리(Euclidean distance)를 이용하여 유사도(similarity)를 구하여 수지도(dendrogram)를 작성하였다. 주성분분석(principle component analysis, PCA)은 출현종의 계절별 변동원인을 분석하기 위하여 실시하였다. 주성분분석 결과 얻어진 각 성분들은 2006년 11월과 2007년 2월, 5월과 8월에 측정된 해양환경인자와의 상호상관관계를 통하여 생물종의 주된 변동원인을 추정하였다. 해양환경인자는 국립수산과학원 한국해양환경자료센터의 국가해양환경측정망자료에서 서해해역 I의 보령연안의 5정점의 규산규소(SiO<sub>2</sub>-Si), 부유물질(SS), 수소이온농도(pH), 수온(SST), 아질산질소(NO<sub>2</sub>-N), 암모늄(NH<sub>4</sub>-N), 염분(SSS), 용존무기인(DIP), 용존무기질소(DIN), 용존산소(DO), 질산질소(NO<sub>3</sub>-N), 총인(TP), 총질소(TN), 화학적산소요구량(COD), 그리고 클로로필(Chlorophyll a)의 계절별 평균값을 사용하였다(NFRDI, 2010).

## 결 과

### 어종별 계절변동

총 어획 개체수와 중량을 트롤어구를 소해한 면적으로 나누어 단위면적당 어획 개체수 및 생체량은 Table 1에 나타내었다. 본 연구를 통해서

**Table 1. Species composition in the middle Yellow Sea of Korea. N and W represent the number of individuals and biomass. The units of N and W are ind./km<sup>2</sup> and kg/km<sup>2</sup>, respectively**

	Autumn		Winter		Spring		Summer		Total	
	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W
<b>Bivalvia</b>										
<i>Atrina pectinata</i>	82	13	2,968	835	1,360	383	62	15	4,472	1,246
<i>Mytilus edulis</i>			495	2					495	2
<i>Ostrea denselamellosa</i>	309	22	62	14	247	62	185	23	804	120
<i>Patinopecten yessoensis</i>	124	9	247	17			185	17	556	42
<i>Solecurtus divaricatus</i>	309	13			742	29			1,051	42
<i>Solen (Solen) grandis</i>	82	4							82	4
<b>Cephalopoda</b>										
<i>Loligo (Doryteuthis) bleekeri</i>					247	17			247	17
<i>Loligo beka</i>	44,474	219	927	5	9,274	93	29,216	175	83,892	491
<i>Octopus (Enteroctopus) dofteini</i>							124	22	124	22
<i>Octopus minor</i>	82	37	124	15	185	21			392	73
<i>Octopus ocellatus</i>	12,448	527	13,231	801	2,535	133	62	1	28,276	1,462
<i>Sepia (Platysepia) esculenta</i>	5,606	622					2,243	50	7,848	672
<b>Crustacea</b>										
<i>Alpheus digitalis</i>			680	2					680	2
<i>Alpheus japonicus</i>			371	1					371	1
<i>Cancer amphioetus</i>					371	9			371	9
<i>Carcinoplax vestita</i>			62	*			309	2	371	2
<i>Charybdis bimaculata</i>			62	*	124	1	25,017	156	25,203	157
<i>Charybdis japonica</i>	639	45			247	18	3,878	179	4,764	242
<i>Chironomites haematocheir</i>							185	1	185	1
<i>Crangon hakodatei</i>	4,513	6	804	1	9,089	20			14,406	28
<i>Exopalaemon carinicauda</i>	52,223	64	19,166	30	247	0			71,637	94
<i>Fenneropenaeus chinensis</i>	165	10			433	26			598	37
<i>Heptacarpus rectirostris</i>			309	*					309	*
<i>Leptochela gracilis</i>			62	*					62	*
<i>Leptomithrax edwardsii</i>			10,634	34	124	1			10,758	35
<i>Metapenaeus joyneri</i>					371	2			371	2
<i>Oratosquilla oratoria</i>	2,267	73	618	14	20,032	651	34,078	658	56,995	1,397
<i>Ovalipes punctatus</i>							866	20	866	20
<i>Paradorippe granulata</i>							4,873	38	4,873	38
<i>Parapenaeopsis tenella</i>	144	*							144	*
<i>Platylambrus valida</i>							680	14	680	14
<i>Portunus (Portunus) trituberculatus</i>	598	72					4,671	1,296	5,268	1,369
<i>Pugettia quadridens</i>							62	1	62	1
<i>Trachysalambria curvirostris</i>	886	6					309	1	1,195	7
<b>Echinodermata</b>										
<i>Stichopus japonicus</i>			62	3	62	5	185	7	309	16
<i>Strongylocentrotus intermedius</i>			1,237	30					1,237	30
<b>Gastropoda</b>										
<i>Glossaulax didyma didyma</i>	4,122	260	556	22	866	47	927	45	6,471	374
<i>Neptunea arthritica</i>	392	36	495	45	371	37			1,257	118
<i>Phalium flammiferum</i>							236	8	236	8
<i>Rapana venosa venosa</i>	4,184	607	185	5	2,411	312	3,215	653	9,995	1,578
<i>Volutharpa ampullacea</i>			124	3	247	7			371	11
<b>Pisces</b>										
<i>Acanthogobius lactipes</i>	33,428	240	62,445	429	10,634	72	185	1	106,693	743
<i>Apogon lineatus</i>	82	1					12,624	89	12,706	90
<i>Argyrosomus argentatus</i>							9,645	418	9,645	418
<i>Chaeturichthys stigmatias</i>	2,061	27	33,325	566					35,386	593
<i>Cociella crocodila</i>	62	12							62	12
<i>Coilia nasus</i>			124	7					124	7
<i>Collichthys lucidus</i>			495	7					495	7
<i>Conger myriaster</i>							124	11	124	11
<i>Cryptocentrus filifer</i>			556	3	124	1	124	1	804	4
<i>Ctenotrypauchen microcephalus</i>					62	*		62	*	
<i>Cynoglossus abbreviatus</i>	309	26							309	26
<i>Cynoglossus joyneri</i>	989	37	11,314	353	7,048	278	11,320	362	30,672	1,031
<i>Cynoglossus robustus</i>	6,595	196					495	87	7,090	283
<i>Engraulis japonicus</i>							62	1	62	1
<i>Hapalogenys mucronatus</i>	62	*					q		62	*
<i>Haxagrammos otakii</i>	1,649	86	618	33	1,855	153	3,687	120	7,809	392
<i>Hemirhamphus villosus</i>			247	69	433	44			680	113
<i>Inimicus japonicus</i>							247	31	247	31
<i>Liparis tanakai</i>	289	175	309	335					598	510
<i>Liphius litulon</i>	82	40			618	259			701	300
<i>Microstomus achne</i>			1,360	398	3,462	693	1,608	348	6,430	1,439
<i>Nibea albiflora</i>					1,360	36			1,360	36
<i>Pagrus major</i>							21,965	169	21,965	169
<i>Pampus echinogaster</i>	82	7					62	4	144	11
<i>Paralichthys olivaceus</i>	2,906	383	2,102	342	1,113	305	854	181	6,975	1,211
<i>Pholis fangi</i>	62	1	185	1	3,091	40			3,339	42
<i>Platycephalus indicus</i>	1,896	295			556	176	3,131	426	5,583	897
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	1,752	410				309	5		2,061	414
<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	598	77			62	0	1,175	95	1,834	173
<i>Raja kenjiei</i>	495	109	2,906	363	1,113	268	2,720	515	7,234	1,255
<i>Repomucenus beniteguri</i>	6,348	32	4,946	23	13,540	106	866	12	25,699	174
<i>Scomberomorus nipponicus</i>							247	8	247	8
<i>Sebastes schlegeli</i>	185	11			124	6	309	19	618	35
<i>Sillago sihama</i>					124	1			124	1
<i>Takifugu pardalis</i>					185	4	62	5	247	8
<i>Takifugu poecilonotus</i>	185	5							185	5
<i>Thamnaconus modestus</i>					62	12			62	12
<i>Trachidermus fasciatus</i>			185	3	433	5			618	8
<i>Zebrias fasciatus</i>							556	37	556	37
<i>Zoarces gilli</i>	124	6	62	1	62	11	124	4	371	22
<b>Total</b>	<b>193,890</b>	<b>4,822</b>	<b>174,662</b>	<b>4,815</b>	<b>95,956</b>	<b>4,349</b>	<b>183,761</b>	<b>6,325</b>	<b>648,269</b>	<b>20,312</b>

\*: less than 0.5kg/km<sup>2</sup>

서해 중부 연안에서 총 57과 81종이 어획되었다. 이 중 갑각류(Crustacea)가 14과 22종, 극피동물류(Echinodermata)가 2과 2종, 두족류(Cephalopoda)가 3과 6종, 복족류(Gastropoda)가 4과 5종, 어류(Pisces)가 28과 40종, 그리고 이매패류(Bivalvia)가 6과 6종이었다. 계절별로 어획종 수는 겨울이 가장 낮은 38종이었으며, 가을과 봄은 42종이었으며, 여름이 가장 많은 45종으로 나타났다. 계절별 출현종 수의 변동범위는 분류군별로는 갑각류는 8 - 11종, 극피동물류는 0 - 2종, 두족류는 3 - 4종, 복족류는 3 - 4종, 어류는 16 - 23종, 그리고 이매패류는 3 - 5종이 출현하였다. 출현종은 겨울에 어류의 출현종 수가 가장 적었으며, 그 외 분류군은 계절변동에 따른 출현종 수의 변화가 적었다. 종다양성 지수는 겨울에 가장 낮은 값인 2.14이었으며, 봄에 가장 높은 값인 2.67로 나타났다(Fig. 2).

서해 중부 연안 해역에서 가장 많이 출현하는

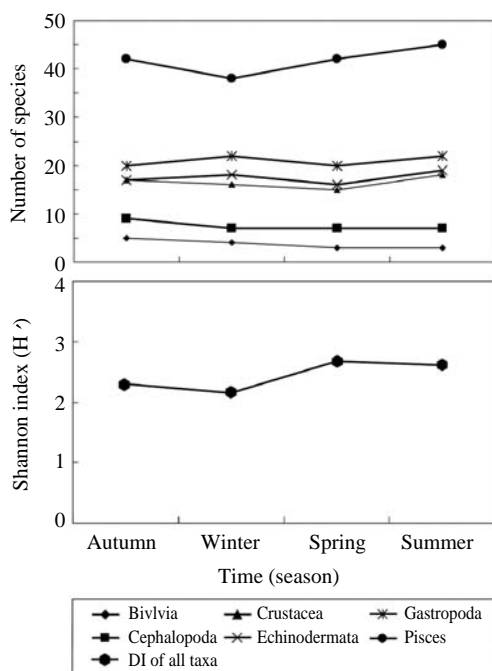


Fig. 2. Seasonal variations of cumulative number of species by taxa (upper) and Shannon index of total number of species (below).

우점종은 연안 저서어류인 도화망둑 (*Acanthogobius lactipes*)을 비롯한 밀새우 (*Exopalaemon carinicauda*), 갯가재 (*Oratosquilla oratoria*), 참꼴뚜기 (*Loligo beka*), 쉬쉬망둑 (*Chaeturichthys stigmatias*) 등이었다. 어획량에 있어서는 피빨고둥 (*Rapana venosa venosa*), 주꾸미 (*Octopus ocellatus*), 찰가자미 (*Microstomus achne*), 갯가재, 꽃게 (*Portunus trituberculatus*) 등이 가장 많이 출현하였다. 계절별로는 가을에는 밀새우가 52,223ind./km<sup>2</sup>으로 전체 어획의 26.9%를 차지하여 최우점종이었으며, 다음으로 참꼴뚜기, 도화망둑, 주꾸미, 개서대 (*Cynoglossus robustus*)의 순이었다. 어획량의 순으로는 참갑오징어 (*Sepia esculenta*)가 622kg/km<sup>2</sup>으로 전체어획의 12.9%를 차지하였으며, 다음으로 피빨고둥, 주꾸미, 도다리 (*Pleuronichthys cornutus*), 넙치 (*Paralichthys olivaceus*)의 순이었다. 겨울에는 도화망둑이 62,445ind./km<sup>2</sup>으로 전체 어획의 35.8%를 차지하여 최우점종이었으며, 다음으로 쉬쉬망둑, 밀새우, 주꾸미, 참서대 (*Cynoglossus joyneri*)의 순이었다. 어획량의 순으로는 키조개 (*Atrina pectinata*)가 835kg/km<sup>2</sup>으로 전체어획의 17.3%를 차지하였으며, 다음으로 주꾸미, 쉬쉬망둑, 도화망둑, 찰가자미의 순이었다. 봄에는 갯가재가 20,032ind./km<sup>2</sup>으로 전체 어획의 20.9%를 차지하여 최우점종이었으며, 다음으로 날뚝양태 (*Repomucenus beniteguri*), 도화망둑, 참꼴뚜기, 마루자주새우 (*Crangon hakodatei*)의 순이었다. 어획량의 순으로는 찰가자미가 693kg/km<sup>2</sup>으로 전체어획의 15.9%를 차지하였으며, 다음으로 갯가재, 키조개, 피빨고둥, 넙치의 순이었다. 마지막으로 여름에는 갯가재가 34,078ind./km<sup>2</sup>으로 전체 어획의 18.5%를 차지하여 최우점종이었으며, 다음으로 참꼴뚜기, 두점박이민꽃게 (*Crangon hakodatei*), 참돔 (*Pagrus major*), 열동가리돔 (*Apogon lineatus*)의 순이었다. 어획량의 순으로는 꽃게가 1,296kg/km<sup>2</sup>으로 전체어획의 20.5%를 차지하였으며, 다음으로 갯가재, 피빨

고등, 홍어 (*Raja kenojei*), 양태 (*Platycephalus indicus*)의 순이었다(Table 1).

분류군별 계절변동

계절별 단위면적당 개체수는 봄이 가장 낮은 95,956ind./km<sup>2</sup>이었으며, 가을에 193,890ind./km<sup>2</sup>으로 가장 높게 나타났다. 분류군별로 단위면적당 개체수를 살펴보면, 갑각류는 겨울에 32,768ind./km<sup>2</sup>으로 가장 적었으며, 여름에 74,929ind./km<sup>2</sup>으로 가장 많았다. 극피동물은 가을에 어획되지 않았으며, 봄에 62ind./km<sup>2</sup>으로 가장 적었고 겨울에 1,298ind./km<sup>2</sup>으로 가장 많았다. 두족류는 봄에 12,242ind./km<sup>2</sup>으로 가장 적었으며, 가을에 62,610ind./km<sup>2</sup>으로 가장 많았다. 복족류는 겨울에 1,360ind./km<sup>2</sup>으로 가장 적었으며, 가을에 8,697ind./km<sup>2</sup>으로 가장 많았다. 어류

는 봄에 46,370ind./km<sup>2</sup>으로 가장 적었으며, 겨울에 121,181ind./km<sup>2</sup>으로 가장 많았다. 마지막으로 이매패류는 여름에 433ind./km<sup>2</sup>으로 가장 적었고 겨울에 3,771ind./km<sup>2</sup>으로 가장 많았다. 분류군별 단위면적당 개체수에 대한 어획비율을 살펴보면, 갑각류는 18.8 - 40.8%, 극피동물은 0.1 - 0.7%, 두족류는 8.2 - 32.3%, 복족류는 0.8 - 4.5%, 어류는 31.1 - 69.4% 그리고 이매패류는 0.2 - 2.4%를 차지하였다(Fig. 3).

계절별 단위면적당 어획량은 봄이 가장 낮은 4,349kg/km<sup>2</sup>이었으며, 여름에 6,325kg/km<sup>2</sup>으로 가장 높게 나타났다. 분류군별로 단위면적당 어획량을 살펴보면, 갑각류는 겨울에 83kg/km<sup>2</sup>으로 가장 작았으며, 여름에 2,367kg/km<sup>2</sup>으로 가장 많았다. 극피동물은 봄에 5kg/km<sup>2</sup>으로 가장 작았으며, 겨울에 33kg/km<sup>2</sup>으로 가장 많았다. 두족

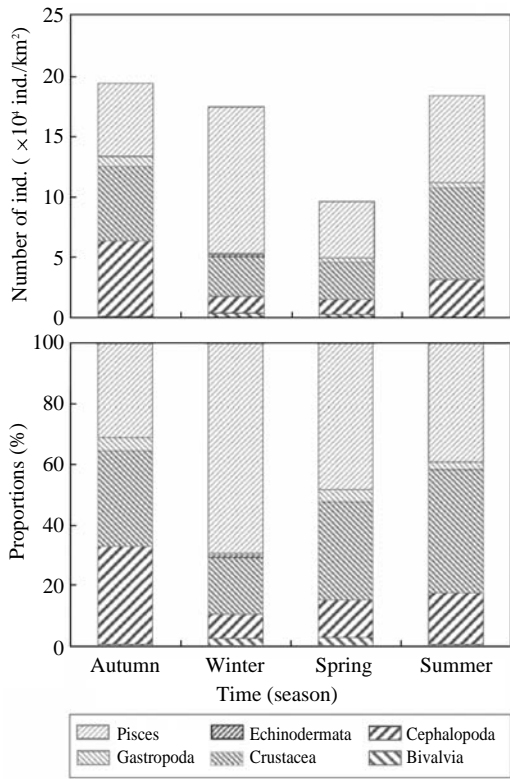


Fig. 3. Seasonal variation of number of individual per unit area (upper) and proportions (below) by taxa.

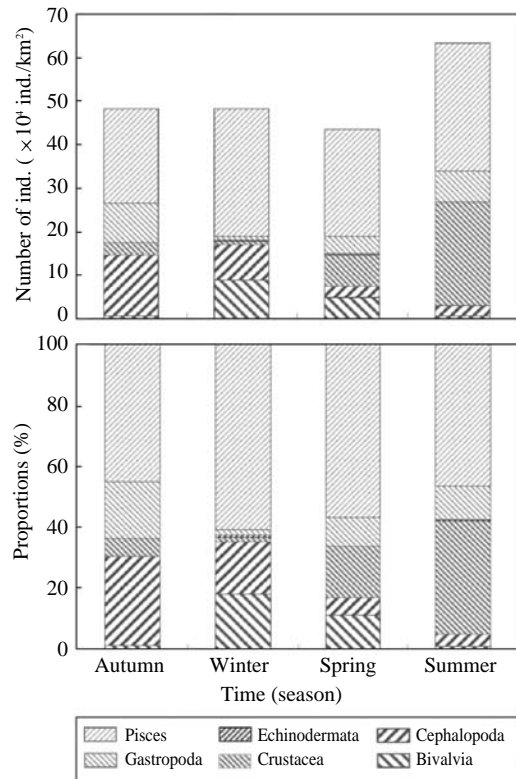


Fig. 4. Seasonal variation of weight per unit area (upper) and proportions (below) by taxa.

류는 여름에 247kg/km<sup>2</sup>으로 가장 작았으며, 가을에 1,406kg/km<sup>2</sup>으로 가장 많았다. 복족류는 겨울에 77kg/km<sup>2</sup>으로 가장 작았으며, 가을에 903kg/km<sup>2</sup>으로 가장 많았다. 어류는 가을에 2,176kg/km<sup>2</sup>으로 가장 작았으며, 여름에 2,943kg/km<sup>2</sup>으로 가장 많았다. 그리고 이매패류는 여름에 55kg/km<sup>2</sup>으로 가장 작았으며, 겨울에 868kg/km<sup>2</sup>으로 가장 많았다. 단위면적당 어획량에 대한 분류군별 비율을 살펴보면, 갑각류가 1.7 - 37.4%, 극피동물이 0.1 - 0.7%, 두족류가 3.9 - 29.1%, 복족류가 1.6 - 18.7%, 어류가 45.1 - 60.9%, 그리고 이매패류가 0.9 - 18.0%를 차지하였다 (Fig. 4).

#### 정점별 변동

서해 중부 연안의 정점별 분류군별 출현개체수는 정점 B가 63,047ind./km<sup>2</sup>로 월등히 많았으며, 정점 A가 8,656ind./km<sup>2</sup>로 가장 적은 출현개체수를 보였다. 서해 중부 연안해역에서 출현개체수가 가장 적은 정점 A를 제외하고, 상대적으로 북부에 위치한 정점 B, F, G 그리고 H의 출현개체수는 남부에 위치한 정점 C, D, E, I와 J에 비하여 많은 출현개체수를 나타내었다. 북부에 위치한 정점들의 출현개체수는 32,387 - 36,047ind./km<sup>2</sup>이었으며, 남부에 위치한 정점들의 출현개체수는 19,465 - 28,008ind./km<sup>2</sup>이었다.

정점별 분류군별 출현 개체 비율은 어류가 29.1 - 82.9% 였고, 갑각류가 16.0 - 44.5%로 각 정점별로 두 분류군의 비율이 최소 66.7%에서 최대 86.6%를 차지하였다. 북부에 위치한 정점은 어류의 출현개체수의비율이 가장 높았으며, 남부에 위치한 정점은 갑각류의 비율이 가장 높았다(Fig. 5).

정점별 분류군별 어획량은 정점 B가 2,047kg/km<sup>2</sup>으로 가장 많았으며, 정점 A가 251kg/km<sup>2</sup>으로 가장 적었다. 정점별 어획량 역시 정점 A를 제외하고 상대적으로 북부에 위치한 정점이 남부에 위치한 정점에 비하여 어획량이 많았다. 북부에 위치한 정점 B, F, G 그리고 H의 어획량은 1,316 - 2,047kg/km<sup>2</sup>이었으며, 남부에 위치한 정점 C, D, E, I와 J의 어획량은 629 - 914kg/km<sup>2</sup>이었다. 정점별 분류군별 어획 비율은 정점별로 변동 범위가 컸으며 세부적으로 살펴보면, 갑각류가 5.3 - 36.8%, 극피동물류가 0.2 - 3.4%, 두족류가 5.2 - 18.4%, 복족류가 1.5 - 32.2%, 어류가 27.9 - 77.6%, 그리고 이매패류가 0.4 - 55.8% 이었다. 이매패류의 어획량이 55.8%로 가장 높았던 정점 E를 제외하고, 전 정점에서 어류의 어획비율이 가장 높았으며, 다음으로 갑각류, 복족류의 순이었다(Fig. 6).

각 정점의 생물종의 출현유무에 따른 유사도는 유클리드 거리를 계산하여 파악하였다. 정점

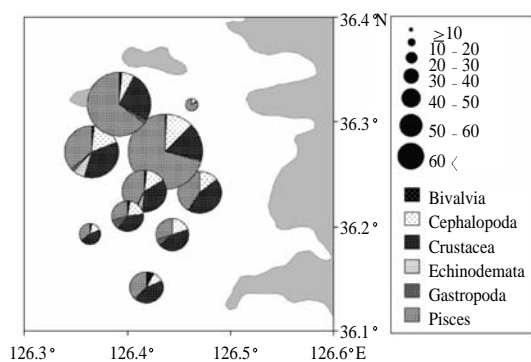


Fig. 5. Proportions of individual per unit area ( $\times 10^4$  ind./km<sup>2</sup>) of taxa by station.

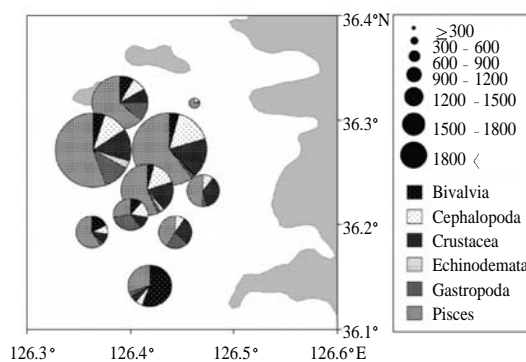


Fig. 6. Proportions of weight per unit area (kg/km<sup>2</sup>) of taxa by station.

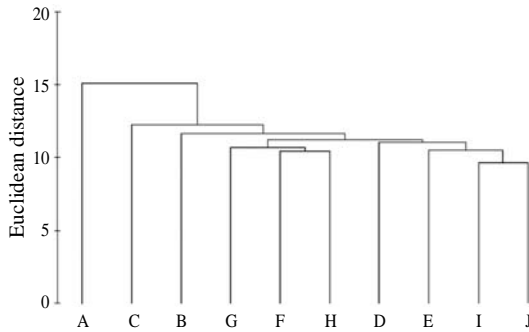


Fig. 7. Dendrogram by Euclidean distance between stations.

별 유사도는 북부에 위치한 정점 F, G와 H와 남부에 위치한 정점 D, E, I와 J가 유사한 그룹으로 나타났으며, 각 그룹은 Fig. 5와 6에서와 같이 정점별 출현개체수와 어획량에 대하여 비슷한 변동 패턴을 나타내었다. 출현개체수와 어획량이 가장 적었던 정점 A와 가장 많았던 정점 B, 그리고 정점 C는 두 그룹에 비하여 유클리드 거리가 멀어 상대적으로 유사도가 낮았다(Fig. 7).

군집분석

계절별 정점별 종 조성 차이를 알아보기 위하여 주성분분석을 하였다. 계절별 종 조성에 의한 PC I, PC II와 PC III 성분이 각각 총분산의 42.7%, 31.4%, 그리고 21.0%로 세 성분이 전체 변동을 설명할 수 있으며, PC I 만으로도 주된 계절 변동의 약 40%를 설명할 수 있었다(Table 2). PC I 과 PC II 의 사이의 관계에서 각 정점들은 계절마다 그룹을 이루었다. 가을은 대부분의 정점에서 두 성분 모두 양 (+)의 값을 나타내었다. 겨울과 봄은 각 하나의 정점을 제외하고 PC I 은 양의 값을 가졌고, PC II 는 음 (-)의 값을

Table 2. Eigen value, variance and cumulative variance of the principle components

Principle component	Eigen value	Variation (%)	Cum. variation (%)
1	34.6	42.7	42.7
2	25.4	31.4	74.1
3	21.0	25.9	100

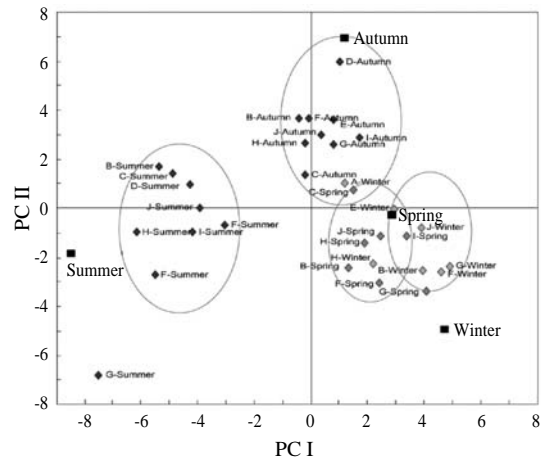


Fig. 8. Principle component analysis shows variation of fisheries organism with season and station by season.

가졌다. 여름은 PC I 이 음의 값을 나타내었으며 PC II 는 분산이 커서 양과 음의 값에 걸쳐 분포하였다. 계절별 주성분분석 결과는 각 정점별 경향과 일치하였고, 정점별 PC II 성분의 편차가 컸었던 여름은 계절 평균에 대해서는 I 성분과 II 성분 둘 다 음의 값을 나타내었다(Fig. 8). 해양 환경인자인 규산규소(SiO<sub>2</sub> - Si), 부유물질(SS), 수소이온농도(pH), 수온(SST), 아질산질소(NO<sub>2</sub> - N), 암모늄(NH<sub>4</sub> - N), 염분(SSS), 용존무기인(DIP), 용존무기질소(DIN), 용존산소(DO), 질산질소(NO<sub>3</sub> - N), 총인(TP), 총질소(TN), 화학적산소요구량(COD), 그리고 클로로필(Chlorophyll a)과 주성분분석 결과인 PC I, PC II와 PC III에 대한 상호상관계수를 계산하여 계절별 종 조성의 변동원인을 분석하였다. PC I 과 환경인자 사이의 상호상관계수 결과에서 가장 낮은 값을 가진 부유물질을 제외하고, 그 외 환경인자들은 모두 |0.4|이상의 상호상관계수를 나타내었다. 그 중 수온, 암모니아질소, 총인 그리고 클로로필 사이의 상관계수만이 P < 0.05 수준에서 통계학적으로 유의하였다. PC II 은 부유물질과 아질산질소 사이에 0.8을 넘는 높은 상호상관계수를 나타내었지만, 통계학적으로는 유의하지 나타나지 않았다. PC III 도 규산규소, 질



**Table 3. Cross-correlation coefficients between principle component (PC) scores and marine environmental factors. \* denoted significant level at  $\alpha < 0.05$** 

Environmental factors	PC Score1	PC Score2	PC Score3
Chlorophyll a	-0.966*	-0.247	0.078
COD	-0.935	-0.231	-0.270
DIN	0.475	-0.388	0.790
DIP	0.472	-0.168	0.866
DO	0.857	-0.397	0.329
NH <sub>4</sub> - N	-0.960*	-0.271	0.068
NO <sub>2</sub> - N	-0.018	0.877	0.481
NO <sub>3</sub> - N	0.541	-0.405	0.737
pH	-0.739	0.011	-0.674
SiO <sub>2</sub> - Si	-0.442	0.213	0.871
SS	0.126	0.922	0.366
SSS	0.928	0.360	0.096
SST	-0.964*	0.151	-0.219
TN	0.850	0.130	0.510
TP	-0.956*	-0.124	0.265

산질소, 용존무기인과 용존무기질소 사이의 0.7을 넘는 높은 상호상관계수를 나타내었으나, 통계학적으로 유의하지 않았다. PC I, PC II 와 PC III 과 해양환경인자들 사이의 상호상관계수는 자료 수가 적어 통계학적으로 유의하지 않았으나, 공통적으로 세 성분 모두 영양염에 대한 높은 상관계수값으로 나타내었다 (Table 3).

## 고 찰

서해 중부 연안에서 갑각류가 14과 22종, 극피동물류가 2과 2종, 두족류가 3과 6종, 복족류가 4과 5종, 어류가 28과 40종, 그리고 이매패류가 6과 6종으로, 총 57과 81종이 어획되었다. 계절별로 겨울에 가장 적은 38종이, 여름에 가장 많은 45종이 출현하였다. 출현종 수의 변동은 겨울철에 어류종의 감소로 인하였으며, 그 외 분류군은 계절에 따른 종 수의 변동이 적었다. 종다양성 지수는 출현종 수가 적으며 전체 어획개체수가 많은 겨울에 가장 낮았으며, 출현종 수가 많고 총 어획개체수가 적은 봄에 가장 높았다. 서해 중부 인근에 위치한 천수만에서는 1981 - 82년에 64종의 어류가 채집되었으며, 출현종 수는 봄과 가을에 많았고, 여름에는 적었다. 1986년에는

32종의 어류가 채집되었으며, 출현종 수는 여름에 가장 많았고, 겨울이 가장 적었다. 어획량은 겨울이 가장 많았으며 이후 점차 감소하였다. 1991 - 92년에는 어류가 54종이 채집되었으며, 출현종 수는 봄에 가장 많았으며, 겨울이 가장 적었다. 어획량은 봄에 가장 많았으며, 여름이 가장 적었다. 1992 - 93년에는 63종의 어류가 출현하였으며, 출현종 수는 봄에 가장 높은 값을 나타냈으며, 이후 감소하였다 (Lee, 1989, 1996, 1998; Lee and Seok, 1984). 본 연구와 유사한 어구인 오테트롤을 사용한 1986년과 1991 - 92년의 연구에서 어류의 출현종 수가 비슷한 수준이었다. 수동 어구인 정치망을 사용한 1981 - 82년과 1992 - 93년의 연구에서는 오테트롤을 사용한 조사보다 9 - 22종이 더 많았다. Huh and Chung (1999)은 출현종 수의 차이는 조사횟수에 많은 영향을 받는 것으로 보고하고 있으며, 본 연구에서도 정치망이 오테트롤보다 어구성능이 뛰어난 것이 아니라 정치망의 조사횟수가 오테트롤을 사용하여 계절조사를 한 경우보다 많았기 때문에 출현종 수의 변동을 보인 것으로 판단된다.

본 연구해역의 주요 우점종은 갯가재, 주꾸미, 도화망둑, 참서대, 피뿔고둥, 참꼴뚜기, 쉬쉬망둑, 홍어, 찰가자미, 넙치 등 이었다. 주요 우점종 10종의 어획개체수와 어획량은 각각 전체의 57.5% 와 55.1%를 차지하였다. 그 외 도다리, 키조개, 새치성게 (*Strongylocentrotus intermedius*), 밀새우, 날뚝양태, 보구치 (*Argyrosomus argenteatus*), 꽃게 등이 계절별 우점종으로 나타났다. 고군산도해역에서는 흰배도라치 (*Pholis fangi*), 멸치 (*Engraulis japonicus*), 까나리 (*Ammodytes personatus*), 맨탕이 (*Harengula zunasi*), 전어 (*Konosirus punctatus*) 등이 우점종이었으며, Lee and Seok (1984)가 보고한 천수만의 우점종과 비슷하였다 (Hwang, 1998). 오테트롤을 이용한 영광 연안 해역의 연구에서의 주요 우점종은 민태 (*Johnius belengerii*), 그라비새우 (*Palaemon*

*gravieri*), 마루자주새우, 참서대, 눈강달이 (*Collichthys niveatus*), 갯가재, 물메기 (*Liparis tessellatus*) 등 이었다 (Hwang et al., 1998a). 주목망을 이용한 영광 연안의 주요 우점종은 청멸 (*Thrysa chefuensis*), 마루자주새우, 중하 (*Metapenaeus joyneri*), 민태, 뱀댱이 등 이었다 (Hwang et al., 1998b). Hwang et al. (1998b)에 따르면 서해 중부 해역과 영광 연안 해역은 어류의 서식환경이 다른 것으로 보고하였으며, 두 해역의 우점종의 차이는 사용된 어구특성의 차이 때문이라기보다는 서로 다른 해양환경에서 기인하는 것으로 판단된다 (Hwang, 1998). 하지만 동일한 해역인 영광 연안에서도 오탁트롤과 주목망 어구에 의한 주요 우점종의 변화가 나타나므로, 주요 종의 차이는 서식환경뿐만 아니라 사용어구와 조사횟수에 종합적인 영향을 받는 것으로 생각된다.

출현개체수에 대한 분류군별 계절변동을 살펴보면, 가을은 두족류와 복족류가 많았으며, 겨울은 갑각류와 복족류가 적었으며, 극피동물류, 어류와 이매패류가 많았다. 봄은 극피동물, 두족류와 어류가 적었으며, 여름은 갑각류와 이매패류가 적었다. 어획량에 대한 분류군별 계절변동은 가을은 두족류와 복족류가 많았으며, 어류는 적었다. 겨울은 갑각류와 복족류가 적었으며, 극피동물과 이매패류가 많았다. 여름은 극피동물, 두족류, 이매패류가 적었으며, 갑각류와 어류가 많았다. 서해 중부해역뿐만 아니라, 우리나라 전해역에서 어류 이외의 해양생물에 대한 종조성 및 어획량에 대한 연구는 부족한 편이다. 어류를 포함한 수산생물에 대한 연구는 영광 연안에서 오탁트롤과 주목망을 이용하여 수행되었다 (Hwang et al., 2008a; Hwang et al., 2008b). 영광 연안에서는 어류와 갑각류가 7월과 10월에 출현종 수가 많은데 비하여, 두족류는 6월과 11월에 높았다. 또한, 생물밀도에 있어서도 어류와 갑각류의 생물량이 높은 봄과 가을에 두족류는 낮은 밀도를 보였으며, 어류와 갑각류가 낮은 값을 보인 8월에 오히려 두족류의 생물량은 높게

나타났다. 갑각류, 두족류와 어류가 계절을 달리 하며 출현하는 것은 연안에서의 생태적 지위가 다르기 때문으로 판단된다 (Hwang et al., 2008b). 본 연구에서도 분류군별로 출현시기를 달리하였지만, Hwang et al. (2008b)의 연구결과와 동일한 계절변동을 나타내지는 않았다. 출현 분류군의 계절적 차이는 본 연구 해석과 영광 연안 해역의 지역적 차이에 기인하는 것으로 생각된다.

서해 중부 연안에서 출현 분류군의 공간적 변동을 살펴보면, 정점별 출현개체수 및 어획량은 정점 A를 제외하고 상대적으로 북부에 위치한 정점들이 남부에 위치한 정점들보다 많았다. 정점별 분류군별 출현개체수 비율은 어류와 갑각류가 67% 이상을 차지하였으며, 북부에 위치한 정점들은 어류의 비율이 가장 높았으며, 남부에 위치한 정점들은 갑각류의 비율이 가장 높았다. 정점별 분류군별 어획량은 이매패류의 어획량이 55.8%로 가장 높았던 정점 E를 제외한 전 정점에서 어류의 어획 비율이 가장 높았다. 이러한 경향은 각 정점에서 출현종에 따른 유사도를 파악한 결과에도 반영되었다. 북부에 위치한 정점 F, G와 H가 유사한 그룹으로 나타났으며 남부에 위치한 정점 D, E, I와 J가 유사한 그룹으로 나타났다. 그 외에 출현개체수와 어획량이 가장 적었던 정점 A와 가장 많았던 정점 B, 그리고 정점 C는 유사도가 낮았다. 주성분분석 결과에서 정점들은 계절별로 그룹을 이루고 있었으며, 이는 공간보다 시간 또는 계절적 요소가 주된 성분이라고 해석된다. 이러한 결과는 영광 연안 해역에서 보고되었던 계절간 차이가 한 조사시기의 정점간 차이보다 커서 서식생물의 출현양상이 채집 정점보다는 채집시기에 따른 차이가 크게 나타난 결과와 유사하였다 (Hwang et al., 1998a; Hwang et al., 1998b). 서식생물의 군집구조는 정점간의 공간적 분포의 차이가 계절간의 시간적 변동의 차이보다 작다는 것을 의미하며, 서해 중부 연안해역의 해양생물의 주된 변동원인은 계절의 변화로 나타났다.

주성분분석을 통하여 생물변동에 관한 PC I, PC II, 그리고 PC III의 성분으로 분리해내었으며, 서해 중부 연안의 다양한 환경인자들과의 상관관계를 살펴보았다. PC I은 42.7%의 변동원인을 설명하고 있으며, 타 성분에 비하여 주성분값의 변화가 계절별로 뚜렷이 나타난다. 서해 중부 연안의 15가지 해양환경인자 중에서 PC I 성분과 수온, 암모니아질소, 총인 그리고 클로로필 사이에서 통계학적으로 유의한 수준 ( $P < 0.05$ )의 관련성을 나타내었다. 동물플랑크톤의 변화는 영양염, 수온과 클로로필 a 등을 비롯한 다양한 환경인자와 깊은 연관을 가지며 (Tackx et al., 2004), 높은 플랑크톤 밀도는 많은 어류에게 풍부한 먹이를 제공하므로, 이를 위해서는 광합성이 활발한 안정적인 환경이 중요하다 (Emmanuel and Onyema, 2007; Soyinka and Kassem, 2008). 수온은 해양환경의 주된 지표이며, 암모니아질소와 총인은 식물플랑크톤 생산에 영향을 미치는 영양염이며, 클로로필은 식물플랑크톤 양의 척도이므로, 이들과의 관련성은 계절별 환경변화와 하위영양생물의 변동이 관련되어 있음을 파악할 수 있다. 서해 중부 연안의 수산생물은 계절에 따라 변동하였으며, 이러한 수산생물의 계절변동은 수온과 클로로필 a로 대표되는 환경과 먹이생물에 의하여 변화하는 것으로 생각되어진다.

## 결 론

서해 중부 연안에서 6개 분류군 57과 81종이 어획되었다. 계절별로 겨울에 38종으로 가장 적었고, 여름에 가장 많은 45종이 출현하였다. 계절별 출현종 수의 변동요인은 겨울철 어류의 감소로 인하였으며, 그 외 분류군은 계절에 따른 변동이 적었다. 종다양성 지수는 겨울에 가장 낮았고, 봄에 가장 높았다. 서해 중부 연안의 주요 우점종으로는 갯가재, 주꾸미, 도화망둑, 참서대, 피빨고둥, 참꽃뚜기, 쉬쉬망둑, 홍어, 찰가자미, 넙치 등이었다. 계절별로 생물의 종 또는 분

류군 단위의 변동이 나타났으며, 분류군별 출현 시기가 다르게 나타나는 것은 연안에서의 수산생물들의 생태적 지위가 다르기 때문으로 판단되었다. 서해 중부 연안에서 북부에 위치한 정점들은 어류의 출현개체수의 비율이 가장 높았고, 남부에 위치한 정점은 갑각류의 출현개체수의 비율이 가장 높았다. 이러한 경향은 각 정점에서 출현종에 따른 유사도를 파악한 결과에도 반영되어, 남부와 북부에 위치한 정점들로 해석이 구분되었다. 하지만 주성분분석 결과 정점들은 계절마다 그룹을 이루고 있어서, 서해 중부 해역에서는 공간보다 시간 또는 계절적 요소에 의하여 수산생물들이 변동하는 것으로 생각된다. 해양환경인자와의 상관성을 통하여 수산생물의 계절변화를 이끄는 주된 원인을 파악하였다. 서해 중부 해역은 수온과 클로로필 a로 대표되는 환경과 먹이생물에 의하여 변동하는 것으로 생각되어진다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물학원 (연근해 어업자원 평가 및 관리연구, RP - 2010 - FR - 004)의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- Allen, L.G., 1982. Seasonal abundance, composition and productivity of the littoral fish assemblage in upper Newport Bay, California. *Fish. Bull. U.S.*, 80, 767 - 790.
- Cha, H.K., J.U. Lee, C.S. Park, C.I. Baik, S.Y. Hong, J.H. Park, D.W. Lee, Y.M. Choi, K.S. Hwang, Z.G. Kim, K.H. Choi, H.S. Shon, M.H. Shon, D.H. Kim and J.H. Choi, 2001. *Shrimps of the Korean Waters*. National Fisheries Research & Development Institute, Korea, pp. 188.
- Chyung, M.K., 1977. *The Fishes of Korea*. Iljisa Publishing co., Seoul, pp. 727.
- Emmanuel, B.E. and I.C. Onyema, 2007. The plankton and fishes of a tropical creek in South - Western

- Nigeria. Turk. J. Fish. Aquat. Sci., 7, 105 - 114.
- Hong, S.Y., K.Y. Park, C.W. Park, C.H. Han, H.L. Suh, S.G. Yun, C.B. Song, S.G. Jo, H.S. Lim, Y.S. Kang, D.J. Kim, C.W. Ma, M.H. Son, H.K. Cha, K.B. Kim, S.D. Choi, K.Y. Park, C.W. Oh, D.N. Kim, H.S. Shon, J.N. Kim, J.H. Choi, M.H. Kim and I.Y. Choi, 2006. Marine invertebrates in Korean Coasts. Academy Publishing Company, Inc., Seoul, Korea, pp. 482.
- Huh, S.H. and S.G. Chung, 1999. Seasonal variations in species composition and abundance of fishes collected by an otter trawl in Nakdong River Estuary. Bull. Korean Soc. Fish. Tech., 35 (2), 178 - 195.
- Hwang, S.D., 1998. Diel and seasonal variations in species composition of fishery resources collected by a bag net off Kogunsan-gundo. Korean J. Ichthyol., 10 (2), 155 - 163.
- Hwang, S.D., Y.J. Im, H.I. Song, Y.S. Choi and H.T. Moon, 1998a. Fishery resources off Youngkwang. II. Species composition of catch by a otter trawl. J. Korean Fish. Soc., 31 (5), 739 - 748.
- Hwang, S.D., Y.J. Im, Y.C. Kim, H.K. Cha and S.H. Choi, 1998b. Fishery resources off Youngkwang. I. Species composition of catch by a stow net. J. Korean Fish. Soc., 31 (5), 727 - 738.
- Kim, I.S. and W.O. Lee, 1993. The fish fauna of the Kokusan Islands, Korea. Korean J. Ichthyol., 5 (1), 41 - 52.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim, 1995. Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo - Hak Publishing Co., Ltd., pp. 615.
- Lee, C.L., 1994. A review on fish fauna of the Yellow Sea. Korean J. Ichthyol., 6 (2), 172 - 192.
- Lee, C.L., 2004. Review of the Fish -fauna of the West Sea of Korea. Korean J. Ichthyol., 16 (1), 60 - 74.
- Lee, T.W., 1989. Seasonal fluctuation in abundance and species composition of demersal fishes in Cheonsu Bay of the Yellow Sea, Korea. Bull. Korean Fish. Soc., 22 (1), 1 - 8.
- Lee, T.W., 1991. The demersal fishes of Asan Bay. I. Optimal sample size. Bull. Korean Fish. Soc., 24 (4), 248 - 254.
- Lee, T.W., 1993. The demersal fishes of Asan Bay. III. Spatial variation in abundance and species composition. Bull. Korean Fish. Soc., 26 (5), 438 - 445.
- Lee, T.W., 1996. Change in species composition of fishes in Chonsu Bay I. Demersal fish. J. Korean Fish. Soc., 29 (1), 71 - 83.
- Lee, T.W., 1998. Change in species composition of fish in Chonsu Bay 3. Pelagic fish. J. Korean Fish. Soc., 31 (5), 654 - 664.
- Lee, T.W. and S.W. Hwang, 1995. The demersal fishes of Asan Bay IV. Temporal variation in species composition from 1990 to 1993. Bull. Korean Fish. Soc., 28 (1), 67 - 79.
- Lee, T.W. and K.C. Kim, 1992. The demersal fishes of Asan Bay II. Diurnal and seasonal variation in abundance and species composition. Bull. Korean Fish. Soc., 25 (2), 103 - 114.
- 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 (2), 217 - 227.
- Lee, T.W., H.T. Moon and S.S. Choi, 1997. Change in species composition of fish in Chonsu Bay 2. Surf zone fish. J. Korean Fish. Soc., 9 (1), 79 - 90.
- Lee, T.W., S.W. Hwang, S.Y. Park, Y.R. Joe and H.J. Jeong, 1995. Alternation in community structure of the shallowwater fish in Chonsu Bay. Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Agency, 49, 219 - 231.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute), 2010. Korea oceanographic data center. Retrieved from <http://portal.nfrdi.re.kr/envirodata> on 22 Feb. 2010.
- Park, C., 1990. Day-night differences in zooplankton catches in the coastal area of active tidal mixing. J. Oceanol. Soc. Korea, 25, 151 - 159.
- Ryu, B.S. and Y. Choi, 1993. The fluctuation of fish communities from the coast of Kunsan, Korea. Korean J. Ichthyol., 5 (2), 194 - 207.

- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, 379 - 423.
- Shin, M.C. and T.W. Lee, 1990. Seasonal variation in abundance and species composition of surf zone fish assemblage at Taechon sand beach, Korea. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 25, 135 - 144.
- Soyinka, O.O. and A.O. Kassem, 2008. Seasonal variation in the distribution and fish species diversity of a tropical lagoon in South-West Nigeria. *J. Fish. Aquat. Sci.*, 3 (6), 375 - 383.
- Tackx, M.L.M., N.D. Pauw, R.V. Mieghem, F. Azemar, A. Hannouti, S.V. Damme, N. Fiers and P. Meire, 2004. Zooplankton in the Schelde estuary, Belgium and the Netherland. Spatial and temporal patterns. *J. Plankton Res.*, 26 (2), 133 - 141.
- 
- 2010년 2월 22일 접수  
2010년 5월 3일 1차 수정  
2010년 5월 12일 2차 수정  
2010년 5월 12일 수리