

완도 해역의 새우조망어업에서 발생한 부수어획물의 계절적 변동

오철웅*

부경대학교 자원생물학과

Seasonal Bycatch Variations in the Shrimp Beam Trawl Fishery of Coastal Wan-do, Korea

Chul-Woong Oh*

Department of Marine biology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

We examined shrimp and bycatch species composition in the shrimp beam trawl fishery off Wan-do, Korea (in the major fishing ground) from December 2004 to November 2005. We observed a total of 103,072 individuals in 96 taxa. By densities of individuals, 96.97% were shrimps, 1.20% decapods, 1.10% fish, 0.30% cephalopods and 0.43% other species. By catch weight, 57.29% were shrimps, 26.33% fish, 6.82% decapods, 4.64% cephalopods and 4.92% other species. In spring, the dominant bycatch species by biomass were *Okamejei kenojei*, *Lophiomus setigerus*, and *Charybdis bimaculata*. In summer, the dominant species were *Charybdis bimaculata*, *Muraenesox cinereus*, and *Paralichthys olivaceus*. In autumn, dominants were *Okamejei kenojei*, *Conger myriaster*, and *Setipinna tenuifilis*, and in winter they were *Okamejei kenojei*, *Chaeturichthys stigmatias*, and *Sillago japonica*. Bycatch species composition and individual species abundances differed significantly among seasons, probably indicating that variations were related to the life history characteristics of bycatch species. The diversity index was highest in October (2.797) and lowest in July (1.012). The July dominance index (0.569) was much higher than in other months; evenness was highest in September (0.856) and lowest in July (0.374). During the study period, the bycatch-to-shrimp ratio of this fishery varied from 0.063 in February 2005 to 11.031 in May 2005, with a mean of 3.363. These temporal variations may be linked to variations in reproductive behaviors and migration patterns of the marine animals sampled.

Key words: Bycatch, Shrimp, Beam trawl fisheries, Wan-do

서 론

전통적으로 새우류는 자망, 안강망, 낭장망 및 조망을 사용하여 어획되고 있으며, 우리나라 남해 해역에서 총 어획량의 40%를 차지한다. 특히 완도지역은 조망을 사용한 어획활동이 활발하게 이루어지고 있으며, 새우류 어업을 주 어업 대상으로 하고 있다. 새우조망어업은 주 어획 목표어종인 새우류와 비 목표어종인 어류, 연체류 및 기타 저서동물 등이 어획되는 다종어업의 성격을 갖는다 (Caddy, 1993). 흔히 비목표어종은 부수어획물 (bycatch)이라고 칭하며, 또한 상품성이 없어 바다에 버려지는 어획종은 어업폐기물 (discard)이라고 정의하고 있다.

새우조망어업은 다른 어구에 비해 망목크기가 작아서 많은 부수어획물을 생산하고 있고, 부수어획물과 새우류의 비가 온대해역과 아열대해역에서 5:1, 열대해역에서 10:1 정도로서 부수어획물의 비중이 높으며, 새우조망에 의한 어업폐기물은 세계 총 어업폐기물의 1/3에 해당된다고 보고하면서 새우류 어업에 대한 자원 남획의 위험성을 경고하였다 (Slavin, 1982; Alverson et al., 1994). 특히 이들 어업폐기물은 해양 생물들의

서식지 및 섭식형태의 변화와 각 영양단계의 개체수 변화 등과 같은 직·간접적으로 해양 생태계에 많은 영향을 미치고 있다 (Stobutzki et al., 2003).

이러한 자원학적·생태학적 중요성 때문에 새우류 조망이나 트롤어업의 부수 어획물이 해양생태계에 미치는 영향에 대한 연구는 최근 세계적인 관심사 (Saila, 1983; Pender and Willing, 1989; Andrew and Pepperell, 1992; Kennelly, 1995)가 되고 있으며, 세계 많은 나라에서 상업적인 어업으로부터 환경을 보호하기 위하여 많은 규제를 만들고 있다 (Sainsbury and Sumaila, 2001; Hall and Mainprize, 2005).

부수어획물을 감소시키기 위한 어류와 새우류의 행동 차이를 이용한 연구 (Bjørnar and Valdemarsen, 1994), 호주 새우 트롤어업의 부수어획물 특성에 관한 연구 (Eayrs et al., 1997; Eayrs, 2003), 부수어획물 감소 장치 개발 (Day and Eayrs, 2001), 개량된 gird를 이용한 부수어획물을 감소에 대한 연구 (Fonseca et al., 2005)가 진행되고 있으며, 부수어획물의 종 조성 특징에 관한 연구 (Tonk et al., 2008) 및 저층 끝어구류가 저층 생태계에 미치는 영향에 관한 다양한 연구가 이루어지고 있다 (Prena et al., 1999).

국내 연구에서는 우리나라 서해남부해역의 새우류 어획물

*Corresponding author: ohcw@pknu.ac.kr

의 부수어획물 현황에 관한 연구를 시작으로 (Oh and Jung, 2002), 새우류 어업에서 부수어획물량 평가와 자원관리 모델 개발 (Oh and Ma, 2004), 계절별, 조석주기에 따른 새우류 부수어획물의 밀도와 생체량에 관한 연구가 이루어지고 있다 (Oh et al., 2009). 특히 새우류 어업에서 부수어획물량 평가와 자원관리모델에 관한 연구에서는 새우류를 주로 어획하는 조망과 주머니업에그물에 대한 적정망목크기를 제시함으로써 수산정책 결정시 중요한 정보를 제공하고 있다. 또한 자원관리측면에서 다양한 새우류 어업에서 발생하는 부수어획물의 정량적인 연구, 각 어업에서 발생하는 부수 어획물의 특성 및 부수 어획을 줄이기 위한 기초연구의 필요성을 강조하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 새우조망어업이 활발하게 이루어지고 있는 남해서부에 위치한 완도해역을 중심으로 새우조망에 어획되는 부수어획물의 특성을 파악하기 위하여 첫째, 부수어획물의 계절적인 종조성 및 변동을 파악하고, 둘째, 완도해역 새우조망어업의 새우 어획량과 부수어획량의 비를 정량적으로 산출하고, 셋째, 부수어획물의 군집특성을 파악하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 2004년 12월부터 2005년 11월까지 매월 새우조망어업조사를 수행하였다. 완도해역의 평균 수심은 10~15 m로, 총 조사 면적은 13,220 ha이었다. 조사에 사용된 선박은 5톤 미만의 소형어선으로, 매월 연구원이 직접 승선하여 조망 어구를 투망한 후, 선속은 1.3~2.2 knots로 약 30분간 인망하였다 (Fig. 1).

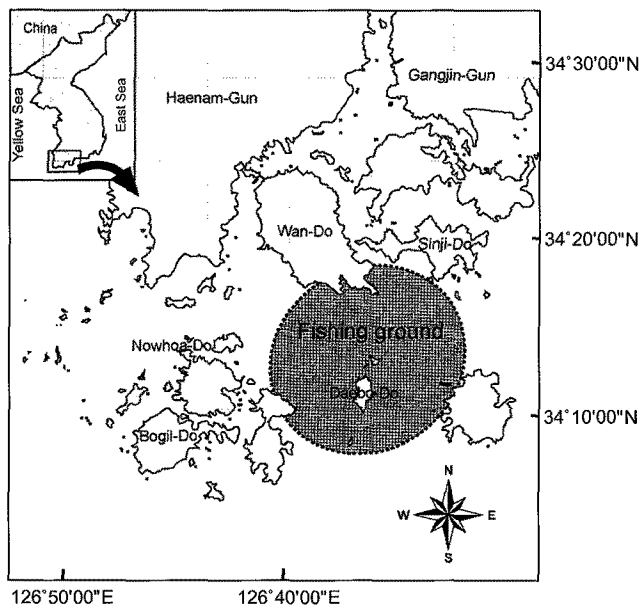


Fig. 1. Map showing the sampling area (dotted line) in Wan-Do, Korea from December 2004 to November 2005.

채집된 어획물은 목표어종인 새우류와 비목표어종인 부수어획물로 분류하여 계절별 (봄: 3~5월, 여름: 6~8월, 가을: 9~11월, 겨울: 12~2월) 종조성과 새우류 및 부수어획물의 정량적인 비를 산출하였다.

종조성 조사

어획물의 종조성은 어획물 전량을 표본으로 선택하였고, 선상에서 새우류와 혼획어종을 분류하여 개체수와 생체량을 조사하였다. 새우류는 어획물의 50%를 무작위 표본 추출 (random sampling)하여 선상에서 10% 중성 포르말린으로 고정 후, 실험실로 운반하여 종 분류하였다. 어류는 어류도감 (Kim et al., 2001), 연체동물은 National Fisheries Research Institute (NFRDI) (1999), Roper et al. (1984)의 분류표를 이용하여 동정하였다. 어획물은 5가지 분류군: (1) 새우류 (Shrimps), (2) 어상강 (Pisces), (3) 십각목 (Decapoda), (4) 두족강 (Cephalopoda), (5) 기타 갑각류 및 패류 (Crustacea and Shellfish)로 구분하였다.

새우류 및 부수어획물의 정량화

조사해역에 서식하는 새우류와 부수어획물의 정량화를 위하여 단위면적당 (100 m²) 개체수 및 생체량을 추정하였다. 먼저 어구의 소해면적을 파악하기 위하여 다음과 같이 소해면적을 추정하였다.

$$A = B \times v \times h$$

여기서, A는 어구의 소해 면적 (m²), B는 그물 입구의 폭 (m), v는 예망 속도 (m/hour) 그리고 h는 예망시간 (hour)이다.

따라서 단위면적당 (100 m²) 생체량 (g)은 1회 양망시 어획된 어획량 (W, g)에 의해 다음의 식을 통하여 추정하였다.

$$D = W / A \times 100$$

여기서, D는 단위면적당 생체량 (g/100 m²)이다.

부수어획량은 새우류에 대한 부수어획물의 생체량 비를 이용하여 추정하였다. 즉, 새우류에 대한 부수어획물의 비 (r)는 다음의 식과 같다 (Scheaffer et al., 1990).

$$r = \frac{\mu_b}{\mu_s}$$

여기서, μ_b 는 부수어획물 100 m²당 생체량 (g), μ_s 는 새우류의 100 m²당 생체량 (g)이다.

부수어획물의 군집구조 분석

부수어획물의 계절별 특성을 파악하기 위하여 군집구조를 대표하는 단변량 변수로서 종수, 개체수, 종 다양도 (Shannon

and Wiener, 1963), 우점도 (Simpson, 1949), 균등도 (Pielou, 1966) 등의 생태학적 지수를 산출하였다.

부수어획물 출현종의 생체량의 종 조성 월별 변화를 파악하기 위하여 집괴분석 (Cluster analysis)과 다차원척도법 (non-Metric Multidimensional Scaling: nMDS) 등의 군집분석을 실시하였다. 다변량분석시 생물자료간의 편중을 피하기 위해 개체수 및 생체량 자료 모두 네제곱근 (fourth-root)으로 환하였고, Bray-Curtis 유사도 지수를 구하고 그 결과 만들어진 유사도 행렬에 기초하여 계절별 부수어획의 차이를 ANOSIM (Analysis of similarities)을 사용하여 유의성을 검정하였다 (Detailed Oh et al., 2009). 다차원척도법에서 제시된 stress value 값은 그룹들간의 분리의 유·무를 나타내는 값으로 일반적으로 ≤ 0.2 일 경우 그룹들 유의한 차이가 있다는 것을 의미하며, 샘플의 양과 샘플들간의 변위가 클수록 stress value의 값은 증가하게 된다 (Clarke, 1993). 또한 ANOSIM 분석은 stress value의 값이 ≤ 0.2 일 경우에만 분석이 가능하며, ANOSIM 분석에서 R-values가 > 0.5 이면, 그룹들간의 유의한 차이가 있다는 것을 의미한다 (Clarke and Gorley, 2001). 모든 통계분석은 PRIMER (Plymouth Routines Multivariate Ecological Research) computer program (ver. 5.2.4)을 이용하였다.

주요 부수어획물의 계절별 평균체장

조사기간 동안 4계절 (봄: 3~5월, 여름: 6~8월, 가을: 9~11월, 겨울: 12~2월) 모두 출현하고, 주요 우점종인 개서대 (*Cynoglossus robustus*)와 갯가재 (*Squilla oratoria*)를 대상으로 계절별 평균 체장을 비교하였다. 개서대와 갯가재 모두 전장 (Total Length: TL)을 버니어 캘리퍼스를 사용하여 0.01 cm까지 측정하였다. 계절별 평균체장간의 차이유무는 계절별 변위의 동질성 (homogeneous test of variance) 검정을 실시한 후 분산분석 (ANOVA)으로 검정하였다.

결 과

어획물 조성

전체 출현종수, 어획개체수 및 생체량

조사기간 동안 총 어획된 출현종은 57과 96종이었으며, 전체 개체수는 103,072개체, 생체량은 159,739.8 g이었다. 분류군별로 어상강이 57종으로 가장 많았으며, 새우류가 19종, 십각목이 10종, 두족강이 6종, 기타 갑각류 및 패류가 4종으로 나타났다.

총 어획량에 대한 각 분류군의 개체수와 생체량의 어획비율을 살펴보면 개체수의 경우 새우류가 99,945개체 (96.97%)로 거의 대부분을 차지하였으며, 그 다음으로 십각목 (1,240개체, 1.20%), 어상강 (1,130개체, 1.10%), 기타 갑각류 및 패류 (445개체, 0.43%), 두족강 (312개체, 0.30%) 순으로 나타났다 (Fig. 2, A). 생체량은 새우류가 91,523.66 g (57.29%)으로 대부분을 차지하였고, 다음으로 어상강 (42,054.91 g, 26.33%), 두족강 (10,900.46 g, 6.82%), 기타 갑각류 및 패류 (7,853.57 g, 4.92%), 십각목 (7,407.2 g, 4.64%) 순으로 나타났다 (Fig. 2, B).

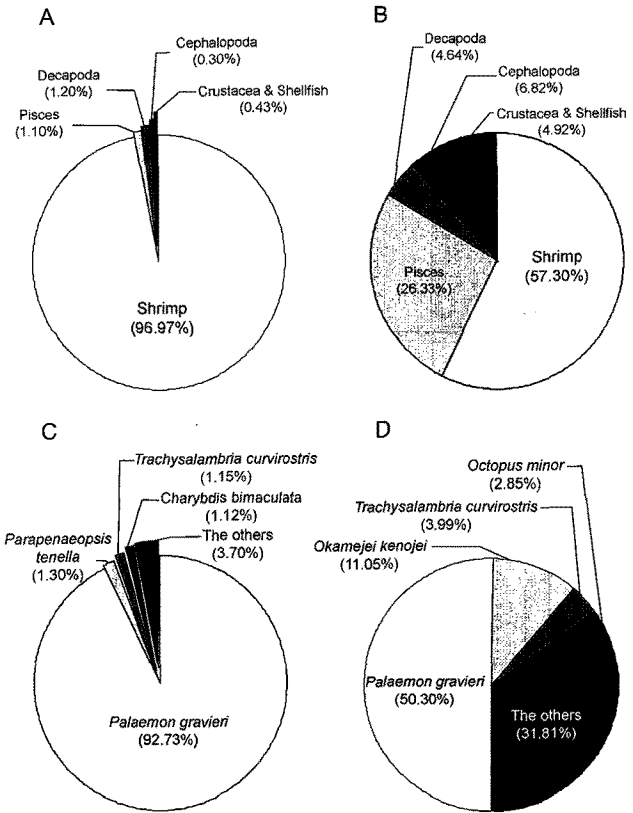


Fig. 2. The composition of number, biomass of species by the shrimp beam trawl fishery of Wan-Do, Korea from December 2004 to November 2005 (A: Number, B: Biomass, C: Number of dominant species, D: Biomass of dominant species).

종별 어획개체수는 그라비새우 (*Palaemon gravieri*)가 95,580개체 (92.73%)로 가장 많았고, 민새우 (*Parapenaeopsis tenella*) 1,341개체 (1.30%), 꽃새우 (*Trachysalambria curvirostris*) 1,189개체 (1.15%), 두점박이민꽃게 (*Charybdis bimaculata*) 1,153개체 (1.12%), 기타 3,809개체 (3.70%)를 차지하였다 (Fig. 2, C).

종별 어획생체량은 그라비새우가 80,335.28 g (50.30%)으로 개체수와 함께 높은 비율을 차지하였고, 홍어 (*Okamejei kenojei*) 17,649.43 g (11.05%), 꽃새우 6,378.44 g (3.99%), 낙지 (*Octopus minor*) 4,557.53 g (2.85%), 기타 50,819.12 g (31.81%) 순으로 나타났다 (Fig. 2, D).

단위면적당 계절별 어획개체수 및 생체량

새우조망에 어획된 어획물을 단위면적 (100 m²)으로 정량화시켜 계절별 개체수와 생체량을 비교하였다. 계절별 각 분류군의 단위 면적당 개체수는 봄에 새우류 1,339개체 (90.14%), 십각목 77개체 (5.18%), 기타 갑각류 및 패류 34개체 (2.26%), 어상강 19개체 (1.27%), 두족강 17개체 (1.15%)의 순으로 나타났다. 여름은 새우류 286개체 (57.99%), 십각목 124개체 (25.18%), 어상강 41개체 (8.31%), 기타 갑각류 및 패류 34개체 (6.95%), 두족강 7개체 (1.56%)의 순으로 나타났다. 가을은

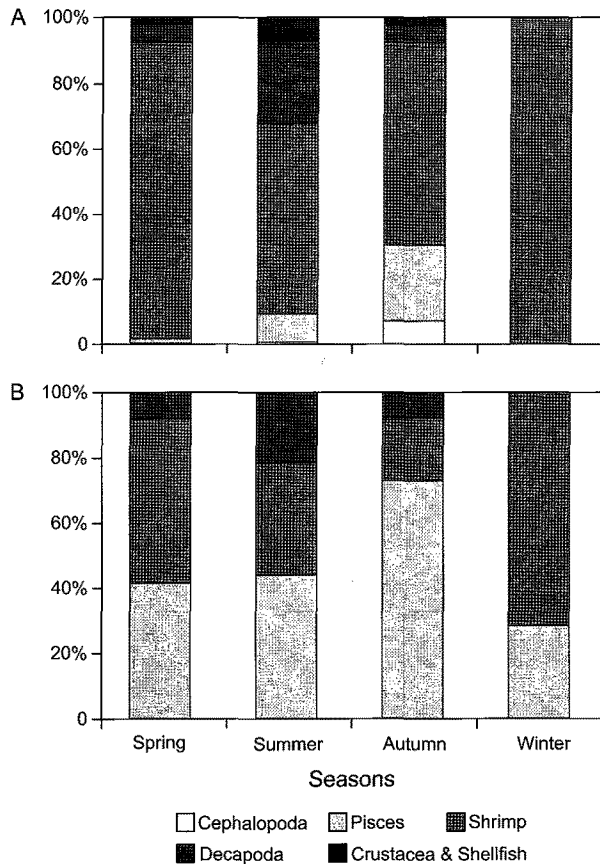


Fig. 3. Seasonal variations in number and biomass of species by the shrimp beam trawl fishery of Wan-Do, Korea from December 2004 to November 2005 (A: Number, B: Biomass).

새우류 439개체 (61.50%), 어상강 166개체 (23.32%), 두족강 55개체 (7.66%), 십각목 37개체 (5.13%), 기타 갑각류 및 패류 17개체 (2.39%)의 순으로 나타났다. 겨울은 새우류 8,657개체 (98.95%), 어상강 72개체 (0.83%), 십각목 16개체 (0.18%), 기타 갑각류 및 패류 2개체 (0.03%), 두족강 1개체 (0.01%)의 순으로 나타났다 (Fig. 3, A).

계절별 각 분류군의 단위면적당 생체량은 봄에 새우류 1,864.62 g (49.31%), 어상강 1,600.82 g (42.34%), 십각목 308.1 g (8.15%), 두족강 3.75 g, 기타 갑각류 및 패류 3.89 g으로 조사되었다. 여름은 어상강 1,627.87 g (44.63%), 새우류 1,226.46 g (33.63%), 십각목 783.68 g (21.49%), 두족강 4.63 g (0.13%), 기타 갑각류 및 패류 4.47 g (0.12%)로 나타났다. 가을은 어상강 4,065.83 g (72.66%), 새우류 1,074.81 g (19.21%), 십각목 430.04 g (7.69%), 두족강 17.6 g (0.31%), 기타 갑각류 및 패류 7.53 g (0.13%)로 조사되었으며, 겨울은 새우류 7,245.53 g (70.15%), 어상강 3,040.27 g (29.43%), 십각목 42.56 g (0.41%), 기타 갑각류 및 패류와 두족강은 0.01%보다 낮게 나타났다 (Fig. 3, B).

월별 부수어획물 비 (부수어획물/새우류)

완도지역의 새우조망어업의 부수어획 강도를 알기 위하여

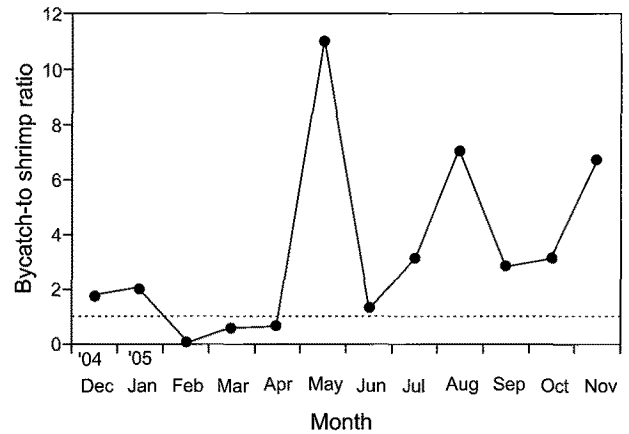


Fig. 4. Monthly change in bycatch-to-shrimp ratio of the shrimp beam trawl fishery of Wan-Do, Korea from December 2004 to November 2005.

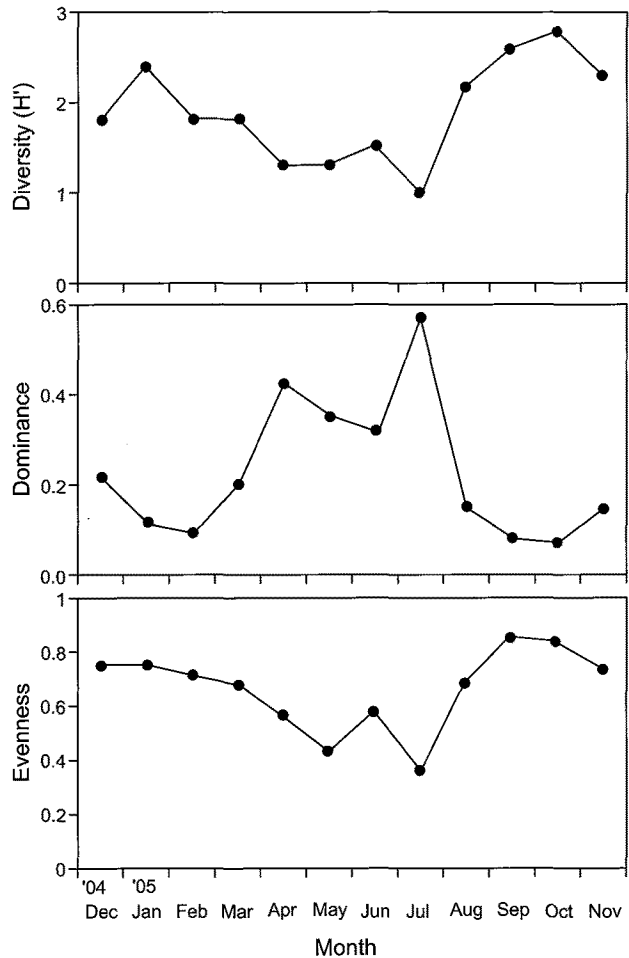


Fig. 5. Monthly change in diversity, dominance and evenness index by number of bycatch in Wan-Do, Korea from December 2004 to November 2005.

단위면적당 생체량 (g/100 m²)으로 정량화 시켜 월별 부수어획

물 비 (부수어획물의 생체량/새우류의 생체량)를 조사하였다. 부수어획물 비는 5월부터 1월까지 부수어획물이 새우류보다 많이 어획되었다. 특히 5월에 새우류와 부수어획물의 단위면적당 생체량이 각각 75 g/100 m², 831.634 g/100 m²로 부수어획물의 비 (r)가 11.031로 가장 높았으며, 반면에 2월에는 각각 5,777.556 g/100 m², 366.245 g/100 m²로 부수어획물의 비가 0.063으로 가장 낮게 나타났다 (Fig. 4). 조사 기간 동안 완도지역 새우조망의 평균 부수어획물 비는 3.363으로 분석되었다.

월별 부수어획물의 군집구조 분석

완도지역의 새우조망어업에의 부수어획물의 특성을 알아보기 위하여 군집구조를 나타내는 생물학적 특성인 종 다양도, 우점도, 균등도 지수를 살펴보았다. 월별로 분석한 종 다양도는 7월에 1.012로 낮았으며, 10월에 2.797로 높았다 (Fig. 5, A).

우점도는 종 다양도와 반대로 10월에 0.073으로 낮았고, 7월에 0.569로 높았다. 사계절 중 봄과 여름에 우점도가 증가하는 경향을 보였으며, 7월 이후 급속하게 감소하는 경향을 나타내었다 (Fig. 5, B). 또한 균등도는 7월에 낮은 0.374를 보였으며, 9월에 0.856으로 높게 조사되었다 (Fig. 5, C).

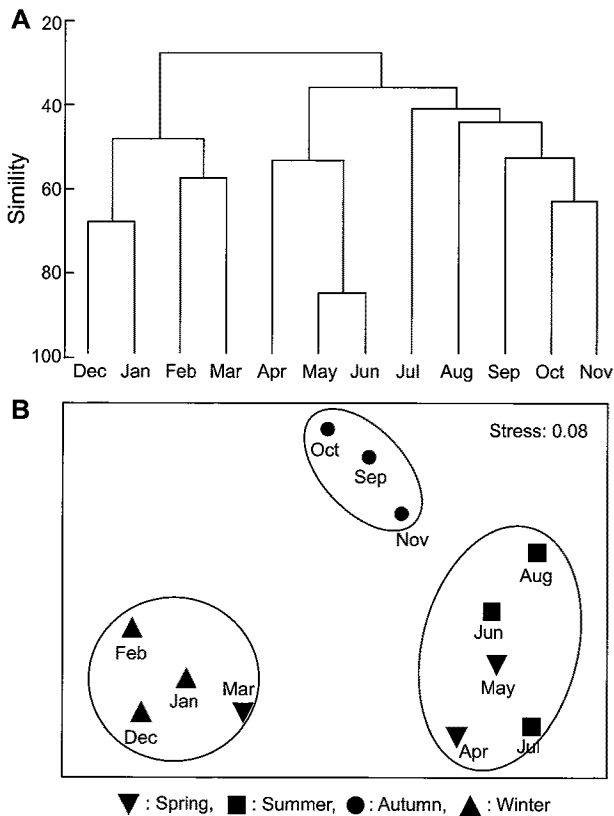


Fig. 6. Dendrogram based on the community similarity of each month and non-metric multidimensional scaling (nMDS) based on the community similarity of each month (▼: Spring, ■: Summer, ●: Autumn, ▲: Winter) by number of bycatch by the shrimp beam trawl fishery of Wan-Do, Korea from December 2004 to November 2005 (A: Dendrogram, B: nMDS).

부수어획물의 월별 군집의 유사성을 알기 위하여 집괴분석 결과 크게 3그룹으로 구분되었다. 그룹 A는 12월, 1월, 2월, 3월로, 그룹 B는 4월, 5월, 6월, 7월, 8월 그리고 그룹 C는 9월, 10월, 11월로 구분되었다 (Fig. 6, A). 군집분석에 대한 다차원척도법 (non-Metric Multidimensional Scaling: nMDS)을 적용한 결과도 앞에서 제시한 집괴분석 결과와 같이 크게 3그룹으로 구분되어 유의한 차이가 나타난 것으로 조사되었다 (Fig. 6, B). 계절별 부수어획의 차이를 ANOSIM (Analysis of similarities)을 사용하여 유의성을 검정한 결과에서도 봄철과 여름철만 유의한 차이가 나타나지 않았으며 (R=0, P=0.5), 겨울, 봄/여름, 가을은 서로 유의한 차이가 나타난 것으로 제시되었다 (Table 1).

Table 1. Analysis of similarities for each season in the shrimp beam trawl fishery of Wan-Do, Korea from December 2004 to November 2005

	Spring	Summer	Autumn	Winter
Spring				
Summer	R=0 (P=0.5)			
Autumn	R=0.667 (P=0.1)	R=0.815 (P=0.1)		
Winter	R=0.519 (P=0.1)	R=1 (P=0.1)	R=1 (P=0.1)	

주요 부수어획물의 계절별 평균체장

완도지역 새우조망어업에서 주로 부수어획된 개서대와 갯가재의 계절별 평균체장간의 차이유무를 검정한 결과 개서대 (*C. robustus*)는 봄에 평균(±표준편차) 15.46 (±4.11) cm, 여름에 14.14 (±4.71) cm, 가을에 15.46 (±4.11) cm, 겨울 30.24 (±5.54) cm 로 나타났으며, 개서대의 계절별 평균체장에 대하여 유의한 차이를 보여주었다 (ANOVA: F = 199.26, df = 3, 276, P<0.001). 갯가재 (*S. oratoria*)는 봄에 17.46 (±5.78) cm, 여름에 15.00 (±4.59) cm, 가을에 17.69 (±5.50) cm, 겨울 20.31 (±4.26) cm로 나타났으며, 갯가재의 계절별 평균체장에 대하여 유의한 차이를 보여주었다 (ANOVA: F = 15.93, df = 3, 329, P<0.001).

고 찰

본 연구에서 어획된 총 종수는 96종 (어상강 57종, 새우류 19종, 십각목 10종, 두족강 6종, 기타 갑각류 및 패류 4종)이 출현하였다. 우리나라 근해에서 조사된 새우류의 종조성은 서남부해역에서 22종 (Oh and Ma, 2004), 평양만의 팔피발에서 26종 (Huh and An, 1997)이 출현하였으며, 본 연구지역보다 다소 높은 출현종수를 보였다. 반면 고리 원자력 발전소 주변 해역에서는 11종 (Huh and An, 1999)이 출현하여 낮은 출현종수를 보였다. 부수어획된 어상강의 종수는 평양만 54종 (Cha and Park, 1997), 평양만 묘도해역의 66종 (Han et al., 1998), 소흑산도 및 하의도 연안의 74종과 유사한 수치를 보였으나

(Park and Lee, 1988), 전남 고흥 (녹동) 반도 근해에서 93종 (Lee et al., 1990)과 남해안 연근해 지역에서 114종 (Lee et al., 1998) 보다는 낮았다. 또한 부수어획에 관한 연구에서 Oh et al. (2003)은 우리나라 거문도 주변 새우조망에서 부수어획종은 139종으로 보고하였으며, Cha and Park (1997)은 광양만에서 저인망에 의한 부수어획종은 54종, Oh and Ma (2004)는 서해안 새우류 어업에서 부수어획종은 103종으로 보고하였다. 본 연구에서도 부수어획물의 77종으로 조사되었으며, 거문도, 서해안 지역의 부수어획물보다는 작게, 광양만 지역보다는 많은 부수어획종이 출현하였다. 이처럼 새우류 및 부수어획물 종조성의 차이를 나타내는 이유는 조사횟수, 시기 그리고 조사지역의 지질학적 환경의 차이에 따라 달리 나타나는 것으로 보고되고 있다 (Huh and Jung, 1999; Weiley and McIntyre, 1964; Cassie and Michael, 1968; Yi et al., 1982).

집괴분석을 이용하여 부수어획물의 월별 군집구조를 파악한 결과 완도해역의 부수어획물은 총 3그룹으로 구분되었다. 즉 겨울철 (12월, 1월, 2월, 3월), 봄·여름철 (4월, 5월, 6월, 7월, 8월) 그리고 가을철 (9월, 10월, 11월)로 뚜렷하게 구분되었다. 이러한 부수어획물의 계절별 군집 특성은 완도해역을 중심으로 새우조망에 어획되는 부수어획물이 계절별로 특이성을 나타낸다는 것을 보여주고 있다. 이러한 결과는 본 연구 지역에서 출현하는 주요 어종이 식물성부유생물의 번무기인 봄에 산란하여 여름까지 성장하다가 가을과 겨울에 회유를 하는 습성을 가지고 있기 때문으로 보인다 (Kim et al., 2001; NFRDI, 2004; NFRDI, 2005).

새우류와 부수어획물의 월별 비율을 살펴보면 2월, 3월, 4월을 제외한 모든 달에서 부수어획물의 비가 높게 나타난 것을 알 수 있다. 특히, 5월에는 부수어획비가 11.03로 가장 높게 나타났으며, 부수어획물이 목표어종보다 11배 이상 높게 어획되었다는 것을 보여주고 있다. 조사기간 동안 평균 부수어획물의 비는 3.36으로 나타났으며, 이 결과는 새우조망어업을 통해서 1년의 사계절 동안 목표어종보다 비목표어종이 다량으로 어획되고 있다는 것을 지적해 준다. 본 연구에서 나타난 부수어획물의 어획비율은 Slavin (1982)이 온대 및 아열대 해역에서 관찰한 새우류 대 부수어획물의 비인 5:1보다 평균적으로는 낮게 나타났지만, 월별로는 5월 (11.031), 8월 (7.083), 11월 (6.748)에는 높게 나타났다. 또한, 부수어획물로 어획된 개서대와 갯가재의 평균체장을 분석한 결과 겨울철 체장이 컸으며, 여름, 가을철 체장이 작게 나타났지만, 겨울철 개서대와 갯가재와 같은 부수어획물의 개체수는 적었다.

이 결과는 완도해역이 산란장과 성육장으로서 역할을 하고 있다는 것을 지적해주고 있으며, 봄에 산란된 어류의 치어가 5월부터 다량 어획되고, 이후 성육되는 과정에서 어획이 이루어지다가 겨울이 되면 성체가 되어 외해로 회유하면서 새우조망에 어획되지 않아, 부수어획의 비가 작아지는 것으로 판단된다. 이러한 계절별 부수어획물 변동은 완도지역에서 출현하는 어종의 회유 및 산란행동과 같은 생활사적 특성과 관련이 있는 것으로 보인다. 이러한 계절별 부수어획물 변동은 조사 지역에 관찰된 해양 동물의 환경 변화에 따른 회유습성 및

산란행동의 변화와 같은 생활사적 특징의 변화와 관련이 있는 것으로 보인다 (King, 1995). Ye et al. (2000) 또한 부수어획물과 새우류의 비를 조사하여 전체 부수어획물과 전체 새우류의 양을 계절별로 추정한 결과 두 무리의 어획량 비의 변화는 어획 대상종의 생활사와 관련하여 계절적인 변화 양상이 나타난다고 보고하였으며, 본 연구결과도 Ye et al. (2000)의 연구결과와 유사하였다.

새우류 어업에 이용된 어구형태에 따라 어구의 선택성의 차이로 인한 부수어획물의 비가 다르게 나타났다. 본 조사에 이용된 새우트롤 어구는 망목크기가 16 mm로 부수어획물의 비가 3.36으로 나타났으며 거제 지역에서 망목크기가 9.8 mm인 새우트롤을 이용한 부수어획물의 비 0.18 (Oh et al., 2009)과 서해안에서 망목크기가 5 mm인 주머니 얽애그물을 이용해서 주로 부유성 새우 (갯새우, 돛대기새우)를 어획하는 새우류 어업에서 부수어획물의 비 0.61보다 높게 나타났다 (Oh and Jung, 2002). 반면에 우리나라보다 훨씬 적은 망목크기 (<5 mm) 이용해서 어업을 하는 다른 국가들의 새우류 어업에서 부수어획물의 비와 비교해 보면 트리니다드가 14.71, 인도네시아가 12.01, 스리랑카가 11.10, 멕시코만이 10.30으로 평균 11.80으로 본 조사의 결과보다 훨씬 높게 나타났다 (Table 2) (Alverson et al., 1994). 이와 같이 새우류 어업에서도 부수어획물의 비의 차이는 조업지역, 망목크기, 대상어종, 어구형태 (수동/능동)가 다르기 때문으로 보인다 (King, 1995; Pascoe, 1997).

아울러 다른 어업과 비교했을 때도 부수어획물의 비의 차이가 있었다. 어류를 대상으로 한 어업에서 평균 부수어획물의 비를 보면 저층트롤이 2.84, 중층 트롤이 0.002, 연승어업이 0.78, 선망어업이 0.25, 외끌이 어업이 0.44, 통발어업이 1.97로 새우류 어업에서 보다 훨씬 적게 나타났다 (Table 2). 이렇게 새우류 어업에서 부수어획물의 양이 타어업에 비해 많은 것은 망목 크기가 작은 트롤을 이용하여 저층지역을 훑기 때문에 필연적으로 어획대상종과 동시에 어린 개체 (미성어)들이나 여러 어종들이 부수적으로 어획되는 다종어업의 성격을 가지고 있기 때문이다 (Slavin, 1982; Caddy, 1993). Alverson et al. (1994)에 따르면 현재 지구상의 부수어획물 양은 2천 8백 7십만톤에 이르며, 이 중 2천 7백만톤이 버려지고 있고, 특히 새우트롤의 부수어획량은 1천 1백만톤으로서, 이 중 9백 5십만톤이 바다에 투기되고 있다. 이렇게 산업적 이용가치가 없

Table 2. The top weight-based bycatch-to-shrimp catch ratios by gear type (modified from Alverson et al., 1994)

Fishery Description	Bycatch ratio
Non-Pelagic Fish Trawl	2.84
Pelagic Fish Trawl	0.002
Shrimp Trawl	11.80
Longline	0.78
Purse Seine	0.25
Danish Seine	0.44
Pot/Trap	1.97
This study	3.36

이 바다에 투기되는 부수어획물은 해양 생태계에 서식지 및 먹이의 변화, 각 영양단계의 개체수 변화 등과 같이 직·간접적으로 해양 생태계에 많은 영향을 미치고 있다고 보고하고 있다 (Stobutzki et al., 2003).

이러한 부수어획물을 줄이기 위한 다양한 방안들이 제안되어 왔다. 부수 어획물의 양을 줄이기 위해서 새우류 어장을 성육장으로 이용하는 어종들의 자원생물학적 조사에 기초하여 금어기 (seasonal closure)나 망목규제 (mesh size limit)를 설정하는 것이 부수어획물 자원관리에 효과적이라고 제안하고 있다 (Ye et al., 2000). 따라서 대상 어획생물의 효율적인 관리를 위해서는 부수어획비가 높은 장소와 시기에 금어기를 설정하고 어구의 망목제한 또는 분리형 그리드 및 분리 패널 등을 어구에 장착하게 하여 어구의 선택성을 변화시킬 필요성이 있다. 이러한 어구 선택장치의 구비요건은 목표종의 손실이 없어야 하고, 선택장치 (sorting device)를 통과한 소형의 비목표 어종의 생존율이 높아야만 할 것이다 (Campbell and Cornwell, 2008; Heales et al., 2008). 또는 주요 산란장이라고 판단되는 곳에 해양보호구역 (Marine protected area)을 설정하여 어업행위를 금지함으로써 부수어획을 감소시켜 산란자원군 및 초기 가입군이 부수어획에 의한 어획사망을 감소시켜 성장남획과 가입남획을 줄일 필요성이 있다 (King, 1995; Pascoe, 1997).

지금까지의 우리나라의 수산자원은 주로 단일 자원을 대상으로 관리되어왔지만, 우리나라 연안의 모든 어업은 부수어획물이 발생하고 있다. 따라서 각 어업별 부수어획물을 장기적인 측면에서 파악하는 다종어업 자원관리 방안이 필요하다. 특히 새우류 어업과 같이 많은 부수어획물이 발생하는 어업에 대해서는 해양생태계와 타 어업에 미치는 영향 등을 조사하여 다종어업의 자원관리 방안 도출시 활용되어야 할 것이다.

참고문헌

Alverson DL, Freeber MH, Murawski SA and Pope JG. 1994. A global assessment of fisheries bycatch and discards. *FAO Fish Tech Pap* 339, 1-233.

Andrew NL and Pepperell JG. 1992. The bycatch of shrimp trawl fisheries. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev* 30, 527-565.

Bjørnar I and Valdemarsen JW. 1994. Bycatch reduction in trawls by utilizing behaviour differences. In: *Marine Fish Behaviour in Capture and Abundance Estimation*. Ferno A and Olsen S ed. Fishing News Books Press, Oxford, U.K., 210-221.

Caddy JF. 1993. Some future perspectives for assessment and management of mediterranean fisheries. *Sci Mar* 57, 120-130.

Campbell LM and Cornwell ML. 2008. Human dimension of bycatch reduction technology: current assumptions and directions for future

research. *Endang Species Res* 5, 325-334.

Cassie RM and Michael AD. 1968. Fauna and sediments of an intertidal mud flat: a multivariate analysis. *J Exp Mar Biol Ecol* 3, 1-23.

Cha SS and Park KJ. 1997. Seasonal change in species composition of fishes collected with a bottom trawl in Kwangyang Bay, Korea. *Korean J Ichtyol* 9, 235-243.

Clarke KR and Gorley RN. 2001. *PRIMER v5: User manual/Tutorial* PRIMER-E Ltd., Plymouth, U.K.

Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust J Ecol* 18, 117-143.

Day G and Eayrs S. 2001. NPF operators make gains in bycatch reduction but problems remain. *Professional Fisherman* 23, 18-19.

Eayrs S, Rawlinson N and Brewer D. 1997. Reducing bycatch in Australia's northern prawn fishery. In: *Proceeding of the Asia-Pacific fishing 97. Conference papers*. Baird Publication Press, Bangkok, Thailand, 97-105.

Eayrs S. 2003. Multi-level beam trawl reveals prawn and fish behaviour: potential to reduce bycatch in Australia's northern prawn fishery. In: *Proceedings of the 3rd World Fisheries Congress; Feeding the world with fish in the next millenium the balance between production and environment*. Phillips B, Megrey B A and Zhou Y eds. American Fish Soc Beijing, 573-580.

Fonseca P, Campos A, Larsen RB, Borges TC and Erzini K. 2005. Using a modified Nordmøre grid for bycatch reduction in the Portuguese crustacean-trawl fishery. *Fish Res* 71, 223-239.

Hall SJ and Mainprize BM. 2005. Managing bycatch and discards: how much progress are we making and how can we do better? *Fish Fish* 6, 134-155.

Han KH, Yun YM and Yang HC. 1998. Seasonal variation in abundance and species composition of fishes community off Myo-do in Kwangyang Bay, Korea. *Bull Yosu Nat'l Univ* 13, 1025-1046.

Heales D, Brewer DT and Wang YG. 2000. Subsampling multi-species trawl catches from tropical northern Australia: does it matter which part of the catch is sampled? *Fish Res* 48, 117-126.

Huh SH and An Y. 1997. Seasonal variation of

- shrimp (Crustacea: Decapoda) community in the eelgrass (*Zostera marina*) bed in the Kwangyang bay, Korea. *J Korean Fish Soc* 30, 532-542.
- Huh SH and An Y. 1999. Species composition and seasonal variation of shrimp assemblage in the coastal waters of Kori, Korea. *J Korean Fish Soc* 32, 784-790.
- Huh SH and Chung SG. 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, 178-195.
- Kennelly SJ. 1995. The issue of bycatch in Australia's demersal trawl fisheries. *Rev Fish Biol* 5, 213-234.
- Kim YU, Myoung JG, Kim YS, Han KH, Kang CB and Kim JK. 2001. *The Marine Fishes of Korea*. Hangle graphics press, Busan, 1-382.
- King MG. 2007. *Fisheries biology, assessment and management*. Blackwell Publishing press, Oxford, U.K., 1-382.
- Lee DJ, Kim JG and Shin HH. 1998. Investigation of the potential fisheries resources in the southern waters of Korea - Biological composition of demersal trawl catches. *Bull Korean Soc Fish Tech* 34, 241-258.
- Lee WO, Lee YJ and Kim IS. 1990. Sea fishes collected from Kohung Peninsula of Chollanam-do, Korea. *Bull Insti Littoral Biota, Mokpo Nat'l Univ* 7, 31-43.
- National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI). 1999. Commercial molluscs from the freshwater and continental shelf in Korea. Gu-Duk press, Busan, 1-197.
- National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI). 2004. Commercial fishes of the coastal & offshore waters in Korea. Hangle Press, Busan, 1-336.
- National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI). 2005. Ecology and fishing ground. Ye Moon Sa Press, 1-384.
- Oh CW and Jung IJ. 2002. Fisheries biology of shrimps in the south western waters of Korea I. Species composition of catches and spawning of *Acetes* sp. for the Korean shrimps fisheries. *J Korean Fish Soc* 35, 223-230.
- Oh CW and Ma CW. 2004. Assessment of bycatch occurred in the shrimp fisheries and development of fisheries management model. Ministry Of Maritime Affairs & Fisheries, 20-25.
- Oh CW, Kim ST and Na JH. 2009. Variations in species composition, biomass, and density in shrimp trawl bycatch across seasons and tidal phases in Southern Korean waters: Developing a fisheries risk management approach. *Fish Aqua Sci* 12, 138-151.
- Oh, TY, Kim JI, Koh JL, Cha HK and Lee JH. 2003. Species composition and seasonal variations of the shrimp beam trawl Fisheries in the adjacent waters Geomundo, Korea. *Bull Korean Soc Fish Tech* 39, 63-76.
- Park KY and Lee WO. 1988. A list of the fishes collected in the Sohuksan-do and the Haui-do Chollanam-do. *Bull. Insti. Littoral Biota, Mokpo Nat'l Univ* 5, 69-85.
- Pascoe S. 1997. Bycatch management and the economics of discarding. *FAO Fish Tech Paper* 370, 137.
- Pender PJ and Willing RS. 1989. Trash or treasure? *Aust Fish* 48, 35-36.
- Pielou EM. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. *J Theoret Biol* 13, 131-144.
- Prena J, Schwinghamer P, Rowell TW, Jr DCG, Gilkinson KD, Vass WP and McKeown DL. 1999. Experimental otter trawling on a sandy bottom ecosystem of the grand banks of Newfoundland: analysis of trawl bycatch and effects on epifauna. *Mar Ecol Prog Ser* 181, 107-124.
- Roper CFE, Sweeney MJ and Nauen CE. 1984. *FAO species catalogue. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries*. *FAO Fish Synop* 125, 1-277.
- Saila SB. 1983. Importance and assessment of discards in commercial fisheries. *FAO Fish Cir* 765, 1-62.
- Sainsbury K and Sumaila UR. 2001. Incorporating ecosystem objectives into management of sustainable marine fisheries, including 'best practice' reference points and use of marine protected areas. *Res Fish Mar Eco* 343-361.
- Scheaffer RL, Mendenhall W and Ott L. 1990. *Elementary survey sampling*, 4th ed. Duxbury Press, New York, U.S.A., 1-390.
- Shannon CE and Wiener W. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. Univ. Illinois Press. Urbana, U.S.A., 1-177.
- Simpson EH. 1949. Measurement of diversity. *Nature*

- 163, 688.
- Slavin JW. 1982. Utilization of shrimp bycatch. In: IDRC (Ed.). Fish bycatch - bonus from the sea. Report of a Technica Consultation on Shrimp Bycatch Utilization (IDRC-198e). Ottawa, Canada, 21-28.
- Stobutzki I, Jones P and Miller M. 2003. A comparison of fish bycatch communities between areas open and closed to prawn trawling in an Australian tropical fishery. ICES J Mar Sci 60, 951-966.
- Tonks ML, Griffiths SP, Heales DS, Brewer DT and Dell Q. 2008. Species composition and temporal variation of prawn trawl bycatch in the Joseph Bonaparte Gulf, northwestern Australia. Fish Res 89, 276-293.
- Wigley RL and McIntyre AD. 1964. Some quantitative comparisons of off shore meiobenthos and macrobenthos south of Martha's Vineyard. Limnol Ocenogr 9, 485-493.
- Ye Y, Alsaffar AH and Mohammed HMA. 2000. Bycatch and discards of the Kuwait shrimp fishery. Fish Res 45, 9-19.
- Yi SK, Hong JS and Lee JH. 1982. A study on the subtidal benthic community in Ulsan Bay, Korea. Bull Korea Ocean Res Dev Inst 4, 17-26.
-
- 2009년 9월 28일 접수
 2009년 12월 2일 수정
 2010년 2월 4일 수리