

연구노트

한국 영일만에서 수산자원 종조성과 계절변동

이재봉 · 신영재¹⁾ · 이수정¹⁾ · 이종희^{1)*} · 최영민²⁾ · 이동우¹⁾ · 김상우²⁾ · 양재형¹⁾

국립수산과학원 독도수산연구센터, ¹⁾국립수산과학원 자원관리과, ²⁾국립수산과학원 동해수산연구소
(2012년 5월 9일 접수; 2012년 8월 21일 수정; 2012년 10월 9일 채택)

Seasonal Variations of Fisheries Resources Composition in the Coastal Ecosystem of the Yongil Bay, Korea

Jae Bong Lee, Young Jae Shin¹⁾, Soo Jeong Lee¹⁾, Jong Hee Lee^{1)*}, Young Min Choi²⁾,
Dong Woo Lee¹⁾, Sang Woo Kim²⁾, Jae Hyeong Yang¹⁾

*Dokdo Fisheries Research Center, National Fisheries Research and Development Institute,
Pohang 791-110, Korea*

¹⁾*Fisheries Resources Research Division, National Fisheries Research and Development Institute,
Busan 619-902, Korea*

²⁾*East Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute,
Gangneung 210-861, Korea*

(Manuscript received 9 May, 2012; revised 21 August, 2012; accepted 9 October, 2012)

Abstract

Coastal marine ecosystem plays important role of spawning and nursery grounds for fisheries resources. Yongil Bay is one of major coastal marine ecosystems, which is located in the southwestern East Sea of Korea. Species composition and abundance of marine organism in the Yongil Bay were investigated by season from March to November 2009. Gill net and pot fisheries were used for survey of pelagic and demersal species composition, and collected 106 species, 67 families, and 7 taxa of fisheries resources from the coastal ecosystem. Species were included 2 species in Ascidiacea, 2 species in Bivalvia, 6 in Cephalopoda, 22 in Crustacea, 5 in Echinodermata, 12 in Gastropoda, and 57 in Pisces. Diversity indices (Shannon index, H') showed seasonal variation with low value of 2.11 in winter, and high value of 2.63 in autumn. Main dominant species were *Asterias amurensis*, *Pleuronectes yokohamae*, *Siphonalia spadicea fuscolineata*, *Trachurus japonicus*, *Sillago japonica*, *Conger myriaster*, *Volutharpa ampullacea*, *Engraulis japonicus*, *Asterina pectinifera*, and *Portunus (Portunus) sanguinolentus* that were occupied over 71.5% of total individuals, and 52.9% of wet weight. Seasonal variations of fisheries resources composition were discussed on correlations with those of environmental factors in the coastal ecosystem of the Yongil Bay in Korea. Those results from this study will provide scientific data and information to develop the ecosystem-based coastal fisheries assessment and management system in Korea.

Key Words : Seasonal variations, Fisheries resources composition, Coastal ecosystem, Yongil Bay, PCA

*Corresponding author : Jong Hee Lee, Fisheries Resources Research Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea
Phong: +82-51-720-2293
E-mail: j.h.leigh@nfrdi.re.kr

1. 서론

영일만이 위치한 동해남부 연안은 지형적으로 해안선이 단조롭고 내륙붕이 좁을 뿐만 아니라, 대륙사

면까지 급경사를 이루고 있다. 또한 해양환경을 살펴 보면 북쪽의 북한한류와 남쪽의 고온·고염의 대마난류가 동해 중부해역에서 만나면서 강한 열전선이 형성된다. 동해는 남해나 서해에 비해 수심이 깊어 열 저장 용량이 많기 때문에 기온의 변화에 즉각 응답하지 않으며 추운겨울에도 수온이 8-10 °C 내외로 안정되어 있는 등, 동해안 특유의 해양환경을 보이고 있다 (공과손, 1982).

해안선에 의해서 둘러싸인 지형의 만은 유기물이 풍부하고, 이차생산성이 높아서 외해의 어류들에게도 내만은 산란장과 성육장의 역할을 한다 (Allen, 1982). 우리나라 동해안은 단조로운 해안선으로 영일만이 유일한 만의 형태를 띠고 있다. 영일만은 형산강의 담수가 유입되어 유역일대와 하구 부근에 영양염류가 풍부하며 수산생물의 종조성이 다양하고 생산성도 높아 자치어의 생육장으로 가치 있는 곳이다 (한 등, 2003). 그리고 영일만은 연안정착성 어류와 함께 계절별로 해류를 따라 회유해오는 회유성 어종 및 산란기에 천해와 심해를 왕래하는 어종을 포함하여, 다양한 어류상이 분포할 것으로 예상된다.

영일만에서 수행된 수산생물에 관한 선행연구로는 1991년 오티트롤을 이용한 저어류 종조성 분석 (이, 1999), 1993년부터 1995년까지 영일만 입구에서 정치망을 이용한 어류의 종조성 및 계절변동에 관한 연구 (한 등, 1997), 2001년의 부유성 난과 자치어 종조성과 계절변동에 관한 연구 (한 등, 2003), 그리고 2001과 2002년에 자망을 이용한 어류의 종조성에 관한 연구 (홍 등, 2008)가 수행되었다. 영일만 지형의 인위적인 변화와 주변 도시의 빠른 도시화 및 공업화 등과 맞물려 해양환경 및 생태계의 변화를 초래할 가능성이 제기되어서, 수산생물을 포함한 해양환경과의 종합적인 연구인 영일만 해양환경의 질적변화 연구가 실시되었다 (국립수산과학원, 2005). 하지만, 이전의 연구들에서는 영일만 연안생태계의 해양환경 및 수산생물의 변동성을 관련지어 설명한 결과가 미약하다. 현재까지 영일만을 비롯한 우리나라 연안에 서식하는 수산생물에 대한 군집조사 연구는 주로 어류 군집구조에 대한 연구로 국한되어 있으며 여러 수산생물에 대한 연구가 필요한 실정이다.

이에 본 연구는 연안생태계에 서식하는 다양한 수

산생물과 해양환경의 변동 관계 및 보전을 위한 기초 연구로서, 주된 어업생물뿐만 아니라 채집되는 모든 해양생물에 관한 조사를 수행하였다. 그리고 수심에 따른 서식생물의 차를 고려하기 위하여 자망어구와 통발어구를 사용하여 어획된 수산생물의 종조성, 계절변동 및 양적변동을 파악하고, 선행연구를 인용하여 수산생물들의 변동요인과 해양환경인자와의 관련성을 밝히고자 하였다.

2. 자료 및 방법

본 연구는 경상북도 포항시 영일만내에서 조사하였고, 조사정점은 만의 안쪽, 중간, 바깥쪽으로 총 3개의 정점으로 나누었다 (Fig. 1). 조사기간은 2009년에 계절별로 총 4회 실시하였고, 각 계절은 겨울 (2월), 봄 (5월), 여름 (8월), 가을 (11월)로 구분하였다.

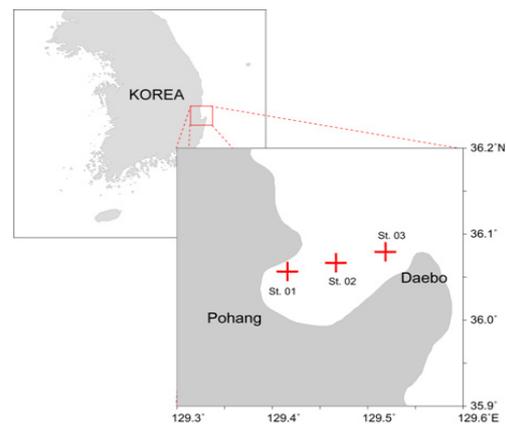


Fig. 1. Study area and stations in the Youngil Bay, Korea.

본 연구에서는 표영성 어류와 저층에 서식하는 다양한 생물들을 조사하기 위하여 어획특성이 다른 자망과 통발어구를 수심 3~7 m에 설치하고 3일간 침지시켰다. 자망어구는 삼중자망으로 망목크기 8.2 cm의 그물 사이의 망목크기 43 cm 그물이 겹쳐진 형태로 한 폭이 가로 90 m, 세로 3 m의 크기였다. 자망어획조사는 정점 당 10폭씩 사용하였으며, 조사기간동안 유실된 어구는 없었다. 통발어구는 원통형 통발로 망목크기가 3.4 cm, 직경 42 cm, 높이 70 cm, 입구직경 16 cm이었으며, 각 통발간의 간격은 10 m로 하였

다. 통발어획조사는 정점당 150개의 통발을 사용하였고, 조사기간동안 유실된 통발은 여름철 정점 1에서 11개만 유실되었을 뿐 그 외 통발어구의 유실은 없었다.

자망과 통발에서 어획된 시료는 육안관찰과 해부 현미경을 이용하여 종 수준까지 정 (1977), 김 등 (1995), 차 등 (2001), 홍 등 (2006) 등의 도감을 이용하여 동정하였다. 동정되어진 어류와 갑각류는 체장 (TL), 체중 (BW)을 측정하였고, 고등류와 불가사리류 등의 기타생물은 개체수와 중량만을 측정하였다.

계절별 · 어업별 출현종수, 개체수, 생체량을 산출하여 수적 · 양적 변동을 비교하였고, 어류군집 변동양상을 비교하기 위하여 계절별 개체수를 기준으로 종다양도지수 (H')를 구하였다 (Shannon, 1948). 또한, 영일만에서 수행된 본 연구와 이 (1999)와 홍 등 (2008)의 연도별 어업별 출현종 변동원인을 분석하기 위하여 PRIMER v6를 사용하여 주성분분석 (principle component analysis, PCA)을 실시하였다 (Clarke and Gorley, 2006). 본 연구에서는 이 (1999)와 홍 등 (2008)의 연구와 같이 어류의 종 조성과 계절변동에 초점을 두었다. 그리고 주요 우점종의 변동원인을 살펴보기 위하여 일시 방문종으로 추정되는 어종은 세 연구에서 모두 제외하여 분석하였다. 주성분분석 결과 얻어진 각 성분들은 2001, 2002년과 2009년에 측정된 계절별 해양환경인자와의 상호상관관계를 교차상관분석 (Cross-correlation analysis)을 통하여 생물종의 주된 변동원인을 추정하였다. 해양환경인자는 국립수산과학원 한국해양자료센터의 국가해양환경 측정망자료에서 동해해역 B의 영일만의 13정점의 규산규소 (SiO₂-Si), 부유물질 (SS), 수소이온농도 (pH), 수온 (SST), 아질산질소 (NO₂-N), 암모늄 (NH₄-N), 염분 (SSS), 용존무기인 (DIP), 용존무기질소 (DIN), 용존산소 (DO), 질산질소 (NO₃-N), 총인 (TP), 총질소 (TN), 클로로필 (Chlorophyll-a), 투명도 (Transparency) 및 화학적산소요구량 (COD)의 계절별 평균값을 사용하였다 (국립수산과학원, 2010).

3. 결과 및 고찰

3.1. 분류군별 계절변동

조사기간동안 영일만에서 출현한 수산생물을 살펴

보면 (Table 1), 총 67과 106종으로 7개 분류군으로 나누었다. 갑각류 (Crustacea)는 11과 22종, 극피동물 (Echinodermata)은 5과 5종, 두족류 (Cephalopoda)는 3과 6종, 복족류 (Gastropoda)는 7과 12종, 어류 (Pisces)는 38과 57종, 이매패류 (Bivalvia)는 2과 2종, 해초류 (Ascidiacea)는 2과 2종이 출현하였고, 그 외 분류군 또는 과단위로 분류된 경우가 일부 있으며, 1종의 해양조류 (Avian)가 자망에 걸려 부수어획되었다. 계절별로 어획된 종수는 겨울에 36종으로 가장 적게 나타났고, 봄에 41종, 여름에 42종, 가을에 65종으로 가장 많이 나타났다. 계절별 출현종수의 변동범위는 분류군별로 갑각류는 5-15종, 극피동물은 4-5종, 두족류는 1-5종, 복족류는 2-7종, 어류는 19-37종, 이매패류는 1-2종, 해초류는 1종이 출현하였다. 종다양도지수는 겨울에 2.11로 가장 낮게 나타났고, 가을에 2.63으로 가장 높게 나타났다 (Fig. 2).

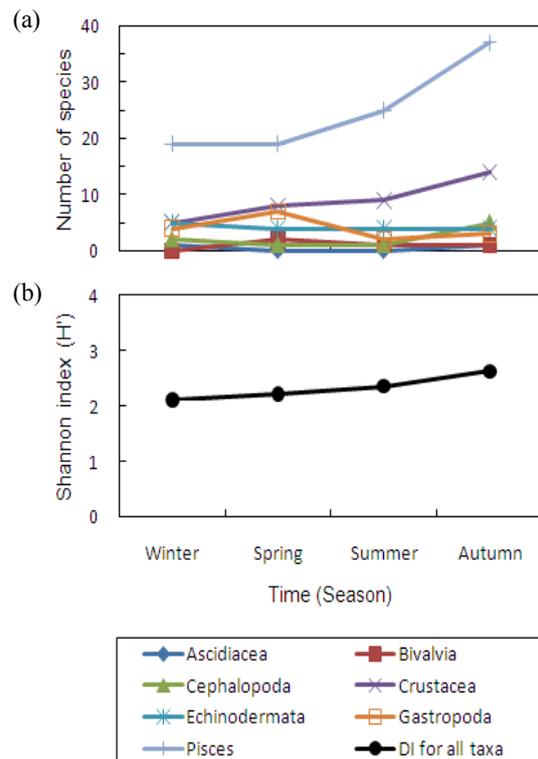


Fig. 2. Seasonal variations in the number of species (a) and species diversity by Shannon index (b).

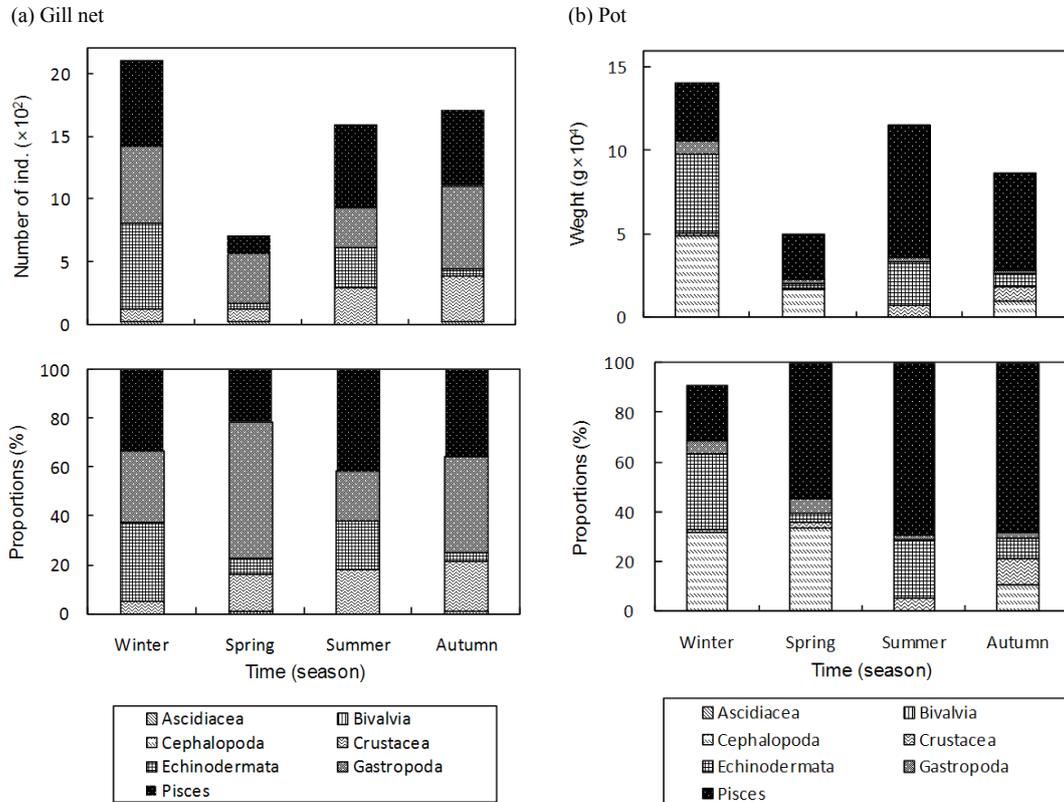


Fig. 3. Seasonal taxa variations in the number of individuals (upper) and in proportions (lower) by gear types; (a) Gill net, (b) Pot.

계절별 출현 개체수는 봄이 703개체로 가장 적었으며, 겨울에 2,117개체로 가장 많았다. 분류군별로 개체수를 살펴보면 (Fig. 3), 갑각류는 겨울에 101개체로 가장 적었으며, 가을에 358개체로 가장 많았다. 극피동물은 봄에 45개체로 가장 적었으며, 겨울에 687개체로 가장 많았다. 두족류는 여름에 1개체로 가장 적었으며, 가을에 9개체로 가장 많았다. 복족류는 여름에 330개체로 가장 적었으며, 가을에 668개체로 가장 많았다. 어류는 봄에 149개체로 가장 적었으며, 겨울에 698개체로 가장 많았다. 이매패류는 겨울에는 어획되지 않았으며, 여름과 가을에 각 1개체씩, 봄에 7개체가 출현하였다. 그리고, 해초류는 봄과 여름에 어획되지 않았으며, 겨울에 1개체, 가을에 5개체가 출현하였다. 분류군별 개체수에 대한 어획비율을 살펴보면 (Fig. 3), 갑각류는 4.8-20.9%, 극피동물은 3.5-32.5%, 두족류는 0.1-0.5%, 복족류는 29.1-56.0%, 어류는 21.2-

35.7%, 이매패류는 0.1-1.0%, 그리고, 해초류는 0.3%를 차지하였다.

계절별 어획량은 봄이 가장 낮은 49,136 g이었으며, 겨울에 153,818 g으로 가장 높게 나타났다. 분류군별 어획량을 살펴보면 (Fig. 3), 갑각류는 봄에 1,040 g으로 가장 적었으며, 가을에 9,179 g으로 가장 많았다. 극피동물은 봄에 1,918 g으로 가장 적었고, 겨울에 47,231 g으로 가장 많았다. 두족류는 여름에 99 g으로 가장 적었고, 겨울에 48,451 g으로 가장 많았다. 복족류는 가을에 1,761 g으로 가장 적었고, 겨울에 7,546 g으로 가장 많았다. 어류는 봄에 26,956 g으로 가장 적었으며, 여름에 80,120 g으로 가장 많았다. 이매패류는 겨울에는 어획되지 않았고, 가을에 153 g으로 가장 적었으며, 봄에 282 g으로 가장 많았다. 그리고 해초류는 봄과 여름에는 어획되지 않고, 겨울에 23 g, 가을에 81 g 어획되었다. 어획량에 대한 분류군별 비

울을 살펴보면 (Fig. 3), 갑각류가 1.4-10.6%, 극피동물이 3.9-30.7%, 두족류가 0.1-33.0%, 복족류가 1.9-5.6%, 어류가 22.7-69.5%, 이매패류가 0.1-0.6%, 그리고 해초류가 0.1% 이하를 차지하였다.

3.2. 어업별 종조성

자망에 의한 어획 개체수 및 어획량을 살펴보면 (Table 1), 총 8개 분류군의 58과 80종이었다. 갑각류는 8과 13종, 극피동물류는 3과 4종, 두족류는 3과 4종, 복족류는 4과 5종, 어류는 37과 52종, 이매패류는 1과 1종, 그리고 해초류는 1과 1종의 분류군으로 분류되었다. 바닷새류 1종이 미분류되었다. 자망에서 가장 많이 출현하는 우점종은 멸치 (*Engraulis japonicus*)가 전체의 24.1%로 최우점종이었고, 다음으로 문치가자미 (*Pleuronectes yokohamae*), 전갱이 (*Trachurus japonicus*), 청보리멸 (*Sillago japonica*), 아무르불가사리 (*Asterias amurensis*)의 순이었다. 어획량에 있어서는 문치가자미가 전체의 29.4%를 차지하여 최우점종이었고, 대문어 (*Octopus dofleini*), 황아귀 (*Liphius litulon*), 아무르불가사리, 청보리멸 등의 순으로 출현하였다. 자망에서 출현개체수는 멸치, 문치가자미 등의 어류가 81.7%를 차지하였고, 어획량에 있어서는 문치가자미, 황아귀 등의 어류가 71.2%로 우점하였다.

통발에 의한 어획 개체수 및 어획량을 살펴보면 (Table 1), 총 7개 분류군의 37과 57종이었다. 갑각류는 10과 15종, 극피동물류는 4과 5종, 두족류는 2과 4종, 복족류는 5과 11종, 어류는 14과 20종, 이매패류는 1과 1종, 그리고 해초류는 1과 1종의 분류군으로 분류되었다. 통발에서 가장 많이 출현하는 우점종은 갈색고리돼지고둥이 전체의 33.8%로 최우점종이었고, 아무르불가사리, 긴빨고둥 (*Fusinus perplex*), 각시수랑 (*Volutharpa ampullacea*), 별불가사리 (*Asterina pectinifera*)의 순이었다. 어획량에 있어서는 아무르불가사리가 전체의 39.6%로 최우점종이었으며, 대문어, 붕장어 (*Conger myriaster*), 문어 (*Octopus (Enteroctopus) dofleini*), 갈색고리돼지고둥 등의 순으로 출현하였다. 통발에서의 출현개체수는 갈색고리돼지고둥, 긴빨고둥 등의 복족류가 53.5%를 차지하였고, 어획량은 아무르불가사리, 별불가사리 등의 극피동물류가 44.5%

로 우점하였다.

연안생태계내 수산자원조사 결과를 해석함에 있어서 출현종수 및 우점종에 대한 어획선택성은 사용어구에 따른 영향이 있는가를 살펴볼 필요가 있다. 먼지과거 영일만에서 수행되었던 어류 군집조사 결과를 사용어구별로 비교해보면, 오티트롤을 사용한 연구에서 1991년에 59종이 어획되었으며 (이, 1999), 정치망을 사용한 연구에서 1993년에 57종, 1994년에 52종과 1995년에 82종이 어획되었다 (한 등, 1997). 자망을 사용한 연구에서 2001년에는 63종, 2002년에는 40종 (홍 등, 2008), 본 연구에서는 52종의 어류가 어획되었다. 지역적으로 다소 차이가 있는 영일만 주변 해역의 어류는 석빙 연안에서 자망에 의해 58종이 어획되었다 (한 등, 2002). 이와 같이 영일만 연안생태계에서는 대체로 약 57여 종이 서식하는 것으로 판단된다. 한편, 본 연구에서 영일만내 통발을 사용한 경우는 20종의 어류가 어획되었는데 이는 통발어구가 다른 자망이나 정치망에 비하여 어류의 어획능률이 낮아 어획된 어류종이 적어서 연안생태계내 어종들의 변동을 모두 고려하지 못한 것으로 판단된다. 따라서, 영일만과 주변해역에서는 어류를 주 대상어종으로 조업하는 정치망, 오티트롤, 자망 등은 연변동을 충분히 반영할 수 있으며, 조사 횟수에 관계없이 출현어종의 수가 크게 달라지지 않았다. 이는 과거 연구결과와 비교·검토할 때 사용어구의 차이는 출현어종의 수에 영향을 미치지 않으며 군집구조의 변동에 영향을 미치지 않는다고 가정할 수 있음을 시사한다.

다음으로 자원조사에 사용한 어구에 따른 우점종에 대한 어획선택성을 달리하는가의 문제를 고찰해보면, 한 등 (1997)은 1993-1995년의 정치망으로 어획된 주요 우점종은 고등어, 전갱이, 멸치, 말쥐치, 정어리 등이었으며 대부분이 회유성 어종이었다. 이 (1999)는 1991년의 오티트롤로 어획된 주요 우점종은 돛양태, 두줄망둑, 춤양태, 까나리, 청보리멸, 등가시치, 쥐노래미 등이었다. 홍 등 (2008)은 자망으로 어획된 주요 우점종은 2001년에는 문치가자미, 등가시치, 망상어, 쥐노래미, 노래미, 빨간횃대, 쥐치 등이었으며, 2002년에는 문치가자미, 등가시치, 참가자미, 빨간횃대 등이었다. 본 연구에서는 자망으로 어획된 주요 우점종은 멸치, 문치가자미, 전갱이, 청보리멸,

Table 1. Continued

Taxa	Family	Species	Gill net												Total			
			Winter		Spring		Summer		Autumn		Winter		Summer		Autumn		N	W
			N	W	N	W	N	W	N	W	N	W	N	W				
Echinodermata	Asterinidae	<i>Asterina pectinifera</i>	2	46	8	272	1	27	162	3,992	4	151	3	80	1	65	184	4,780
	Echinometridae	<i>Anthocidaris crassispina</i>						23	446							23	446	
	Luidiidae	<i>Luidia quinaria</i>	5	100	18	267	1	9	12	206	6	146	2	70		45	806	
	Myophiuridae	Other starfishes														5	77	
	Aplysidiidae	<i>Aplysiakurudai</i>							2	652						2	652	
	Buccinidae	<i>Babylonia japonica</i>									1	32				1	32	
		<i>Buccinum mirandum koreanum</i>									1	11				1	11	
		<i>Neptunea arhratica</i>							6	396						6	396	
		<i>Searlesia modesta</i>	1	2												1	2	
		<i>Siphonalia spadea fuscolineata</i>	26	193					335	1,124	331	2,194	327	2,172	257	719	1,276	6,402
		<i>Folitharpa ampullacea</i>							267	5,276				411	1,042	411	1,042	
	Fasciolaridae	<i>Fusinus perplex</i>														1	14	
	Muriceidae	<i>Ceratostoma burnetti</i>	1	14							7	200				8	221	
	Naticidae	<i>Cryptonatica janthostomoides</i>	1	21												1	9	
		<i>Glossaulax didyma didyma</i>														25	75	
	Turritellidae	<i>Neohaustator andensis</i>	2	7					7	98						2	48	9
	Other gastropods	Other gastropods														1	5	2
	Apogonidae	<i>Apogon lineatus</i>	1	18												2	23	
	Callionymidae	<i>Reponuceus beniteguri</i>	1	42	10	153	2	94								14	294	
		<i>Reponuceus curvicornis</i>														16	599	
	Carangidae	<i>Trachurus japonicus</i>							28	598	279	10,124	3	61		310	10,784	
	Centrolophidae	<i>Psenopsis anomala</i>							52	3,869	2	130				54	3,999	
	Chelodactylidae	<i>Goniistius zonatus</i>									1	581				1	581	
	Citharidae	<i>Citharoides macrolepidoides</i>														1	117	
	Clupeidae	<i>Clupea pallasii</i>	2	464												2	464	
		<i>Konosirus punctatus</i>														12	1,256	
		<i>Sardinops melanostictus</i>														1	34	
	Congridae	<i>Conger myriaster</i>														11	2,488	
	Cottidae	<i>Alcichthys elongatus</i>														10	530	
		<i>Gymnoccanthus herzensteini</i>														1	17	
	Cynoglossidae	<i>Paraplagoisajaponica</i>														2	166	
	Cyprinidae	<i>Tribolodon taczanowskii</i>														1	646	
	Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>														582	3,028	
	Gobiidae	<i>Acanthogobius flavimatus</i>														1	72	
		<i>Tridentiger trigonocephalus</i>														1	9	
	Haxagrammidae	<i>Haxagrammos otaki</i>														10	4,724	
	Hemirhamphidae	<i>Hemirhamphus villosus</i>														1	2,086	
	Leiognathidae	<i>Leiognathus nuchalis</i>														3	62	
	Liphiidae	<i>Liphius litulon</i>														22	24,683	
	Lophiidae	<i>Lophiomus setigerus</i>														3	1,681	

대문어, 아무르불가사리 등이었으며, 어류만을 고려했을 경우 멸치, 문치가자미, 전갱이 등으로 부어류와 가자미류가 우점한 것으로 나타났다. 따라서, 자망, 오테트롤, 정치망 등 사용어구가 달라도 영일만에서 우점종들은 유사하였다. 또한 정치망과 자망의 우점종 구성이 혼재되어 우점순위는 달랐으나 사용된 특정어구와의 관련성은 크게 없는 것으로 판단되었다.

3.3. 군집분석

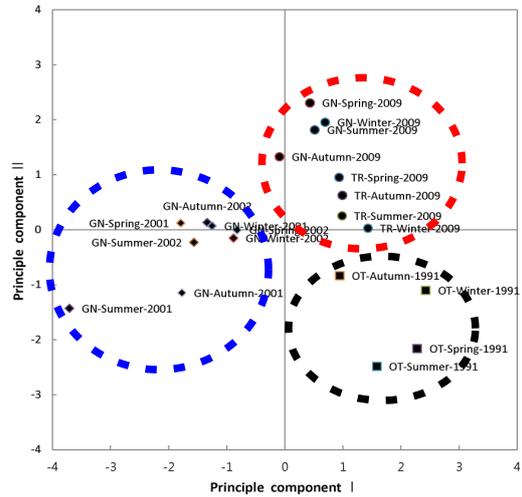
본 연구와 선행연구(이, 1999; 홍 등, 2008)의 어류에 대한 종조성 변동원인을 알아보기 위하여 연도별, 어업별, 계절별 주성분분석을 실시하였다. 각 연구의 종조성을 기초자료로 하여 주요 우점 어류의 종조성 변동원인을 살펴보면 (Table 2), 총 19개의 성분이 분리되었으며 PC I-IV성분의 고유값 (Eigen value)이 1 이상이었으며, PCIII성분부터 누적변화율이 50%를 넘었다. 특히, PC I 과 II성분이 각각 25.1%와 17.5%의 변화율을 가져, 전체 변동의 40% 이상을 기여하는 것으로 나타났다.

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

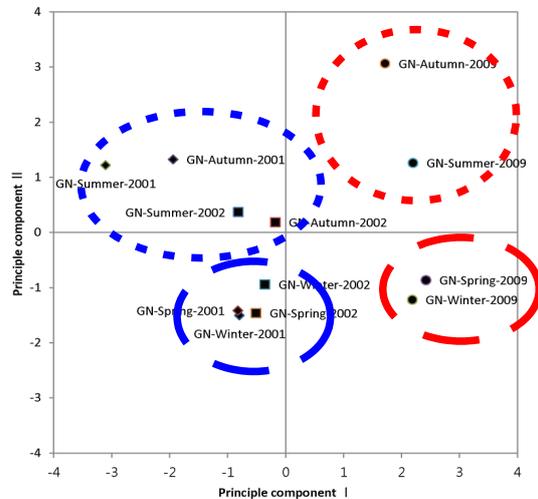
PC	Eigen values	Variation (%)	Cum. Variation (%)
1	3.11	25.1	25.1
2	2.17	17.5	42.6
3	1.33	10.7	53.4
4	1.18	9.5	62.9
5	0.97	7.8	70.7
6	0.91	7.3	78.0
7	0.76	6.1	84.2
8	0.63	5.1	89.2
9	0.52	4.2	93.5
10	0.44	3.6	97.1
11	0.37	2.9	100

상위 두개의 주성분을 분석한 결과, 전체적으로 세 개의 군집으로 대별되었다 (Fig. 4). PC I 과 II성분이 각각 (+)와 (-)값을 가진 1991년의 오테트롤 그룹, PC I 성분은 (-)값을 가졌으며 PC II 성분은 0을 크게 벗어나지 않는 값을 가진 2001-2002년의 자망 그룹, 그리고 PC I 과 II성분 둘 다 (+)값을 가진 2009년의 자망-통발 그룹으로 구분되었다. 오테트롤과 통발을 제외한 동일한 어구인 자망만을 고려한 군집분석 결과

는 PC I 성분에서 (-)값을 가지는 2001-2002년 그룹과 (+)값을 가지는 2009년의 그룹으로 구분되었으며, PC II 성분에서는 (+)값을 가지는 여름-가을 그룹과 (-)값을 가지는 봄-겨울 그룹으로 분리되었다.



(a) Pooled



(b) Gill net

Fig. 4. Plot of first and second principle components for pooled (a) and gill net (b). Dotted circles denote k-mean clusters.

영일만에서 조사된 여러 어업의 결과와 본 연구의 어류의 종조성을 이용하여 군집분석을 실시한 결과, 3개의 그룹 (1991년 그룹, 2001-2002년 그룹, 2009년

그룹)으로 구분되었다 (Fig. 4a). 이는 각각 조사가 실시된 시기가 최소 7년에서 10년 간격으로 조사시기의 차가 커서 변동성으로 나타난 것으로 판단되었다. 특히, 자망을 사용한 2001년, 2002년과 2009년의 종조성이 동일한 그룹으로 묶이지 않은 것은 어류 종조성의 변화에서 경년변동 또는 장기변동의 영향이 가장 컸으며, 동일한 어업에서는 조사기간의 차가 짧은 경우는 같은 군집을 형성하는 것으로 보아 장기간의 해양의 변동이 영일만의 어류 종조성에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 또한, 어구의 차이를 제거하여 동일한 어구인 자망 어획물만을 비교하였을 경우에는 제1주성분은 연단위의 변동을 설명하여 2001-2002년 및 2009년의 차이를 반영한 반면, 제2주성분은 여름-가을 및 겨울-봄을 구분하여 계절변동을 설명하였다 (Fig. 4b). 이는 동일 어구에서는 계절변동보다 연단위의 변동이 더 뚜렷하게 나타났다. 따라서, 영일만에서는 어류 군집의 변동은 전반적으로 경년변동 또는 장기변동이 우세하고, 동일 어구에서는 계절변동이 나타나는 것으로 설명이 가능하다.

동일한 어구를 사용하여 군집분석한 경우에 어류 종조성의 변동에 주된 영향을 미치는 해양환경 요인에 대한 교차상관관계를 분석하였다 (Table 3). 연별 변동을 나타내는 PC I 성분은 규산규소 ($\text{SiO}_2\text{-Si}$), 수소이온농도 (pH), 암모니아질소 ($\text{NH}_4\text{-N}$), 총질소 (TN)와 투명도 (Transparency)가 각각 상호상관계수가 0.671, 0.579, -0.583, -0.593, 그리고 0.852로 높았으며 통계학적으로 유의하였다. 계절적 차를 나타내는 PC II는 수온 (SST), 용존산소 (DO)와 암모니아질소와 ± 0.4 이상의 상관관계 수 값을 가졌으나, 통계학적으로 유의하지는 않았다. 또한, PCIV 성분과 용존산소, PCVI 성분과 부유물질 (SS)이 통계학적으로 유의하며 상관관계수도 높게 나타났다 (Table 3).

어류 종조성의 변동과 관련된 해양환경 요인은 대부분 영양염류로 나타났다. 연별 변동이 규산규소, 수소이온농도, 암모니아질소, 총질소와 투명도와 관련이 있었으며, 통계학적으로 유의하였다 ($P < 0.05$). 하지만 계절변동에 주된 영향을 미치는 수온을 포함하여 통계학적으로 유의한 관계를 가지는 해양환경 요

Table 3. Cross-correlation coefficients between principle component (PC) scores and marine environmental factors

Environmental factors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
Chlorophyll-a	0.013	0.120	0.333	0.031	0.018	-0.418
COD	-0.243	0.225	0.050	0.070	-0.365	-0.200
DIN	-0.526	0.316	0.291	0.022	-0.058	-0.360
DIP	0.036	0.348	0.085	0.088	-0.531	0.315
DO	-0.349	-0.450	-0.233	-0.626 *	-0.177	-0.001
$\text{NH}_4\text{-N}$	-0.583 *	0.446	-0.122	-0.148	-0.511	0.155
$\text{NO}_2\text{-N}$	-0.467	0.383	0.500	0.171	0.247	-0.302
$\text{NO}_3\text{-N}$	-0.331	0.145	0.388	0.097	0.151	-0.496
pH	0.579 *	0.247	0.059	0.236	-0.384	0.478
$\text{SiO}_2\text{-Si}$	0.671 *	0.289	-0.186	0.135	-0.043	0.146
SS	-0.084	-0.077	0.510	-0.133	-0.024	-0.586 *
SSS	0.078	-0.249	-0.432	-0.074	-0.026	0.372
SST	-0.039	0.448	0.046	-0.035	-0.410	-0.092
TP	-0.294	-0.191	-0.251	0.435	0.078	0.029
TN	-0.593 *	-0.141	-0.299	0.229	-0.060	0.036
Transparency	0.852 ***	0.207	-0.263	-0.040	-0.204	0.012

* and *** denoted significant level at $P < 0.05$ and $P < 0.001$, respectively.

인이 없었다. 홍 등 (2008)에 의하면 조사 연도에 따라 해황이 달라짐으로써 먹이생물의 풍도가 변화하고 이에 따라 자치어의 생존율과 성장률이 변화함을 볼 수 있음을 예상하였다. 본 연구의 결과도 기존의 연구결과와 같이 조사연도에 따라 어획되는 종조성이 달랐으며, 변동의 주된 영향을 미치는 원인이 해마다 달라지는 영양염류에 의한 변동으로 생각되어진다. 이는 영양염, 수온과 클로로필 a 등을 비롯한 다양한 환경인자와 동물플랑크톤의 변화는 깊은 연관을 가지며 (Tackx 등, 2004), 높은 플랑크톤 밀도는 많은 어류에게 풍부한 먹이를 제공하므로, 이를 위해서는 광합성이 활발한 안정적인 환경이 중요하다 (Emmanuel과 Onyema, 2007; Soyinka와 Kassem, 2008). 영양염류는 식물플랑크톤 생산에 영향을 미치는 요소이며, 이들과의 관련성은 저차생물과 이들을 먹이로 하는 어류의 변동과 관련되어 있음을 파악할 수 있다. 이에 영일만 연안생태계내 어류의 종조성 및 주성분 분석 결과의 차이에 대한 변동원인을 구명하기 위해서는 장기적이고 과학적인 모니터링 조사체계의 구축이 필요한 것으로 판단된다.

4. 결론

2009년 영일만에서 총 67과 106종으로 7개 분류군이 출현하였으며, 갑각류 (Crustacea)는 11과 22종, 극피동물 (Echinodermata)은 5과 5종, 두족류 (Cephalopoda)는 3과 6종, 복족류 (Gastropoda)는 7과 12종, 어류 (Pisces)는 38과 57종, 이매패류 (Bivalvia)는 2과 2종, 해초류 (Ascidiacea)는 2과 2종이 출현하였다. 계절별로 어획된 종수는 겨울에 36종으로 가장 적게 나타났고, 봄에 41종, 여름에 42종, 가을에 65종으로 가장 많이 나타났다. 종다양도지수는 겨울에 2.11로 가장 낮게 나타났고, 가을에 2.63으로 가장 높게 나타났다.

자망에 의한 어획물은 총 8개 분류군의 58과 80종이었으며, 갑각류 8과 13종, 극피동물류 3과 4종, 두족류 3과 4종, 복족류 4과 5종, 어류 37과 52종, 이매패류 1과 1종, 그리고 해초류 1과 1종의 분류군으로 분류되었다. 자망 어획물의 우점종은 멸치 (*Engraulis japonicus*), 문치가자미 (*Pleuronectes yokohamae*), 전갱이 (*Trachurus japonicus*), 청보리멸 (*Sillago*

japonica), 아무르불가사리 (*Asterias amurensis*)의 순이었다.

통발에 의한 어획물은 총 7개 분류군의 37과 57종이었으며, 갑각류 10과 15종, 극피동물류 4과 5종, 두족류 2과 4종, 복족류 5과 11종, 어류 14과 20종, 이매패류 1과 1종, 그리고 해초류 1과 1종의 분류군으로 분류되었다. 통발 어획물의 우점종은 갈색고리돼지고둥, 아무르불가사리, 긴뿔고둥 (*Fusinus perplex*), 각시수랑 (*Volutharpa ampullacea*), 별불가사리 (*Asterina pectinifera*)의 순이었다.

기 수행된 결과와 본 연구의 어류의 종조성을 종합해서 군집분석을 수행한 결과, 영일만에서 어류 군집의 변동은 전반적으로 경년변동 또는 장기변동이 우세하고, 동일 어구에서는 계절변동이 나타나는 것으로 설명이 가능하였다. 또한, 영일만 연안생태계내 어류의 종조성 및 주성분 분석 결과의 차이에 대한 변동원인을 구명하기 위해서는 장기적이고 과학적인 모니터링 조사체계의 구축이 필요한 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 국립수산과학원의 “독도 및 심해 생태계 자원조사 (RP-2012-FR-029)” 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- 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., Lee, J. U., Park, C. S., Baik, C. I., Hong, S. Y., Park, J. H., Lee, D. W., Choi, Y. M., Hwang, K. S., Kim, Z. G., Choi, K. H., Shon, H. S., Shon, M. H., Kim, D. H., Choi, J. H., 2001, Shrimps of the Korean Waters, National Fisheries Research & Development Institute, Korea, 1-188.
- Chyung, M. K., 1977, The Fishes of Korea, Iljisa Publishing co., Seoul, 727.
- Clarke, K. R., Gorley, R. N., 2006, PRIMER v6: User Manual/Tutorial. Plymouth Marine Laboratory, UK, 190.

- Emmanuel, B. E., Onyema, I. C., 2007, The plankton and fishes of a tropical creek in South-Western Nigeria. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.*, 7, 105-114.
- Gong, Y., Son, S. J., 1982, A study of oceanic thermal fronts in the southwestern Japan Sea. *Bull. Fish. Res. Dev. Agency*, 28, 25-54.
- Han, K. H., Choi, S. H., Kim, B. K., Park, J. H. Jeong, D. S., 1997, Seasonal variation of species composition of fishes collected by set net in Youngil Bay, Eastern coast of Korea. *Rep. Nat. Fish. Res. & Dep. Inst.*, 53, 13-54.
- Han, K. H., Son, J. C., Hwang, D. S., Choi, S. H., 2002, Species composition and quantitative fluctuation of fishes collected by trammel net in coastal waters of Seokbyeong, Pohang. *Korean J. Ichthyol.*, 14(2), 109-120.
- Han, K. H., Hong, J. S., Kim, Y. S., Jeon, K. A., Kim, Y. S., Hong, B. K., Hwang, D. S., 2003, Species composition and seasonal variations of ichthyoplankton in coastal waters of Yeongil Bay, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 15(2), 87-94.
- Hong, B. K., Kim, J. K., Park, K. D., Jeon, K. A., Chun, Y. Y., Hwang, K. S., Kim, Y. S., Park, K. Y., 2008, Species composition of fish collected in gill nets from Youngil Bay, East of Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 41(5), 353-362.
- Hong, S. Y., Park, K. Y., Park, C. W., Han, C. H., Suh, H. L., Yun, S. G., Song, C. B., Jo, S. G., Lim, H. S., Kang, Y. S., Kim, D. J., Ma, C. W., Son, M. H., Cha, H. K., Kim, K. B., Choi, S. D., Park, K. Y., Oh, C. W., Kim, D. N., Shon, H. S., Kim, J. N., Choi, J. H., Kim, M. H., Choi, I. Y., 2006, Marine Invertebrates in Korean Coasts, Academy Publishing Company, Inc., Seoul, Korea, 1-482.
- Kim, I. S., Choi, Y., Lee, C. L., Lee, Y. J., Kim, B. J., Kim, J. H., 1995, Illustrated Book of Korean Fishes, Kyo-Hak Publishing Co., Ltd., 1-615.
- Lee, T. W., 1999, seasonal variation in species composition of demersal fish in Yongil Bay, East coast of Korea. *J. Korean Fish. Soc.*, 32(4), 512-519.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute), 2005, Study on qualitative changes of marine environment at Youngil Bay, Technical report of NFRDI, NFRDI, 88.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute), 2010, Korea oceanographic data center, Available from <http://portal.nfrdi.re.kr/envirodata> (accessed 27 Oct. 2010).
- Shannon, C. E., 1948, A mathematical theory of communication, *Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.
- Soyinka, O. O., Kassem, A. O., 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., Pauw, N. D., Mieghem, R. V., Azemar, F., Hannouti, A., Damme, S. V., Fiers, N., Meire, P., 2004, Zooplankton in the Schelde estuary, Belgium and the Netherland. Spatial and temporal patterns. *J. Plankton Res.*, 26(2), 133-141.