



트롤조업에 의한 제주도 동부어장의 저서생물의 종구성 변동 특성

김중화[†] · 이종근^{*} · 김민선^{**} · 이유원^{*} · 김동수^{*} · 류경진^{***} · 박치완^{*} · 최준익^{*} · 정정모^{****}
([†]부경대학교 · ^{**}군산대학교 · ^{***}해양수산연수원 · ^{****}나가사키대학교 대학원)

Variability of Demersal Fishes caught by a Bottom Trawler in the Fishing Ground off Eastern Jeju Island, Korea

Jong-Hwa KIM[†] · Jong-Gun LEE^{*} · Min-Sun KIM^{**} · Yu-Won LEE^{*} · Dong-Soo KIM^{*} · Kyong-Jin RYU^{***}
· Chi-Wan PARK^{*} · Jun-Ik CHOI^{*} · Jung-Mo JUNG^{****}

([†]Pukyong National University · ^{**}Kunsan National University · ^{***}Korea Institute of Maritime and Fisheries
Technology · ^{****}Graduate School of Nagasaki University)

Abstract

This study was analysed the species composition of demersal fishes caught by a bottom trawler, KAYA, in the winter and summer season during 4 years and the study area was the eastern fishing ground in depth of about 110m, 40 miles eastward from Jeju Island, Korea.

The total of 87 species were collected, including 63 species of *Pisces*(72.4%), 14 species of *Mollusks*(16.1%), 10 species of *Crustacea*(11.5%). The total amount of the number of individuals and biomass of unit area was 28,809 ind./km² and 6,032 kg/km², respectively.

The catchable population of year-round are 8 species(*Dentex tumifrons*, *Carangoides equula*, *Lepidotrigla quentheri*, *Zeus faber*, *Thamnaconus modestus*, *Okamejei acutispina*, *Pagrus major* and *Aulopus japonicus*).

The ranges of the diversity index(H') were 1.84 to 2.40, the richness(R) 1.91~4.98, the evenness(E) 0.53~0.83 and the dominance(D) 0.42~0.61. The size of body length of main fishes are nearly same in and out of season. But among them, *Pagrus major* was varied largely in size ranges from winter 16~60cm and summer 20~75cm, respectively.

Key words : Species composition, Bottom trawler, Catchable population, Diversity indices, Body length etc.

I. 서론

제주 근해 해역은 적도에서 발원하여 태평양 서안을 따라 대만 동쪽으로 올라온 난류가 대마도를 거쳐 동해로 유입되는 대마난류의 길목에 위치하여 각종 어류들의 회유와 산란 및 서식지

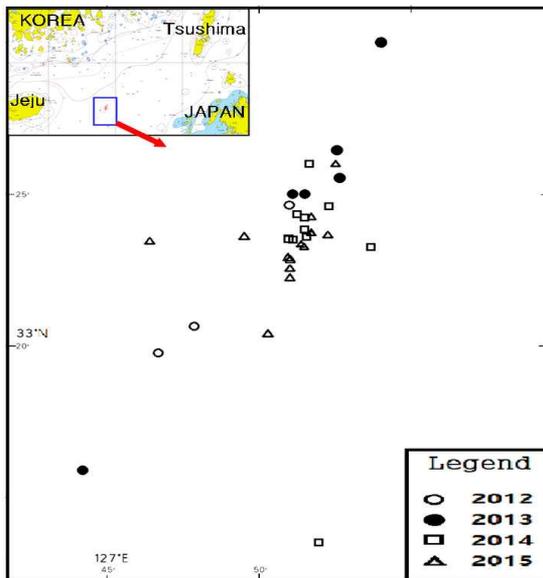
로서 어선어업이 활발한 좋은 어장으로 알려져 있다. 또한 조경과 같은 해양환경의 입지조건으로 풍부한 어족자원이 형성되어 있어서 다양한 어업의 형태로 조업이 이뤄지고, 이와 함께 어구, 어법 등의 어업에 관한 조사와 연구도 활발하다. 특히 자원조사적 측면에서 서식 어종의 종구성,

[†] Corresponding author : 051-629-5993, kimjh@pknu.ac.kr

* 이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2017년도)에 의하여 연구되었음.

군집정도 등 어업생물자원의 조사결과가 다양하다고 볼 수 있다(Parker et al., 2007; Jeong et al., 2014; Sohn et al., 2015).

어업생물자원의 조사와 연구는 여러 가지 어획 방법으로 생물의 개체수와 어획량을 채집하고 있지만, 본 연구조사에서는 일반적으로 많이 이용되는 저층 예망 어구를 사용함으로써 저층에 서식하고 이동하는 생물의 동태와 자원량을 가장 적절하게 나타낼 수 있을 것으로 판단된다.



[Fig. 1] Map showing the bottom trawl survey stations during 4 years of winter and summer.

한편, 이러한 연근해 어업자원조사는 이미 국립수산물과학원에서 2004년부터 매년 정기적으로 시행되고 있으며, 소규모 어선을 이용하여 연안에 한정된 국지적 조사를 진행 중이다. 따라서 수심이 100m 이상 되는 근해어장의 연구조사는 여러 가지 제약조건으로 그 연구가 잘 이루어지지 않고 있으며, 대형 어선을 통해 일부 해역에 조사된 것을 볼 수 있다(Kim, 2017; Kim et al., 2010a, 2010b & 2011; Yoon et al., 2008).

본 조사연구는 우리나라 제주도 동쪽에 위치한

수심 110m 정도의 깊은 해저에서 서식하는 어업 어종을 대상으로 하여, 저층 트롤어법으로 여름과 겨울의 두 계절 동안 4년간 어획하였다. 이들 저서생물은 출현종의 종조성과 개체수와 어획량 변동 등을 분석하고 종의 다양성 변동 등을 연구함으로써 이 해역의 어업 자원 추정과 서식 환경 변화에 따른 어획 자원의 변동 특성을 파악하고자 한다.

II. 재료 및 방법

본 조사연구는 2012 ~ 2015년 여름과 겨울 학생실습기간 중 부경대학교 가야호(실습선 총톤수 1,737톤/ 2,976마력)를 사용하여 [Fig. 1]에 나타난 것처럼, 제주도 동쪽으로 약 40마일 떨어진 해역을 중심으로 수심 110m 전후에서 총 조업횟수 45회(여름 31회, 겨울 14회)의 저층트롤을 행하였다. [Fig. 1]에서 표시된 정점들은 매 조업횟수에서 예망된 거리의 중앙을 나타내었고, 예망방향은 NNE 또는 SSW 방향이었다.

[Fig. 1]의 조사 어장에서 행해진 어획조건은 <Table 1>과 같다.

<Table 1> The bottom trawl's operating conditions in the eastern seas of Jeju Island

Operating conditions	2012		2013		2014		2015	
	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer
Atmosphere temp.(°C)	10.9	29.9	9.2	23.5	9.2	23.3	9.0	22.7
Sea water temp.(°C)	17.6	28.4	16.5	23.8	16.3	22.6	18.8	23.0
Atmosphere(hPa)	1,022	1,010	1,029	1,006	1,029	1,005	1,029	1,009
Fishing depth (m)	115	117	112	114	110	111	111	112
Warp length(m)	408	417	400	403	400	400	420	400
Trawling speed (knots)	3.3	3.3	3.5	3.1	3.5	3.1	3.3	3.6
Trawling time (h)	1.46	1.72	1.50	1.95	1.50	1.53	1.58	1.41
Trawling distance (Nm)	4.8	5.6	5.2	6.1	5.2	4.7	5.2	5.1
The number of fishing	6	3	2	6	1	9	5	13
Bottom sediment	Sh, S	Sh	Sh	S, Sh	Sh	S, Sh	M	S, M

여기서 수온의 분포를 보면 4년 동안 여름 22.7 ~ 28.4℃, 겨울 16.3 ~ 18.8℃로 분포하였고

연도별 최대 편차는 여름 5.7℃, 겨울 2.5℃이었다. 예망속력은 평균적으로 3.4kn이며, 평균 예망 시간은 약 94분이었고, 저질 상태는 조개껍질(Sh), 모래(S) 또는 빨(M)로 나타났다.

단위면적당 개체수 N과 생체량 W는

$$N \text{ or } W (\ln d./km^2 \text{ or } kg/km^2) = \frac{N_f \text{ or } W_f}{S_a \cdot C_e} \quad (1)$$

로 나타내었다. 여기서 N_f or W_f 는 어획된 개체수 또는 어획된 생체량을 의미하는 어획수, S_a 는 예망된 소해면적, C_e 는 어획효율을 의미하여 통상 0.5(Prado,1990)로 설정하였다.

종의 풍부도와 개체수의 균등 분포 등을 나타내는 생물학적 다양성 지표는 담수역과 기수역 및 해양의 오염 상태를 조사하는 데 이용된다. 수역에 서식하고 있는 생물의 종류가 많고 안정된 생물 군집을 형성하고 있을 때는 청수역 환경이 되고, 반대로 생물의 종류가 적고 특정한 생물이 다량으로 번식하고 있을 때는 오염 수역을 나타낸다. 생물의 서식 환경 변화를 의미하는 몇가지 관련 계산식은 다음과 같다.

종다양성 지수(H')는

$$H' = - \sum_{i=1}^S (P_i \times \ln P_i) \\ = - \sum_{i=1}^S \left(\frac{N_i}{N} \times \ln \frac{N_i}{N} \right) \quad (2)$$

이다(Shannon & weaver, 1949). 여기서, S 는 군집의 총 종수, $P_i = N_i/N$ 으로 확률을 나타내며, N_i 는 어떤 한 종류의 개체수, N 은 총 개체수이다.

종풍부도 지수(R)는

$$R = (S-1)/\ln S \quad (3)$$

으로(Margalef, 1969),

종균등도 지수(E)는

$$E = H'/\ln S \quad (4)$$

로 표현된다(Pielou, 1966).

그리고 우점도 지수(D)는 생물 군집 내 종의 우점화 비율을 나타내는 척도(McNaughton, 1968)로서

$$D = (N_1 + N_2)/N \quad (5)$$

으로 계산된다. 여기서, N_1, N_2 는 각각 첫 번째 우점종과 두 번째 우점종의 개체수를 나타낸다. 일반적으로 부영양 또는 오염 수역은 다양한 생물의 분포가 제한되고 내성도가 높은 생물의 우점화 경향으로 종다양도는 감소하고 특정종의 우점화 경향이 뚜렷하게 나타난다. 상기 종다양도 지수의 계산식은 확률적 의미와 상관관계성을 내포하고 있으므로 현장 조사량에 따라 변동될 수 있으며, 그 이론적 검토는 많은 연구자들에 의해 진행 중이다(Priede et al., 2010; Levin et al., 2001; Peet, 1974).

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 어획물의 종조성

<Table 2>는 4년간 어획된 각 어종들과 단위면적당(km^2) 개체수(N) 및 무게(W(g))를 나타내었다.

4년간 어획된 어종은 총 87종(어류 63종(72.4%), 연체류 14종(16.1%), 갑각류 10종(11.5%))이었다. 4년 동안 매 계절(8계절)마다 계속 어획된 어종은 8종(황돔, 갈전갱이, 꼬마달재, 달고기, 말귀치, 무늬홍어, 참돔, 히메치)이었다. 7계절동안만 어획된 어종은 3종(매통이, 살오징어, 전갱이)으로 이 어종도 포함한다면 연중 어획 가능한 어종은 11종이 된다. 이들 11종은 총 어종의 12.6%를 차지하여 주된 서식어종으로 추정된다.

반면에 4년간 8계절 중 어느 한 계절만 어획된 어종수는 35종으로 총 어종수의 40.2%를 차지하므로 이 어장은 출현어종의 변동이 매우 큼을 알 수 있다.

<Table 3>은 제주도 동부 먼바다 어장에서 4년 간 어획된 어종을 연도별, 계절별로 나누어서 어류(Pisces), 연체류(Mollusks) 및 갑각류(Crustacea)로 분류하였고 각 군별 어종의 수와 조성비(%)를 나타내었다.

어류는 평균적으로 겨울철 19.5종(76.5%), 여름철 27.25종(76.2%)으로 계절적 변동은 거의 없었으나 연도별 변동은 평균치에서 약 10% 정도로 증감하였다.

연체류는 평균적으로 겨울철 4.75종(18.6%), 여름철 5.5종(15.4%)로 나타났으므로 계절적 변동은 적었고, 연도별 변동은 평균치에서 약 4 ~ 6% 정도 증감하였다. 갑각류가 차지하는 어종수와 조성비는 평균적으로 겨울철 1.25종(4.9%), 여름철 3.0종(8.4%)로 역시 계절적 변동은 적었고, 연도별 변동은 2014년 없는 때도 있었으나 종수가 2 ~ 3종으로 작아서 평균치에서의 변동은 그리 크지 않다고 생각된다.

<Table 3> Specification of collected fishes's species and rates(%)

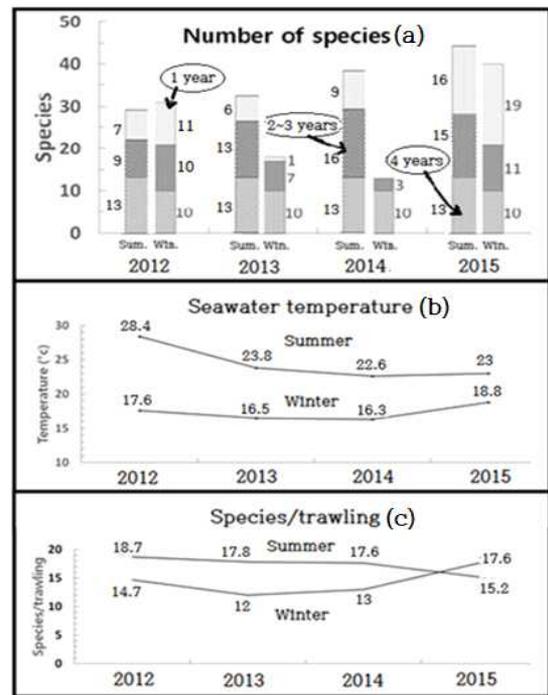
Species	Season	2012	2013	2014	2015	Mean
Pisces	win.	25(80.7)	13(72.2)	11(84.6)	29(72.5)	19.5(76.5)
	sum.	25(86.2)	24(75.0)	28(73.7)	32(72.7)	27.25(76.2)
Mollusks	win.	5(16.1)	4(22.2)	2(15.4)	8(20.0)	4.75(18.6)
	sum.	3(10.3)	5(15.6)	7(18.4)	7(15.9)	5.5(15.4)
Crustacea	win.	1(3.2)	1(5.6)	0	3(7.5)	1.25(4.9)
	sum.	1(3.4)	3(9.4)	3(7.9)	5(11.4)	3.0(8.4)
Total	win.	31	18	13	40	25.5
	sum.	29	32	38	44	35.75

<Table 3>에서 주목할 점은 어류의 어종이 차지하는 조성비가 전체의 약 76%로 월등히 많았고, 계절별로 보면 여름철이 겨울철보다 평균 8종정도로 더 많았다. 그러나 연도별 변동은 어종수는 큰 변동이 없으나 상대적 조성비는 점점 줄어서 2015년도에의 경우 평균치보다 겨울철 및 여름철 모두 적게 나타났다. 반면에 연골류와 갑각류는 어종수와 조성비가 상대적으로 증가하였음

을 알 수 있다.

따라서 어류가 차지하는 조성비는 줄고 연체류와 갑각류의 조성비가 증가함을 볼 때, 이 어장에 서식하는 생물자원의 조성이 변한다는 것을 의미하므로 생태적 환경이 변하고 있음을 시사하고 있는 것으로 추정된다.

[Fig. 2]는 어장에서 어획된 어종들(a)과 해수온도(b) 및 단위조업당(species/trawling) 평균 어종수와의 관계(c)를 나타내었다.



[Fig. 2] Annual variations in number of species(a), seawater temperature(b) and species per each trawling(c).

[Fig. 2]의 (a)그림은 <Table 2>을 바탕으로 연도별 어종수를 4년 동안 1년만 어획된 것, 2 ~ 3년간 어획된 것 그리고 4년 계속 어획된 어종으로 구분하여 표시하였다.

1년만 어획된 어종을 살펴보면, 2012년은 여름철 7종(고등어, 긴줄밑달갱이, 둥글돔, 불룩복, 아귀, 입술무늬갑오징어, 황매통이)으로 당해연도

29종 중 24.1%이었고, 겨울철 11종(갈치, 도화돔, 돌돔, 민달고기, 밀달갱이, 붉벤자리, 붕장어, 삼치, 아귀, 연붉돔, 잿방어)으로 31종 중에서 35.5%를 차지하였다. 2013년은 여름철 6종(도화양태, 밀달갱이, 붉은솜뱅이, 빨물맛이게, 얼룩민꽃게, 참갑오징어)으로 32종 중 18.8%이며, 겨울철 1종(두툽상어)으로 18종 중 5.6%에 불과하였다. 2014년은 여름철 9종(두드러기은행게, 민꽃게, 붕장어, 살살치, 세동가리돔, 주꾸미, 쥐치, 참꽃뚜기, 푸렁통구멍)으로 38종의 23.7%를 차지하였고, 겨울철은 다른 겨울철에 있는 어종이 어획되었으므로 1종도 없었다.

2015년 여름철만 어획된 어종은 16종(구갈돔, 꼬리치, 꼬치고기, 능성어, 별쭈기성대, 부시리, 붉감팽, 성대, 소라게, 아홉니부채새우, 은행게, 점박이꽃게, 창오징어, 토사동백가자미, 한치, 황줄돔)으로 44종 중 36.4%를, 겨울철 19종(개상어, 구갈돔, 꼴뚜기, 네동가리, 노랑족수, 달강어, 돛돔, 두점박이민꽃게, 범돔, 복상어, 부시리, 갈살치, 소라게, 아홉니부채새우, 얼룩통구멍, 예보시감팽, 은밀복, 참꽃뚜기, 창꽃뚜기)으로 당해연도 40종의 47.5%를 점유하였다.

여름철에 계속 어획된 어종은 13개 어종(갈전갱이, 꼬마달재, 노랑벤자리, 달고기, 말쥐치, 무늬홍어, 민달고기, 부채새우, 살오징어, 전갱이, 참돔, 황돔, 히메치)으로 연도별 조성비는 다르나 2012년 44.8%로 최대이고 점점 적어지면서 2015년 29.5%로 최소로 낮아졌다. 겨울철은 10종(갈전갱이, 꼬마달재, 달고기, 말쥐치, 매통이, 무늬홍어, 참돔, 황돔, 흰꼴뚜기, 히메치)으로 2014년 최대이고 2015년 25.0%로 최소이었다. 물론 2014년 겨울은 1회 조업함으로써 다양한 어종이 어획될 기회가 줄었다고 볼 수 있다.

나머지 2 ~ 3년 동안 어획된 어종은 여름철의 경우 연도별 차이는 있으나 대체로 10 ~ 15종 정도였고 겨울철은 2014년 제외하고 10종 내외로 출현한 것으로 볼 수 있다.

[Fig. 2]의 (b)그림은 수온 변화를 나타내었는

데, 여름철의 수온은 28.4 ~ 23.0℃로 분포하여 매년 감소하였지만 <Table 3>의 어종수와 비교하면 어종수는 매년 증가하는 현상을 볼 수 있다. 반면에 겨울철은 수온이 16.3 ~ 18.8℃로 분포하였고 수온의 증감에 따라 어종수도 함께 변하였다. [Fig. 2]의 (c)그림은 1회 양망당 어종수로서 여름철은 15.2 ~ 18.7종, 겨울철은 12 ~ 17.6종으로 나타나 여름철에 많은 어종수를 보였다.

따라서 이상과 같이 <Table 2>, <Table 3> 및 [Fig. 2]에서 주목할 현상은, 동 조사기간 중 매년 어획된 어종을 이 어장에 채류 또는 서식하는 어종으로 본다면 여름철은 13종, 겨울철은 10종임을 알 수 있다. 이들이 차지하는 조성비는 연평균 어종수를 기준으로 각각 36.4%, 39.2%를 점유하였으며, 4년 동안 1회라도 어획된 어종수로 비교하면 여름철 87종의 14.9%, 겨울철 54종의 18.5%를 차지하였다.

특히 <Table 2>에서 보면, 동 조사기간 중 매년(8계절)에 빠짐없이 모두 어획된 어종수는 8종(갈전갱이, 꼬마달재, 달고기, 말쥐치, 무늬홍어, 참돔, 황돔, 히메치)으로 밝혀졌다. 그리고 8계절 중 7계절 어획된 어종수는 3종(매통이, 살오징어, 전갱이)이었다.

그러므로 이들 11개 어종은 총 87개 어종의 12.6%를 차지하며, 이 어장에서 항상 존재할 가능성이 매우 높은 연중 서식어종이라 할 수 있다. 그 외 다른 어종들은 여름철과 겨울철에

따라 이 어장에 유출입하여 머물러 있는 계절성 채류어종이라 볼 수 있을 것이다.

또한 어장 환경요인 중 수온과 관련 지어 비교하면, 겨울철은 수온의 변화에 따라 어종수가 변동하였지만, 여름철은 달랐다. 이 현상은 여름철이 수온의 영향보다 다른 환경요인이 더 크게 미쳤을 것으로 추정된다. <Table 1>의 해저 지질 상태에서 살펴보면 2015년은 다른 연도가 모래(S) 또는 조개껍질(Sh)인 것에 비해 펄(M)임을 알 수 있다. 일반적으로 해안 또는 하구역 근처에서는 육수와 해저 저질 또는 대기의 변동과의 상관

성을 찾을 수 있으므로 계속적 조사가 필요하다고 사료된다(Riguel F. Contente and Carmen L. D. B. Rossi-Wongtschowski, 2016).

2. 개체수와 어획량 변동

1) 개체수(ind./km²)

<Table 2>에서 보면, 4년의 조사기간 중 어획된 단위면적당 개체수(ind./km²)는 총 28,809마리였는데, 황돔으로 9,796 마리(34.0%)이 가장 높게 나타났으며 다음으로 노랑벤자리 3,658마리(12.7%), 갈전갱이 2,711마리(9.4%), 살오징어 2,226마리(7.7%)의 순으로 높은 개체수를 나타내었다. 특히 황돔과 갈전갱이는 계절에 관계없이 매년 어획되었고 총 개체수의 43.4%를 차지하였다. 이들 4개 어종의 개체수를 합하면 총 개체수의 63.8%를 점유하였다.

위 4종 이외에도 다섯 번째로 한치 1,786마리, 창꼴뚜기 1,490마리, 전갱이 1,290마리 순이었다. 한치의 경우는 4년 중 99%가 2015년 여름에 어획되었다.

따라서 조사 어장에서 서식하는 어종 중에서 개체수로 본 주된 어획 대상 어종은 연중 어획되는 황돔, 노랑벤자리, 갈전갱이, 살오징어, 전갱이임을 알 수 있다. 한치, 창꼴뚜기는 어장환경의 변동에 의해 이동해 온 출현어종으로 볼 수 있으며, 2개 어종의 점유율이 총 개체수의 10% 이상임으로 해를 거듭할수록 증가할 가능성이 높을 것으로 예상된다.

2) 어획 생체량(kg/km²)

단위면적당 어획량은 총 6,032.6kg/km² 중에서 황돔이 2,171.2kg(36.0%)으로 가장 많은 생체량을 나타냈으며, 다음으로 참돔 514.6kg(8.5%), 노랑벤자리 450.8kg(7.5%), 갈전갱이 401.3kg(6.7%), 말쥐치 365.1kg(6.1%)의 순으로 높은 생체량을 나타냈다(<Table 3>).

따라서 황돔, 참돔, 노랑벤자리, 갈전갱이 및 말쥐치의 5개 어종이 연중 어획되었으며,

총 어획량의 64.7%를 차지하였다. 주목할 점은 황돔이 나머지 4개 어종에 비해 점유하는 비중이 매우 높았고 황돔과 참돔 2어종이 전체의 절반에 가까웠다. 또한 참돔, 말쥐치와 같이 개체수의 수량에 비례하지 않고 개체의 크기에 따라 그 생체량 순서가 변동하였다.

그러므로 이 어장의 주된 생체량으로 본 어획 대상 어종은 주로 황돔, 참돔, 노랑벤자리, 갈전갱이 및 말쥐치임을 알 수 있다.

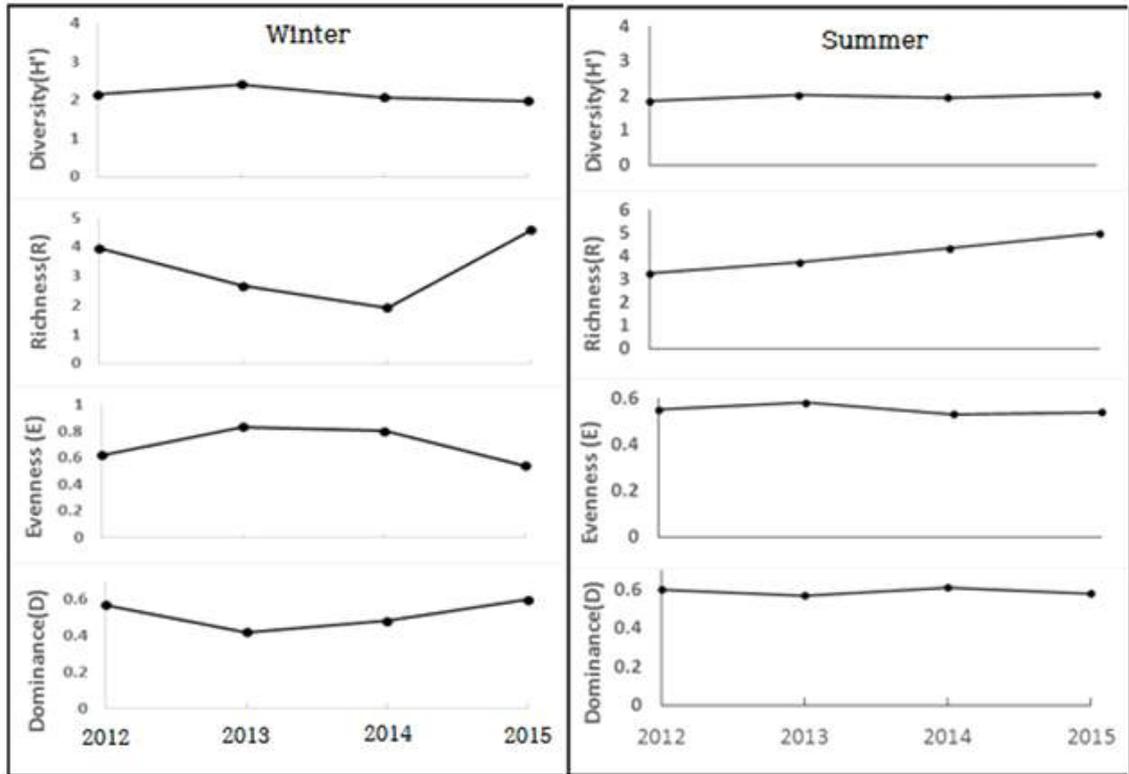
3. 종의 군집구조와 지수 변동

조사기간 4년 동안 출현한 종수와 개체수를 기준으로 연도별 생태지수를 분석한 결과는 다음과 같다(Fig. 3). 종다양도 지수(H')는 겨울철 1.97 ~ 2.40의 범위이며 출현종이 다양하게 많이 나타난 2015년이 가장 낮은 1.97로 나타났다. 여름철은 1.84 ~ 2.05의 범위로 출현종이 가장 적은 2012년이 1.84로 가장 낮았다. 전반적으로 겨울철이 여름철보다 높았다. 따라서 종다양도 지수는 어종의 다소에 무관하게 변동하였다.

종풍부도 지수(R)는 겨울철 1.91 ~ 4.59의 범위로 나타났으며, 2015년이 가장 높고 2014년이 가장 낮았다. 여름철은 3.24 ~ 4.98로 분포하였고 어종수에 비례하여 증가하였다. 따라서 종풍부도 지수는 겨울철이 여름철보다 연도별 변동이 컸고 어종수에 비례하여 변동하였다.

종균등도 지수(E)는 겨울철 0.54 ~ 0.83의 범위로 나타났고, 2013년이 가장 높고 2015년이 가장 낮았다. 여름철은 0.53 ~ 0.58로 분포하여 어종수에 비례하지 않았다. 따라서 종균등도 지수는 여름철은 변동의 폭이 매우 적어 거의 같았고 어종수에 무관하게 변동하였다.

우점도 지수(D)는 겨울철 0.42 ~ 0.61의 범위로 나타났으며, 2015년이 가장 높고 2013년이 가장 낮았다. 여름철은 0.57 ~ 0.61로서 변동의 폭은 종균등도 지수처럼 적었고 어종수에 무관하게 변동하였다.



[Fig. 3] Annual variations in diversity, richness, evenness and dominance in the fishing ground.

그러므로 본 어장에서 종의 다양성 변동을 나타내는 지수들은 종풍부도 지수만 어종수에 비례하여 그 값이 달라졌고, 나머지 3가지 지수들의 변동은 어종수와 개체수의 상관을 찾기 어려웠다. 이들과 관련하여 II장(조사 및 방법)에서 제시된 기존의 계산식에 대한 새로운 고찰이 필요하다고 본다(Bin Kang et al., 2014).

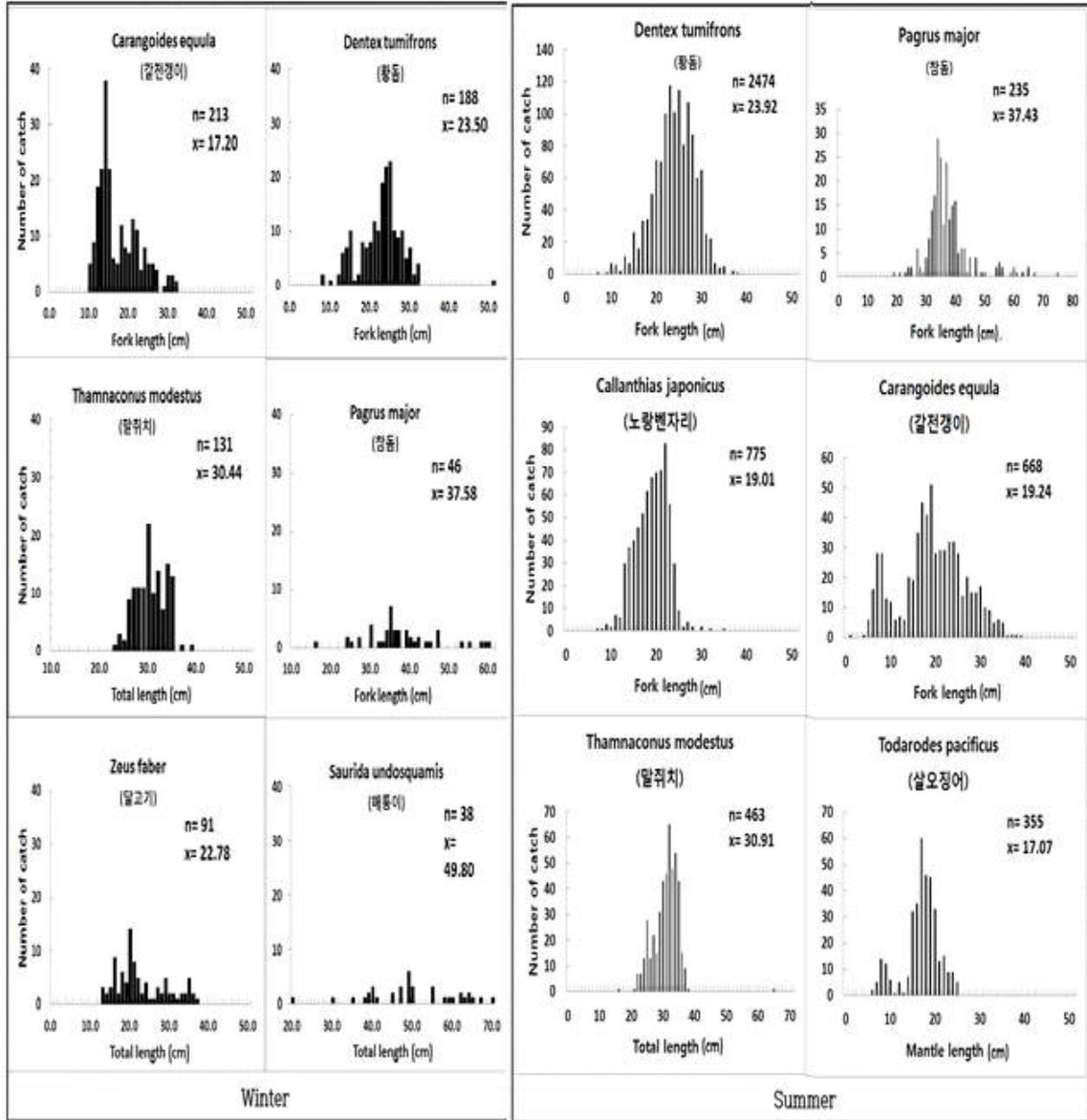
4. 주된 어종의 체장변동

[Fig. 4]는 어획어종의 종조성, 개체수 및 어획(생체)량을 고려한 주된 어종 6종을 선택하였고, 이들을 겨울철과 여름철로 나누어 각각의 체장에 따른 개체수의 변화를 나타내었다.

[Fig. 4]의 왼쪽은 겨울철 6종(갈전갱이, 황돔, 말쥐치, 참돔, 달고기 및 매통이)에 대한 체장별 개체수의 분포도이다. 체장은 어종에 따라 전장

(Total), 미차체장(Folk, 가랑이체장) 및 몸통체장(Mantle)으로 분류되었다. 갈전갱이는 개체수가 213마리로 평균 체장 17.2cm, 체장의 범위 10 ~ 32cm였고 약 12cm정도의 개체수가 월등히 많았다. 황돔은 평균 체장 22.49cm, 체장의 범위 8 ~ 32cm로 고루 분포하였고, 말쥐치는 평균 체장 30.44cm,

체장의 범위 23 ~ 39cm를 보였다. 또한 참돔은 평균 체장 37.58cm, 체장의 분포 범위가 16 ~ 60cm를 보여 분포범위가 넓게 나타났으며, 달고기는 평균 체장 22.78cm, 체장 분포 범위 13 ~ 37cm이었다. 그리고 매통이는 평균 체장 50.07cm, 체장의 분포 범위가 27 ~ 70cm로 나타내어 가장 평균 체장이 높았지만, 참돔과 같이 개체수가 작았고 산만체장이 산만한 분포를 보였다.



[Fig. 4] Length frequency distribution of the major species caught by a bottom trawling in the fishing ground from 2012 to 2015.

[Fig. 4]의 오른쪽은 여름철 6종(황돔, 참돔, 노랑벤자리, 갈전갱이, 말쥐치 및 살오징어)에 대한 체장별 개체수의 분포도이다. 황돔은 개체수 2,474마리로 평균 체장 23.92cm, 체장 범위 10~37cm이며 거의 정규분포를 나타내었다. 참돔은 수량은 적지만 평균 체장 37.43cm, 체장 범위 20

~ 75cm로 황돔보다 1.5배 정도 크고 체장도 넓게 분포하였다. 노랑벤자리는 평균 체장 19.01cm, 체장 범위 8 ~ 34cm이었고, 갈전갱이는 평균 체장 19.24cm, 체장 범위가 6 ~ 39cm까지 분포하여 크기의 차가 많았다. 말쥐치는 평균 체장 30.91cm, 체장 범위 20 ~ 38cm로 분포하여 타 어종에 비

해 크기가 크고 범위도 좁게 집중되어 있다고 볼 수 있다. 마지막으로 살오징어는 평균 체장 17.07cm, 체장의 범위 5 ~ 25cm이었다. 갈전갱이와 같이 체장이 10cm이하와 20cm정도의 크기로 양분되어 분포하였다.

따라서 주된 어종의 체장변동에서 보면, 두 계절에 공존하는 갈전갱이, 황돔, 참돔 및 말쥐치는 어획된 개체수와 계절에 상관없이 그 평균 체장이 거의 일정하였음을 알 수 있었다. 이 현상으로 보면, 이들 4개 어종은 연중 체류 또는 서식하는 어종임을 발견할 수 있다.

IV. 요약 및 결론

본 조사연구는 2012 ~ 2015년 4년간 부경대학교 실습선 가야호를 이용하여 제주도 동쪽 약 40마일에 위치한 수심 약 110m의 어장에서 겨울철과 여름철에 걸쳐 총 45회의 저층트롤 조업을 행하였다.

4년간 어획된 어종은 총 87종(어류 63종(72.4%), 연체류 14종(16.1%), 갑각류 10종(11.5%))이었다. 4년 동안 매 계절(8계절)마다 계속 어획된 어종은 8종(황돔, 갈전갱이, 꼬마달걀, 달고기, 말쥐치, 무늬홍어, 참돔, 히메치)이었다. 7계절 동안만 어획된 어종은 3종(매통이, 살오징어, 전갱이)으로 이 어종도 포함한다면 연중 어획 가능한 어종은 11종이 된다. 이들 11종은 총 어종의 12.6%를 차지하여 주된 서식어종으로 추정된다. 반면에 4년간 8계절 중 어느 한 계절만 어획된 어종수는 35종으로 총 어종수의 40.2%를 차지하므로 이 어장은 출현어종의 변동이 매우 큼을 알 수 있다.

단위면적당 개체수(ind./km²)는 4년 동안 총 28,809마리였고, 이 중 황돔이 9,796마리(34.0%)로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 노랑벤자리 3,658마리 (12.7%), 갈전갱이(9.4%), 살오징어(7.7%)의 순으로 높은 개체수를 나타내었다. 황돔과 갈전갱이는 매년 어획되었고, 이들 4종의 개

체수가 총 개체수의 약 64%를 차지하였다.

단위면적당 생체량(kg/km²)은 총 6,032 kg 중에서 황돔이 2,172.2kg(36.0%)으로 가장 많은 생체량을 나타냈으며, 다음으로 참돔(8.5%), 노랑벤자리(7.5%), 갈전갱이(6.7%), 말쥐치(6.1%)의 순이었다. 이들 5개 어종이 연중 어획되었으며 총 생체량의 64.7%를 차지하였다. 그러나 모든 연도에서 동일어종이 가장 많은 생체량을 계속 유지하지는 못하였다.

따라서 단위면적당 개체수와 생체량에서 보면, 황돔이 약 35%로 다른 어종에 비해 월등한 비율을 차지하므로 이 어장을 황돔어장이라 부를 수 있을 것이다. 연도별 종의 다양성 변동을 보면, 종다양도 지수(H')는 1.84 ~ 2.40의 범위였다. 종풍부도지수(R)는 1.91 ~ 4.98의 범위로 나타나 지수의 변동이 컸고 어종의 수에 비례하여 그 값이 크게 변동하였다. 종균등도 지수(E)는 0.53 ~ 0.83의 범위로 변동 폭이 매우 좁으며 어종의 수에 비례하지 않았다. 우점도 지수(D)는 0.42 ~ 0.61의 범위로 나타났으며 이들 지수는 변동 폭이 매우 적게 나타났다.

주된 어종의 평균 체장은 갈전갱이가 겨울 17.2 cm, 여름 19.24cm였고, 황돔 겨울 22.49cm, 여름 23.92cm였다. 말쥐치 겨울 30.44cm, 여름 30.91cm 거의 같았고, 참돔 역시 겨울 37.58cm, 여름 37.43cm이었다. 이들 4개 어종은 계절과 무관하게 체장 변동이 거의 없었다. 체장의 분포 범위는 참돔이 겨울 16 ~ 60cm, 여름 20 ~ 75cm로 다른 어종에 비해 그 변동 폭이 매우 크게 나타났다.

감사의 글

부경대학교 실습선 가야호에 승선하여 다년간에 걸쳐 본 논문의 자료조사에 참여한 해양생산스태관리학부 실습생들과 자료 정리를 도와준 4년 김동현군에게 심심한 감사를 드린다.

References

- Bin Kang et al.(2014). Mapping China's freshwater fishes: diversity and biogeography. *FISH and FISHERIES*, 15, 209~230.
- Jeong, Gyeong-suk · Cha Byung-Yeul · Im, Yang-Jae · Kwon, Dae-Hyeon · Hwang, Hak-Jin and Jo, Hyun-Su(2014). Comparison of Species Composition and Seasonal Variation of Demersal Organisms Caught by Otter Trawl in the Coastal Waters off the Taean Peninsula in the West Sea of Korea. *Kor. J. Fish. Aquat. Sci.*, 47(3), 264~273.
- Kim, Jong-Hwa(2017). Winter Composition and Abundance of Demersal Fishes in the Fishing Ground off Eastern Jeju Island, Korea. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 29(1), 297~305.
- Kim, Min-Seok · Kim, Dong-Su(2010a). Distribution Characteristics of Fishes by a Bottom Trawl in the Jointly Controlled Waters of the East China Sea. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 22(3), 330~340.
- Kim, Min-Seok · Kim, Dong-Su · Kim, Min-Son · Lee, Jong-Gun(2010b). A Variation of Fishes caught by a Bottom Trawl in the Boundary Zone between Busan and Tsushima. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 2(3), 341~353.
- Kim, Min-Seok · Kim, Dong-Su · Kim, Min-Son · Lee, Jong-Gun · Kim, Jong-Hwa · Kang, Il-Kwon (2011). Distribution Characteristics Composition of Fishes by a Bottom Trawl in the Jointly Controlled Waters of the East China Sea. *Jour. Fish. Mar. Sci. Edu.*, 23(2), 141~152.
- Levin Lisa A. et al(2001). Environmental Influences on Regional Deep-Sea Species Diversity. *Annual. Rev. Ecol. Syst.* 32, 51~93.
- Margalef, R.(1969). Diversity and stability - a practical proposal and a model of interdependence. *Brookhaven Symp. Biol.* 22, 25~37.
- McNaughton, S. J.(1968). Structure and function in California grassland. *Ecology*, 49, 962~972.
- Park, Hae-Hoon · Jeong, Eu-Cheol · Bae, Bong-Seong · Yang, Yong-Su · Hwang, Seon-Jae · Park, Jong-Hwa · Kim, Yeong-Sub · Lee, Sung Il and Choi, Soo-Ha(2007) : Fishing investigation and species composition of the catches caught by a bottom trawl in the deep East Sea. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 43(3), 183~191.
- Peet, Robert K.(1974). THE MEASUREMENT OF SPECIES DIVERSITY. *Annual Review of Ecology & Systematics*, Vol. 5, 285 ~ 307,
- Pielou, E. C.(1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.* 13, 131~144.
- Prado J.(1990). Fisherman's workbook. Fishing News Books, Oxford, U.K.,192.
- Priede Imants G. et al.(2010). Deep-sea demersal fish species richness in the Porcupine Seabight, NE Atlantic Ocean - global and regional patterns. *Mar.Ecol.* 31, 247~260.
- Riguel F. Contente and Carmen L.D.B. Rossi-Wongtschowski(2016). Fish assemblages on the southeastern Brazilian Bight, sampled by midwater trawl during spring and summer seasons: species composition, abundance, and environmental drivers. *Fish. Bull.*,114, 220~236.
- Shannon CE & weaver W.(1949). The Mathematical Theory of Communication. Illinois University Press, Urbana, U.S.A.,117.
- Sohn, Myoung Ho · Yoon, Sang Chul · Lee, Sung Il · Yoon, Byung sun · Cha, Hyung kee · Kim, Jong Bin · Kalchugin, Pavel · Solomatov, Sergey(2015). Variations in species composition of fishes caught by trawl survey in the northwestern East Sea of Russian EEZ and southwestern East Sea of Korean EEZ. *J. kor. soc. Fish. Tech.*, 51(3), 355~369.
- Yoon, Sang Chul · Cha, Hyung Kee · Lee, Sung Il · Chang, Dae Soo · Hwang, Seon Jae and Yang, Jae Hyeong(2008). Variation in species composition of demersal organisms caught by trawl survey in the East Sea. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 44 (4), 323~344.

-
- Received : 21 November, 2017
 - Revised : 17 January, 2018
 - Accepted : 25 January, 2018